温州市府东路过江通道工程

初步设计

第一册　设计总说明

中铁第六勘察设计院集团有限公司

工程设计证书 综合甲级 编号:A112005396

浙江数智交院科技股份有限公司

工程设计证书 市政行业甲级 编号:A23003350

二〇二二年八月 温州

温州市府东路过江通道工程
初 步 设 计

集团总经理： 陈国栋　沈　坚

总 工 程 师： 范建国　丁赛华

审　　定： 翟　可　李伟平

审　　核： 于加云　涂智溢

项目负责人： 魏玉省　陈　淑

中铁第六勘察设计院集团有限公司

工程设计证书 综合甲级 编号:A112005396

浙江数智交院科技股份有限公司

工程设计证书 市政行业甲级 编号:A23003350

初步设计图册汇总表

序号	图册	分册	图名	图纸主要内容
1	第一册		设计总说明	设计总说明书
2	第二册 总体设计及道路	第一分册	总体设计	接线道路及恢复道路总体设计
		第二分册	道路工程	接线道路及恢复道路设计
		第三分册	桥涵工程	接线道路及恢复道路下方水系桥涵设计
		第四分册	排水工程	接线道路及恢复道路排水设计
		第五分册	交通工程	接线道路及恢复道路交通工程设计
		第六分册	照明工程	接线道路及恢复道路照明工程设计
		第七分册	绿化工程	接线道路及恢复道路绿化工程设计
3	第三册		隧道建筑	隧道废水泵房、雨水泵房、设备用房、人防、光过渡带、疏散楼梯等
4	第四册 隧道结构	第一分册	北岸明挖结构	北岸明挖段围护结构、主体结构、防水等
		第二分册	南岸明挖结构	南岸明挖段围护结构、主体结构、防水等
		第三分册	南、北岸盾构井	南、北岸盾构井围护结构、主体结构、防水等
		第四分册	江中盾构隧道	江中盾构段管片模板图、防水图、内部结构图等
5	第五册		隧道通风	隧道通风系统
6	第六册		隧道给排水及消防	隧道消防系统、给排水系统设计等
7	第七册		隧道供电及照明	隧道供电、照明系统等
8	第八册		隧道监控	隧道综合监控、通信系统、火灾报警系统、监控系统等
9	第九册		隧道装修	隧道装修设计
10	第十册 附属工程	第一分册	运营管理中心	管理中心建筑、结构、排水、消防、照明、综合监控等
		第二分册	南岸地上设备房	南岸设备房建筑、结构、排水、消防、照明、综合监控等
11	第十一册		临时工程及拆复建工程	南北岸大堤、上陡门浦桥拆除及恢复、临时围堰等
12	第十二册		概算	总概算

目 录

1 概述 - 1 -

1.1 设计依据 - 1 -

1.1.1 工程建设主管部门批准的项目建议书及有关文件 - 1 -

1.1.2 工程项目的委托合同书 - 1 -

1.1.3 城市总体规划及相关的专业系统规划文件 - 1 -

1.1.4 相关专题的研究 - 1 -

1.2 工程范围和设计内容 - 1 -

1.2.1 工程范围 - 1 -

1.2.2 设计内容 - 2 -

1.3 设计研究过程 - 2 -

1.3.1 前期规划、协调研究回顾 - 2 -

1.4 对可行性研究报告批复意见和专家评估意见的执行情况。 - 3 -

1.4.1 预工可审查意见回复 - 3 -

1.4.2 工可审查意见及回复 - 5 -

1.5 设计方案概述 - 6 -

1.5.1 线路走向 - 6 -

1.5.2 主要控制点 - 6 -

1.5.3 工程方案 - 6 -

1.5.4 工程规模 - 7 -

1.5.5 投资估算 - 7 -

1.5.6 工期安排 - 7 -

2 工程建设条件 - 8 -

2.1 区域现状和规划 - 8 -

2.1.1 区域社会经济发展状况及发展规划 - 8 -

2.1.2 区域交通现状评价与发展规划 - 13 -

2.1.3 沿线用地和其他重大设施规划 - 18 -

2.2 自然条件 - 20 -

2.2.1 地形、地貌 - 20 -

2.2.2 气象和水文 - 20 -

2.2.3 地震 - 21 -

2.3 建设和环境条件 - 21 -

2.3.1 沿线建（构）筑物 - 21 -

2.3.2 沿线市政管线 - 23 -

2.3.3 工程地质及水文地质 - 24 -

2.3.4 河段水文和河势演变 - 33 -

2.3.5 航道、航运、水工和岸线建筑 - 43 -

2.3.6 防洪现状及规划 - 51 -

2.3.7 沿线道路 - 52 -

2.4 主要专题评估意见和结论 - 53 -

2.4.1 社会风险评估结论 - 53 -

2.4.2 防洪评价结论 - 54 -

2.4.3 河势演变及极限冲刷结论 - 57 -

2.4.4 地质灾害危险性评估结论 - 59 -

2.4.5 建设用地项目矿产资源分布情况调查报告结论 - 60 -

2.4.6 项目水土保持评价结论 - 60 -

2.4.7 建设项目环境影响报告结论 - 61 -
2.4.8 交通影响评价报告结论 - 61 -
2.4.9 航道通航条件影响评价报告结论 - 62 -
2.4.10 人防专项可研方案主要结论 - 63 -
3 设计原则和技术标准 - 65 -
3.1 设计原则 - 65 -
3.2 采用的主要设计规范和标准 - 65 -
3.3 主要设计技术指标 - 67 -
3.3.1 道路工程 - 67 -
3.3.2 隧道工程 - 68 -
3.3.3 通风工程 - 69 -
3.3.4 给排水工程 - 69 -
3.3.5 供电照明工程 - 69 -
4 工程总体设计 - 70 -
4.1 总体设计原则 - 70 -
4.2 线位方案比选 - 70 -
4.2.1 过江通道线位论述 - 70 -
4.2.2 线位比选原则 - 70 -
4.2.3 线位方案概述 - 71 -
4.2.4 线位方案综合比选 - 72 -
4.3 隧道方案比选 - 74 -
4.3.1 盾构隧道方案 - 74 -
4.3.2 沉管隧道方案 - 80 -
4.3.3 隧道工法综合比选 - 82 -
4.4 两岸接线比选 - 83 -
4.4.1 北岸接线方案比选 - 83 -
4.4.2 南岸接线方案比选 - 85 -
4.5 交通组织设计与评价 - 88 -
4.5.1 交通组织 - 88 -
4.5.2 过江通道服务水平评价 - 91 -
5 隧道工程设计 - 95 -
5.1 线路设计 - 95 -
5.1.1 隧道平、纵断面设计原则 - 95 -
5.1.2 平面设计 - 95 -
5.1.3 纵断面设计 - 96 -
5.2 隧道建筑 - 98 -
5.2.1 设计原则 - 98 -
5.2.2 建筑设计标准 - 98 -
5.2.3 总体布局 - 98 -
5.2.4 隧道横断面设计 - 99 -
5.2.5 隧道盾构工作井设计 - 100 -
5.2.6 隧道设备用房设计 - 101 -
5.2.7 隧道装修及景观设计 - 101 -
5.3 隧道结构与防水 - 103 -
5.3.1 设计原则 - 103 -
5.3.2 技术标准 - 104 -

5.3.3 明挖隧道结构设计 - 105 -
5.3.4 盾构隧道结构设计 - 145 -
5.3.5 盾构工作井结构设计 - 163 -
5.3.6 北岸临时围堰设计 - 171 -
5.3.7 结构防水及耐久性设计 - 173 -
5.4 人防设计 - 178 -
5.4.1 设计原则和技术标准 - 178 -
5.4.2 人防设计 - 178 -
5.4.3 平战转换措施 - 178 -
5.4.4 人防设备 - 179 -
5.5 隧道通风 - 179 -
5.5.1 设计依据 - 180 -
5.5.2 设计原则 - 180 -
5.5.3 设计标准 - 180 -
5.5.4 隧道通风方案设计 - 181 -
5.5.5 附属设备用房通风空调、防排烟设计 - 183 -
5.5.6 节能环保设计 - 183 -
5.5.7 抗震设计 - 183 -
5.5.8 主要设备材料表 - 184 -
5.6 隧道给水排水和消防 - 185 -
5.6.1 工程概况 - 185 -
5.6.2 设计范围 - 186 -
5.6.3 设计依据及规范 - 186 -
5.6.4 设计原则 - 186 -
5.6.5 设计技术标准 - 186 -
5.6.6 消防系统设计 - 187 -
5.6.7 排水系统 - 189 -
5.6.8 管材选用 - 190 -
5.6.9 抗震设计 - 190 -
5.7 隧道照明 - 190 -
5.7.1 照明光源选型 - 190 -
5.7.2 照度标准及计算 - 190 -
5.7.3 灯具布置 - 190 -
5.7.4 应急照明 - 191 -
5.7.5 隧道照明控制 - 191 -
5.7.6 LED 灯具主要技术要求 - 192 -
5.7.7 接地设计及电气安全 - 192 -
5.8 隧道供电 - 193 -
5.8.1 概述 - 193 -
5.8.2 供电设计 - 193 -
5.8.3 配电设计 - 197 -
5.9 隧道监控 - 198 -
5.9.1 概述 - 198 -
5.9.2 主要设计原则 - 199 -
5.9.3 主要设计标准 - 199 -
5.9.4 监控系统基本功能要求 - 199 -

5.9.5 中央计算机系统 - 200 -
5.9.6 交通监控系统 - 201 -
5.9.7 交通流视频检测系统 - 202 -
5.9.8 通信系统 - 202 -
5.9.9 闭路电视监控系统 - 204 -
5.9.10 设备监控系统 - 205 -
5.9.11 火灾报警系统 - 206 -
5.9.12 设备清单 - 206 -
5.10 重要节点处理 - 210 -
5.10.1 北岸大堤、水闸拆除及恢复 - 210 -
5.10.2 北岸水系改移方案 - 216 -
5.10.3 北岸长岙油库箱涵、管线拆除及恢复 - 218 -
5.10.4 南岸大堤拆除及恢复 - 219 -
5.10.5 南岸上陡门浦桥拆除及道路恢复 - 220 -
5.10.6 南岸江滨路节点处理 - 220 -
5.10.7 重大管线改迁方案 - 225 -
5.11 工程建设风险管理 - 227 -
5.11.1 工程风险分析 - 227 -
5.11.2 工程风险等级划分及控制措施 - 230 -
5.12 隧道健康检测、数智建造平台 - 235 -
5.12.1 系统总体设计 - 235 -
5.12.2 检测断面选取 - 235 -
5.12.3 系统集成 - 235 -
5.13 数智建造平台 - 236 -
6 接线道路工程 - 238 -
6.1 道路工程 - 238 -
6.1.1 设计原则 - 238 -
6.1.2 主要技术指标 - 238 -
6.1.3 平面设计 - 239 -
6.1.4 纵断面设计 - 239 -
6.1.5 横断面设计 - 240 -
6.1.6 路基设计 - 242 -
6.1.7 路面设计 - 245 -
6.1.8 交叉口设计 - 249 -
6.1.9 附属工程 - 250 -
6.1.10 路基、路面材料要求 - 252 -
6.2 桥涵工程 - 261 -
6.2.1 技术标准 - 261 -
6.2.2 设计规范 - 261 -
6.2.3 桥梁结构设计 - 262 -
6.3 排水工程 - 263 -
6.3.1 设计原则 - 263 -
6.3.2 雨水管道设计 - 264 -
6.3.3 污水管道设计 - 266 -
6.3.4 管材比选 - 268 -
6.3.5 检查井及井盖 - 269 -

6.3.6 沟槽回填 - 270 -
6.4 交通工程 - 270 -
6.4.1 标志线设置原则 - 270 -
6.4.2 交通标志 - 271 -
6.4.3 标志杆的设计 - 271 -
6.4.4 标志基础 - 272 -
6.4.5 交通标线 - 272 -
6.4.6 材料选择 - 272 -
6.4.7 信号控制系统 - 272 -
6.4.8 视频监控系统 - 274 -
6.4.9 电子警察系统 - 274 -
6.4.10 视频流量采集系统 - 275 -
6.4.11 网络通信系统 - 276 -
6.4.12 供配电系统 - 276 -
6.4.13 交通管线工程 - 276 -
6.5 照明工程 - 276 -
6.5.1 照明标准 - 276 -
6.5.2 布灯方式 - 277 -
6.5.3 配电、管线 - 277 -
6.5.4 供电及控制方式 - 277 -
6.5.5 接地保护 - 277 -
6.5.6 节能 - 278 -
6.5.7 照明设备防盗设施 - 278 -
6.6 绿化工程 - 278 -
6.6.1 项目概况 - 278 -
6.6.2 设计依据 - 278 -
6.6.3 绿化设计说明 - 279 -
7 附属工程设计 - 282 -
7.1 隧道运营管理中心 - 282 -
7.1.1 建筑设计 - 282 -
7.1.2 结构设计 - 283 -
7.1.3 通风空调设计 - 284 -
7.1.4 给排水及消防设计 - 287 -
7.1.5 动力照明设计 - 288 -
7.1.6 综合监控设计 - 290 -
7.2 南岸隧道设备房 - 291 -
7.2.1 设计依据 - 291 -
7.2.2 建筑设计 - 291 -
7.2.3 结构设计 - 292 -
7.2.4 通风空调设计 - 292 -
7.2.5 给排水及消防设计 - 294 -
7.2.6 动力照明设计 - 295 -
7.2.7 综合监控设计 - 296 -
7.3 交通工程设施 - 296 -
7.3.1 侧平石 - 297 -
7.3.2 无障碍设施 - 297 -

7.3.3 容错车道及检查亭的设计 - 297 -
7.3.4 交通标志标线 - 297 -
7.3.5 凸起路标 - 299 -
7.3.6 视线诱导设施 - 299 -
7.3.7 智慧交通设计 - 300 -
8 防灾与救援设计 - 302 -
8.1 概述 - 302 -
8.2 设计思路 - 302 -
8.3 隧道疏散方案设计 - 303 -
8.4 隧道应急救援策略 - 305 -
8.5 隧道应急疏散设施 - 307 -
8.6 隧道防淹措施及其它事故工况的处理 - 307 -
9 隧道施工方案及施工组织设计 - 309 -
9.1 周边施工条件 - 309 -
9.2 总体施工方案部署 - 309 -
9.3 临时施工场地布置 - 309 -
9.3.1 盾构施工临时配套场地 - 309 -
9.3.2 项目部场地布置 - 310 -
9.3.3 施工场地布置及交通疏解 - 310 -
9.4 施工流程及施工进度计划 - 312 -
9.4.1 施工流程 - 312 -
9.4.2 施工内容 - 312 -
9.4.3 施工进度计划 - 313 -
9.5 盾构掘进机选型 - 313 -
9.5.1 盾构机 - 313 -
9.5.2 刀具配置 - 315 -
9.6 盾构隧道施工 - 317 -
9.7 机电设备安装 - 318 -
9.8 其它工程施工 - 319 -
10 环保与节能 - 320 -
10.1 环保设计 - 320 -
10.1.1 主要设计原则 - 320 -
10.1.2 主要污染源及主要污染物 - 320 -
10.1.3 环境污染防治方案 - 321 -
10.1.4 生态环境保护及水土保持措施 - 321 -
10.2 节能设计 - 321 -
10.2.1 节约土地 - 322 -
10.2.2 优化设计 - 322 -
10.2.3 施工中的高效管理 - 322 -
11 新技术采用及拟立项的科研项目 - 324 -
11.1 本项目 BIM 技术应用 - 324 -
11.2 科研项目建议 - 326 -
12 问题与建议 - 327 -
13 附件 - 328 -
13.1 项目委托书、前一阶段的项目批复文件 - 328 -
13.1.1 预工可会议纪要 - 328 -

13.1.2 极限冲刷深度研究评审意见.....- 332 -
13.1.3 人防专项论证意见及回复.....- 332 -
13.1.4 交通预测及影响评价.....- 333 -
13.1.5 工可审查会议纪要.....- 334 -

1 概述

1.1 设计依据

1.1.1 工程建设主管部门批准的项目建议书及有关文件

1. 温州市府东路过江通道工程预可行性研究报告，中铁第六勘察设计院集团有限公司，2022 年 5 月；

2.温州市府东路过江通道工程预可行性研究报告意见，温州市发展和改革委员会，2022 年 5 月；

3.温州市府东路过江通道工程预工可审查会议纪要[2022]1 号，2022 年 5 月；

4.温州市人民防空办公室关于同意府东路过江通道工程兼顾人防可行性研究报告的批复（2022）17 号，2022 年 5 月；

5.温州市府东路过江通道工程可行性研究报告，中铁第六勘察设计院集团有限公司，2022 年 7 月；

6.温州市人民政府常务会议纪要【2021】21 号；

7.温州市人民政府专题会议纪要【2022】1 号。

1.1.2 工程项目的委托合同书

《温州市府东路过江通道工程项目技术服务合同》2022 年 7 月。

1.1.3 城市总体规划及相关的专业系统规划文件

1.《温州市城市总体规划（2003-2020 年）2017 年修订》；

2.《温州市综合交通体系规划（2018-2035 年）》；

3.温州北站综合交通枢纽报批稿；

4.《温州市府东路过江通道工程道路及周边地块规划修改》2022 年 6 月；

5.《市政公用工程设计文件编制深度规定》建设部 2004 年 3 月。

1.1.4 相关专题的研究

《府东路过江通道工程水下地形测量、障碍物调查和水文测验项目技术总结报告》温州市勘察测绘研究院有限公司，2022 年 3 月；

《温州市府东路过江通道工程岩土工程勘察报告》(工程可行性研究勘察）温州市勘察测绘研究院有限公司，2022 年 3 月；

《温州市府东路过江通道工程管线及地形调查资料》温州市勘察测绘研究院有限公司，2022 年 3 月；

《温州市府东路过江通道工程防洪评价报告》(送审稿)温州市水利电力勘测设计院有限公司，2022 年 3 月；

《府东路过江通道工程（暂定名）极限冲刷深度研究之河床演变分析》南京水利科学研究院，2022 年 5 月；

《府东路过江通道工程（暂定名）极限冲刷深度研究之极限冲刷深度研究》南京水利科学研究院，2022 年 5 月；

《府东路过江通道工程（暂定名）极限冲刷深度研究之水文计算分析》南京水利科学研究院，2022 年 5 月；

《府东路过江通道工程交通需求预测及交通影响评价报告》温州市城市规划设计研究院有限公司，2022 年 5 月；

《温州市府东路过江通道工程预可行性研究报告》中铁第六勘察设计院集团有限公司，2022 年 5 月；

《温州市府东路过江通道工程地质灾害危险性评估报告》，浙江省第十一地质大队，2022 年 6 月；

《温州市府东路过江通道工程建设用地项目矿产资源分布情况调查报告》浙江省第十一地质大队，2022 年 6 月；

（12）《温州市府东路过江通道工程社会风险评估报告》，温州市工业设计院有限公司，2022 年 7 月；

（13）《温州市府东路过江通道工程航道通航条件影响评价报告》初稿，浙江数智交院科技股份有限公司，2022 年 7 月；

（14）《温州市府东路过江通道工程水土保持方案报告书》初稿，河海生态环境技术（浙江）有限公司，2022 年 7 月；

（15）《温州市府东路过江通道工程建设项目环境影响报告表》初稿，2022 年 7 月。

1.2 工程范围和设计内容

1.2.1 工程范围

主线：隧道主线北起 G104 国道西侧，在与梅园路交叉口向南并沿梅园路下方铺设，下穿环江大道、瓯江北岸大堤后穿越瓯江，下穿瓯江南岸大堤及瓯江路后沿府东路下方铺设并继续向南，下穿江滨东路后在府东路与江滨东路交叉口南侧接地。隧道主线里程范围 YK0+185~YK3+250，线路长 3065m，其中盾构段里程 YK0+870~YK2+810（ZK0+873.7~ZK2+826.37），

右线长 1940m，左线长 1952.67m 北岸明挖段里程 YK0+185~YK0+870，长 685m，南岸明挖段里程 YK2+810~YK3+250，长 440m。匝道：北岸在梅园路上设置进口单车道 A 匝道，里程范围 AK0+045~AK0+380，长 335m，在 G104 东侧设置出口单车道 B 匝道，里程范围 BK0+375~BK0+095，长 280m。南岸西侧设置出口单车道匝道与沿江快速路地下隧道衔接，东侧设置进口单车道 D 匝道与江滨东路地面道路衔接。C、D 匝道受规划沿江快速及地铁 M2 线影响暂不实施，目前预留接口。

本次工程范围为过江通道工程主线及两岸接线内容，含北岸接线道路梅园路及 104 国道局部改造建议，南岸接线道路府东路局部地面道路改造建议，及相关路段综合管线、道路绿化及交通工程等。

隧道主体设计主要内容包括南、北岸明挖段、围堰、接收井、盾构段、始发井、管理中心大楼、隧道装修、大堤拆复建、水利设施拆复建、接线地面道路改造等相关内容。机电工程包括通风、照明、消防、供配电、监控、防灾救援等相关设计。

1.2.2 设计内容

以项目影响区域的社会经济现状、发展研究为基础，以温州市总体规划及鹿城区、永嘉县发展规划为依据，综合考虑诸多因素影响，按照功能设计与交通组织空间整体优化的设计理念，提出本次初步设计的主要内容：

(1) 概述

(2) 工程建设条件

(3) 设计原则和技术标准

(4) 工程总体设计

(5) 隧道工程设计

(6) 接线道路工程

(7) 附属工程设计

(8) 防灾与救援设计

(9) 隧道施工方案及施工组织设计

(10)环保与节能

(11)新技术采用及拟立项的科研项目

(12)问题与建议

此外，本阶段还开展了大量保障工程方案可行性的专题研究、征询和协调工作，主要包括地质勘察、通航条件影响评价报告、防洪影响评价、障碍物和管线物探、环境影响评价、地质灾害评估、社会稳定风险分析和评估、工程质量安全分析专题研究与专家咨询，沿线政府、各相关职能部门和主要地块等意见征询等。

1.3 设计研究过程

1.3.1 前期规划、协调研究回顾

（1）2021 年 7 月，按照温州总体规划开展府东路过江通道方案研究。

（2）2021 年 8 月，市住建局组织召开府东路过江通道方案协调会，初步倾向采用盾构法隧道方案。

（3）2021 年 12 月 8 日，市住建局组织召开府东路隧道方案部门审查会及专家评审会，专家和相关部门提出了建议和要求：

1）专家意见

①建议尽快开展隧址地质勘察、河势演变、江底冲刷等专题研究工作，为工可方案研究奠定基础；

②建议加强跟相关规划的衔接，协调好和沿江快速路、地铁 M2 线及站点的相互关系；

③建议深化交通需求分析，完善周边道路衔接及匝道设置方案；

④结合专题研究成果，对沉管、盾构法工法进行深入比选研究。

2）部门意见

①理用房放置在南岸公园范围内，对公园景观影响较大，建议管理用房放置在北岸；

②核实南岸匝道与东侧安置小区地面及地下建筑外边线距离以及后期施工围挡对小区的影响；

③府东路隧道下穿江滨路节点还需与 M2 号线及江滨快速路相关单位进一步对接并深入研究方案；

④明确隧道通行车辆类型；补充交通量预测、本工程与周边道路的交通组织及既有道路的优化调整建议；

⑤请核实本工程对防洪堤的影响；尽快开展水下地形、河势演变、江底冲刷及防洪评价报告等专题研究工作；

⑥隧道建设涉及路网控规调整，尽快与资规局详规处对接；核实管理大楼的规模及选址；建议调取终规图，核实隧道与周边建筑的关系；

⑦建议再次核实隧道造价的经济合理性；

⑧建议与104国道改道设计单位对接，研究隧道与104国道的衔接方案；

⑨核实隧址处的航道等级，尽快开展通航尺度论证及通航安全评价；

⑩进一步核实长岙水闸改迁的可行性。

（4）2021年12月16日，市政府组织召开“府东路过江隧道方案”专题会，会上明确通道采用盾构法隧道方案，工期38个月，2022年10初开工，业主为城发集团。

（5）2021年12月8日温州市住建局召开了府东路隧道方案研究技术审查会，会后与永嘉的对接，永嘉要求我院对隧道北岸接线道路梅园路、104国道隧道接线处到温州北站范围的道路改造进行研究。

（6）2021年12月31日，应温州铁办要求，我院在温州铁办会议室对府东路隧道南岸下穿江滨路节点进行了汇报，汇报后铁办戴主论要求我院需对地铁M2号线及沿江快速路全线进行整体研究，而不能只研究府东路隧道南岸下穿江滨路节点，由于时间紧工作量大会上明确我院可先行研究下穿节点处前后3站2区间范围保证尽快稳定府东路南岸接线方案。

（7）2022年1月4日下午铁办召集住建局、M2号线线路研究单位铁四院及我院在温州铁办会议室对府东路隧道南岸下穿江滨路节点进行了讨论。

（8）2022年1月7日下午温州城发集团总经理对府东路隧道南、北两岸进行了现场踏勘，踏勘后要求我院对府东路隧道南岸下穿江滨路节点进行深入研究，沿江快速路需考虑地下隧道及高架两种方案进行对比。

（9）2022年2月10日我院在温州铁办对府东路过江通道下穿江滨路节点研究进行了汇报，汇报完成后基本同意我院推荐的处理措施。

（10）2022年2月~4月21日我院应温州城发集团要求积极配合各专题研究单位，为稳定项目方案，积极与本项目涉及的产权单位对接，不断优化隧道线路方案。

（11）2022年4月21日府东路过江通道工程召开项目建议书审查会。

（12）2022年6月30日府东路过江通道工程召开项目建议书审批通过。

（13）2022年7月14日，市发改委主持召开《温州市府东路过江通道工程可行性研究报告》审查会议。

1.4 对可行性研究报告批复意见和专家评估意见的执行情况。

1.4.1 预工可审查意见回复

（一）对接住建、资规、铁管、电力、园林部门

1）过江通道南岸线与轨道交通M2线、沿江快速路交叉，请尽快专题研究论证府东路过江通道与轨道M2线及沿江快速路的关系，形成专题报告报市政府决策，稳定三者方案，预留好M2线的实施条件，保证本项目节点方案实施的可行性。

回复：关于府东路隧道南岸江滨路段与规划M2线及沿江快速路节点方案，前期已进行专题研究并上报市政府，市里已经有明确的意见，按目前预工可文本的推荐方案实施。

2）做好工程竖向研究，因工程原因引起原敷设管线变化的，应提出相应解决方案报资规部门审批。项目的市政综合管线设计应与周边管线相衔接，所有管线要同步设计、同步施工，并加强对现有管线的保护和利用。

回复：工可阶段补充相关管线迁改及保护方案，目前已与相关产权单位进行方案对接。

3）工程方案以过江隧道形式连接瓯江两岸，主线标准为城市地下主干路，其城市道路使用功能应尽可能齐全。下一步请及时与资规部门对接，项目工可审批前应取得《建设项目用地预审与选址意见书》，并附设计条件和红线图；尽快开展设置隧道公交系统、慢行系统专题论证，并于2022年5月中旬前明确。

回复：按要求办理《建设项目用地预审与选址意见书》；关于隧道公交系统及慢行系统设置，根据《城市道路工程设计规范》13.3.4条“对长度大于1000m、行驶机动车的隧道，严禁在同一孔内设置非机动车道或人行道。”且该条为规范强制性条文，本隧道不考虑设置慢行系统，如需增加过江慢行系统，需单独建设慢行系统过江隧道，本通道线位不具备建设条件，建议不再进行专题论证，目前本隧道可通行城市公交系统。

4）论证隧道工程面临超强台风、暴雨积水等恶劣情况下百年一遇的技术处理手段，要有防范特别重大自然灾害措施。做好与已建道路的断面衔接，补充地下管线平面图，管线管位布置应在道路横断面中明确，排水、雨水系统采用最新的设计规范，设计排水管线应与规划排水管网及现状排水管网做好衔接。

回复：本隧道出入口位置设置反坡，高于现状城市道路标高约 0.3-0.5m，可满足百年一遇防涝标准，同时各敞开段雨水泵房均按百年一遇暴雨标准进行排水能力设计，高于现行规范中的二十年一遇标准；改扩建路段排水、雨水系统按照最新版《室外排水设计标准》GB50014-2021执行。

5）做好沿线地块、道路以及河道蓝线的规划衔接，做好维养中心、风塔等附属设施规划选址论证工作；涉及用地功能调整的，请及时启动规划修改。请于2022年5底前明确调整后道路红线和河道蓝线以及维养中心和风塔选址、110KV长岙变电力布点规划；并专题论证南堤人行桥、上陡门浦桥、上陡门浦110KV管线桥部分拆除重建方案。

回复：按要求做好沿线地块、道路以及河道蓝线的规划衔接工作，做好维养中心、风塔等附属设施规划选址论证工作；工可阶段将进一步优化南岸线路，尽量避让南堤人行桥、上陡门浦桥、上陡门浦 110kv 管线桥，对于线路确实无法避让的，将在工可文本中进行对拆除重建方案进行专篇论述。

6）做好古树保护和绿化占补平衡工作。

回复：按意见执行。

（二）对接水利、海事、应急、文物部门

1）鉴于长岙水闸为新完工项目，文本中须论证其拆除重建的必要性、可行性和经济性；因长岙水闸迁改引起三江片区规划河道布局变化的，应纳入本工程建设内容同步实施，并做好三江标准提设计变更审批事宜；项目建设须与《永嘉县三江商务区排涝规划报告（2016 年-2030 年）》做好有序衔接，确保规划实施与行洪排涝不受影响。

回复：预可研文本中补充论证拆除长岙水闸的必要性，同时补充施工期间临时排涝措施，确保施工期间三江片区行洪排涝不受影响。

2）对防洪影响进行专题分析论证，并于 2022 年 6 月上旬前取得省水利厅涉河涉堤建设方案审批。

回复：目前该项目防洪评价报告已经完成初稿，并向市水利局进行汇报，争取按要求时间取得省水利厅审批手续。

3）地下水不但影响隧道工程的施工和建成后的结构稳定，也是城市隧道事故的主要诱因。请于 2022 年 6 月中旬前专题论证地下水对本隧道工程的安全性影响分析，杜绝因地下水产生相应的隧道病害，防止影响隧道正常使用时的安全。

回复：本项目为水下隧道，隧道结构设计工作重点围绕防水及耐久性开展工作，目前隧道所采用的混凝土管片及防水措施是国内已经十分成熟的技术，在地铁地下区间及大型水下隧道中已广泛应用，可靠性、安全性均有较好的保证，初步设计阶段将重点对结构防水及耐久性措施进行详细设计。

4）南、北两岸破堤施工后，堤防重建工程要满足规划防洪标准要求；论证在河道中设置北盾构井的必要性，并减少临时围堰的实施长度和时间，以降低对瓯江的防洪影响和冲淤变化。文本需补充完善工程北岸围堰的规模及位置，分析对船舶通航产生的影响；补充施工及运营期间对梅园锚地功能产生的影响。

回复：按意见执行。

5）根据《中华人民共和国水下文物保护管理条例》（国务院令第 751 号），做好地下文物考古、勘探工作。

回复：按意见执行。

（三）对接交警、交通、大数据部门

1）文本中应明确过江隧道服务对象和服务车型，同时补充完善本项目所在区域预测设计交通量，为过江隧道连接的地面道路改扩建提供有力的数据支撑。进一步核查地下通道断面布置的车道宽度、路缘带宽度和侧向净距是否满足车辆安全通行条件；隧道净空高度应满足特种车辆（如消防车、急救车等）最低通行高度要求。

回复：按意见执行，完善交通量预测数据；经核查隧道内车道宽度、路缘带宽度和安全带宽度满足相关规范要求，隧道行车道净空高度满足规范最小净高 4.5m 要求。

2）文本仅研究隧道两岸接线内容，范围过小。文本应扩展到隧道两岸连接道路的主要交叉口范围（如南岸的府东路和黎明路交叉口、北岸的 104 国道和美人岗隧道交叉口），并增加隧道涉及地面道路所有交叉口通行能力和服务水平对比分析研究内容；同步启动隧道连接的地面道路网优化研究，包括本项目所在片区规划道路红线调整和已建道路渠化拓宽改建，尤其是交叉口的渠化拓宽，如梅园路与 104 国道交叉口、梅园路与环江大道交叉口、府东路黎明路交叉口等；隧道北岸主线渐变段约 161 米，与现状 104 国道衔接。应优化调整该渐变段长度至少 200 米以上，以保证过江隧道主线通畅和 104 国道衔接顺畅；隧道南岸紧靠府东路隧道主线双向 4 车道连接地面道路，其连接的府东路与黎明路通行能力、交叉口通行能力和服务水平均无法满足预测设计交通量通行需求，建议与主线一致，采用双向六车道。江滨东路预留 2 个“右进右出”地下匝道应同步完成建设。请项目业主单位编制交通影响评价报告，并于 2022 年 5 月 20 日前通过评审。

回复：隧道涉及范围内的交叉口通行能力和服务水平均在本项目的交通量预测分析报告中有表述，该报告将作为本项目工可报告的附件一并上报；项目涉及的地面交叉口改造都将同本项目同步实施改造，工可阶段将补充各交叉口具体改造设计内容；根据目前的车流量预测与分析数据，南岸主线出口设置双向四车道可以满足远期（2045 年）交通需求，服务水平良好。江滨路预留的“右进右出”匝道为远期与沿江快速路衔接的出入匝道，在沿江快速路方案不稳定的情况下，暂不具备实施条件。

3）进一步优化施工期间两岸交通组织方案。

回复：按意见执行。

4）及时与市大数据局和市交管局做好衔接，文本中增加智能化研究内容，并于 2022 年 5 月中旬取得智能化工程审查意见。

回复：隧道综合监控及智能化设计目前阶段暂按隧道规模进行估算，造价可控，下阶段根据与相关部门对接情况进一步完善系统设置。

（四）对接人防、环保部门

1）根据《浙江省人民防空工程管理办法》（浙江省人民政府令第 391 号），补充人防设计专篇，并组织专家论证，确定经济合理的人防设计方案，明确本项目人防工程的防护等级和战时功能，并于 2022 年 5 月底取得主管部门批准。

回复：按意见在预可研文本中补充人防设计说明，已于 2022.5.24 获得《温州市人民防空办公室关于同意府东路过江通道工程兼顾人防可行性研究报告的批复温人防办〔2022〕17 号》。

2）项目开工前做好环评审批工作，按要求落实敏感地点噪音防治工作，必要时设置隔声屏。

回复：按意见执行，尽快完成环评报告编制及评审工作。

（五）对接属地政府、中石化集团

1）文本需补充、完善、拆迁章节，进一步对接属地政府，做好红线范围内房屋征收、调查、摸底统计工作，提供具体的拆迁门牌号；拆迁安置按国家和地方有关政策法规执行，保护被拆迁户的合法权益。

回复：工可阶段补充完善。

1）与中石化集团公司做好对接，确保长岙油库、加油站安全运营。

回复：按意见执行。

（六）对接市委政法委

完善项目社会稳定风险评估篇章，做好社会稳定工作，创造和谐稳定的社会环境。

回复：按意见执行。

（七）结合滨海沉积软土地质地貌特征，隧道两岸请根据地质勘察报告，做好基坑边坡支护和桩基础工作，确保工程安全建设，保障项目建成后安全运行；工程防火分隔和安全疏散严格按照《建筑设计防火规范》（GB50016-2014）执行。

回复：按意见执行。

（八）依据项目所在位置河势、水文、地质、通航、工程条件、经济、环境等多方面因素，于 2022 年 5 月底前完成工程地质灾害危险性评估、河床极限冲刷、防洪影响评价、通航尺度、水下地形测量及河势演变、环境影响评价等前期专题研究，以最新的成果数据完善工程相关设计方案。

回复：按意见执行。工可及初步设计阶段将根据各专题研究成果数据进一步完善工程设计方案。

（九）规范投资估算编制，估算中应充分考虑交叉工程引起的加固费用，对水利规划实施、防洪大堤拆建和水闸拆建的影响及工程地质特征采取的补救措施等费用；与市、县两级财政部门对接工程造价审核事宜；投资估算按国家发改委估算管理办法执行，严格控制工程总投资。

回复：按意见执行。

1.4.2 工可审查意见及回复

（一）请项目业主单位于 2022 年 8 月底前将工程建设方案向永嘉县政府作专题汇报。

回复：按意见执行，将根据永嘉县政府会议安排进行工程建设方案专题汇报。

（二）结合河床演变及极限冲刷专题报告结论、工程地质及水文地质资料，对江中隧道埋深及线路纵坡方案进一步优化；加强地质勘探，详细调查承压水的分布与影响，为基坑设计提供详实依据；加强地下障碍物调查，特别是过大堤段。优化明挖支护方案，并核实明挖段建安费用。

回复：按意见执行，初步设计阶段将根据最新的地质报告及相关的专题优化线路及围护方案。

（三）南、北岸涉及水利工程的拆除和恢复方案以及围堰方案和改渠方案须取得水利部门行政许可批复，为顺利推进本项目工程建设奠定基础。

回复：按意见执行。

（四）借鉴其他城市已建隧道工程先进经验，结合本项目实际，充分利用隧道下层空间布置市政管线，并预留实施条件；根据物探资料，结合资规部门意见，进一步细化、稳定工程管线迁改方案，并核实管线迁改费用。

回复：按意见执行，初步设计阶段隧道下层空间将根据入廊管线的类型设置管仓；下阶段将进一步与管线产权单位对接以稳定管线迁改方案。

（五）优化隧道平面布置，加大江中段左右洞间距，尽量减少左右洞掘进不利因素影响。

回复：目前江中盾构段隧道净距 1.0D 满足规范要求，左右洞掘进相互影响较小。

（六）由于项目南岸江滨路节点规划沿江快速路及地铁 M2 线方案尚未稳定，建议 C、D 匝道按远期预留考虑，待沿江快速路和地铁 M2 线建设方案稳定后再实施 C、D 匝道，提高容错

性。

回复：按意见执行。

（七）充分考虑瓯江新城一体化、交通一体化、市政一体化的要求预留公交、市政设计通道条件；明确隧道通行车辆要求及消防设计标准；优化通道出入口与周边现状的已建地块、地下空间的衔接设计，加强通道的立体绿化种植，减少对周边敏感环境的影响，并结合绿化带设置散排风口；下一步尽快编制环评报告并报批；加强通道夜景照明、入口设计等内容。

回复：按意见执行。已在报告中明确可通行座位式公交及其他通行车辆的要求；下阶段将根据对接进一步优化通道出入口，加强通道立体绿化种植，完善通道夜景照明、入口设计等内容。

（八）本项目电力迁改方案须报电力部门组织专题审查。

回复：按意见执行。

（九）进一步深入研究道路网的渠化拓宽及已建道路规划红线调整工作，避免过江通道建成投入使用后，因衔接道路未进行同步改造提升而影响正常交通通行。

回复：已在报告中提出相关要求并建议与本项目同步改造。

（十）加强与应急、人防部门沟通，制订工程施工期间和工程投入运行后防淹、防洪以及救援、逃生等安全措施预案。要紧盯工程建设施工安全，切实加强施工安全管理；做到隧道运行监控系统全覆盖，全面做好防汛防台各项准备工作。坚决遏制各类事故发生，确保隧道运行安全。

回复：按意见执行。

1.5 设计方案概述

1.5.1 线路走向

项目北起 G104，向南沿梅园路布设，下穿瓯江主航道，南岸顺接府东路，终点止于江滨东路与府东路节点南侧。北岸设置进口 A 匝道接梅园路，设置出口 B 匝道接 104 国道东侧；南岸设置单车道右出 C 匝道与规划沿江快速路地下道路衔接，设置单车道右进 D 匝道与江滨路地面道路衔接，C、D 匝道受规划沿江快速及地铁 M2 线影响暂缓实施。

1.5.2 主要控制点

本项目隧道平面线型主要控制点为北岸 G104、梅园路及瓯江印象住宅小区，南岸瓯江路上陡门浦河桥、江滨东路、时代滨江上品住宅小区等；隧道纵断面线型主要控制因素为江底极限冲刷深度、北岸 G104、环江大道、北岸大堤、规划的环河、横河及长岙浦，南岸为瓯江路、江滨东路及其下方市政管线、规划 M2 地铁线及规划沿江快速路等。

1.5.3 工程方案

过江段采用盾构法施工，盾构段左线长 1952.67m，右线长度 1940m，盾构隧道内径 13.3m，外径 14.5m，采用两台盾构同向掘进。盾构工作井及以外区段采用明挖法施工，北岸盾构井设置于江中滩涂上，为确保施工期间盾构井安全，在盾构井及明挖段外设置临时围堰，围堰长度约 210m。南岸盾构井位于瓯江路与府东路交叉口南侧。

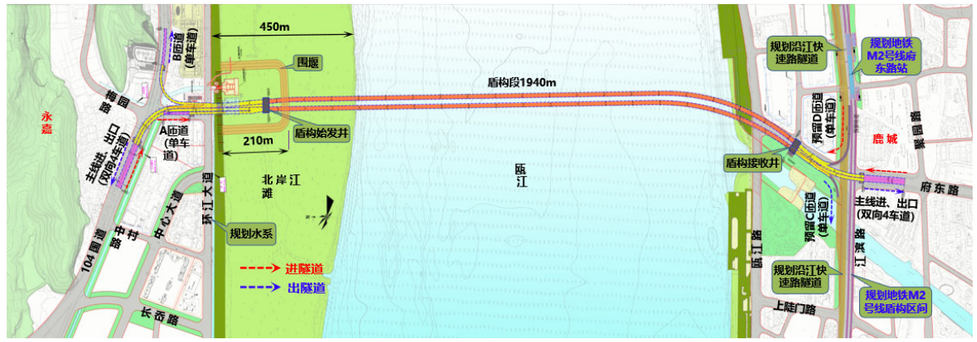


图 1.5.3-1 项目总平面图

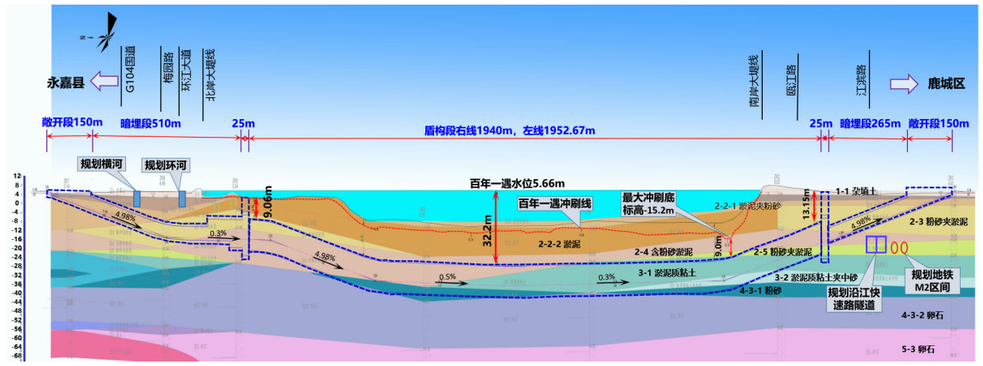


图 1.5.3-2 项目纵断面图

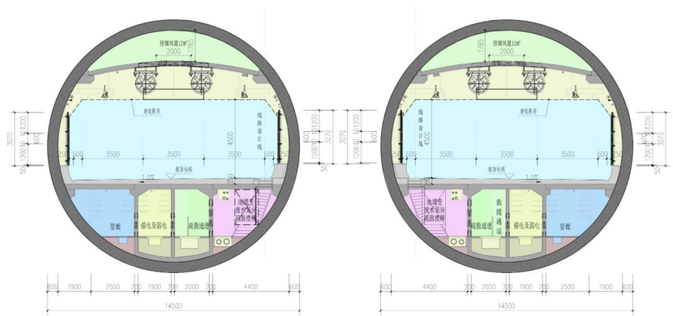


图 1.5.3-3 盾构隧道横断面

1.5.4 工程规模

本项目隧道全长 3065m，江中盾构段左线长 1952.67m，右线长 1940m。主线采用双向六车道，标准为城市主干路。主线设计时速 60km/h，匝道设计时速 30-40km/h。主线单向三车道隧道建筑限界：净宽 12m=安全带 0.25m（左侧）+路缘带 0.5m+机动车道 10.5m（3.5×3）+路缘带 0.5m+安全带 0.25m（右侧），净高 4.5m。

主要平、纵线形标准

1）设计速度：60km/h；

2）路面结构设计荷载：BZZ-100

3）不设超高最小半径：600m；

4）设超高最小半径（一般值）：300m，设超高最小半径（极限值）：150m；

5）不设缓和曲线最小圆曲线半径：1000m；

6）平曲线最小长度一般值：150m，平曲线最小长度极限值：100m；

7）圆曲线最小长度：50m；

8）缓和曲线最小长度：50m；

9）机动车道最大纵坡（一般值）：5%，机动车道最大纵坡（极限值）：6%；匝道最大纵坡不大于 7%。

10）凸形竖曲线最小半径（一般值）：1800m，凸形竖曲线最小半径（极限值）：1200m；

11）凹形竖曲线最小半径（一般值）：1500m，凹形竖曲线最小半径（极限值）：1000；

12）竖曲线最小长度（一般值）：120m，竖曲线最小长度（极限值）：50m；

13）车辆通行最小净空高度：≥4.5m

14）场地抗震设防烈度应为 6 度，基本地震动峰值加速 0.05g。

1.5.5 投资估算

本工程概算总额为 475344.20 万元，技术经济指标为 155.09 万元/米。其中建安工程费 387664.12 万元，工程建设其他费用 66545.67 万元，预备费 21134.41 万元。

1.5.6 工期安排

本工程盾构段拟采用 2 台盾构机进行施工，两台盾构机先后从北岸盾构井始发，掘进完成江底段隧道，最终在瓯江南岸吊出，总工期预计 38 个月。预计 2022 年 10 月初开工建设，2025 年 12 月底建成通车。

2 工程建设条件

2.1 区域现状和规划

项目位于温州市鹿城区的核心地段滨江商务区与永嘉县三江片区之间，是永嘉与市区间瓯江两岸重要的过江通道之一。通道南端连接鹿城区府东路，北端连接三江片区 104 国道及梅园路。



图　2.1-1 项目影响区域图

项目重点影响瓯江两岸城市发展带，其中瓯江北岸主要包括瓯北片、三江片、黄田片和乌牛片，瓯江南岸主要包括旧城片、滨江商务区、城市中心区和七都片区，总体上形成以高速公路和快速路围合的区域，其中北至绕城北高速、西至金丽温高速、南至瓯海大道、东至甬台温高速。

2.1.1 区域社会经济发展状况及发展规划

2.1.1.1 温州市社会经济现状

温州市位于浙江省东南部，东濒东海，南毗福建，西及西北部与丽水市相连，北和东北部与台州市接壤。全市陆域面积约 12065 平方公里，海域面积约 11000 平方公里，其中鹿城、龙湾和瓯海三个区面积 1138 平方公里。2020 年底温州市区城市建成区面积为 275.9 平方公里。



图 2.1.1-1 温州区域位置示意图

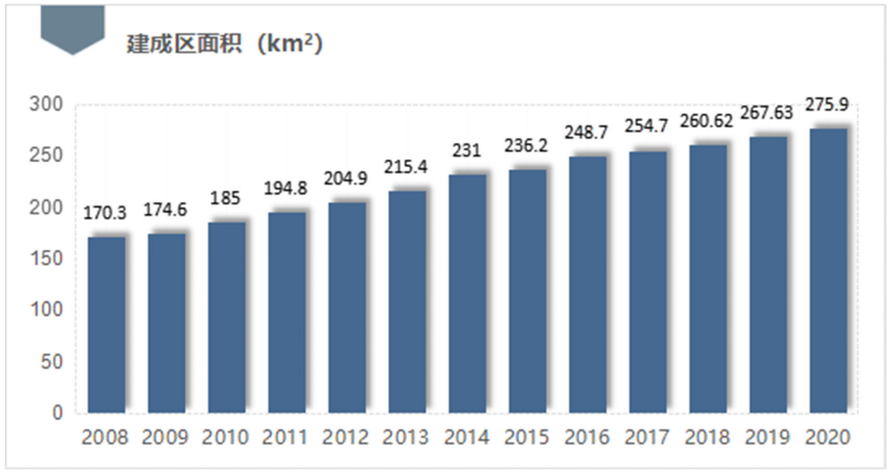


图 2.1.1-2 温州城市建成区面积变化表（单位：平方公里）

1.社会经济发展

2021 年全市生产总值（GDP）7585 亿元，按可比价计算（下同），比上年增长 7.7%。分产业看，第一、二、三产业增加值分别为 164.3 亿元、3191.3 亿元和 4229.4 亿元，比上年分别增长 3.7%、9.2%和 6.8%。其中，制造业增加值占 GDP 比重为 31.9%，比上年提高 0.9 个百分点。

全年实现财政总收入和一般公共预算收入 1081.5 亿元和 657.6 亿元，分别比上年增长 12.4%和 9.2%。全年完成一般公共预算支出 1066.8 亿元，比上年增长 3.9%，其中民生支出 799.4 亿元，比上年增长 4.7%，占一般公共预算支出的比重达 74.9%。

全年全市居民人均可支配收入 59588 元，比上年增长 10.3%。按常住地分，城镇居民和农村居民人均可支配收入分别为 69678 元和 35844 元，增长 9.8%和 10.5%。

表 2.1.1-1 温州市历年地区生产总值增长情况

年份	全市 GDP（亿元）	人均 GDP（元）
2015	4670.35	51365
2016	5125.01	56036
2017	5412.13	58860
2018	6039.77	65419
2019	6608.02	69256
2020	6870.86	71766
2021	7585	78879

近年来全市一般公共预算收入呈现逐年增长趋势，2021 年一般公共预算收入达到 657.6 亿元，但受疫情影响，2019 年和 2020 年增长率均较低。

表 2.1.1-2 温州市历年一般公共预算收入增长情况

年份	一般公共预算收入（亿元）	增长率
2015	403.1	14%
2016	439.9	9%
2017	465.4	6%
2018	547.6	18%
2019	579	6%
2020	602	4%
2021	657.6	9.2%

2.现状人口概况

全市人口和市区人口都呈逐年增长趋势，但增长速度放缓；根据第七次人口普查数据，2021 年温州市常住人口 964.5 万人，其中市区人口 330.4 万人。

表 2.1.1-3 温州市常住人口增长情况

年份	常住人口	
	全市（万人）	市区（万人）
2015	911.7	289.42
2016	917.5	291.12
2017	921.5	290.2
2018	925	290.76
2019	930	294.39
2020	958.7	300.4
2021	964.5	330.4

通过七普与六普人口对比，全市总人口由 912.55 万人增长至 964.5 万人，温州中心城区人口（温州市区、瑞安、乐清、永嘉）由六普 673.07 万人上升为七普 691.07 万人。

表 2.1.1-4 七普与六普人口对比情况

地区	七普人口数（万人）	六普人口数（万人）	比重[4]（%）	
			2021 年	2010 年
全市	964.5	912.55	100	100
鹿城区	118.95	129.33	12.33	14.17
龙湾区	73.29	74.96	7.60	8.21
瓯海区	97.82	99.69	10.14	10.92
洞头区	15.03	8.77	1.56	0.96
永嘉县	87	78.92	9.02	8.65
平阳县	86.59	76.47	8.98	8.38
苍南县	84.58	118.46	8.77	12.98
文成县	28.85	21.21	2.99	2.32
泰顺县	26.64	23.34	2.76	2.56
瑞安市	152.58	142.47	15.82	15.61
乐清市	146.40	138.93	15.18	15.22
龙港市	46.77	/	4.85	/

2.1.1.2 鹿城区社会经济现状

1.社会经济发展

2021 年鹿城区生产总值（GDP）1262.03 亿元，按可比价计算（下同），比上年增长 6.2%。分产业看，第一产业增加值 2.21 亿元，增长 4.9%；第二产业增加值 309.26 亿元，增长 7.2%；第三产业增加值 950.56 亿元，增长 5.8%。

全年全区居民人均生产总值 106635 元，比上年增长 5.8%。

表 2.1.1-5 鹿城区历年地区生产总值增长情况

年份	地区生产总值（亿元）	人均 GDP（元）
2015	806	108171
2016	883.7	72794
2017	932.1	78125
2018	1021.7	86218
2019	1133.6	95768
2020	1172.3	99332
2021	1262.03	106635

2.现状人口概况

根据第七次人口普查数据，2021 年鹿城区常住总人口 118.95 万人，从人口分布上看，主要集中在西部产业集聚区丰门街道、行政中心区南汇街道以及老城区五马街道街道。

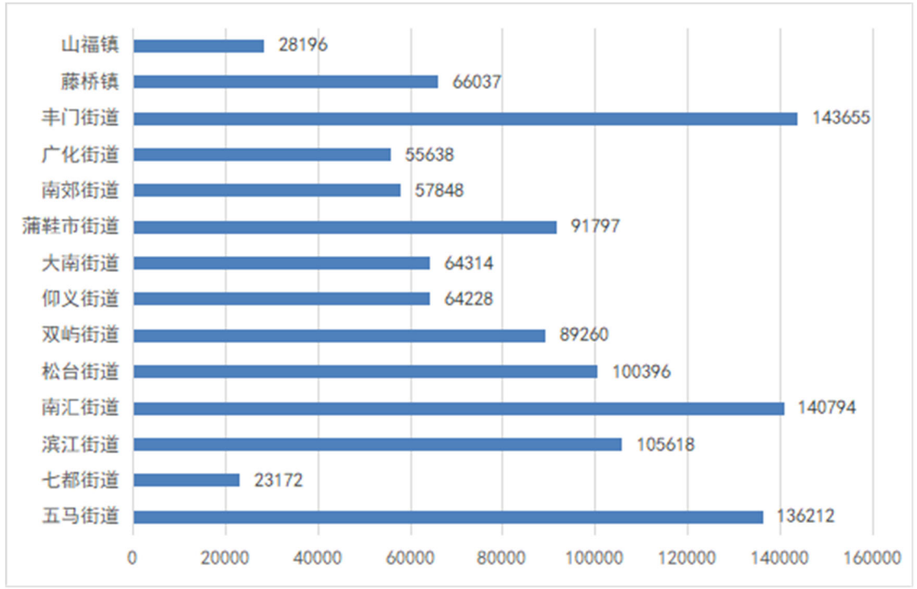


图 2.1.1-3 鹿城区常住人口分布

2.1.1.3 永嘉县社会经济现状

1.社会经济发展

2021 年永嘉县生产总值（GDP）486.34 亿元，按可比价计算（下同），比上年增长 4%。分产业看，第一产业增加值 18.42 亿元，增长 4.5%；第二产业增加值 217.54 亿元，增长 6.7%；第三产业增加值 250.38 亿元，增长 1.8%。

全年全区居民人均生产总值 49244 元，比上年增长 4.5%。

表 2.1.1-6 永嘉县历年地区生产总值增长情况

年份	地区生产总值（亿元）	人均 GDP（元）
2015	330.92	34087
2016	359.27	37104
2017	383.52	39333
2018	405.92	42244
2019	444.52	45092
2020	461.89	46745
2021	486.34	49244

2.现状人口概况

根据第七次人口普查数据，2021 年永嘉县常住总人口 87 万人，从人口分布上看体现出明显的空间分异特征，北部山区人口密度较低，主要集中在瓯北街道平原一带，占总人口数的24.76%。

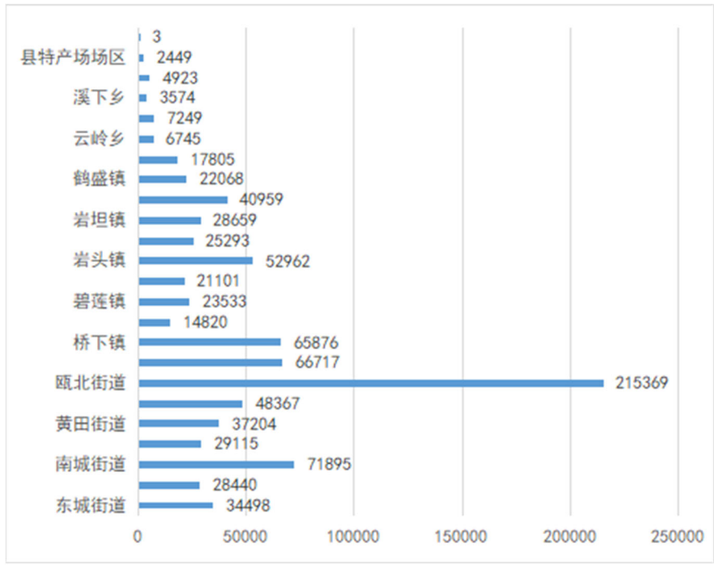


图 2.1.1-4 永嘉县常住人口分布

2.1.1.4 温州市城市发展规划

1. 规划总体目标

全面承接国家和省级战略部署，落实习近平总书记“两个健康”的发展要求，落实长三角一体化和粤闽浙沿海城市群发展要求，做强全省“第三极”，全面推进都市振兴、乡村振兴、产业振兴、文化振兴，按照建设更具活力的“千年商港、幸福温州”的总体定位，建设共同富裕示范区市域样板和争创社会主义现代化先行市的总体要求，紧密结合温州自身的空间资源基础和条件，提出 2035 年国土空间发展目标:

“活力创新之都，山海诗画之城”。

活力创新之都——以高质量发展为导向

坚持创新首位战略，高水平建设国家创新型城市。对接全省三大科创高地建设，高水平建设区域重要人才中心和创新高地。系统构建国家自主创新示范区、环大罗山科创走廊、世界青年科学家峰会、瓯江实验室“一区一廊一会一室“的创新格局。将强镇打造为专业化生产节点，保障自下而上的民营创新活力。

山海诗画之城——以高水平保护为导向

温州市是有着 2200 多年行政建制史的国家历史文化名城，楠溪江是中国山水诗发源地。市域范围内山、水、林、田、湖、海、岛自然资源全要素集聚，优越的生态本底条件与独特的

人文魅力有机融合，以高水平保护为导向，康续千年城市文脉，精心打造有诗画意境的美丽温州。

2．国土空间总体格局

充分发挥温州资源优势，建设具有瓯越山水特色的拥江滨海花园城市。优化都市区空间格局，形成“一轴一带一区”的国土空间总体格局。

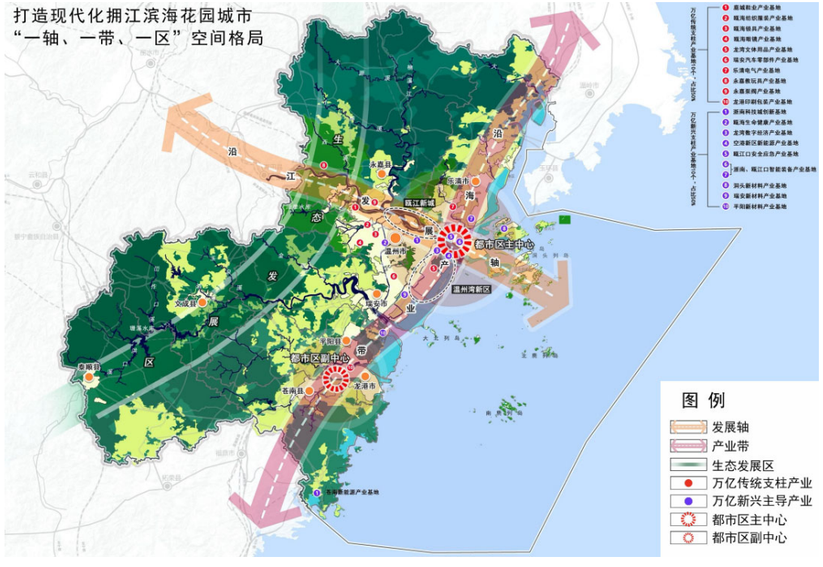


图 2.1.1-2.1.1-5 国土空间规划总体格局图

“一轴”沿江发展轴要集聚打造以滨江商务区和瓯江两岸沿线为重点的瓯江新城，支持乐清、瑞安等建设温州北部新区、南部新区，促进飞云江、鳌江流域拥江集聚发展。

“一带”沿海产业带要以乐瓯洞一体化、温瑞平原一体化、龙平苍一体化为纽带，打造高质量发展重要引擎。

“一区”生态发展区要以文成、泰顺为重点，串联市域西部和北部山区，打造浙江大花园生态明珠和生态产业集聚区。

3.市域城镇空间结构

“一主一副多点”的城镇空间格局

一主：都市区主中心，即温州中心城区，构建温州 1 小时都市圈，提升中心城区能级，支撑温州作为浙江省域第三极的城市地位。

一副：指都市区副中心，依托鳌江流域平原城镇群，加快县域经济向都市经济转型，促进副中心向心发展。

多点：指文成、泰顺以及特色镇构成的重要节点，促进区域城乡统筹，实现共同富裕。规划 2035 年实现常住人口 1100 万人城镇化率 80%左右。

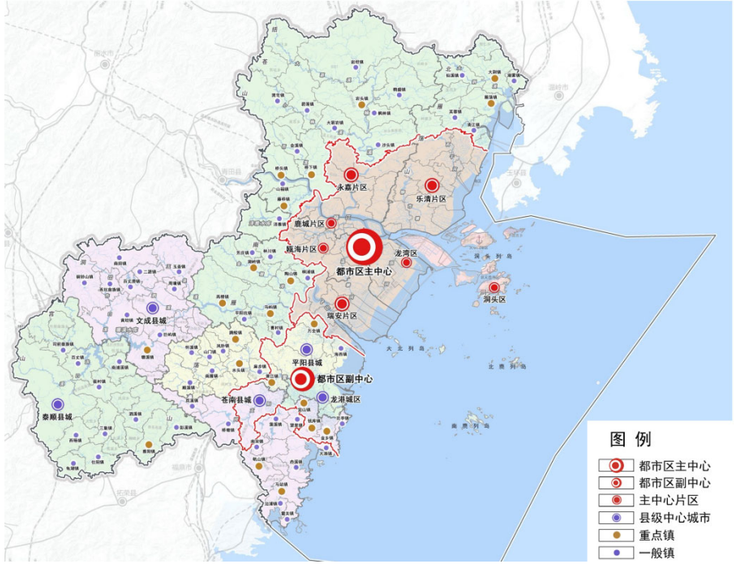


图 2.1.1-2.1.1-6 温州市域城镇空间结构规划图

2.1.1.5 鹿城区发展规划

1.发展目标

全力打造“一都三城五区”（打造“世界鞋都”，建设未来科技城、历史文化名城、西部生态新城，构筑温州大都市核心区、民营经济示范区、改革开放标杆区、整体智治样板区、生态宜居幸福区），提升首位度、打造增长极、争当排头兵，努力成为“彰显温州厚重历史文化底蕴、展示温州整体城市形象、凸显温州区域中心城市综合能级和竞争力”的窗口，争创全国领先、全省领跑的社会主义现代化先行区。

2.发展战略

鹿城区要坚定不移扛起提升中心城区首位度、提升集聚辐射力的重任，勇当“续写新时代创新史”的“模范生”、“做强全省第三极”的“顶梁柱”、“建好长三角南大门”的“主窗口”，着力实施“双十双百双千”工程，持续提升经济综合实力、创新综合能力、产业竞争力。“双十”，即经济综合实力进入全省城区排名前 10 名，在“全国综合实力百强区”排名中上升 10 个位次；“双百”，即数字经济核心产业增加值突破 100 亿元，全区新增高新技术企业突破 200 家；“双千”，即服务业增加值突破 1000 亿元，工业总产值接近 1000 亿元。高质量

发展主要指标全国领先、全省领跑。具体目标如下：

经济跃升走在前列：经济持续保持健康较快发展，落地一批重大生产力布局，创成一批“重要窗口”标志性成果，综合实力和区域竞争力显著增强，温州大都市核心城区地位更加稳固、更加凸显。到 2025 年，地区生产总值突破 1700 亿元，人均生产总值（户籍）力争达到 20 万元，进入“全国综合实力百强区”前 40 强。

创新发展走在前列：产业基础高级化、产业链现代化水平大幅提升，现代服务业、“四新经济”占 GDP 的比重显著提高；区域创新创业体系更加完善，“世界鞋都”、国际未来科技岛建设取得重大突破，人才资源总量全市领先，全社会 R&D 经费投入年均增速 15%以上、R&D 经费投入实现翻番。

能级提升走在前列：全域一体化发展加速推进，未来科技城、历史文化名城、西部生态新城建设取得重大进展，“两线两片”等城市金名片全面建成，未来社区建设成为全省样板，基础设施网络化智能化现代化水平显著提高，“一带三城”空间发展格局基本形成，乡村振兴全面推进，城市首位度、辨识度、美誉度大幅提升。

改革开放走在前列：以数字化改革为牵引的各领域改革全面深化，新时代“两个健康”先行区创建走在全国前列，区域营商环境达到国内一流水平。对外开放的广度和深度全面拓展，市场采购贸易方式试点成为全国典范，接轨上海融入长三角一体化战略方面取得新突破，高水平对外开放格局基本形成。

生态建设走在前列：城乡生态环境持续改善，美丽城镇、美丽乡村、美丽田园、美丽河湖等建设串珠成线，各项生态环境指标位居全省前列，碧水蓝天的生态空间加快构筑。到 2025 年，省控地表水断面三类水体以上比例保持 100%，空气质量优良天数稳步提升，成为全国垃圾分类示范城区和全国生态文明示范城区。

文化引领走在前列：社会主义核心价值观深入人心，文化事业和文化产业蓬勃发展，公共文化服务体系更加健全，全社会文明程度不断提升，四大历史文化街区保护开发加速推进，山水斗城、江心屿诗之岛等文化地标基本建成，打造一批瓯江山水诗路耀眼明珠，鹿城山水、历史、人文和现代都市气息交相辉映的独特韵味得到全面展示。

共同富裕走在前列：加快美好生活建设，居民收入与经济发展保持同步，各领域突出民生问题得到有效解决，数字化、多元化、个性化的优质公共服务供给更加丰富便利，“学在鹿城、游在鹿城、购在鹿城、住在鹿城、创在鹿城”更加深入人心，人民日益增长的美好生活需要不断得到满足，成为中国最具幸福感城市之一。

区域治理走在前列：党政机关治理体系和治理能力现代化深入推进，初步建成利民为本、法治为基、整体智治、高效协同的现代政府。“法治鹿城”“平安鹿城”建设取得显著成效，各领域法治化水平明显提高，重大风险防范化解能力、突发事件应急处置能力和防灾减灾救灾能力大幅提升，平安大区创建进入全省第一梯队，共建共治共享的社会治理格局基本形成。

2.1.1.6 永嘉县发展规划

1.发展目标

对标温州全力“做强第三极、建好南大门”目标要求，充分考虑我县发展阶段性特征和未来发展条件，以加快构筑“五城三地一新区”格局为统领，在全面建成小康社会基础上实现新的更大发展，在全面建设社会主义现代化新征程中展现新的更大作为，为 2035 年基本实现高水平现代化打下坚实的基础。

2.发展战略

全力建设创新活力智城。抢抓新一轮科技革命和产业变革机遇，加快大数据、区块链等新一代信息技术运用，加快建设数字永嘉，推进数字产业化、产业数字化，强化数字赋能新制造、新旅游、新消费、新治理等领域，瓯江北岸科创走廊建设取得显著成效，努力建成全国创新型县。

全力建设交通枢纽重城：深入实施“5151”交通战略，全面实施交通投资倍增计划，加快建成杭温高铁永嘉段及温州北站、楠溪江站两处站场，全力打造立体多元、互联互通的现代化综合交通运输体系，努力打造温州北部综合交通枢纽。

全力建设民营经济强城：围绕新时代“两个健康”先行区创建，深化民营经济发展综合改革，推进要素配置市场化改革，完善企业减负机制，全面构建新型亲清政商关系，营造“全省一流、全市领先”的营商环境，基本形成“5311”现代制造业千亿级产业集群，打造民营经济高质量发展的“永嘉标杆”。

全力建设文化旅游名城：深入实施“12310”旅游发展路径，挖掘和整合“永嘉学派”、楠溪江宋文化等优秀文化资源，以文化赋能旅游融合发展，加快推进重大旅游项目，力争创成国家全域旅游示范区、国家 5A 级旅游景区，打造长三角一流的山水田园休闲度假旅游目的地。

全力建设幸福宜居绿城：城乡生态环境状况持续改善，各项生态环境建设指标居全省前列，国家生态文明建设示范县创建成果不断巩固和溢出，实现天更蓝、地更绿、水更清、空气更清新；民生福祉持续改善，覆盖城乡的公共服务体系更趋完善，人民日益增长的美好生活需要不断得到满足。

努力争创改革开放新高地：高举改革大旗、传承改革基因，以数字化改革牵引全面深化改革，落地一批牵一发动全身的重大改革项目，打造一批具有永嘉辨识度的改革品牌，切实激发高质量发展源动力；深化全方位开放，提升对外开放平台能级，推动开放型经济高水平发展。

努力争创乡村振兴示范地：以创建部省共建乡村振兴示范县为总抓手，深入实施乡村振兴“五大双百”行动，持续深化新时代美丽乡村建设，建设提升乡村振兴示范带、西部生态休闲产业带，全力推动产业融合发展，努力实现农业高质高效、农村宜居宜业、农民富裕富足，真正以农业农村现代化抬高全域振兴的底板。

努力争创县域治理样板地：坚持和加强党的全面领导，强化整体智治理念，清廉永嘉建设纵深推进，社会主义民主法治更加健全，社会公平正义进一步彰显，党建统领的政治、自治、法治、德治、智治“五治融合”基层治理体系基本形成，重大风险防范化解能力、突发公共事件应急能力、防灾减灾救灾能力显著增强，平安建设体系更加完善。

奋力打造温州北部现代生态都市新区：更加突出以人为核心的现代化，深刻把握人民城市为人民的新要求，谋篇布局、科学统筹、多规合一，加快实现经济发展动能强劲、创新活力竞相迸发、全域环境生态优美、人民生活幸福美好、县域社会善治智治，奋力把永嘉打造成为温州北部现代生态都市新区。主动对接温州都市区主中心定位，以更宽视野、更大格局统筹空间规模产业，统筹规划建设管理，统筹生产生活生态，推动交通、产业、人口、形象、配套等方面实现质的飞跃，真正让永嘉成为具有现代化城市功能的产城融合新区块。依托永嘉独特的山水田园风光，不断厚植生态本底，持续植入文化内涵，协同推进乡村文明与乡风文明，真正让永嘉成为“看得见山、望得见水、记得住乡愁”的美好家园。

2.1.2 区域交通现状评价与发展规划

2.1.2.1 温州市交通运输现状评价

1.对外交通

（1）公路

2020 年温州市公路客运量受疫情影响大幅下降；公路货运量有所上升。2020 年温州市公路完成客运量 11152 万人次，同比下降 48.3%；完成旅客周转量 48.0 亿人公里，同比下降 46.4%；货运量 13699.07 万吨，同比增长 8.14%，货物周转量 117.2 亿吨公里，同比增长 8.12%，反映出我市经济回暖向好发展的趋势。

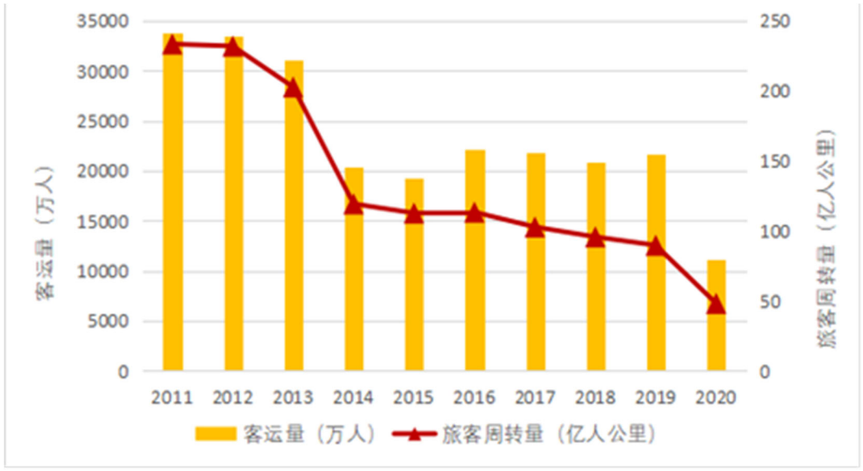


图 2.1.2-12011～2020 年全市公路客运量发展情况

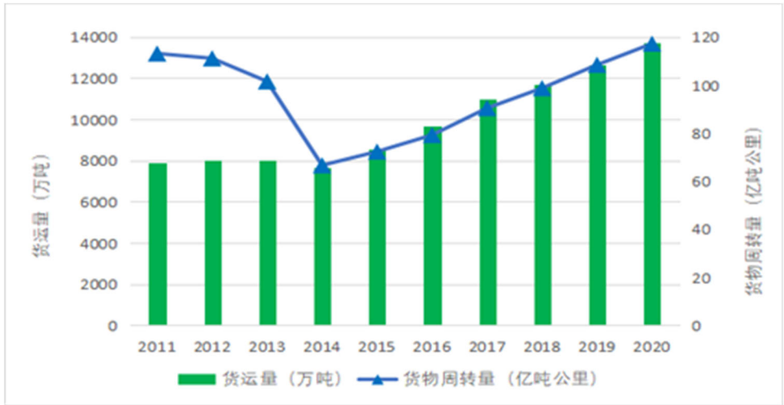


图 2.1.2-22011～2020 年全市公路货运量发展情况

（2）铁路

2020 年温州市区铁路旅客发送量 1058 万人，较 2019 年下降 37.7%；到达量 1074 万人，较 2019 年下降 37.6%。市区铁路货运站货物总发送量 227 万吨，较 2019 年下降 49.3%，货物总到达量 160 万吨，较 2019 年下降 14.0%；货运发送周转量 5.5 亿吨公里，较 2019 年下降 50.0%。

（3）港口

2020 年全市水路客运量与去年基本持平；货运呈现回升趋势。2020 年水路客运量为 35.02 万人，较 2019 年下降 1.78%；旅客周转量为 1746 万人公里，增幅为 0.43%；货运量为 4952 万吨，较 2019 年增加 4.02%，货物周转量为 4187878 万吨公里，较 2019 年增长 12.66%。

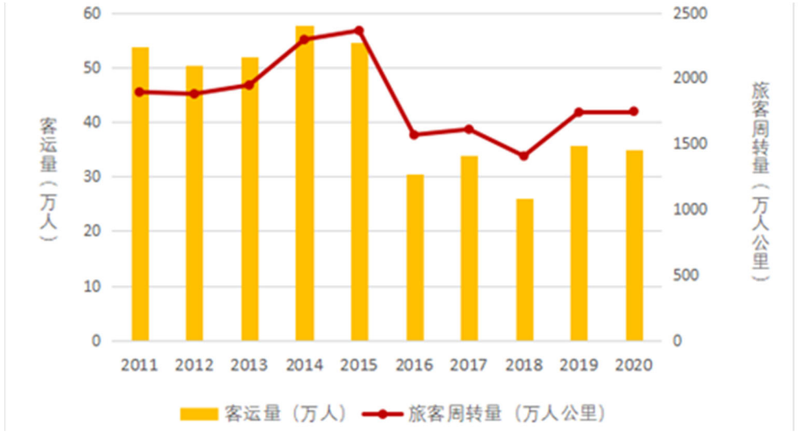


图 2.1.2-3 温州市水路客运量发展情况

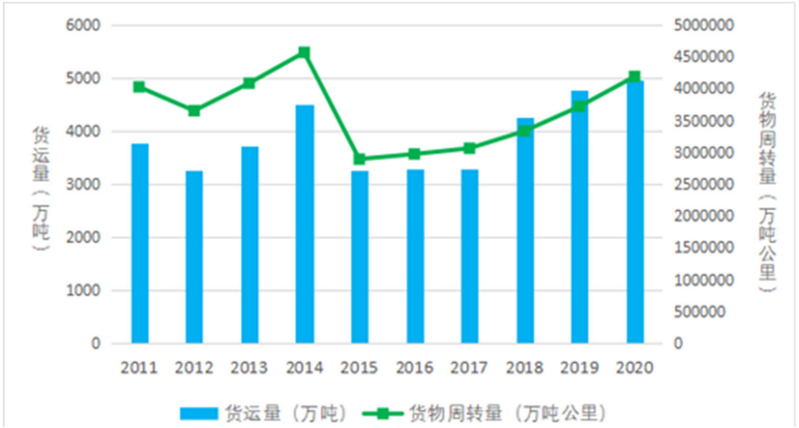


图 2.1.2-4 温州市水路货运量发展情况

（4）航空

截至 2020 年底，温州机场通航城市有 105 个，相较 2019 年减少通航城市 3 个，其中国内通航城市 85 个，通航地区 3 处，国际通航城市 17 个。2020 年温州机场全年完成航班起降 7.37 万架次，同比下降 20.13%；全年完成旅客吞吐量 878.72 万人次，同比下降 28.51%；其中出港旅客 450.08 万人次，同比下降 29.4%；国际（含地区）航线完成旅客吞吐量 6.01 万人次，同比下降 87.15%。从温州机场发送旅客流向来看，出港国内客流主要分布在广州、贵阳、重庆、昆明、成都和郑州方向；地区方面以香港方向出港旅客最多；国际方向以韩国首尔和泰国曼谷方向出港旅客最多。

2020 年温州机场完成货邮吞吐量 7.36 万吨，相较 2019 年下降 9.29%；其中出港货邮量达 4.51 万吨，同比下降 5.14%。

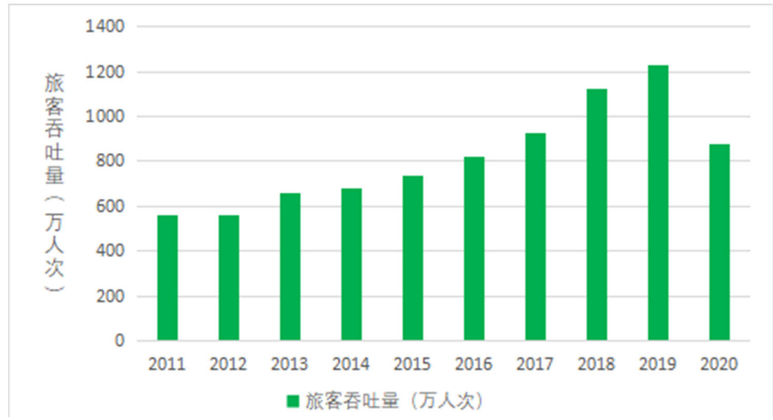


图 2.1.2-5 2011～2020 年机场旅客吞吐量发展情况

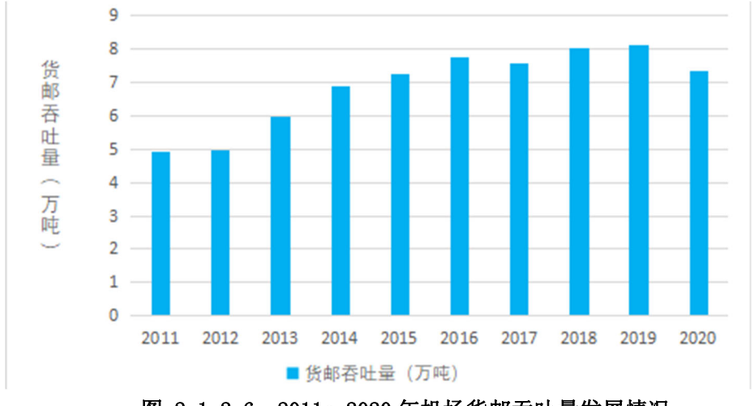


图 2.1.2-6　2011～2020 年机场货邮吞吐量发展情况

2. 城市交通

（1）机动车保有量

截至 2020 年 12 月 31 日，温州市区机动车保有量达 86.12 万辆，2020 年新增 2.87 万辆，相比 2019 年增长 3.45%。2020 年市区机动车车型比例中，中小型载客汽车占比与 2019 年基本一致，为 91.6%；载货汽车占比与 2019 年相比波动较小，为 4.88%。由于 2020 年市区未重新颁发摩托车牌照，摩托车数量较 2019 年减少 7452 辆，减少幅度为 38.9%。

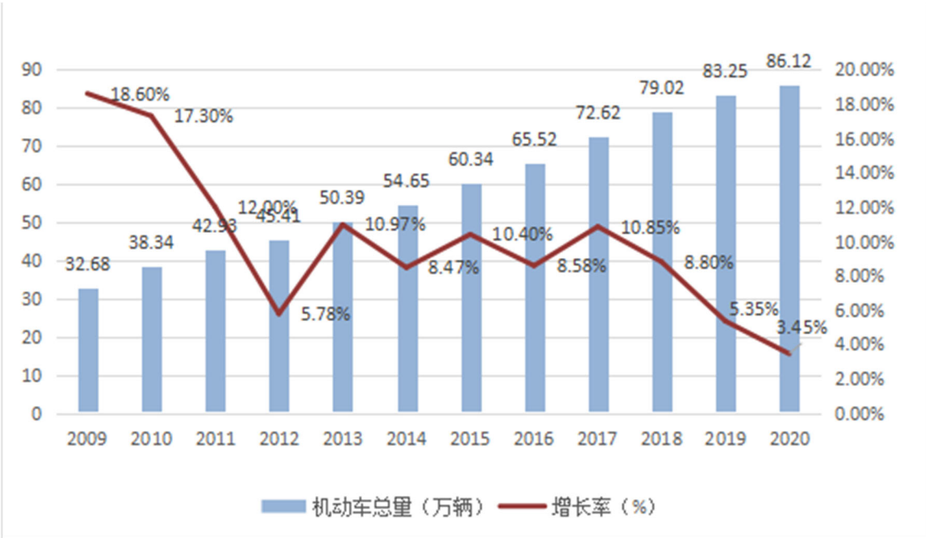


图 2.1.2-7 市区历年机动车保有量及增长比例

（2）道路资源

2020 年温州市区城市道路总长度 1313.02km，总面积 40.82km2。新建改造道路长度 32.99km，道路面积 1.15km2。

2020 年市区人均道路面积为 14.09 平方米，较上年（2019 年为 13.48 平方米）增加 0.61 平方米。建成区道路面积率为 14.05%（最新规范要求为 15-25%），与 2019 年（13.63%）相比略有上升。

2.1.2.2 永嘉县交通运输现状评价

1.铁路

“十三五”期间，永嘉建成乐清湾港区铁路支线，开工建设杭温高铁，甬台温铁路与乐清湾铁路支线形成“一客一货”铁路网格局，铁路里程达 44 公里。乐清湾铁路支线通车后，不仅可以完善乐清湾港区集散疏运体系，对于完善永嘉货运体系、提升物流效率、带动物流产业发展具有重要作用。甬温铁路自 2009 年建成通车，永嘉站客流呈逐年快速增长态势，2019 年完成铁路旅客发送量 64.1 万人次。

甬台温铁路永嘉段长 22.7 公里，为国家一级铁路，双线电气化铁路，以客运为主、客货兼顾，设计速度 250 公里/小时，建成实际运营时速为 200 公里/小时。为切实改善群众出行质量和解决票源紧张问题，2018 年，宁波、台州、温州三市联合发文要求甬台温铁路达速至 250 公里速度运营。

乐清湾港区铁路支线全长 76.78 公里（永嘉段长 21.6 公里），途经鹿城、永嘉、乐清，共设外垟、黄田、白石、绅坊、乐清港等 5 个货站和马岙、包山、东馆 3 个预留车站，与金温货线外垟段接轨。该支线是乐清湾港区联系并辐射内地的后方通道，也是现有金温铁路货运线的出海通道。

2.公路

截至 2020 年底，全县公路总里程数达 2816.6 公里。其中，高速公路 109.7 公里，一级公路为 78.3 公里，二级公路为 149.1 公里。二级以上公路达 337.1 公里，占全县公路总里程的 12.0%。行政村公路通达率达 100%。

3.通用航空

2019 年 3 月，温州楠溪江航空飞行营地获得国家级航空飞行营地称号，成为楠溪江全域旅游的新名片。营地推行“航空运动+旅游”休闲体验模式，设施建设包括动力伞、三角翼等轻型飞行器、滑草场、丛林穿越、射击、射箭、卡丁车运动等，致力于将营地规划建设打造成为集飞行体验、科普展览、度假养生等多功能于一体的体育运动休闲基地，为大众提供空中旅游观光体验方式。

4.内河航运

永嘉根据“一江两岸同城化发展”战略部署，深入开展瓯江港区永嘉作业区码头布局研究，推进乌牛件杂货码头的研究。结合瓯江水上旅游开发及产业转型发展，推进现有客运码头功能转换、提升，推进瓯北码头等“美丽渡口”创建，提升码头渡口服务水平。至 2019 年底，全县内河港口泊位达到 20 个，年综合通过能力 90 万吨。2019 年完成港口货物吞吐量超 90 万吨，同比增长 7.0%。

港区：瓯江港区永嘉作业区地处瓯江下游，沿江岸线总长约 41 公里，沿江由西至东分别分布桥头镇、桥下镇、瓯北街道、三江街道、乌牛街道等乡镇、街道。永嘉港区主要由乌牛作业区、瓯北作业区和长岙作业区等 3 个作业区组成。

航道：永嘉县现有航道总长 84.47km（东至乌牛，西至尾岩头），其中楠溪江航道长 33.38km，瓯江干线三级航道长 25.42km，乌牛仁溪航道长 12.34km，菇溪江航道长 5.01 km，韩埠江航道长 5.56 km，峙河航道长 2.76km。

5.枢纽站场

截至 2017 年底，永嘉客运站共有铁路永嘉站 1 个，公路客运站场 8 个；货运站主要有铁路黄田货运站、永嘉货运中心、五洲物流仓储中心等。

客运站：铁路永嘉站为三等站。公路客运站包括二级站场 2 个（上塘客运站、五洲客运中

心），四级 1 个（瓯北客运站）、五级 1 个（永嘉县黄田客运站），简易站 3 个（头客运站、碧莲客运站、枫林客运站）。港湾式停靠站 436 个。

货运站：铁路黄田货运站。

6.运输服务

2020 年实现全域公交化，较好地满足了城乡居民的出行需求。永嘉县城乡货运主要依托城乡客运的发展，通过既有的客运班线实现城乡货运的有效衔接。2019 年，全县公路旅客运输量为 4032 万人次，公路货物运输量为 1188 万吨；水路客运量为 398 万人次，水路货运量为 615 万吨。

2.1.2.3 温州市交通运输发展规划

1.发展目标

综合交通体系的总发展目标为：开放畅达高效领先的全国性综合交通枢纽城市，生态集约创新智能的现代化绿色交通城市。

2.发展战略

为支撑城市综合交通总体发展目标打造，提出“枢纽升级、辐射强化、绿色发展、智慧交通”四大交通发展战略。

➢通过实施“枢纽升级”和“辐射强化”发展战略，着力提升机场、高铁枢纽等区域对外重大交通枢纽能级以及强化高速铁路、高速公路等对外高等级大通道网络构建，支撑我市由区域性综合交通枢纽城市升级为全国性综合交通枢纽城市，全面提升我市的国际连通性、全国可达性、区域辐射性。

➢通过实施“绿色发展”发展战略，实现交通出行绿色化、交通方式绿色化和交通运行绿色化，合理控制居民出行距离、优化交通出行结构、促进“公交+慢行”交通方式的发展，提升整个交通系统的运行效率。

➢通过实施“智慧交通”发展战略，实现交通基础设施智能化，载运工具智能化，服务、管理和决策支持智能化，全面提升交通系统智慧化水平。

3.发展指标

对外运输结构：客运结构中航空运输占比大于 4%，铁路运输占比大于 20%；货运结构中铁路运输占比大于 9%，水运运输占比大于 35%。

对外通达时间：实现利用铁路、公路等陆路交通运输方式 5 小时通达京津冀、珠三角、长江中游等国家主要城市群核心城市，2 小时通达长三角城市群和海峡西岸经济区中心城市，1 小时通达浙江省各都市区核心城市；温州中心城区 1 小时通达市域各县市；丽水、台州、宁德城市核心区 1 小时可达温州机场；温州中心城区城市的重要功能区、主要交通集散点 30 分钟内到达邻近的铁路枢纽。

交通出行绿色化：居民通勤出行平均出行距离不大于 7km。

交通方式绿色化：中心城区步行、自行车和公共交通共同承担的绿色交通出行比例不低于 80%。

表 2.1.2-1 温州中心城区全方式结构划分

	步行	自行车（含电动自行车）	公共交通（含轨道）	小汽车	出租车（含网约车）	其他
2017	35.90%	15.50%	12.30%	31.70%	1.80%	2.90%
2025	35%	16%	20%	25%	2%	2%
2035	34%	15%	25%	22%	2%	2%
2050	33%	12%	35%	18%	2%	1%

交通运行绿色化：快速路交通高峰时段平均行程车速：核心区不低于 30km/h，中心区不低于 40km/h，其他区域不低于 50km/h；主干道交通高峰时段平均行程车速：核心区不低于 20km/h，中心区不低于 30km/h，其他区域不低于 40km/h；市区道路交通事故万车死亡率不超过 1.5。

4.对外交通系统规划

航空：按照放眼世界、辐射全国、立足区域的原则，强化温州龙湾机场的国际功能以及提升区域辐射力和竞争力，将温州机场打造成为区域性航空枢纽机场。

水运：融入区域港口群互联和整合，完善港口基础设施建设和强化集疏运体系，积极加强与上海、宁波等国际港口的深度合作，大力发展水水联运，打造支线港和喂给港。

铁路：强化对外联系通道，完善铁路枢纽布局，提升铁路枢纽地位，强化对区域乃至全国的服务能力，构建“521”铁路交通出行圈。“5”：到京津冀地区、珠三角部分核心城市的 5 小时出行圈；“2”：到长三角中心城市、海西南部核心城市、环鄱阳湖上饶等城市的 2 小时出行圈；“1”：浙江省内城市、福州的 1 小时出行圈。

公路：持续优化完善高速网络、国省道干线公路网络和公路枢纽布局，巩固和提升国家公路主枢纽地位。

5.城市交通系统规划

轨道交通：构建“市域铁路 S+城市地铁 M”的轨道交通线网架构，促进土地利用与交通协调发展，支撑城市空间结构扩展和优化。

公共交通：通过系统性变革公交体系、线网结构、基础设施供应模式和体制机制，全面提升公交服务水平和吸引力，确定公共交通在城市客运体系中的主体地位。

城市道路：构筑布局完善、等级结构合理、功能明确、管理先进的道路网络体系，形成高效畅达的城市道路交通体系，实现道路交通与城市用地、空间结构有机协调，引导城市空间有序拓展，支撑产业布局和城市发展。

2.1.2.4 永嘉县交通运输发展规划

抢抓长三角一体化发展机遇，以打造温州北部综合交通枢纽为总目标，以“大干交通、干大交通”为总要求，继续深入实施“5151”交通战略，加快构建外快内畅、互联互通、立体多元、绿色智能的现代综合交通体系，全力建设交通枢纽重城。

1.提升对外交通能力

实施高铁直通工程。以融杭接沪达闽、打造“1+2”高铁时空圈为目标，加快建成杭温高铁永嘉段，同步推进温州北站、楠溪江站站场建设，全力配合温福高铁与杭温高铁联络线建设，积极推动甬台温铁路达速运营，进一步优化综合运输结构，形成 Y 型高速铁路网布局，推动永嘉全面跨入“高铁时代”，成为温州向北融入长三角的“第一”大通道。到 2025 年，铁路里程达 100 公里以上、融入省市“1 小时交通圈”。

实施高速成网工程。力争开工建设乐永青高速和温义高速，有序推进温州北站互通、乌牛互通、上塘互通等高速公路互通加密，构建井字型高速网，实现融温联丽通台义，成为温州、金义两大都市区“1 小时”交通圈的交汇枢纽。

实施航运建设工程。进一步加大深水港区、深水航道和深水泊位建设力度，重点开发乌牛港口作业区，加快建设乌牛、桥下、桥头、三江等地码头项目，进一步提升内河航运。做好航道、航标养护、维护工作。“十四五”时期，新增港口货物吞吐量 1 万吨。

实施航空补短板工程。以公共服务飞行（应急救援、警务、护林、消防、医疗等）为主，兼顾低空旅游，布局通航飞机和无人机起降点，建设 1 处以上地方型二类通用航空机场，推进形成应急救援航空体系。积极发展“通航+消费”新业态，争取开通省内、省际短途运输航班，开发低空游览、高空跳伞等项目。

2.加密跨江通道布局

推进过江通道科学布局。坚持适度超前、服务全局、覆盖广泛、等级匹配，构建城市轨道、公路、城市道路等交通方式的过江通道布局。建成轨道交通 M1 线，同时谋划和争取开工至县城的延伸线；研究论证乌牛—黄田—桥头—桥下轨道线，与温州市区 M2 线构建瓯江两岸轨道交通环。建成 104 国道西过境永嘉段、乌牛互通，推进建设府东路过江通道，改造提升瓯江五桥（桥头至临江）；围绕桥头-桥下-金溪打造县域副中心，研究新建桥下、桥头的跨江通道，构建永嘉与温州主城区“一刻钟”交通圈。加强过江通道与两岸城市主干道路的衔接，提升交通通达能力和交通转换效率。

推进瓯江两岸公交一体化。积极推进永嘉公交融温一体化，与温州主城区实行统一的票价体系、线路编码、优惠政策和结算方式，并适时加密公交班次、新增公交线路。积极建设跨江快速交通线路（BRT）并争取延伸到上塘，研究开通温州中心城区直达温州北站的高铁快线（大站快车），实现经东瓯大桥、瓯越大桥各有 1 条以上 BRT 线路。

3.优化县域交通网络

提升干线公路通行能力。围绕“一主两副四组团”空间布局，构建“两纵四横”普通国省道布局，加强干线公路与高速公路、农村公路的衔接，完善县域骨架路网布局，强化国省道、重要县道对城镇化、产业化、旅游业的支撑与引导作用。推动交通运输领域信息基础设施建设，优先推进 104 国道、41 省道等国省道的数字转型、智能升级，创新性开展数字交通工作。研究论证上塘至岩头、枫林的旅游轨道专线，探索推进单轨、管联网等新制式布局。

建设高水准农村公路网。对标全省“四好农村路”建设“四个领先”目标要求，高水平推进“四好农村路”建设，加快镇镇通二级公路、村村通等级公路，达到“联城、联乡、联村、联景、联心，更畅通、更安全、更舒适、更美丽、更富民”的目标。到 2025 年，完成 800 公里以上农村公路路网结构、路况质量“双提升”，其中新改建 100 公里以上、路面维修 600 公里以上；实施行政村通双车道公路 30 公里以上，新增通双车道行政村 35 个，通双车道行政村比例达 65%以上；标志标线完善 100 公里以上。

4.构筑高效公共交通

打造高品质公共交通体系。按照“布局合理、衔接有序、换乘方便”的原则，发展完善以中心城区为中心、乡镇为节点、建制村为末梢的三级城乡公交网络，到 2025 年，公交分担率提高到 30%。推进智慧绿色交通发展，到 2025 年，公交清洁能源车比例达 80%，公交车辆全部开通非现金支付功能。创新定制公交专线服务，发展定制公交和直达专线业务，推广引入社区公交线路，鼓励发展中小学校车服务系统和单位通勤班车。大力发展多形式、多层次的旅游公交专线，实现城区—主要景区—旅游集散中心旅游专线全覆盖、畅通旅游交通“微循环”。

建设枢纽无缝衔接体系。以铁路枢纽为重点，汽车客运站、公交站场、旅游集散中心为基础，加快推进形成“两主一辅、五极多点”的客运枢纽布局。科学设置集轨道交通、短长途客

运、公交、出租车、自行车网点等为一体的客运枢纽换乘功能。

2.1.3 沿线用地和其他重大设施规划

2.1.3.1 沿线土地现状

府东路隧道沿线主要经过府东路、梅园路及 104 国道等，其中，通道南端连接鹿城区府东路，道路以西用地开发相对成熟，道路以东为城市 CBD 商务中心区，现状局部处于开发建设中；通道北端连接 104 国道，道路以北处于规划开发中，道路以南用地开发已成熟。沿线道路周边现状主要为水系、桥梁、居民住宅、绿化及文化设施用地等。

2.1.3.2 沿线用地规划

根据温州市《中心城区用地规划图》，府东路过江通道**北岸控规情况为：**工程沿线规划用地为防护绿地、公园绿地、供应设施用地及水系等。



图 2.1.3-1 北岸现行用地规划图

根据温州市《中心城区用地规划图》，府东路过江通道**南岸控规情况为：**工程沿线规划用地主要为居住用地及公园绿地。

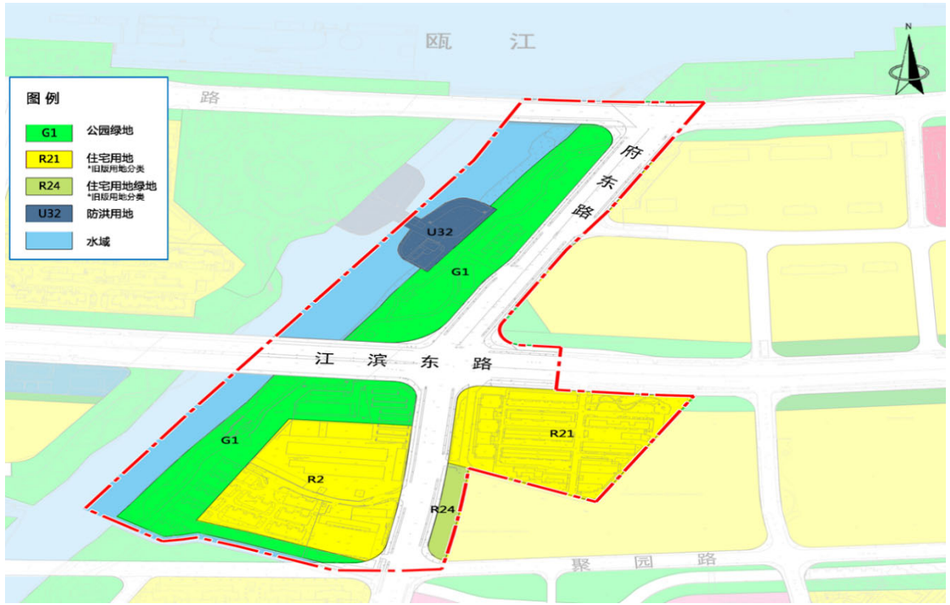


图 2.1.3-2 南岸现行用地规划图

2.1.3.3 沿线周边轨道交通规划

根据《温州市综合交通体系规划》（2018-2030 年），温州市拟构建“S+M”的城市轨道交通线网架构，市域铁路 S 线主要承担温州市域主要发展轴上中心城区与外围组团快速联系，解决外围组团快速到达中心城区的通勤、公务、商务出行，支撑温州市城市发展轴的构建和提升温州中心城区的首位度；城市轨道 M 线主要承担中心城区内部各功能片区之间的大运量短站距的高强度密集的市民通勤出行需求。

（1）市域铁路（S 线）线网规划

规划 3 条市域铁路 S 线，正线总长度为 257.48km，预留 S3 线温州站以北区段、S2 线延伸至台州条件。

S3 线：南北走向，正线长度 83.98km，车站数 26 座，承担都市区范围内南北向组团间快速交通联系，北起温州站，沿温瑞大道经南白象、仙岩、塘下、瑞安市区、昆阳、鳌江、龙港至灵溪，并预留向北至永嘉上塘条件。

本项目设置路由已避让 S3 线规划北延预留实施位置。

（2）城市轨道交通线网规划

规划 4 条城市轨道 M 线，正线总长度为 125.62km，预留 M1 线仙岩以南段、M3 线七都岛以北区段、M4 线瓯飞区段。

M2 线：西北至东南走向，正线长度 43.63km，车站数 36 座，西起鹿城陈村站，经双屿客运站，穿越滨江住宅密集区、滨江商务区、状蒲片区、浙南科技城、龙湾片区、温州经济技术开发区，至瓯飞区域终止。M2 沿线多为大型住宅及公建设施，预计有较好的客流吸引，推动城市沿瓯江向东发展。

本项目与 M2 线在府东路节点处存在平面交织，需考虑两者先后实施关系及相互影响。



图 2.1.3-3 温州市轨道交通线网规划图

2.1.3.4 城市道路系统规划

根据《温州市综合交通体系规划》（2018-2030 年），以城市快速路为主骨架，结合主次干道，形成功能明确，级配合理的城市道路网系统。其中，快速路系统重点覆盖“鹿城-龙湾-瓯洞”沿瓯江城市拓展轴和“乐清-龙湾-瑞安”沿海功能联系轴的沿线功能区，同时进一步延伸至瑞安、乐清、瓯海、永嘉等地区，服务城市组团间快速机动化出行。

都市区城镇密集区内规划“七横七纵”快速路网，总里程 616.4km。七横：**沿江快速路（含文昌路）**、瓯海大道、江北快速路、环岛快速路、环山南路、瑞枫大道、胜利塘东大道；七纵：瓯海-上塘快速路、诸永高速延伸线、柳白-龙湾快速路、温瑞大道及延伸线、七都-乐清快速路、滨海大道、沿海快速路。中心城区范围内总体形成“环+放射+联络线”快速路网络格局，总里程为 212.7km，路网密度为 0.53km/km2，主要服务组团间快速机动化联系，衔接对外交通干线、高速公路出入口和主要综合交通枢纽，服务对外快速集散。

快速路横断面布置形式以四幅路为主，道路红线宽度按 60 米控制，最小不小于 40 米。根据路段区位和周边用地条件，确定是否在快速路两侧设置辅路。主路双向机动车道数原则上不少于 6 条；如设置辅路，辅路单向车道数原则上不少于 2 条。

主干路双向机动车道不少于 6 条。骨架性主干路、快速公交走廊按 50 米控制，一般性主干道按 45 米控制，现状困难路段或非建设区路段红线按不低于 30 米控制。

次干路双向机动车道不少于 4 条，道路红线宽度一般按不低于 40 米控制，困难地段一般不低于 24 米。

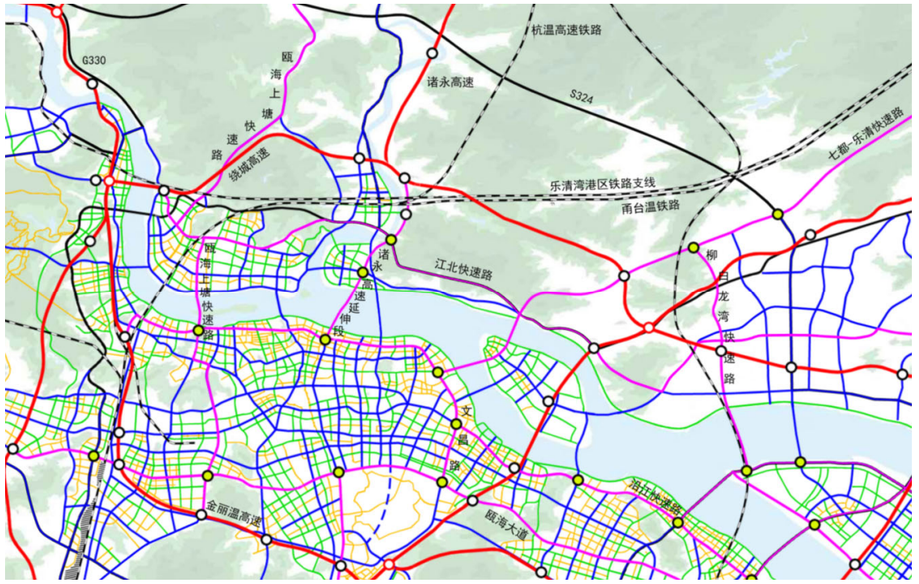


图 2.1.3-4 线城市道路系统规划图

表 2.1.3-1 温州近期建设的快速路

道路名称		建设规模
快速路	沿江快速路	沿江滨路、会展路、机场大道布设，全长约 35km
	瓯越大桥延长线	三江半岛经过永嘉高铁站，连接至绕城北高速，全长约 3.7km
	文昌路	沿江快速路至瓯海大道南北段，全长约 2.6km
	温瑞大道	瓯海大道至飞云江段，全长约 36km
	瓯海大道	瓯江半岛至瑞安飞云江段，全长约 35km
	七都乐清快速路	中心城区至绕城北高速段，全长约 9.8km

其中，沿江快速路作为快速连接中心城区内部东西方向的主要通道，西起双屿客运中心，东接入机场大道，承担大部分中心城区内部东西向交通出行需求，沿江滨路、会展路、机场大道布设，全长约 35km，为市重点推进建设项目。

该项目与沿江快速路（江滨路段）及城市轨道线路 M2 线在府东路节点处存在平面交织，需考虑三者先后实施关系及相互影响。

2.1.3.5 铁路系统规划

根据《温州铁路地区总图规划》，温州市在既有甬台温铁路、金丽温铁路基础上，新建杭温高铁、乐清湾铁路支线，并规划建设沿海高铁和温武铁路。为此，温州市在既有温州南站、温州站、永嘉站、乐清站、瑞安站、鳌江站、苍南站基础上，扩建温州南站、温州北站，新建楠溪江站，并规划建设温州东站。温州主城区将形成“两主一辅”的高铁车站枢纽，其中温州南站、温州东站为主车站，温州北站为辅车站。

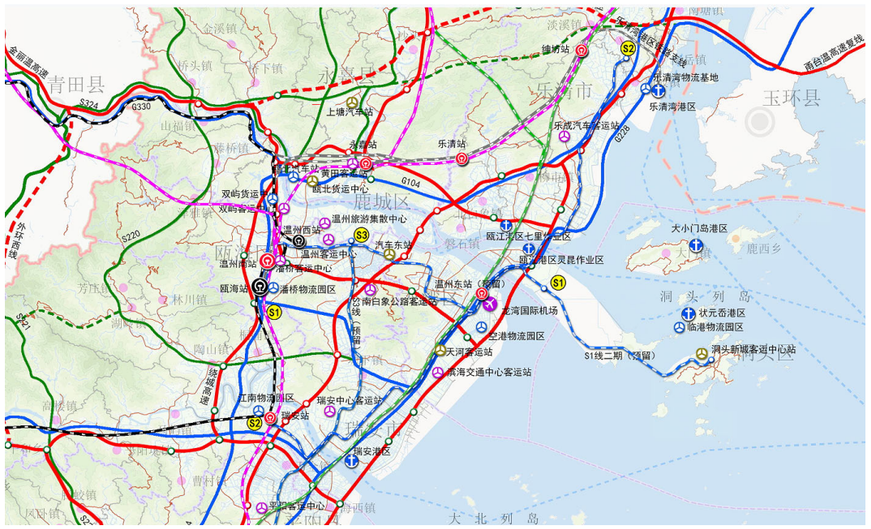


图 2.1.3-5 市域综合交通规划图

根据《新建铁路杭州至温州铁路可行性研究》，杭温高铁于温州北站南侧新建站台。温州北站现状为永嘉站，已停运，扩建建成后规模将达到 6 台 12 线，其中到发线 8 条，越行线 4 条。该车站将成为距离府东路隧道最近的铁路站点，距离隧道位置约 3.3 公里。府东路隧道建成后将形成温州北站至中心城区快速直达通道，极大完善温州北站对外交通集散体系。

2.2 自然条件

2.2.1 地形、地貌

温州市府东路过江通道工程，起于永嘉县三江片区 104 国道，穿越瓯江航道，止于鹿城区府东路，隧道全长约 3.065km，主要跨越三个地貌单元，起点为北侧永嘉三江段，主要为山前平原和冲海积交会地貌，现状沿线穿越空地、房屋、道路。中部隧道区主要为河流地貌，由河流岸坡与河床组成，岸坡与河床以缓坡形式相连，水下地形变化较大，水底凹凸不平，离岸 900～1000m 处的水深一般 7~12m；河床展宽，滩多水浅，径流、潮流作用相互消长；靠近北岸有一片高滩，有芦苇覆盖，滩上高程约 2.5~3.5m，高潮位时淹没，低潮位时部分出露；北岸和南岸现状均为游步道和防洪堤；从瓯江南岸至终点，主要为冲海积平原地貌，由河、海水流共同作用沉积的物质堆积而成，现沿线主要为现状府东路、瓯江边绿化广场，现状高程约 4.1~5.0m。



图 2.2.1-1 工程场区原地貌

2.2.2 气象和水文

本地区属亚热带季风气候区，气候温暖湿润，雨量充沛，四季分明，全年无严寒酷暑。据温州气象台资料统计，多年平均气温 17.9℃左右，气温最高月份为 7 月，平均气温 28℃，最

低气温为 1 月，平均气温 7.7℃，极端最高气温 41.3℃（2003 年），最低气温-4.5℃。

本区降水量丰富，多年平均降水量为 1723.0mm（温州站），最大年为 2919.8mm，（1911 年），最小年为 1103.0mm（1979 年），降水量年内分配不均匀，4~10 月份占全年降水量的 78.5%，5~9 月份占全年的 64.7%；日降雨量达 10mm 以上的年平均日数达 47 天，最长连续降雨达 23 天。

2.2.3 地震

据区域资料，本区在燕山期及以前的地质年代里，构造运动强烈，到喜山期基本结束了大规模的断裂和褶皱，地壳运动主要表现为升降运动，深、大断裂逐渐趋于稳定，从上更新世以来，本区地壳垂直上升速率小于 0.17mm/年，地壳基本处于稳定状态。本区属我国东南沿海二等地震带的东北端，接近三等地震区，受远场地震波影响，为少震或弱震区，近代地震的特点是强度弱，震级小，频度低。

根据《浙江省地震目录统计》，近两个世纪，温州市及邻域曾发生三次具破坏烈度的地震，分别是发生于 1813 年 10 月 17 日的温州 4.75 级地震（震中烈度Ⅵ度），1926 年 6 月 29 日浙闽交界以东海域 5.25 级地震和 1960 年 7 月 21 日平阳东海域 5.0 级地震，但它们对本域均未造成破坏性损失；另外还有 3.0～3.9 级地震 7 次，小于 3.0 级地震>10 次。

据现代地震监测资料表明，区内现代地震活动微弱，一般仅限于 3.0 级以下地震。近年的 1996 年 4 月，文成境内发生过 2.6 级的有感地震；2000 年 1 月 6 日洞头大门岛以东海底近海岸的浅震源有感地震；此外，台湾、福建、长江口等地发生的地震偶有波及本区。

2006 年 2 月 4 日以来文成泰顺交界处发生多次地震，最大震级 4.6 级，对拟建场区影响小。按 1990 年国家地震局编制的全国地震区划图(图 3-2)，本区为基本稳定区，未划入震级>5 级的危险区，据国家质量技术监督局《中国地震动参数区划图》(GB18306-2015)，本区地震动峰值加速度属 0.05g 区，场地地震基本烈度为Ⅵ度，设计地震分组为第一组。



图 2.2.3-1 中国地震动参数区划图

2.3 建设和环境条件

2.3.1 沿线建（构）筑物

本项目隧道平面线型主要控制点为北岸的 104 国道、梅园路及瓯江印象住宅小区、长岙水闸、长岙油库和加油站，以及南岸的瓯江路上斗门浦河桥、江滨路上江滨大桥、时代滨江上品住宅小区、伟明环卫公司及岷江小学等。隧道纵断面线型主要控制点为北岸 104 国道、环江大道和北岸大堤，以及南岸大堤、瓯江路、江滨东路及其下方市政管线、规划 M2 地铁线及规划沿江快速路等。

（1）北岸

通道北岸段连接梅园路及 104 国道。沿线道路两侧的主要建筑物有：梅园路西侧为高层成熟住宅瓯江印象小区，东侧为关公庙、长岙油库及建筑空地。该工程处 104 国道南侧为居民小区，北侧为长岙村，距离通道位置均较远。

北岸接线道路梅园路规划为支路，规划道路红线宽 24m，道路西侧为瓯江印象小区，东侧规划 10m 绿带。梅园路南接环江大道，环江大道道路红线宽 24~28m，为双向四车道，其中梅园路西侧段已施工完成，梅园路东段尚未实施。梅园路北接 104 国道，104 国道现状道路红线宽

26.8m，为双向四车道。

通道北岸段沿江堤防已实施规划，并在通道位置修建了长岙水闸一座，地下一层地面两层钢筋混凝土结构，钻孔桩基础，该水闸与通道位置冲突，需拆除后向东移 60m 左右重建。



图 2.3.1-1 北岸现状



瓯江印象小区



长岙村



关公庙



北岸江中滩涂

北岸堤防外侧为大面积的漫滩地，受潮汐影响，凹凸不平，较为荒芜。隧址范围漫滩地深入江面约 450m，地面标高为-0.3~5.1m。

（2）南岸

通道南岸段下穿瓯江路及江滨东路后出府东路，沿府东路敷设。通道两侧沿线的主要建筑物有：府东路东侧为刚建成的高层住宅滨江上品小区、安置房及成熟住宅罗湾锦苑小区，西侧主要为绿地公园、部分简易房等。伟明智慧环卫有限公司及岠江小学均在规划拆迁范围。



图 2.3.1-2 南岸现状



上陡门浦河桥



上陡门浦景观桥



上陡门浦公园



滨江上品小区



岜江小学



罗湾锦苑小区

上陡门浦桥则位于瓯江路上，由西向东跨越上陡门浦河。主桥采用 3x30m 小箱梁，两侧引桥为 3x20m 预应力简支空心板简支梁，主桥采用单排柱式墩，重力式桥台，基础均采用钻孔灌注桩，全桥总长 218.64m，桥两端设路堤与道路衔接。桥梁斜角为 35° 。下部结构 1、2、7、8#墩为桩柱式桥墩，桥墩桩基直径为 1.2m；3~6#桥墩直径为 1.5m，桩基直径为 1.2m，承台厚 2m，基础形式为钻孔灌注桩。0、9#桥台为重力式桥台、钻孔灌注桩，桩径为 1.2m。



图 2.3.1-3 瓯江南岸大堤观景平台及上陡门浦河桥

2.3.2 沿线市政管线

（1）北岸段

隧址北岸梅园路及 104 国道下方的市政管线主要有通信管、给水管、雨水管、污水管、石油管、电力、光纤等，其中对通道建设影响较大的管线有：

给水管：DN400，铸铁，埋深 1.6m；

污水管：DN400，铸铁，埋深 3.3m；

雨水管：DN1000，砼，埋深 3.4m；

石油管：5 根，DN159，钢，埋深约 1.7m；

光纤：200x200，4 孔，300x200，6 孔等；

10KV 高压线：共有 3 路，分别为凌江 L127 线、开阳 L702 线及长袄村 2 号公交 II 路。

表 2.3.2-1 北岸主要管线一览表

管线名称	管径（mm）	材质	埋深（m）	位置
污水管	DN400	铸铁	3.30~1.40	环江大道与梅园路交叉口
污水管	DN159	钢	1.4~1.7	104 国道东侧
雨水管	DN1000	混凝土	3.1~3.4	104 国道西侧
给水管	DN400	铸铁	1.62~1.65	梅园路与环江大道交叉口
给水管	DN159	钢	1.4~1.7	104 国道东侧

5 根石油管	DN159	钢	1.4~1.7	104 国道东侧
10kv	800*600	铜	0.65	环江大道与梅园路交叉口
10kv 凌江 L217 线	架空	铜	-16.47	梅园路与 104 国道交叉口
10KV 开阳 L702 线	架空	铜	-14.79	梅园路与 104 国道交叉口
长岙村 2 号公变 II 路	架空	铜	-14.5	梅园路与 104 国道交叉口

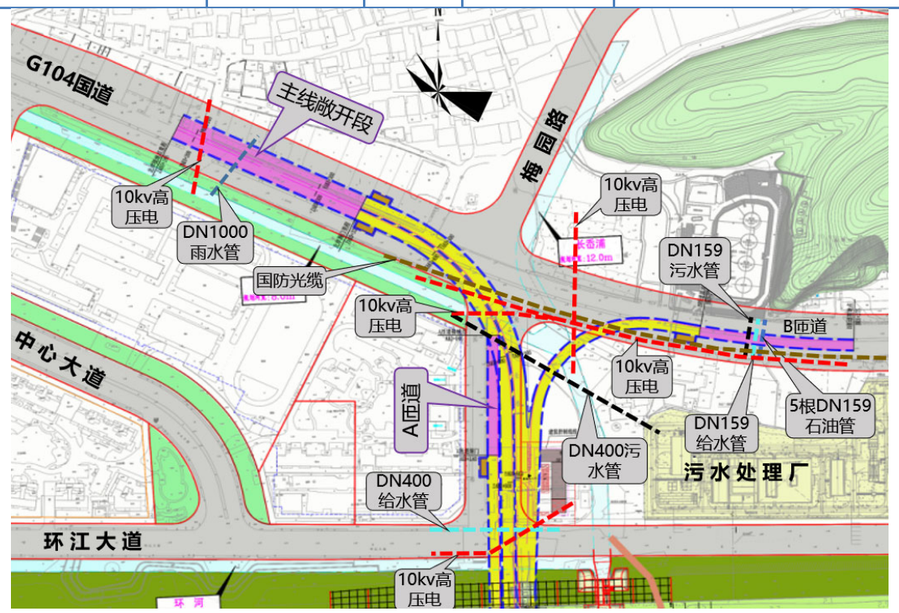


图 2.3.2-1 北岸地下管线图

（2）南岸段

隧址南岸瓯江路、府东路及江滨东路下方布置有燃气、雨水、污水、给水、供电以及各种弱电管线，其中对通道建设影响较大的管线主要有：

通信管、给水管：DN600-500m 钢管、DN400-475m 球墨铸铁管、DN200-230m 球墨铸铁管；

污水管：d400-500m 离心浇铸玻璃纤维增强塑料夹砂管、D1200-15m 离心浇铸玻璃纤维增强塑料夹砂管（埋深 5m）、D2000-450m 离心浇铸玻璃纤维增强塑料夹砂管（埋深约 5.2m）；

雨水管：d1600-200m 钢筋混凝土三级管方桩基础、d1400-400m 钢筋混凝土三级管方桩基础、d1200-280m 钢筋混凝土三级管方桩基础、d800-300m 离心浇铸玻璃纤维增强塑料夹砂管、D600-200m 离心浇铸玻璃纤维增强塑料夹砂管、D300-200m 离心浇铸玻璃纤维增强塑料夹砂管；

燃气：De250-900m PE 实壁管；

110kV 电力：12 孔-100m，8 孔-100m；

10kV 电力：12 孔-100m，8 孔各 100m，12 孔-550m。

沿府东路方向西侧敷设的 DN1200 砼雨水管线，纵向平行于通道布置，施工前需永久迁改至通道外侧。

沿江滨东路方向敷设的 DN1200 砼污水管、DN2000 砼污水管、DN1000 砼雨水管、DN1200 砼雨水管、900x400110KV 电力管线，这些管线需要进行二次迁改，其他管线采用永久迁改或临时保护的措施可解决施工的问题。

表 2.3.2-2 南岸地下管线一览表

管线名称	管径	材质	埋深（m）	位置
污水管	DN1200	砼	4.2	府东路西侧
污水管	DN2000	砼	5.2	江滨路北侧
污水管	DN2000	砼	5.2	江滨路南侧
雨水	DN1200	砼	3.7	江滨路北侧
雨水	DN1200	砼	3.7	江滨路南侧
给水	DN600	铸铁	1.7	府东路与江滨路交叉口
燃气管	DN250	PE	1.6	府东路与江滨路交叉口
110KV	600X300 8 孔	铜	0.7	江滨路南侧
10KV	600X300 8 孔	铜	0.6	江滨路南侧
10KV	1000X300 8 孔	铜	0.6	江滨路南侧

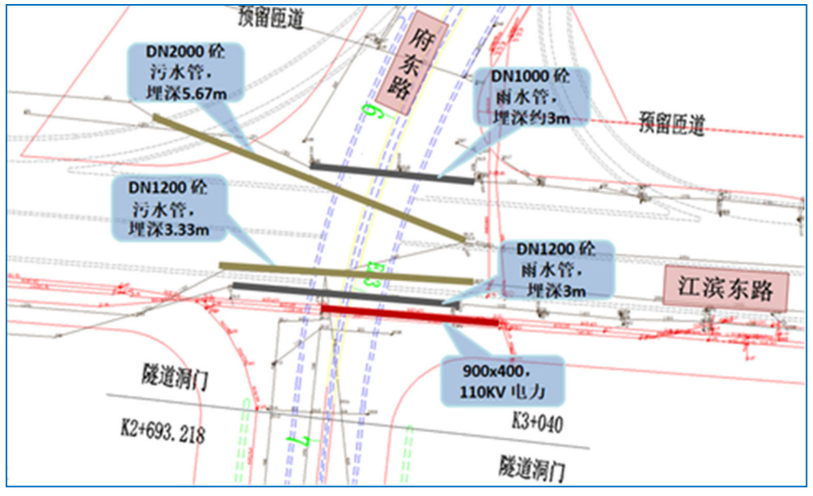


图 2.3.2-2 江滨东路节点重大管线

2.3.3 工程地质及水文地质

2.3.3.1 区域构造特征

据调查，测区范围地质构造较为简单，主要以断裂、裂隙二种形迹表现，节理裂隙与断

裂紧密相关，本区内涉及的区域地质构造见图3-1。

工作区所处大地构造为浙东南褶皱系，区域构造以断裂构造为主，发育NNE向、NE向二组断裂，构成了本区构造的基本格局，并且控制了测区内次一级断裂的发育和地貌形态的形成。对本区影响较大的为淳安—温州大断裂。

（1）温州—镇海大断裂（编号⑬）

该断裂从本工程西北约13km处经过，它是浙东南最醒目的断裂构造，总体走向为北东25°。该断裂自黄岩长潭水库往北经临海、宁海、镇海而潜没于灰鳖洋水域之下，这一地段地表断裂十分醒目，南段地表显示较差，长潭水库以南经温州、矾山并伸入福建境内，从本工程西北约13km处通过，全长约320km，它由一系列北东、北北东向断裂组成宽5～10km的断裂带，断面多向北西倾，倾角陡立。该断裂可能形成于燕山中晚期，历史上温州、临海、镇海曾多次发生地震及南溪附近的温泉及深圳一带的陡崖深谷，表明该断裂于挽近时期尚在活动。

（2）淳安—温州大断裂（编号⑮）

该断裂斜贯浙江中部，呈310～320°方向延伸，西北起自淳安洪家附近，往南东经兰溪、金华至温州，止于本工程北西约7km处，全长约300km。航磁异常图上，还大断裂东南段反映为负异常背景上的正高异常点呈北西向串珠状排列；西北段呈现正负异常截然分界。卫星照片显示断续的线形影像。建德县白沙一带和金衢盆地内见一组北西向断裂断续分布，断面常具追踪现象，断裂中有石英脉、花岗斑岩脉充填。该大断裂形成于燕山期，断裂性质曾多次转化。

（3）泰顺—黄岩大断裂（编号⑱）

该断裂位于浙江东南沿海，呈北东向展布，由泰顺往北东经永嘉、黄岩直抵三门湾，从本工程西北约20km处经过，省内长约260km。地表为断续出露的北东向断裂，一般长达20～30km。断裂多发育在上侏罗统和白垩系中，燕山晚期的岩体常被其切割。

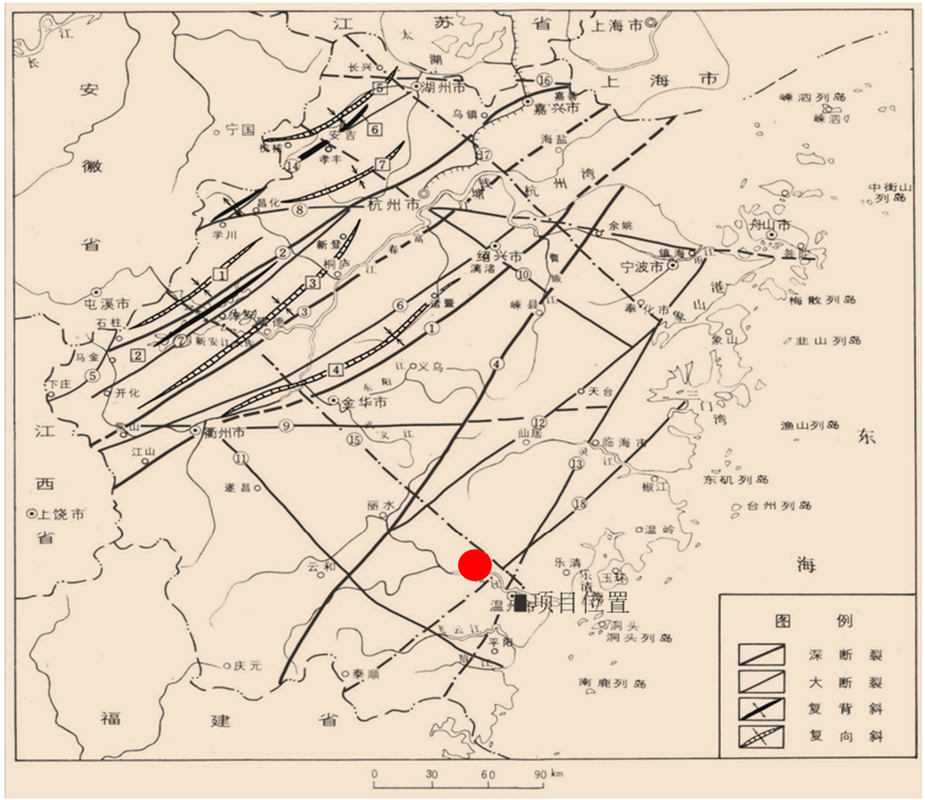


图 2.3.3-1 浙江省主要褶皱、断裂构造分布图

2.3.3.2 地基土的构成与特征

按地质成因时代及其工程特征，本次勘探深度内揭露的主要为第四系地层及前第四系风化岩，根据浙江省地方标准《工程建设岩土工程勘察规范》(DB33/1065-2019)按将其分为 6 个工程地质层及 22 个亚层，自上而下主要为人工填土（①$_1$）、“硬壳层”粘土（①$_3$）、冲海积相淤冲积软土（②$_1$~②$_5$、③$_1$~③$_2$）、河湖相沉积的粘性土、及河流冲积相砂土、碎石土（④$_1$~④$_4$、⑤$_3$）及局部揭露的风化基岩（⑩$_3$）等，本阶段分层简述如下：

①全新统上组现代人工填积层及河湖相表层粘性土（Q_4^3），分为两个亚层

①$_1$ 杂填土（ml）：杂色、褐黄色，主要为旧城拆迁、道路修剪后的建筑垃圾（碎砖块、水泥块等）、生活垃圾、碎石、块石、中粗砂及粘性土组成，建筑垃圾和碎块石含量 10%~50%，块径 2~30cm 不等，主要集中到市政道路附近。土性不均一，多呈稍密状，中高压缩性为主，地面普遍分布有 0.20~0.50m 厚的混凝土路面，表层为 0.1-0.2m 的沥青，见于陆域钻孔及滩涂靠近堤岸段。层厚 0.50～7.10m，层底埋深 0.00～7.10m，层底标高-0.85～3.49m；。

①$_3$黏土（1hQ_4^3）：黄褐色，含少量腐殖质，夹薄层粉砂，见有较多铁锰质氧化斑，局部可见较多植物根系，可塑，局部软塑，中～高压缩性。层厚 0.60～2.90m，层底埋深 2.20～5.00m，层底标高 0.03～2.18m。

②全新统中组冲海相（Q_4^2），分为五个亚层

②$_1$淤泥夹粉砂（m-alQ_4^2）：灰色；含少量腐殖质、贝壳碎片；以淤泥为主，夹薄层粉砂，粉砂含量很不均匀，一般在 5～15%不等，局部 15～30%；粉砂多呈层状、薄层状产出；土性呈流塑，高压缩性；粉砂呈松散状，饱和；层厚 1.60～24.50m，层底埋深 1.90～33.20m，层底标高-29.86～-0.61m。

②$_2$淤泥（mQ_4^2）：灰色；含少量腐殖质，不均匀地夹有少量薄层粉砂，零星见有贝壳碎片；流塑、高压缩性、高灵敏度。层厚 0.60～22.60m，层底埋深 0.60~37.80m，层底标高 1.41～-34.92m。

②$_3$粉砂夹淤泥（al-mQ_4^2）：灰色、浅灰色；含少量腐殖质、贝壳残片；大部分以砂土为主，夹（混）部分层状淤泥，局部呈砂土与淤泥互层，淤泥含量一般在 10～50%，少部分>50%，以淤泥为主，夹层状砂土；砂土以粉砂为主，局部夹少量中细砂；粉砂呈饱和，松散～稍密，局部中密，淤泥呈流塑，土层以中压缩性为主；层厚 1.80～16.60m，层底埋深 8.90～24.00m，层底标高-18.09～-12.72m。

②$_4$含粉砂淤泥（mQ_4^2）：灰色；含少量腐殖质、贝壳碎片；以淤泥为主，含少量粉砂，粉砂含量很不均匀，粉砂多呈层状、薄层状产出，一般在 5～15%不等，局部 15～30%；土性呈流塑，高压缩性；层厚 1.40～14.60m，层底埋深 14.80～28.10m，层底标高-37.20～-11.94m。

②$_5$粉砂夹淤泥（al-mQ_4^2）：灰色、浅灰色；含少量腐殖质、贝壳残片；大部分以砂土为主，夹（混）部分层状淤泥，局部呈砂土与淤泥互层，淤泥含量一般在 20～50%，局部为淤泥夹粉砂；砂土以粉砂为主，局部夹少量中细砂；粉砂呈饱和，稍密，局部中密，淤泥呈流塑，土层以中压缩性为主；层厚 2.50～9.70m，层底埋深 19.00～25.50m，层底标高-24.69～-19.34m。

③全新统下组冲海相（Q_4^1），分为两个亚层

③$_1$层淤泥质粘土（m Q_4^1）：灰色，含少量腐殖质及贝壳类碎片，不均匀的夹有少量薄层状粉砂，具有鳞片状结构；土性呈流塑，高压缩性；层厚 4.40～5.80m，层底埋深 34.80～37.60m，层底高程-37.87～-35.17m。

③$_2$淤泥质粉质黏土（m-al Q_4^1）：灰色，以淤泥质粉质黏土为主，不均匀地夹有粉砂或中细砂，已粉砂为主，砂土含量在 10～30%不等；砂土呈薄层状产出，具有鳞片状结构；淤泥质粉质黏土呈流状，土层中～高压缩性；层厚 4.40～5.80m，层底埋深 40.20～42.50m，层底标高-37.87～-35.17m。

④上更新统上组上段河湖相及河床冲积相（Q_3^{2-2}），分为十个亚层

④$_1$黏土（al-1 Q_3^{2-2}）：浅灰绿、黄褐色，软塑，局部可塑，含少量腐殖质及粉细砂，中高压缩性为主。层厚为 2.60～4.70m，层底埋深为 27.30～30.40m，层底标高-26.34～-24.25m。

④$_{11}$含碎石粉质黏土（al-1 Q_3^{2-2}）：灰、浅灰黄色，以粉质粘土为主，可塑，不均匀，含有 5~30%的碎砾石，局部含量稍多，粒径一般 2~20mm，少量 20~40mm，个别可达 60~100mm 以上；粗颗粒磨圆程度不均一，呈亚圆形、次棱角形，稍密状，中压缩性；层厚 0.50～2.20m，层底埋深 24.60～32.00m，层底标高-27.94～-21.22m。

④$_2$粉质黏土（al-1 Q_3^{2-2}）：灰色，软塑，局部可塑，含少量腐殖质及粉细砂，中高压缩性为主。层厚为 2.60～4.50m，层底埋深为 31.90～34.70m，层底标高-30.64～-28.85m。

④$_{21}$含碎石粉质黏土（al-1 Q_3^{2-2}）：灰、浅灰黄色，以粉质粘土为主，可塑，不均匀，含有 5~35%的碎砾石，局部含量稍多，粒径一般 2~20mm，少量 20~40mm，个别可达 60~100mm 以上；粗颗粒磨圆程度不均一，呈亚圆形、次棱角形，中压缩性；层厚 1.50～5.30m，层底埋深 36.80～38.30m，层底标高-35.22～-32.74m。

④$_{22}$碎石（al-1 Q_3^{2-2}）：浅灰色；粒径大于 20mm 的粗颗粒含量一般在 50～60%，粗颗粒粒径一般为 20～50mm，少部分 60～100mm；原岩为火成岩，磨圆度较差，形状呈棱角形～次棱角形，中等风化状，坚硬；充填物主要为粉质粘土、中细砂，颗粒级配不良，中密，低压缩性；层厚 3.60～3.70m，层底埋深 35.50～36.40m，层底标高-33.26～-32.45m。

④$_3$粉土（al-1 Q_3^{2-2}）：灰色，中密，很湿，夹黏性土，黏粒含量较多，中压缩性土。层厚为 4.10～6.00m，层底埋深为 40.50～44.30m，层底标高-41.22～-37.36m。

④$_{31}$层粉砂（al Q_3^{2-2}）：浅灰色，土层不均匀，含有较多粘性土，粒径>0.25mm 的砂砾含量 30~50%，粒径<0.075mm 的粘粒、粉粒含量约占 20～40%；稍~中密，以中压缩性为主。层厚 1.80～6.60m，层底埋深 31.60～46.80m，层底高程-41.77～-31.34m。

④$_{32}$层卵石（al Q_3^{2-2}）：浅灰色、灰黄色；粒组含量变化大，均一性较差，局部为圆砾或漂石，粒径大于 20mm 的粗颗粒含量一般在 60～80%，粒径 2～20mm 的粗颗粒含量 10～30%，粗颗粒粒径一般为 20～70mm，少部分 70～150mm，个别 150mm 以上；卵、砾石原岩为火成岩，磨圆度较好，形状呈亚圆～圆形，中等风化状，坚硬；充填物主要为粉质粘土、中细砂为主，颗粒级配不良；中密～密实，低压缩性；层顶深度 1.50~7.40m，层顶标高-51.960~-35.04m。

④$_{33}$粉质黏土（a1-1 Q_3^{2-2}）：灰色，可塑，局部软塑，中压缩性为主。层厚为1.50～7.20m，层底埋深为42.20～47.40m，层底标高-46.44～-41.32m。

④$_4$含碎石粉质黏土（a1-1 Q_3^{2-2}）：灰、浅灰黄色，以粉质粘土为主，可塑，不均匀，含有5~35%的碎砾石，局部含量稍多，粒径一般2~20mm，少量20~40mm，个别可达60~100mm以上；粗颗粒磨圆程度不均一，呈亚圆形、次棱角形，中压缩性；层厚1.50～4.70m，层底埋深43.30～67.00m，层底标高-64.28～-39.24m。

⑤上更新统上组下段海相及河床冲积相（Q_3^{2-1}），分为两个亚层

⑤$_2$粉质粘土（m Q_3^{2-1}）：灰、浅灰色，含少量腐殖质及粉细砂；软塑，多呈中压缩性。层厚4.10m，层底埋深62.50m，层底标高-58.04m；仅分布于ZK6。

⑤$_3$层卵石（a1 Q_3^{2-1}）：浅灰色、灰黄色；粒组含量变化大，均一性较差，局部为圆砾或漂石，粒径大于20mm的粗颗粒含量一般在50～60%，粒径2～20mm的粗颗粒含量5～25%，粗颗粒粒径一般为20～70mm，少部分70～150mm，个别150mm以上，极个别为200mm以上的漂石；卵石原岩为火成岩，磨圆度较好，形状呈亚圆～圆形，中等风化状，坚硬；充填物主要为粉质粘土、粉细砂，颗粒级配不良；中密～密实，低压缩性；揭露厚度4.60～34.30m，大部分孔均有分布，未钻穿。

⑩白垩系下统小平田组（K_1x），仅揭露一个亚层

⑩$_3$中风化基凝灰岩：灰色，岩石致密、坚硬，锤击声清脆，强度高，岩性主要为流纹质含角砾晶玻屑熔结凝灰岩，假流纹构造，熔结凝灰结构；岩石由钾长石晶屑、长英质玻屑及火山尘所组成，同时见有火山角砾，次生矿物有褐铁矿、粘土矿物等，岩芯多呈短柱状与长柱状，少数短柱状，柱长一般5～30cm不等，岩体较破碎~较完整，岩体基本质量等级为Ⅲ～Ⅳ级。层顶埋深53.10～67.10m，层顶高程-62.64～-49.04m，分布于北岸，未揭穿。

2.3.3.3 场地和地基的地震效应

（1）工程场地类别

根据单孔波速测试成果，结合勘察区段地层分布特征，按国家标准《建筑抗震设计规范》（GB 50011-2010，2016年版）第4.1.6条的规定，北岸陆地场地覆盖层厚度34.2～53.6m，等效剪切波速范围为113～137m/s，场地类别为Ⅲ级，里程范围EK0+000~ EK0+650；北岸滩涂到南岸终点场地覆盖层厚度大于80m，等效剪切波速范围为113～137m/s，场地类别为Ⅳ级，根据地层分布的特征，场地类别以Ⅳ为主，里程范围EK0+650~ EK3+310。

根据国家标准《建筑工程抗震设防分类标准》（GB 50223-2008）的规定：地下隧道、枢纽建筑及其供电、通风设施，抗震设防类别应划为重点设防类（简称乙类），相应地，抗震措施应按高于本地区抗震设防烈度一度的要求加强其抗震措施。地基基础的抗震措施，应符合有关规定，同时应按本地区抗震设防烈度确定其地震作用。

（2）液化与震陷

根据相关规范，对场地揭露的②$_3$层粉砂夹淤泥钻孔进行液化判别，本次共判定7个钻孔，液化钻孔数5个，液化等级为轻微~中等。

沿线20m以内存在轻微~中等液化砂层，液化砂层对工程存在影响。建议设计施工时，根据液化砂层对建（构）筑的影响程度，提出抗液化措施。

震陷是指地震作用下软弱土层塑性区的扩大或强度的降低而使建筑物或地面产生的附加沉降。根据本次勘察揭露，沿线厚层软土层主要为冲海积淤泥层及淤泥质土层。按国家行业标准《软土地区工程地质勘察规范》（JGJ 83-2011）第六章有关条款，及周边工程经验，本场地的软弱土等效波速值一般大于90m/s，因此可以不考虑软土震陷的影响。

（3）抗震地段划分

本工程地貌上属冲海积平原、河流地貌及山前冲洪积地貌，普遍存在厚层软弱土，根据《建筑抗震设计规范》（GB50011-2010）（2016年版）4.1.1条、《公路隧道抗震设计规范》（JTG 2232-2019）第4.2.2条，属建筑抗震不利地段。

（4）地震动参数

根据《建筑抗震设计规范》（GB50011-2010）（2016年版），本工程位于温州市鹿城区，拟建场地抗震设防烈度为Ⅵ度，设计地震分组为第一组。根据《中国地震动参数区划图》（GB18306-2015），场区Ⅱ类场地基本地震动峰值加速度为0.05g，基本地震动加速度反应谱特征周期为0.35s。北岸陆地（EK0+000~EK0+650）区域场地类别为Ⅲ类，场地地震动峰值加速度调整系数为1.30，场地特征周期Tg=0.45s。南岸陆地及瓯江水域（EK0+650~ EK3+310）区域场地类别为Ⅳ类。场地地震动峰值加速度调整系数为1.25，场地特征周期Tg=0.65s。

表 2.3.3-1 各岩土层物理力学参数建议值表

时代成因	层号	地层名称	含水率	天然重度	比重	孔隙比	渗透系数	压缩系数	压缩模量	变形模量	快剪		固快		三轴(UU)		三轴(CU)				地基土水平抗力系数的比例系数	泊松比	静止侧压力系数
			ω	γ	G_s	e	k	av_{1-2}	Es_{1-2}	E_0	黏聚力 C	内摩擦角 Φ	黏聚力 C	内摩擦角 Φ	黏聚力 c_u	内摩擦角 $Φ_u$	黏聚力 c_{cu}	内摩擦角 $Φ_{cu}$	黏聚力 c’	内摩擦角 Φ’	灌注桩	υ	k0
			%	KN/m^3			m/d	MPa^{-1}	MPa	MPa	kPa	度	kPa	度	kPa	°	kPa	°	kPa	°	MPa/m^2	MPa/m^2	
Q_4^{ml}	①$_1$	杂填土	/	19.0	/	/	5.0	/	/		/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	0.30	0.45
lhQ_4^3	①$_3$	黏土	39.1	17.6	2.76	1.133	$2.0*10^{-2}$	0.63	3.6		12.0	7.0	15.8	10.0	25.0	10.0	17.6	30.1	19.5	28.8	6	0.35	0.55
$al-mQ_4^2$	②$_1$	淤泥夹粉砂	47.1	16.6	2.74	1.371	$2.7*10^{-3}$	0.92	2.8		4.5	10.0	7.4	14.1	8	0.6					1	0.41	0.70
$m\ Q_4^2$	②$_2$	淤泥	55.9	16.0	2.76	1.64	$7.8*10^{-5}$	1.12	2.5		4.0	6.4	6.0	8.0	8	0.5					1	0.43	0.75
$al-mQ_4^2$	②$_3$	粉砂夹淤泥	43.2	16.8	2.74	1.281	4.0	0.70	3.4		3.0	12.0	6.0	13.0	/	/					5	0.33	0.50
$al-mQ_4^2$	②$_4$	含粉砂淤泥	48.1	16.5	2.75	1.41	$6.3*10^{-5}$	0.93	2.6		10.1	5.5	7.3	10.0	8	0.5					1	0.41	0.70
$al-mQ_4^2$	②$_5$	粉砂夹淤泥	33.9	17.1	2.72	1.081	4.0	0.53	4.2		3.0	12.0	6.0	13.0	/	/					5	0.33	0.50
$m\ Q_4^1$	③$_1$	淤泥质黏土	48	16.5	2.75	1.408	$3.7*10^{-4}$	0.82	3.0		6.0	11.0	10.7	12.6	11.0	0.7					3	0.39	0.65
$al-mQ_4^1$	③$_2$	淤泥质粉质黏土	39.8	16.8	2.73	1.219	$3.7*10^{-4}$	0.69	3.2		6.0	14.0	7.5	14.0	11.0	0.7					3	0.39	0.65
$al-lQ_3^{2-2}$	④$_1$	黏土	30.6	18.3	2.73	0.907	$1.6*10^{-4}$	0.44	4.6		12.0	16.0	14.0	18.1	20.0	2.0					6	0.38	0.60
$al-lQ_3^{2-2}$	④$_2$	粉质黏土	32.9	18.0	2.73	0.972	$1.6*10^{-4}$	0.48	4.6		13.0	15.0	15.0	17.0	20.0	2.0					6	0.38	0.60
alQ_3^{2-2}	④$_3$	黏质粉土	26.8	18.6	2.70	0.802	$3.0*10^{-1}$	0.21	9.0		14.0	22.0	16.0	24.0	/	/					8	0.31	0.45
alQ_3^{2-2}	④$_4$	含碎石粉质黏土	25.0	19.0	2.70	0.690	$5.0*10^{-2}$	0.34	5.2												8	0.33	0.50
alQ_3^{2-2}	④$_{11}$	含碎石粉质黏土	25.0	19.0	2.70	0.690	$5.0*10^{-2}$	0.34	5.2												8	0.33	0.50
alQ_3^{2-2}	④$_{21}$	含碎石粉质黏土	25.0	19.0	2.70	0.690	$5.0*10^{-2}$	0.34	5.2												8	0.33	0.50
alQ_3^{2-2}	④$_{22}$	碎石	35.0	20.0	/	/	15.0	/	/	30											50	0.23	0.30
alQ_3^{2-2}	④$_{31}$	粉砂	40.0	19.5	/	/	4.0	/	/	10											12	0.26	0.35
alQ_3^{2-2}	④$_{32}$	卵石	35.0	20.0	/	/	15.0	/	/	30											60	0.20	0.25
alQ_3^{2-2}	④$_{33}$	粉质黏土	28.6	18.8	2.73	0.829	$1.6*10^{-4}$	0.35	5.4		13.0	7.0	16.0	10.0	20.0	2.0					8	0.38	0.60
$al-lQ_3^{2-1}$	⑤$_2$	粉质黏土	33.9	18.0	2.73	0.987	$1.6*10^{-4}$	0.41	4.9		16.0	10.0	18.0	12.0	25.0	2.2					8	0.35	0.55

al-lQ$_3^{2-1}$	⑤$_3$	卵石	35.0	20.0	/	/	15.0	/	/	35											60	0.20	0.25
K	⑩$_3$	中风化凝灰岩	/	21.0		/	0.3	/	/	/	/	/	/	/							/	/	/

表 2.3.3-2 各岩土层设计参数建议值表

时代成因	层号	地层	岩石承载力特征值	土的承载力容许值	抗拔系数	桩的极限侧阻力标准值		桩的极限端阻力标准值		锚杆极限粘结强度标准值（一次注浆）	锚杆极限粘结强度标准值（二次注浆）	岩土热物理指标			岩石饱和抗压强度	点荷载	基床系数		基底摩擦系数	水上、水下坡角		土石可挖性分级	临时边坡率	
						（钻冲孔桩）入土 15~30m		（钻冲孔桩）入土>30m				导温系数 α ×10^{-3}	导热系数	比热容			水平	垂直	f	水上	水下		坡高＜5m	5＜坡高＜10m
			fak	σ0	λi	q_{sik}	q_{pk}	q_{sik}	q_{pk}	q_{sk}	q_{sk}	α	λ	c										
			(kPa)	(kPa)	—	(kPa)	(kPa)	(kPa)	(kPa)	(kPa)	(kPa)	(m^2/h)	(W/m.K)	(KJ/(Kg.K)	(MPa)	(MPa)	MPa/m		/	度	度	—		
Q$_4^{ml}$	①$_1$	杂填土	/	-		22	/	22	/	20	30	/	/	/			/	/	/			I~II	支护	支护
lhQ$_4^3$	①$_3$	黏土	/	110	0.7	35	/	35	/	45	60	1.64	1.40	1.63			13	11	0.25			II	支护	支护
al-mQ$_4^2$	②$_1$	淤泥夹粉砂	/	50	0.4	10	/	10	/	10	15	1.28	1.32	2.12			4	3	0.15			II	支护	支护
m Q$_4^2$	②$_2$	淤泥	/	50	0.4	10	/	10	/	10	15	1.46	1.35	1.86			4	3	0.15			II	支护	支护
al-mQ$_4^2$	②$_3$	粉砂夹淤泥	/	80	0.5	14	/	22	/	20	40	2.10	1.60	1.53			10	8	0.25	30	26	I	支护	支护
al-mQ$_4^2$	②$_4$	含粉砂淤泥	/	50	0.4	12	/	12	/	10	15	1.28	1.32	2.12			4	3	0.15			II	支护	支护
al-mQ$_4^2$	②$_5$	粉砂夹淤泥	/	80	0.5	18	/	22	/	20	40	2.10	1.60	1.53			10	8	0.25	30	26	I	支护	支护
m Q$_4^1$	③$_1$	淤泥质黏土	/	85	0.4	20	/	20	/	16	20	1.31	1.30	2.17			6	5	0.20			II	支护	支护
al-mQ$_4^1$	③$_2$	淤泥质粉质黏土	/	85	0.4	20	/	20	/	16	20	1.31	1.30	2.17			6	5	0.20			II	支护	支护
al-lQ$_3^{2-2}$	④$_1$	黏土	/	100	0.7	25	/	25	/	30	45	1.43	1.33	1.92			9	8	0.22			II	支护	支护
al-lQ$_3^{2-2}$	④$_2$	粉质黏土	/	100	0.7	25	/	25	/	30	45	1.43	1.33	1.92			9	8	0.22			II	支护	支护
alQ$_3^{2-2}$	④$_3$	黏质粉土	/	130	0.6	35	/	35	/	35	50	1.43	1.33	1.92			13	11	0.30			II	支护	支护

alQ_3^{2-2}	④4	含碎石粉质黏土	/	120	0.7	30	/	30	/	35	50	1.43	1.33	1.92			15	13	0.28			II	支护	支护
alQ_3^{2-2}	④11	含碎石粉质黏土	/	120	0.7	30	/	30	/	35	50	1.43	1.33	1.92			15	13	0.28			II	支护	支护
alQ_3^{2-2}	④21	含碎石粉质黏土	/	120	0.7	30	/	30	/	35	50	1.43	1.33	1.92			15	13	0.28			II	支护	支护
alQ_3^{2-2}	④22	碎石	/	400	0.7	80	2000	100	2100	130	160	2.25	1.30	1.20			35	30	0.40			III	1:0.75	1:1
alQ_3^{2-2}	④31	粉砂	/	150	0.5	30	/	25	/	40	60	2.0	1.45	1.20			15	13	0.30			I	支护	支护
alQ_3^{2-2}	④32	卵石	/	450	0.8	110	2200	110	2300	140	170	2.25	1.30	1.20			40	35	0.40			IV	1:0.75	1:1
alQ_3^{2-2}	④33	粉质黏土	/	100	0.7	25	/	25	/	30	45	1.43	1.33	1.92			9	8	0.22			II	支护	支护
$al-lQ_3^{2-1}$	⑤2	粉质黏土	/	120	0.7	35	/	35	/	35	50	1.43	1.33	1.92			9	8	0.25			II	支护	支护
$al-lQ_3^{2-1}$	⑤3	卵石	/	450	0.8	110	2200	110	2300	140	170	2.25	1.30	1.20			40	35	0.40			IV	1:0.75	1:1
K	⑩3	中风化凝灰岩	3000	/	/	/	/	/	/	/	/				52.5		220	240	0.55			V	1:0.5	1:0.75

2.3.3.4 下水类型及特征

1.地下水类型

根据地下水的赋存条件及其水动力特性，勘察场地内地下水主要分为孔隙潜水、孔隙承压水及基岩裂隙水三类，分别阐述如下：

（1）孔隙潜水

主要赋存于陆域区的淤积软土层、表面粘土的结构孔隙中，微~极微透水性，受大气降水、地表水的补给，水位埋深较小；勘察期间，实测钻孔初见水位埋深为0.41~6.50，高程为2.64~-0.59m；静止水位埋深为0.21～6.40m，高程为-0.37～3.72m，年变化幅度约1.0～2.0m。

（2）孔隙承压水

主要分布于第四系的上部砂土层和深部卵石层等含水层内，地下水主要受瓯江和相邻地层的侧向渗透补给，地下水具承压性。本次勘察在南岸的钻孔进行了浅部砂层和深部卵石的承压水位观测，结合区域地质资料，浅部粉砂夹淤泥层承压水位埋深一般在地面下 4.5m～4.8m，高程为2.9～3.2m；卵石承压水水位埋深一般地面下5.0～8.0m，高程为-1.9～1.1m，埋深较稳定。根据南岸水文观测孔长期观测资料可知，地下水水位随着欧江水域涨落潮变化而变化，变化存在一定的滞后性，由此可知地表水与地下水存在一定的水力联系。

（3）基岩裂隙水

含水岩组的富水性与风化程度有关，主要赋存于风化裂隙和构造裂隙中，连通性差，多呈脉状、线状分布；由于凝灰岩成层性差，多呈块状，虽节理裂隙发育，但延伸不长，且以闭合状为主，水量较小，无统一水位；基岩裂隙水的富水性不均一，水量相对贫乏，分布动态受季节性影响明显，迳流条件受地形、构造条件控制，基岩裂隙水主要受第四系含水层、大气降水等补给。

2．地下水补给、径流与排泄

地表水、松散岩类孔隙潜水相互间的水力联系较为密切，相互补给，二者同基岩裂隙水联系较弱，同时还受大气降水、蒸发、植物蒸腾的影响。勘察区属亚热带海洋性季风性气候，降雨量大于蒸发量，其中大气降雨是本区地下水的主要补给来源之一，每年 5～9 月份是地下水的补给期，11 月～次年 1 月为地下水消耗期和排泄期。拟建场地地下水的主要补给来源以大气降水和瓯江水体为主。第四系孔隙水的排泄方式主要表现为在瓯江江水低潮时向江河排泄和人工抽排,地下水总的流向自西向东运动。由于压力的传导作用，涨潮时，使得承压水位明显上升；落潮时，压力消散，水位又逐渐下降；表现出地下水位随潮汐作用的周期变化。

3. 渗透系数的选用

岩土渗透系数（k）值的大小，取决土的成因、颗粒大小、颗粒级配及土的密实度等；对基岩不仅取决其成因，而且与风化程度、裂隙发育大小、裂隙的连通性有关。因此，对渗透系数（k）的采用，根据本次勘察抽水试验资料以及收集的相关室内渗透试验资料及温州地区经验，本报告整理并建议沿线各岩土分层的简要水文地质特征及渗透系数建议值具体见下表。

表 2.3.3-3 抽水试验成果一览表

钻孔编号	岩土名称	水文地质特征	采用模型	抽水试验	
				渗透系数（m/d）	影响半径（m）
SW1	粉砂夹淤泥	松散岩类孔隙水	承压水完整井	3.72	97.0

表 2.3.3-4 各岩土层渗透系数建议值表

岩土分层	岩土名称	抽水试验渗透系数(m/d)	土工试验平均渗透系数(m/d)	综合建议渗透系数范围值(m/d)	透水性
①$_1$	杂填土			5.0	中等透水
①$_3$	黏土		$2.0*10^{-2}$	$2.0*10^{-2}$	弱透水
②$_1$	淤泥夹粉砂		$2.7*10^{-3}$	$2.7*10^{-3}$	微透水
②$_2$	淤泥		$7.8*10^{-5}$	$7.8*10^{-5}$	不透水
②$_3$	粉砂夹淤泥	3.72		4.0	中等透水
②$_4$	含粉砂淤泥		$6.3*10^{-5}$	$6.3*10^{-5}$	不透水

②$_5$	粉砂夹淤泥			4.0	中等透水
③$_1$	淤泥质黏土		$3.7*10^{-4}$	$3.7*10^{-4}$	不透水
③$_2$	淤泥质粉质黏土			$3.7*10^{-4}$	不透水
④$_1$	黏土		$1.6*10^{-4}$	$1.6*10^{-4}$	不透水
④$_2$	粉质黏土			$1.6*10^{-4}$	不透水
④$_3$	黏质粉土			$3.0*10^{-1}$	弱透水
④$_4$	含碎石粉质黏土			$5.0*10^{-2}$	弱透水
④$_{11}$	含碎石粉质黏土			$5.0*10^{-2}$	弱透水
④$_{21}$	含碎石粉质黏土			$5.0*10^{-2}$	弱透水
④$_{22}$	碎石			15.0	强透水
④$_{31}$	粉砂			4.0	中等透水
④$_{32}$	卵石			15.0	强透水
④$_{33}$	粉质黏土			$1.6*10^{-4}$	不透水
⑤$_2$	粉质黏土			$1.6*10^{-4}$	不透水
⑤$_3$	卵石			15.0	弱透水
⑩$_3$	中风化凝灰岩			0.3	弱透水

2.3.3.5 勘察结论与建议

本线路工程重要性等级为一级；场地复杂等级为一级；岩土复杂程度等级为一级、工程周边环境风险等级为一级；岩土工程勘察等级为“甲级”。

（1）场地稳定性与场地适宜性

从地形地貌、区域构造及岩土性质等方面综合分析判断，本线路场地基本稳定，第四系地层深厚，地质构造深埋，场地地质条件稳定，较适宜本工程建设；但本线路砂土和软土层发育，位于基坑底板和隧道洞身附近处的可液化砂土、软土对工程影响较大，分布多层孔隙承压水，受到周边环境、地层、地下水等条件影响，工程地质条件复杂，存在工程地质风险，需采取相应的工程措施，确保工程和周边环境安全。

（2）场地地震效应评价

按《建筑抗震设计规范》(GB 50011-2016)附录 A，拟建场地抗震设防烈度为Ⅵ度，设计地震分组为第一组，Ⅱ类场地基本地震动峰值加速度为 0.05g，按《建筑工程抗震设防分类标准》(GB50223-2017)第 5.3.7 条,温州市府东路过江通道工程应划分为重点设防类(乙类)，需按高于本地区抗震设防烈度一度的要求加强其抗震措施。具体的抗震设计参数应按地震安全性评价报告。

北岸陆地场地覆盖层厚度 34.2～53.6m，等效剪切波速范围为 113～137m/s，场地类别为Ⅲ级，里程范围 EK0+000~ EK0+650；北岸滩涂到南岸终点场地覆盖层厚度大于 80m，等效剪切波速范围为 113～137m/s，场地类别为Ⅳ级，根据地层分布的特征，场地类别以Ⅳ为主，里程范围 EK0+650~ EK3+310。

根据《建筑抗震设计规范》(GB 50011-2016)对场地揭露的②$_3$层粉砂夹淤泥钻孔进行液化判别，液化等级为轻微~中等。

（3）水对建筑材料的腐蚀性

瓯江（涨潮、落潮）江水在Ⅰ类环境有干湿交替条件下对混凝土结构具**弱**腐蚀性，腐蚀介质为 SO_4^{2-}；在Ⅰ类环境无干湿交替及Ⅱ类环境条件下对混凝土结构具微腐蚀性；按地层渗透性（A），瓯江（涨潮、落潮）江水对混凝土结构具微腐蚀性；长期浸水条件下，瓯江（涨潮、落潮）江水对钢筋混凝土结构中的钢筋具微腐蚀性；干湿交替情况下，瓯江（涨潮、落潮）江水对钢筋混凝土结构中的钢筋具中腐蚀性，腐蚀介质为 Cl^-。

场地地下水对混凝土结构具微腐蚀性；长期浸水条件下，地下水对混凝土结构中的钢筋具微腐蚀性;干湿交替条件下,地下水对混凝土结构中的钢筋具中等腐蚀性,腐蚀介质为Cl^-。

场区填土在Ⅰ类环境作用下，土对混凝土结构具弱腐蚀性，腐蚀性介质为 SO_4^{2-}；按地层渗透性，土对混凝土结构具微腐蚀性；土对混凝土结构中的钢筋及钢结构具微腐蚀性。

本工程建筑材料防腐蚀设计可按国家有关规范防腐蚀设计。

（4）地基基础方案的建议

本工程结构基底主要为软弱土、液化土层及路基以下软弱土、液化土地基，设计应采用适当的措施进行地基处理。软土为欠固结土，会对桩基产生负摩阻力，设计时应注意。

（5）基坑支护措施的建议

基坑侧壁安全等级为一~二级，隧道明挖敞口段基坑围护结构可采用 TRD 工法墙、内插型钢+内支撑的形式；隧道明挖暗埋段、盾构井基坑围护结构可采用地下连续墙+内支撑的形式进行基坑支护，中间设临时中立柱，结构底板下设置减沉桩或抗拔桩作为结构抗沉降或抗浮的措施。设计时应根据开挖深度、地层、地下水条件等情况确定插入深度。止水帷幕采用地连墙或 TRD 工法墙等形式，进入下伏弱透水层或隔水层内，坑底可采用三轴搅拌桩或满堂加固，防止基坑开挖时涌水涌砂，引起周边地面沉降，危及基坑安全，同时设计应注意围护结构和临时立柱的差异沉降。当基坑深度＜3m 时，可对软土层、砂层进行加固处理后，进行放坡开挖。

（6）地下水控制措施及抗浮水位设计的建议

本线路大部分区域揭露海陆交互相沉积成因的粉砂夹淤泥（②$_3$）、粉砂夹淤泥（②$_5$）层，为承压含水层，其均属中等透水层，与地表水有一定联系；大部分区域揭露冲积、冲海积成因的粉砂（④$_{31}$）、卵石（⑤$_3$）层为中等~强透水层，且具承压性，地下水量丰富。基坑周边环境较复杂，对于基底距离粉砂、卵石含水层较深、不存在地下水突涌地段，建议采用基坑侧壁止水、结合坑内疏干的地下水控制措施；对于基底距离粉砂、卵石含水层较近、存在地下水突涌地段，建议采用基坑侧壁止水，坑内降、排水的措施，坑内设置疏干井，布置一定减压井，必要时坑外设置回灌井，同时孔隙承压水水量丰富，且与地表水有一定的水力联系，考虑到基坑主体结构较长，施工周期长，设计时应充分考虑孔隙承压水及丰水期降雨的不利影响，做好基坑突水及抽排应急预案。

基坑各孔地下水位较高，根据场地工程地质、水文地质条件，及温州地区气象特征，建议抗浮设计水位取室外地面场坪设计标高。

（7）工程设计施工应注意的问题

1）本次勘察属于初步勘察阶段，岩土设计参数建议值，可满足初步设计需要，必要时设计人员可根据相关规范和工程经验进行修正。

2）本线路及其两侧分布有民房、市政道路等各类建（构）筑物的基础，穿越该段落时需加强监测设计，特别是瓯江北岸拟建工程明挖暗埋段与三江标准堤、长岙水闸相交，瓯江南岸拟建盾构隧道与温州城市防洪堤、上陡门浦桥相交叉。建议设计时进一步核查该基础的具体位置、基础顶底标高及与本隧道位置关系，避免造成不利影响。

基坑周边分布软土、松散砂层等易产生变形的土体，如大量抽排水，易诱发地面沉降，对地面建(构)筑造成损坏。如非必要，对地下水控制宜采用止水、隔水设计方案，不宜采用大量抽排水的降水方案。同时需做好周边建、构筑物的变形监测设计。

3）桩基设计时应考虑软土自重固结造成负摩阻力的影响；盾构始发段及接收段存在淤泥夹粉砂（②$_1$）、淤泥（②$_2$）、粉砂夹淤泥（②$_3$）、含粉砂淤泥（②$_4$）、粉砂夹淤泥（②$_5$）、淤泥质黏土（③$_1$）等松软土地层，其中②$_1$、②$_2$、②$_4$、③$_1$属高压缩性土，具有流变性、触变性，自稳能力差，开挖易导致基坑边坡产生过大变形；②$_3$、②$_5$自稳能力较差，透水性中等，在地下水动水压力作用下，施工中易发生涌水、流砂等现象。本次勘察揭示盾构井区域粉细砂层内孔隙承压水与瓯江水体存在水力联系，设计时需考虑上述情况对工程的不利影响。

4）基坑设计时应考虑砂层的流砂、管涌及砂卵石含水层地下水突涌等问题，围护结构防水问题。

5)本工程盾构隧道 EK1+250~EK2+600 下穿瓯江水道，该段上覆土层厚度约 15.6~17.5m，局部分布有浮泥，浮泥天然重度低，对隧道抗浮不利，设计时应重点关注该段浮泥对隧道抗浮设计的不利影响。

2.3.4 河段水文和河势演变

2.3.4.1 河段水文

场区位于瓯江下游，瓯江是浙江省第二大河，干流发源于浙闽交界的仙霞岭，汇入东海温州湾，全长 388km，流域面积 17958km^2。

拟建场区位于瓯江和楠溪江交汇口下游，受径流和潮流共同作用，水流泥沙条件较为复杂。

1.瓯江概况

瓯江发源于浙、闽二省交界处的仙霞岑，海拔高程 1921m，曲折东流。沿程汇入楠阴溪、宣于溪、好溪、小溪和楠溪江等支流后，进入滨海平源。全长 388km，流域面积 17985km2。河口是在溺谷型海湾的基础上充填而成的。沿程断裂构造发育，给局部河段的河床形态造成十分深刻的影响。进入平原后，又受山体矶头制约，曲折东流，自梅岙以下，沿程河宽增加，江道急折，温州以下在两岸矶头约束下，江道发育宽窄相间，形成江心屿、七都涂及灵昆岛呈三级汊道形式入海。上游梅岙河宽 500m 左右，下游口门崎头河宽达 10km 以上。河槽外形呈喇叭形。

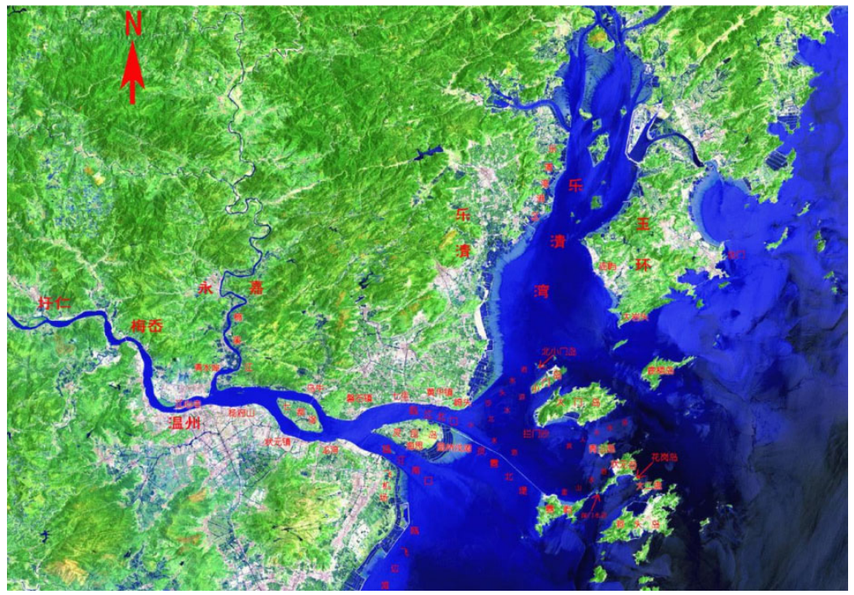


图 2.3.4-1 瓯江及其附近形势图

楠溪江是瓯江下游最大的一条支流，发源于仙居、永嘉交界的大青岗，在温州鹿城区对岸的瓯北镇汇入瓯江，流域面积 2436km2，主流长 142km，平均比降 6.0‰。流域内有的水文站有石柱站、碧莲站，另外还设有上塘潮位站等临时水位站。沙头以上为山溪性河道，河床河谷比降大、主槽稳定和河床断面形态呈 V 形特征。沙头以下为感潮河段，沿岸多为冲积平原和河谷盆地，河床比降较小。上塘以上为蜿蜒型河道，上塘以下为微弯型河道。河宽在 130-850m 范围内，平均约 370m。

瓯江出口门崎头后，江面急剧扩大，形成温州湾。北岸乐清海岸和南岸永强海岸相对。湾内自北向南有小门岛、大门岛（黄大岙）、青山、洞头诸岛屿。在岛屿之间发育有：北口北水道—沙头水道，北口中水道—黄大岙—青菱屿水道，北口中水道—重山水道。其中北口中水道—黄大岙—青菱屿水道为温州港出海深水航道。

2.流域来水来沙

瓯江属山溪性潮汐河流，源短流急，洪峰骤涨骤落，峰量大，历时短，实测最大洪峰流量 22800m^3/s，最小流量 10.6 m^3/s，洪枯水之比达 2000 倍。多年平均流量为 446m^3/s，年平均经口门入海径流总量 169.5 亿 m3，见下表。瓯江最大支流楠溪江多年平均流量 70.2m^3/s（其中石柱为 52.8m^3/s，碧莲为 17.4m^3/s），约为干流鹤城站流量的 15%。径流在年内分配悬殊，洪汛期(4~9 月)下泄水量占全年 70%左右。径流下泄时河口潮流涨入有阻碍作用，上世纪 80 年代，上游径流超过 5000 m^3/s 时，温州已无涨潮流；径流超过 12000 m3 /s 时，龙湾已无涨潮流。最近由于人类活动，使得 5000 m^3/s 时，梅岙已无涨潮流；径流超过 12000m^3/s 时，温州已无涨潮流。

表 2.3.4-1 鹤城站历年流量特征表

年特征分布	年总水量（10^8m^3）	年最大流量（m^3/s）	年最小流量（m^3/s）	年平均流量（m^3/s）
多年平均值	140.6	11260	28.8	446
最大值	229.3	22800	38.8	727
最小值	67.5	3670	10.6	212

瓯江流域地表植被覆盖良好，岩石风化不严重，河流上游平时水体清澈见底，含沙量不大。瓯江鹤城站年平均输沙量为 200 万吨，最大年输沙量为 407 万吨，含沙量随流量增加而增大，枯水期径流量小时，含沙量常不到 0.02kg/m^3，流域来沙主要集中在汛期输入河口。河流中推移质输沙量约为悬移质输沙量的 20~30%。流域来沙同来水一样年内分配不均，呈现明

显的季节性变化。

3.潮汐特征

瓯江河口附近海区潮汐作用较大，潮汐属正规半日潮。潮汐比值（HK1+HO1）/HM2<0.5（HK1）为主太阴太阳合成日分潮 K1 的振幅；HO1 为太阳日分潮 O1 的振幅，HM2 为主太阴半日分潮 M2 的振幅）。一昼夜两潮，潮高不等现象较为明显，一般春分-秋分间夜潮高于日潮，秋分至翌年春分间，夜潮低于日潮。

本海区内落潮历时大于涨潮历时，潮差大，是我国显著的强潮海区之一。温州站和龙湾站潮汐特征如表 3.2.4-2 所示。河口潮差由温州湾经口门向内逐渐增大，至龙湾附近达最大，然后向上游沿程递减，在温州湾内潮差变化较小。瓯江口沿程各潮位大潮期间（2022.2.15~2.16）各站潮位见下图，瓯江口沿程潮差变化见下表。

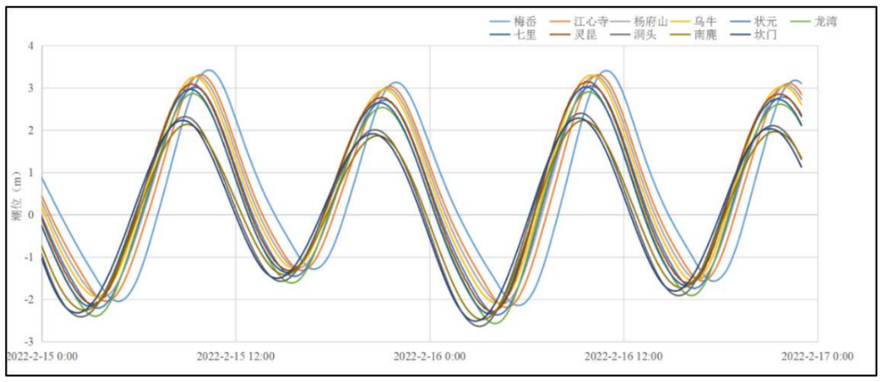


图 2.3.4-2 瓯江沿程各潮位站大潮期间潮位过程线（2022.2.15~2.16）

表 2.3.4-2 潮汐特征值统计表

项目特征			温州站 1953~2018 年	龙湾潮位站 1959~1997 年
潮位（m）	高潮	最高	5.47（1994）	5.55
		最低		0.77
		平均	2.67	2.50
	低潮	最高		0.37
		最低	-3.08（2018）	-3.49
		平均	-1.43	-1.99
	平均潮位		0.62	0.26
潮差（m）	涨潮	最大	6.00	7.17
		最小	0.73	1.14
		平均	3.93	4.50
	落潮	最大		7.21
		最小		1.57
		平均		4.50
	平均潮差		4.10	4.50
历时	涨潮（时：分）		4:48	5:27
	落潮（时：分）		7:38	6:58
平均海平面			0.56（1968~1988）	0.27（1980~1998）

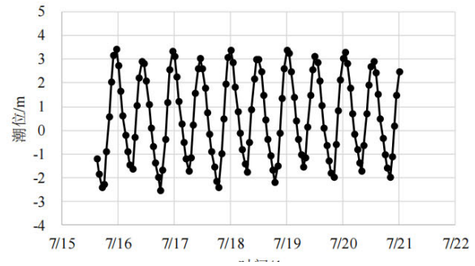
表 2.3.4-3 瓯江口内外各站潮差

站位	洞头	黄华	慎江	龙湾	温州
平均潮差	3.94	4.32	4.35	4.37	3.86
最大潮差	3.35	5.70	5.68	5.57	4.99

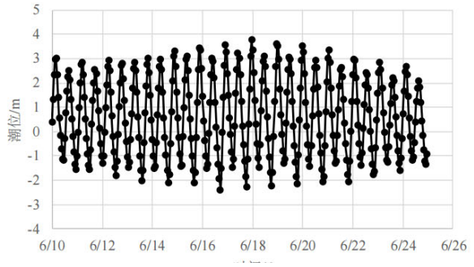
瓯江口门以内的高、低潮位随上游洪水流量增大而抬高，低潮位抬高值大于高潮位；而口外温州湾的高、低潮位几乎不受上游洪水的影响。如离口门近 30km 温州江心寺，百年一遇洪水流量使江心寺低潮位抬高近 4m，高潮位抬高 0.8m，潮差减少 3.1m。1994 年 17 号台风暴雨，温州高潮位出现 5.55m 记录；离口门 10km 的龙湾站在百年一遇洪水流量时，低潮位抬高 1.48m，高潮位抬高 0.12m，潮差减少 1.36。影响本区域的高低潮位另外因素是天文潮和台风。如暴雨、台风和天文大潮三者同时出现，会发生最大高潮位，对海塘破坏性也最大。如 1994 年 17 号台风，正值天文大潮，龙湾出现 5.55m 高潮位，温州出现超历史记录的 5.47m 高潮位，瓯江及浙东一带海塘均遭受严重破坏。

瓯江河口不仅潮差大，而且进潮量大、潮流强。据实测资料统计，河口处的黄华-海思断面大潮进潮量达 4.3 亿 m^3，山潮水比值为 0.02，离口门十多公里的龙湾断面进潮量为口门的

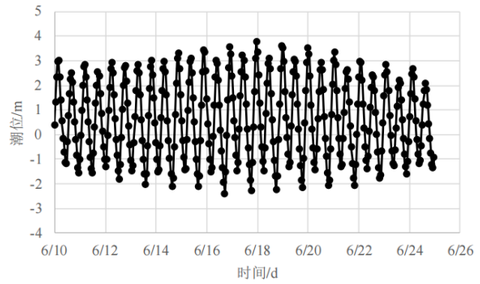
1/1.5，而距离口门四十多公里的梅岙断面进潮量仅为口门的 1/10。可见，潮流是塑造河口断面的主要动力因素。下表为瓯江河口沿程各断面实测成果统计资料。



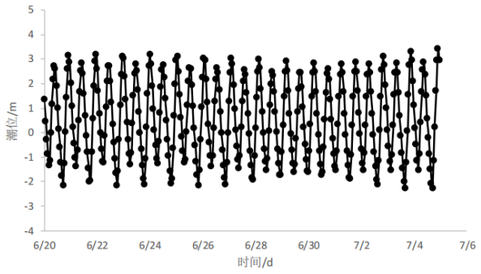
2011 年 7 月温州站实测潮位



2015 年 6 月温州站实测潮位



2019 年 8-9 月温州站大小潮



2020 年 6-7 月温州站大小潮

图 2.3.4-3 瓯江各站潮位与上游径流关系

表 2.3.4-4 瓯江各站潮位与上游径流关系

径流量（m3/s）		730	3000	7000	12000	22500
温州	低潮位（m）	-1.93	-1.44	-0.25	0.46	2.15
	高潮位（m）	3.31	3.55	3.69	3.75	4.12
	潮差（m）	5.24	4.99	3.94	3.29	1.97
龙湾	低潮位（m）	-2.80	-2.61	-2.42	-2.08	-1.32
	高潮位（m）	3.28	3.29	3.40	3.40	3.34
	潮差（m）	6.08	5.90	5.82	5.48	4.66
七里	低潮位（m）	-3.06	-2.98	-2.94	-2.85	-2.37
	高潮位（m）	3.18	3.25	3.24	3.24	3.23
	潮差（m）	6.24	6.23	6.18	6.09	5.60
黄华	低潮位（m）	-2.95	-2.83	-2.86	-2.80	-2.66
	高潮位（m）	3.13	3.16	3.16	3.15	3.13
	潮差（m）	6.08	5.99	6.02	5.95	5.79
乌仙头	低潮位（m）	-2.93	-2.93	-2.86	-2.8	-2.77
	高潮位（m）	2.96	2.97	2.96	2.97	2.96
	潮差（m）	5.89	5.90	5.82	5.77	5.73

注：表中数据为模型资料。

表 2.3.4-5 瓯江河口沿程各站潮流要素变化

断面	距离 km	潮量（亿 m3）		平均流量（m3/s）		历时	
		涨潮	落潮	涨潮	落潮	涨潮	落潮
黄华	1.2	2.97	3.16	15000	12691	5:30	6:55
海思		1.28	1.29	-	-		-
全断面		4.27	4.45	-	-	-	-
龙湾	12.9	2.84	2.91	14792	11548	5:20	7:00
杨府山	22.7	1.61	1.69	8798	6475	5:05	7:15
江心北	31.4	0.26	0.21	1520	769	4:45	7:35
江心南		0.56	0.67	3333	2428	4:40	7:40
全断面		0.82	0.88	-	-	-	
梅岙	42	0.43	0.52	2810	1806	4:15	8:00

涨落潮时是反映径流及地形共同对潮波作用的一个重要标志。大洋潮汐的对称潮型的涨落潮历时接近、相等，潮波进入河口区后，由于水深大小不同，河槽宽窄不一，且又受到径流作用和河床的摩擦作用，潮波逐渐变形，由前进波转为驻波，表现为前坡变陡，后坡变缓，涨潮历时缩短，落潮历时延长。因此，瓯江口总体上落潮历时大于涨潮历时，平均涨潮历时 5:24，平均落潮历时 7:01。从实测资料来看，从口门越往上游涨落潮历时比越小。枯水期时，涨落潮量接近，由于涨潮历时明显小于落潮历时，因此涨潮平均流速大于落潮平均流速，潮流输入研究区过渡段的泥沙大于带出的泥沙，从而引起河床的淤积。

据实测资料，自上世纪 50 年代以来，温州站潮汐呈平均高潮位增加，平均低潮位减小，

平均潮差增加，平均落潮历时减小和平均涨潮历时增加的趋势。下游的龙湾站在 50 年内平均潮差虽曾增加或减小，但多年来平均潮差变化很小。

上世纪 50 年代，温州站平均涨落潮历时分别为 4:43 和 7:42，本世纪前 10 年平均涨落潮历时分别为 5:08 和 7:17，2010 年以来，平均涨落潮历时分别为 5:23 和 7:01。

上世纪 50 年代，温州站平均高、低潮位为 2.45 和-1.45m，平均潮差为 3.90m；本世纪前 10 年平均高、低潮位为 2.733 和-1.57m，平均潮差为 4.30m；2010~2018 年平均高、低潮位为 2.89 和-1.82m，平均潮差为 4.71m，较上世纪 50 年代增加了 0.81m。潮差增加与人工采砂造成的河床下切密切相关。根据图 2.3.4-4 所示瓯江河口深泓线的变化，1999-2014 年间，江心屿至黄华河段河床平均下切达 4m。据统计，江心屿至黄华河床容积自 1999 年起开始显著增加，1999-2005 年间，河床容积增大约 3620 万 m3，2005-2014 年增大约 4800 万 m3；2014-2020 年间，河床下切速减缓，河床容积增大约 700 万 m3。河床容积增加引起潮流动力增强，潮差增大。

2000 年后瓯江河口河床虽大幅下切，分汊河段两汊都呈现了冲刷状态，但分汊河段的分流比发展进入了相对稳定的阶段。如江心屿河段，1999 年至 2019 年间，南汊分流比从 88%发展至 83%，分流比年均变化约为 0.25%，可认为两汊分流比基本上稳定。

表 2.3.4-6 近 70 多年温州站潮汐变化

	平均高潮位	平均低潮位	平均潮差	平均涨潮历时	平均落潮历时
1950 年代	2.45	-1.45	3.90	4:43	7:42
1960 年代	2.58	-1.36	3.94	4:46	7:38
1970 年代	2.66	-1.23	3.90	4:44	7:40
1980 年代	2.62	-1.3	3.92	4:50	7:34
1990 年代	2.69	-1.36	4.05	4:55	7:29
本世纪前 10 年	2.73	-1.57	4.30	5:08	7:17
2010~2018 年	2.89	-1.82	4.71	5:23	7:01

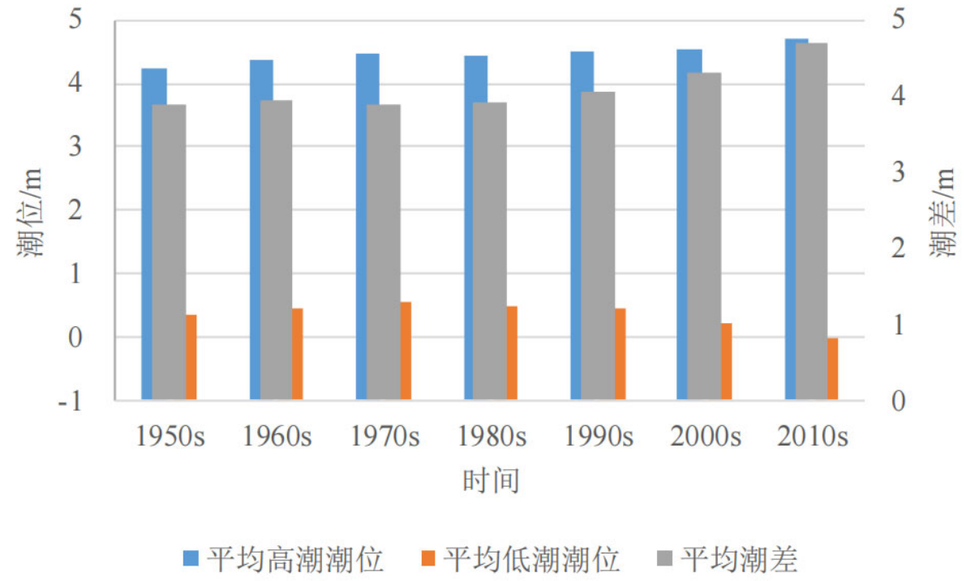


图 2.3.4-5 1960s 年代~2010s 年代温州站潮汐特征变化

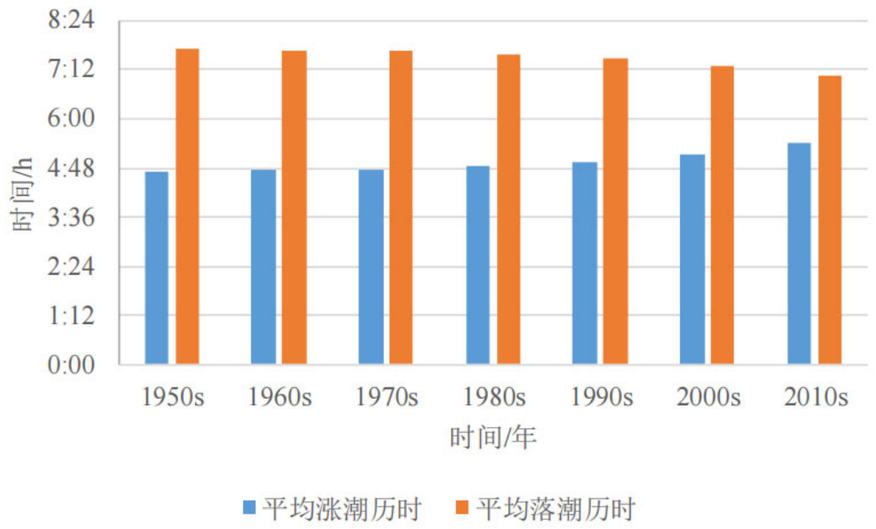


图 2.3.4-6 上世纪 50 年代以来温州站涨落潮历时变化

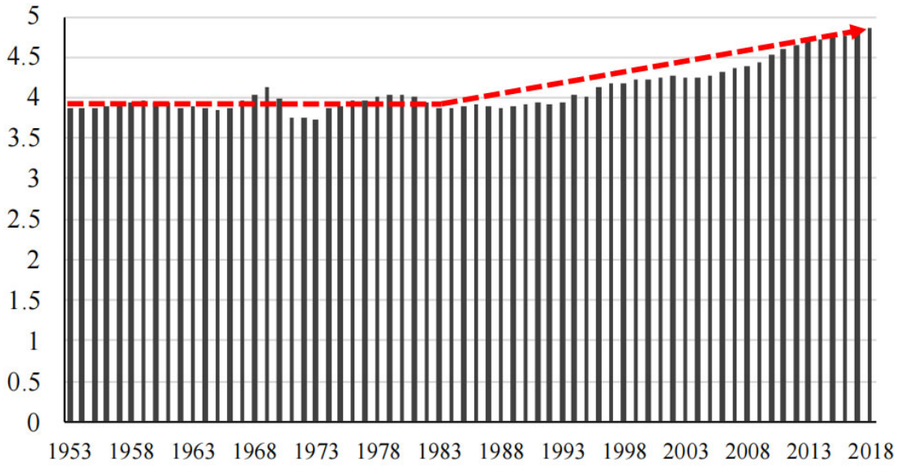


图 2.3.4-7 1953~2018 年温州站年均潮差变化

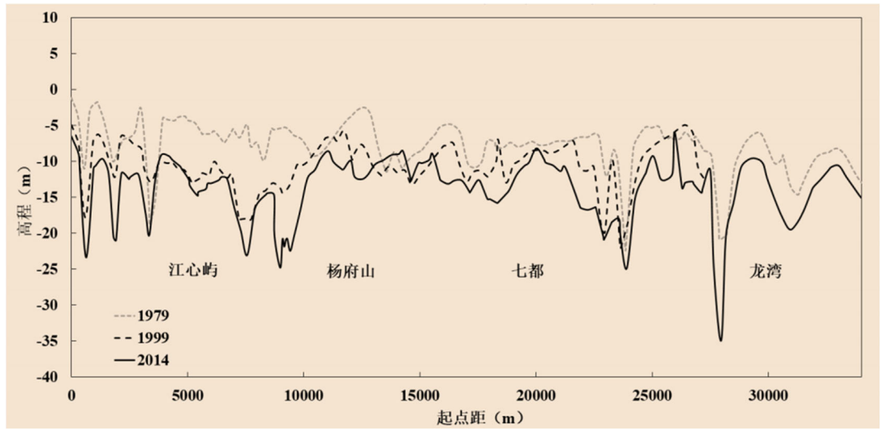


图 2.3.4-8 瓯江口江心寺至黄华深泓线变化

通过对龙湾站与温洲站 1964~2016 年的 53 年的年最大潮差值资料的 P-III 型频率曲线方法进行年极值频率分析，统计得出温州站的不同重现期最大潮差值，并列于下表中，温洲站百年一遇潮差为 7.11m。

表 2.3.4-7 龙湾站及温州站设计潮差（m）

重现期（年）	龙湾站设计潮差	温州站设计潮差
300	7.41	7.38
200	7.38	7.28
100	7.32	7.11
50	7.26	6.93
25	7.19	6.73
20	7.16	6.67
10	7.08	6.45
5	6.98	6.22
2	6.8	5.81

4.潮流特征

瓯江口内潮波呈驻波为主的特征，最大涨潮流速出现的时刻在中潮位附近，最大落潮流速出现的时刻在低潮位附近；憩流时间发生在高、低平潮后半小时左右。上游径流有加大落潮流速、减小涨潮流速的作用，出口门后，洪水流量的影响逐渐减弱，涨落潮流速受洪水影响程度口内大于口外。口外流场潮流受温州浅滩和众多岛屿的影响，大多数测点的流态呈往复流，流向基本与等深线走向吻合。

上游洪水流量越大，口内落潮流速越大，涨潮流速越小。如七里深槽枯水时，落潮流速 1.42m/s，洪水时 $Q_{汛}$=12800m3/s 增加至 1.83m/s，涨潮流速则由 1.25m/s 减至 0.70m/s，出畸头口门后，洪水流量的影响逐渐减弱。

2022 年 2 月水文实测资料显示最大涨潮流速为 1.37m/s（282°），出现在拟建通道上游 S2 垂线 0.2H 层；最大落潮流速为 1.66m/s（102°），出现在拟建通道上游 S2 垂线表层。全水域平均涨潮流流速略小于平均落潮流流速，涨、落潮平均流速分别为 0.63m/s、0.72m/s，涨、落潮流平均流速差为 0.09m/s。从全潮平均流速来看，总体上表现为测区南岸潮流强度大于北岸，并且南岸由上游至下游逐渐减弱。拟建场区水域潮流在垂向分布上变化特征较为明显，随深度递增，流速呈现逐渐递减的规律。测验期间 S1～S6 垂线全潮平均流速分别为 0.54m/s、0.88m/s、0.61m/s、0.75m/s、0.62m/s、0.66m/s。随着深度的递增，流速总体而言呈现逐渐递减的规律。水文测验期间各垂线表、中、底层平均流速为 0.73m/s、0.65m/s、0.54m/s，比值约为 1.35：1.20：1.00。各垂线涨落潮流向比较集中，各垂线涨潮方向基本为 E 至 SE 向，落潮方向为 W 至 WSW 向。全水域平均涨潮历时为 5h22min，平均落潮历时为 7h00min，涨潮历时小于落潮历时，平均历时差为 1h38min。各测点流速流向过程曲线见下图。

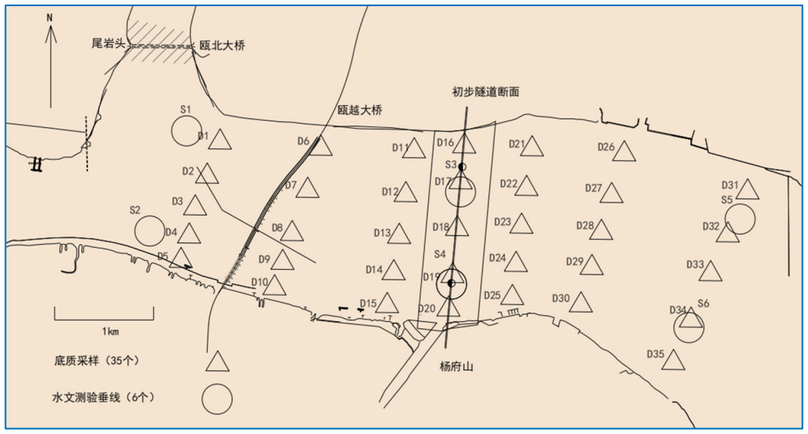
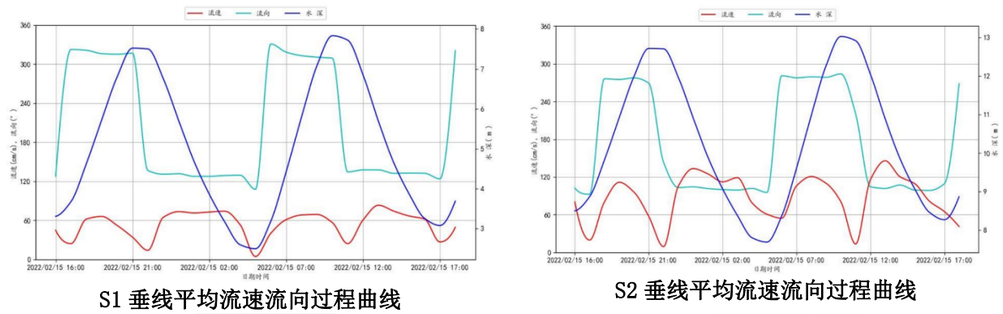
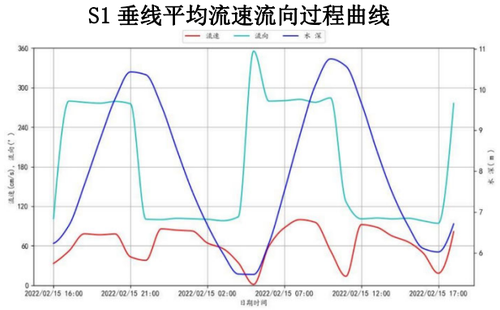


图 2.3.4-9 2022 年 2 月杨府山河段水文泥沙测验测点分布图

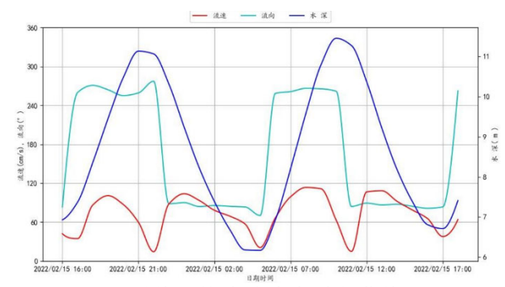


S1 垂线平均流速流向过程曲线

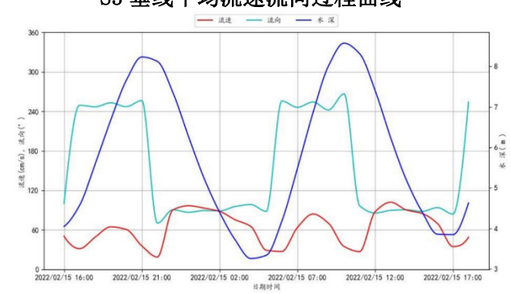
S2 垂线平均流速流向过程曲线



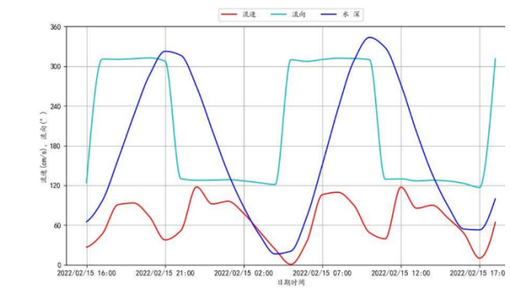
S3 垂线平均流速流向过程曲线



S4 垂线平均流速流向过程曲线



S5 垂线平均流速流向过程曲线



S6 垂线平均流速流向过程曲线

图 2.3.4-10 2022 年 2 月各测点垂线平均流速流向过程曲线

2.3.4.2 河势演变

1979 年至 1999 年杨府山河段在“四期”整治工程的影响下发生剧烈的冲淤调整，由与河道主流被灰桥丁顺坝归顺至杨府山河段南侧发生剧烈冲刷，冲刷厚度多在 2~5m，此外灰桥丁顺坝坝头发生剧烈的局部冲刷；河段北侧以淤积为主淤积厚度多在 2m 以下，其原因主要在于主流向南侧移动，北侧涨潮流带来的泥沙无法被输至下游，杨府山河段进口南侧少量淤积或为上游江心屿南汊与灰桥丁顺坝头部冲刷带来的过境泥沙淤积所致。

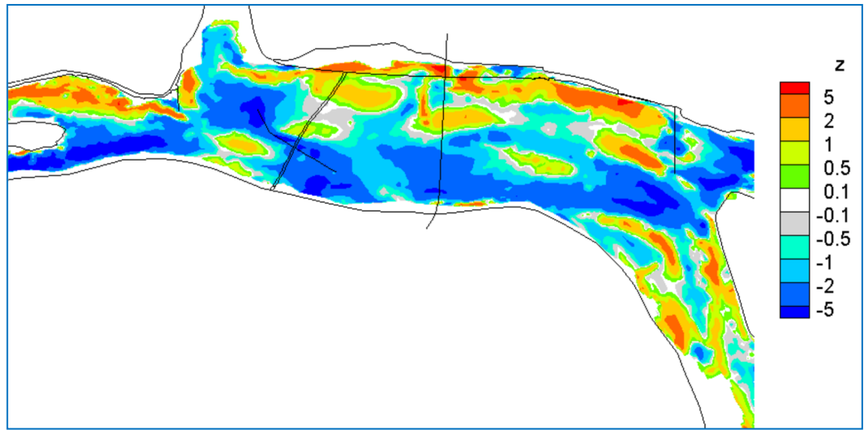
1999 年至 2005 年杨府山河段呈现淤积态势的范围较大，淤积主要发生于河段北侧，七都南汊入口的南岸凸岸处，北侧的淤积与之前原因相同，七都南汊入口的南岸凸岸淤积或为灰桥丁顺坝尾部冲刷泥沙受弯道环流影响淤积于凸岸所致，冲刷集中于灰桥丁顺坝尾部与隧道断面下游的河道中部，冲刷厚度多在 2~5m。灰桥丁顺坝尾部的冲刷在于其位于凹岸易被冲刷。

2005 年至 2011 年杨府山河段北岸梅园浅滩发生超过 5m 的淤积，自然条件下不会发生这么强烈的淤积，应为人类活动（围垦）造成，北岸滩面高程的升高将水流挤压到江心，引起河道中部的冲刷，河道中部冲刷厚度多在 2~5m。

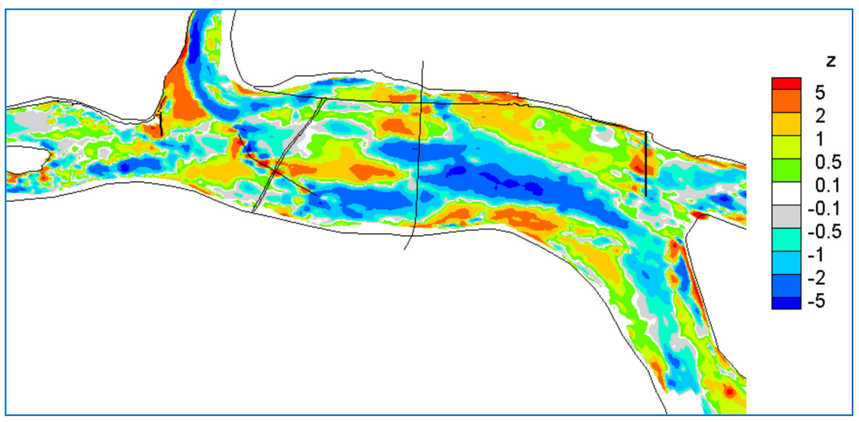
2011 年至 2014 年杨府山河段北岸堤线（三江标准堤）南移使得河道束窄，在此期间河道整体以冲刷为主，引起该河段 5m 深槽的拓宽，河段中部 5m 深槽宽度由 1100m 拓宽至 1300m。主要的冲刷部位有：灰桥丁顺坝北侧、灰桥丁顺坝尾部的凹岸、杨府山与七都北汊连通的 10m 深槽头部。其中灰桥丁顺坝北侧部分区域冲刷较大，厚度达 5m；灰桥丁顺坝尾部的凹岸处冲刷厚度达 1~2m，引起了灰桥丁顺坝尾部 10m 深槽的下延。杨府山与七都北汊连通的 10m 深槽头部向上游部分发生 1~2m 的冲刷，使得该深槽向上发展。淤积发生于老虎岩丁坝上游的梅园浅滩部分，淤积高度由老虎岩丁坝处向上游，由河道向岸滩呈增加趋势最大淤积高度超过 5m，其原因在于两方面一是涨落潮流路不一致，七都涨潮流携带的泥沙被大量携带至此处，而落潮主流并不经过该处，再加上老虎岩丁顺坝的阻挡，落潮流无法将涨潮时落淤的泥沙向海输运，则在此处常年淤积，逐步形成高滩；二是人类活动影响，实测淤积幅度达到 5m 以

上，自然淤积一般不会如此大的幅度。

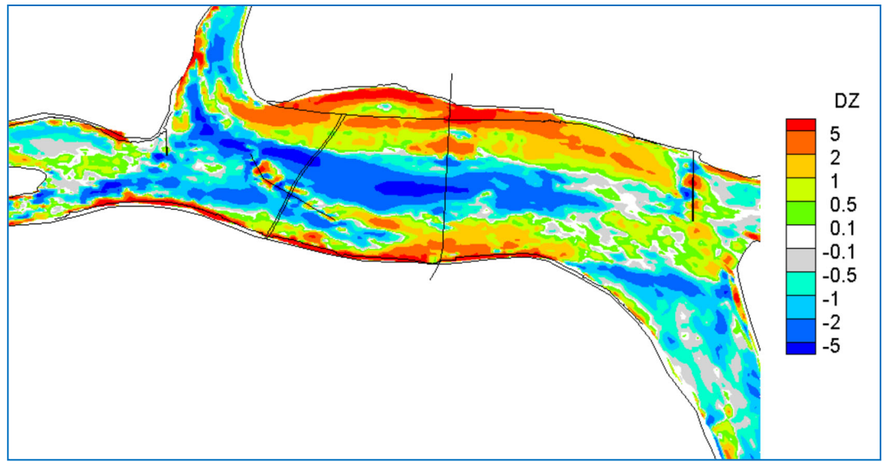
2014 年至 2022 年，杨府山河段北侧新堤线内梅园浅滩继续填高，最大淤积厚度达 2~5m，自然条件下的淤积速率不会这么大，怀疑为人类活动的影响（围垦）。河道进一步束窄使滩面下河道冲刷，河段 5m 槽向北侧拓宽约 60m。灰桥丁顺坝尾部凹岸处发生淤积，其原因或与杨府山七都北汊 10m 深槽上延，引起主流较早的挑向北侧有关，20142022 年该处的淤积使得灰桥丁顺坝尾部 10m 深槽向上游缩短约 500m，进而引起该处深泓线的上挑。老虎岩丁坝上游岸滩部分大幅度淤积，而该处岸滩向外部分发生明显冲刷，冲刷厚度达 5m，引起该处 5m 深槽的拓宽，其原因可能在于主流较早的被挑离杨府山河段凹岸使得主流顶冲该处，引起强烈冲刷。



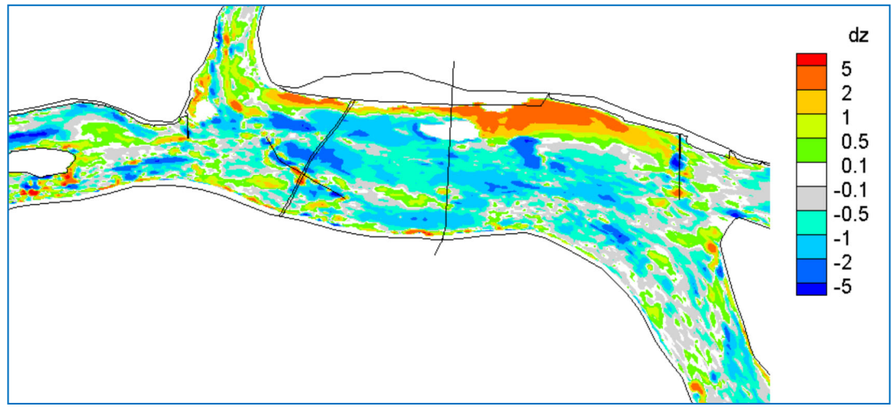
(a) 杨府山河段 1979 1999 年 冲淤分布图



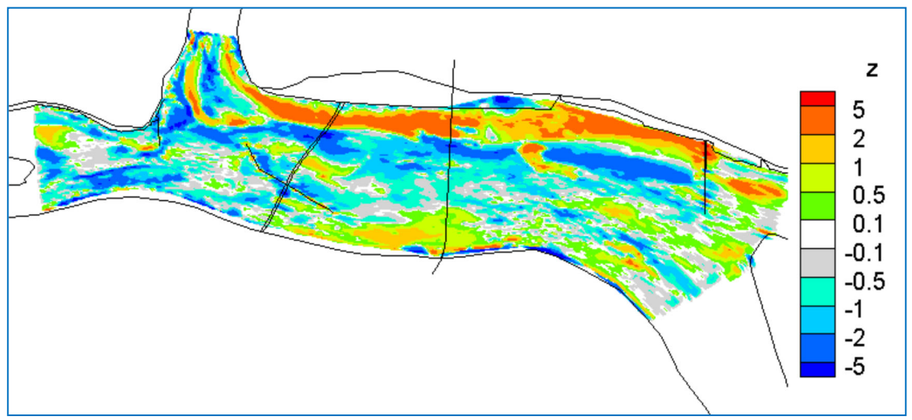
(b) 杨府山河段 1999 2005 年 冲淤分布图



(c) 杨府山河段 2005 2011 年 冲淤分布图



(d) 杨府山河段 2 011 2014 年 冲淤分布图



(e) 杨府山河段 2 014 2022 年 冲淤分布图

图 2.3.4-11 杨府山河段 1979~2022 年冲淤变化图

2.3.4.3 河床极限冲刷

根据河床演变分析、整体物理模型、正态物理模型试验和二维潮流泥沙数学模型计算成果，综合分析了温州府东路过江通道下穿瓯江隧道断面最大冲刷深度最低包络线。需要说明的是正态物理模型试验结果已经包括了自然条件和建筑物局部影响下的冲刷幅度。根据河床演变分析，近些年杨府山河段梅园浅滩增高后过水断面束窄，会造成河道下切，因此从工程安全角度出发，不仅要考虑极端洪水期的冲刷深度，还要考虑梅园浅滩增高后河床一般条件下的冲刷发展。根据河相关系分析，梅园浅滩增高后引起该河道断面平均下切约 1.1m。根据设计单位要求，极端水文条件为 100 年一遇洪水设计工况和 300 年一遇洪水校核工况，各试验结果最大冲刷深度取最低值，结合河床演变分析的下切趋势给定综合最低包络线。

根据数学模型、整体物理模型、正态物理模型三种方法得到的冲刷深度来看，100 年一遇洪水工况下隧道断面最大冲深 4.0~6.3m，300 年一遇洪水工况下最大冲深 5.1~9.0m，属于同一量级。沿断面冲刷分布也基本一致，隧道断面南侧冲刷相对较大，北侧较小，这表明各种方法得到的冲刷结果是可信的。受工程河段河势影响以及不同方法本身的局限性，三种方法得到的冲刷数值及分布也有所差异。府东路隧道南岸呈现凹岸形态，水流为三维环流特征，并存在灰桥丁顺坝、瓯越大桥桥墩等建筑物，对泥沙冲淤产生影响。平面二维潮流泥沙数学模型在大范围总体冲刷模拟方面较好，且能为物理模型试验提供边界条件，但在刻画三维环流方面有一定偏差，可能引起冲刷位置偏向江心侧，因此，数学模型计算的最大冲刷深度相比略偏向北侧。整体物理模型可较好反应凹岸河势，但由于是变态的，即水平比尺和垂向比尺不同，对建筑物局部冲刷模拟有所欠缺。正态物理模型可较好反映建筑物局部冲刷，但受场地和控制系统限制，模型较为局部，模拟范围有限，对进出口边界控制要求较高。因此，鉴于问题的复杂性，采用多种方法发挥各自优点开展冲刷研究，从安全角度选取最大冲刷深度进行综合考虑。图 4.9-13 和图 4.9-14 分别给出了府东路过江通道下穿瓯江隧道断面 100 年一遇洪水和 300 年一遇洪水作用下底高程，包括不同研究手段的冲刷底高程及综合最低包络线。

现状隧道断面整体形态为“北滩南槽”，河槽部分断面呈 U 形，2022 年现状断面最深点位于断面中部，现状最深点高程为-10.1m（85 高程，下同）。

根据综合最低包络线，100 年一遇洪水工况下，过江通道断面最大冲深处位于断面南侧（C 点），最大冲深约 6.3m，考虑河演平均下切 1.1m，最大冲深为 7.4m，现状南侧深槽最深点为-8.6m，预测最大冲刷较现状最深点南偏约 20m，对应高程为-7.8m，冲刷后的河床底高程为-15.2m；河道中部（E 点）最大冲刷 3.0m，冲刷后的河床底高程为-13.1m；断面北侧（F 点）最大冲刷 2.8m，断面平均冲刷下切深度为 2.6m，冲刷后的河床底高程为-10.5m。河道南侧冲刷较多，主要是因为灰桥丁顺坝有一定导流作用，主流偏南岸，且南岸又位于杨府山河段凹岸位置处，更容易造成凹岸的冲刷下切。综合研究表明，100 年一遇洪水过程后，河床高程现状最低点发生了改变，由断面的中心部位偏向断面南侧，达 85 高程的-15.2m。

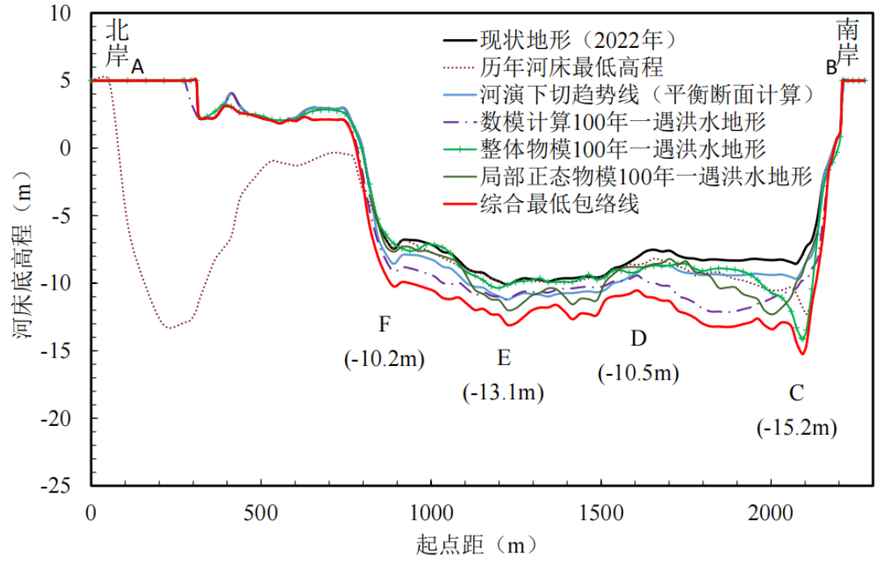


图 2.3.4-12 府东路过江通道断面底高程综合最低包络线图（100 年一遇洪水）

300 年一遇洪水工况下，过江通道断面最大冲深处位于断面南侧（C 点），最大冲深约 10.1m（含模型冲刷与河演下切趋势），现状南侧深槽最深点为-8.6m，预测最大冲刷较现状最深点南偏约 20m，对应高程为-7.8m，冲刷后的河床底高程为-17.9m；河道中部（E 点）最大冲刷 4.9m，冲刷后的河床底高程为-14.5m；断面北侧（F 点）最大冲刷 3.0m，断面平均冲

刷深度为 3.5m，冲刷后的河床底高程为-10.2m。冲刷分布与 100 年一遇洪水工况一致，河道南侧冲刷较多，主要是因为灰桥丁顺坝有一定导流作用，主流偏南岸，且南岸又位于杨府山河段凹岸位置处，更容易造成凹岸的冲刷下切。综合研究表明，300 年一遇洪水过程后，河床高程现状最低点发生了改变，由断面的中心部位偏向断面南侧，达 85 高程的-17.9m。工程河段瓯江、楠溪江交汇后 300 年一遇洪峰（37600m3/s）比 100 年一遇洪峰（32100m3/s）仅多了 14.6%，但最大冲刷下切深度增大了 2.7m，约为 26.7%，断面平均下切深度增加了 0.9m，约为 25.7%。这是因为输沙率与流速的 3~4 次方成正比，而非线性关系，因此洪峰流量的增加引起冲刷下切大幅增加。

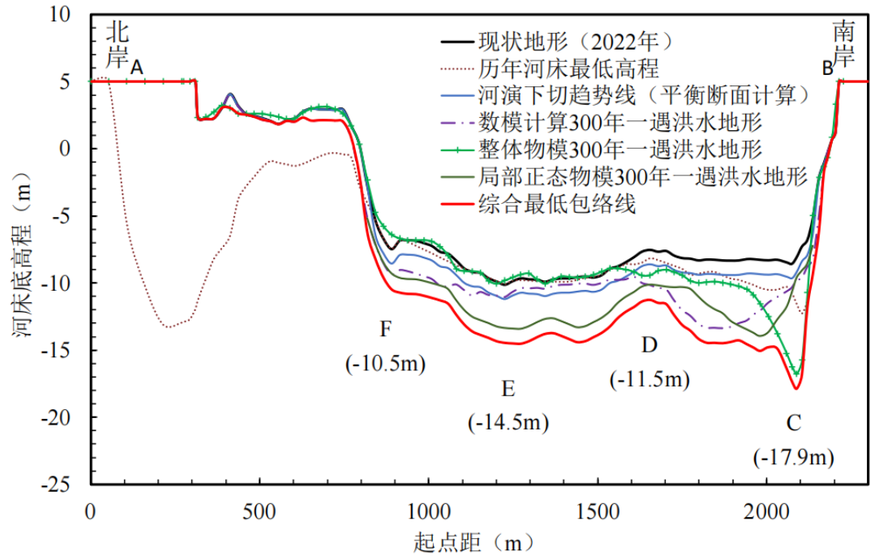


图 2.3.4-13 府东路过江通道断面底高程综合最低包络线图（300 年一遇洪水）

2.3.4.4 极限冲刷结论与建议

（1）温州市府东路过江通道拟采用隧道形式下穿瓯江，采用瓯江二维潮流泥沙数学模型、整体物理模型和正态物理模型试验，并结合河床演变资料，研究了过江通道断面最大冲刷深度，为工程设计埋深提供科学依据。根据设计单位要求，极端水文条件包括 100 年一遇洪水设计工况和 300 年一遇洪水校核工况。瓯江 100 年一遇、300 年一遇流量分别为 27000m³/s、31860m³/s，对应的楠溪江遭遇流量分别为 5100m³/s、5740m³/s，两江汇流后流量分别为 2100m³/s、37600m³/s，洪水过程线采用实测洪水过程进行同频率放大，口外边界采用实测大潮潮型。

（2）建立了瓯江二维潮流泥沙数学模型，采用 100 年一遇、300 年一遇洪水及 100 年一遇、300 年一遇潮差极端水文条件进行了最大冲刷计算。同时，进行 2016~2018 年水文系列泥沙计算，研究系列水文年叠加极端水文条件后的冲刷过程。计算表明，过江通道断面最大冲刷发生在极端水文条件，并且主要是极端洪水期。因此，极端水文过程的冲刷深度基本可代表最大冲刷深度。

数学模型计算结果表明，100 年一遇、300 年一遇洪水过程作用下，隧道断面南侧部位最大冲深分别为 4.0m 和 5.1m，河道中、北侧最大冲刷 1-2.5m，最深点由现状的-10.1m（85 高程，下同）分别冲深到-12.2m 和-13.4m。最大冲刷深度与最深点并不完全一致，现状最深点位于江心，而洪水最大冲刷位于河道南侧。100 年一遇、300 年一遇潮差过程作用下冲刷相对较小些，该断面最大冲深基本在 1m 以内，说明冲刷主要以洪水作用为主。系列年计算表明，该断面平常条件下仍有有冲刷，主要与北侧的梅园浅滩增高有关。这说明，工程断面最大冲刷深度不仅要考虑洪水期的冲刷深度，还要考虑梅园浅滩增高后河床一般条件下的冲刷发展，结合河床演变分析的下切趋势给定综合最低包络线。

（3）通过整体物理模型开展了极端洪水条件下的冲刷试验。整体物理模型试验表明，在瓯江上游发生 100 年一遇、300 年一遇频率和楠溪江遭遇洪水时，江心屿河段普遍发生冲刷，灰桥丁顺坝头部及周边区域发生较大的冲刷；府东路过江通道轴线断面南侧河槽冲刷，100 年一遇、300 年一遇洪水最大冲刷深度分别为 6.3m 和 9.0m，河床最深点高程-14.1m 和-16.8m，最大冲深靠近南岸，北侧冲刷较小。

（4）府东路过江通道附近有瓯越大桥桥墩及灰桥丁顺坝，分别距离隧道轴线断面 1.8km 和 1.5km，采用正态物理模型试验研究在 100 年和 300 年一遇洪水流量下过江通道线位附近坝体和桥梁局部冲刷的影响及河床普通冲刷。试验结果表明，在瓯江 100 年一遇、300 年一遇洪水作用下，瓯越大桥主桥墩周边地形最大冲刷深度分别约为 8m 和 9m，瓯越大桥与灰桥

丁顺坝下游的局部冲刷影响范围分别约800m和850m，小于瓯越大桥与过江通道断面的距离，因此瓯越大桥桥墩与灰桥丁顺坝局部冲刷对下游过江通道断面影响较小。过江通道线位断面主要受极端洪水作用下的河床普遍冲刷。100年一遇、300年一遇洪水作用下，最大冲刷分别为4.1m和5.3m，平均冲刷深度分别约为1.2m和2.2m，最大冲刷位置位于河道南侧，北侧相对小些。

（5）根据河床演变分析、整体物理模型、正态物理模型试验成果和二维潮流泥沙数学模型计算成果，综合分析了府东路过江通道最大冲刷深度。从工程安全角度考虑，以各方法得到的最低断面底高程，结合河床演变分析的下切趋势给定综合最低包络线。

综合研究表明，100年一遇、300年一遇洪水过程作用下，河床高程现状最低点发生了改变，由断面的中心部位偏向断面南侧，分别达85高程的-15.2m和-17.9m。过江通道断面最大冲深处位于断面南侧，100年一遇、300年一遇洪水最大下切分别约7.4m和10.1m，断面平均下切深度分别为2.6m和3.5m。

表 2.3.4-8 府东路过江通道下穿瓯江隧道断面最大冲深

工况	断面最低高程预测（m，85基面）	需要密切关注的问题
100年一遇洪水	-15.2	1、梅园浅滩近些年增高，会引起河道断面下切发展，杨府山-七都北支-10m深槽有上溯、扩大的趋势，对工程断面可能产生影响。 2、工程河段梅园浅滩及杨府山边滩的增高可能是人类活动影响，需加强人类活动管控。 3、工程河段历史上滩槽演变剧烈，需加强水下地形监测，适时采取应急防护措施。
300年一遇洪水	-17.9	

（6）本研究基于100年一遇和300年一遇极端水文组合作为不利冲刷深度研究的边界条件，是尚未发生过的极端条件，建议加强洪水期间河床冲刷资料收集。100年一遇和300年一遇洪水超过目前两岸堤防安全标准，可能会发生破堤，从而降低河道内流速，研究过程中从安全角度出发，以不破堤处理。

（7）极端洪水情况下府东路隧道断面最大冲刷深槽临近南岸堤线，隧道结构不能侵入该断面综合最低包络线，否则可能引起冲刷包络线的变化，并危及堤防安全。

特别需要注意的是，近些年梅园浅滩增高，会引起河道断面下切发展，杨府山-七都北支-10m深槽有上溯、扩大的趋势，对工程断面可能产生较大影响，究其原因自然条件边滩淤高速率可能不会这么大，可能与人类活动影响关系密切。本研究基于自然条件下的冲刷，而人类活动引起的变化具有不确定性和不可预测性，可能超出本报告结论。因此，需要长时间的动态监测工程河段的水下地形尤其是深槽变化，加强人类活动管控，适时采取必要的守护措施。

综上所述，自然条件与人类活动对河流的影响深刻，气候变化是导致水文条件变化的主要因素，呈现出随机性和不确定性，河床发生冲刷的主要因素是动力条件、作用时间和河床组成。需要说明的是导致河床发生极端冲刷的水文组合较多，100年和300年一遇极端水文组合不是唯一。工程河段的历史演变表明，人类活动对工程河段已经产生了很大影响，未来人类活动和水沙变化均可能对工程河段河床或河势演变产生影响，从而超出本文研究结论。当工程河段在较强洪水作用后，由水动力产生冲刷河床地形在之后一段时间内较难恢复。因此需要在发生极端大洪水后，对工程河段的地形和隧道断面加强监测和分析，预防下一次极端洪水的进一步冲刷。隧道工程为百年大计的民生工程，在建设和运维过程中应继续收集相关水文、地形和工程的资料并跟踪研究。

2.3.5 航道、航运、水工和岸线建筑

1.港区

瓯江港区包括现有瓯江南岸的老港、杨府山、龙湾等港区和瓯江北岸的七里港区及新开辟的灵昆港区，另外尚有沿江分散布局的企业和货主码头。港区码头包括温州港务集团和企

业、货主码头两大部分。

老港区位于瓯江南岸，曾是温州港主要港区之一，以停靠内贸中小船为主，承担全市大部分件杂货和沿海旅客运输任务。目前西门、朔门作业区已经完成了城市化改造，安澜作业区承担沿海短途、陆岛客运和过江轮渡任务。

杨府山港区航道和港池水深不足，泊位偏小，陆域狭小，难以满足现代港口发展的需要。根据新一轮温州城市总体规划，杨府山港区位于温州 CBD 中心轴线和瓯江岸线的交汇处，货运功能与城市发展的矛盾将日益突出。杨府山港区功能调整和城市化改造势在必行，港区向过江轮渡和海峡客运功能转变。

龙湾港区在今后相当长时期内，主要承担内贸集装箱运输，呼应杨府山港区功能调整和城市化改造，承接杨府山港区工业及民用煤炭、集装箱及其它散杂货运输的转移。但随着温州由滨江城市向滨海城市的东扩转变，龙湾城市副中心功能的成熟，龙湾港区除保留客运和滚装功能外，货运功能将逐步调整至其它深水港区。

七里港区根据城市和产业发展空间布局的调整，转变为城市生活和支持保障系统码头岸线。

灵昆岛北岸的建港条件优越，为适应温州城市东扩的需要，为温州市核心、经济中心和滨海工业园区所在的瓯江南岸地区经济社会发展提供便捷的运输服务，弥补龙湾港区规模的不足，并承接远期龙湾港区货运功能的转移。

2. 航道

根据《温州港总体规划》，瓯江港区航道规划如下表，航道底标高以理论最低潮面起算。本工程拟建隧道位于瓯江杨府山，属杨府山～龙湾航段，规划为乘潮通航 5000 吨级船舶。

表 2.3.5-1 瓯江港区航道规划一览表

序号	航道分段起讫点	航道主尺度			通航能力	
		长度（km）	底宽(m)	底标高(m)	不乘潮	乘潮
1	瓯江大桥~老港区	12.0	100	-1.0	/	1000
2	老港区~杨府山	6.5	160	-2.5	/	1000
3	杨府山~龙湾	14.0	180	-3.0	500	5000
4	龙湾~磐石	2.0	200	-5.0	1000	10000
5	磐石~崎头	13.0	200	-6.0	2000	30000
6	崎头~黄大峡锚地	19.0	200	-6.0	2000	30000

根据《温州港航道与锚地专项规划》，瓯江大桥～老港区长 12.0km，航道底宽 100m，整治后不乘潮可通航 500 吨级船舶、乘潮可通航 1000 吨级船舶。老港区～三十六埠浦航道全长约 4.8km，航道底宽 110m，整治后可通航 1000 吨级船舶。三十六埠浦～杨府山航道全长约 1.7km，航道底宽 160m，整治后不乘潮可通航 1000 吨级船舶、乘潮可通航 3000 吨级船舶。杨府山～温州大桥段长约 7.4km，航道底宽 180m，整治后不乘潮可通航 2000 吨级船舶、乘潮可通航 5000 吨级船舶。

通过拟建隧道航道的船舶为温州港瓯江港区的船舶，拟建隧道上游港区货运功能已经退化，且受瓯江航道水深的限制，通过拟建隧道航道的船舶以中小型砂石料运输船舶居多。目前通过拟建隧道航道的船舶主要为永嘉作业区 300～1000 吨级和瓯江上游码头 500～1000 吨级的船舶。考虑到杨府山港口有 5000 吨级客船泊位，所以主要参考船型是 1000 吨级杂货船以及 5000 吨级客船。

3. 通航代表船型、船队

拟建桥梁桥区航道主要船型及船队的具体尺度如下表。

表 2.3.5-2 代表船型尺度表

船舶吨级	船型尺度（总长× 型宽× 设计吃水）（m）	形式	备注
1000 吨级杂货船	85×12.3×4.3	单船	海轮
1000 吨级集装箱船	90×15.4×6.8	单船	海轮

3000 吨级客船	100×16.0×4.2	单船	海轮（用船规划最大吨级） 载客数（人）601~700
1000 吨级货船	85×10×2.5	单船	规范船型，设计代表船型 内河船

4.相关行业的通航要求

根据调查，拟建隧道工程区河段附近无军事、船舶工业、渔业等相关设施。隧道的建设不会对上述部门带来直接的影响，相关部门单位也未对隧道的建设提出过有关意见和通航方面的特殊技术要求。

5.通航水位

1）最高设计通航水位

本工程隧道位于瓯江杨府山段，该段受径流和潮流作用均较大，同时受涌潮影响。相关规范标准对通航水位的取值规定如下：

《海轮航道通航标准》的规定：

4.0.4 条：在潮汐作用为主的水域，跨越航道建筑物、构筑物的设计最高通航水位应采用当地历史最高潮位，必要时论证采用年最高潮位频率分析 5%的水位，该水位采用狄贝尔Ⅰ型极值分布律进行计算。

4.0.5 条：跨越赶潮河段通航海轮的建筑物、构筑物设计最高通航水位应按下列方法确定：

4.0.5.1 当跨越航道建筑物、构筑物所处河段的多年月平均水位的年应变幅度大于或等于多年平均潮差时，设计最高通航水位应采用年最高洪水位频率分析 5%的水位，该水位宜采用皮尔逊Ⅲ型分布律进行计算。

4.0.5.2 当跨越航道建筑物、构筑物所处河段的多年月平均水位的年应变幅度小于多年平均潮差时，设计最高通航水位应按第 4.0.4 条确定。

采用历史最高潮位将极少出现碍航情况，避免进行水位观测，减少对桥下水位可否满足通航的观测和过往船舶的调度控制管理，也符合国际通行的作法，有利于各国船舶的安全通行。但由于本工程处于瓯江河口入海处，每年春、秋季节常受台风影响，若与天文大潮相遇，就出现异常高水位。桥址上游长期潮位站为温州站（江心峙），下游有龙湾潮位站，据温州、龙湾站实测潮位资料统计，年最高潮位往往出现在台风暴潮影响期间，历史最高潮位发生在 1994 年 8 月 21 日，因受“9417”台风在瑞安市梅头镇登陆的影响，温州站最高潮位 5.44m，龙湾站最高潮位 5.53m。1997 年 8 月 18 日“9711”台风影响时，龙湾站最高潮位为 4.63m，2006 年 7 月 13 日受“0604 碧利斯” 台风在台湾登陆后，再次在福建霞浦登陆影响时，龙湾站最高潮位为 4.40m。当台风影响时期，本航区已禁止通航，所以本工程航道段最高通航水位不宜使用历史最高潮位。

根据相关资料，隧址附近上、下游有温州江心寺和龙湾两个长期潮位站，采用温州江心寺潮位站 1964~2009 年共 46 年潮位资料、龙湾潮位站 1959~2009 年共 51 年的潮位资料分析，得温州、龙湾潮位站 300 年一遇高潮位分别为 5.78m、5.66m，实测历史最高潮位已接近 300 年一遇的潮位。100 年一遇高潮位为 5.44m、5.34m，50 年一遇高潮位为 5.23m、5.14m，20 年一遇高潮位为 4.95m、4.87m。拟建的桥址位于在杨府山码头附近，介于温州和龙湾之间，非常接近于温州站，因此隧道处重现期潮位也应接近于温州站。直接取得的温州站相关水文数据计算高、低潮位值得拟建隧道处设计高、低潮位值，得处20年一遇的高潮位为4.95m。

上下游相邻已建、在建桥梁设计最高通航水位情况：

以下是 2021 年 6 月我院制作的《甬台温高速公路温州段拓宽工程（湖雾岭至万全枢纽段）温州大桥航道通航条件影响评价报告》收集的部分跨越瓯江航道的桥梁设计资料。

位于本工程拟建隧道上游约 1.5km 处的诸永高速公路温州瓯江过江通道桥梁设计最高通航水位采用年最高潮位频率分析 5%（20 年一遇）的水位为 5.09m。

位于本工程拟建隧道下游约 6km 处的七都大桥北汊桥桥区航道设计最高通航水位采用年最高潮位频率分析 5%(20 年一遇)的水位为 4.90m。通过

综合分析可知，本工程航段最高通航水位可取 4.90m~5.09m 之间，诸永高速公路过江通

道至拟建隧道距离与拟建隧道至七都大桥北汊段距离的比值为 1:4。利用插值公式 H 隧道＝(H 诸永－H 七都)/(1+4)×4+H 七都,计算得拟建隧道穿越航道段设计最高通航水位为 5.05m。

拟建的隧道接近于温州站，因此隧道处重现期潮位也应接近于温州江心寺站。直接取得的温州站相关水文数据计算高、低潮位值得拟建隧道处设计高、低潮位值，得处 20 年一遇的高潮位为 4.95m。

综合两种结果，最终本文选用 5.05m 作为拟建隧道处设计最高通航水位。

2）最低设计通航水位

本航段的通航标准为可乘潮通航 1000 吨级特种海轮的内河Ⅲ级航道,受潮汐影响明显，平均潮差大于 3.9m。对内河船型来说，根据《内河通航标准》（GB50139-2004），受潮汐影响明显河段，设计最低通航水位采用低潮累积频率为 90%的潮位。海轮需乘潮通航，乘潮通航的设计通航水位根据《海港总体设计规范》（JTS165-2013）可以采用乘潮水位，可取乘潮累积频率 90%-95%的水位。

表 2.3.5-2 拟建隧道隧址处设计最高、最低通航水位

设计通航水位	水位（m）	设计标准
设计最高通航水位	4.95	最高通航水位采用年最高潮位频率分析 5%（20 年一遇）的水位（海轮内河相同计算标准）
设计最低通航水位（海轮）	1.40	依据《海港总体设计规范》取乘潮水位
设计最低通航水位（内河）	-2.17	内河航道设计最低通航水位取低潮累积频率 90%的潮位

5.锚地

根据《温州港航道与锚地专项规划》，瓯江口内航道指从龙湾港区起至歧头段，航道全长约 17.5km。从温州大桥下游的龙湾港区至七里作业区的磐石码头，航道全长约 3.5km，航道水深为 3.9～30m，其中龙湾港区前沿水深较好为 10～30m，磐石码头前沿水深 5～12m，但在磐石～龙湾港区之间有一水深 3.9～5m 的浅段，乘潮可通航 5000 吨级船舶，船舶航行需避开磐石礁，七都涂尾的前沿水道至龙湾港区航道弯曲半径较小，大型船舶航行困难；从磐石码头至歧头为瓯江的北口航道，航道长约 14km，沿贴岸深槽航行，水深 6.4～12m，沿途有温州港务集团码头、黄华码头等，其中水深较浅处位于磐石码头下游段和瓯江北口歧头处，可乘潮通航万吨级船舶。

瓯江大桥至老港区 12km，可乘潮通航 500 吨级海轮；老港区至杨府山港区.5km，可乘潮通航 1000 吨级以下货船，杨府山港区经七都涂北支至温州大桥约 10km，可乘潮通航 5000 吨级以下船舶。

根据《温州港航道与锚地专项规划》隧道北岸滩涂位置存在梅园锚地，主要是台风期作为船只避风锚地。梅园锚地分两期实施，一期已施工完成，二期尚未实施。

7	梅园锚地	28° 02′ 0.53″ N/120° 41′ 35.39″ E 28° 01′ 34.04″ N/120° 41′ 35.22″ E 28° 01′ 34.97″ N/120° 43′ 21.19″ E 28° 01′ 59.98″ N/120° 43′ 21.36″ E	避风、待泊	≤1000	27	1~8.0	淤泥	一期 2.30	新开辟
		一期北侧 290m 水域						二期 1.0	调减
8	七都北锚地	28° 01′ 33.77″ N/120° 45′ 42.30″ E 28° 01′ 21.58″ N/120° 45′ 37.88″ E 28° 01′ 9.29″ N/120° 46′ 25.05″ E 28° 01′ 18.09″ N/120° 46′ 31.76″ E	避风	≤500	6	5.0~7.0	软泥	0.49	新开辟

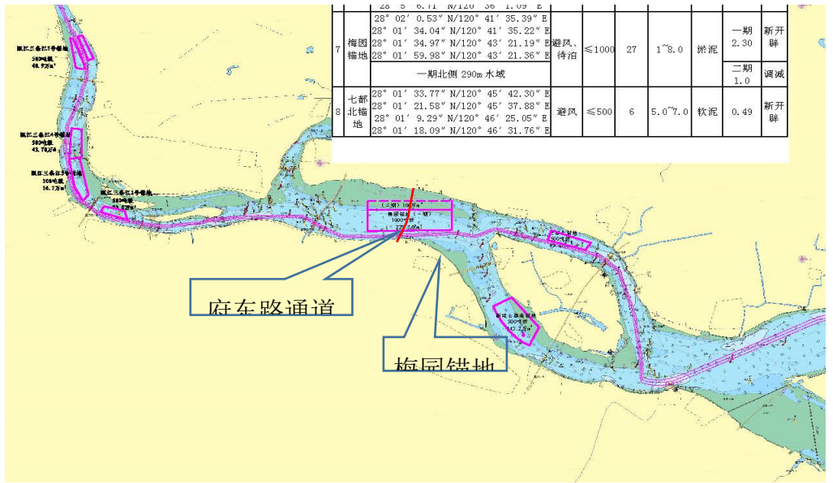


图 2.3.5-1 温州港航道与锚地专项规划图

《海轮航道通航标准》（JTS180-3-2018）对穿越航道建筑物埋设的要求如下：

7.2.3 穿越航道建筑物、构筑物顶部埋设的安全距离在考虑航道疏浚超深、冲刷和自然水深等要素的基础上，其安全富裕深度不应小于 2m，同时安全富裕深度不应小于锚击深度。

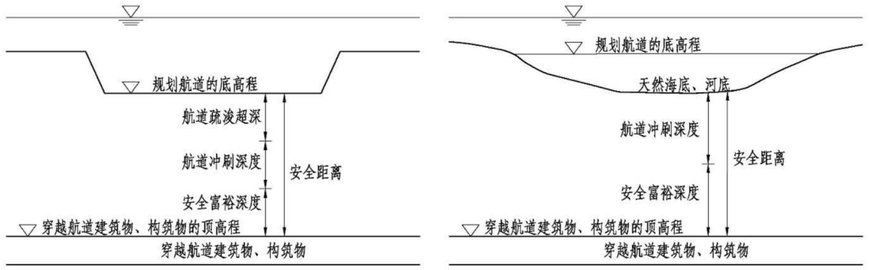


图 2.3.5-2 穿越航道建筑物、构筑物埋设安全距离示意图

《海港总体设计规范》（JTS 165-2013）对穿越航道建筑物埋设的要求如下：

6.4.10.4 穿越航道的水下电缆、管道、涵管和隧道等应埋置于海床内，埋深不应小于远期规划航道底标高以下 2m。必要时，还应分析所在海床的稳定性和冲淤变化，并根据最大可能冲刷深度、受力要求等论证后设定埋置深度或增加防护设施。

《内河通航标准》（GB50139-2014）对穿越航道建筑物埋设的要求如下：

5.3.2 在航道和可能通航的水域内布置水下过河建筑物，应埋置于河床内，其顶部设置深度，Ⅰ级～Ⅴ级航道不应小于远期规划航道底标高以下 2m，Ⅵ级和Ⅶ级航道不应小于 1m。

5.3.3 设置沉管隧道、尺度较大的管道时，应避免造成不利的河床变化和碍航水流。必要时应通过模拟试验研究，确定改善措施。

1）隧道满足埋深要求的宽度

《海轮航道通航标准》（JTS180-3-2018）对穿越航道建筑物埋设的要求如下：

7.2.4 穿越航道建筑物、构筑物满足埋深要求的宽度，对于轴线不变的限制性航道，其宽度可取规划航道宽度的 1.2~1.4 倍；在海床或河床稳定、航道轴线基本不变的水域，其宽度不应小于规划航道通航宽度的 2~3 倍，或不小于自然河宽。

在本隧道设计过程中，隧道满足埋深要求的宽度远大于实际航道宽度，符合相关规范要求。

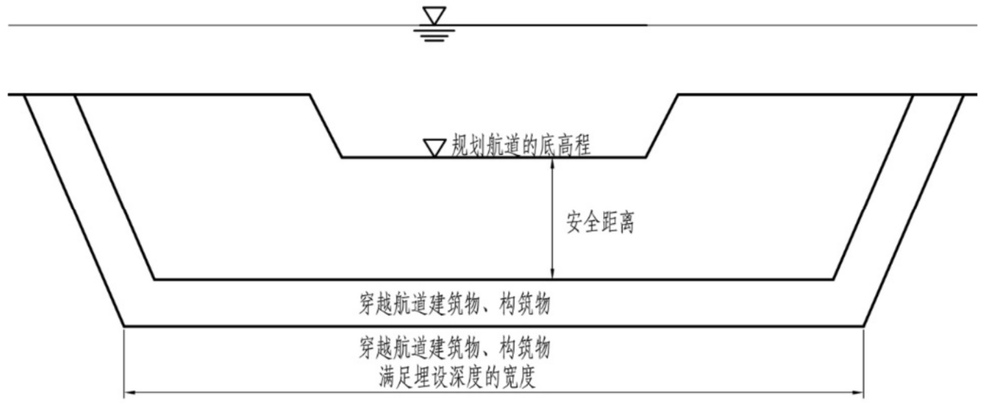


图 2.3.5-3 穿越航道建筑物、构筑物满足埋设安全距离要求的宽度示意图

2）船舶应急抛锚贯入深度分析

① 锚的选取

影响落锚贯入量因素很多，船锚类型、抛锚方式、流速大小、方向等均可影响贯入量，但锚重、底质类型、水深仍为最主要因素。关于船舶落锚后的入土贯穿量，国际上并无统一算法，所以本文综合多种算法进行综合考虑。

由于船舶吨数越大船锚也越大，根据通航代表船型表，船舶最大通航吨数为 3000 吨，选取 3000 吨级客船作为应急抛锚的船舶进行模拟。

我国商船目前配锚大部分采用霍尔锚。不同吨级的代表船型配备锚的数量和质量都不同。霍尔锚作为第一代现代标准型无杆转爪锚，制作简单、抓力大、抓住性良好、收藏方便，对于各种土壤的海底底质都能较好适应，是大中型船舶主锚选择的主要对象。霍尔锚锚柄截面一般为圆形或矩形，锚柄与锚爪间的最大夹角为 45°。此外，另有一种短杆霍尔锚，其锚柄长度较短，折角为 38°。

根据统计，5000 吨级船只一般锚重在 1 吨左右，本航道通航船型最高为 3000 吨级，所以以 1 吨重霍尔锚作为抛锚计算对象是安全的。

② 深和底质情况

根据工程纵断面布置图，以最高通航水位为起点，拟建隧道上方水深约 0~15m，由于水

深越深，锚触底时速度越快，所以以 15m 为水深。

根据工程地质调查，底质以淤泥夹粉砂、淤泥为主。

③ 相关贯穿实验数据和计算模型

日本相关人员在 1975 年进行的投锚实验结果如下表：

表 2.3.5-3 抛锚时的触底贯穿量

船型编号	锚重(T)	水深(M)	底质	触底贯穿量 (M)
1	2.0	18	淤泥、砂	1.5
2	2.5	12	软泥之下为硬泥	1.8
3	3.4	12	砂	0.3
4	6.0	16	淤泥	1.9
5	9.7	18	淤泥	3.5
6	18	离海底 45M 抛锚	砂、淤泥	2.6

根据表格和相关参数，可以认为船锚触底贯穿量≤1.5m

公式计算

桑迪亚国家实验室进行了大量土侵切实验，Young 的报告注 2 在已有试验的基础上提出对土、岩石和混凝土的物体贯穿土壤深度经验计算公式：

当 V<61m/s 时，

$$D = 0.000\,8SN(m/A)^{0.7}\ln(1 + 2.15v^2 \times 10^{-4}) \quad (1)$$

当 v≥61m/s 时，

$$D = 0.000\,018SN(m/A)^{0.7}(v - 0.35) \quad (2)$$

式(1)和式（2）中：D 为贯穿深度，m;N 为物体的形状系数；S 为土壤系数；m 为物体的质量，kg;v 为物体接触土壤时的速度，m/s;A 为物体的横截面积，m2。一般抛锚情况下，锚触底的贯穿情形适用于式(1）的形式。

土壤系数 S 的取值由文献注 2 给出。为与一般的海底底质相对应，淤泥底质可取 10~20，建议取 20；砂底质可取 6~9，建议取 6；软泥底质可取 20~30，建议取 30；淤泥和砂混合底质可取 8~15，淤泥占主要则建议取 15，砂占主要则建议取 8，也可按混合比例内插取值。

根据我国造船行业制订的《霍尔锚标准》（GB/T 546-2016）可以获得霍尔锚尺寸参数，即可计算接触底面 A。

文献注 3 提出了锚触底速度 v 的取值和 N 的取值。

$$v = \sqrt{2(1 - \eta\sin\theta)g(h_1 + h_2) - \rho_{水}gh_2/\rho} \quad (3)$$

式（3）中，ρ 水，ρ 分别是水和锚的密度，m/s；η 是摩擦系数，取 0.15；θ 是锚链孔的轴线与竖直方向的夹角，可取 60°；h1，h2 分别是锚链孔距水面的高度和水深，m。

因此，S 为 20，A 为 0.76m2，h1 为 5m，v 为 17.9m/s，N 为 9.61，触底深度 D 为 1.56m。

取二者高值，1 吨重霍尔锚在本隧道工程范围内，最大触底贯穿量为 1.56m。

根据相关规范，船锚最大触底贯穿量为 1.56m，小于富裕水深 2m。所以在本锚地和航道段的富裕水深取 2m。

④ 隧道穿越航道段规划底高程

参考 2014 年设计的《瓯江中下游航道养护工程》设计方案，拟建隧道穿越瓯江航道段养护工程设计底高程为-5.86m。在养护工程中，该航段已达设计水深需求，暂无新的规划方案。

⑤ 隧道穿越锚地段规划底高程

根据《温州港避风锚地选划方案》（2021 年 5 月），可得到避风代表船型和锚地设计水深，如下：

表 2.3.5-4 梅园避风锚地代表船型

船名	载重吨 (t)	船长(m)	船宽(m)	型深(m)	满载吃水(m)
杂货船	1000	85	12.3	7.0	4.3
货船	600	50.3	8.3	3.6	3.0

梅园锚地设计水深为 5.6m，现状水深 0~8.1m。

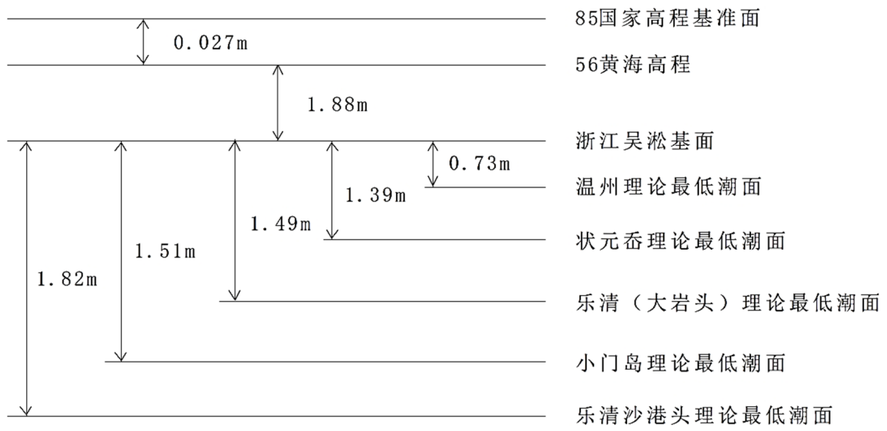


图 2.3.5-4 理论最低潮面

上图为《温州港避风锚地选划方案》采取的理论最低潮面，梅园锚地处于温州理论潮面的指导范围。

同时根据选划方案，梅园锚地设计水深为 5.6m，现状水深 0~8.1m。转化成 85 国家高程基准面后，梅园锚地的设计底高程应为-8.237m。

根据规范，在疏浚设计中需考虑备淤深度，取 0.4m；计算超深，取 0.3m；计算超宽可取 3m。根据南京水利科学研究院《府东路过江通道工程（暂定名）极限冲刷深度研究之极限冲刷深度研究》（2022 年 5 月）的成果，假设梅园锚地按规划施工完成后，冲刷深度应取锚地范围中冲刷模拟的最大值，根据 100 年一遇极限冲刷深度包络线，应取 3m。

因此，梅园锚地区域在只考虑冲刷作用、疏浚作用和富裕水深需要至少$-8.237-0.4-0.3-3=-11.937\mathrm{m}$的埋深。

⑥ 隧道总体埋深统计

根据项目初步设计和相关锚地规划以及航道资料，可以得到以下设计表。

表 2.3.5-5 锚地对隧道埋深要求

穿越段名称	现状河底高程	规划航道底高程	隧道顶部高程最小要求	设计隧道顶部高程	现状河床下隧道顶部最小覆盖层厚度	河床最大冲刷隧道顶部最小覆盖层厚度
北岸江心洲、漫滩	2.4~2.6	/		-8.26~-6.5	9	8.9
梅园锚地Ⅱ期	-6.4~3.0	-8.237		-22.45~-8.26	10.3	11.3
梅园锚地Ⅰ期	-10.2~-7.0	-8.237		-26.56~-22.45	15.7	13.5
过渡段	-8.3~-7.7	/		-25.7~-25.2	16.8	12
瓯江航道	-8.3~-8.2	-5.86		-25.2~-24.72	16.4	12
南岸码头段	-8.6~4.2	/		-24.72~-8	13.1	8.2

注释：

1.隧道布置并不在南岸杨府山 1 号码头回旋水域内。

2.若梅园 2 期工程进行疏浚，深度超过了隧道高度，梅园锚地 2 期尚未实施，考虑梅园锚地 2 期调整位置。

3.锚击考虑 1 吨重霍尔锚，取 1.56m。图表中未考虑锚击。

⑦ 出入土点与满足埋深要求宽度

拟建通道南端起于江滨东路与府东路节点南侧约 200m 位置，沿上陡门河东岸北行，穿越瓯江路大堤及瓯江光影码头（现已改造成观景平台），大堤上游 230m 是杨府山浦西码头，大堤下游 140m 是杨府山 1 号码头。隧道接着向北依次穿越瓯江航道，梅园锚地，大面积的漫滩地，到达北岸大堤长岱水闸处，随后沿梅园路布设出口，出入土点均位于瓯江大堤背水侧。

施工计划中包括长岱水闸的重建工作，所以满足长岱水闸的安全距离。施工期在北岸段有一段围堰工程，工可设计为 1:3 坡度土石方围堰，距离梅园规划锚地较近。围堰需在梅园锚地二期工程开始前拆除并恢复原状。在该处理情况下，认为隧道布置方案不影响锚地施工需求。

经论证，整体隧道符合规范满足埋深要求的宽度这项规定，本工程隧道自登陆点与附近

水工设施的安全距离均满足规范要求，隧道登陆条件良好。同时后方场地开阔，均能盾构法施工要求。

6.码头

工程段瓯江航道偏瓯江南岸，该段码头主要集中在南岸布设，隧址下游杨府山 1 号码头，已改造为瓯江光影码头，上游有杨府山浦西码头。



瓯江光影码头



杨府山浦西码头

图 2.3.5-5 码头现状

7.周边水系及水利设施

府东路隧道在瓯江北岸的梅园路和 104 国道周边，与多处规划水系交织，主要有规划宽度为 10 米的环河，沿环江大道布置；规划宽度为 8 米的三江横河河，沿既有 104 国道南侧布置；以及规划宽度为 12 米的长岙浦河，贴着规划梅园路敷设。其中，长岙浦河已在江边建成长岙水闸，为地下一层地面两层钢筋混凝土结构。

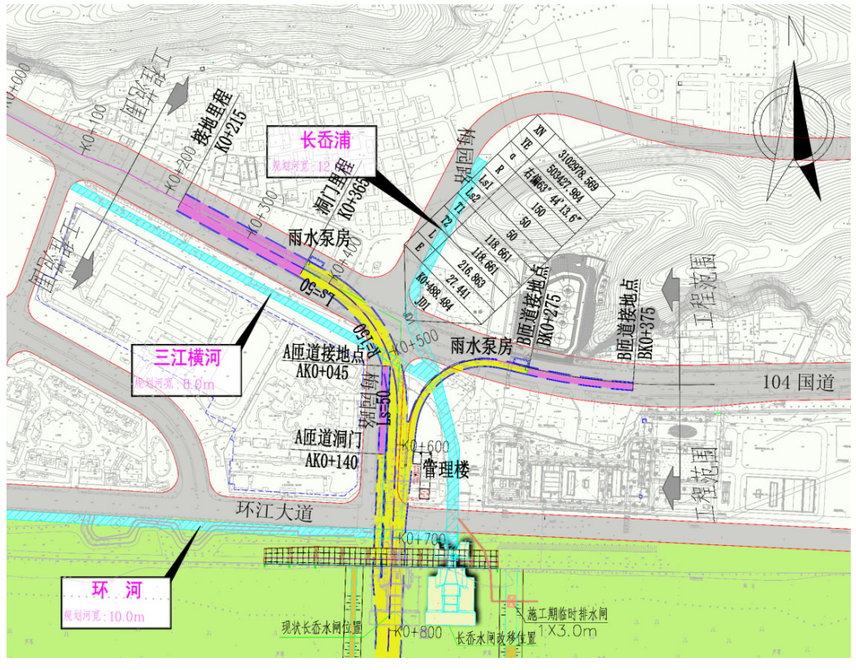


图 2.3.5-6 隧址处规划水系



图 2.3.5-7 长岙水闸现状

府东路隧道在瓯江南岸邻近上陡门浦河修建，距离河道最近距离约 38 米，与该河道沿途桥梁上陡门浦河桥局部桩基冲突。该河道为鹿城区主要观景河道，已基本实施规划，河道

宽度约为 60～100 米，河内设黎明水闸。



图 2.3.5-8 上陡门浦河现状



图 2.3.5-9 黎明水闸

2.3.6 防洪现状及规划

1.北岸大堤

工程处瓯江北岸堤防属于浦西至长岙段，该段已实施堤塘提标改建工程，新建堤线与《综合规划》中的江堤控制线布局基本相一致。该河段原先河宽在 1800m-2320m 之间，是上游江心屿河段平均河宽的 1.5-1.9 倍，而下游七都南北汊较窄处河宽之和也只有 1900m，且由于涨落潮流路分歧，北侧岸堤由于内凹，使潮流顶冲，北槽窄深，致使近岸深槽下切幅度较大，造成北岸失稳、坍塌。河床演变分析表明，近年来新建堤前呈一定的淤积态势，有利于河势的稳定。

该段堤防工程在府东路通道工程范围采用“高桩平台+重力式挡墙+镇压平台”轻型框架结构。堤岸整治按 50 年一遇防洪（潮）标准设计，堤顶标高为 6.2m，防浪墙顶高程为 6.5m。



图 2.3.6-1 北岸大堤全景图



图 2.3.6-2 北岸大堤漫步道

2.南岸大堤

工程处瓯江南岸堤防属于卧旗山至至会展中心段，该段为温州市城防工程段，现状堤线已按 100 年一遇标准设计建设，堤线建设时已顺应微弯型河势特点适当外拓。现状堤线与《综合规划》中的江堤控制线布局基本相一致。该段堤线处于河道的凹岸，深槽轴线（动力轴线）靠近南岸，微弯型河势已基本形成，有利于滩槽的相对稳定。

该段堤防工程在府东路通道工程范围采用桩基透空型防波堤，与城市观光平台（欧江光影码头）合建，由原杨浦山东码头改建而成，工程处平台宽度为 16m，采用桩基+现浇横梁上铺预制空心板结构，平台顶标高为 6.47m，桩基为Φ800HPC 桩及Φ1000 钻孔灌注桩，桩长为 44～47m。堤岸整治按 100 年一遇防洪（潮）标准设计，百年一遇高水位为 5.56m。



图 2.3.6-3 南岸大堤全景图



图 2.3.6-4 南岸大堤漫步道

2.3.7 沿线道路

府东路隧道在瓯江南岸主要沿府东路敷设，在与江滨路、瓯江路交叉口处下穿十字路口。具体道路情况如下：

（1）府东路

府东路为城市主干路，现状道路红线宽度为 40 米，为双向 6 车道+两条非机动车道，基本已按原规划实施，远期规划江滨路以北为 42 米，江滨路以南为 58 米，该道路交通流量在江滨路以南较大，在江滨路以北较小。



府东路现状（江滨路以北）



府东路现状（江滨路以南）

图 2.3.7-1 府东路沿线现状

（2）江滨路

江滨路为城市主干路，现状道路红线宽度为 50 米，局部为 56 米，为双向八车道+两条非机动车道，该道路交通流量较大，道路下方远期规划沿江快速路及地铁 M2 线。



江滨东路现状（府东路东侧）



江滨东路现状（府东路西侧）

图 2.3.7-2 江滨东路沿线现状

（3）瓯江路

瓯江路为城市次干路，同时为沿江漫步观景道路，现状道路红线宽度为 33 米，为双向 4 车道+两条非机动车道，规划红线宽度为 40 米，该道路交通流量较小。

府东路隧道在瓯江北岸下穿环江大道后先后沿梅园路、104 国道敷设，具体道路情况如下：

（4）环江大道

环江大道为城市次干路，为沿江漫步观景道路，现状道路红线宽度为 28 米，为双向四车道，该道路目前交通流量较小。



瓯江路现状



环江大道现状

图 2.3.7-3 府东路沿线现状

（5）梅园路

梅园路为城市次干路，现状道路红线宽度为 12 米，为双向两车道，规划红线宽度为 40 米，该道路目前较短，暂未实施规划，交通流量较小。

（6）104 国道

104 国道现状道路红线宽度为 28 米，为双向四车道+两条应急车道，规划红线宽度为 50 米，远期规划为城市主干路，国道将改移至道路北侧。该道路车流目前主要为过境交通，流量较大。



梅园路现状



104 国道现状

图 2.3.7-4 北岸沿线道路现状

2.4 主要专题评估意见和结论

2.4.1 社会风险评估结论

（1）项目合法性、合规性、合理性、可行性、可控性分析结论

1）合法性分析

根据《温州市人民政府专题会议纪要》（〔2022〕1 号），温州市府东路过江通道工程由市城发集团作为业主，在市本级立项。温州市公共建筑建设投资有限公司是市城发集团下属子公司，是本项目的申报单位，因此作为本次社会风险评估的评估主体。根据《温州市人民政府关于印发 2022 年温州市重大建设项目计划和温州市市级政府投资项目计划的通知》（温政发〔2022〕12 号），本项目已被列入“2022 年温州市市级政府投资新开工类项目计划表”。因此，本项目涉及的决策机关享有相应的决策权，并在权限范围内进行决策，决策内容和程序符合有关法律法规和政策规定。

本项目为城市道路建设工程，属于《产业结构指导目录（2019 年本）》（2021 年修改）中的鼓励类，也符合《温州市综合交通体系规划（2018-2030 年）》规划要求。另一方面，本工程线路总体符合相关规划、政策，但局部需要进一步调整相关规划以确保本工程完全符合土地利用要求。

建设单位正按照要求积极开展社会风险评估等前期事项审批工作，但尚未办理完成。考虑到本项目总体上符合产业政策和当地规划要求，项目环境污染、安全影响等均可控制在群

众可接受范围，项目的实施利远大于弊，只要严格按程序规范实施，本工程引发群众提出合法性质疑等方面问题的风险可控制在可接受范围。

2）合规性分析

本工程是联系温州市区和永嘉的主要通道，项目的建设有利于促进当地国民经济和社会发展，提供人民生活水平，具有明显的社会效益。本项目的建设适应国家产业的政策需求，前期程序符合国家法律规定，与中国共产党党章以及党的理论、路线、方针、政策以及上位党内法规和规范性文件不相抵触，与其他同位党内法规和规范性文件对同一事项的规定不相冲突。综上，本项目合规性符合要求。

3）合理性分析

本工程位于城市核心区滨江商务区与永嘉三江片区之间，纵向串联温州北站-三江组团-温州市区，服务交通枢纽和组团地块纵向交通流量。项目的建设有助于缓解瓯越大桥交通压力、提高瓯江南北交通通行能力，方便沿线广大居民日常出行，也是“坚持市域一体发展，打造现代化拥江滨海花园城市”的需要。同时本项目的建设兼顾了不同利益群体的诉求，对项目影响区内各相关利益群体的要求也给予了充分考虑和采纳，项目实施和运营过程中只要严格落实各项环境保护、劳动安全卫生、消防、节能等有关法律法规要求，将可实现经济效益和社会效益统一，项目的建设是合理的。

4）可行性分析

本项目为城市道路建设工程，温州市公共建筑建设投资有限公司工程建设经验丰富，同时此类工程的技术成熟度较高，只要设计阶段加强沟通，施工阶段加强管理，项目因技术引起的社会风险较小。同时，本项目资金由市城发和永嘉财政共同承担，只要做好财政预算管理和专款专用，建设资金有较充足保障，因经济方案引起的社会风险较小。总体而言，本项目经过科学的可行性研究论证，充分考虑了各种相关制约因素，得到了绝大部分相关利益者的支持和认可。项目建设方案经过研究和论证，方案可行，技术经济合理，项目建设时机成熟，各条件基本完备，开展本项目建设是基本可行的。

5）可控性分析

通过上述风险调查、识别和估计，本项目的实施存在 10 个主要风险因素。截至目前，项目单位已多次同相关部门单位、涉及街道、行政村/社区进行沟通，对针对沟通结果对项目方案进行了必要调整，基本取得了其认可和支持。在下步实施中应加强项目各方的沟通协调，做好信息公示和宣传解释工作，文明安全施工。评估认为在确保各项措施得到严格落实的基础上，各项风险发生的可能性和影响程度进一步下降，发生集体上访、大规模群体性事件的可能性不大，少数人的意见也能够通过制度渠道得到解决。综上，评估认为，本项目满足风险可控的要求。

鉴于社会风险因素变化的动态特征，在项目实施过程中仍有可能出现目前无法识别的风险因素。因此，本项目社会风险防范工作小组成员之间要保持密切联系，并提前建立应急预案。

（2）项目风险等级

本项目合法、合规、合理，在落实相关风险防范和化解措施后风险可行、可控，根据《浙江省重大决策社会风险评估实施办法》（浙政办发〔2019〕53 号），在实施过程中如果各项风险因素防范化解措施均能落实到位，本项目风险等级可以控制在中低风险等级，可以作出允以实施的决策，但需进一步落实风险化解措施，做好个别群众的沟通、引导与信访稳定工作。

2.4.2 防洪评价结论

⑴海堤沉降分析结论

盾构从瓯江南岸城市防洪堤以下-18.0m 高程穿过，出口处隧道顶高程为-15.0m。因地基土层受施工扰动影响，会产生沉降变形。通过 PECK 公式法计算得：隧道在南岸堤防及出口处的最大沉降量一般情况约为 4.41cm 和 9.84cm，不利情况约为 11.00cm 和 24.60cm；盾构横向影响范围：城市防洪堤约为隧道两侧 53m，盾构出口处为隧道两侧 18m；双洞施工后最不利条件下城市防洪堤沉陷斜率为 0.28%，盾构出口处为 2.17%。盾构受施工影响相当大，以

上计算值仅作参考用。本工程隧道穿越的地层属于结构性强、灵敏度高的淤泥层，为安全计施工中要严格选用控制参数，尽可能减少周围土体扰动，控制沉降量。

（2）堤防稳定分析结论

南岸隧道埋深高程为-18.0m，北岸为-3.5m，经分析，隧道北岸建成前后背水坡整体稳定安全系数为1.497（100a）、1.518（50a），临水坡为1.527（100a）、1.680（50a），近期能满足50 年一遇标准要求，远期能满足100年一遇要求。

（3）堤防渗流分析结论

隧道北岸埋深较浅，影响渗流场分布。隧道建成后，50 年一遇潮位下，三江标准堤背水侧渗流溢出点比降为0.710，相对现状增大0.002；100 年一遇潮位下，三江标准堤背水侧渗流溢出点比降为0.932，相对现状增大0.004。背水坡允许渗透坡降为0.958，隧道北岸建成后，背水侧溢出点比降满足渗透稳定要求。由于工程受施工影响因素较大，隧道与土体接触部位有可能产生接触冲刷，形成局部渗漏通道，应做好相应防渗措施。

（4）施工期影响分析结论

1）施工期内河排水

施工期需拆除长岙水闸，拟在水闸东侧100m处 新建2×2m 排水箱涵，上游长岙浦104国道以南段按规划河宽挖出。施工期排水方案较保留长岙水闸，5%降雨+2 年一遇潮位组合条件下，水闸上游104 国道以南水位上升0.17m，受淹时间增加0～1.0h，104 国道以北水位上升0.03m，受淹时间增加0～0.2h；5%潮位+5 年一遇教育组合条件下，水闸上游104 国道以南水位上升0.03m，受淹时间增加0.1h，104国道以北水位上升0.03m，受淹时间增加0～0.1h。施工排水方案以洪为主工况对104 国道以南影响较大，受潮位顶托及104国道以北现状箱涵（1×4.0m）影响，以洪为主时的104 国道以北及以潮为主时的水闸上游区域受施工排水方案影响较小。104 国道南侧4.50m 高程主要在现状长岙水闸附近，其余位置底面高程＞4.80m，即排除长岙水闸周边地块，施工排水方案对片区的影响较小。按隧道施工方案，长岙水闸地块需要开挖，后期隧道施工需做好自身防水。

2）北岸围堰影响

①阻水比

50 年一遇潮位下，围堰处过流面积为19991.4m2，围堰占用过流面积为956.8m2，阻水比4.8%；100 年一遇潮位下，围堰处过流面积为20555.2m2，围堰占用过流面积为1056.7m2，阻水比5.14%；满足《浙江省涉河桥梁水利技术规定》的不得超过7%要求。

②水位

围堰所在河段水位受潮位控制，以洪为为主时，水位影响主要在上下游500m 附近，以潮为主时区域河道水位总体呈下降趋势，围堰下游河道水位影响较小。50 年一遇标准下，围堰主要影响区水位变化-0.033～0.020m；100 年一遇标准下水位变化-0.050～0.033m。水位壅高满足《浙江省涉河桥梁水利技术规定》的跨越Ⅰ级允许越浪的堤防，桥墩阻水引起的最大壅水高度不大于0.10m，Ⅱ级堤防不大于0.08m。

③河势

围堰上下游附近容易淤积，围堰前沿水域（含对岸）易发生冲刷，七都北汊附近，流速亦有所增大。50 年一遇标准下，围堰前沿水域新增冲刷0～0.298m，南岸新增冲刷0～0.073m；100 年一遇标准下，围堰前沿水域新增冲刷0～0.322m，南岸新增冲刷0～0.175m。新增围堰新增冲刷幅度较小，河势演变是水流长期作用的动态过程，施工期加强对河床演变的监测。

④行洪能力

围堰建设不影响河道洪水过流量，而影响潮水上溯量，流量变化幅度约为1.8%，相对较小。围堰建设引起的影响更主要反映在河道水位、流速及河势上，施工期最大的水位壅高为0.033m，最大冲刷0.322m，流速变化-0.530～0.223m，水位、流速等变化较小，即围堰对区域的行洪排涝影响较小，对于围堰上下游易淤积区域，施工期需观察淤积速度，及时清淤。

3）南岸施工影响

南岸盾构施工前需先拆除城市防洪堤框架部分，施工机械荷载为30kPa。框架堤后部分为老驳坎，按城市防洪堤的断面结构，框架部分对驳坎结构稳定有利。框架堤防拆除期间整

体稳定安全系数为0.680，相对现状减少0.330，不满足规范的1.30m 要求。

（5）涵顶标高

工程处20 年一遇规划水位为4.70m，常水位为2.50m，长岙浦104 国道以南段实施后的水位为 5.11m。周边道路高程约为 5.0m，考虑到规划河道实施情况，推荐涵顶标高暂按4.70m 控制。

（6）对规划实施影响的补救措施

1）三江标准堤、长岙水闸复建标准为100年一遇，建筑物级别为1级。三江标准堤复建长度168m，堤顶高程6.20m，防浪墙高程6.70m，长岙水闸东移60m，规模同现状2×3.0m，水闸及三江标准堤结构同现状，堤防与隧道处交叉处框架结构底部桩基钢筋接入与隧道顶部的横梁。后期若河势变化，临水侧需防冲处理。

2）温州城市防洪堤复建标准为200 年一遇，堤防级别为1 级，堤顶高程为6.49m，防浪墙顶高7.69m。堤防采用框架结构，下部桩基距离隧道净距≥2.0m。老驳坎结构不作加高，在新建框架堤结构上考虑对防洪堤闭合，后侧填土采用Φ500 搅拌桩加固，桩长16m，桩距1.0m。后期隧道管理运行单位需配合黎明泵站的实施。

3）与通道交叉及受隧道影响的河道纳入通道工程一并实施，其中三江横河 125m（长岙浦-梅园路以西25m 段，100m）、环河112m（三江标准堤拆建范围段）、长岙浦211m（104国道-长岙水闸段）纳入本工程一并实施。河底、河宽等按规划要求实施。河道建设安排在非汛期，先于隧道完工，其中与隧道交叉的河段及环河采用箱涵结构，其余采用生态砌块式护岸或桩式护岸结构，箱涵内壁顶高程≥4.70m，护岸顶高程2.90m。

（7）对河势稳定、河道行洪能力影响的补救措施

1）瓯江干流围堰前沿水域（含对岸）容易发生冲刷，瓯江七都北汊流速有所增大，围堰上下游附近容易淤积，施工期间应加强监测，掌握河床演变区域，淤积区域及时清淤。

2）104 国道南侧4.50m 高程主要在现状长岙水闸附近，其余位置底面高程＞4.80m，按隧道施工方案，长岙水闸地块需要开挖，后期隧道施工需做好自身防水，同时备临时抽排设施。

3）北岸施工过程中加强观测，及时加高围堰；南岸在框架堤拆除前，堤后采用铝合金防汛墙闭合防洪体系，墙顶高程 6.47m，施工期派专人管理，大堤恢复后，及时拆除临时防汛墙。

（8）对工程安全影响的补救措施

1）根据《盾构法隧道施工及验收规范》、《城市轨道交通工程监测技术规范》、《建筑基坑工程监测技术规范》等规范要求开展盾构及基坑施工监测，其中盾构施工主要影响区间距不大于5m，次要影响区不大于10m：

①精心设计和施工，从根源上减少地层变位影响。施工中要严格选用控制参数，尽可能减少周围土体扰动，控制沉降量；

②控制沉降变形在允许值范围（横向不均匀沉降斜率控制指标为1%），当出现较大变形趋势时，通过调整隧道进展速度、工艺、参数等方法，达到防治预期安全目标，如仍超过控制值，则需进行工程后加固措施处理；

③合理安排施工计划，避开汛期施工，减少工程风险；

④隧道穿堤后视堤防损害程度采取相应补救措施。若盾构变形监控值超过本报告允许值时应采取灌浆等相应的加固补偿措施。

2）南岸控制施工荷载位于30kPa 以内，拔桩机进场前，挖出表层2.10m的杂填土，对老驳坎进行卸荷，做好防渗，同时结合海塘规划要求对驳坎后侧土方进行加固。

（9）对防汛抢险及第三方水事权益影响的补救措施

1）隧道管理保护与堤防、水闸及河道管理范围会有重合隧道建设运营单位需配合后期堤防（护岸）的提升及运行管理；

2）隧道与规划长岙浦、三江横河及环河处做好标识，明确后期清淤注意事项；

3）与港航部门做好衔接，做好相关专题论证；

4）做好通行引导标识，便于城市居民休闲。

（10）其他

1）施工期影响分析以预可研成果为基础，后期若有调整，需重新论证，报有关水行政主管部门，工程结束后及时清除阻水构筑物；

2）施工过程中严格按水保方案专项要求做好水土保持工作；

3）堤防、护岸保护范围内的禁止堆载等，施工期加强监测；

4）对于施工破坏的水利设施及时修复，影响范围内不拔除的堤防基桩拆除至河床线以下。

2.4.3 河势演变及极限冲刷结论

1、水文计算分析结论

（1）收集瓯江鹤城（圩仁）站 1950~2019 年 70 年洪峰系列、楠溪江 1962~2019 年 58 年洪峰资料，并调查了瓯江 1912 年、楠溪江 1920 年以来的历史洪水情况，调查期分别为 108 年、100 年。采用 P-III 型频率曲线，进行了瓯江、楠溪江洪水频率分析。并设计不同组合方案对两江洪峰流量遭遇事件进行了频率分析。结果表明，瓯江洪水流量与楠溪江遭遇流量组合大于楠溪江洪峰流量与瓯江遭遇流量组合，从冲刷安全考虑，选择两江交汇后较大流量作为冲刷条件，瓯江一百年、三百年一遇流量为 27000 m3/s、31860m3/s，楠溪江遭遇流量分别为 5100 m3/s、5740m3/s，两江汇流后流量分别为 32100m3/s、37600m3/s。

（2）收集瓯江温州站和龙湾站 1959 年~2016 年实测潮位资料，应用 P-III 型频率曲线方法进行年极值频率分析，得到不同重现期高、低潮位与潮差。结果表明，工程附近温州站一百年、三百年一遇设计潮差分别为 7.11m、7.38m，龙湾站一百年、三百年一遇设计潮差分别为 7.32m、7.41m。

（3）工程河段受径流和潮流共同作用，过江通道设计断面最大冲刷水文条件选择典型系列年加上极端水文条件，极端水文条件包括极端洪水和极端潮差。从工程安全角度考虑，采用一百年、三百年一遇洪水流量，设计洪水过程根据实测洪水过程放大。根据近些年洪水过程分析，瓯江三百年一遇洪水过程采用 2016 实测洪水过程进行同频率放大，口外边界采用代表大潮潮型。

采用一百年、三百年一遇潮差，研究极端潮流引起的最大冲刷。瓯江和楠溪江上游径流流量采用多年平均流量组合。

选择 2016 年至 2018 年流量过程作为典型系列年水文条件，包括了丰水年、中水年、枯水年，口外边界为大小潮潮型。水沙系列采用 2016-2018 年循环，并在此基础上施加一次洪水和潮差过程。

根据极端洪水和极端潮差作用下的模型计算冲刷成果，选择冲刷较大值对应的水文工况作为试验条件。

（4）瓯江及楠溪江堤防一般为百年~二十年一遇，实际上三百年一遇洪水时可能破堤，在模拟时以不破堤情况考虑，流速可能会比实际偏大一些，这对冲刷预测是偏安全的。

2、河势演变结论

（1）杨府山河段地处瓯江河口过渡段，径流与潮流的共同作用，对河床塑造都具有重要都影响，洪水径流越大，持续时间越长，落潮水流冲刷作用越强，冲刷的距离也长。“四期整治”之前，杨府山河段处于自然演变状态，河道中沙滩散乱，且常变动，使得主流在杨府山河段整个河宽范围内摆动；“四期整治”后，杨府山河段主流被灰桥丁顺坝归至南岸，河道南侧 5m 深槽逐渐冲刷扩大，至 2022 年 5m 深槽已贯通杨府山河段，深槽宽约 1300m 约占整个河宽的 70%。老虎岩丁坝的修建，阻止了梅园沙滩下移趋势的同时，促使了三江北侧滩面逐年淤高，北岸填槽围垦工程（2011~2014）之后，目前滩面高程约为 2~4m。杨府山河段呈现出“北滩南槽”的滩槽格局。

（2）杨府山河段河道容积经历三次比较大的变化过程，其一为“四期整治”工程实施后，杨府山河段河道容积急剧扩大，1979~1999 年的 20 年间 0m 高程的容积扩大 2545 万 m3，平均增大速率为 122.8 万 m3/a；其二为，受人类活动（围垦）和老虎岩丁坝的影响，1999~2011 年的 12 年间杨府山河段容积缩小 1321 万 m3，平均每年缩小 110 万 m3；其三为 2011~2014 年河道北岸堤线南移，河道束窄，河床再次冲刷扩大，平均每年增大 130 万 m3，2014~2022

年河道容积继续扩大，平均每年扩大 30 万 m3，扩大速率有所减缓，尚未稳定。由此可见，高强度人类活动干预下，其对河床演变的影响力正成为主要因素。

（3）府东路越江隧道断面，位于杨府山河段中间段。其断面形态变化呈现为北淤南冲的态势。分析自 1979 年以来 33 年的断面变化表明，该河道断面开始时，北侧深槽较宽且深，最深点达-13m，南侧深槽最深点达-12m，两侧深槽外的河道中部大部分区域较为平坦高程在 0~-3m 左右，有南北两槽，整体呈现不对称的 W 形。随着“四期整治”工程效果的体现、三江北岸标准堤的建设及部分围垦所致，北侧深槽萎缩淤长，与北侧滩地相连，形成高滩，河道中部继续冲深，目前最深点达-10.1m，南侧深槽则有先冲后略淤态势，目前南槽最深点高程仅-8.6m。

（4）受三江标准堤的建设及部分围垦，越江隧道断面中部在河道束窄，近 113 年来不断发生河床下切，采用经验河相关系，建立杨府山河段稳定优良断面的河相关系式，据此计算得越江隧道断面在非极端正常水文条件下平均还要下切 1.1m 左右才能达到相对稳定状态。

（5）江心屿河段与七都分汊段分别为杨府山河道的上游段与下游段，两河段的河势影响着杨府山河段的进、出口水流条件，这三个河段呈现出相互影响，相互制约的关系。2022 年资料分析表明，江心屿河段的南、北槽分流比较为稳定，主流长期稳定在南汊以侧，而七都河段由于受北汊上游的三江边滩淤长的因素影响，南、北汊的涨落潮分流比有所改变，七都北汊落潮分流比由 2005 年的 58.4%逐渐下降的 2022 年的 50.5%，2022 年北汊涨潮分流比仅 46.2%。该发展趋势有可能对杨府山河段的河势稳定性造成影响应，需密切关注。

3、极限冲刷深度结论

（1）温州市府东路过江通道拟采用隧道形式下穿瓯江，采用瓯江二维潮流泥沙数学模型、整体物理模型和正态物理模型试验，并结合河床演变资料，研究了过江通道断面最大冲刷深度，为工程设计埋深提供科学依据。根据设计单位要求，极端水文条件包括 100 年一遇洪水设计工况和 300 年一遇洪水校核工况。瓯江 100 年一遇、300 年一遇流量分别为 27000m3/s、31860m3/s，对应的楠溪江遭遇流量分别为 5100 m3/s、5740m3/s，两江汇流后流量分别为 32100m3/s、37600m3/s，洪水过程线采用实测洪水过程进行同频率放大，口外边界采用实测大潮潮型。

（2）建立了瓯江二维潮流泥沙数学模型，采用 100 年一遇、300 年一遇洪水及 100 年一遇、300 年一遇潮差极端水文条件进行了最大冲刷计算。同时，进行 2016~2018 年水文系列泥沙计算，研究系列水文年叠加极端水文条件后的冲刷过程。计算表明，过江通道断面最大冲刷发生在极端水文条件，并且主要是极端洪水期。因此，极端水文过程的冲刷深度基本可代表最大冲刷深度。

数学模型计算结果表明，100 年一遇、300 年一遇洪水过程作用下，隧道断面南侧部位最大冲深分别为 4.0m 和 5.1m，河道中、北侧最大冲刷 1-2.5m，最深点由现状的-10.1m（85 高程，下同）分别冲深到-12.2m 和-13.4m。最大冲刷深度与最深点并不完全一致，现状最深点位于江心，而洪水最大冲刷位于河道南侧。100 年一遇、300 年一遇潮差过程作用下冲刷相对较小些，该断面最大冲深基本在 1m 以内，说明冲刷主要以洪水作用为主。系列年计算表明，该断面平常条件下仍有有冲刷，主要与北侧的梅园浅滩增高有关。这说明，工程断面最大冲刷深度不仅要考虑洪水期的冲刷深度，还要考虑梅园浅滩增高后河床一般条件下的冲刷发展，结合河床演变分析的下切趋势给定综合最低包络线。

（3）通过整体物理模型开展了极端洪水条件下的冲刷试验。整体物理模型试验表明，在瓯江上游发生 100 年一遇、300 年一遇频率和楠溪江遭遇洪水时，江心屿河段普遍发生冲刷，灰桥丁顺坝头部及周边区域发生较大的冲刷；府东路过江通道轴线断面南侧河槽冲刷，100 年一遇、300 年一遇洪水最大冲刷深度分别为 6.3m 和 9.0m，河床最深点高程-14.1m 和-16.8m，最大冲深靠近南岸，北侧冲刷较小。

（4）府东路过江通道附近有瓯越大桥桥墩及灰桥丁顺坝，分别距离隧道轴线断面 1.8km 和 1.5km，采用正态物理模型试验研究在 100 年和 300 年一遇洪水流量下过江通道线位附近坝体和桥梁局部冲刷的影响及河床普通冲刷。试验结果表明，在瓯江 100 年一遇、300 年一遇洪水作用下，瓯越大桥主桥墩周边地形最大冲刷深度分别约为 8m 和 9m，瓯越大桥与灰桥

丁顺坝下游的局部冲刷影响范围分别约800m和850m，小于瓯越大桥与过江通道断面的距离，因此瓯越大桥桥墩与灰桥丁顺坝局部冲刷对下游过江通道断面影响较小。过江通道线位断面主要受极端洪水作用下的河床普遍冲刷。100年一遇、300年一遇洪水作用下，最大冲刷分别为4.1m和5.3m，平均冲刷深度分别约为1.2m和2.2m，最大冲刷位置位于河道南侧，北侧相对小些。

（5）根据河床演变分析、整体物理模型、正态物理模型试验成果和二维潮流泥沙数学模型计算成果，综合分析了府东路过江通道最大冲刷深度。从工程安全角度考虑，以各方法得到的最低断面底高程，结合河床演变分析的下切趋势给定综合最低包络线。

综合研究表明，100年一遇、300年一遇洪水过程作用下，河床高程现状最低点发生了改变，由断面的中心部位偏向断面南侧，分别达85高程的-15.2m和-17.9m。过江通道断面最大冲深处位于断面南侧，100年一遇、300年一遇洪水最大下切分别约7.4m和10.1m，断面平均下切深度分别为2.6m和3.5m。

表 2.4.3-1 温州府东路过江通道下穿瓯江隧道断面最大冲深

工况	断面最低高程预测（5基面）	需要密切关注的问题
100年一遇洪水	-15.2	1、梅园浅滩近些年增高，会引起河道断面下切发展，杨府山-七都北支-10m深槽有上溯、扩大的趋势，对工程断面可能产生影响。 2、工程河段梅园浅滩及杨府山边滩的增高可能是人类活动影响，需加强人类活动管控。 3、工程河段历史上滩槽演变剧烈，需加强水下地形监测，适时采取应急防护措施。
300年一遇洪水	-17.9	

（6）本研究基于100年一遇和300年一遇极端水文组合作为不利冲刷深度研究的边界条件，是尚未发生过的极端条件，建议加强洪水期间河床冲刷资料收集。100年一遇和300年一遇洪水超过目前两岸堤防安全标准，可能会发生破堤，从而降低河道内流速，研究过程中从安全角度出发，以不破堤处理。

（7）极端洪水情况下府东路隧道断面最大冲刷深槽临近南岸堤线，隧道结构不能侵入该断面综合最低包络线，否则可能引起冲刷包络线的变化，并危及堤防安全。

特别需要注意的是，近些年梅园浅滩增高，会引起河道断面下切发展，杨府山-七都北支-10m深槽有上溯、扩大的趋势，对工程断面可能产生较大影响，究其原因自然条件边滩淤高速率可能不会这么大，可能与人类活动影响关系密切。本研究基于自然条件下的冲刷，而人类活动引起的变化具有不确定性和不可预测性，可能超出本报告结论。因此，需要长时间的动态监测工程河段的水下地形尤其是深槽变化，加强人类活动管控，适时采取必要的守护措施。

综上所述，自然条件与人类活动对河流的影响深刻，气候变化是导致水文条件变化的主要因素，呈现出随机性和不确定性，河床发生冲刷的主要因素是动力条件、作用时间和河床组成。需要说明的是导致河床发生极端冲刷的水文组合较多，100年和300年一遇极端水文组合不是唯一。工程河段的历史演变表明，人类活动对工程河段已经产生了很大影响，未来人类活动和水沙变化均可能对工程河段河床或河势演变产生影响，从而超出本文研究结论。当工程河段在较强洪水作用后，由水动力产生冲刷河床地形在之后一段时间内较难恢复。因此需要在发生极端大洪水后，对工程河段的地形和隧道断面加强监测和分析，预防下一次极端洪水的进一步冲刷。隧道工程为百年大计的民生工程，在建设和运维过程中应继续收集相关水文、地形和工程的资料并跟踪研究。

2.4.4 地质灾害危险性评估结论

通过本次评估，得出以下结论：

1、本项目属于交通建设项目，征地面积约165505m2，全长3065m，涉及敞口段、暗埋段、工作井、盾构段。按《评估规范》（国家标准）分类，该项目属重要建设项目。

2、评估区瓯江北岸属地质灾害中等易发区，瓯江南岸属地质灾害不易发区。地貌类型为丘陵河冲海积平原，地形地貌条件中等；平原区出露地层为第四系冲海积，岩性以淤泥、淤

泥夹粉砂、粉砂夹淤泥，丘陵区以下白垩统小九里坪组凝灰岩，地层岩性和岩土工程地质性质复杂；地质构造中等；含空隙潜水含水层和承压水含水层，水文地质条件中等；区内人类工程活动以城市开发、局部切坡建房为主，人类工程活动对地质环境条件的影响中等。

3、按《评估规范》（国家标准）“地质灾害危险性评估分级表”，判定本次评估为一级评估。

4、现状评估表明：评估内主要地质灾害类型为崩塌、河道岸坡失稳，地质灾害危险性小。

5、预测评估表明：拟建工程敞口段、暗埋段、工作井基坑开挖深度大于 4m 的区域，引发或加剧基坑滑坡地质灾害的可能大，地质灾害危险性大，敞口段小于 4m 区域，引发或加剧基坑滑坡地质灾害的可能中等，地质灾害危险性中等；拟建工程盾构段引发地质灾害的可能性大，地质灾害危险性大；拟建工程引发崩塌地质灾害的可能性中等，地质灾害危险性中等；拟建工程工作井围堰地基失稳可能性中等，地质灾害危险性中等；其他地段引发地质灾害的可能性小，地质灾害危险性小。

6、综合评估表明：温州市府东路过江通道工程，拟建工程暗埋段、敞口段（大于 4m）、工作井、盾构段挖方工程引发地质灾害可能性大，地质灾害危险性大，其影响面积约 194776m2（约占建设场地面积的 91.75%），作为工程的建设场地适宜性差；拟建工程的敞口段（小于 4m）挖方工程、工作井填方工程引发地质灾害的可能性中等，地质灾害危险性中等，其影响 10889.83m2（约占建设场地面积的 5.12%），作为工程的建设场地基本适宜；其余地段因工程建设引发、加剧或遭受地质灾害的可能性小，其地质灾害危险性小，作为建设场地适宜。

2.4.5 建设用地项目矿产资源分布情况调查报告结论

1、建设项目用地范围及其影响范围内无探矿权、采矿权设置，无勘查规划区块、开采规划区块、集中开采区、重点开采区设置。

2、建设项目用地范围及其影响范围内无压覆经地质勘查探明储量或估算（预测）资源量的矿产资源。工程建设及项目建成后不会构成对重要矿产资源的压覆。

3、建设项目用地范围及其影响范围内无其他国家出资形成的探矿权或其它类型的探矿权设置，无可供进一步勘查的矿产异常区。

4、综上所述，就建设项目对矿产资源的压覆和开发利用的影响而言，温州市府东路过江通道工程项目建设用地选取是适宜的。

2.4.6 项目水土保持评价结论

（1）主体工程选址（线）水土保持评价

本工程不属于《促进产业结构调整暂行规定》、国家发展和改革委员会发布的《产业结构调整指导目录（2019 年本）》中限制类及淘汰类产业；工程所在区域不属于泥石流易发区，崩塌滑坡危险区等地质灾害易发区以及易引起严重水土流失和生态恶化地区；工程挖方优先自身回填利用，余方均运至消纳场地，不设弃渣场；本工程建设按照“《关于水土保持补偿费收费标准的通知》（浙江省物价局、财政厅、水利厅浙价费〔2014〕224”号文和《关于明确水土保持补偿费和水资源费收费标准的通知》（浙发改价格函〔2022〕83 号）文有关要求计征水土保持补偿费。

本工程选址（线）避让了水土流失重点防治区及河流、湖泊和水库等重点水域的植物保护带及全国水土保持监测网络中的水土保持监测站点、重点试验区及国家确定的水土保持长期定位观测站。

本工程选址（线）不涉及江河、湖泊水功能一级区的保护区以及水功能二级区的饮用水源区；不涉及浙江省生态保护红线、生态公益林、自然保护区、世界文化和自然遗产地、风景名胜区、地质公园、国家公园、森林公园以及重要的湿地、文物保护单位等敏感区。

本工程建设对饮水安全、防洪安全、水资源安全等无影响。

综上所述，主体工程选址（线）不存在水土保持制约性因素。

（2）建设方案与布局水土保持评价

根据工程竖向设计，道路中心线上道路及山体部分均无填高大于 20m、挖深大于 30m 的高填深挖路段。

本工程建设范围不涉及各级人民政府划定的水土流失重点防治区及生态保护红线、永久

基本农田、生态公益林、文物保护单位等其他水土保持敏感区。

主体设计结合现状道路标高、G104 国道交叉口标高、江滨东路连线、聚园路交叉口标高确定本工程路基标高，在确保本道路与沿线相交道路良好衔接前提下，已尽可能优化了道路标高，减少了路基土石方挖填方量，符合水土保持要求。

综上分析，工程建设方案不涉及水土保持敏感区域及其他限制因素，符合水土保持要求。

2.4.7 建设项目环境影响报告结论

本项目为温州市府东路过江通道工程，项目建设符合浙江省建设项目环保审批原则，符合建设项目环评审批要求，符合建设项目其他部门审批要求，符合“三线一单”的相关要求。项目的建设有利于区域经济发展。只要建设单位在该项目的建设过程中认真落实环保“三同时”制度，做到合理布局，同时做到建设项目环境影响评价中提出的各项污染防治措施与建议，确保污染物达标排放。从环保的角度出发，本项目的建设是可行的。

2.4.8 交通影响评价报告结论

本项目为温州市府东路过江通道工程，项目建设符合浙江省建设项目环保审批原则，符合建设项目环评审批要求，符合建设项目其他部门审批要求，符合“三线一单”的相关要求。项目的建设有利于区域经济发展。只要建设单位在该项目的建设过程中认真落实环保“三同时”制度，做到合理布局，同时做到建设项目环境影响评价中提出的各项污染防治措施与建议，确保污染物达标排放。从环保的角度出发，本项目的建设是可行的。

通过综合分析，研究认为府东路过江通道的建设，有效分流了现有过江通道的交通压力。在道路交通出行总量不断增加的情况下，道路系统的运营速度、效率和可靠性都能得以保证。规划远期路网平均饱和度维持在较好的范围内，若干瓶颈路段（如过江段和片区间联系道路）的拥挤程度得以缓解。

（1）过江通道服务水平评价

本次交通量预测按照单向三车道、实际通行能力 3560（pcu/h）进行预测分析，计算分析方案各段交通流量饱和度，结果显示各段车道数满足预测交通流量，方案承载能力匹配度较好。

（2）主要节点服务水平评价

研究重点对黎明路-府东路交叉口、梅园路-104 国道以及 104 国道-美人岗隧道三个交叉口的服务水平进行预测。黎明路-府东路交叉口的服务水平分别为 B 级、C 级、D 级；府东路-104 国道交叉口的服务水平分别为 C 级、C 级、D 级；104 国道美人岗隧道交叉口的服务水平分别为 C 级、D 级、D 级；三个预测年限各交叉口处于相对合理状态。

（3）区域路网服务水平评价

区域内大部分道路运行状况较好，处于 C 级及以下；部分通道如 104 国道及瓯越大桥等交通压力相对较大，处于 E 级，接近饱和。

（4）过江通道建设前后交通影响评价

府东路过江通道有效分流了其他过江通道的交通量，缓解交通压力。府东路过江通道建成后，府东路（江滨路-黎明路段）、府东路（黎明路-学院路段）以及黎明东路、学院东路等路段交通流量均有一定幅度的增加，从服务水平预测上来看，带来交通影响可接受。

（5）江滨路匝道有无交通影响评价

受到沿江快速路及轨道交通 M2 线的影响，工程方案对江滨路匝道进行了预留。本次研究分别对近期 2025 年以及远期 2035 年江滨路匝道进行了有无方案分析：

近期 2025 年，基础方案为无江滨路匝道，如果建设江滨路匝道，府东路过江通道的交通流量有所增加，一方面进出府东路过江通道更为便捷，三条既有过江通道（瓯越大桥、七都大桥、东瓯大桥）均有不同程度的流量下降，说明进一步分流了既有过江通道的交通压力；另一方面，府东路（江滨路以南段）流量减少，分散了进出过江通道主线的交通压力。

远期 2035 年，基础方案为有江滨路匝道，如果江滨路匝道无法建设，则一方面府东路过江通道段交通流量明显减少，相应的东瓯大桥、瓯越大桥及七都大桥三条过江通道的交通流量有比较显著的增加，说明府东路过江通道的分流作为未能体现；另一方面，府东路过江通道主线入口路段的交通流量增加，一定程度上加剧了路段的交通压力，但仍然处在可接受的

水平上。

（6）工程方案及交通组织方案交通影响评价

基于对预可方案阶段的工程方案及交通组织方案来看，现阶段道路平面、横断面、纵断面及关键节点的交通详细设计方案较为合理，但仍需要在下一阶段（工可及初步设计阶段）进一步深化工程方案及交通组织方案。

府东路过江隧道交通需求预测结果表明，主线双向六车道以及各匝道的设计通行能力满足预测交通流量，饱和度适中。

方案横断面车行道宽度 3.5m，净高采取 4.5m，符合规范要求。能够适应小汽车、小型货车、公交车以及应急车辆的通行需求。

方案对 104 国道、梅园路、府东路（江滨路-聚园路段）进行了拓宽。道路红线拓宽后道路空间充足，能够满足道路建设提升及交通渠化需求。

重点对工程起点（104 国道西侧主线出口）、梅园路-104 国道交叉口、江滨路交叉口、工程终点（府东路-聚园路交叉口）等关键节点的交通详细设计方案进行评价。各节点交通组织基本合理，需进一步协调车道变化路段的设计方案（如 104 国道由 3 车道过渡至地下 3 车道+地面 3 车道）、深化交叉口车道划分方案（如梅园路-104 国道交叉口西进口）、增加渐变段的距离（如府东路-聚园路交叉口处）以及细化慢行交通组织（104 国道梅园路东侧、104 国道梅园路西侧以及府东路聚园路口三处人行过街横道受方案影响取消）。

2.4.9 航道通航条件影响评价报告结论

1、河床演变

在平常水文条件及大洪水作用下，工程河段有可能出现以下几种演变趋势：

（1）杨府山河段北侧的梅园浅滩淤高及堤线南移造成的影响还在发展，河道中南侧河床总体仍将继续冲刷下切，因此，研究该河段最大冲刷时，不仅要考虑极端水文条件下的冲刷，还要考虑北侧岸线变化引起的河床冲刷下切。

（2）杨府山河段在不采取工程措施的工况下，杨府山河段在大洪水年份有所冲刷下切，过水断面加深、拓宽，过水面积有所增大，河床质粗化，随之床沙起动流速增加，河床不再继续冲刷，从而过水流速不再继续增大，过水流速与南汊床沙的抗冲流速达到相对平衡状态。

（3）大洪水发生时水流流速快，动量大，因此流路宜趋直，受灰桥丁顺坝的约束作用和瓯越大桥主通航孔布置在偏南侧，洪水主流在杨府山河段贴岸现象明显，对南侧深槽的冲刷作用强劲。

根据河床演变分析、整体物理模型、正态物理模型试验和二维潮流泥沙数学模型计算成果，综合分析了温州府东路过江通道下穿瓯江隧道断面最大冲刷深度最低包络线。

2、工程选址

（1）本工程《工可报告》对工程过瓯江段建设方案进行了桥隧比较，两种方案造价相当，盾构隧道方案较桥梁方案具备技术成熟、审批难度小、对防洪及周边环境影响小等优点，故推荐采用隧道方案。从通航角度，隧道方案不占用通航水域，不影响通航环境，对船舶正常通航基本无影响，在埋深满足规范及船舶锚击深度要求的前提下，赞同采用隧道方案。

（2）拟建隧道穿越航道段均未涉及港口、桥梁等相关设施的规划，隧道建设与岸线利用不相冲突。并采取合理配布导助航设施等安全保障措施前提下，拟建隧道方案选址可行。

（3）拟建穿隧道距上下游桥梁、码头较远，不会产生相互影响；拟建隧道距上下游航道整治工程距离较大，在数模、物模的模拟下，不会产生相互影响；拟建隧道北岸穿越规划梅园锚地，在更改梅园锚地规划后，拟建隧道选址是可行的

3、代表船型、设计通航水位、通航尺度

（1）代表船型、船队

表 2.4.9-1 代表船型尺度表

船舶吨级	船型尺度（总长× 型宽× 设计吃水）（m）	形式	备注
1000 吨杂货船	85×12.3×4.3	单船	海运船只
旅游船型	20.0×5.0×0.6		
5000 吨客船	129×18.0×5.3		载客数（人）701~970

浙海巡 0616	31.0×6.8×1.3		

（2）设计通航水位

推荐隧址处设计最高、最低通航水位见下表。

表 2.4.9-2 推荐隧址处设计最高、最低通航水位

设计通航水位	水位（m）	设计标准
设计最高通航水位	4.95	最高通航水位采用年最高潮位频率分析 5%（20 年一遇）的水位
设计最低通航水位	\	船只乘潮通过

（3）航道尺度

拟建隧道对航道变化无影响。

表 2.4.9-3 拟建隧道通航航道尺度表

航道宽度	航道深度	设计通航船舶吨数	是否满足规范要求
≥180m	-3m	5000t（乘潮）	满足

4、工程布置方案评价结论

拟建隧道穿越各航道段在航道范围内埋深均满足规范要求及船舶锚击深度要求，同时，隧道在岸坡下方的埋深均较大，隧道穿越各航道段在整个河道范围内埋深均满足要求。此外，隧道两侧出入土点均距航道较远，工程建设与航道护岸不会产生相互影响。

5、航道条件影响评价结论

拟建隧道工程附近航道水流条件相对较好，隧道建设对水流的影响有限；工程所在河段多年主槽、边滩处于稳定状态，对河床冲淤影响较小；对现状助航标志的配布无影响，营运期间需新增禁止停泊标志等；隧道工程不影响现状及规划航道布置。

6、通航安全影响评价结论

拟建桥梁桥墩布置在通航水域以外，通航孔覆盖了现状船舶习惯航路和规划Ⅲ级航道通航水域，通航净空尺度满足内河天然河流Ⅲ级航道、通航 1000 吨级船舶的要求，桥梁建设后不影响桥区水域船舶航行习惯和通航秩序，不影响规划航道交通流组织和通过能力。

7、应急抛锚影响及防护要求

本工程隧道埋置深度大于计算设计船型抛锚入土深度，即使在船舶遇到紧急情况在隧道处抛锚时，隧道也不会因此破坏，为进一步保障船舶通航安全及隧道运营安全，隧道建成后，需在隧道上下游合适位置设置警示标志，标志标牌的设置与隧道施工同步实施、同步投入使用。

8、航道与通航安全保障措施

（1）施工期，应申请发布航道通告；做好安全保障应急预案；及时配布临时助航标志。

（2）营运期，配布桥涵标牌、桥涵灯、甲类警示标志、桥柱灯等导助航标志。

（3）施工过程中，需制定洪水等恶劣天气的应急预案，以进一步减少现状河道和河床的破坏影响，施工完成后及时回填恢复，严格做好航道底标高的过程控制，回填完成后应及时进行断面复测工作，并将相关断面复测和各控制点坐标等资料纳入竣工资料，并提交给管理部门备案。

2.4.10 人防专项可研方案主要结论

1、府东路过江通道的设防标准：防常规武器抗力级别为 6 级、防核武器抗力级别为 6 级。

2、本项目过江通道作为战时人防疏散的主干道。

3、《人民防空工程战术技术要求》第十六条规定，坑、地道工程可不划分防护单元和防爆单元，依据上述规定，本项目过江通道工程不划分防护单元和防爆单元。

4、考虑过江通道隧道洞口较大，封堵板封堵特别困难，不利于工程实施，结合我院水下隧道设计、咨询经验，车行道及疏散通道洞口按门式封堵设计。

5、从节省工程造价和尽可能减少平时维护管理费用的角度考虑，参考地铁区间下穿江河设置防淹防护密闭隔断门，及国内多个已实施过江通道工程实际情况，防护密闭门均和防淹门共同考虑，结合设置；利用防护密闭门兼顾防淹门是经济、实用的。

6、本次设计分别在瓯江南岸、瓯江北岸盾构井衔接明挖段处，左右线通道各设置一道降落式双扇防淹防护密闭门（即防护密闭门兼顾防淹门）共四道防护密闭门，门洞尺寸均为12850x5100；在南岸盾构井处结合地下设备用房及疏散楼梯设置一个战时人员出入口，一个战时封堵出入口，共设两道单扇防护密闭门，一道密闭门，门洞尺寸均为 1500x2000，设人防控制室。

3 设计原则和技术标准

3.1 设计原则

（1）符合温州市城市总体规划、干线路网规划、控制性规划，满足有关法律、法规的规定，满足工程建设强制性标准、规范的规定和要求；

（2）处理好与沿线控制性建（构）筑的关系、建设时序，尽量减少对周边地块的影响；

（3）以交通量预测为依据，充分考虑现状条件，符合规划要求，并兼顾远期交通量增长需求，做到功能适用、技术可行、经济合理；

（4）处理好与各横向道路的关系，衔接周边地块，为沿线区域经济建设服务，促进区域经济发展；

（5）处理好与沿线地块的关系，在既不限制其发展又方便其使用的前提下，使沿线居民出行方便快捷；

（6）纵断面线形力求与平面线形相协调，注重平纵组合，在满足规范要求的前提下，尽可能优化线路平纵线型；

（7）在满足“安全、适用、耐久、经济、美观”的前提下，充分考虑施工条件、施工工期及工程造价；

（8）积极协调与其它工程建设的关系，使地下管网、防洪河道、相交道路等总体系统协调，形成完整的综合体系；

（9）重视生态建设和环境保护工作，对道路沿线区域内自然地貌、河涌等生态环境进行有效保护，重视水土保持和生态景观设计，防止污染水源和水土流失，使隧道洞门、风亭、管理用房等附属结构设计与周围环境景观和谐统一，融入瓯江两岸景观；

（10）注重设计与施工的协调性，做好施工期间的交通疏解方案及安全措施，减少项目建设期间对沿线区域居民出行及生活的影响，减少对社会的负面影响；

（11）积极采用新技术、新结构、新材料、新工艺，提高项目的科技含量，充分发挥项目的经济效益。

（12）设计符合国家环保政策、法规，注重环境保护和资源节约，在满足安全、经济、可靠的原则下，体现节能环保，宜选用高能效、低能耗的设备系统，对通风、照明等能耗较大的设备采取全面的节能设计。

3.2 采用的主要设计规范和标准

1.道路工程

《城市道路工程设计规范》（2016 年版）（CJJ 37-2012）；

《城市道路交通工程项目规范》（GB55011-2021）；

《城市地下道路工程设计规范》（CJJ 221-2015）；

《城市道路隧道设计标准》（DB33/T1256-2021）(浙江省地标）；

《城市道路路线设计规范》（CJJ 193-2012）；

《城市道路交叉口设计规程》（CJJ152-2010）；

《城市快速路设计规程》（CJJ 129-2009）；

《城镇道路路面设计规范》（CJJ 169-2012）；

《城市道路路基设计规范》（CJJ 194-2013）；

《城市综合交通体系规划标准》（GB／T 51328-2018）；

《道路交通标志和标线》（GB5768-2009）；

《城市道路交通标志和标线设置规范》（GB51038-2015）；

《无障碍设计规范》（GB 50763-2012）；

《市政公用工程设计文件编制深度规定（2013 版）》。

2.隧道工程

《建筑基坑支护技术规程》（JGJ 120-2012）；

《建筑基坑工程监测技术标准》（GB 50497-2019）；

《建筑变形测量规范》（JGJ/8-2016）；

《建筑基坑工程技术规程》（DB33/T1096-2014）（浙江省规范）；

《型钢水泥土搅拌墙技术规程》（JGJ/T 199-2010）；

《建筑地基处理技术规范》（JGJ79-2012）；

《建筑地基基础设计规范》（GB 5007-2011）；

《复合地基技术规范》（GB/T 50783-2012）；

《建筑桩基技术规范》（JGJ94-2008）；

《建筑基桩检测技术规范》（JGJ 106-2014）；

《公路隧道设计规范第一册土建工程》（JTG-3370.1-2018）；

《混凝土结构设计规范》（GB 50100-2010）(2015 年版)；

《钢结构设计标准》（GB 50017-2017）；

《建筑结构荷载规范》（GB 50009-2012）；

《建筑结构可靠性设计统一标准》（GB 50068-2018）；

《建筑工程抗浮技术标准》（JGJ 476-2019）；

《地下工程防水设计规范》（GB50108-2008）；

《地下防水工程质量验收规范》（GB 50208-2011）；

《混凝土结构耐久性设计标准》（GB/T50476-2019）；

《混凝土结构工程施工质量验收规范》（GB 50204-2015）；

《地下结构抗震设计标准》（GB/T 51336-2018）；

《公路隧道抗震设计规范》（JTG 2232-2019）；

《建筑抗震设计规范》（GB 50011-2010）；

《沉管法隧道设计标准》（GB／T 51318-2019）；

《盾构法隧道施工及验收规范》（GB 50446-2017）；

《盾构隧道工程设计标准》（GB/T 51438-2021）；

《预制混凝土衬砌管片》（GB/T 22082-2017）；

《钢筋机械连接技术规程》（JGJ 107-2016）；

《钢筋焊接及验收规程》（JGJ18-2012）；

国家、浙江省和温州市的其他现行相关规范、规程等。

3.给排水工程

《泵站设计规范》（GB 50265--2010）；

《城市工程管线综合规划规范》（GB50289-2016）；

《给水排水工程构筑物结构设计规范》（GB50069-2002）；

《给水排水工程管道结构设计规范》（GB50332-2002）；

《建筑给水排水设计标准》（GB 50015--2019）；

《室外给水设计标准》（GB50013-2018）；

《室外排水设计规范》（GB50014-2006(2016 年版)）；

《消防给水及消火栓系统技术规范》（GB 50974--2014）；

《建筑设计防火规范》(GB50016-2014)2018 年版；

《泡沫灭火系统设计规范》GB50151-2010；

《公路隧道设计规范　第二册交通工程与附属设施》(JTG D70-2—2014)；

《污水排入城镇下水道水质标准》(GB/T 31962-2015)；

《气体灭火系统设计规范》（GB50370-2005；

《气体灭火系统施工及验收规范》（GB50263－2007）；

《建筑灭火器配置设计规范》（GB 50140-2005）；

《建筑给水排水制图标准》(GB/T 50106-2010)；

《建筑机电工程抗震设计规范》GB 50981-2014；

《给排水管道工程施工及验收规范》(GB50268-2008)；

《建筑给水排水及采暖工程施工质量验收规范》（GB 50242-2002）。

4.供电照明工程

《20KV 及以下变电所设计规范》（GB 50053-2013）；

《供配电系统设计规范》（GB 50052-2009）；

《民用建筑电气设计标准》（GB 51348-2019）；

《低压配电设计规范》（GB 50054-2011）；

《建筑设计防火规范》（GB 50016-2014(2018 年版)；

《通用用电设备配电设计规范》（GB 50055-2011）

《LED 城市道路照明应用技术要求》（GB/T 31832-2015）；

《公路隧道照明设计细则》（JTG/T D70/2-01-2014）；

《公路隧道设计规范 第二册 交通工程与附属设施》（JTG/T D70/2-2014）；

《城市道路照明设计标准》（CJJ 45-2015）；

《城市道路交通设施设计规范》（GB 50688-2011）；

《建筑物防雷设计规范》（GB 50057-2010）；

《电力工程电缆设计标准》（GB 50217-2018 ）；

《交流电气装置的接地设计规范》（GB/T 50065-2011）；

《消防应急照明和疏散指示系统技术标准》 （GB 51309-2018）；

《建筑机电工程抗震设计规范》（GB 50981-2014）。

5.通风工程

《公路隧道通风设计细则》（JTG/T D70/2-02-2014）；

《城市地下道路工程设计规范》（CJJ 221-2015）；

《环境空气质量标准》GB 3095-2012；

《声环境质量标准》（GB 3096-2008）；

《建筑设计防火规范》（GB50016-2014）（2018 版）；

《民用建筑供暖通风与空气调节设计规范》（GB 50736-2012）；

《公共建筑节能设计标准》（GB50189－2015）。

3.3 主要设计技术指标

包括道路等级、设计车速、道路线形标准、隧道净高及建筑限界、设计荷载、抗震设防标准、人防设防标准、通风、消防、照明与供配电等。

3.3.1 道路工程

（1）道路等级

主线：城市主干路。

（2）设计速度

主线：60km/h，匝道：30-40km/h。

（3）横断面

主线车道宽度 3.5m

（4）道路设计标准轴载：BZZ-100。

（5）沥青路面设计使用年限：15 年，交通量达到饱和状态的道路设计年限：20 年。

（6）主线最小净高：机动车道≥4.5m；地面道路最小净高：机动车道≥4.5m，非机动车道≥2.5m。

（7）纵坡要求

主线纵坡一般情况不大于 5.0%，地形受限情况下不大于 6.0%，匝道纵坡不大于 7.0%。

（8）路面横坡：车行道横坡 1.0%-1.5%。

（9）服务对象

本隧道工程服务车辆有小汽车、公交车（根据温州本地相关规定可通行座位式公交）、小型货车、客运巴士等车辆，但行人和下列车辆禁止进入隧道：

1）自行车、电动助力车、三轮车、畜力车、残疾人机动轮椅车等非机动车；

2）摩托车、拖拉机、大型货车、轮式和履带式专用机械；

3）超过隧道限载、限高、限长、限宽标准的车辆；

4）运载爆炸物品、易燃易爆化学物品及剧毒、放射性等危险物品的车辆；

5）其他影响或者危及隧道安全通行的车辆。

3.3.2 隧道工程

（1）建筑限界

主线单向三车道隧道建筑限界：净宽 12m=安全带 0.25m（左侧）+路缘带 0.5m+机动车道 10.5m（3.5×3）+路缘带 0.5m+安全带 0.25m（右侧），净高 4.5m。

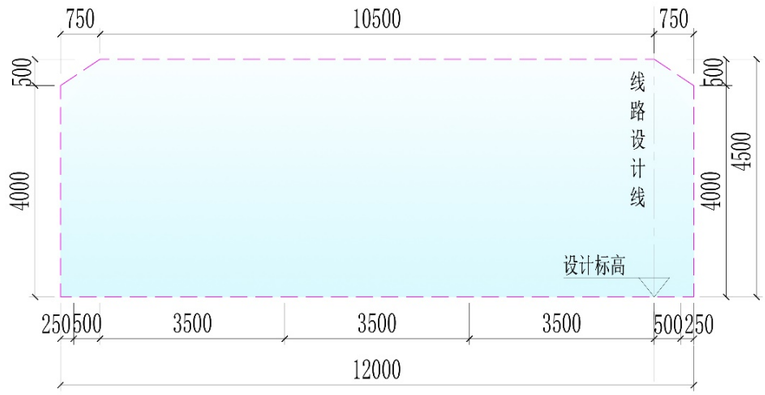


图 3.3.2-1 主线单向三车道隧道建筑限界图

主线单向两车道隧道建筑限界：净宽 8.5m= 安全带 0.25m（左侧）+路缘带 0.5m+机动车道 7m（3.5×2）+路缘带 0.5m+安全带 0.25m（右侧），净高 4.5m。

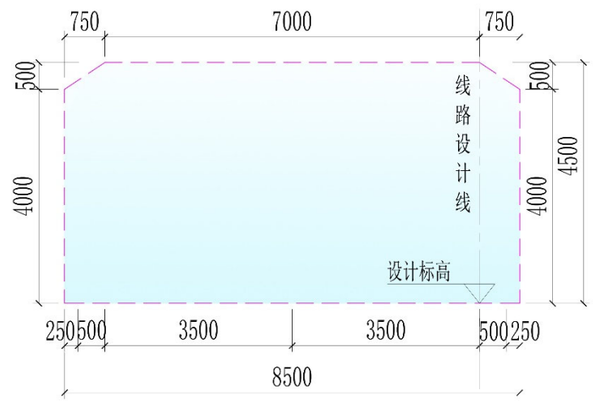


图 3.3.2-2 主线单向两车道隧道建筑限界图

单车道匝道隧道建筑限界：净宽 7.0m=安全带 0.25m（左侧）+路缘带 0.25m+机动车道 3.5m+紧急停车带 2.5m +安全带 0.25m（右侧）+路缘带 0.25m，净高 4.5m。

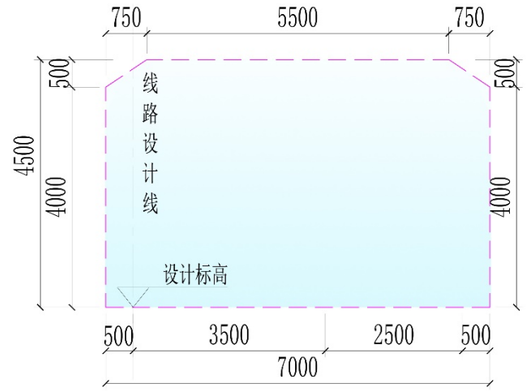


图 3.3.2-3 单车道匝道隧道建筑限界图

（2）隧道主体结构设计使用年限为 100 年，安全等级为一级；可更换的次要构件设计使用年限为 50 年，安全等级为二级。

（3）隧道抗浮安全系数符合下表要求。

①明挖段抗浮安全系数：

明挖隧道抗浮安全系数表

序号	隧道类型	抗浮安全系数γs	
		施工阶段	使用阶段
1	明挖隧道	1.进行降、排水时，不考虑抗浮； 2.未考虑降、排水措施，考虑侧墙土体摩阻力时取 1.05	1.不考虑侧墙土体摩阻力时取 1.05； 2.考虑侧墙土体摩阻力时取 1.10

②盾构段抗浮安全系数：

盾构段隧道抗浮安全系数表

序号	隧道类型	抗浮安全系数γs	
		施工阶段	使用阶段
1	盾构隧道	1.1	1.2

（4）结构耐久性的设计环境类别及保护层厚度参照《公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥涵设计规范》（JTG D62-2004）相关标准执行，本项目大气环境类别为Ⅱ类，水中及浪溅区环境类别为Ⅲ类。瓯江水中下部结构按Ⅲ类环境设计，其余部分结构按Ⅱ类环境设计。

（5）设计基本地震加速度值 0.05g，抗震设防烈度为 6 度，建筑抗震设防类别为乙类。

（6）结构防水等级为二级，对机电设备层等有较高防水要求处为一级。

（7）人防：按核 6 级常 6 级兼顾设防。

（8）工程防洪按 100 年一遇洪水位及历史最高潮水位进行设计。

（9）汽车荷载等级：城-A 级

3.3.3 通风工程

CO 允许浓度：正常行车 δ_{co} =100ppm；

阻滞行车 δ_{co} =150ppm(阻滞时间不超过 20min) ；

VI 允许浓度：正常行车 K=0.0070m^{-1}；

阻滞行车 K=0.012m^{-1} (阻滞时间不超过 20min)。

3.3.4 给排水工程

（1）本工程隧道属于二类城市道路长隧道，主体隧道消防系统设计标准如下：

1）同一时间全线发生火灾次数按一次计；

2）隧道内消火栓用水量为 20L/s，消防最不利点的充实水柱按≥10m 计，火灾延续时间为 3h；

3）隧道室外消防用水量为 30L/s，火灾延续时间为 3h；

4)每孔隧道每隔 45-50m 设置一组泡沫消火栓箱，泡沫消火栓选用环保型水成膜泡沫液，泡沫液浓度为 3%，喷射距离大于 6m，泡沫混合液喷射时间不应小于 20min；

5）每条（孔）隧道双侧交错设置灭火器箱，单侧间距均不应大于 100m；

6）器箱内设置 2 具 5Kg 装磷酸铵盐灭火器、2 具 9L 装水成膜泡沫灭火器；

（2）隧道给排水系统设计标准与参数

1）隧道敞开部分雨水按暴雨重现期 50 年设计，地面集流时间按坡面流计算确定，径流系数 0.9，按照温州地区暴雨强度公式计算雨水量。暴雨强度公式:q=781.307×(1+0.867LgP)/(T+5.029)^0.429；

2）雨水泵房的配泵流量按 1.2 倍设计雨水量考虑，并设置备用泵；

3）排水管道粗糙系数为：球墨铸铁管：n=0.013；镀锌钢管：n=0.012；UPVC 加筋管或衬塑、涂塑钢管：n=0.010；

4）结构渗水量按 0.10L/d·m^2 计；

5）冲洗水量按 8.0m^3/d 计（消防时不考虑冲洗水量）；

6）消防废水量与消防水量相等。

3.3.5 供电照明工程

道路照明设计标准应充分考虑到不同路段的均匀度，按《城市道路照明设计标准》，照明设计标准如下：

表 3.3.5-1 路照明设计标准取值表

道路类型	平均亮度 cd/m^2	平均照度 lx	总均匀度 Uo	纵向均匀度 UL	眩光限制阈值增量 TI(%) 最大初始值	环境比 SR 最小值	照明功率密值 LPDW/m^2
城市主干路	2.0	30	0.4	0.7	10	0.5	≤1.00（≥6 车道）

4 工程总体设计

4.1 总体设计原则

（1）符合温州市城市总体规划、干线路网规划、控制性规划，满足有关法律、法规的规定，满足工程建设强制性标准、规范的规定和要求；

（2）处理好与沿线控制性建（构）筑的关系、建设时序，尽量减少对周边地块的影响；

（3）以交通量预测为依据，充分考虑现状条件，符合规划要求，并兼顾远期交通量增长需求，做到功能适用、技术可行、经济合理；

（4）处理好与各横向道路的关系，衔接周边地块，为沿线区域经济建设服务，促进区域经济发展；

（5）处理好与沿线地块的关系，在既不限制其发展又方便其使用的前提下，使沿线居民出行方便快捷；

（6）纵断面线形力求与平面线形相协调，注重平纵组合，在满足规范要求的前提下，尽可能优化线路平纵线型；

（7）在满足“安全、适用、耐久、经济、美观”的前提下，充分考虑施工条件、施工工期及工程造价；

（8）积极协调与其它工程建设的关系，使地下管网、防洪河道、相交道路等总体系统协调，形成完整的综合体系；

（9）重视生态建设和环境保护工作，对道路沿线区域内自然地貌、河涌等生态环境进行有效保护，重视水土保持和生态景观设计，防止污染水源和水土流失，使隧道洞门、风亭、管理用房等附属结构设计与周围环境景观和谐统一，融入瓯江两岸景观；

（10）注重设计与施工的协调性，做好施工期间的交通疏解方案及安全措施，减少项目建设期间对沿线区域居民出行及生活的影响，减少对社会的负面影响；

（11）积极采用新技术、新结构、新材料、新工艺，提高项目的科技含量，充分发挥项目的经济效益；

（12）设计符合国家环保政策、法规，注重环境保护和资源节约，在满足安全、经济、可靠的原则下，体现节能环保，宜选用高能效、低能耗的设备系统，对通风、照明等能耗较大的设备采取全面的节能设计。

4.2 线位方案比选

4.2.1 过江通道线位论述

过江通道线位方案的选择关系到工程本身的技术可行性、经济效益及社会效益的发挥等重大问题。为此有必要对线位方案进行充分的论证比较，路线线位的布设需综合考虑城市建设现状、规划布局、土地开发利用等各方面的因素。

4.2.2 线位比选原则

本次初步设计阶段综合考虑了以下线位比选原则：

（1）府东路过江通道是温州市对瓯江两岸城市空间发展部署规划的重要节点工程，线位选择必须从交通功能定位出发，结合瓯江两岸现状及规划路网，兼顾服务两岸过江交通，减少对内部路网的分隔及冲击，尽量通过外围高等级路网进行集散，与规划路网合理衔接，减少对已建工程影响，降低工程难度。

（2）工程线位必须与《温州市城市总体规划》、《温州市轨道交通线网规划》、《城市道路系统规划》相协调，满足瓯江南岸鹿城区和北岸永嘉片区的现状及未来规划城市格局交通出行需求，并与城市及各区域发展总体规划相协调，有利于城市和分区总体规划及功能的实施和实现，促进温州市整体的社会、经济和旅游发展。

（3）所选线位应与温州北站连接便捷，形成市区与温州北站的快速通道；

（4）所选线位应与瓯越大桥保持合理间距，同时避开规划 S3 北延线过江线位；

（5）项目起点顺接瓯江北岸三江片区 104 国道，104 国道南侧为瓯江印象高档住宅小区，线位方案尽可能避让住宅规划范围并预留足够空间。

（6）项目终点位于瓯江南岸鹿城区府东路，府东路东侧为时代·江滨上品高档住宅小区。线位选择应充分考虑沿线建设情况，预留足够的空间，避免对时代·江滨上品建筑物桩基产生不利影响。

（7）根据现状及规划的道路情况，合理设置互通立交，在便于快速集散城市现状和规划路网交通、充分发挥城市主干路的功能和社会经济效益的前提下，力争投资最省、效益最好。

（8）充分考虑南岸鹿城区和北岸永嘉县交通流量流向的发展特点，合理选择过江通道线位，满足区域过江交通量迅速增长的需求。

（9）线位选择时，尽量利用府东路西侧现状的绿化空地，尽可能避让高压线网和其它电力、电讯、电缆、光缆、雨污水管等城市基础设施。

（10）隧道两岸需穿越瓯江大堤，线位选择时应考虑尽量减少对两岸大堤的影响范围。

（11）南岸江滨东路为规划地铁 M2 线及沿江快速路的共用廊道，过江通道在府东路与江滨东路节点位置应为二者预留实施条件。

4.2.3 线位方案概述

本项目隧道平面线型主要控制点为北岸 104 国道、梅园路及瓯江印象住宅小区，南岸瓯江路上陡门浦河桥、江滨东路、时代滨江上品住宅小区等：隧道纵断面线型主要控制点为北岸 104 国道、环江大道及北岸大堤，南岸为瓯江路、江滨东路及其下方市政管线、规划 M2 地铁线及规划沿江快速路等。

南岸路由选择：根据比选原则南岸共有三条接线道路分别为惠民路、府东路及汤家桥路，惠民路为规划 S3 北延线路由，不具备接线条件；汤家桥路止于江滨东路，江滨东路以北为在建地块，不具备接线条件，因此南岸接线只能选择府东路，具有唯一性。

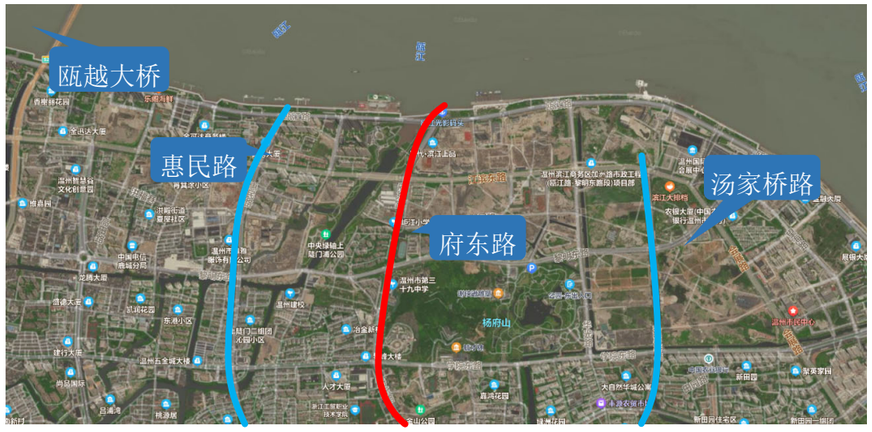


图 4.2.3-1 南岸现状路网

北岸路由选择：现状中心大道线位、梅园路线位以及规划新园路均具备接线条件。



图 4.2.3-2 北岸现状路网

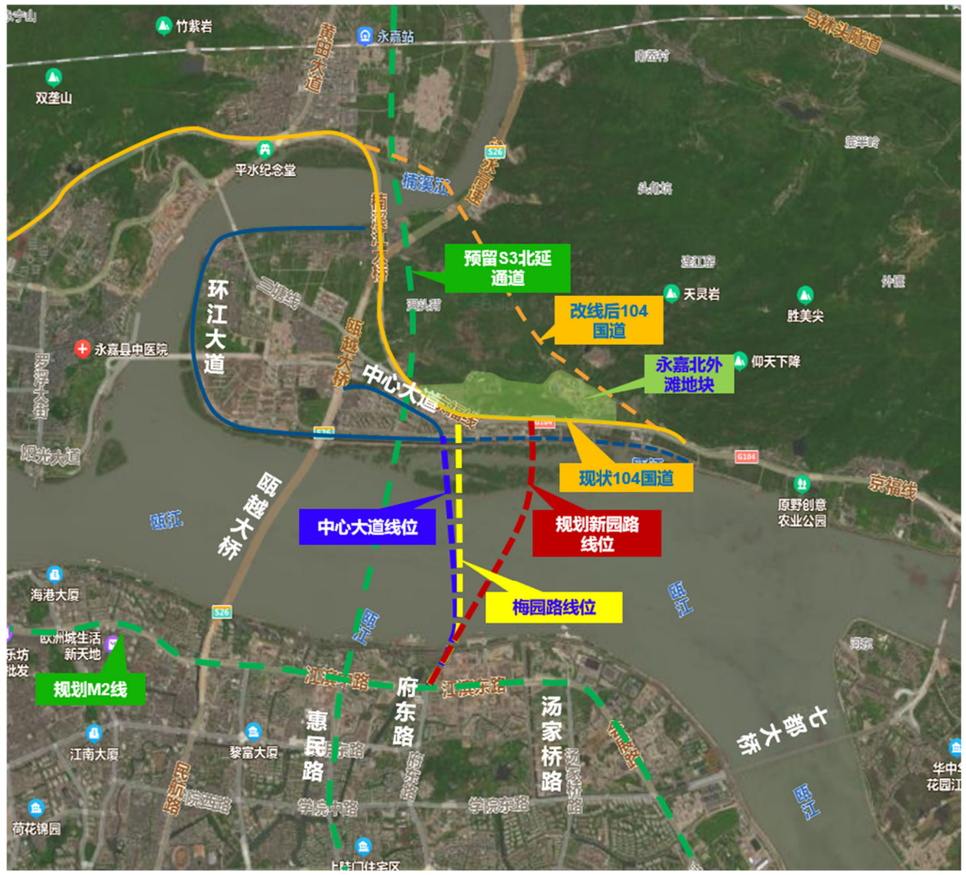


图 4.2.3-3 线位比选图

1）中心大道线位

线位北起中心大道，向南沿至环江大道与南岸府东路进行衔接，终点止于江滨东路与府东路节点南侧约 200m 位置，北岸设置 A、B 匝道进出环江大道。

但中心大道目前道路等级为城市次干道，与过江通道道路等级不匹配。北岸过江流量直接进入内部路网，对内部路网冲击较大，且分割内部道路，局部半径过小，侵占道路北侧已建地块，且与规划 S3 线北延线存在交叉，无法与 104 国道直接联系，不能形成直达温州北站的快速通道，不予推荐。

2）梅园路线位

线位北起 104 国道，向南沿梅园路布设，下穿瓯江主航道，南岸顺接府东路，终点止于江滨东路与府东路节点南侧约 200m 位置。北岸设置主线进、出口接 104 国道西侧，设置 B 匝道接 104 国道东侧，在梅园路设置 A 匝道进入隧道。南岸设置一组右进右出匝道，出口 C 匝道与规划沿江快速路地下道路衔接，入口 D 匝道接江滨东路地面道路。

该线位可通过 104 国道集散温州北站及到发交通，避免对内部路网的分割及冲击，与北岸永嘉“北外滩”片区开发结合紧密，服务功能较好。

3）新园路线位

线位北起 104 国道，向南沿新园路布设，下穿瓯江主航道，南岸顺接府东路，终点止于江滨东路与府东路节点南侧约 200m 位置，整体线型与瓯越大桥线型基本平行。北岸设置主线出口在新园路西侧接入 104 国道，设置 A、B 进出匝道设于新园路东侧 104 国道；南岸接线与梅园路线位方案一致。

新园路线位北岸周边均为待开发地块，建设条件较好，主线及匝道可与 104 国道东西向顺畅连接，服务功能较好，与远期永嘉“北外滩”片区开发结合较为紧密，且对周边待开发地块价值有一定提升作用。

综合考虑梅园路和新园路皆可满足规划和接线条件要求，以下根据北岸接线情况进一步进行深入比选。

4.2.4 线位方案综合比选

4.2.4.1 主要控制因素

(1)影响隧道北岸进出口位置选择的 104 国道、梅园路、新园路；

(2)影响隧道南岸敞开段布置的府东路；

(3)影响隧道平面位置选择的瓯江印象住宅小区、南岸瓯江路上斗门浦河桥、江滨东路、时代滨江上品住宅小区以及道路两侧既有建筑物等；

(4)影响南岸主线及匝道布置的规划沿江快速路及地铁 M2 线。

4.2.4.2 技术指标分析

1. 梅园路线位

起点位于 104 国道与梅园路交叉口西侧约 450m，路线由西向东布设，在梅园路交口西侧约 90m 处以半径 R=150m 的曲线右转下穿梅园路并向南延伸，穿越瓯江及瓯江路，在南岸以半径 R=800m 的曲线顺接府东路，在府东路与江滨东路交口设置 R=380m 的曲线接入南侧现状府东路，终点设置与府东路与聚园路北侧约 50m 处。线路总长约 3065m，其中江中盾构段左线长约 1952.67m，右线长约 1940m，施工时需在北岸滩涂内设置临时围堰长约 210m。

匝道设置：A 匝道设置于梅园路驶入隧道；B 匝道设置于 104 国道东侧驶出隧道；C 匝道设置于府东路西侧，接入江滨快速路；D 匝道设置于府东路东侧，接入江滨东路地面道路。

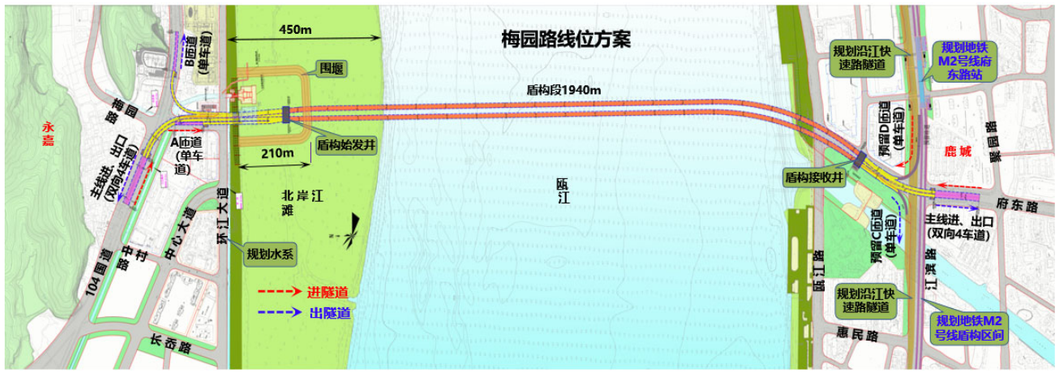


图 4.2.4-1 梅园路方案平面布置图

优点：

（1）服务功能好，与三江片区及温州北站的联系紧密，可形成温州北站至中心城区快速直达的通道；

（2）围堰范围设在北岸江滩内，且入江范围较小，对瓯江防洪影响较小；

（3）线形指标满足要求，且可有效避开控制性因素，同时对匝道的布置较为合理；

（4）隧道长度小于新园路方案。

缺点：需对现状长岙水闸进行改迁。

2．新园路线位

起点位于 104 国道与新园路交叉口约 120m，线路由西向东布设，以半径 R=150m 的曲线右转下穿新园路并向东南延伸，再以半径 R=800m 接入府东路，在府东路与江滨东路交口设置 R=350m 的曲线接入南侧现状府东路，终点设置与府东路与聚园路北侧约 50m 处。线路总全长约 3300m，其中江中盾构段长约 2040m，施工时需在北岸江中滩涂内设置临时围堰长度约 325m。

匝道设置：A、B 驶入驶出匝道均设置于新园路东侧 104 国道上；C、D 匝道与梅园路线位方案一致。

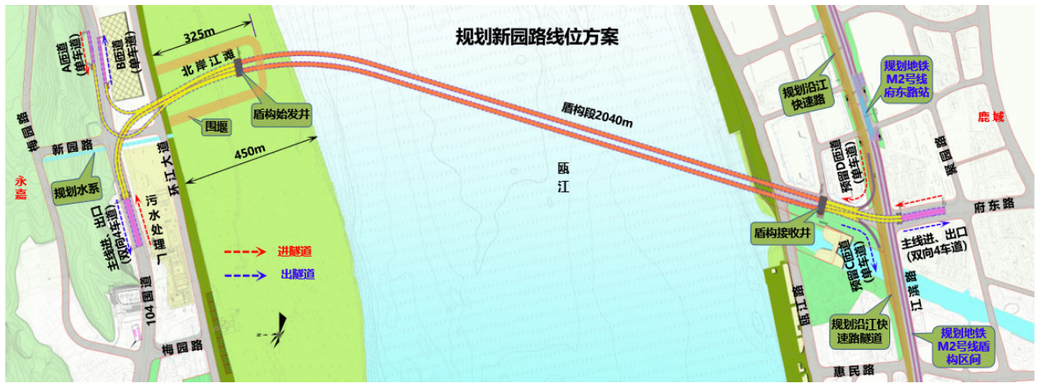


图 4.2.4-2 新园路方案平面布置图

优点：

（1）可避免现状长岙水闸的改迁；

（2）北岸与规划道路衔接，制约条件较少，协调难度略小。

缺点：

（1）隧道长度长于梅园路方案，造价高于梅园路方案；

（2）江中临时围堰长度较长，对瓯江防洪影响大于梅园路方案；

（3）与三江片区及温州北站相对较远，服务功能较梅园路方案差；

（4）北岸匝道无法在新园路上设置进口匝道，北外滩片区车流需转换到 104 国道进入隧道，交通功能较差。

表 4.2.4-1 线位方案综合比选表

线位比选	梅园路线位	新园路线位
线路长度	3065m	3300m

线型	4 处平曲线，其中江中段为直线	4 处平曲线，其中江中段有曲线
北岸接线条件	1．梅园路规划道路红线约 24m，西侧为已建成瓯江印象居住小区，东侧规划为水系及绿带； 2．北岸江边滩涂约 450m 宽，标高约 3.0m 左右，对北岸接线较为有利。	1．北岸为规划地块，西侧规划为污水处理厂二期用地，东侧规划为商业用地及绿地，104 国道北侧规划为居住用地，现状为山体； 2．北岸江边滩涂约 450m 宽，标高约 3.0m 左右，对北岸接线较为有利。
围堰及对防洪影响	围堰入江范围 210m，对瓯江防洪影响较小。	围堰入江范围 325m，对瓯江防洪影响大。
服务功能	1．更靠近三江片区及温州北站，能够快捷串联老城区与三江片区、温州北站交通，形成温州北站至中心城区快速直达通道。 2．北岸接线靠近永嘉北外滩片区开发核心区，梅园路上的进口匝道方便北外滩片区车流进入隧道，对北外滩片区土地的价值提升更大。	1．靠近三江片区及温州北站，能够串联老城区与三江片区、温州北站交通，但线路更长。 2．北岸接线靠近永嘉北外滩片区开发区，无法在新园路上设置进口匝道，北外滩片区车流需转换到 104 国道进入隧道。
造价	约 45.7 亿	约 49.7 亿

从工程规模、线形指标、接线条件、防洪影响、服务功能、工程造价等方面综合比选，梅园路线位方案服务功能更好，投资更省，且考虑前期预可研、工可阶段推荐该线位为推荐线位，同时前期各项专题研究均基于该线位所开展的，为确保本工程下阶段各项工作能够顺利推进，因此，本次初步设计阶段采用梅园路线位方案。

4.3 隧道方案比选

4.3.1 盾构隧道方案

4.3.1.1 盾构断面选型

对于推荐线路方案，盾构法根据隧道断面布置可选择单管双层与双管单层方案，本次初步设计对两种断面布置进行了深入研究，论述如下。

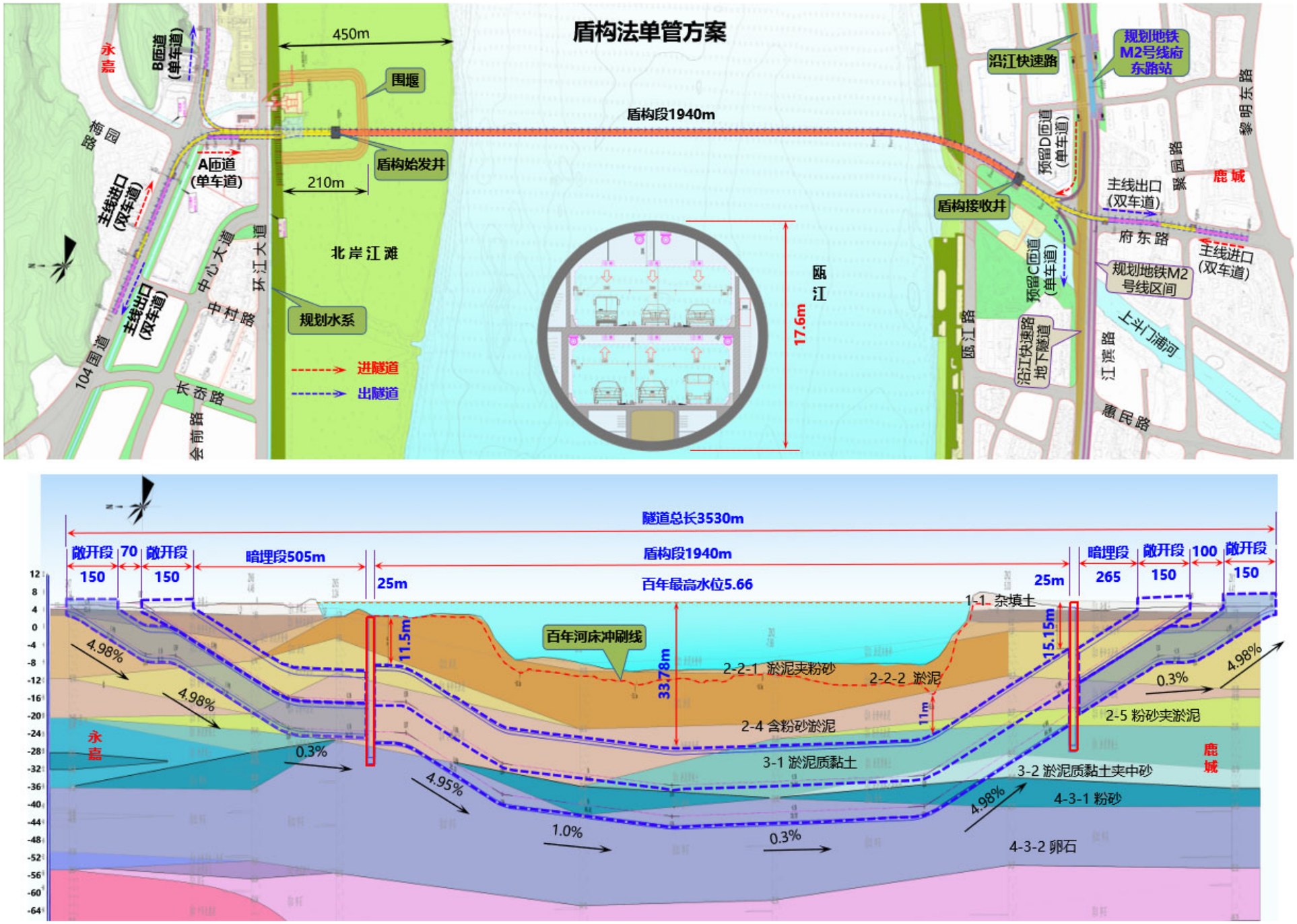


图 4.3.1-1 盾构法单管方案平纵断面图

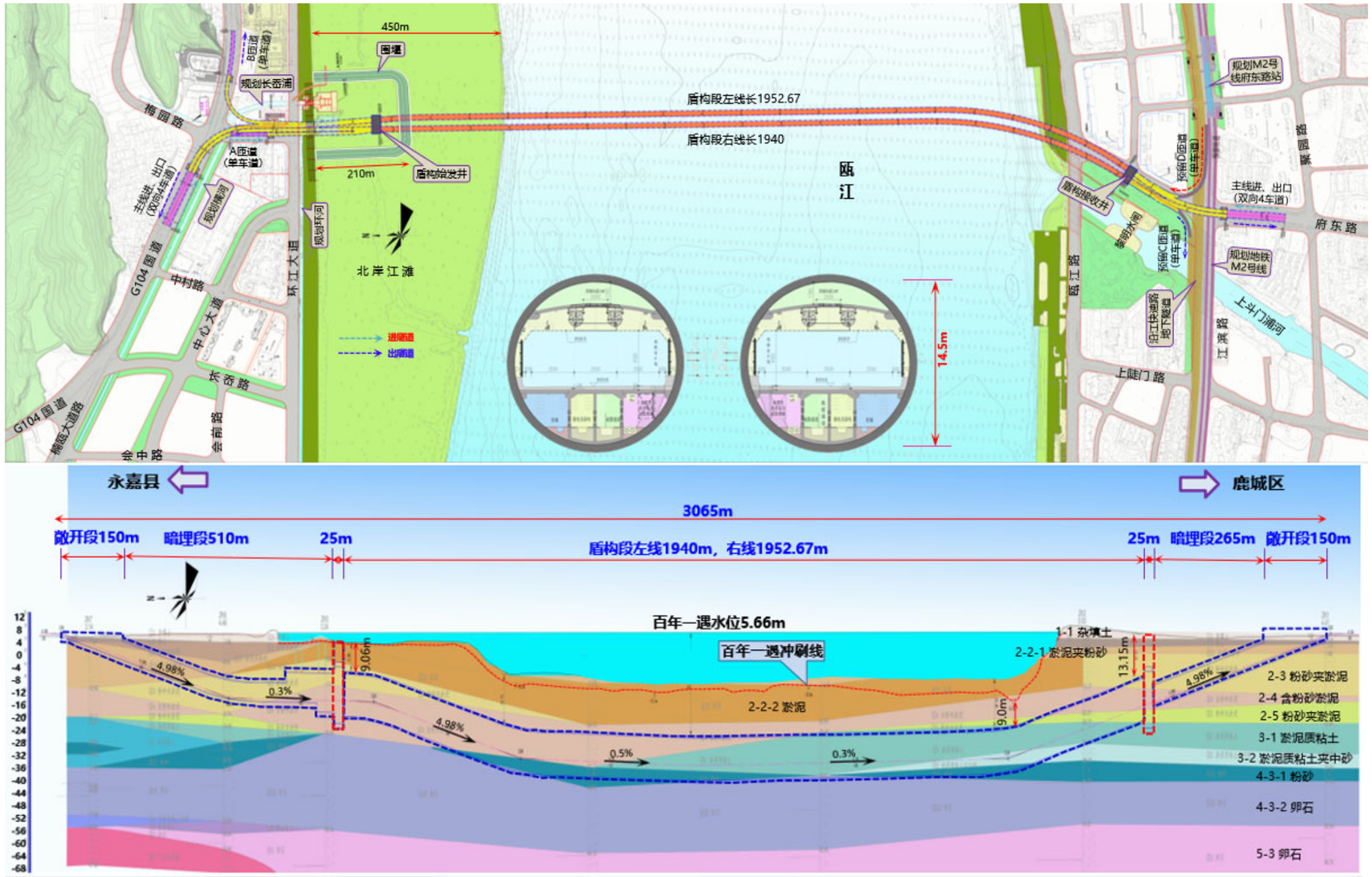
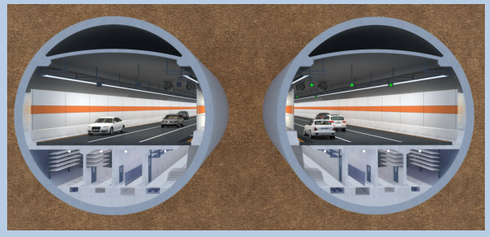
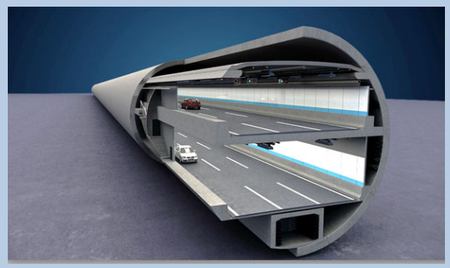


图 4.3.1-2 盾构法双管方案平纵断面图

根据技术要求，本项目车行道建筑限界为 4.5m，车道宽度为 3.5m，设计标准为双向 6 车道，设计行车速度为 60km/h，如采用单管双层方案，根据建筑限界及隧道通风、消防、管线布置等空间要求，盾构管片外径达 17.6m，内径达 16.1m；而双管单层方案外径为 14.5m，内径为 13.3m，为目前国内单向 3 车道过江隧道常用断面，并有向标准化发展的趋势，工法成熟，工程造价相对合理。现对以上断面方案综合比较如下表：

表 4.3.1-1 盾构法断面比选表

项目	盾构法 （双管方案）	盾构法 （单管方案）
效果示意图		
隧道规模	隧道总长约 3065m，其中敞开段 300m，暗埋段 775m，盾构井 2×25m，盾构段长度 1940m。盾构外径 14.5m，内径 13.3m。	隧道总长约 3530m，盾构段长度约 1940m。盾构外径 17.6m，内径 16.1m。隧道长度较双管单层方案长约 465m。
对规划的影响	北岸梅园路段受出口主线曲线半径和入口主线敞开段布置影响，需向东占用公共设施用地；南岸盾构井位于瓯江路与府东路交叉口南侧，需向西占用公园用地。	对现状道路拓宽值略小于盾构法双管方案。
交通功能	北岸主线出口与 104 西向衔接，预留匝道接 104 东向；主线入口设置于梅园路，通过灯控平交可实现 104 与过江隧道的交通转换。南岸设置一组匝道与江滨东路隧道衔接，主线隧道设置于江滨东路交叉口南侧，实现过江交通多级、快速疏解，交通功能完善。	北岸主线接线位于梅园路西侧，距三塘线与 104 国道交叉口距离仅 100m，南岸主线出口距聚园路距离约 70m，主线入口距离黎明东路路口距离约 70m，交通功能较盾构法双管方案差。
防洪影响	北岸临时围堰位于滩涂，需对大堤进行局部破除，施工完成后进行恢复。南岸盾构井位于岸上，对瓯江防洪无影响。	同盾构法双管方案
设备制造	15m 级大直径盾构机国内制造工艺已经比较成熟， 中铁装备、铁建重工、隧道股份等国内盾构主流生产企业均可生产。	盾构机直径将超过 18m，大于目前香港屯门—赤鱲角隧道所使用的全球最大直径（17.6m）盾构机，盾构设备制造存在一定不确定性，国际上仅海瑞克生产过，盾构制造技术不够成熟。
工程风险	施工工艺成熟，工程经验丰富，工程风险可控，工期可控。	因直径过大，施工过程存在较多不确定风险，工程风险不可控，将导致工程工期不可控。
工期	38 个月（2 台盾构）	40 个月（1 台盾构）
造价	约 45.7 亿	约 51.6 亿
结论	推荐	不推荐

目前国内单管双层盾构隧道多为双向 4 车道小汽车专用道，此种布置方式在上海采用较多，目前深圳、武汉等地也有类似项目建设，大多为地面道路下沉为城市快速路或者城市大通道，主要为解决小汽车快速通行问题而建设；本通道作为温州市首条市政过江隧道，不仅连接温州市区与永嘉三江片区交通，而且为远期温州市区直达温州北站的快速通道，不宜采用小汽车专用道标准建设，车道宽度及建筑限界均应以常规的城市道设标准建设，综合以上对比，单管盾构方案在本项目中不具备优势，而双管盾构所采用的 15m 级大直径盾构近年来在国内发展迅猛，华中、华东、华南地区新增大批穿越长江、珠江、黄河等过江通道，采用该级别盾构的水下隧道约占 80%以上，无论从大盾构设备生产制造，还是设计技术，施工技术都十分成熟，因此推荐采用双管单层盾构方案。

4.3.1.2 平面设计

本方案北岸衔接永嘉县三江片区 104 国道和梅园路，南岸衔接鹿城区府东路，过江段采

用双管盾构方案，两岸岸上段采用明挖方案，北岸盾构井设置于江中滩涂内，南岸盾构井设置于瓯江路以南府东路上。隧道总长约 3065m,其中敞开段 300m,暗埋段 775m,盾构井 2×25m,江中盾构段左线长 1952.67m，右线长 1940m，横断面采用单管双层，盾构外径 14.5m，内径 13.3m。

北岸受既有建筑物长岙水闸、北岸大堤、大诚瓯江印象、长岙油库、关公庙、规划水系及既有道路的影响，主线设置双向 4 车道布置在 104 国道与梅园路交叉口的东侧并占用现状地面道路北侧路幅，现状 104 国道道路红线往北拓宽，保证地面道路与隧道敞开段平行段恢复成原有车道数。北岸设置进隧道的单车道 A 匝道在梅园路上，A 匝道占用现状梅园路道路东侧路幅，现状梅园路道路红线往东拓宽，保证地面道路与隧道敞开段平行段恢复成原有车道数。北岸设置出隧道的单车道 B 匝道在梅园路与 104 国道交叉口的东侧 104 国道上，B 匝道占用现状 104 国道道路南侧路幅，现状 104 国道道路红线往南拓宽，保证地面道路与隧道敞开段平行段恢复成原有车道数。

南岸受滨江上品小区、安置房、罗湾锦苑、伟明智慧环卫有限公司、岠江小学、上陡门浦桥、南岸大堤、规划的沿江快速路及地铁 M2 号线以及既有道路的影响，南岸主线设置双向 4 车道布置在府东路与江滨东路交叉口的南侧并占用现状府东路中间路幅，现状府东路道路红线往西侧及东侧拓宽，保证地面道路与隧道敞开段平行段恢复成原有车道数。南岸在府东路与江滨东路交叉口以北的西侧设置出隧道的单车道 C 匝道与江滨东路下方规划的沿江快速路地下隧道衔接，在府东路与江滨东路交叉口以北的东侧设置进隧道的单车道 D 匝道与江滨东路地面道路衔接，本次 C、D 匝道暂缓实施，只施做出接口，后期与沿江快速路隧道同期施工。

项目平面线型受北岸景观平台、水闸、南岸大堤景观平台、上陡门浦河桥及盾构最小净距的影响，江中段右线主线设置一处曲线，半径为 800m，左线主线设置三处平曲线，半径分别为 1000m，1000m，800m，方案平面图见下图。

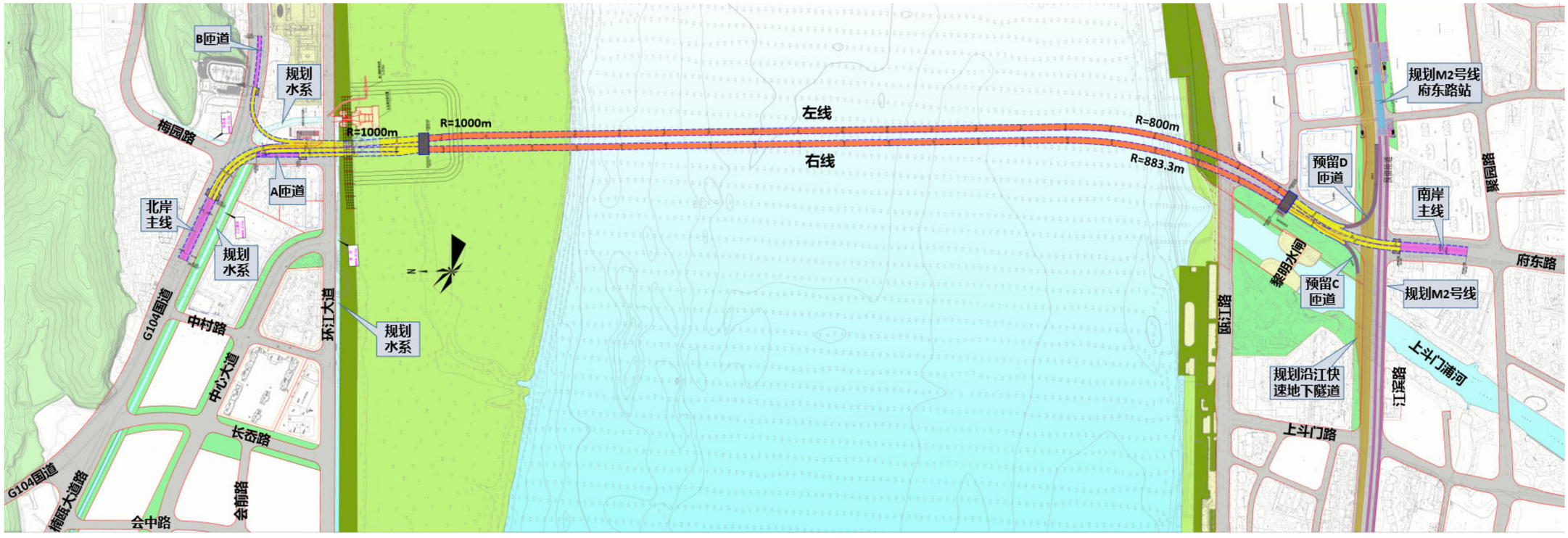


图 4.3.1-3 盾构方案总平面图

4.3.1.3 纵断面设计

隧道主线纵断面自 104 西接地点以 4.98%的纵坡下行至梅园路后采用 0.3%缓坡穿越环江大道后到达瓯江北岸江滩盾构始发井，然后盾构段分别采用 4.98%、0.5%、0.3%、4.98%纵坡穿越瓯江并在府东路上设置盾构接收井，隧道以 4.98%的纵坡下穿江滨东路至江滨东路南侧府东路接地。

隧址位置地质自上而下依次为 1-1 杂填土、2-1 粉砂夹淤泥、2-2-1 淤泥夹粉砂、2-2-2 淤泥、2-3 粉砂夹淤泥、2-4 含粉砂淤泥、3-1 淤泥质粘土、3-2 淤泥质粘土夹中砂、4-3-1 粉砂、4-3-2 卵石等地层。淤泥呈现流塑、软塑状，地质情况较差。根据府东路隧道冲刷论证报告，经综合研判，本项目江底按百年一遇冲刷最低高程-15.2m 考虑，江中段考虑到盾构掘进安全、结构永久抗浮、规划航道及船舶抛锚等因素，取最小覆土为 9.0m。

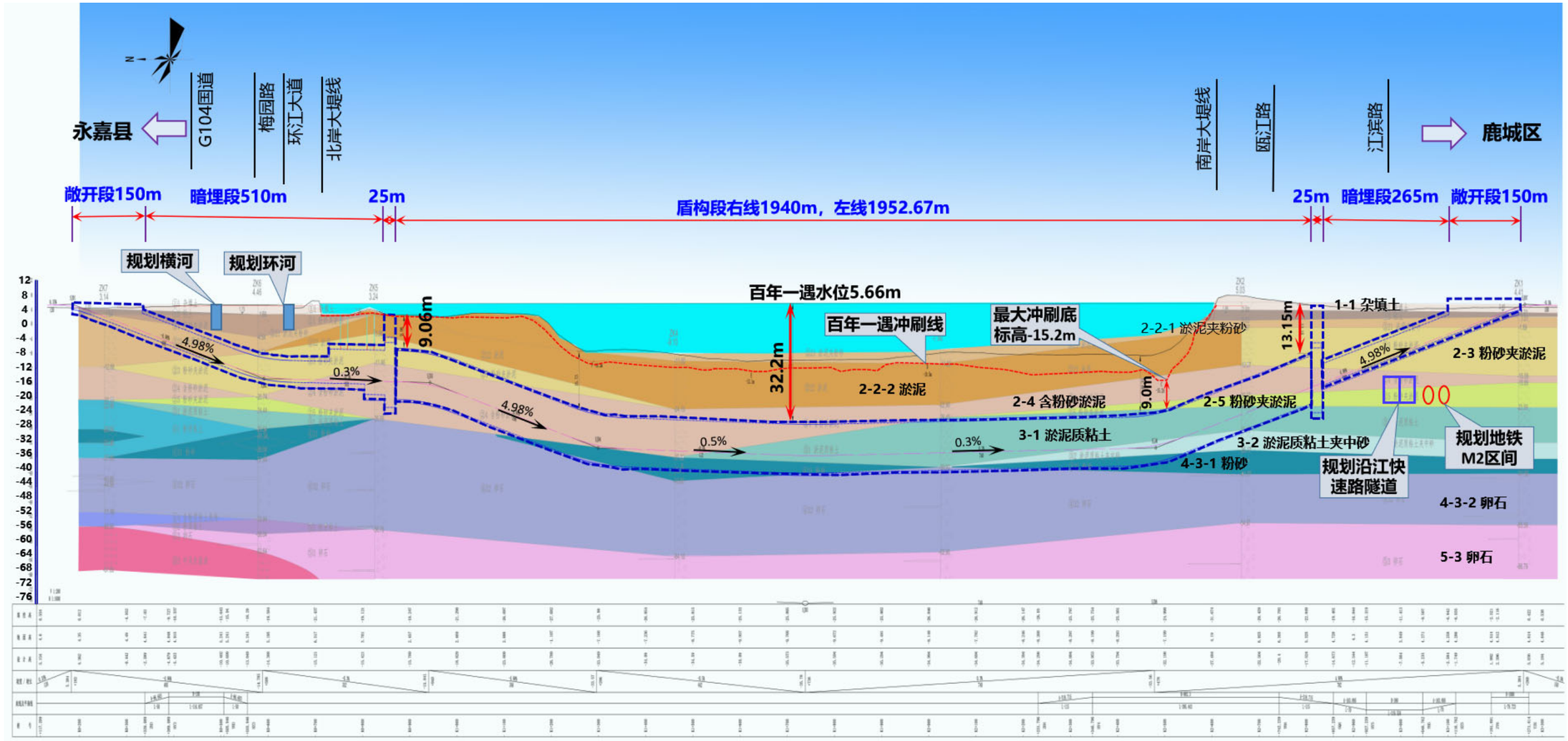


图 4.3.1-4 盾构方案纵断面图

4.3.1.4 横断面设计

隧道横断面设计以充分利用隧道内部空间为原则，并满足隧道正常运营、故障检修、管线布设、安全疏散等多种工况的功能要求。横断面设计需综合考虑隧道建筑限界、设置设备空间，施工误差、沉降误差、变形误差以及安全疏散设计等情况。

本隧道按城市主干路标准设计，设计车速为 60km/h，建筑限界净空 4.5m，净宽 12.0m=0.25m 安全带宽度+0.5m 路缘带宽度+3.5m*3 行车道+0.5m 路缘带宽度+0.25m 安全带宽度。盾构隧道外径 14.5m，内径 13.3m 满足行车限界、施工误差、设备安装限界的要求。道路横坡采用 1%，向行车方向右侧走坡，本隧道允许坐位式公共交通通行。

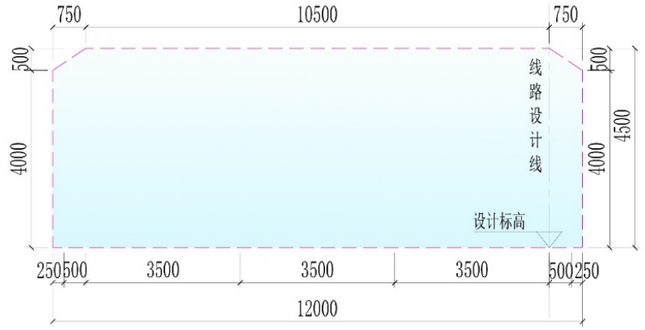


图 4.3.1-5 隧道建筑限界图

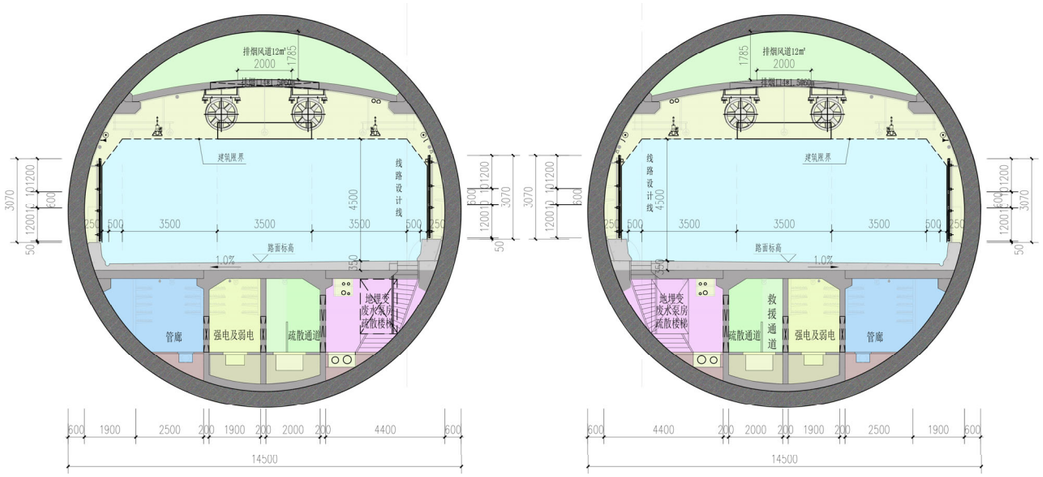


图 4.3.1-6 盾构段横断面布置图

4.3.2 沉管隧道方案

4.3.2.1 平面设计

沉管隧道方案主线隧道全长 3075m，其中沉管段长 1320m，北岸明挖暗埋段长 855m，敞口段长 150m，南岸明挖暗埋段长 600m，敞口段长 150m。隧道沉管段大部分位于直线上，呈南北走向，匝道平面按南北两岸既有道路接线。隧道总平面图见图 4.3.2-1。

（1）隧道北岸平面

路线北起 104 国道，主线以双向四车道形式由 104 国道接入梅园路，同时在梅园路设置一进一出匝道，隧道北岸主线及匝道下穿梅园路后以双向 6 车道形式穿越瓯江。北岸地面道路 65m，敞口段 150m，暗埋段 855m。

北岸岸上段采用明挖法施工，主线线路由 104 国道衔接至梅园路处设置一组半径 R=150m 平曲线，隧道北岸路线平面图如下图所示。

（2）隧道南岸平面

隧道主线以沉管形式穿越瓯江，明挖下穿南岸防洪堤、瓯江路后进入府东路下方，在下穿江滨路前设置一进一出匝道，然后隧道主线变为双向四车道形式下穿江滨路，并在聚园路前出地面。南岸主线接线道路路基段长 50m，敞口段长 150m，暗埋段长 600m。

4.3.2.2 纵断面设计

（1）隧道纵断面控制因素

1）隧道断面河床的深度：根据现场调查，隧道轴线上河床最深冲刷处高程为-15.2m；

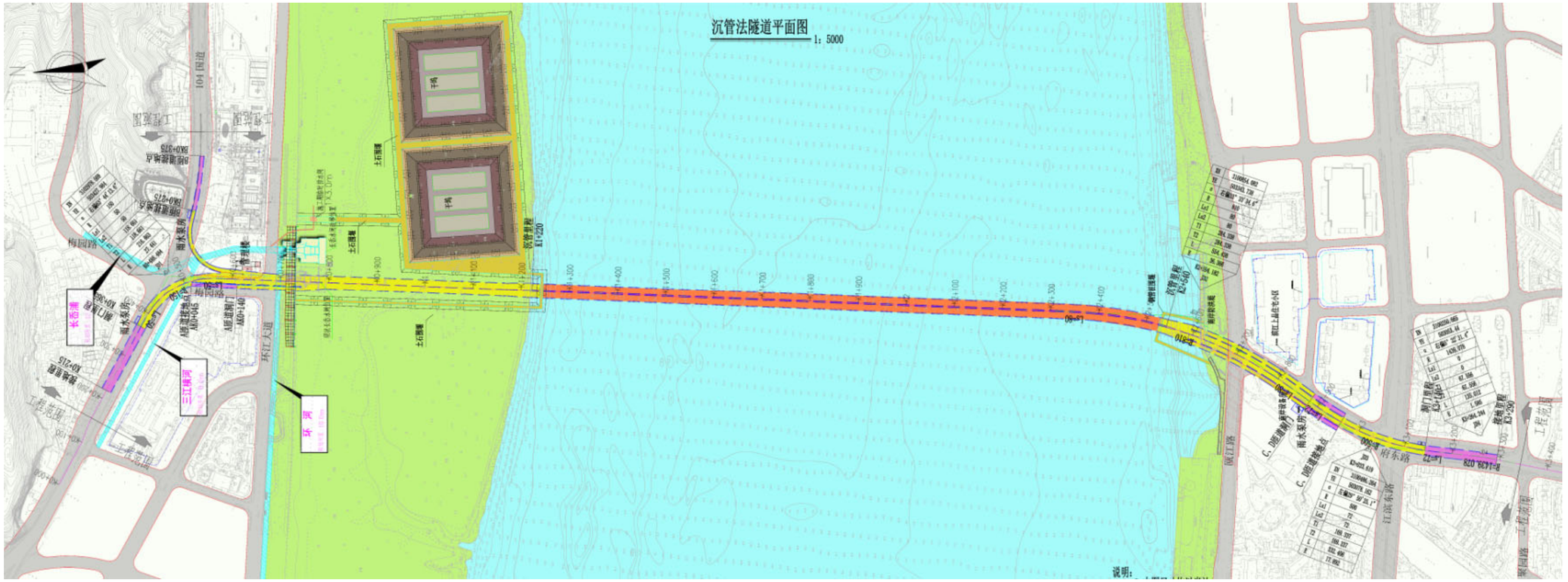
2）隧道埋置深度：隧道顶板满足百年冲刷条件后的最小覆土厚度不小于 2.2m；

3）满足防洪要求；

（2）隧道最大纵坡的确定：根据《城市道路设计规范》〔CJJ37-2012〕的规定，同时考虑到行车舒适性，本隧道最大纵坡为 4.98%。

（3）纵断面方案

沉管完全埋置在河床以下，顶部最小覆土厚度 2.2m，隧道沉管段最大纵坡 0.41%，为减少隧道长度，隧道南北明挖段均采用 4.98%的纵坡接地，隧道纵断面设计见下图。


沉管法隧道平面图
1：5000
104国道
环江大道
环境
三江横河
长临河
雨水泵房
A匝道桥
A匝道匝门
A匝道接地点
A匝道里程
A匝道上越车小区
沉管里程
K3+560
K3+260
B匝道接地点
B匝道里程
B匝道上越车小区
B匝道匝门
B匝道桥
B匝道雨水泵房
B匝道下越车小区
B匝道下

4.3.2.3 横断面设计

（1）建筑限界

隧道横断面设计应根据道路类别、级别拟定合理、经济的建筑限界，同时须考虑建筑消防、安全疏散及检修需求。根据《城市地下道路工程设计规范》(CJJ221-2015)、《城市道路路线设计规范》（CJJ193-2012）及《城市道路隧道设计标准》（DB33T 1256-2021），结合相关隧道实施案例及设计经验，拟定的建筑限界主线：净宽 12m=左侧侧向净宽 0.75m +3.5m ×3+右侧侧向净宽 0.75m，净高 4.5m。

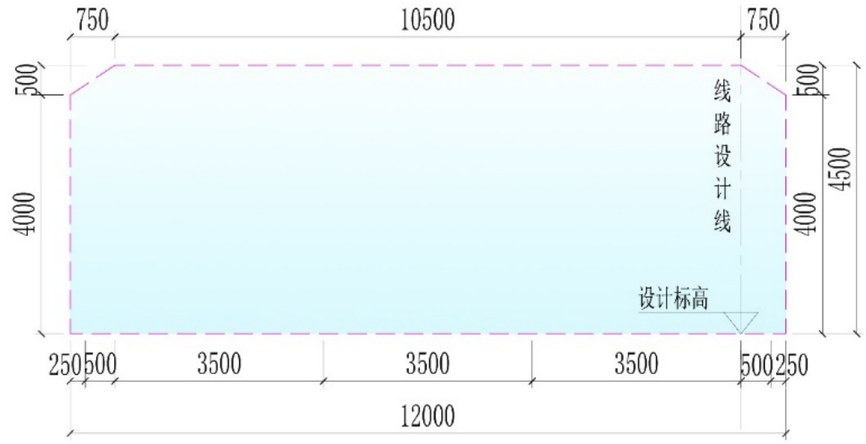


图 4.3.2-3 沉管法隧道建筑限界图

（2）横断面设计

本工程为双向 6 车道隧道，断面结构总高度为 8.6m，总宽度为 31.4m，主要基于以下几个方面确定：

1）满足管段干舷要求，按公路双向 6 车道建筑限界设计，同时考虑满足隧道运营需要的各类机电设备空间，比如：射流风机、车道信号灯、照明灯具、火灾探测器、监控摄像机、CO-VI 检测仪、各类设备箱、消火栓总管、排水沟及各种电缆支架（包括动力电缆、照明电缆、监控电缆、漏泄电缆及光缆）等，车道单孔净高为 4.5m；

2）隧道侧墙装修层和施工误差考虑 0.2m，其中 0.05m 为施工误差，0.15m 为墙面装修层空间；

3）电缆廊道宽度为 2m；

沉管隧道是大型的交通工程，隧道本身功能所需的管线很多，为便于各类管线的管理、维护与检修，国内外绝大多数的沉管公路隧道都设置了电缆廊道。由此，本隧道也考虑单独设置电缆廊道。

电缆廊道的宽度应能满足电缆的安装和检修人员的通行，目前国内已经建成的多条沉管隧道的电缆廊道宽度见下表。

表 4.3.2-1 国内已建成沉管隧道电缆廊道宽度统计表

隧道名称	隧道长度（m）	电缆廊道宽度(m)	主隧道、道路情况
广州珠江隧道	1238	1.3	双洞、双向四车道（公路）
宁波甬江隧道	1019.53	无廊道	单洞、双向两车道
宁波常洪隧道	1053.5	1.4	双洞、双向四车道
南昌红谷隧道	2650	2.0	三洞、双向六车道

本工程隧道段长 3075m，根据珠江隧道及其它沉管隧道运营管理人员反映，1.4m 廊道宽度偏小，因此，本工程电缆廊道宽度取 2 米。

4）为满足管段干舷、管段抗浮及结构受力和耐久性要求，结构顶、底板厚分别为 1.2m、1.2m；管内压舱混凝土高度为 1.1m。

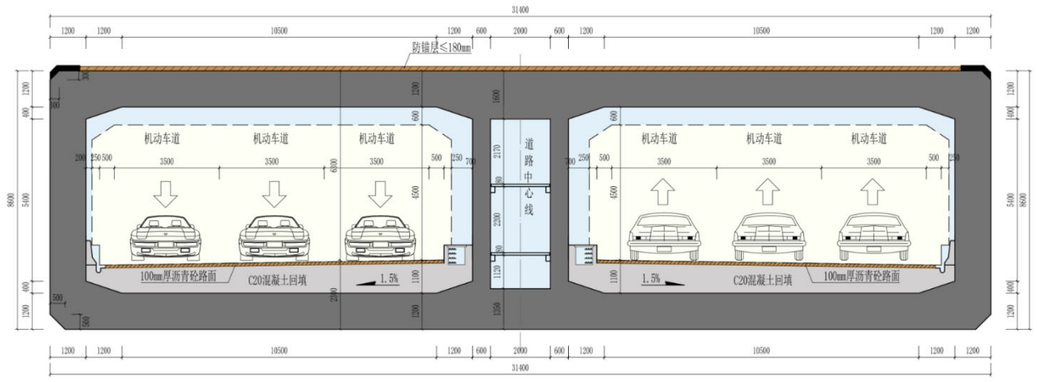


图 4.3.2-4 沉管段标准横断面图

4.3.3 隧道工法综合比选

根据本工程地质资料、管线、周边建构筑及交通流量预测及交通影响评价等前期资料，

对工程线位隧道工法综合比选如下：

表 4.3.3-1 方案综合比选表

项目	盾构法	沉管法
隧道规模	隧道总长 3065m，其中敞开段 300m，暗埋段 775m，盾构井 2×25m，盾构段长度 1940m。盾构外径 14.5m，内径 13.3m。	隧道总长 3075m，其中敞开段 300m，暗埋段 1455m，沉管段长度约 1320m。矩形断面，宽 31m，高 8.6m。
对规划的影响	北岸梅园路段受出口主线曲线半径和入口主线敞开段布置影响，需向东占用公共设施用地；南岸盾构井位于瓯江路与府东路交叉口南侧，需向西占用公园用地。	北岸同“盾构法”方案；南岸在府东路设置平行匝道，需向西拓宽道路红线。
交通功能	北岸主线出口与 104 西向衔接，预留匝道接 104 东向；主线入口设置于梅园路，通过灯控平交可实现 104 与过江隧道的交通转换。南岸设置一组匝道与江滨东路隧道衔接，主线隧道设置于江滨东路交叉口南侧，实现过江交通多级、快速疏解，交通功能完善。	北岸同“盾构法”方案；南岸在府东路设置一组平行匝道，可通过地面灯控平交实现与江滨东路辅道的衔接，主线隧道设置于江滨东路交叉口南侧，交通功能较为完善。
防洪影响	北岸临时围堰位于滩涂，需对大堤进行局部破除，施工完成后进行复原。南岸盾构井位于岸上，对防洪影响较小。	北岸临时围堰长度约 490m，南岸临时围堰长度约 120m，围堰总长度 610m，对瓯江防洪影响较大。
对航运航道的影响	无影响	基槽开挖、管节浮运及沉放时需临时改移航道，南岸临时围堰对航道影响大
设备制造及工程风险	15m 级大直径盾构国内制造工艺已经比较成熟，施工工艺成熟，工程经验丰富，工程风险可控。	对施工设备无特殊要求，施工工艺较为成熟，工程经验丰富。
工期	38 个月	42 个月
造价	约 45.7 亿	约 58.0 亿
结论	推荐	不推荐

经以上对盾构法和沉管法方案的对比分析，盾构法与沉管法方案从技术上来讲均可行，施工工艺均较成熟，交通功能均较完善；从交通功能上分析，两方案在北岸接线基本一致，隧道南岸由于受江中主航道位置极限冲刷深度影响，无法在江滨东路北侧接地，只能下穿江滨东路后接府东路，因此沉管法隧道埋深浅、两岸接线短的优势不能得以体现；且沉管法需要在南岸江中设置临时围堰，对瓯江航道通航有较大影响，另外基槽开挖及管段浮运沉放等工序对瓯江通航影响较大、周期较长；而盾构法则不存在以上问题，同时江中段盾构法的造价优势明显高于沉管法，这也是沉管法工程造价远高于盾构法的主要原因；综上所述，盾构法方案对航道、防洪等影响小，且工期短、造价低，优势较为明显，因此，推荐采用盾构法方案。

4.4 两岸接线比选

经以上章节对府东路隧道线位、工法进行比选，府东路隧道采用梅园路-府东路线位，过江采用双管盾构法施工，隧道北岸涉及衔接的道路有 104 国道、梅园路，南岸涉及的衔接道路有府东路、江滨东路，本次根据南北岸接线道路综合研究府东路隧道主线及匝道设置方案。

4.4.1 北岸接线方案比选

1、方案一

隧道主线双向 4 车道与 G104 国道西侧连接，设置单车道进口 A 匝道与南侧梅园路连接，单车道出口 B 匝道与 G104 东侧连接。北岸接线方案一平面图见下图。

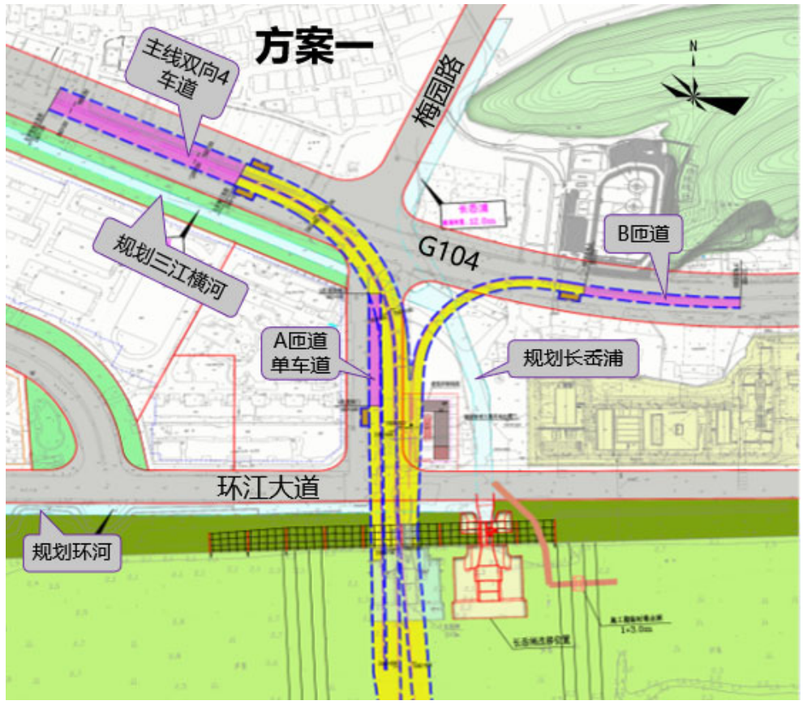


图 4.4.1-1 北岸接线方案一

优点：1）主线双向四车道设于 104 国道西侧，符合通道主服务功能需求；

2）A 匝道设置与梅园路，可兼顾远期规划梅园路及 104 国道东向车流左转进入隧道，服务功能较好；

3）A 匝道从梅园路直接接地面，匝道长度最短，投资最省。

缺点：需要改移现状水闸及规划长岙浦水系，对水利设施有一定影响。

2、方案二

在方案一基础上增加往梅园路北侧预留出口 E 匝道，但由于 B 匝道与主线分岔口距离梅园路与 104 国道交叉口较近，在 B 匝道分岔处北侧预留出口 E 匝道与梅园路北侧道路连接，E 匝道与 B 匝道分叉口距离仅 60m，不满足《城市地下道路工程设计规范》CJJ 221-2015 相关要求地下道路相邻两出口端部之间的最小间距不小于 310m。

表 4.4.1-1 城市地下道路出入口最小间距（m）

设计速度 (km/h)	出-出	出-入	入-入	入-出
80	610	210	610	1020
60	460	160	460	760
50	390	130	390	640
40	310	110	210	510



图 4.4.1-2 北岸接线方案二



图 4.4.1 3 隧道周边地块规划图

根据隧道周边地块规划，104 国道以北距离北侧山体较近，可开发地块纵深较小，车辆出 B 匝道后可在新园路口左转进入，进隧道车流可在梅园路直行进入隧道，且新增匝道功能与 B 匝道功能重叠，设置必要性不大。

3、方案三

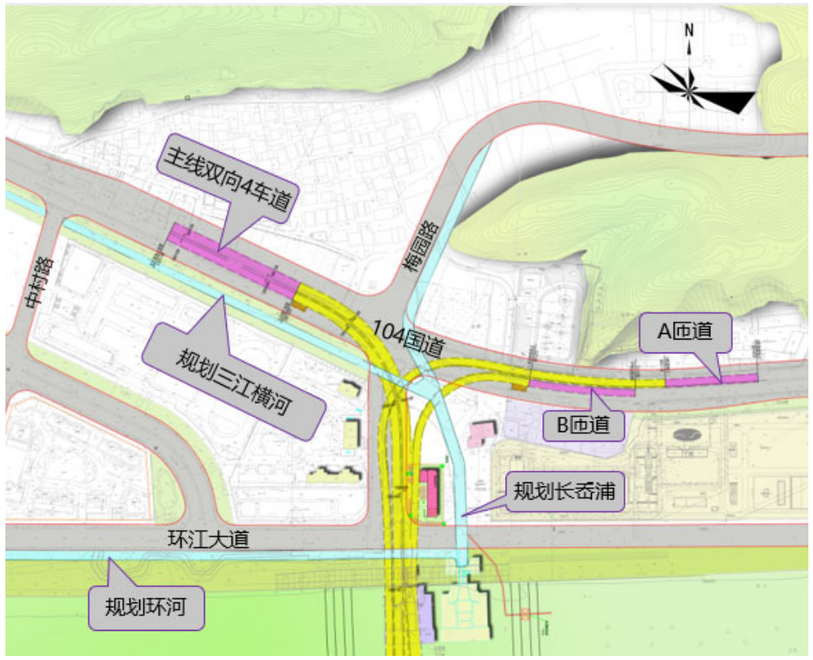


图 4.4.1-3 北岸接线方案三

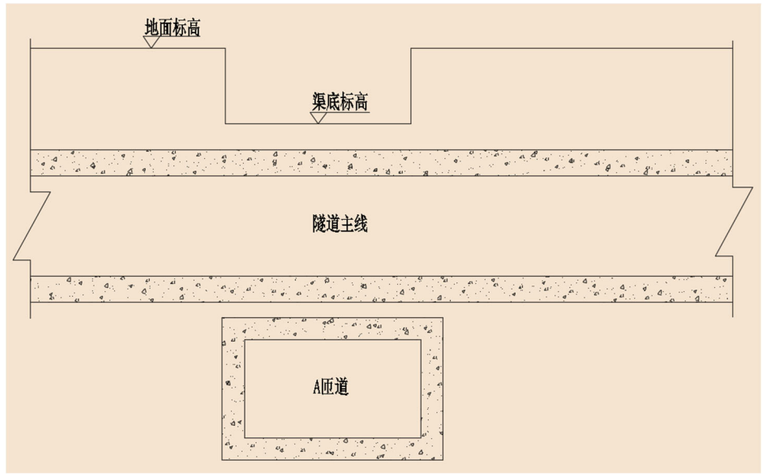


图 4.4.1-4 A 匝道与主线竖向关系图

将 A 匝道接地点从梅园路移至 104 国道东向，同 B 匝道平行布置，其余同方案一。

优点：104 国道东向车辆不需等待左转信号灯，可直接自 104 国道进入隧道。

缺点：1）A 匝道长度增加约 400m，增加投资约 1.6 亿；

2）远期梅园路直行车辆无法进入隧道；

3）中村路以东地块出行车辆无法从梅园路右转进入隧道。

对以上方案进行对比分析，结合规范技术要求、交通功能、工程投资等因素，北岸接线推荐采用方案一。

4.4.2 南岸接线方案比选

1、方案一

隧道主线双向四车道接府东路，C、D 匝道按暂缓实施考虑，待沿江快速路实施时同沿江快速路同步实施，后期施工土建费约 1.5 亿。

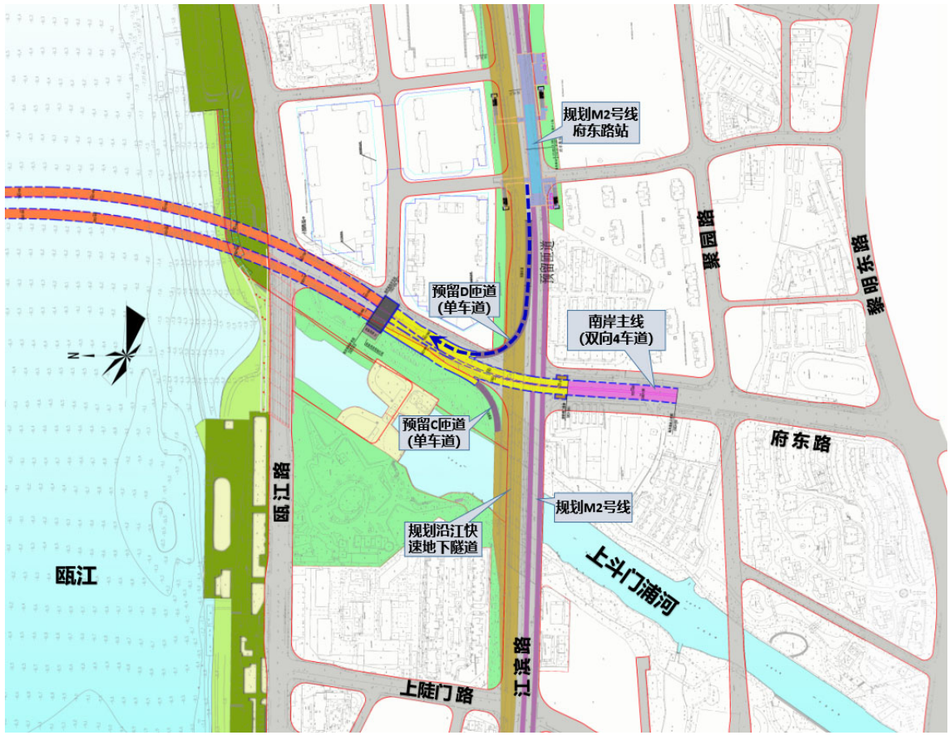


图 4.4.2-1 南岸接线方案一

优点：远期交通功能完善，交通组织合理；2）远期 C、D 匝道可同沿江快速路统一设计、统一实施，节省投资，且可实现二者更顺畅连接。

缺点：近期隧道北向南主线存在三车道变两车道情况，可能造成隧道内交通拥堵，但府东路与黎明路交叉口近期服务水平仍为 B 级。

2、方案二

隧道主线双向四车道接府东路，C、D 匝道同步实施，分别连接现状江滨东路，C 匝道土建增加造价约 1.8 亿，D 匝道土建增加的费用 0.87 亿，管线改迁及临时围堰费用约 0.5 亿，建安费增加约 3.17 亿。

图 4.4.2-2 南岸接线方案二



优点：隧道一次性建成，交通功能完善，同步实现过江通道同江滨东路的交通联系。

缺点：1）D 匝道需下穿上陡门浦河后，再出地面接江滨路，隧道埋深大，接地点距离上陡门路与江滨路交叉口距离只有 25m，不满足规范要求。

2）C、D 匝道讲严重制约沿江快速路实施方案，远期将面临拆除重建及社会舆论风险。

3）需对下穿上陡门浦河的直径 2m 的排污干管进行大面积改迁，管线改迁难度大，造价高。

根据《城市地下道路工程设计规范》CJJ 221-2015 相关要求城市地下道路出口接地点处与下游地面道路平面交叉口距离不宜小于 1.5 倍停车视距，条件受限时不得小于 1 倍停车视距。

表 4.4.2-1 停车视距

设计速度 (km/h)	100	80	60	50	40	30	20
停车视距	160	110	70	60	40	30	20

3、方案三

C 匝道并入主线并同步实施，主线采用双向 5 车道（进 2 车道，出 3 车道）与府东路衔接，主线土建增加费用 0.65；D 匝道同步实施接现状江滨路，土建费用 0.87 亿，管线改迁费用 0.2 亿；土建费用共增加约 1.72 亿。

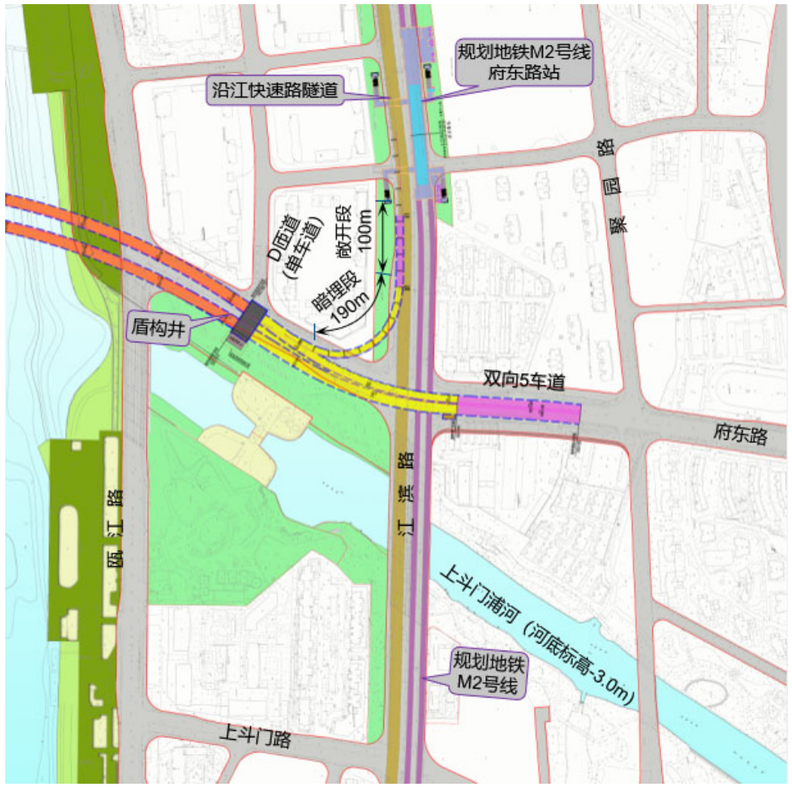


图 4.4.2-3 南岸接线方案三

优点：隧道北向南主线均为三车道，不存在三车道变两车道的情况，车流顺畅，交通功能好。

缺点：1）D 匝道影响沿江快速路方案，未来可能面临拆除重建及社会舆论风险；

2）取消 D 匝道，弱化了过江通道与江滨路的衔接，黎明路的交通压力增加；

3）府东路隧道主线敞开段在保证规划道路红线不变情况下，地面道路为双向 5 车道。如需保证府东路地面道路双向 6 车道，府东路道路红线需向西侧外扩 3.5m，西侧占用地块面积增加 820 ㎡。

4、方案四

取消 C、D 匝道，主线采用双向 6 车道与府东路衔接，土建费用增加约 1.3 亿。

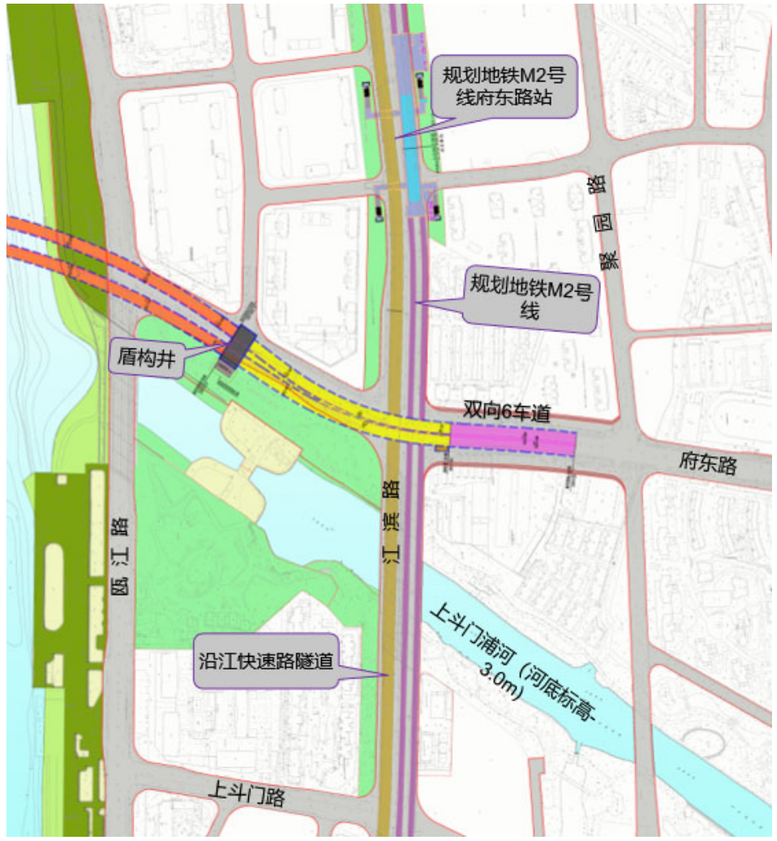


图 4.4.2-4 南岸接线方案四

优点：府东路主线与主隧道车道数相匹配，且取消 C、D 匝道后，可规避过江通道与沿江快速路、地铁 M2 线建设时序不同步而带来的若干问题。

缺点：1）过江通道与江滨路及沿江快速路无交通联系，交通功能差；

2）北向南车流全部经府东路至黎明路转换，黎明路交通压力将大大增加；

3）府东路隧道敞开段在保证现规划道路红线不变情况下，地面道路需压缩为双向 4 车道；如需保证府东路地面道路双向 6 车道，府东路道路红线需往两侧各外扩 3.5m，占地块面积增加约 1600 ㎡。

5、综合比选

表 4.4.2-2 方案比选表

方案	方案一	方案二	方案三	方案四
方案介绍	近期实施主线双向四车道，C、D 匝道按暂缓实施考虑。	主线双向 4 车道+C、D 匝道接现状江滨路	主线双向 5 车道+D 匝道（同步做出或预留）	主线双向 6 车道接府东路
优点	1）远期交通功能完善，交通组织合理；2）远期 C、D 匝道可同沿江快速路统一设计、统一实施，节省投资，且可实现二者更顺畅连接。	隧道一次性建成，交通功能完善，同步实现过江通道同江滨东路的交通联系。	隧道北向南主线均为三车道，不存在三车道变两车道的情况，车流顺畅，交通功能好。	府东路主线与主隧道车道数相匹配，且取消 C、D 匝道后，可规避过江通道与沿江快速路、地铁 M2 线建设时序不同步而带来的若干问题。
缺点	近期隧道北向南主线存在三车道变两车道情况，可能造成隧道内交通拥堵。	1）D 匝道需下穿上陡门浦河后，再出地面接江滨路，隧道埋深大，接地点距离上陡门路与江滨路交叉口距离只有 25m，不满足规范要求。 2）C、D 匝道讲严重制约沿江快速路实施方案，远期将面临拆除重建及社会舆论风险。 3）需对下穿上陡门浦河的直径 2m 的排污干管进行大面积改迁，管线改迁难度大，造价高。	1）D 匝道影响沿江快速路方案，未来可能面临拆除重建及社会舆论风险；2）取消 D 匝道，弱化了过江通道与江滨路的衔接，黎明路的交通压力增加；3）府东路隧道主线敞开段在保证规划道路红线不变情况下，地面道路为双向 5 车道。如需保证府东路地面道路双向 6 车道，府东路道路红线需向西侧外扩 3.5m，西侧占用地块面积增加 820m2。	1）过江通道与江滨路及沿江快速路无交通联系，交通功能差；2）北向南车流全部经府东路至黎明路转换，府东路及黎明路交通压力将大大增加。3）府东路隧道敞开段在保证现规划道路红线不变情况下，地面道路需压缩为双向 4 车道；如需保证府东路地面道路双向 6 车道，府东路道路红线需往两侧各外扩 3.5m，占地块面积增加约 1600m2。
造价	远期实施建安费约 1.5 亿。	C 匝道土建费用约 1.8 亿，D 匝道土建费用约 0.87 亿，管线改迁及临时围堰费用约 0.5 亿，建安费增加约 3.17 亿。	D 匝道土建增加的费用 0.87 亿，管线改迁费用 0.2 亿，主线土建增加费用 0.65 亿，建安费共增加约 1.72 亿。	主线土建费用增加约 1.3 亿。
结论	推荐	不推荐	不推荐	不推荐

从投资更节省，交通组织更合理，服务功能更优角度考虑，南岸接线推荐方案一。

4.5 交通组织设计与评价

4.5.1 交通组织

府东路过江通道北起 104 国道，向南沿梅园路布设，下穿环江大道、瓯江主航道，南岸顺接府东路，依次下穿瓯江路、规划悦江路后，与江滨东路规划地下快速路通过一组匝道衔接，主线隧道出入口设置于江滨东路交叉口南侧，止于距离杨府山路以北 240m 处。沿线交叉口布设方案见下表所示。

表 4.5.1-1 沿线交叉口布设方案一览表

序号	相交道路名称	交叉等级	交叉口形式	备注
1	府东路过江通道～104 国道	主干路～国道	平 A1 类	十字形
2	府东路过江通道～环江大道	主干路～次干路	下穿	T 形

3	府东路过江通道～瓯江路	主干路～次干路	下穿	T 形
4	府东路过江通道～悦江路	主干路～支路	下穿	T 形
5	府东路过江通道～江滨东路	主干路～快速路	地下匝道衔接	十字形
6	府东路过江通道～聚园路	主干路～支路	平 B1 类	T 形

1．府东路过江通道主线出口与 104 国道

府东路过江通道主线出口以双向 4 车道形式与 104 国道西向连接，与永嘉核心区联系。隧道主线出口两侧的地面辅道保持双向 4 车道通行，并通过约 70m 的展宽段及约 90m 的渐变段与现状 104 国道相衔接，与中村路形成平面 T 形交叉。中村路采用右进右出交通组织方式，减速让行 104 国道主线车流，避免对主线交通流的干扰。

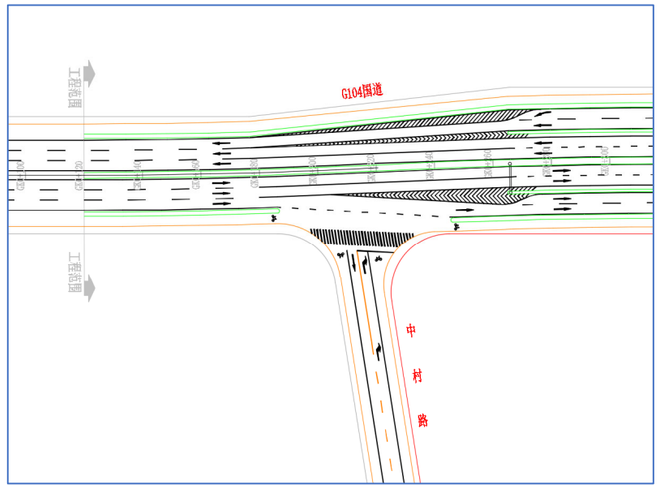


图 4.5.1-1 府东路过江通道主线出口—104 国道节点交通组织设计图

2．梅园路与 104 国道

在本交叉口，隧道主线出口及右转匝道以隧道形式下穿，其中隧道主线出口采用双向 4 车道形式与 104 国道西向衔接，右转出口匝道采用单车道形式与 104 国道东向衔接。府东路过江通道主线入口设置于梅园路，梅园路与 104 国道形成平面 T 形交叉，交通管理措施为采用信号灯控制模式，通过地面灯控平交实现 104 国道过江交通进入隧道主线，梅园路在 104 国道南侧设置单车道匝道进入隧道。交叉口南北进出口道均不拓宽。交叉口东向出口道拓宽一个车道，增强通行能力，并利用中央分隔带设置掉头车道和行人二次过街安全岛，满足车辆的掉头需求和行人的过街安全。

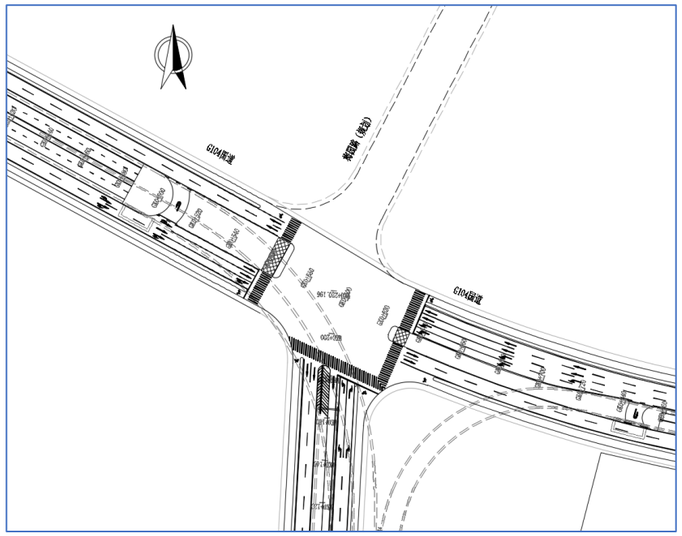


图 4.5.1-2 梅园路—104 国道节点交通组织设计图

3．府东路过江通道出口匝道与 104 国道

府东路过江通道右转出口匝道以单车道形式与 104 国道东向连接，在车道右侧设置宽 2.5m 的应急车道，利用中央分隔带分隔对向车流并设置掉头车道，保障车辆行驶安全。

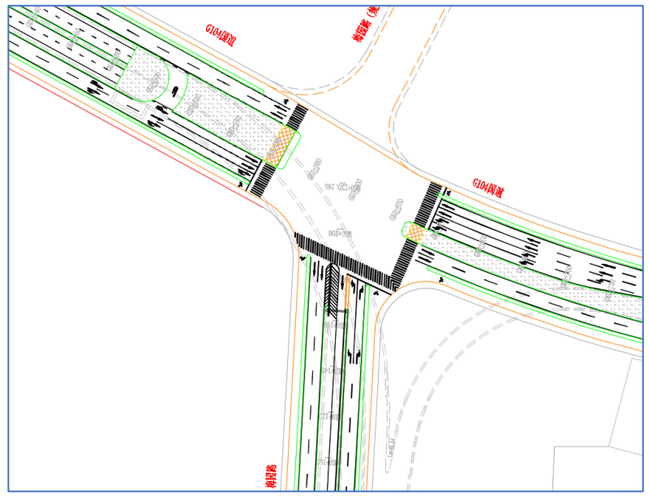


图 4.5.1-3 府东路过江通道出口匝道—104 国道节点交通组织设计图

4．府东路过江通道与环江大道

在本交叉口，单向匝道+5 车道断面的府东路过江隧道主线及右转单车道匝道以隧道形式

下穿，梅园路与环江大道形成平面 T 形交叉，进出口道均不拓宽，交通管理措施为采用信号灯控制模式，满足梅园路与环江大道之间的交通转换需求。

梅园路地面设置双向 4 车道地面道路，宽度为 40m，隧道洞门上方利用中央分隔带设置行人二次过街安全岛。环江大道为双向 4 车道断面，宽度为 25m。

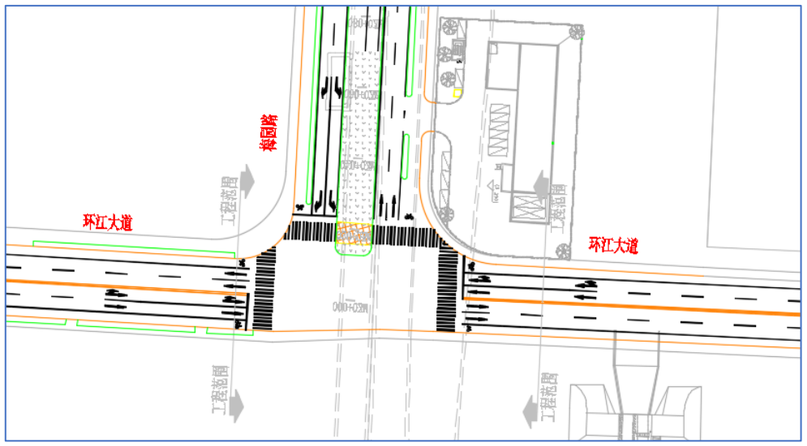


图 4.5.1-4 府东路过江通道—环江大道节点交通组织设计图

5．府东路过江通道与江滨东路

在本交叉口，府东路地面道路与江滨东路形成平面十字交叉。府东路过江通道主线在江滨东路南侧以双向 4 车道接地面道路。府东路过江通道主线在江滨东路北侧采用双向 6 车道规模，道路宽度为 42m；在江滨东路南侧隧道敞口段地面道路也采用双向 6 车道与被测保持一致，道路宽度为 58m。江滨东路在府东路西侧设置为双向 9 车道，道路宽度为 50m；江滨东路在府东路东侧设置双向 9 车道，道路宽度为 56m。

府东路过江通道在江滨东路设置 C 匝道接入江滨快速路（地下隧道），设置 D 匝道接入江滨东路东侧地面道路。C、D 匝道均为单车道并暂缓实施，后期与江快速路、地铁 M2 号线同期实施。

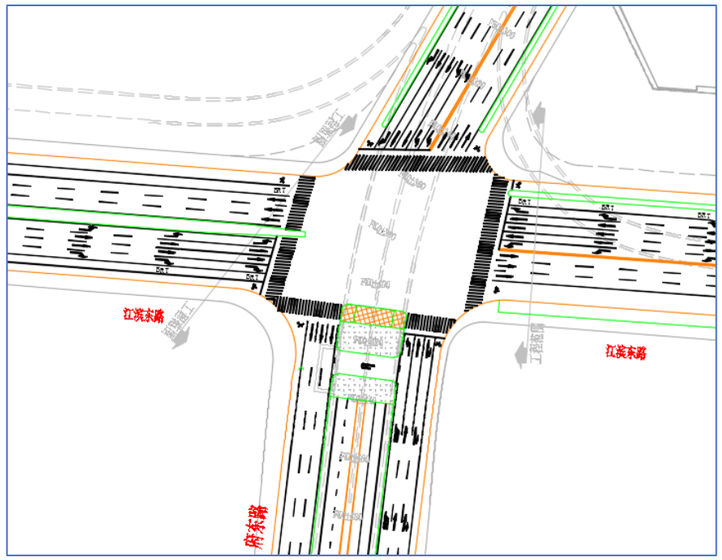


图 4.5.1-5 府东路过江通道—江滨东路节点交通组织设计图

6．府东路过江通道与聚园路

在本交叉口，府东路过江通道主线出入口以双向 4 车道形式在聚园路南侧接地。隧道主线两侧的地面辅道保持双向 6 车道通行，与聚园路形成平面 T 形交叉。府东路主线设置中央栏杆，在聚园路采用右进右出交通组织方式，减速让行府东路主线车流，避免对主线交通流的干扰。

其中府东路在聚园路北侧路面宽度为 58m；在聚园路南侧路面跨度为 36m，聚园路路面宽度为 20m。

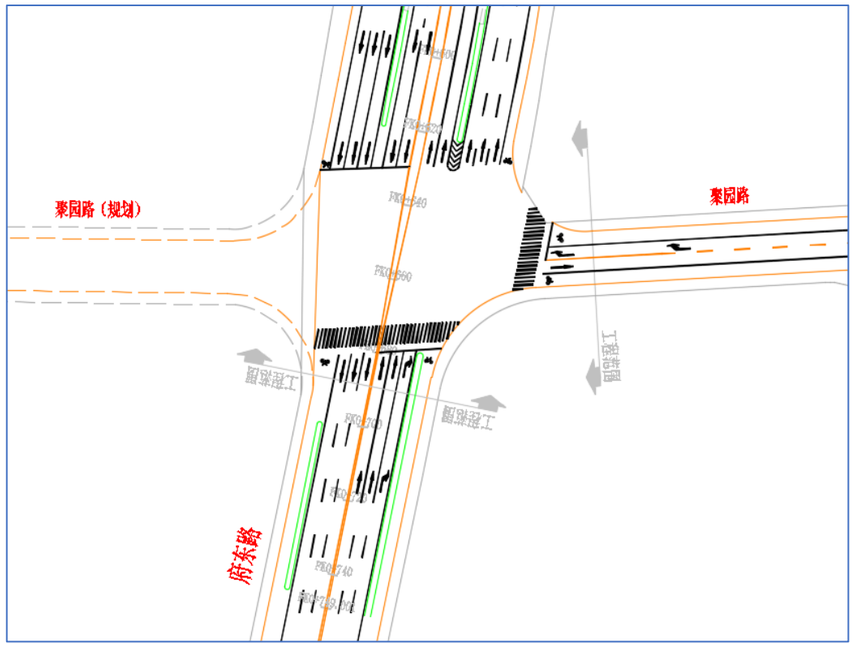


图 4.5.1-6 府东路过江通道—聚园路节点交通组织设计图

4.5.2 过江通道服务水平评价

1.过江通道服务水平评价

本次交通量预测按照单向三车道、实际通行能力 3560pcu/h 进行预测分析，计算分析方案各段交通流量饱和度，结果显示各段车道数满足预测交通流量，方案承载能力匹配度较好。

表 4.5.2-1 各预测年限府东路过江通道断面流量及服务水平预测结果

		高峰小时 (PCU/H)		
		流量	饱和度	服务水平
2025 年	南至北	1584	0.44	B
	北至南	1238	0.34	A
	合计	2822		
2035 年	南至北	2151	0.60	B
	北至南	2274	0.63	C
	合计	4425		
2045 年	南至北	2221	0.62	C
	北至南	2330	0.65	C
	合计	4551		

表 4.5.2-2 2045 年府东路过江通道各路段承载能力计算

路段	车道数	通行能力 pcu/h	预测流量 pcu/h	饱和度	服务水平
104 国道主出口	3	3000	1411	0.47	B
A 匝道出口	1	1000	810	0.81	D
梅园路主入口	3	3000	2330	0.78	D
主线北向南	3	3560	2330	0.65	C
主线南向北	3	3560	2221	0.62	C
B 匝道出口	2	2000	1327	0.66	C
C 匝道入口	1	1000	654	0.65	C
府东路主出口	2	2000	1003	0.50	B
府东路主入口	2	2000	1567	0.78	D

2.主要节点服务水平评价

研究重点对黎明路-府东路交叉口、梅园路-104 国道以及 104 国道-美人岗隧道三个交叉口的服务水平进行预测。黎明路-府东路交叉口的服务水平分别为 B 级、C 级、D 级；府东路-104 国道交叉口的服务水平分别为 C 级、C 级、D 级；104 国道美人岗隧道交叉口的服务水平分别为 C 级、D 级、D 级；三个预测年限各交叉口处于相对合理状态。

表 4.5.2-3 黎明路-府东路交叉口服务水平计算

年限	进口方向	交通量(pcu/h)	进口道饱和度	平均饱和度	服务水平
2025	东口	1824	0.61	0.57	B
	西口	1342	0.45		
	南口	1666	0.56		
	北口	2042	0.68		
2035	东口	2013	0.67	0.66	C

	西口	1568	0.52		
	南口	2027	0.68		
	北口	2259	0.75		
2045	东口	2708	0.90	0.77	D
	西口	1696	0.57		
	南口	2243	0.75		
	北口	2591	0.86		

表 4.5.2-4 梅园路-104 国道交叉口服务水平计算

年限	进口方向	交通量(pcu/h)	进口道饱和度	平均饱和度	服务水平
2025 年	南口	1888	0.52	0.61	C
	东口	1398	0.70		
	西口	1858	0.62		
2035 年	南口	2399	0.67	0.73	C
	东口	2217	0.74		
	西口	2367	0.79		
2045 年	南口	3124	0.87	0.82	D
	东口	2325	0.78		
	西口	2415	0.81		

表 4.5.2-5 104 国道-美人岗隧道交叉口服务水平计算

年限	进口方向	交通量(pcu/h)	进口道饱和度	平均饱和度	服务水平
2025 年	东口	2167	0.72	0.64	C
	西口	1173	0.59		
	北口	1209	0.60		
2035 年	东口	2547	0.85	0.80	D
	西口	1387	0.69		
	北口	1695	0.85		
2045 年	东口	2835	0.95	0.85	D
	西口	1500	0.75		
	北口	1717	0.86		

3.区域路网服务水平评价

区域内大部分道路运行状况较好，处于 C 级及以下；部分通道如 104 国道及瓯越大桥等交通压力相对较大，处于 E 级，接近饱和。

表 4.5.2-6 主要道路晚高峰交通服务水平预测

道路	方向	2025 年			2035 年			2045 年		
		流量	饱和度	服务水平	流量	饱和度	服务水平	流量	饱和度	服务水平
104 国道	东至西	2168	0.72	C	2548	0.85	D	2836	0.95	E
	西至东	1859	0.62	C	2368	0.79	D	2416	0.81	D
瓯江路	东至西	1016	0.42	B	1338	0.56	B	1257	0.52	B
	西至东	890	0.37	A	1213	0.51	B	1160	0.48	B
江滨路	东至西	2279	0.76	D	3860	0.86	D	3782	0.84	D
	西至东	1953	0.65	C	3360	0.75	C	3186	0.71	C
黎明路	东至西	1448	0.48	B	2014	0.67	C	2709	0.90	E
	西至东	1343	0.45	B	1554	0.52	B	1828	0.61	C
学院路	东至西	1523	0.51	B	1765	0.59	B	1651	0.55	B
	西至东	1381	0.46	B	1771	0.59	B	1647	0.55	B
七都大桥	东至西	1906	0.53	B	3094	0.86	D	2925	0.81	D
	西至东	2211	0.61	C	3006	0.84	D	3159	0.88	D
瓯越大桥	南至北	3231	0.90	D	2952	0.82	D	2968	0.82	D
	北至南	2516	0.70	C	2993	0.83	D	3002	0.83	D
汤家桥路	南至北	1435	0.48	B	1531	0.51	B	1409	0.47	B
	北至南	1459	0.49	B	1991	0.66	C	1778	0.59	B
	南至北	1511	0.50	B	1597	0.53	B	1559	0.52	B

惠民路	北至南	1368	0.46	B	1607	0.54	B	1535	0.51	B

4.过江通道建设前后交通影响评价

府东路过江通道有效分流了其他过江通道的交通量，缓解交通压力。府东路过江通道建成后，府东路（江滨路-黎明路段）、府东路（黎明路-学院路段）以及黎明路、学院路等路段交通流量均有一定幅度的增加，从服务水平预测上来看，带来交通影响可接受。

表 4.5.2-7 建成前后主要道路交通流量对比

编号	道路名称	方向	建成前			建成后			变化幅度
			流量	饱和度	服务水平	流量	饱和度	服务水平	
1	瓯江路	东向西	1035	0.43	B	1016	0.42	B	-1.84%
		西向东	875	0.36	A	890	0.37	A	1.71%
2	江滨路	东向西	1474	0.49	B	1594	0.53	B	8.14%
		西向东	1353	0.45	B	1544	0.51	B	14.12%
3	黎明路	东向西	1292	0.43	B	1448	0.48	B	12.07%
		西向东	1212	0.40	B	1343	0.45	B	10.81%
4	学院路	东向西	1367	0.46	B	1523	0.51	B	11.41%
		西向东	1223	0.41	B	1381	0.46	B	12.92%
7	惠民路	南向北	1465	0.49	B	1511	0.50	B	3.14%
		北向南	1329	0.44	B	1368	0.46	B	2.93%
9	汤家桥北路	南向北	1409	0.47	B	1435	0.48	B	1.85%
		北向南	1365	0.46	B	1459	0.49	B	6.89%
10	104 国道	东向西	1822	0.91	E	2168	0.72	C	18.99%
		西向东	1332	0.67	C	1859	0.62	C	39.56%
11	东瓯大桥	南向北	2349	0.98	E	2216	0.92	E	-5.66%
		北向南	2408	1.00	F	2330	0.97	E	-3.24%
12	瓯越大桥	南向北	3542	0.98	E	3231	0.90	D	-8.78%
		北向南	2611	0.73	C	2516	0.70	C	-3.64%
13	七都大桥	东向西	1995	0.67	C	1906	0.64	C	-4.46%
		西向东	2558	0.85	D	2211	0.74	C	-13.57%
14	府东路（黎明路以北段）	南至北	1237	0.41	B	2169	0.72	C	75.34%
		北至南	1285	0.43	B	2043	0.68	C	58.99%
15	府东路（黎明路以南段）	南至北	1462	0.49	B	1667	0.56	B	14.02%
		北至南	1621	0.54	B	1842	0.61	C	13.63%

5.江滨路匝道有无交通影响评价

研究认为若江滨路过江通道在一定时间内无法建成，将导致府东路过江通道的交通功能无法充分发挥，一定程度造成通道资源的浪费；同时也将加剧府东路沿线（江滨路-学院路区间）的交通压力。

近期 2025 年，基础方案为无江滨路匝道，如果建设江滨路匝道，府东路过江通道的交通流量有所增加，一方面进出府东路过江通道更为便捷，三条既有过江通道（瓯越大桥、七都大桥、东瓯大桥）均有不同程度的流量下降，说明进一步分流了既有过江通道的交通压力；另一方面，府东路（江滨路以南段）流量减少，分散了进出过江通道主线的交通压力。

表 4.5.2-8 2025 年有无匝道方案下的主要道路交通流量对比

道路	方向	建匝道			不建匝道			变化
		流量	饱和度	服务水平	流量	饱和度	服务水平	
府东路过江通道	南至北	1584	0.44	B	1895	0.53	B	311
	北至南	1238	0.34	A	1530	0.43	B	292
府东路（黎明路以北）	南至北	2169	0.72	C	1706	0.57	B	-463
	北至南	2043	0.68	C	1528	0.51	B	-515
府东路（黎明路以南）	南至北	1667	0.56	B	1501	0.50	B	-166
	北至南	1842	0.61	C	1698	0.57	B	-144
瓯越大桥	南向北	3231	0.90	D	3077	0.85	D	-154

	北向南	2516	0.70	C	2355	0.65	C	-161
七都大桥	东向西	1906	0.53	B	1795	0.50	B	-111
	西向东	2211	0.61	C	2058	0.57	B	-153

远期 2035 年，基础方案为有江滨路匝道，如果江滨路匝道无法建设，则一方面府东路过江通道段交通流量明显减少，相应的东瓯大桥、瓯越大桥及七都大桥三条过江通道的交通流量有比较显著的增加，说明府东路过江通道的分流作为未能体现；另一方面，府东路过江通道主线入口路段的交通流量增加，一定程度上加剧了路段的交通压力，但仍然处在可接受的水平上。

表 4.5.2-9 2035 年有无匝道方案下的主要道路交通流量对比

道路	方向	建匝道			不建匝道			变化
		流量	饱和度	服务水平	流量	饱和度	服务水平	
府东路过江通道	南至北	2151	0.60	B	1731	0.48	B	-420
	北至南	2274	0.63	C	1563	0.43	B	-711
府东路（黎明路以北）	南至北	2169	0.72	C	2459	0.82	D	290
	北至南	2043	0.68	C	2683	0.89	D	640
府东路（黎明路以南）	南至北	1667	0.56	B	1800	0.60	C	133
	北至南	1842	0.61	C	1946	0.65	C	104
瓯越大桥	南向北	2952	0.82	D	3189	0.89	D	237
	北向南	2993	0.83	D	3260	0.91	E	267
七都大桥	东向西	3094	0.86	D	3256	0.90	E	162
	西向东	3006	0.84	D	3144	0.87	D	138

6.工程方案及交通组织方案交通影响评价

经过对初步设计阶段的工程方案及路线交叉交通组织方案进行综合分析，现阶段道路平面、横断面、纵断面及关键节点的交通详细设计方案较为合理。

5 隧道工程设计

5.1 线路设计

5.1.1 隧道平、纵断面设计原则

（1）盾构隧道平面、纵断面设计应符合国家现行相关行业的隧道设计标准的规定。

（2）隧道线路平面宜为直线或大半径曲线；确定隧道线路平面最小曲线半径时宜计及盾构设备的转弯能力。

（3）隧道线路纵断面坡度不宜小于 0.1%，确定最大坡度时宜计及盾构机及后配套运输设备的爬坡能力。

（4）盾构始发和盾构接收位置应根据地形、地质及环境条件，结合盾构施工工艺要求综合确定。

（5）隧道宜选择河床稳定、冲刷深度小的地段通过，不宜穿越河床的局部深槽、深坑区域。

（6）纵断面设计时应根据河流最高和最低设计水位、河床最大冲刷深度及最大冲刷线等因素综合确定最小覆盖层厚度。

（7）覆盖层厚度不宜小于隧道外径，并应大于水利及航运部门对规划航道深度和船舶锚击深度的要求。

（8）河床最大冲刷深度应按不低于百年一遇的洪水频率确定。

（9）当存在驳岸、码头、沉船等既有构筑物或地下障碍物时，宜绕避或从下方穿越，也可从地面清楚障碍物后再通过。

5.1.2 平面设计

本方案北岸衔接永嘉县三江片区 104 国道和梅园路，南岸衔接鹿城区府东路，过江段采用双管盾构方案，两岸岸上段采用明挖方案，北岸盾构井设置于江中滩涂内，南岸盾构井设置于瓯江路以南府东路上。隧道总长约 3065m，其中敞开段 300m，暗埋段 775m，盾构井 2×25m，江中盾构段左线长 1952.67m，右线长 1940m，横断面单管盾构外径 14.5m，内径 13.3m。

北岸受既有建筑物长岙水闸、北岸大堤、大诚瓯江印象、长岙油库、关公庙、规划水系及既有道路的影响，主线设置双向 4 车道布置在 104 国道与梅园路交叉口的东侧并占用现状地面道路北侧路幅，现状 104 国道道路红线往北拓宽，保证地面道路与隧道敞开段平行段恢复成原有车道数。北岸设置进隧道的单车道 A 匝道在梅园路上，A 匝道占用现状梅园路道路东侧路幅，现状梅园路道路红线往东拓宽，保证地面道路与隧道敞开段平行段恢复成原有车道数。北岸设置出隧道的单车道 B 匝道在梅园路与 104 国道交叉口的东侧 104 国道上，B 匝道占用现状 104 国道道路南侧路幅，现状 104 国道道路红线往南拓宽，保证地面道路与隧道敞开段平行段恢复成原有车道数。

南岸受瓯江上品、安置房、罗湾锦苑、伟明智慧环卫有限公司、岷江小学、上陡门浦桥、南岸大堤、规划的沿江快速路及地铁 M2 号线以及既有道路的影响，南岸主线设置双向 4 车道布置在府东路与江滨东路交叉口的南侧并占用现状府东路中间路幅，现状府东路道路红线往西侧及东侧拓宽，保证地面道路与隧道敞开段平行段恢复成原有车道数。南岸在府东路与江滨东路交叉口以北的西侧暂缓实施的出隧道单车道 C 匝道与江滨东路下方规划的沿江快速路地下隧道衔接，在府东路与江滨东路交叉口以北的东侧暂缓实施的进隧道单车道 D 匝道与江滨东路地面道路衔接，本次 C、D 匝道暂缓实施，只施做出接口，后期与沿江快速路隧道同期施工。

项目平面线型受北岸景观平台、水闸、南岸大堤景观平台、上陡门浦河桥及盾构最小净距的影响，为使线路长度最短，江中段左线、右线主线各设置一处曲线，半径分为 800m、883.3m。

左线主线设置五处平曲线，半径分别为 150m，1000m，1000m，800m，350m；右线主线设置三处平曲线，半径分别为 150m，883.3m，380m。

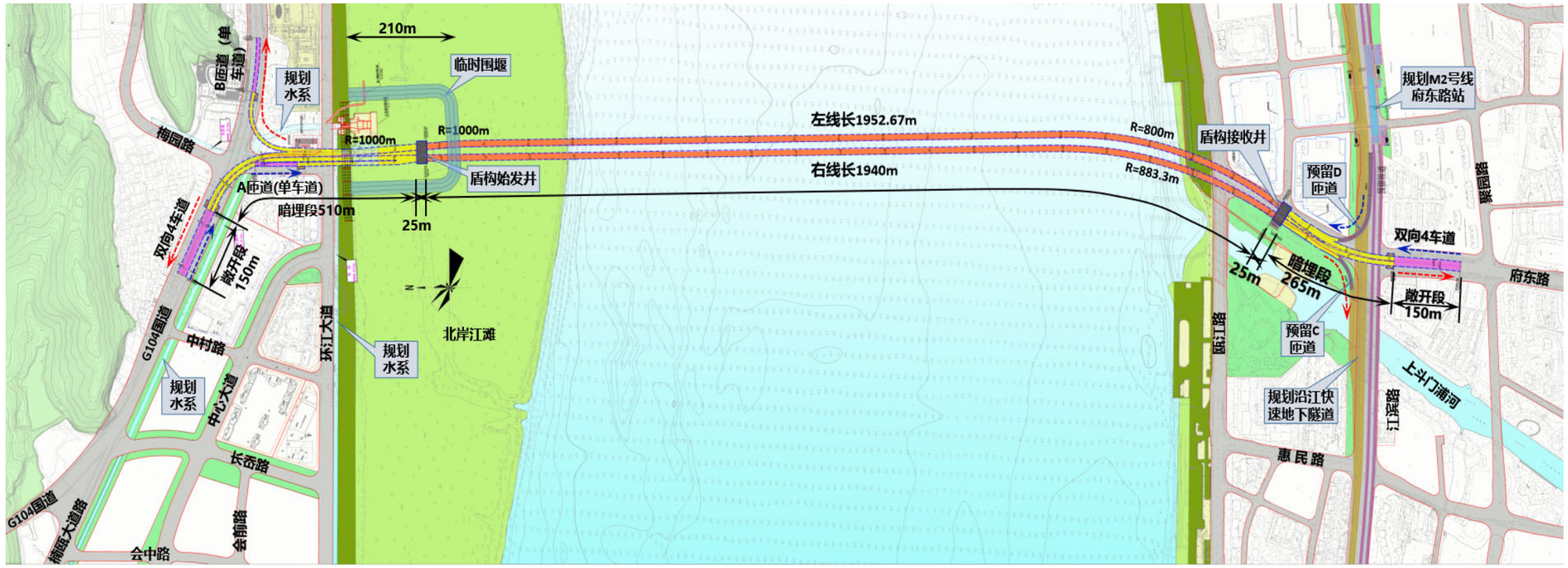


图 5.1.2-1 隧道总平面图

5.1.3 纵断面设计

隧道主线纵断面自 104 西接地点以 4.98%的纵坡下行至梅园路后采用 0.3%缓坡穿越环江大道后到达瓯江北岸江滩盾构始发井，然后盾构段分别采用 4.98%、0.5%、0.3%、4.98%纵坡穿越瓯江并在府东路上设置盾构接收井，隧道以 4.98%的纵坡下穿江滨东路至江滨东路南侧府东路接地。

隧址位置地质自上而下依次为 1-1 杂填土、2-1 粉砂夹淤泥、2-2-1 淤泥夹粉砂、2-2-2 淤泥、2-3 粉砂夹淤泥、2-4 含粉砂淤泥、3-1 淤泥质粘土、3-2 淤泥质粘土夹中砂、4-3-1 粉砂、4-3-2 卵石等地层。淤泥呈现流塑、软塑状，地质情况较差。根据府东路隧道冲刷论证报告，经综合研判，本项目江底按百年一遇冲刷最低高程-15.2m 考虑，江中段考虑到盾构掘进安全、结构永久抗浮、规划航道及船舶抛锚等因素，取最小覆土为 9.0m。

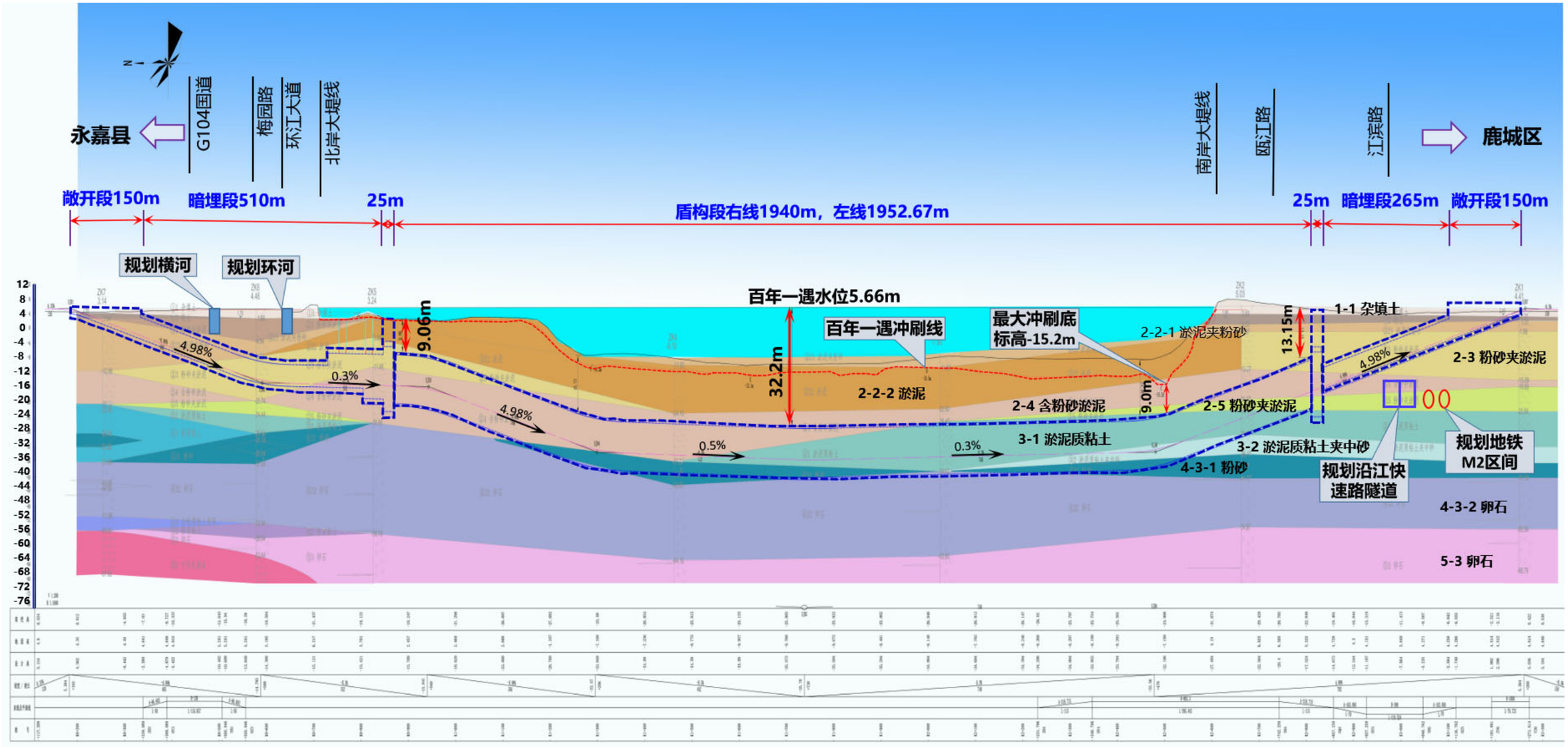


图 5.1.3-1 隧道地质纵断面图

5.2 隧道建筑

5.2.1 设计原则

1)综合用地规划、功能需求、可实施性等要求，隧道及其附属建筑物的总体应布局合理、集约；

2)作为交通性设施，隧道应体现通畅、有序和安全等基本要求；

3)隧道横断面设计应根据道路类别、等级确定合理且经济的建筑限界；

4)隧道设计必须考虑防灾救援及安全疏散；

5)隧道装修应简洁明快、空间感觉流畅、并体现现代感，确保地下隧道在发挥其正常使用功能的同时，塑造出具有交通功能的新型城市景观；

6)地下隧道及其附属建筑物需综合考虑节能、环保的要求；

7)隧道建筑总体设计应注重以人为本，保护城市环境及人文景观；

8)隧道的运营管理中心，根据日常的运营维护、事故时的应急救援需求，就近选址、合理配置功能。

5.2.2 建筑设计标准

1)隧道全长 3065m，其中封闭段长 2765m，仅限通行非危险化学品等机动车。根据《建筑设计防火规范》（GB50016-2014(2018 年版)）第 12.1.2 条和第 12.1.3 条，本隧道为二类隧道，隧道内承重结构体耐火极限要求为采用火灾升温曲线采用 RABT 标准升温曲线，不低于 1.5 小时；

2)隧道规模：城市快速路，双管双向 6 车道，设计时速 60km/h；

3)地下附属用房、疏散出入口的耐火等级为一级；地面附属设备用房、运营管理中心的耐火等级为二级。

5.2.3 总体布局

本项目隧道全长 3065m，其中：盾构段左线长 1952.67m，右线长 1940m，南北两端各设 1 座盾构井，内径长 23.0mX48m，北岸暗埋段（含盾构井）长 535m，北岸敞开段长 150m；南岸暗埋段（含盾构井）长 290m，南岸敞开段长 150m。

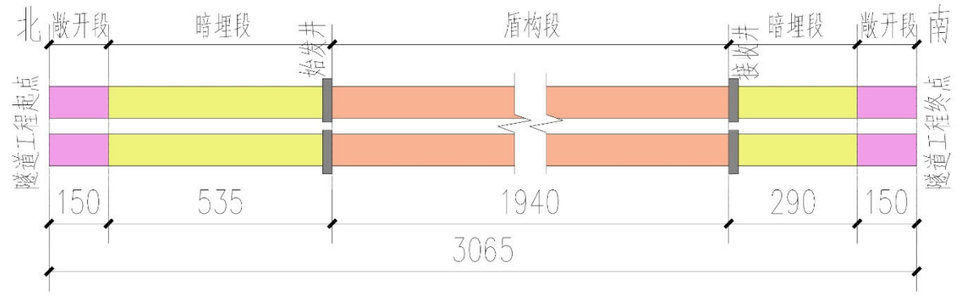


图 5.2.3-1 隧道主体工程分段示意图

综合考虑拟建隧道各种因素，通过研究隧道运营原理，设备的合理分布，充分利用结构空腔，将各类设备用房整合布置，成组分布。具体如下：

1)左、右线隧道各设 10 组（每组 2 台）直径 1000mm 的射流风机，为隧道平时的通风换气及火灾工况下排烟使用；

2)南北两岸各设置 1 处地面隧道变电所，北岸结合运营管理中心合建，南岸结合盾构井设置在上陡门浦公园绿地内；

3)设置消防泵房及消防水池 1 处，位于北岸运营管理中心地下室；共设置废水泵房 4 处，南北两岸盾构井各 1 处，每条隧道盾构段中最低点各 1 处；共设置雨水泵房 4 处，主线南北洞口各 1 处，北岸 2 个匝道各 1 处；

4)共设置 2 处车行横通道，位于南北两岸盾构井；

5)北岸暗埋段（含北岸盾构井）设置 5 处人行横通道，间距约 100m；南岸暗埋段（含南岸盾构井）设置 2 处人行横通道，间距约 100m，盾构井内的车行横通道兼人行横通道；

6)盾构段左右两线各有 24 处逃生通道（楼梯与滑梯交错）连接至隧道车行道底部纵向疏散通道，按间距 80m 布置，消防人员可通过楼梯进入车道层救援；

7)隧道设置 1 处运营管理中心，选址在北岸梅园路东侧现状空地内，便于隧道日常维护管理及应急处置。

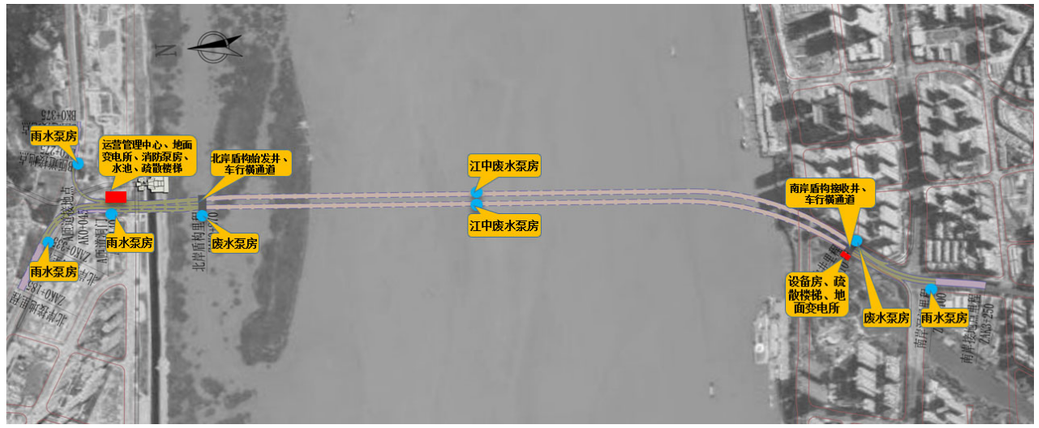


图 5.2.3-2 隧道主要设备用房分布图

5.2.4 隧道横断面设计

1）建筑限界

隧道横断面的设计以充分利用空间为原则，满足隧道正常运营、故障检修、事故安全疏散等多种工况的功能要求。横断面设计主要考虑：隧道建筑限界、设置设备空间，以及安全疏散方式等。本项目隧道根据不同的功能要求和施工方法，分为圆形盾构隧道、矩形明挖隧道、敞开段隧道三种形式。

隧道横断面中的主要设备有：射流风机、信号灯、基本照明（连续光带形式）、应急照明（间距约 10m）、加强照明（出入口封闭段内）、监控摄像机、广播扬声器、泄漏电缆、COVI 检测仪、火灾报警器、可变信息指示牌、水喷雾头、水喷雾管、消火栓管、泡沫管、排水管、路边沟、各类设备箱、各类电缆桥架等。

隧道为城市快速路，主线设计车速 60km/h 的标准设计。主线三车道的宽度均为 3.50m，路缘带宽度两侧为 0.50m，安全带宽度为 0.25m，建筑限界总宽度为 0.25+0.5+3.5*3+0.5+0.25=12.0m，建筑限界高度为 4.5m；主线双车道的宽度均为 3.50m，路缘带宽度两侧为 0.50m，安全带宽度为 0.25m，建筑限界总宽度为 0.25+0.5+3.5*2+0.5+0.25=8.5m，建筑限界高度为 4.5m；单车道匝道的宽度为 3.50m，设 2.5m 应急车道，路缘带宽度两侧为 0.50m，建筑限界总宽度为 0.5+3.5+2.5+0.5=7.0m，建筑限界高度为 4.5m。

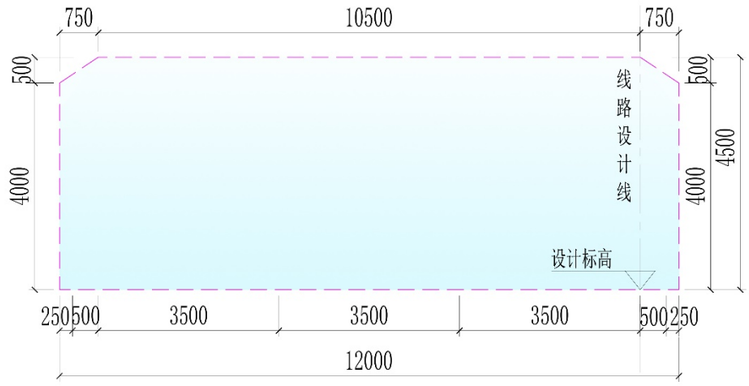


图 5.2.4-1 隧道三车道建筑限界图

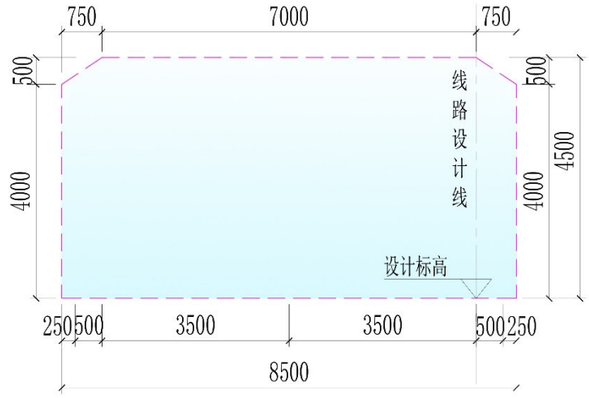


图 5.2.4-2 隧道双车道建筑限界图

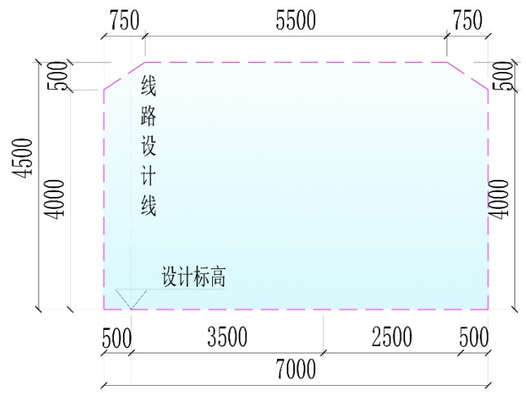


图 5.2.4-3 隧道单车道建筑限界图

2）断面设计

综合考虑建筑限界、设备安装、安全疏散等功能要求以及施工误差、后期沉降等因素，在

横断面中考虑了各种设备所需的布置空间，并设定相应的设备限界。圆隧道采用外直径为 14.5m 的隧道断面，衬砌厚度为 0.6m，内径为 13.30m。

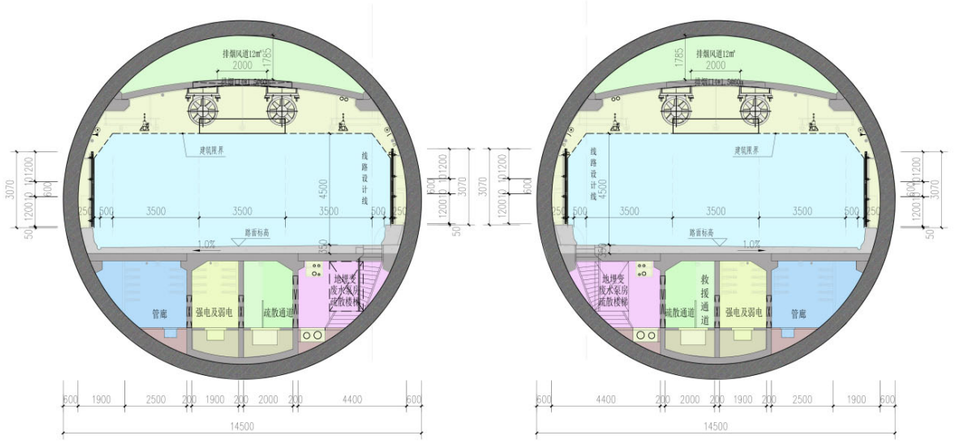


图 5.2.4-4 隧道盾构段横断面图

盾构段隧道顶部设置横断面 12 ㎡的排烟道，车道板下方设置疏散通道、消防救援通道，行车方向左侧纵向每隔 80m 交错设置疏散楼梯和滑梯，疏散楼梯可供救援人员从救援通道到达火灾现场附近。疏散时，司乘人员自车行道进入疏散通道进行纵向疏散，经疏散通道疏散至盾构井；在盾构井内横向进入另一孔车道盾构井疏散楼梯，北岸由盾构井疏散楼梯至车道层进入明挖段疏散，在 YAK0+584 里程处（运营管理中心处）设置疏散楼梯，可由疏散楼梯直出地面，或由明挖段洞口疏散；南岸由盾构井疏散楼梯直出地面，或由明挖段洞口疏散。南北两岸盾构井均设车行兼人行横向通道，明挖暗埋段中隔墙上每隔 100m 开设一对安全门，事故时人员可以通过安全门直接疏散至另一孔车道，并为消防救援人员提供救援通道。

车道横坡采用 1%单向坡排至车行方向右侧的路边沟内，车道区下方单向共有 4 个舱室，行车道板下最右侧为管廊仓，右二仓为隧道管线仓，左二仓为隧道纵向疏散通道及救援通道，最左侧仓室内每间距 80m 交错设置疏散楼梯与滑梯、江中最低点设置废水泵房。

5.2.5 隧道盾构工作井设计

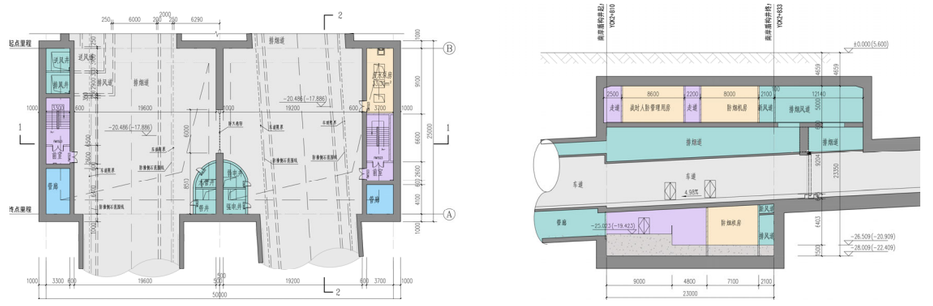
隧道南北两岸利用施工中开挖的盾构工作井，合理利用结构空腔，设置部分夹层，集中布置设备用房。

北岸盾构工作井内部长宽为 23.0m×48.0m 空间，地下一层为结构空腔；地下二层为风道层，设置排风道、新风道、排烟道；地下三层为车道层，设置车行横通道、设备管井、风孔、疏散楼梯间、废水泵房等；地下四层为隧道人员疏散、风机房、风孔等各类设备管线交互的空间，设置 2 个疏散楼梯通向地下三层，集中布置各类设备用房。



图 5.2.5-1 北岸盾构井设备房平剖面图

南岸盾构工作井内部长宽为 23.0m×45.0m 空间，地下一层为设备层，设置 2 个出地面疏散楼梯，设置管井、风机房、风孔、电缆通道连接地面变电所，主要为设备用房、备用间；地下二层为排烟道层；地下三层为车道层，设置车行横通道、设备管井、疏散楼梯间、废水泵房等；地下四层为隧道人员疏散、各类设备管线交互的空间，设置 2 个疏散楼梯通向地下三层，可直出地面。



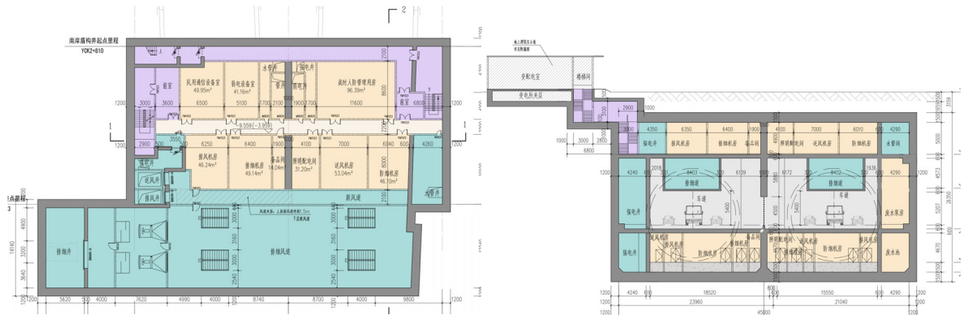


图 5.2.5-2 南岸盾构井设备房平剖面图

5.2.6 隧道设备用房设计

隧道北岸设备用房结合北岸盾构井、运营管理中心大楼及隧道顶部空间设置，南岸设备用房利用南岸施工中开挖的盾构井结构空腔，集中布置；隧道左右线江中盾构段最低点各设 1 处废水泵房，以排出隧道内的路面冲洗水和少量的渗漏水；为防止因极端天气，大量雨水倒灌进入隧道，在隧道接地点设置反坡，在隧道南北岸主线洞口各设 1 处雨水泵房及横截沟，北岸 2 个匝道洞口各设 1 处雨水泵房及横截沟，共 4 个雨水泵房。

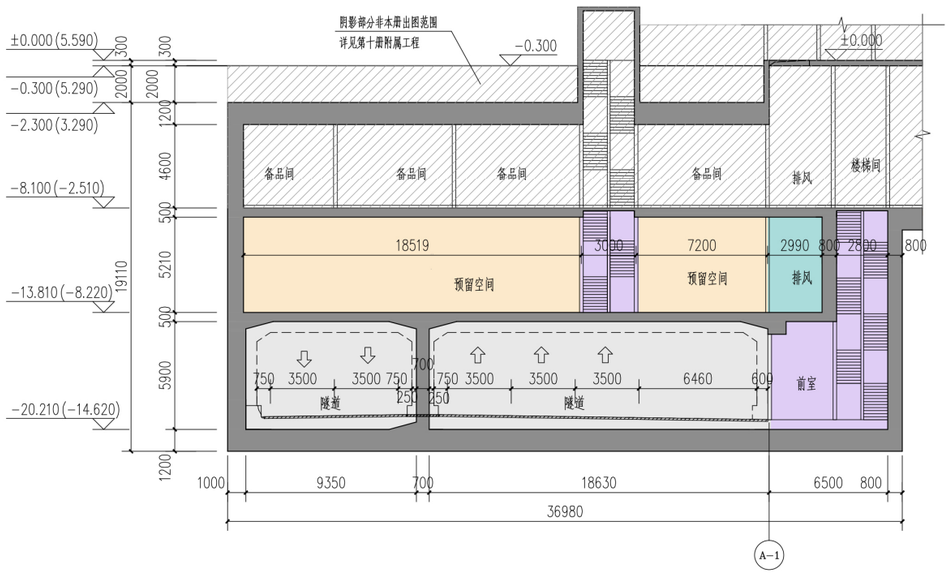


图 5.2.6-1 北岸地下设备房剖面图

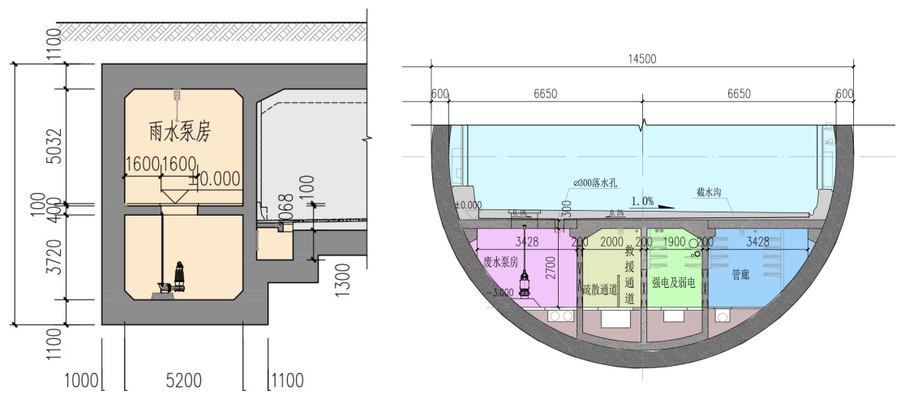


图 5.2.6-2 雨水泵房及江中废水泵房剖面图

5.2.7 隧道装修及景观设计

隧道作为地下交通性建筑，根据其使用功能及城市景观的需要做适当的装修，使隧道在色彩、线条及造型方面具有交通性建筑简洁、明快、流畅的特色，体现庄重美观、富有时代感并考虑防疲劳性能。

隧道建筑景观设计，承随城市人文、地理环境条件，延续城市文脉，将城市南北两岸相融合，形成**“诗画山水，温润之州”**的城市亮丽风景带。

1）装修原则

鉴于隧道内特有的环境条件，装饰材料应综合考虑耐火性能、耐潮湿性能、耐污染性能，室内外耐候性能，易于维护保养等因素；应综合平衡装饰效果与装饰材料的性价比；在性能、综合造价合理的情况下，应优先考虑绿色、环保、节能等材料。

2）封闭段内装修

1)材料的选择

墙面装饰材料必须满足隧道的使用功能及装修要求，尤其是考虑隧道内潮湿及腐蚀因素多的环境条件。墙面材料应具有不怕潮湿，耐各种腐蚀的特性。

墙面材料应具有足够的耐火性，并在火灾高温下不分解出大量有毒气体及烟雾；墙面材料要平整光滑，不易积灰，容易清洁，耐洗刷；墙面材料应具有良好的耐久性，要求不生锈，不褪色，不发霉，对光的漫反射系数 ρ ≥70%；环保、加工、安装、维修保养方便；墙面装饰材料防火标准为 A 级不燃。

隧道常用的装修材料有面砖、侧墙装饰板材两个大类。面砖材料价格便宜，管养方便，但受到面砖大小的限制，造型方案比较单调。目前，隧道专用的侧墙装饰板越来越多的在工程中

运用，主要包括搪瓷钢板、纤维增强水泥涂装板、金属基层涂装板等。各种装饰板容易造型，但对于日常养护、耐久性及造价却层次不一。

搪瓷钢板：基板与面层均有良好的耐久性，易于清洁保养，平整度高，便于拆卸，除了外界破坏因素外可长久使用；价格较高，工程建设期投入较大。

纤维增强水泥涂装板：造价较低，在工程建设期投入少，但基板与面层的耐候性一般，特别是在隧道潮湿的环境中，容易起壳，表层耐磨性偏差，不可拆卸，使用此板在后期的维保中更换频率较高。

金属基层涂装板：材料性能介于上述两种材料之间，价格稍高。

经综合比较，本次方案采用搪瓷钢板作为隧道专用的侧墙装饰板，侧墙装饰板安装于防撞侧石的上部，控制距离建筑限界 100mm，装饰板高 3m。搪瓷钢板分块不能过大，避免后期运维拆卸困难（保证 2 个人能够搬运及安装）。



图 5.2.7-1 隧道内装饰效果图

2)墙面设备箱、安全门的装饰

设备箱、安全门统一规格，宽度同墙面板材宽度，体现交通建筑的简洁大气。采用和侧墙装饰板相同材质制作，门面喷刷醒目的识别标志；设备箱及安全门均垂直路面布置；防撞侧石采用深灰色无机透明纯瓷涂料。

3)顶部防火内衬

本隧道工程属于二类隧道，隧道内承重结构体采用 RABT 升温曲线标准，耐火极限 1.5 小时。为防止火灾对隧道结构的破坏作用，在隧道的顶部布置了防火内衬。圆隧道保护范围为侧墙装饰板上部拱顶范围，暗埋段保护范围为顶板底及以下 0.5m~1m 范围的侧墙。

4)隧道内的色彩处理

墙面的色彩和亮度不单影响最终的装饰效果，也对使用功能有一定的影响，墙面有反射灯光，提高车道亮度的作用，过多的色彩和图案也对行车安全有一定影响。同时墙面线条处理、尺度设置等也应以车行视角考虑。因此墙面主体采用米白色为主基调，中部配以橙色变化，顶部防火板及设备、线缆采用黑色喷涂，隧道内线条以纵向线条为主，改变隧道单一沉闷效果，营造出美观的视觉效果。

3）敞口段及洞门装修

隧道敞开段侧墙装饰板因长期裸露在室外，考虑运维成本及适用性，本次方案采用干挂石材作为敞开段专用的侧墙装饰板，安装于防撞侧石的上部与搪瓷钢板保持一致。为了消除进出隧道洞口时的黑洞效应及白洞效应，确保行车安全，在隧道主线两端及匝道洞口内外设置了 60m 光过渡段。光过渡由自然光过渡及人工光过渡组成，为了加强光过渡效果，一方面适当抬高光过渡口部的高度，以增加进光量；另一方面在栅梁底部还设置了开口面积由大到小的圆形孔，使进光量由大到小，预计洞口处的天然照度比敞开段降低 60-70％左右；采光带形成的连续阴影产生的趣味性使驾驶员们精神放松，心情愉快。

本工程造型取义于光过渡设计元素采用“〇”形水波纹作为设计元素，寓意着激流勇进，滔滔不绝的瓯江水；同时弯曲的线条也能化解混凝土的厚重感，能与绿化以及周边环境呼应。拱形的隧道口采用钢结构玻璃的材质，能给人视觉上的突出感受。光带的间隔由敞开段向暗埋段洞口处逐渐加密，使隧道内透光率逐渐减少，光线自然过渡，提高行车驾驶的视觉舒适性。



图 5.2.7-2 隧道主线洞门装饰效果图

4）出入口亮化设计

本项目隧道出入口亮化工程主要含道路照明、夜景亮化等，设计和实施亮化工程，配以先进的泛光照明设备，展示其夜间丰富多彩、层次清晰、特色鲜明的光形象，很好的烘托城市交通建筑的空间流程、线条美感，使城市具有更强的时代感，增加城市空间的吸引力，塑造出具有交通功能的新型城市景观，充分表现城市环境文化信息及其建筑美学。

依据《温州市照明规划编制》的要求，本次设计以“体现特色，环保安全”为原则，所有灯具均采用绿色照明材料 LED 灯，同时注重减少对周边住宅小区等敏感建筑的影响；需合理的整体规划，对周围环境进行分析，并根据周围建筑物的亮度进行初步的亮度定位，然后对隧道的亮度分布进行有序、定量的布置。除了总体亮度控制外，还对高度、均匀性等做了要求。考虑到灯光安装的隐蔽性是决定隧道及周边环境白天魅力和夜间形象的关键。本次道路照明灯光源合理隐藏灯具，布置暗灯和灯笼，保持隧道出入口的原貌，而且能合理地保护电线。

相关亮化工程的设计、施工和验收应符合《城市道路照明设计标准》CJJ45-206、《城市道路照明工程施工及验收规程》CJJ89、《城市夜景照明设计规范》JGJ/T163 等的要求。

5）景观设计

出入口遮光带作为隧道景观轴线上的点，与城市功能及风貌联系紧密，其造型在满足功能要求的同时，与周边环境融合与协调；故提出“绿色交通、隧城融合”的设计原则。

隧道景观属于隧道工程建设中的配套工程，景观设计是在工程设计的基础上，在满足隧道功能的前提下，从交通心理、美学及文化角度进一步对工程展开科学性、创造性研究论证工作。本景观设计方案从工程实际出发，根据掌握沿线地区环境的基本资料，从周边环境现状调查入手，以更直接、更形象的方式把过江隧道的整体风貌展现出来，实现工程建设与景观形象的完美结合，显现出鲜明的时代个性，从而把本工程建设成为质量可靠、安全舒适、外观优美的隧道工程。

在满足使用功能的同时，尽可能的增加绿化带，洞口在无法做平面绿化的情况下，增设了垂直绿化。平面绿化，垂直绿化，洞口形式三者同时考虑，使车行，地面人行，高层鸟瞰等从不同角度都具有欣赏性。绿化设计以点，线，面的方式展开。洞口壁的吊蓝为点式绿化，分隔带为线式绿化，同时留出尽可能多的面积做面式绿化。点式绿化中配以色彩丰富的植物，点缀其中，成为活跃元素。线状绿化色彩统一，使行进中的车有节奏快捷感。面状绿化，在大面积的对比中加以造型流畅活泼的构架，创造轻盈活泼的气氛。隧道洞口结合周边环境以绿化为主，敞开段侧墙预留做垂直绿化的空间。



图 5.2.7-3 隧道敞开段景观效果意向图

5.3 隧道结构与防水

5.3.1 设计原则

1）明挖段隧道

（1）结构设计应满足城市规划、行车运营、施工、防水、防火、防腐蚀等要求，应保证结构在施工及使用期间具有足够的强度、刚度和稳定性。

（2）结构设计应根据结构或构件类型、使用条件及荷载等，选用与其特点相近的结构设计规范和设计方法。

（3）应根据工程地质和水文地质条件及城市总体规划要求，结合周围地面既有建筑物、管线、道路交通状况，通过对技术、经济、环保及使用功能等方面的综合比较，合理选择施工方法和结构型式。

（4）明挖结构的净空尺寸除满足建筑限界和建筑设计要求外，尚应考虑施工误差、测量误差、结构变形及后期沉降的影响予以确定。

（5）结构设计应分施工阶段和使用阶段，按照承载能力极限状态及正常使用极限状态的要求，进行承载力、稳定、变形、抗浮、抗裂及裂缝宽度等方面的检算。

（6）结构设计应进行横断面方向的受力计算，对下列情况时，尚应对其纵向强度和变形进行分析：① 覆土荷载沿其纵向有较大变化时；② 结构直接承受建、构筑物等较大局部荷载时；③ 地基或基础有显著差异时；④ 地基沿纵向产生不均匀沉降时；⑤ 地震作用时；⑥ 靠近结构端部。

（7）空间受力作用明显的区段，应按空间结构进行分析。

（8）对于基底地质变化较大的地段或者上部荷载变化较大的位置，应设置变形缝。

（9）结构计算简图应符合结构的实际工作条件，反映围岩对结构的约束作用。

（10）根据工程特点和环境保护要求确定基坑安全等级及地面允许最大沉降量和支护结构的水平位移控制要求，据以选择支护形式和基坑保护措施等。

（11）围护结构计算根据施工过程和使用期间分阶段按增量法原理进行内力计算，计算时计入结构的先期位移值以及支撑的变形，按“先变形、后支撑”的原则进行结构计算，最终的位移及内力值是各阶段累计值。

（12）在确定地下围护结构入岩深度时，可参照类似工程经验，但必须进行墙体的抗滑动、抗倾覆和整体稳定性以及墙前基底土体的抗隆起稳定性验算。

（13）结构设计应采取防止杂散电流腐蚀的措施。钢结构及钢连接件应进行防锈和防火处理。

（14）混凝土除满足强度需要外，还必须考虑抗渗和抗侵蚀的要求。

（15）结构防水应满足国家颁发的有关地下工程防水技术规范的规定。

2）盾构结构

（1）管片结构形式借鉴目前国内外已建或在建超大直径盾构隧道结工程经验和理论分析计算，采用成熟、可靠的结构形式。

（2）管片宜采用具有一定刚度的柔性结构，应限制其变形和接头张开量，满足结构受力和防水要求。

（3）管片结构横向计算模式应根据地层情况、衬砌构造特点、结构的实际工作条件等确定，宜考虑管片与地层共同作用及管片接头的影响。在进行结构横向内力、变形计算时，应考虑由可能产生的纵向变形所引发的横向内力及变形。

（4）隧道在荷载、结构、地质条件发生变化的部位或因抗震要求需设置变形缝时，应采取可靠的工程技术措施，确保变形缝两侧的结构不产生影响使用的差异沉降。

（5）考虑到本工程覆土厚度变化较大，工程地质、水文地质情况不尽相同，故设计中采用统一标准，按荷载及地质条件不同，分段设计、综合处理，使设计规范化，并取得较好的技术经济效益。

3）防水原则

（1）明挖段隧道

①地下结构应遵循“以防为主，刚柔相济，多道设防，因地制宜，综合治理”的原则。

②确立钢筋混凝土结构自防水体系，即以结构自防水为根本，以施工缝（包括后浇带）、变形缝、穿墙管、桩头等细部构造的防水为重点，并在结构迎水面设置柔性防水层加强防水。

③针对温州地区的气候特征，附加防水层应吸取国内外类似工程结构防水的经验，以达到技术先进、经济合理、安全适用、确保防水目的。

④防水设计应技术先进、方案可靠、施工简便、经济合理、使用安全，确保质量要求。

⑤防水是一个系统工程，建筑结构与防水必须密切配合，当建筑结构与防水发生矛盾时，在保证建筑结构适用安全的前提下，建筑结构应服从防水。

⑥主体结构顶底板及侧墙必须采用防水混凝土结构，并根据防水等级要求采用不同的附加防水层。

⑦结构的变形缝、后浇带、施工缝、穿墙管、预埋件、预留通道接头、各种结构的接口、抗拔桩头等部位，是防水的薄弱环节，必须加强防水措施。

⑧防水混凝土的施工必须保证无水作业，须采用降排水措施，以保证整个施工过程地下水位均在垫层下 500mm。

（2）盾构隧道

①贯彻“以防为主，突出重点防线，综合治理”的防水原则，以混凝土自防水为根本，衬砌接缝防水为重点，多道设防，确保隧道整体防水。

②确保高水压下接缝张开时的长久防水性能。

③加强隧道与工作井接头等特殊部位防水。

5.3.2 技术标准

1）结构设计使用年限为 100 年；

2）结构的安全等级按一级考虑；

3）抗震设防烈度 6 度，按 7 度采取抗震措施；

4）结构设计按 6 级人防验算；

5）混凝土结构允许裂缝开展，盾构隧道裂缝宽度≤0.2mm；明挖敞口段裂缝宽度≤0.2mm；明挖暗埋段迎水面裂缝宽度≤0.2mm、背水面裂缝宽度≤0.3mm；

6）隧道结构设计应按施工和使用阶段分别进行最不利情况进行抗浮稳定性验算。抗浮安全系数可按下表的规定取值；

表 5.3.2-1 抗浮安全系数取值

序号	隧道施工工法	抗浮安全系数γ_s	
		施工阶段	使用阶段
1	明挖法	1）进行降、排水时，不考虑抗浮；	1）不考虑侧墙土体摩阻力时取 1.05；

		2）未考虑降、排水措施，考虑侧墙土体摩阻力时取 1.05。	2）考虑侧墙土体摩阻力时取 1.10。
2	盾构法	1.1	1.2

7）盾构隧道衬砌结构变形验算：荷载作用下结构变形≤3‰D（D 为隧道外径）；

8）结构防水等级为二级；

9）盾构段设计水位：高水位按历史最高水位加 2m 考虑，低水位按历史最低水位减 2m 考虑；

10）道路荷载：城-A 级；

11）根据工程所处的具体位置、周围环境条件、基坑开挖深度及支护结构功能等分段确定基坑工程的安全等级。

5.3.3 明挖隧道结构设计

5.3.3.1 北岸明挖结构设计

1．明挖段围护结构设计

（1）围护结构设计原则

1）满足边坡和支护结构稳定的要求，不产生倾覆，滑移和局部失稳；支撑系统不失稳；

2）支护结构构件受荷后不发生强度破坏；

3）降水引起的地基沉降不影响邻近建筑物或重要管线的正常使用；

4）止水设计应控制因渗漏引起水土流失造成地面下陷；

5）支护结构变形不应超过周边环境保护要求的允许值。

6）根据建筑基坑工程破坏可能造成的后果，基坑支护工程应按表 5.3.3-1 确定其安全等级。

表 5.3.3-1　建筑基坑支护结构安全等级

安全等级	破坏后果	基坑和环境条件
一级	支护结构破坏或土体失稳或过大变形对基坑周边环境和工程施工影响很严重。	1 开挖深度大于或等于 10m； 2 在三倍开挖深度范围内有重要建（构）筑物、重要管线和道路等市政设施； 3 在一倍开挖深度范围内有基础埋深小于坑深的建筑物； 4 基坑位于地铁、隧道等大型地下设施安全保护区范围内； 5 地下水埋深小于 2m，支护深度范围内软土层厚度大于 5m。
二级	支护结构破坏或土体失稳或过大变形对基坑周边环境影响一般，但对地下结构施工影响严重。	除一级和三级以外的基坑工程。
三级	支护结构破坏或土体失稳或过大变形对基坑周边环境及地下结构施工影响不严重。	1 开挖深度小于 6m； 2 在周围 3 倍开挖深度范围无特殊要求保护的建（构）筑物、管线和道路等市政设施； 3 地下水埋深大于 5m，支护深度范围内软土层厚度小于 2m。

注 1：凡符合基坑和环境条件中的一个条件即属于该支护结构安全等级，对同时满足不同安全等级条件的基坑，应按基坑工程施工可能造成的破坏后果确定安全等级。

注 2：有特殊要求的建筑基坑支护结构安全等级可根据具体情况另行确定。

7）基坑支护结构应根据表 5.3.3-2 选用侧壁重要性系数。

表 5.3.3-2　基坑支护结构重要性系数

安全等级	一级	二级	三级
重要性系数	1.10	1.00	0.90

（2）围护结构选型

基坑的围护结构主要承受基坑开挖所产生的土压力和水压力，并将此压力传递到内支撑，是稳定基坑的一种技术措施。基坑围护形式的选择必须根据基坑开挖深度、地质情况、场地条件、环境条件以及施工条件，通过多方案比选确定，所采用的围护结构应安全可靠、技术可行、施工方便、经济合理。

根据温州地区多年来软土地下工程建设的实践经验，结合对本工程周边不同环境条件和水文地质条件的研究，基坑可采用的围护结构主要有地下连续墙、钻孔灌注桩加水泥土搅拌桩隔水帷幕、SMW 工法桩/TRD 工法水泥搅拌墙、水泥土重力式挡墙、放坡等形式。

1）地下连续墙

地下连续墙施工工艺适用饱和软土地层，施工时振动小，噪声低。地下连续墙的刚度大，能承受较大的水平侧向荷载，基坑开挖时，地面沉降及围护水平变形小，能够较好地控制和减少对邻近建（构）筑物及地下管线的影响。地下连续墙与内衬墙的“两墙合一”技术已日趋成熟，可以实现基坑围护结构在结构使用阶段的再利用。从经济性考虑，一般在基坑开挖深度大于 10m 时采用。

2）钻孔灌注桩

钻孔灌注桩具有设备构造简单、适用范围广、操作方便、无噪音和振动影响等特性，一般用于 5～15m 埋深较浅的地下结构的围护。桩间需设置止水帷幕封堵地下水。钻孔灌注桩刚度

较大，结构变形易于控制，且施工工艺灵活成熟，还可以在净空较小的情况下进行施工。

若采用钻孔桩作围护结构时，一般情况下只考虑现浇侧墙与内部结构承受使用阶段荷载，钻孔灌注桩可兼做抗拔桩。

3）SMW 工法桩（型钢水泥土搅拌墙）/TRD 工法墙

SMW 工法桩及 TRD 工法墙均为水泥土搅拌桩，均可加插 H 型钢作围护墙，同时具有挡土、防渗作用。待内部结构施工完成后，可视情况回收 H 型钢，一般用于开挖深度小于 10m 的基坑围护结构。但是，SMW 工法桩及 TRD 工法墙相比，两者又有着明显的区别，具体比较内容如下：

表 5.3.3-3　TRD 与 SMW 工法桩对比

项目	TRD 工法	SMW 工法（三轴搅拌桩）
适用地层	软土层、砂土层、较松散的砂砾石层、软岩、中风化岩	软土层、砂土层、较松散的砂砾石层
墙体均匀性	好	越深越差
墙体垂直性	好	越深越差（钻杆易偏斜）
墙体强度与止水性	好	一般
芯材分布	分部间距不受限	柱桩内分布、间距受限
施工设备空间	施工设备高度较低	施工设备最低高度≥28 米
成墙深度	≤60 米	≤30 米
经济性	较 SMW 工法桩昂贵些	工程造价低

若采用 SMW 工法作围护墙结构时，一般情况下只考虑现浇侧墙与内部结构承受使用阶段荷载。

4）水泥土重力式挡墙

一般用于基坑开挖深度不超过 7m、环境条件宽松、保护要求不严的浅基坑。由于水泥土围护墙的材料特性、墙体构造等特点，使其墙体的变形性状不同于板式支护挡墙。

5）放坡或钢板桩

基坑深度较浅且场地开阔、环境条件容许时，可采用放坡开挖并采取降水措施。但根据温州地区经验，一般表层淤泥质土埋深大于 1.5m，淤泥质土抗剪强度低，边坡稳定性差，一般较少在此土层中采用放坡开挖。另外，南隧道北岸开挖时需保证既有沿线道路的交通通行，基本无放坡条件。当基坑开挖深度小于 2m 时，可适当考虑钢板桩支护。

综上，本工程初勘报告显示，工程区域土层特性较差，上部覆盖层为 25～42 米厚度不等的淤泥质软土层，结合温州地区软土基坑工程设计案例，采用地下连续墙围护结构+工字钢接头的基坑，止水效果较佳，渗漏现象较少，能够较好地保证施工期间的基坑安全。故本工程北岸明挖段深基坑采用地下连续墙的围护结构型式，对于较浅基坑可采用止水效果较好且具有一定支护刚度的 TRD 工法墙的围护结构型式，该工法在温州市域铁路 S1 线工程的应用亦较为成功。

该工程主线与匝道基坑深浅不一，深度变化幅度较大，应针对不同深度基坑采取不同的围护结构形式。经计算分析，本次设计采用如下的支护型式：

表 5.3.3-4　基坑围护形式选取表

基坑深度 H（m）	支护结构安全等级	围护结构形式	围护结构厚度（mm）	内插型钢间距(mm)	围护桩插入比	坑底加固形式
H＜2	三级	钢板桩			≥3.0	A850@600 三轴搅拌桩（裙边+抽条形式）
2≤H＜5	三级	TRD 工法墙	850	1400	≥2.5	
5≤H＜10	二级	TRD 工法墙	850	700	≥2.0	
10≤H＜15	一级	地连墙	800		≥1.3，以计算为准	
15≤H＜20	一级	地连墙	1000		≥1.3，以计算为准	
20≤H	一级	地连墙	1200，以计算为准		≥1.2，以计算为准	

注：不同部位的围护结构安全等级可根据基坑深度及周边环境安全适当调整，但调整时不得超过两个等级。

受施工机具限制或设置栈桥区域可根据具体情况选择钻孔灌注桩围护；TRD850 内插型钢尺寸为 700*300*13*24。

（3）支撑体系选择

支撑体系根据本工程规模和挖深，一般采用钢支撑与钢筋混凝土支撑结合布置的方式，并根据周边环境情况和变形保护要求，确定支撑的直径、水平间距和竖向布置。

1）当基坑深度 H 位于$0 \leq H < 3\ m$时，采用钢支撑，水平间距 3m。$3 \leq H < 15m$时，第一道采用混凝土支撑，尺寸 1000*1000mm，水平间距 6m。第二、三、四道支撑采用钢支撑，直径为 609 或 800mm，t=16 或 20mm，水平间距 3m。支撑竖向间距一般按 4m 控制（根据计算结果确定）。

2）H≥15m 时，根据计算增加混凝土支撑道数。

3）盾构井基坑钢支撑可采用直径 800mm，t=20mm。

4）基坑宽度≥15m 时，支撑中间宜设置格构柱和连系梁。

（4）围护结构变形控制标准

明挖段围护结构变形控制标准详见表 5.3.3-5 。

表 5.3.3-5 基坑计算变形控制标准

序号	设计控制项目	支护类型	基坑设计安全等级一级		基坑设计安全等级二级		基坑设计安全等级三级		备注
			相对基坑深度 H	控制值（mm）	相对基坑深度 H	控制值（mm）	相对基坑深度 H	控制值（mm）	
1	支护桩顶水平位移	地连墙、钻孔桩、TRD	0.2%~0.3%	20~30	0.3%~0.5%	30~40	0.6%~0.8%	40~60	变形控制值取两者中最小值
2	支护桩顶竖向位移	地连墙、钻孔桩	0.1%~0.2%	10~20	0.3%~0.5%	20~30	0.5%~0.6%	30~40	
		TRD	-	-	0.6%~0.8%	30~40	0.8%~1%	40~60	
3	支护桩深层水平位移	地连墙、钻孔桩	0.3%~0.4%	30~50	0.4%~0.6%	40~60	0.6%~0.8%	50~70	
		TRD	-	-	0.6%~0.8%	50~60	0.7%~1%	60~70	

对于深层水平位移控制值，建议取值：20 米深度以内基坑采用 40mm，20~30 米深度的基坑采用 50mm。

基坑工程设计安全系数由基本安全系数和附加安全系数的乘积组成，不同支护体系的安全系数见表 5.3.3-6。

表 5.3.3-6 板式围护结构基坑设计安全系数

规范	基坑等级	整体稳定性安全系数 Ks	墙底抗隆起安全系数 Kb	坑底抗隆起安全系数 Kr	抗倾覆稳定安全系数 Kf	抗渗流安全系数 Kg
国家规范	一级基坑	1.35	1.8	2.2	1.25	1.6
浙江省省标	一级基坑	1.35	1.8	1.6	1.2	1.6
国家规范	二级基坑	1.3	1.6	1.9	1.2	1.5
浙江省省标	二级基坑	1.3	1.6	1.5	1.15	1.5
国家规范	三级基坑	1.25	1.4	1.7	1.15	1.4
浙江省省标	三级基坑	1.25	1.4	1.4	1.1	1.5

由于温州地区淤泥质地层较厚，基坑风险较大，结合相关工程经验，坑底抗隆起安全系数 Kr 及抗倾覆稳定安全系数 Kf 宜从严执行。

（5）围护结构计算模型及地层参数

1）围护结构计算模式

基坑围护结构按弹性支点法进行计算，计算图示见下图：

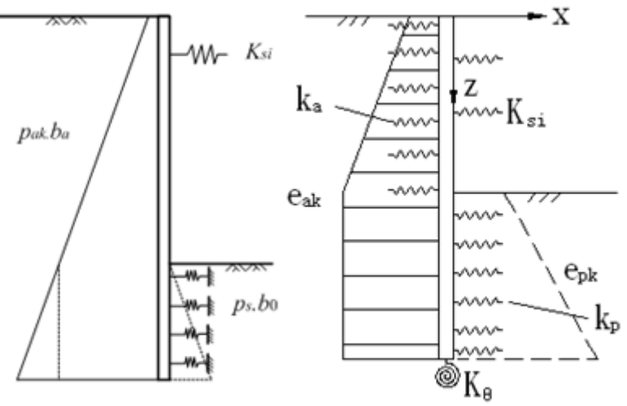


图 5.3.3-1 围护结构计算模型

2）计算软件：同济启明星深基坑支挡结构分析计算软件 frws9.0 版。

3）计算参数选取

地面超载：20Kpa

设计水位：现状地面下 0.5m

地层参数：根据地质初堪报告，隧址范围内各岩土层的的力学参数选取如下：

表 5.3.3-5 土层物理力学参数表

地层编号	地层名称	重度	含水率	压缩模量	固结快剪		静止侧压力系数	基床系数（MPa/m）		水平抗力系数的比例系数	地基承载力特征值
	符号及单位	kN/m3	%	Es0.1-0.2-	内聚力	内摩擦角Φc（度）	K0	垂直 Kv	水平 Kh	m（MN/m4）	fak (kPa)

				0.2（MPa）	Cc(kPa)						
①1	杂填土	20.5	--	--	--		0.57	8	5	3	90
①2	粘 土	18	39	3.5	15	23	0.55	10	14	2.2	65
②1	粉砂夹淤泥	18.2	35	6	3	18	--	--	--	--	85
②21	淤泥夹粉砂	17.2	45.8	2.7	5.5	9.5	--	--	--	--	50
②22	淤 泥	16	61.7	2	6	6.3	0.76	5	6	0.8	50
②3	粉砂夹淤泥	17.8	38	5.5	3.5	15	0.5	10	8	3.3	90
②4	含粉砂淤泥	16.8	50.7	2.8	6.7	9	0.73	5	6	1	60
②5	粉砂夹淤泥	18.5	32	6	3	20	0.5	12	10	3.5	100
③1	淤泥质粘土	16.8	48.4	2.9	10.2	9.5	0.6	9	10	1.3	65
③2	淤泥质粘土夹中砂	17.2	41.4	3.3	7.6	12.8	0.55	10	11	1.7	75
④1	粉质粘土	18.8	28.5	6.9	12.5	20	0.45	25	26	4.2	130
④31	粉 砂	19	22	10	2.5	32	0.33	30	32	5.5	160
④31a	圆 砾	19.5	--	--	--	36	--	--	--	--	300
④32	卵 石	20	--	*50.0	--	38	--	60	50	--	400
④32a	粉质粘土	18.6	32.9	--	--	--	--	--	--	--	125
④4	含粉质粘土角砾	19.2	--	*25.0	--	--	--	--	--	--	280
⑤2	粉质粘土	18.5	33.9	4.9	11.8	19.5	--	--	--	--	120
⑤3	卵 石	20	--	*50.0	--	40	--	--	--	--	480

4）工程材料

地下连续墙：水下 C35 混凝土，抗渗等级：P8；

立柱基础（钻孔灌注桩）：水下 C45 防水混凝土，抗渗等级：P10；

冠梁、混凝土支撑、围檩：C35

TRD 搅拌墙：水泥含量不小于 25%，膨润土含量不小于 5%；

水泥土搅拌桩：水泥含量不小于 25%，空搅部分不小于 8%；

导墙、垫层：C20（早强）。

（6）地基加固处理

地连墙内外侧均采取三轴水泥搅拌桩进行槽壁加固处理，加固深度一般为 12 米，当基坑深度超过 20 米时，加固深度为 15 米。

基坑坑底采用三轴水泥搅拌桩进行加固，选择裙边+抽条的加固形式，隧道主线裙边加固宽度为 6 米，匝道裙边加固宽度为 3 米，抽条加固宽度为 3 米，抽条加固间距为 6 米。

三轴水泥搅拌桩水泥掺量不小于 25%，空桩部分不小于 8%。

三轴搅拌桩裙边+抽条加固的水泥土采用三轴不排水剪抗压强度 1.0Mpa 对应的粘聚力 C 及内摩擦角 ψ 值折减 0.6。参考温州市域铁路设计经验，加固土体计算时重度采用 18kN/m3，内摩擦角采用 15°，粘聚力采用 50Kpa。

（7）围护结构设计与计算

1）H≥20 米深度基坑设计（1.2 米地连墙围护）

隧道北岸基坑深度大于 20 米的范围对应为盾构始发处后备套段及隧道主线与 A 匝道并行段，该范围总长度共约 317.9 米，对应里程范围为 YAK0+528.1～YAK0+846，基坑深度为 19.5～24.98 米，拟采用 1.2 米厚地连墙支护。

选取基坑最深处断面，根据就近的 ZK6 钻孔资料进行围护结构计算，基坑深度 24.98 米，设置 2 道 1000x1000mm 砼支撑+4 道直径 800 钢支撑及一道钢支撑换撑，第一、二道支撑水平间距 6 米，其他钢支撑水平间距为 3 米，基坑宽度约 37～42 米，设置两排中立柱系统，计算水位取地面以下 0.5 米，标高约为 2.0 米，计算结果如下：

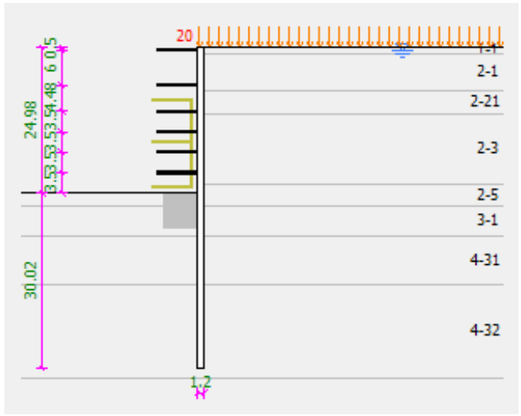


图 5.3.3-1　后备套下沉段围护结构计算简图

基坑开挖到基底及回筑主体阶段各工况下各道支撑的最大内力及围护结构位移包络图如下图：

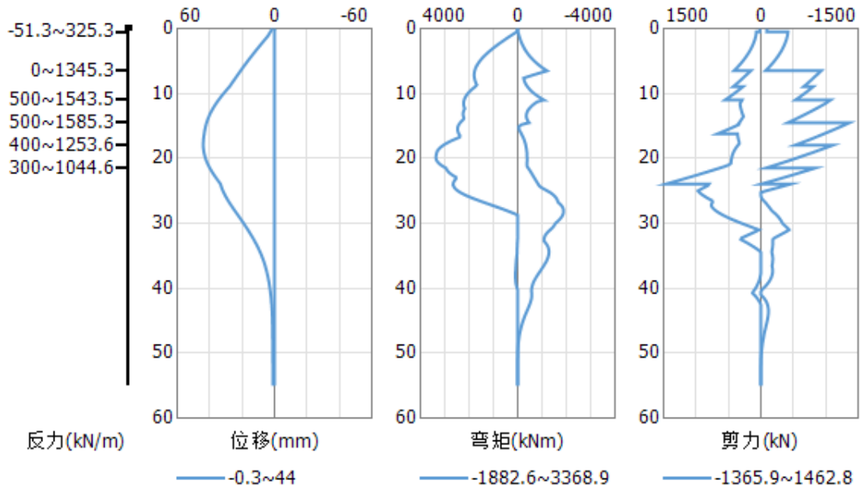


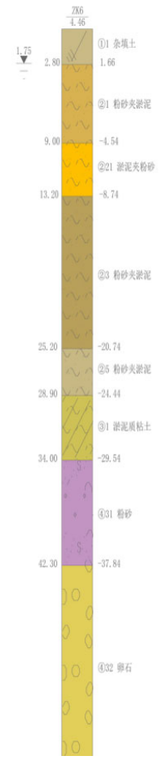
图 5.3.3-1　后备套下沉段围护结构内力、位移包络图

整体稳定性系数：Ks = 2.14>1.3，满足规范要求。

抗倾覆安全系数：Ks = 1.27>1.2，满足规范要求。

综合以上计算结果，所选围护结构可以满足使用要求。

上述里程段范围的围护结构横断面如图 5.3.3-1、所示。



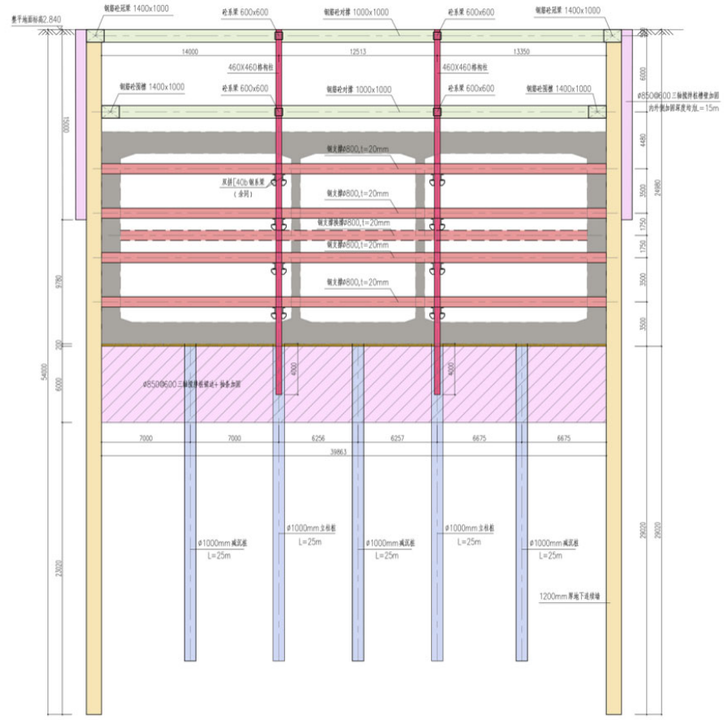


图 5.3.3-1　盾构后备套下沉段围护结构横断面图

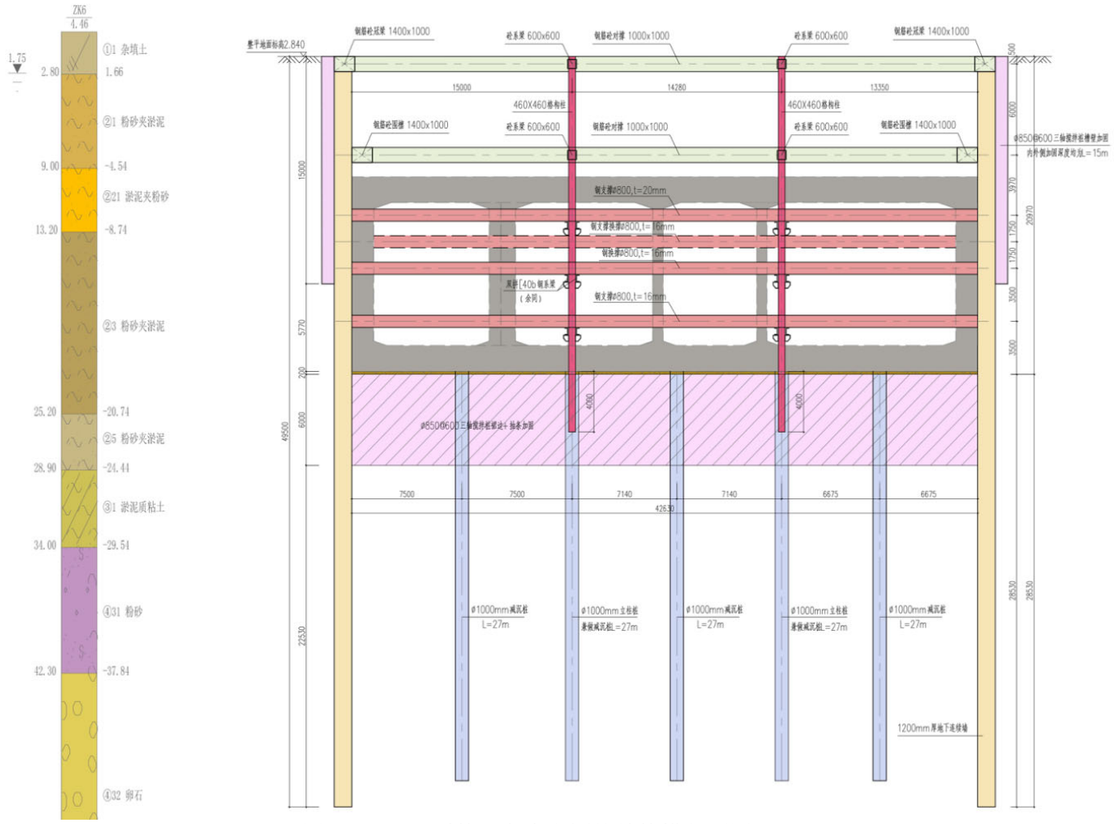


图 5.3.3-1　盾构后备套段围护结构横断面图

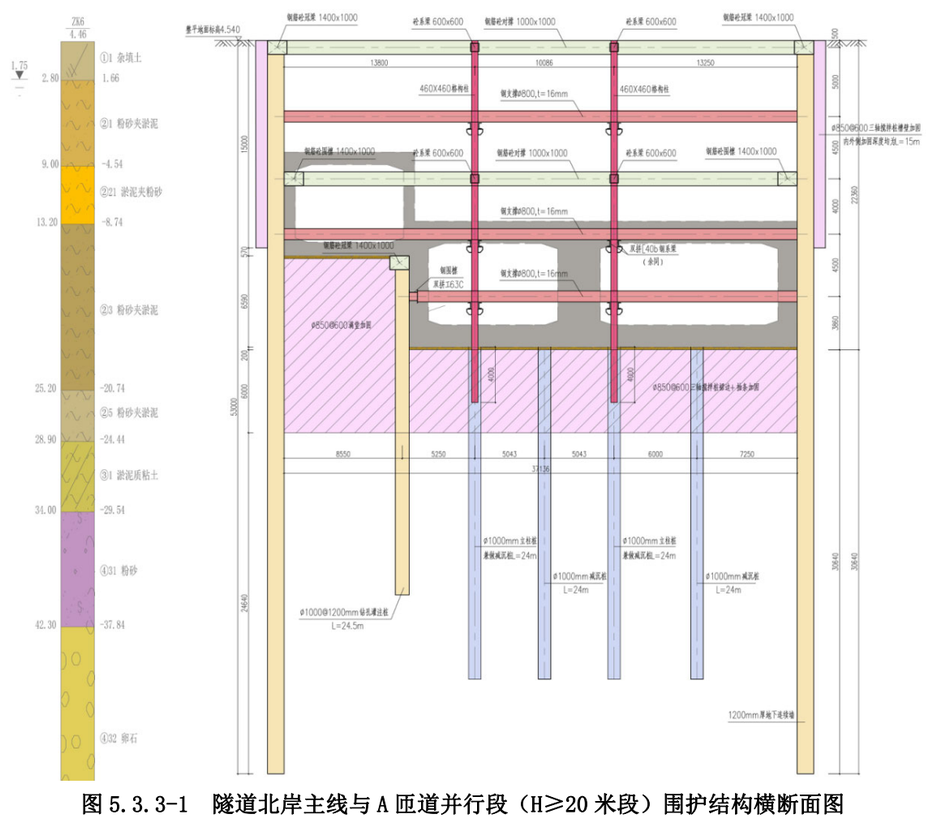


图 5.3.3-1　隧道北岸主线与 A 匝道并行段（H≥20 米段）围护结构横断面图

2）15≤H＜20 米深度基坑设计（1.0 米地连墙围护）

隧道北岸明挖段基坑深度 15≤H＜20 米范围为主线与 A 匝道并行段，长度约 84 米，对应里程范围为 YAK0+444.1～YAK0+528.1，拟采用 1.0 米厚地连墙支护。主线与匝道平行段，先施工主线深坑部分，再施工匝道浅坑部分，深浅坑之间围护采用钻孔灌注桩。

选取基坑最深处断面，根据就近的 ZK6 钻孔资料进行围护结构计算，基坑深度 19.5 米，设置 1 道 1000x1000mm 砼支撑+4 道直径 800 钢支撑，第一道支撑水平间距 6 米，其他钢支撑水平间距为 3 米，基坑宽度约 30 米，设置一排中立柱系统。计算水位取地面以下 0.5 米，标高约为 4.7 米，计算结果如下：

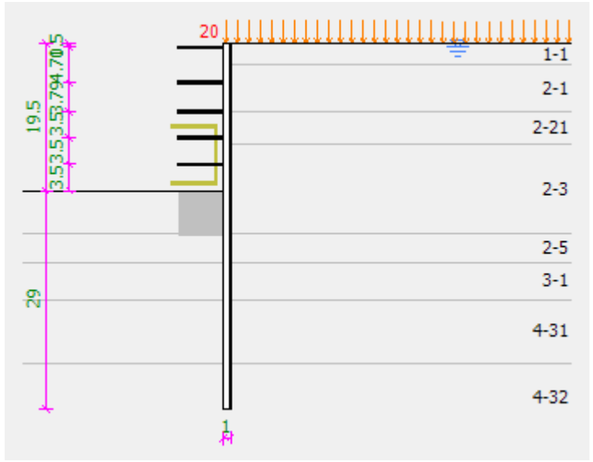


图 5.3.3-1　隧道北岸主线与 A 匝道并行段（15≤H＜20 米段）围护结构计算简图

基坑开挖到基底及回筑主体阶段各工况下各道支撑的最大内力及围护结构位移包络图如下图：

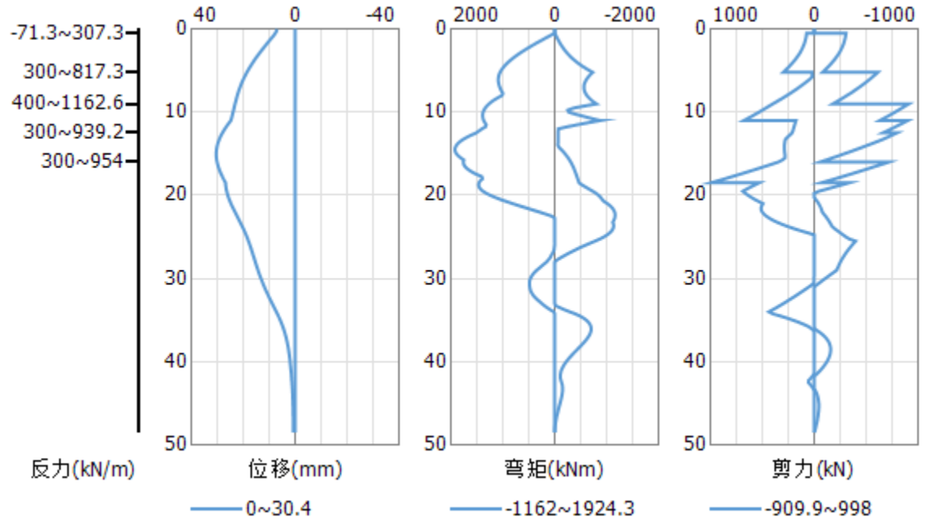


图 5.3.3-1　隧道北岸主线与 A 匝道并行段（15≤H＜20 米）围护结构内力、位移包络图

整体稳定性系数：Ks = 2.36 >1.3，满足规范要求。

抗倾覆安全系数：Ks = 1.26>1.2，满足规范要求。

综合以上计算结果，所选围护结构可以满足使用要求。

上述里程段范围的围护结构横断面如图 5.3.3-1 所示。

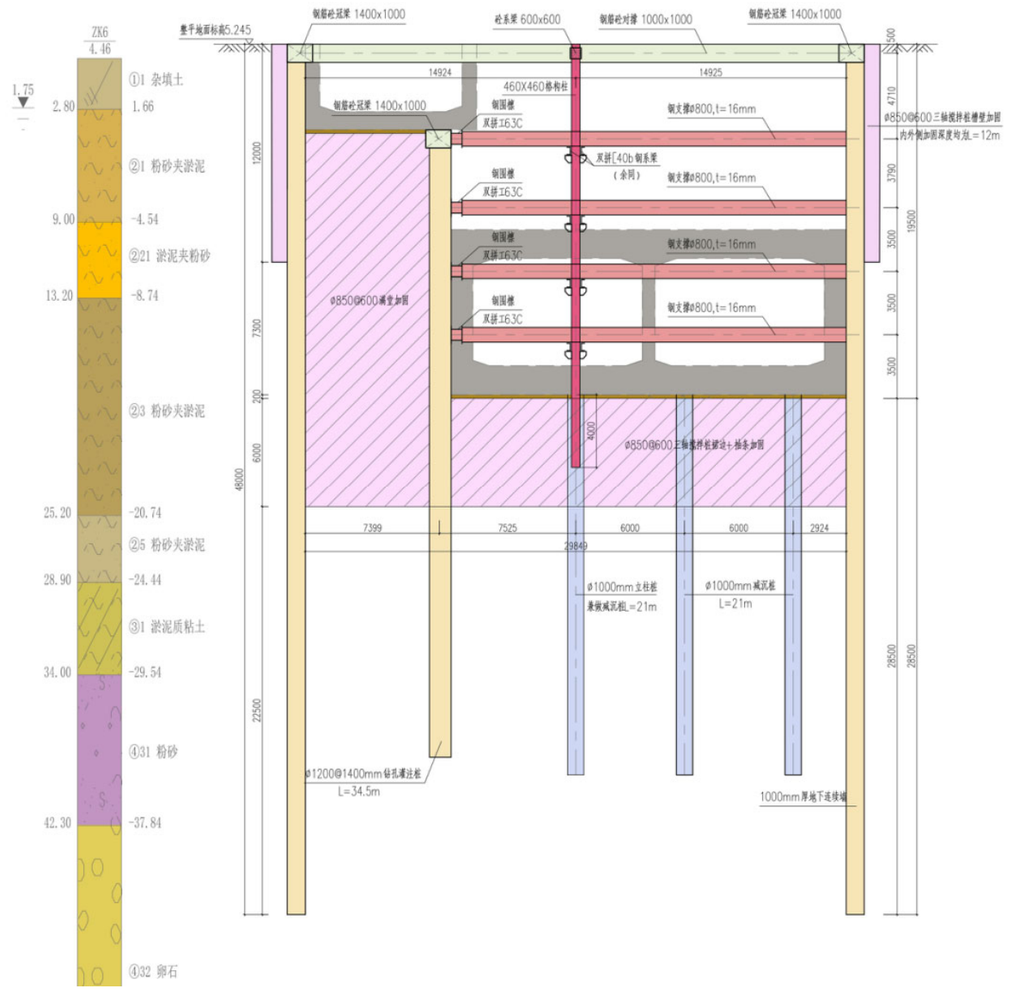


图 5.3.3-2　隧道北岸主线与 A 匝道并行段（15≤H＜20 米）围护结构横断面图

3）10≤H＜15 米深度基坑设计（0.8 米地连墙围护）

隧道北岸主线基坑深度 10≤H＜15 米范围对应为双向四车道暗埋段，该范围长度共约 115.1 米，对应里程范围为 YAK0+329～YAK0+444.1，拟采用 0.8 米厚地连墙支护。

选取基坑最深处断面，根据就近的 ZK7 钻孔资料进行围护结构计算，基坑深度 14.92 米，设置 1 道 1000x1000mm 砼支撑+3 道直径 609 钢支撑，第一道支撑水平间距 6 米，其他钢支撑水平间距为 3 米，基坑宽度约 21.8 米，设置一排中立柱系统。计算水位取地面下 0.5 米，标高为 4.7 米，计算结果如下：

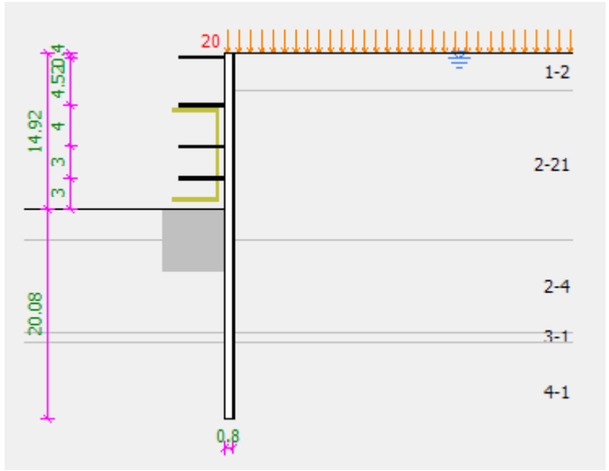


图 5.3.3-1　隧道北岸主线段（10≤H＜15 米段）围护结构计算简图

基坑开挖到基底及回筑主体阶段各工况下各道支撑的最大内力及围护结构位移包络图如下图：

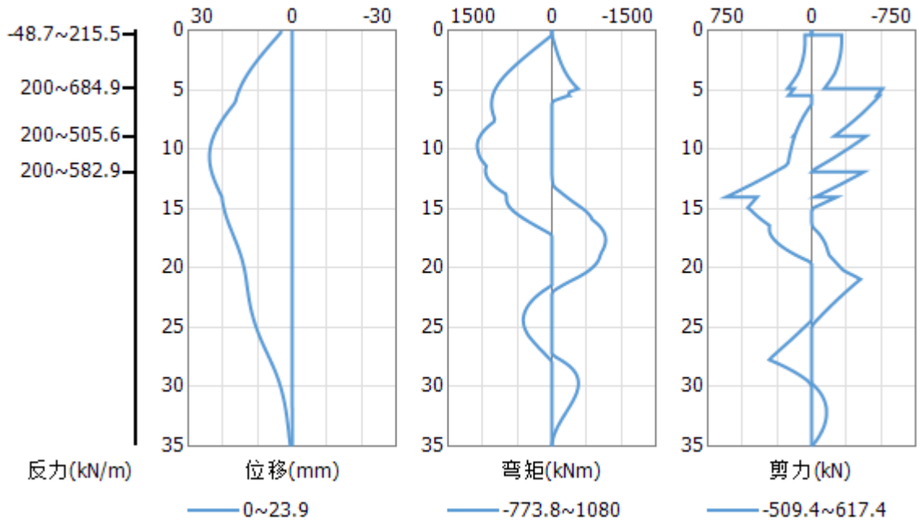


图 5.3.3-1　隧道北岸主线段（10≤H＜15 米段）围护结构内力、位移包络图

整体稳定性系数：Ks = 1.72>1.3，满足规范要求。

抗倾覆安全系数：Ks = 1.74>1.2，满足规范要求。

综合以上计算结果，所选围护结构可以满足使用要求。

上述里程段范围的围护结构横断面如图 5.3.3-1、所示。

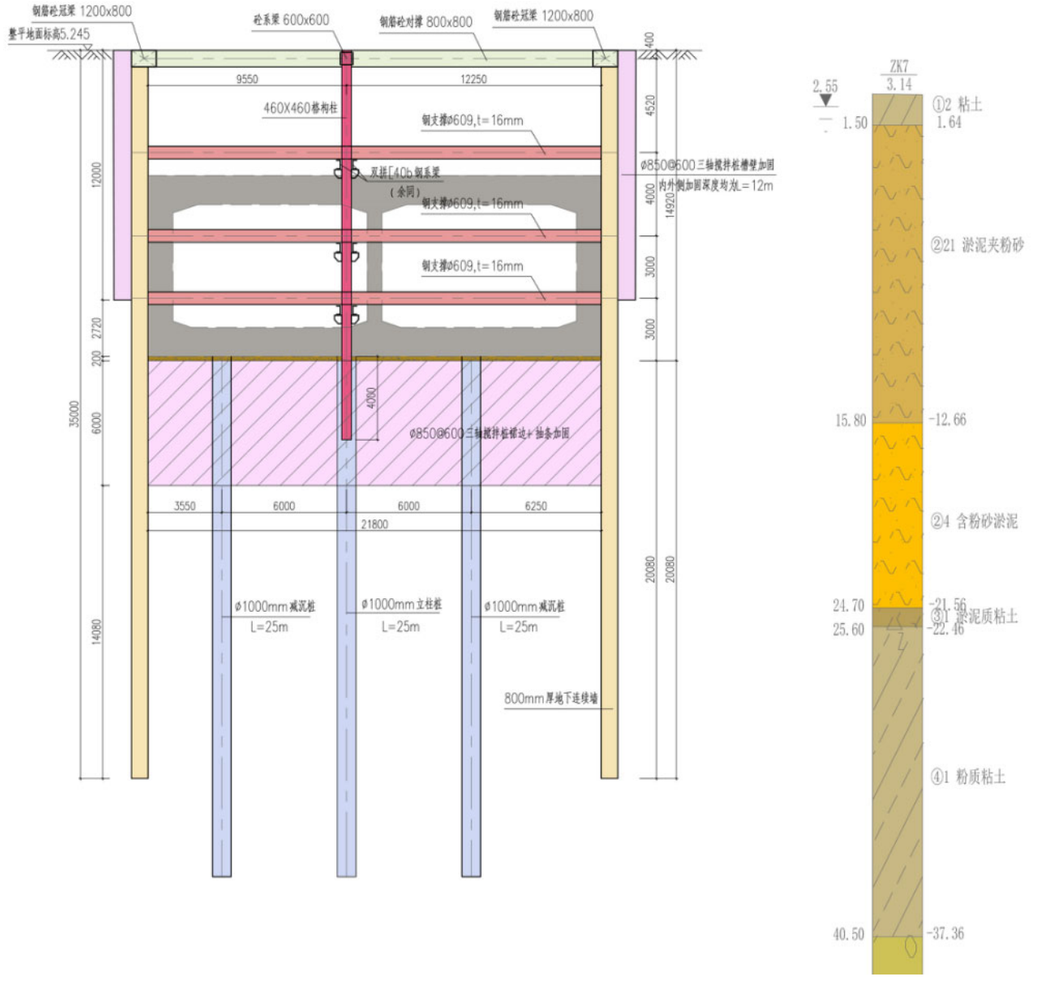


图 5.3.3-3　隧道北岸主线段（10≤H＜15 米段）围护结构横断面图

4）5≤H＜10 米深度基坑设计（TRD850 工法墙围护，型钢间距为 0.7m）

隧道北岸主线基坑深度 5≤H＜10 米范围对应为双向四车道敞口段，该范围长度共约 75 米，对应里程范围为 YAK0+260～YAK0+329，拟采用 TRD850 工法墙支护，内插 700X300X13X24mmH 型钢，水平间距 0.7 米，施工完成后拔除回收 H 型钢。

选取基坑最深处断面，根据就近的 ZK7 钻孔资料进行围护结构计算，基坑深度 8.81 米，设置 1 道 1000x1000mm 砼支撑+1 道直径 609 钢支撑+一道钢支撑换撑，第一道支撑水平间距 6 米，钢支撑水平间距为 3 米，基坑宽度约 21.4 米，设置一排中立柱系统。计算水位取地面下 0.5 米，标高为 4.1 米，计算结果如下：

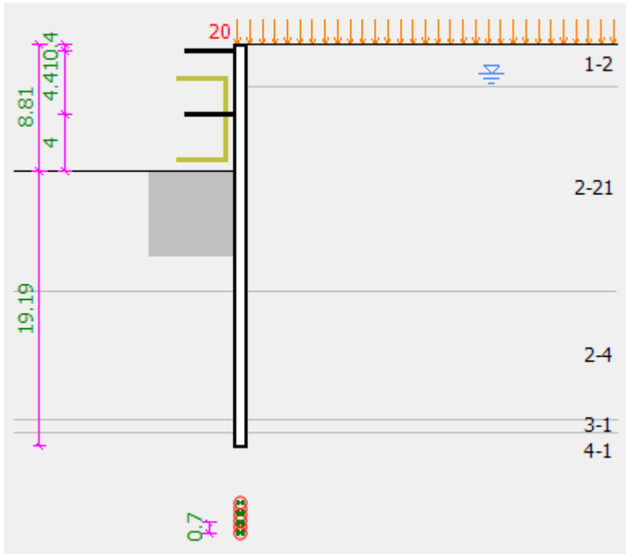


图 5.3.3-1　隧道北岸主线敞口段（5≤H＜10 米段）围护结构计算简图

基坑开挖到基底及回筑主体阶段各工况下各道支撑的最大内力及围护结构位移包络图如下图：

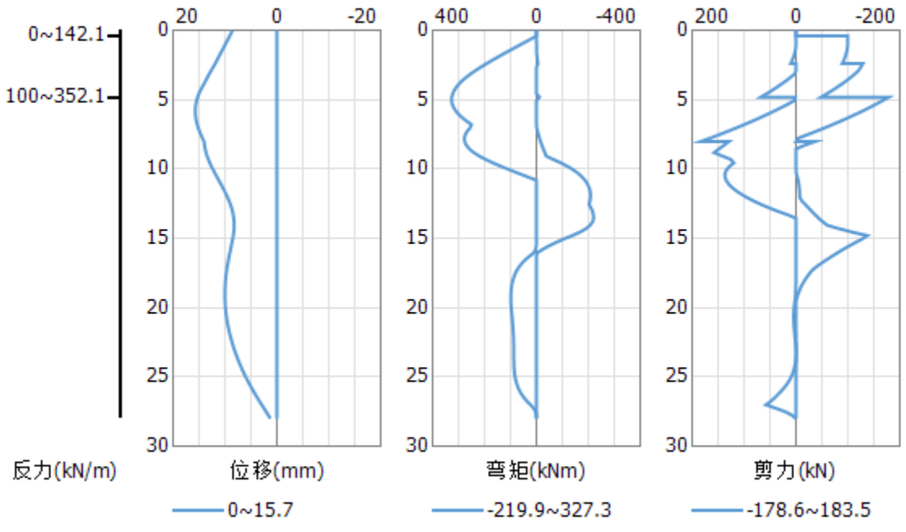


图 5.3.3-1　隧道北岸主线敞口段（5≤H＜10 米段）围护结构内力、位移包络图

整体稳定性系数：Ks = 1.78>1.3，满足规范要求。

抗倾覆安全系数：Ks = 1.35>1.2，满足规范要求。

综合以上计算结果，所选围护结构可以满足使用要求。

上述里程段范围的围护结构横断面如图 5.3.3-1、所示。

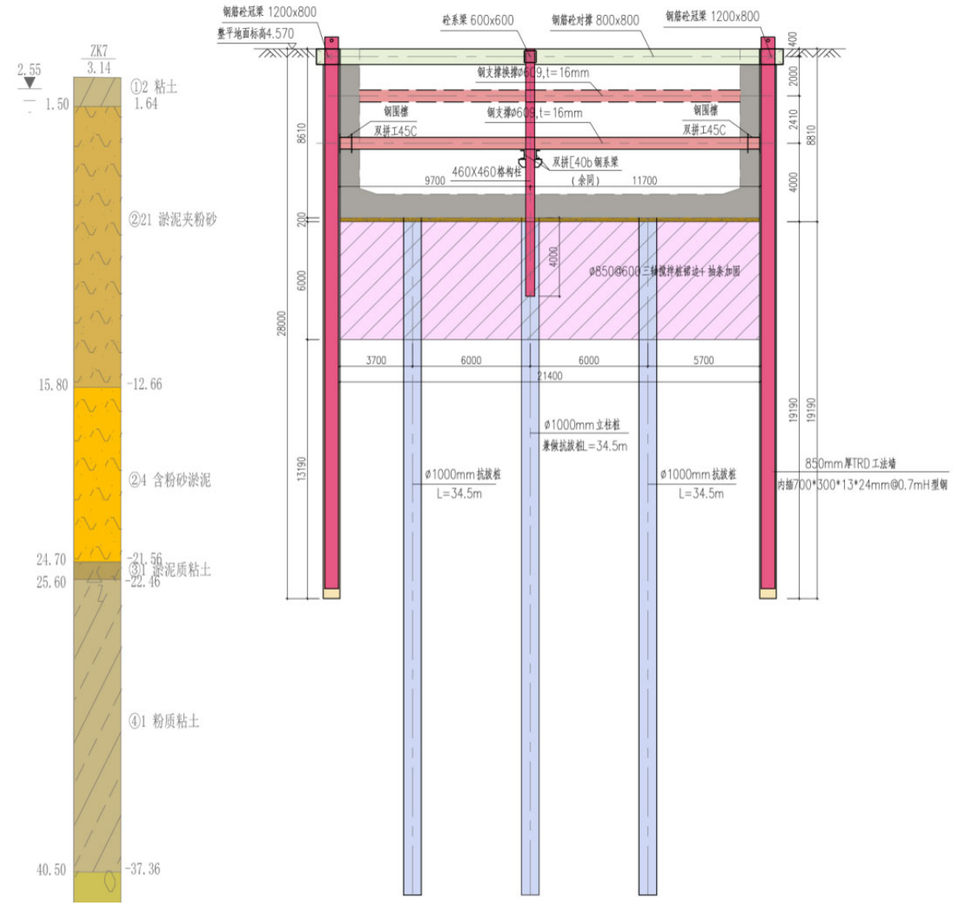


图 5.3.3-4　隧道北岸主线敞口段（5≤H＜10 米段）围护结构横断面图

5）2≤H＜5 米深度基坑设计（TRD850 工法墙围护，型钢间距为 1.4m）

隧道北岸主线基坑深度 2≤H＜5 米范围对应为双向四车道敞口段，该范围长度共约 56.2 米，对应里程范围为 YAK0+203.8～YAK0+260，拟采用 TRD850 工法墙支护，内插 700 X 300 X 13 X 24mmH 型钢，间距为 1.4m，施工完成后拔除回收 H 型钢。

选取基坑最深处断面，根据就近的 ZK7 钻孔资料进行围护结构计算，基坑深度 4.95 米，设置 1 道 609 钢支撑，水平间距 3 米，基坑宽度约 21 米，设置一排中立柱系统。计算水位取地面下 0.5 米，标高为 3.9 米，计算结果如下：

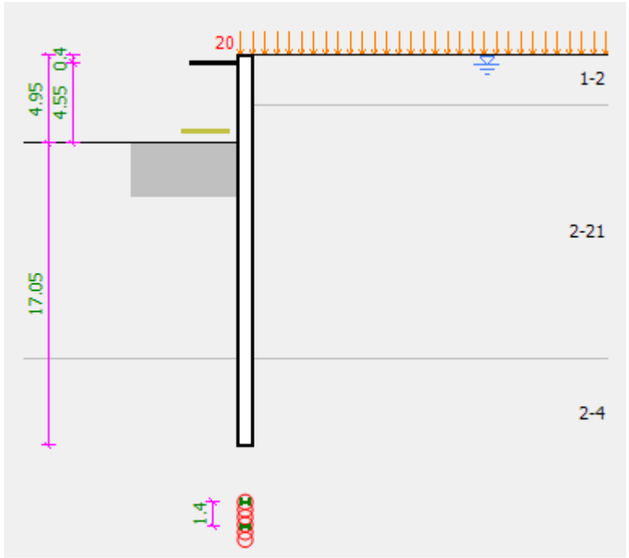


图 5.3.3-1　隧道北岸主线敞口段（2≤H＜5 米段）围护结构计算简图

基坑开挖到基底及回筑主体阶段各工况下各道支撑的最大内力及围护结构位移包络图如下图：

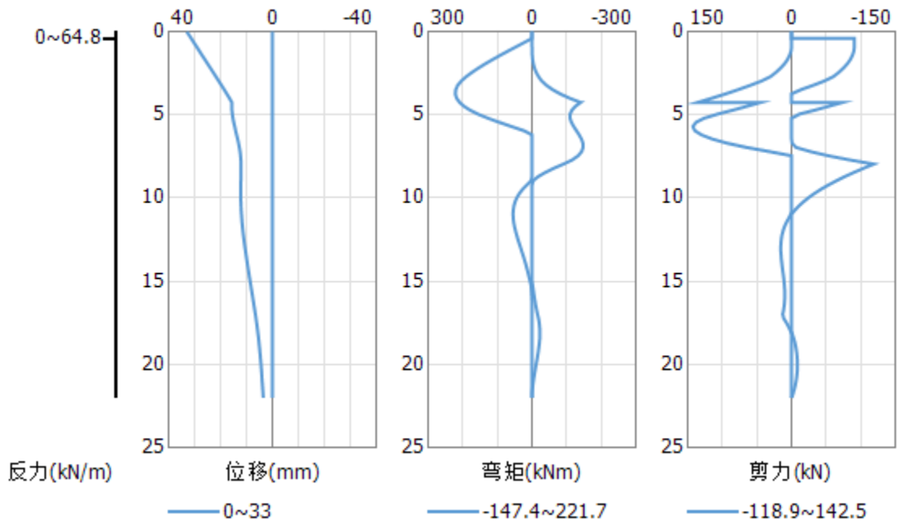


图 5.3.3-1　隧道北岸主线敞口段（2≤H＜5 米段）围护结构内力、位移包络图

整体稳定性系数：Ks = 1.71>1.3，满足规范要求。

抗倾覆安全系数：Ks = 1.38>1.2，满足规范要求。

综合以上计算结果，所选围护结构可以满足使用要求。

上述里程段范围的围护结构横断面如图 5.3.3-1、所示。

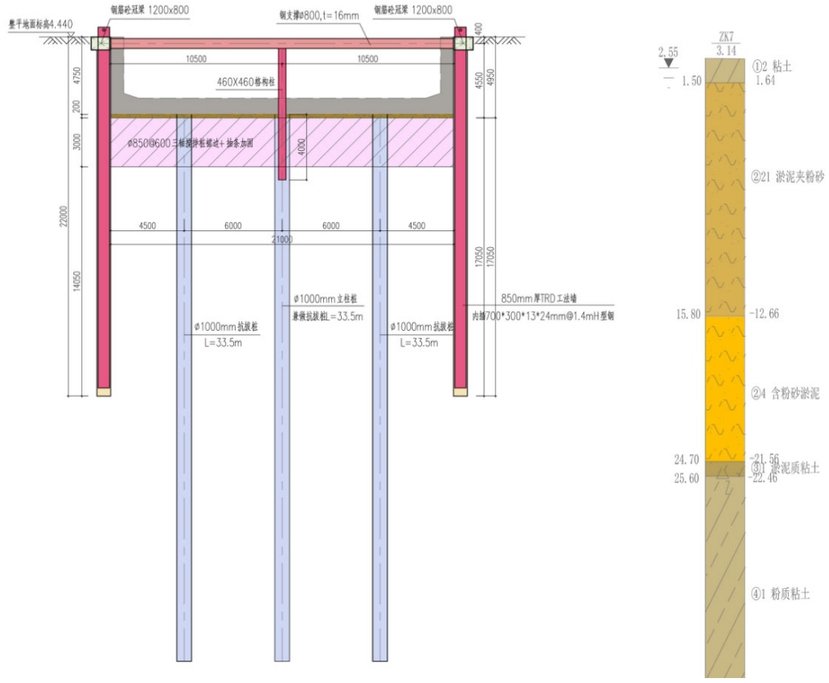


图 5.3.3-5　隧道北岸主线敞口段（1.7≤H＜5 米段）围护结构横断面图

6）其他基坑设计

对于深度小于 2 米的基坑，因无放坡条件可采取钢板桩支护的形式，需保证施工时基坑及周边环境的安全。

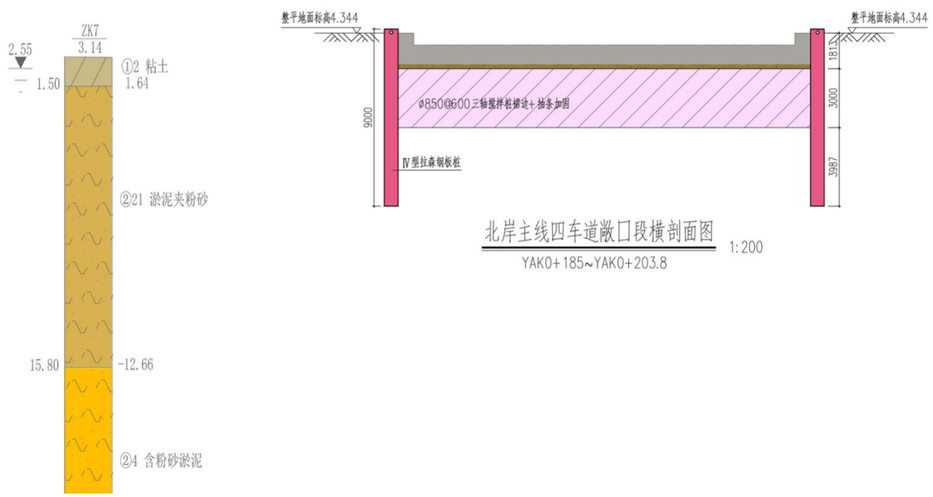


图 5.3.3-6　隧道北岸主线敞口段（H＜1.7 米）围护结构横断面图

对于独立匝道的基坑设计，可视基坑深度情况及周边环境条件参考上述同等深度的隧道主线基坑设计选取合适的围护结构形式，计算要求同主线隧道基坑。

北岸明挖段围护结构形式汇总见表 5.3.3-6。

表 5.3.3-6　北岸明挖段围护结构形式汇总表

名称	里　　程	基坑深度（m）	嵌固深度（m）	竖向支撑道数及类型	支护类型
北岸主线	YAK0+000（起点）～YAK0+203.8	0～2	0~7	无支撑	钢板桩
	YAK0+203.8～YAK0+260	2~5	20~17.3	1 道钢支撑	TRD850 工法墙+@1.4mH 型钢
	YAK0+260～YAK0+329	5～8.81	23.1~19.5	1 道砼支撑+1 道钢支撑，局部+1 道钢换撑	TRD850 工法墙+@0.7mH 型钢
	YAK0+329～YAK0+444.1	8.81～14.92	25.8~19.9	1 道砼支撑+2～3 道钢支撑	800mm 地连墙
	YAK0+444.1～YAK0+528.1	15.1～19.50	32.9~28.5	1 道砼支撑+4 道钢支撑	1000mm 地连墙
	YAK0+528.1～YAK0+727.9	19.50~22.36	34.2~30.6	2 道砼支撑+3 道钢支撑	1200mm 地连墙
	YAK0+727.9～YAK0+802.1	20.74~20.97	28.8~28.5	2 道砼支撑+3 道钢支撑+1 道钢换撑	1200mm 地连墙
	YAK0+802.1～YAK0+846	24.85～24.98	29.2~29.0	2 道砼支撑+4 道钢支撑+1 道钢换撑	1200mm 地连墙
B 匝道	BK0+100～BK0+170	18.4~15	23.6~27	1 道砼支撑+4 道钢支撑	1000mm 地连墙
	BK0+170～BK0+281	15~8.2	20~27.6	1 道砼支撑+2～3 道钢支撑	800mm 地连墙
	BK0+281～BK0+320	8.2~5.3	21.0~23.7	1 道砼支撑+1 道钢支撑	TRD850 工法墙+@0.7mH 型钢
	BK0+320～BK0+375	5.3~2	18.7~22	1 道钢支撑	TRD850 工法墙+@1.4mH 型钢
	BK0+375～BK0+467（终点）	2~0	7~0	无支撑	钢板桩

（4）围护结构监控量测

监控量测目的有以下几方面：

1）将监测数据与预测值相比较，判断前一步施工工艺和施工参数是否符合预期要求，以确定和调整下一步施工，确保施工安全。

2）将现场测量的数据、信息及时反馈，以修改和完善设计，使设计达到优质安全、经济合理。

3）将现场测量的数据与理论预测值比较，用反分析法进行分析计算，使设计更符合实际，便于指导今后的工程建设。

该隧道基坑支护开挖过程中，应根据《建筑基坑工程监测技术规范》GB50497-2009 对基坑的周边环境及支护结构进行监控测量，并及时反馈监测信息，为研究地层、地下水、施工参数和地表变形及土体变形的关系积累数据，为研究地表沉降与土体变形的分析预测方法等提供资料，并为改进设计和调整施工参数提供依据。

明挖段基坑施工过程中，需要进行下列项目的监测工作：

1）支护结构的水平位移；

2）支护结构的变形；

3）基坑周边的地表沉降；

4）支撑立柱的沉降；

5）支撑和锚杆的应力和轴力；

6）地下水位；

7）周边建筑物的沉降和倾斜；

8）基坑周围下水管、水渠、排污管的变位与渗漏状况；

9）基坑渗、漏水状况；

10）边坡土体顶部的水平位移；

11）边坡顶部沉降。

各监测项目的监测要求如下：

1） 地表沉降监测

施工期间应对车站周围的的道路、环境、地面等进行监测，监测频率在施工过程中每二天至少一次，测点布置一般在 25m 左右，遇特殊要求时，可适当提高监测频率和加密测点布置。

2） 围护结构监测

在基坑开挖施工过程中，应对围护墙体的水平、垂直位移进行监测，监测频率至少每天两次，测点布置一般在 10～20m 范围，当周边建筑物较近时，应适当加密测点，提高监测频率。

3） 支撑监测

在施工过程中应对基坑的支撑系统进行全方位的监测，监测内容包括支撑轴力、变形及稳定等，监测频率至少每天两次。

4） 地下水位及土压力监测

在隧道施工的全过程中应对地下水位进行全方位的监测，监测频率至少两天一次。隧道施工时应选择 1～2 个点进行土压力的监测，监测频率一般两天一次，也可根据试验需要作适当调整。

5） 地下管线监测

施工期间应对隧道基坑施工影响范围的所有地下管线进行监测，检测频率和控制标准根据各管线权属单位的要求进行。

6） 周边建筑物的监测

在隧道施工过程中，应对施工影响范围内的所有建筑物进行变形、沉降、裂缝以及倾斜等监测。监测频率在基坑施工过程中至少每天一次，在内部结构施工过程中至少每两天一次，遇重点或特殊保护的建筑物，监测频率应适当提高。

根据本工程的特点确定的量测项目、测点布置、监测手段与监测频率见表 3.2.3-7。

表 3.2.3-7　隧道基坑监控量测表

监测项目	监测方法	测点布置	监测频率
围护结构裂缝及渗漏水观察	目测	开挖后及支护后进行	1～3 次/周
围护结构水平位移	经纬仪、水准仪、钢钢尺	沿围护结构布点，测点间距 5～15m。	1 次/1～2 天
基坑周围地表沉降	水准仪、钢钢尺	基坑外 50m 范围，测点间距 5～15m	基坑外 10m 内，1～2 次/天 基坑外 10～20m 内，1 次/2 天 基坑外 20～30m 内，1 次/3 天 基坑外 30m 外，1 次/周
基坑周围建筑物沉降及倾斜			
基坑周围地下管线沉降			
深层土体水平位移	测斜管、测斜仪	每 20～30 m 测一个断面，每个断面 5 个孔。	埋设一周内 1 次/1～2 天 埋设一周后 1 次/周
地下水位量测	水位管、地下水位仪	围护结构外侧 2～5 个观测孔	1 次/1～2 天

本次设计基坑监测项目的监控报警值取控制值的 80%。

根据上述监测项目，监测单位应采取相应的监测手段，以便施工过程中能及时发现隐患，及时作出处理，确保工程质量及周边构筑物、地下管线的安全。

2．明挖段主体结构设计

（1）主体结构设计原则及标准

1）结构尺寸拟定应满足建筑限界、施工允许误差、测量允许误差、结构变形、沉降及装修等要求，同时还应考虑地质条件、结构埋置深度、荷载、结构类型、施工工艺等情况，参照有关工程经验并通过计算确定。

2）结构按6度抗震设防烈度，并在结构设计时按三级抗震采取相应的抗震构造处理措施，以提高结构的整体抗震性能。

3）结构设计分别按施工阶段和正常使用阶段，根据承载能力极限状态及正常使用极限状态的要求进行强度、刚度和稳定性计算，保证具有一定的耐久性。地下结构按设计使用年限100年的要求进行耐久性设计，结构安全等级为一级，其重要性系数不应小于1.1。

4）根据隧道结构的类型和施工方法，应分别按照有关的设计规范对其在施工阶段和正常使用阶段进行强度计算，必要时还应进行刚度和稳定性计算。另外，尚应按照《混凝土结构规范》（GB50010-2010）（2015年版）进行抗裂和裂缝宽度验算。钢筋混凝土的裂缝开展允许值应根据结构类型、使用要求、所处环境条件和防水措施等因素加以确定。结构裂缝宽度允许值

迎土面0.2mm，背土面0.3mm。

5）结构的设计水位，施工期间按100年内涝最高水位，使用期间按100年一遇的洪（潮）水位设计，盾构段除按100年一遇的洪（潮）水位设计外，另应按三百年一遇水位校核。

6）根据地勘报告及《混凝土结构耐久性设计标准》（GB／T 50476-2019）要求：岸上段环境作用等级为IV-C；江中段（含明挖和盾构段）环境作用等级为IV-D。梁、板、柱、墙结构混凝土等级不小于C45，混凝土最大水胶比0.4。

（2）一般构造措施

1）最外层钢筋的混凝土保护层厚度

① 顶、底板和外墙：临水侧(外侧)一般为50mm，江中段为60mm，背水侧(内侧)为40mm。

② 内部结构：45mm。

2）钢筋锚固长度

① 顶板、底板、外墙、内墙：均不小于40d。

② 其它内部钢筋混凝土构件：不小于35d。

③ I级钢筋末端应设180° 弯钩，弯钩末端直线段长度不小于13d。

3）钢筋接头

① 顶、底板，侧墙及内部结构所有钢筋均不得采用绑扎接头，应采用焊接接头或其它经质检站认可的以机械方式连接的钢筋接头。

② 所有横向主筋接头不得设于框架节点范围内，顶、底板和外墙的内侧横向主筋接头应尽可能避免设于跨中。

③钢筋接头应错开布置，错开要求见下表：

表5.3.3-6　钢筋接头要求

接头错开距离	接头区段内受力钢筋接头面积的允许百分率
≥35d	≤50%

注：d 为钢筋直径。

④在内墙和管廊内横隔板位置处遇到直径或边长小于200mm的孔洞或管道时，可将钢筋直接绕过孔洞、管道边，不得切断。

4）混凝土结构最大计算裂缝宽度

表5.3.3-6　最大计算裂缝宽度允许值（mm）

裂缝控制等级	结构类型	裂缝宽度允许值	附注
三级	水中环境、水中缺氧环境	0.3	
	洞内干燥环境或洞内潮湿环境	0.3	环境相对湿度为45%～80%
	干湿交替环境	0.2	
	盐渍土环境;盐渍土环境;受除冰盐作用环境;海岸环境	0.2	

表5.3.3-6　各结构构件裂缝宽度允许值

盾构段管片钢筋混凝土裂缝宽度不大于0.2mm。

结构类别	明挖结构						
	侧墙		顶、底板		内部结构	边柱、端柱、顶、底板梁	
	外侧	内侧	外侧	内侧		外侧	内侧
裂缝宽度（mm）	0.2	0.3	0.2	0.3	0.3	0.2	0.3

5）变形缝的设置

变形缝设置主要考虑了温度变化、混凝土收缩和基础差异沉降。故结构的变形缝设置原则如下：

① 变形缝两侧结构应完全断开。

② 暗埋段与“U”型敞口段间需设一道变形缝。

③ 明挖暗埋段纵向每隔45米、“U”型敞口段纵向每隔30米设一道变形缝，遇特殊情况时其间距可适当调整。

④ 每道变形缝宽20mm。

（3）主体结构横断面设计与计算

1）计算内容

① 根据结构的类型和施工方法，分别按照有关的设计规范对其在施工阶段和正常使用阶段进行强度计算，必要时进行刚度和稳定性计算。

② 按照混凝土结构规范对结构进行抗裂和裂缝宽度验算。当计及地震或其它偶然荷载作用时可不验算结构的裂缝宽度，按荷载的短期效应组合并考虑长期效应组合的影响求得的最大裂缝宽度外侧应不大于 0.2mm，内侧应不大于 0.3mm。

③ 结构计算及结构抗浮设计时地下水位取全水位。

④ 计算软件采用 SPA2000V22 版结构分析通用有限元软件。

2）计算工况

按照设计功能要求对结构按两种极限状态进行分析：承载能力极限状态和正常使用极限状态。

承载能力极限状态：为结构到达将会丧失引起结构稳定性、倒塌或显著破坏结果之状态。该状态主要分析刚体结构构件或断面的过度变形、构件或结构整体之不稳定性、结构力学性能之改变及结构局部或整体平衡之丧失。

正常使用极限状态：为结构于所预定期间或重复使用时到达正常使用的某一项规定限值而不影响结构稳定性之状态。该状态主要分析刚体结构与正常状态下之不相容变形，混凝土开裂并导致钢筋受到侵蚀或不美观，以及结构产生不适当振动等。

结构设计应根据使用过程中在结构上可能同时出现的荷载，按承载能力及极状态和正常使用极限状态分别进行荷载组合，并应取各自的最不利组合进行包络设计。

对于承载能力极限状态，按荷载的基本组合或偶然组合的效应设计值，按如下设计表达式进行计算。

由可变荷载控制的效应设计值，按下式进行计算及设计：

$$\gamma_0\left(\sum_{j=1}^{m}\gamma_{Gj}S_{Gjk}+\gamma_{Q1}\gamma_{L1}S_{Q1k}+\sum_{i=2}^{n}\gamma_{Qi}\gamma_{Li}\psi_{ci}S_{Qik}\right)\leq R_d$$

由永久荷载控制的效应设计值，按下式进行计算及设计：

$$\gamma_0\left(\sum_{j=1}^{m}\gamma_{Gj}S_{Gjk}+\sum_{i=1}^{n}\gamma_{Qi}\gamma_{Li}\psi_{ci}S_{Qik}\right)\leq R_d$$

用于偶然组合的承载能力极限状态计算的效应设计值，按下式进行计算及设计：

$$\gamma_0\left(\sum_{j=1}^{m}S_{Gjk}+S_{Ad}+\psi_{f1}S_{Q1k}+\sum_{i=2}^{n}\psi_{qi}S_{Qik}\right)\leq R_d$$

用于偶然组合后受损结构整体稳固性验算的效应设计，按下式进行计算及设计：

$$\gamma_0\left(\sum_{j=1}^{m}S_{Gjk}+\psi_{f1}S_{Q1k}+\sum_{i=2}^{n}\psi_{qi}S_{Qik}\right)\leq R_d$$

对于正常使用极限状态，根据不同的设计要求，采用荷载的标准组合、频遇组合或准永久组合。用于荷载标准组合设计时，按下式进行计算及设计：

$$\left(\sum_{j=1}^{m}S_{Gjk}+S_{Q1k}+\sum_{i=2}^{n}\psi_{ci}S_{Qik}\right)\leq C$$

3）计算荷载及组合

①永久荷载

a.结构自重:按构件实际重量计算；

b.覆土容重:20KN/m3，计算截面以上的全部土柱重量；

c.侧向土压力:主、被动土压力按朗金土压力公式计算，静止土压力根据地层侧压力系数计算；

d.水压力:按最不利水位承受全水头水压力；

e.混凝土收缩及徐变影响力；

f.设备区荷载:按 8kpa 计算，并考虑设备的动力影响及安装途径等。

②可变荷载

a.地面超载:按 20kPa 计算，端头井处超载按 70kPa 计算；

b.地面超载引起的侧向力:按考虑地面车载的均布荷载作用于地层上考虑；

c.施工荷载:根据实际情况确定；

d.温度荷载:使用阶段温度变化根据温州市地区实际温度情况考虑隧道内外侧温差士 10℃。

③偶然荷载

a.地震作用:按 6 度地震动参数进行结构抗震承载力、变形验算，7 度地震进行设防；

b.人防荷载:按照 50kPa 考虑，其引起的压力考虑在地面下 5m 范围线性变化；

c.爆炸荷载:按单孔承受 100kPa 考虑。

④荷载组合

a.基本组合：γ_s*（γ_G*永久荷载+γ_Q*可变荷载）

b.标准组合(裂缝控制)：永久荷载+可变荷载

c.偶然荷载组合：永久荷载+偶然荷载+ψ_f*可变荷载

⑤荷载组合分项系数

表 5.3.3-2　荷载组合分项系数表

序号	荷载组合验算工况	永久荷载(γ_G)	可变荷载(γ_Q)	偶然荷载
1	基本组合构件强度计算	1.3	1.5	
2	构件裂缝宽度计算	1.0	1.0	

3	构件挠度计算	1.0	1.0	
4	偶然荷载强度计算	1.0	0.6	1.0

注：结构重要性系数取γ_s=1.1。

4）主要计算参数

根据初堪地质报告，隧址范围内各岩土层的的物理力学参数选取见围护结构设计章节内容中的**表 5.3.3-5**。

5）计算模型

本次设计采用 SAP2000 软件进行计算，主体结构按底板置于弹性地基上的平面框架，采用平面杆系单元模拟，按“荷载—结构”模式进行计算。主体结构承受静水压力，侧向地层与结构的共同作用采用水土压力及弹簧模拟。结构计算时纵向长度均取 1m，暗埋段结构计算简图如图 5.3.3-7 所示，敞口段结构计算模型与之类似。

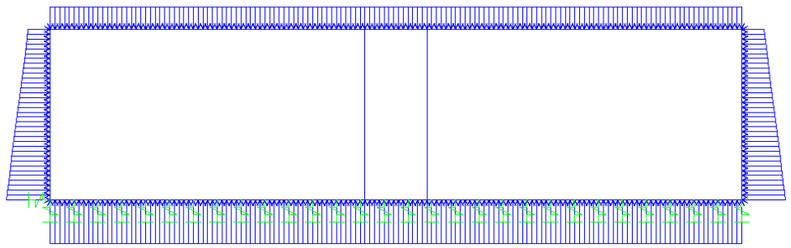


图 5.3.3-8　明挖暗埋段结构计算简图

6）工程材料

① 明挖段结构：

顶板、顶梁、底板、底梁、侧墙、端墙、端柱、壁柱：C45，混凝土抗渗等级参照埋深确定。

隧道内部结构：C40 混凝土。

顶板、中板预留孔洞后期封堵时混凝土强度宜提高一级，顶板孔洞后期封堵应采用 P8 补偿收缩混凝土。

底板及底板梁下垫层：200mm 厚 C20 早强素混凝土。

钢材选取：钢筋：HPB300、HRB400、HRB400E 级钢；钢板、吊钩、吊环钢筋：Q235B。

② 盾构段管片结构材料要求

混凝土等级:C60 高性能混凝土;

混凝土抗渗等级≥P12;

管片生产使用的材料（混凝土、水泥、粉煤灰、粗细骨料、外加剂、钢筋等）均应符合国家有关标准和规范、规程的要求。

钢筋:钢筋采用 HPB300、HRB400 级 HRB400E 级。

钢材:钢结构构件采用 Q235 钢。

焊条:HRB400 钢筋采用 E50 型焊条、HPB300 钢筋及 Q235 型钢板采用 E43 型焊条。

③ 隧道内部结构材料要求

混凝土等级：①内部结构:C40 混凝土，除弧形内衬抗渗等级为 P8 外，其余构件抗渗等级为 P6；②混凝土填充：C25 素混凝土；③混凝土垫层：C30 混凝土；④箱涵底板与管片空隙填充：M10 砂浆。

钢筋工程：①钢筋：采用 HPB300 级、HRB400 级钢筋；②焊条：E50 系列焊条；③其他钢材：Q235 钢；④钢筋接驳器：采用Ⅰ级钢筋接驳器。

7）结构横断面设计

隧道北岸明挖段包括暗埋段和敞口段，暗埋段采用现浇钢筋混凝土箱型结构，敞口段采用现浇钢筋混凝土 U 型槽结构。隧道北岸明挖段中，主线暗埋段长 535m，敞口段长 150m，A 匝道暗埋段长 224m，敞口段长 95m，B 匝道暗埋段长 180m，敞口段 100m；详见图 5.3.3-9。

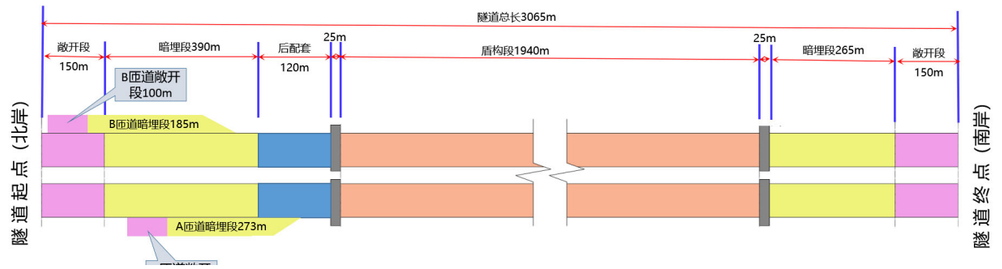


图 5.3.3-10　隧道北岸结构分段图

根据建筑限界及道路布置需求，隧道北岸暗埋段结构主要有主线双向 4 车道、双向 5 车道、双向 6 车道、及单车道匝道等断面形式，敞口段结构主要有主线双向 4 车道、匝道单车道断面形式，具体设计详见下图。

表 5.3.3-3　隧道结构分界里程

分段	里程范围	长度（米）	车道数	暗埋/敞口
北岸	K0+185.000~K0+335.000	150	双向 4 车道	敞口段
	K0+335.000~K0+554.000	219	双向 4 车道	暗埋段
	K0+554.000~K0+802.000	248	双向 5 车道	暗埋段

	K0+802.000~K0+870.000	68	双向 6 车道	暗埋段
A 匝道	Ak0+045~AK0+140	95	单向单车道	敞口段
	Ak0+140~AK0+364	224	单向单车道	暗埋段
B 匝道	Bk0+095~Bk0+275	180	单向单车道	暗埋段
	Bk0+275~Bk0+375	100	单向单车道	敞口段

8）横断面计算及结果

从结构受力考虑，明挖段结构按平面框架单元进行计算，计算时纵向长度取 1m，主体结构与围护结构间用压杆进行模拟。根据覆土和结构形式的不同，选取结构较为典型的断面进行计算分析。

① 隧道北岸主线双向 6 车道断面

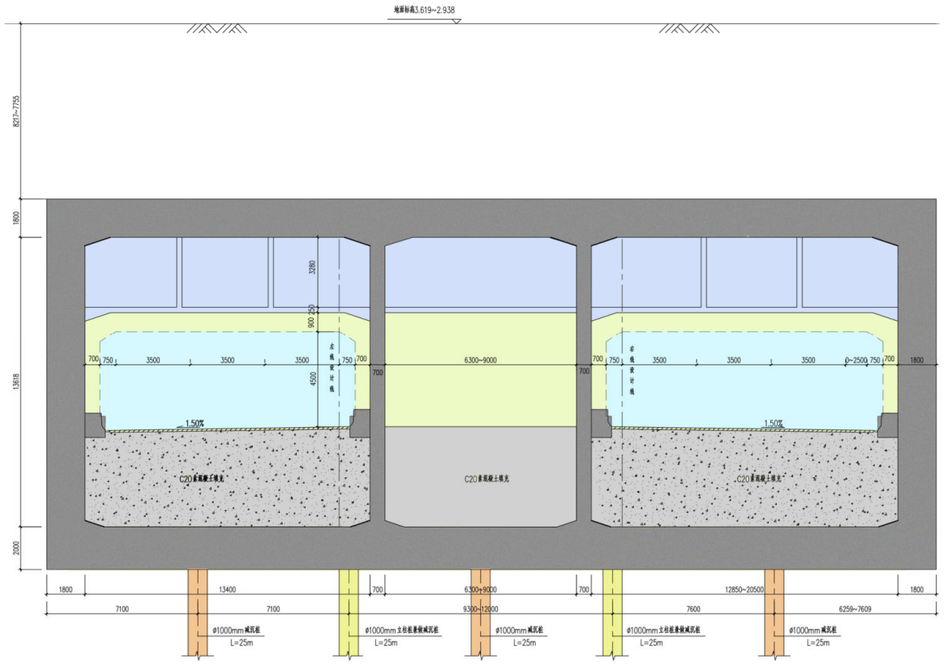


图 5.3.3-11　北岸主线双向 6 车道（后配套下沉段）典型横断面图

荷载取值：结构覆土厚度 8.5m，埋深 24.6m，水位取至地面。荷载值如下表所示：

表 5.3.3-4　水土分算结构荷载表

矩形框架计算			
荷载分项	结构受力位置	工况一	工况二
		最高水位结构受力(KN/m2)	最低水位结构受力(KN/m2)
土压计算	顶板	85	170
	侧墙上	64.75	129.50
	侧墙下	166.95	333.90
水压计算	顶板	85	0
	侧墙上	92.5	0
	侧墙下	238.5	0
	底板	246	0
超载	顶板	20	20
	侧墙	14	14
底板地基反力	50MPa	土平均侧压力系数	0.7

计算时选取最大埋深结构断面，计算结果如图所示。

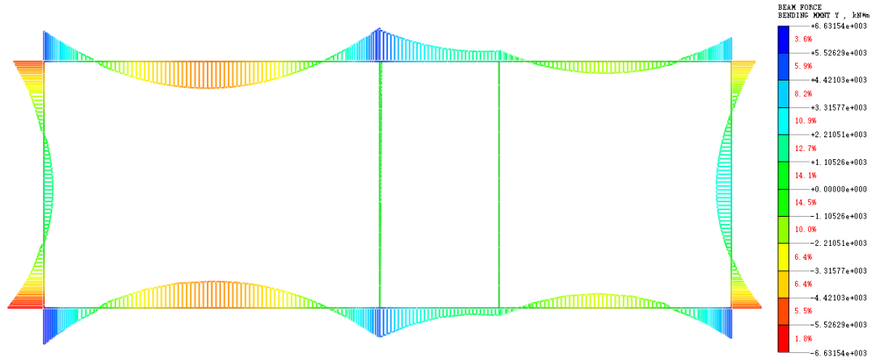


图 5.3.3-12　北岸主线双向 6 车道控制工况弯矩图（单位：KN.m）

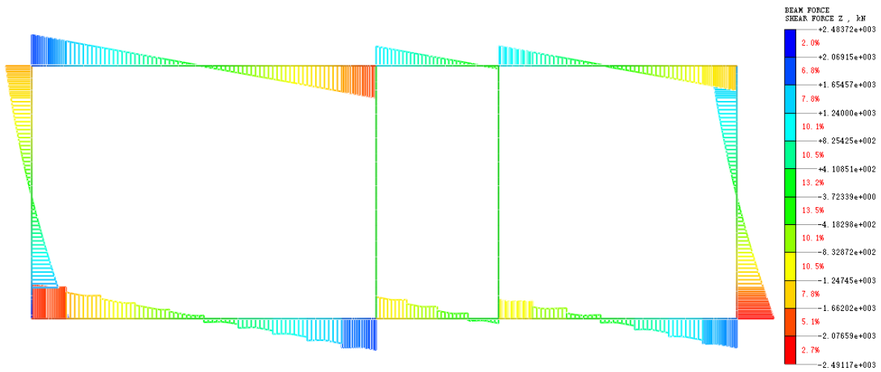


图 5.3.3-13　北岸主线双向 6 车道控制工况剪力图（单位：KN.m）

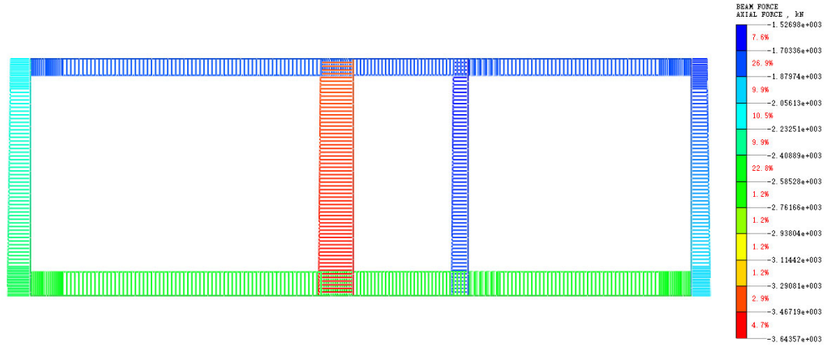


图 5.3.3-14　北岸主线双向 6 车道控制工况轴力图（单位：KN.m）

通过控制性计算，所选结构构件尺寸符合设计要求。

② 隧道北岸主线双向 5 车道+A 匝道断面

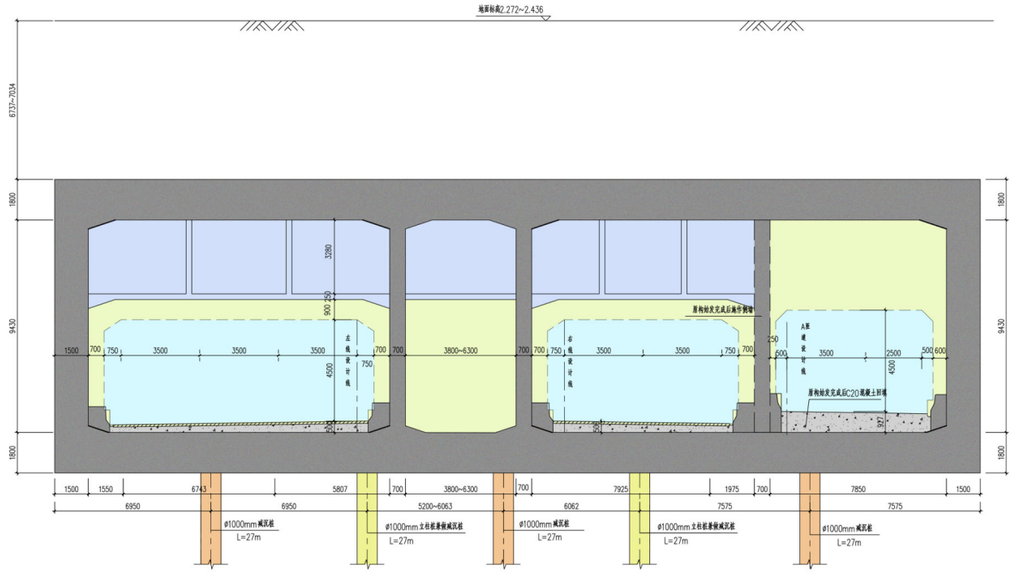


图 5.3.3-15　北岸主线双向 5 车道+A 匝道（后配套加高段）典型横断面图

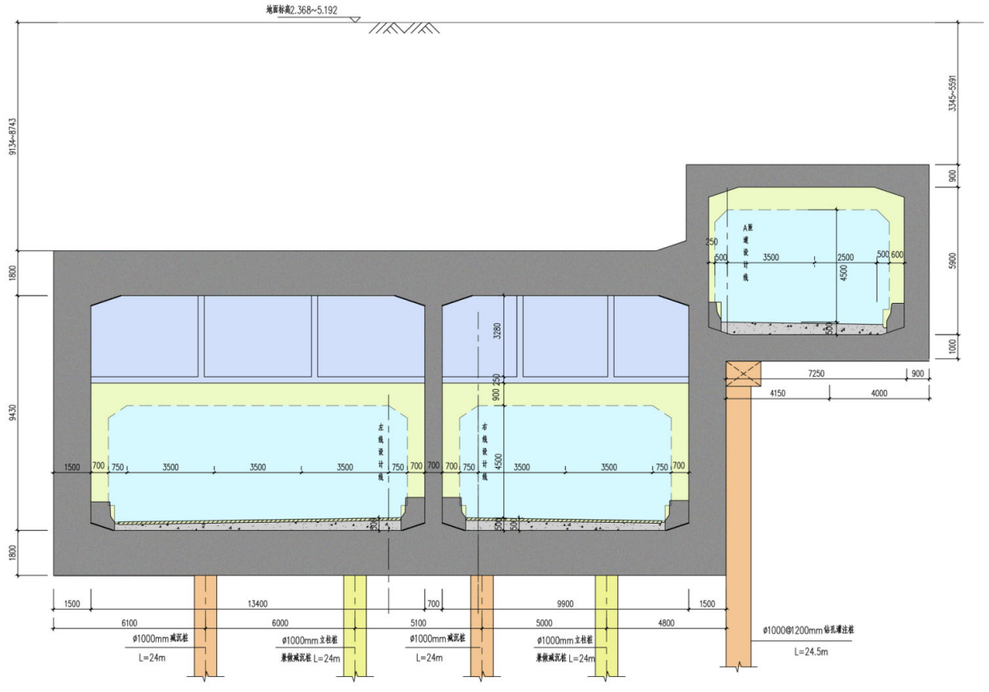


图 5.3.3-16　北岸主线双向 5 车道+A 匝道（非后配套段）典型横断面图

荷载取值：结构覆土厚度 13.3m，埋深 22.05m，水位取至地面。荷载值如下表所示：

表 5.3.3-5　水土分算结构荷载表

矩形框架计算			
荷载分项	结构受力位置	工况一	工况二
		最高水位结构受力(KN/m2)	最低水位结构受力(KN/m2)
土压计算	顶板	133	266
	侧墙上	98.00	196.00
	侧墙下	149.10	298.20
水压计算	顶板	133	0
	侧墙上	140	0
	侧墙下	213	0
	底板	220.5	0
超载	顶板	20	20
	侧墙	14	14

计算时选取最大埋深结构断面，计算结果如图所示。

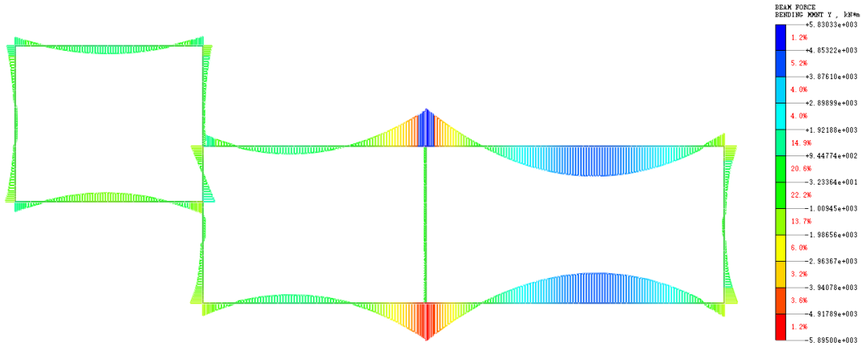


图 5.3.3-17　北岸主线双向 5 车道+A 匝道控制工况弯矩图（单位：KN.m）

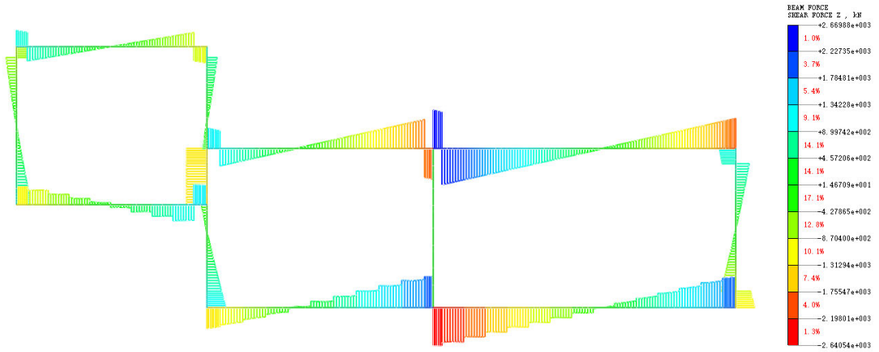


图 5.3.3-18　北岸主线双向 5 车道+A 匝道控制工况剪力图（单位：KN.m）

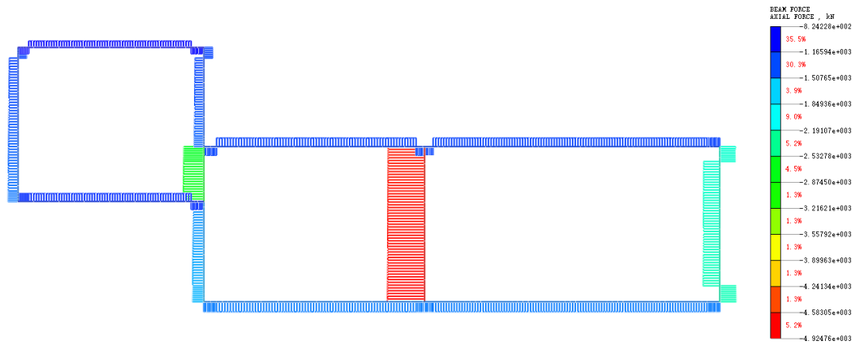


图 5.3.3-19　北岸主线双向 5 车道+A 匝道控制工况轴力图（单位：KN.m）

通过控制性计算，所选结构构件尺寸符合设计要求。

③隧道北岸主线双向 4 车道暗埋段断面

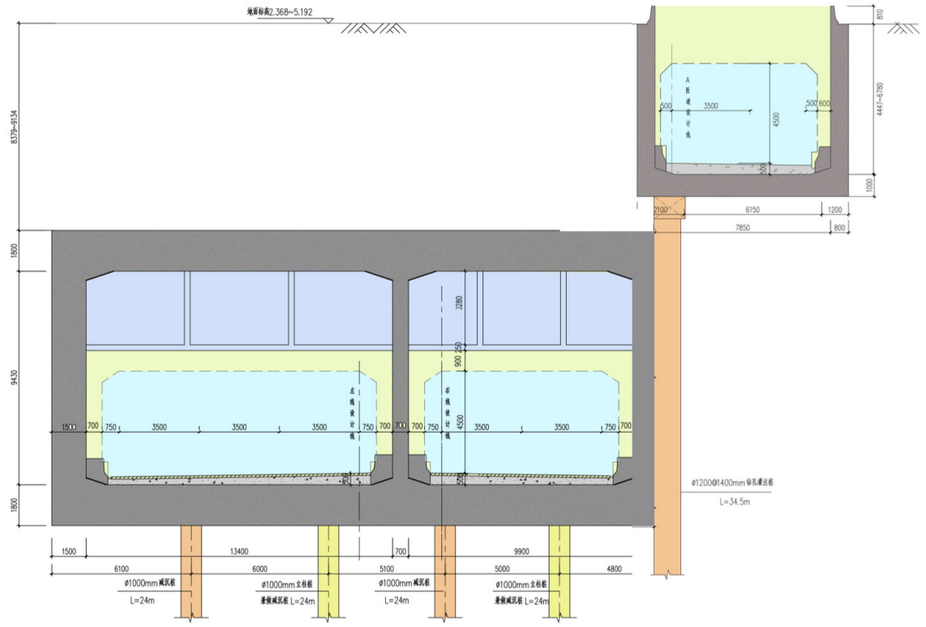


图 5.3.3-20　北岸主线双向 4 车道暗埋段+A 匝道典型横断面图

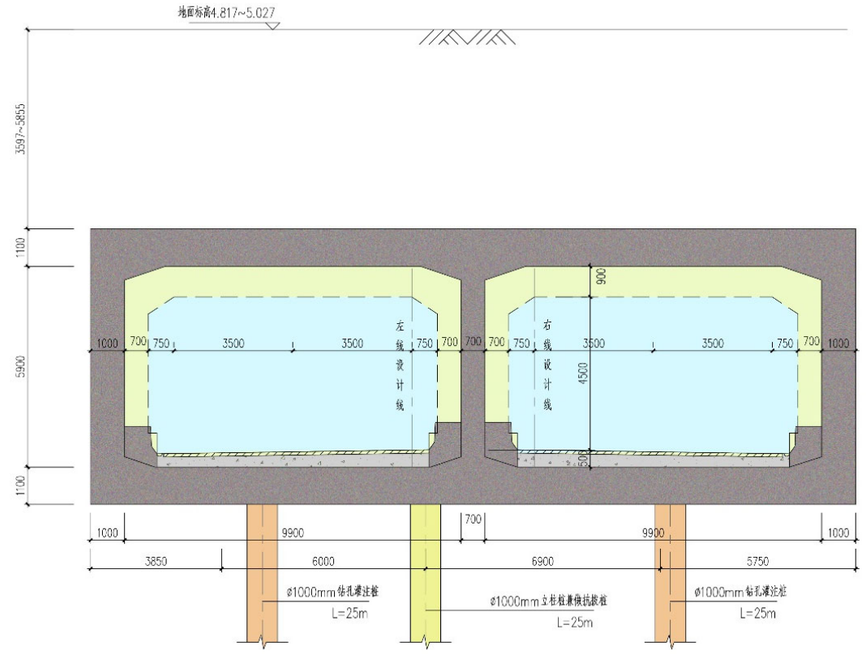


图 5.3.3-21　北岸主线双向 4 车道暗埋段典型横断面图

荷载取值：结构覆土厚度 11.3m，埋深 19.9m，水位取至地面。荷载值如下表所示：

表 5.3.3-6　水土分算结构荷载表

矩形框架计算			
荷载分项	结构受力位置	工况一	工况二
		最高水位结构受力(KN/m2)	最低水位结构受力(KN/m2)
土压计算	顶板	113	226
	侧墙上	83.65	167.30
	侧墙下	134.40	268.80
水压计算	顶板	113	0
	侧墙上	119.5	0
	侧墙下	192	0
	底板	199	0
超载	顶板	20	20
	侧墙	14	14

计算时选取最大埋深结构断面，计算结果如图所示。

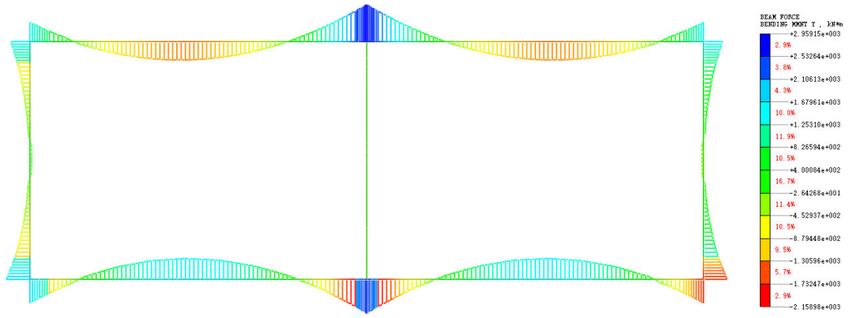


图 5.3.3-22　北岸主线双向 4 车道暗埋段控制工况弯矩图（单位：KN.m）

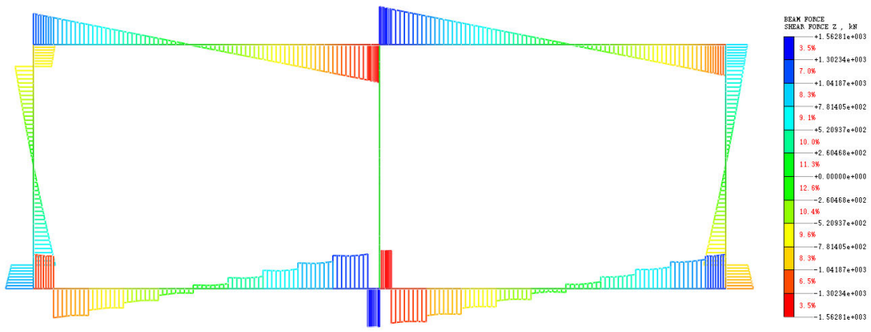


图 5.3.3-23　北岸主线双向 4 车道暗埋段控制工况剪力图（单位：KN.m）

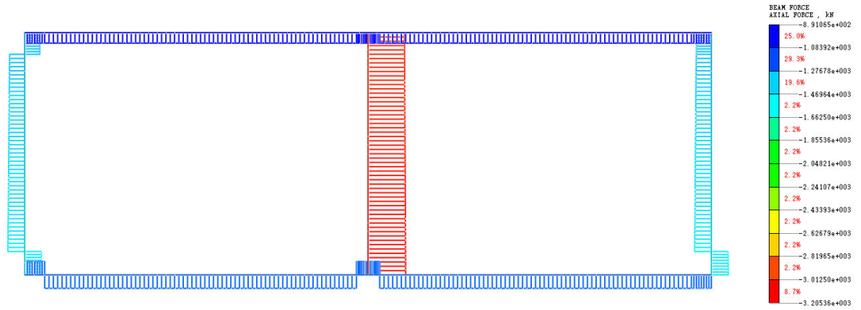


图 5.3.3-24　北岸主线双向 4 车道暗埋段控制工况轴力图（单位：KN.m）

通过控制性计算，所选结构构件尺寸符合设计要求。

④ 隧道北岸主线双向 4 车道敞口段断面

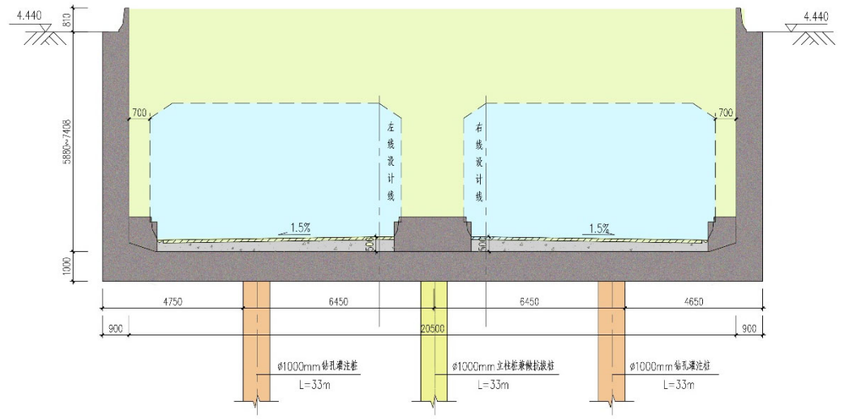


图 5.3.3-25　北岸主线双向 4 车道敞口段典型横断面图

荷载取值：埋深 9.08m，水位取至地面。荷载值如下表所示：

表 5.3.3-7　水土分算结构荷载表

荷载	位置	数值/(kN/m2)
水压侧向压力（梯形）	上端	10*0=0
	下端	10*9.08=90.8
土（原状土）压侧向压力（梯形）	上端	0.5*10*0=0
	下端	0.5*10*9.08=45.4
基底水压力	基底	10*9.08=90.8

自重荷载	-	-
地面超载	地表	20
地面超载引起的侧向压力	侧墙	07*20=14

计算时选取最大埋深结构断面，计算结果如图所示。

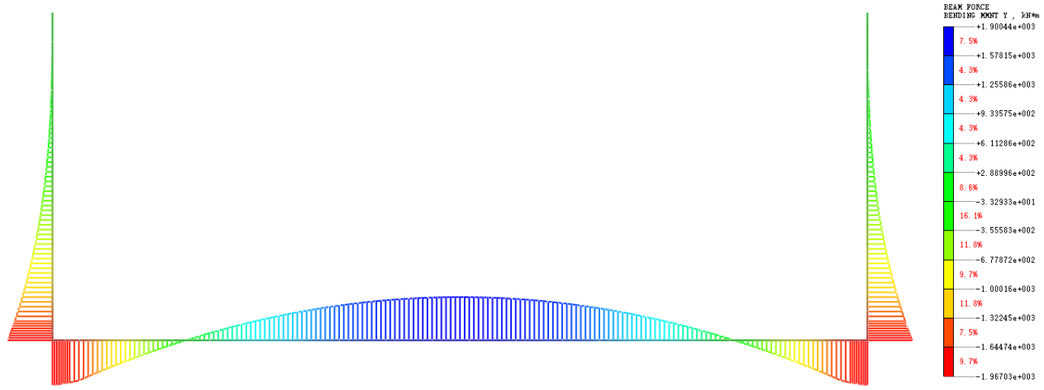


图 5.3.3-26　北岸主线双向 4 车道敞口段控制工况弯矩图（单位：KN.m）

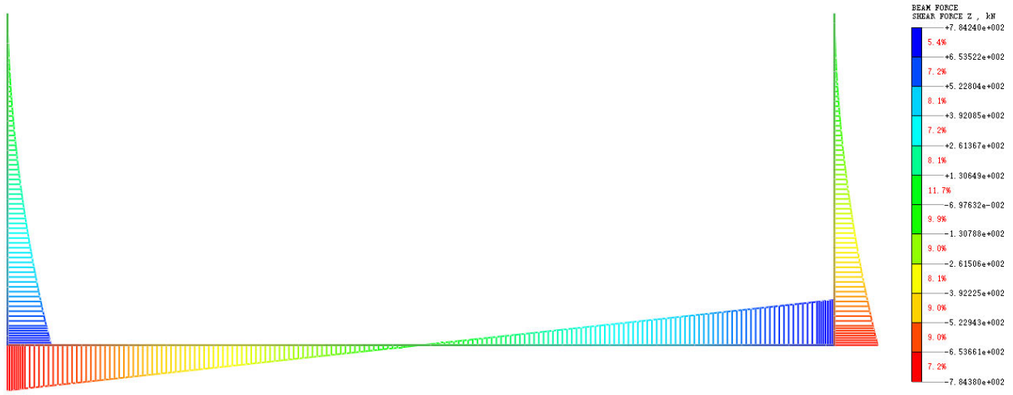


图 5.3.3-27　北岸主线双向 4 车道敞口段控制工况剪力图（单位：KN.m）



图 5.3.3-9　北岸主线双向 4 车道敞口段控制工况轴力图（单位：KN）

通过控制性计算，所选结构构件尺寸符合设计要求。

⑤ 隧道北岸匝道暗埋段断面

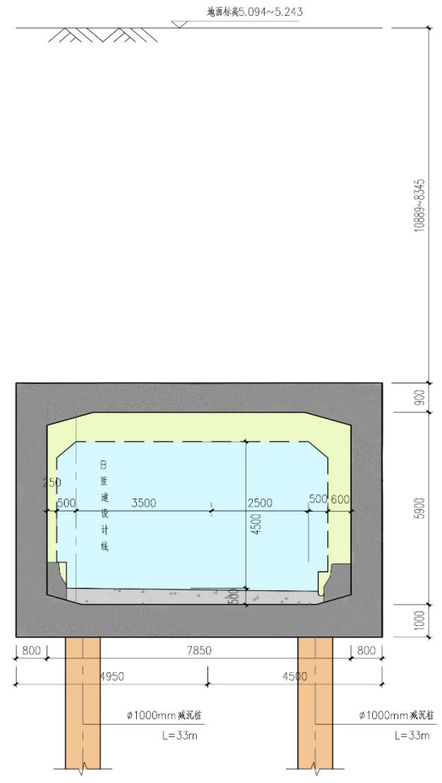


图 5.3.3-28　北岸匝道暗埋段典型横断面图

荷载取值：结构覆土厚度 11.8m，埋深 19.6m，水位取至地面。荷载值如下表所示：

表 5.3.3-8　水土分算结构荷载

矩形框架计算			
荷载分项	结构受力位置	工况一	工况二
		最高水位结构受力(KN/m2)	最低水位结构受力(KN/m2)
土压计算	顶板	118	236
	侧墙上	85.75	171.50
	侧墙下	133.70	267.40
水压计算	顶板	118	0
	侧墙上	122.5	0
	侧墙下	191	0
	底板	196	0
超载	顶板	20	20
	侧墙	14	14

计算时选取最大埋深结构断面，计算结果如图所示。

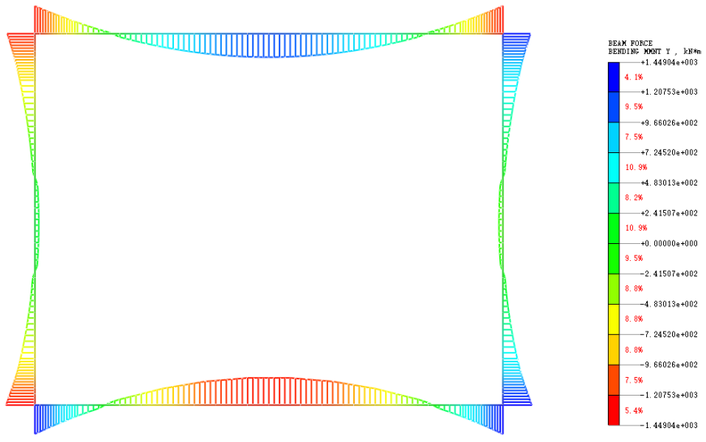


图 5.3.3-29　隧道北岸匝道暗埋段控制工况弯矩图（单位：KN.m）

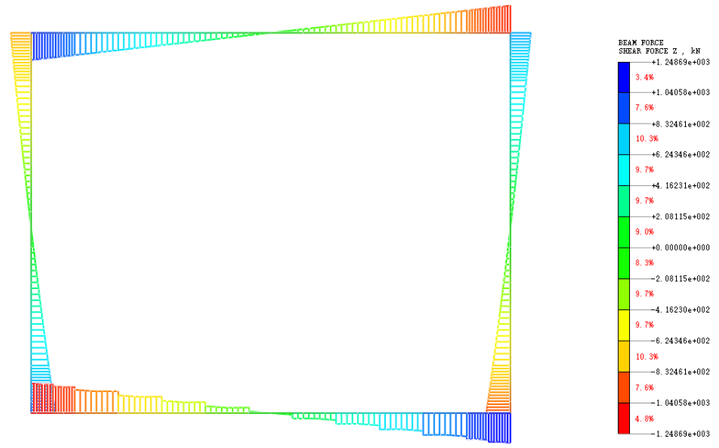


图 5.3.3-30　隧道北岸匝道暗埋段控制工况剪力图（单位：KN.m）

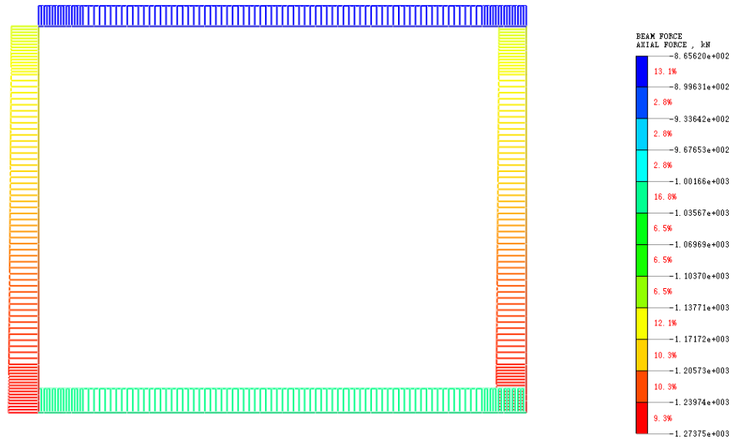


图 5.3.3-31　隧道北岸匝道暗埋段控制工况轴力图（单位：KN.m）

⑥ 隧道北岸匝道敞口段断面

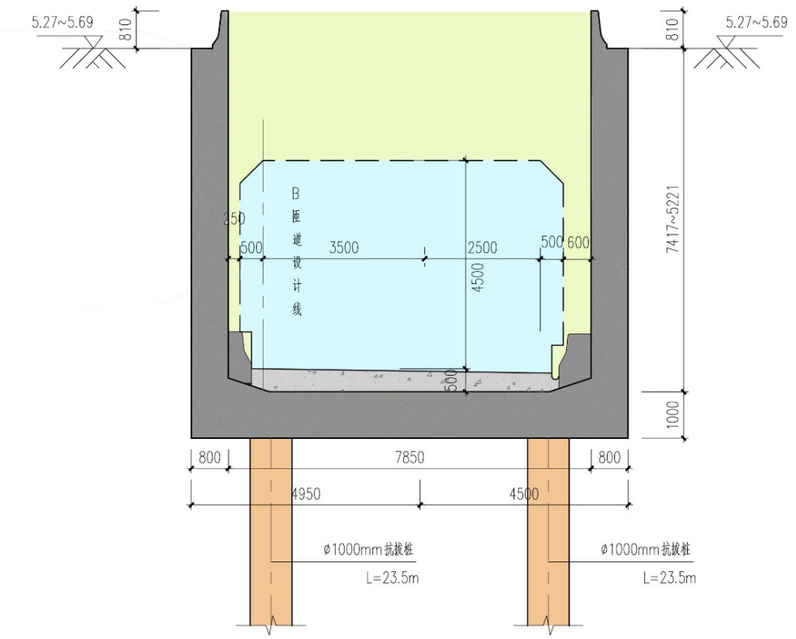


图 5.3.3-32　隧道北岸匝道敞口段典型横断面图

荷载取值：埋深 8.1m，水位取至地面。荷载值如下表所示：

表 5.3.3-9　水土分算结构荷载表

矩形框架计算			
荷载分项	结构受力位置	工况一	工况二
		最高水位结构受力(KN/m2)	最低水位结构受力(KN/m2)
土压计算	顶板	0	0
	侧墙上	0.00	0.00
	侧墙下	53.55	107.10
水压计算	顶板	0	0
	侧墙上	0	0
	侧墙下	76.5	0
	底板	81	0
超载	顶板	20	20
	侧墙	14	14

计算时选取最大埋深结构断面，计算结果如图所示。

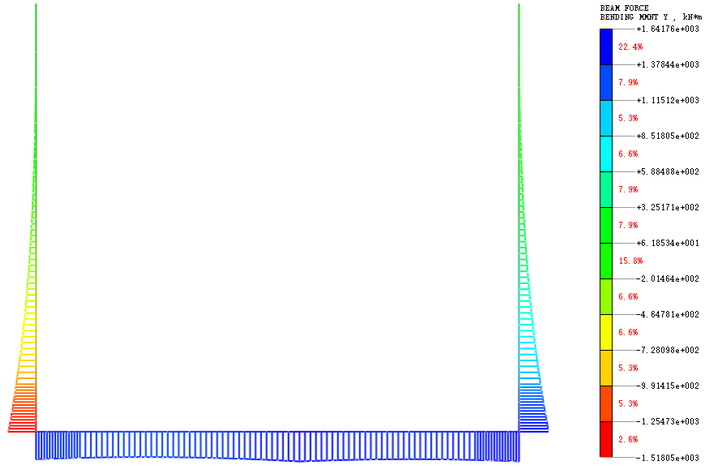


图 5.3.3-33　隧道北岸匝道敞口段控制工况弯矩图（单位：KN.m）

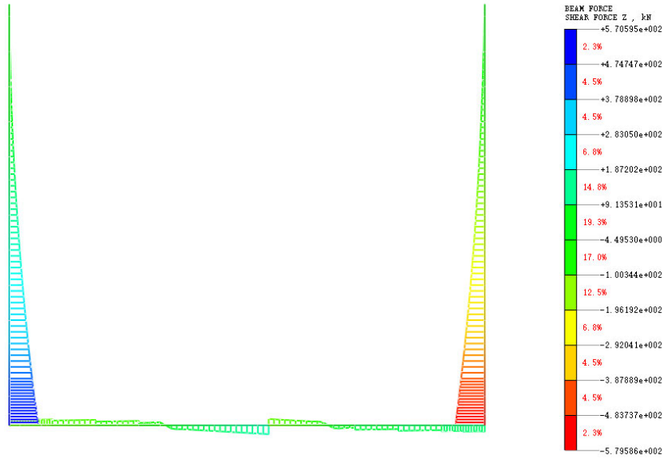


图 5.3.3-34　隧道北岸匝道敞口段控制工况剪力图（单位：KN.m）

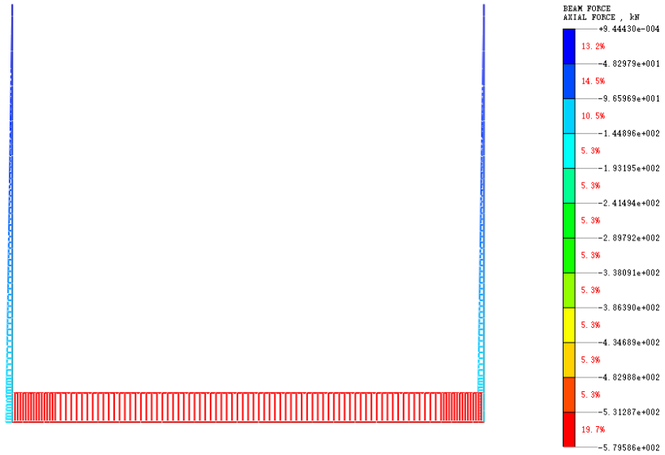


图 5.3.3-35　隧道北岸匝道敞口段控制工况轴力图（单位：KN.m）

各横断面计算内力及配筋结果汇总见如下表 6.12.2-1：

表 6.12.2-1 主体结构控制性内力及配筋汇总表

断 面	板类	板厚（mm）	弯矩标准值（KN.m）		轴力标准值（KN）	剪力标准值（KN）	配筋(HRB400)	裂 缝 宽 度（mm）
单向三车道	顶板	1200	上	921	1140.2	967.0	Φ25@100	0.12
			下	2146			Φ28@100+Φ32@200	0.26
	底板	1200	上	2499	849.0	1290	Φ32@100+Φ32@200	0.26
			下	1661			Φ32@100（侧墙甩筋 2.5m）+Φ28@200	0.14
	侧墙	1200	外	2059	1883.2	657.0	Φ28@100+Φ28@100	0.16
			内				Φ25@100	构造
岔道口处（覆土 10.0m）	顶板	1500	上	2027	1682.5	1517.1	Φ32@100+Φ32@200(侧墙甩筋 1.0m)	0.16
			下	4264			Φ32@100+Φ32@100	0.26
	底板	1500	上	4280	946.9	1881.8	Φ32@100+Φ32@100	0.26
			下	2994			Φ32@100(侧墙甩筋 4.0m)+Φ32@100	0.15
	侧墙	1500	外	4473	2846.7	697.4	Φ32@100+Φ32@100+Φ32@200	0.19
			内				Φ25@100	构造
单向两车道（覆土 13.0m）	顶板	1100	上	1340	942.1	1080.4	Φ28@100(侧墙甩筋 2.6m)+Φ32@200	0.14
			下	1886			Φ28@100+Φ28@200	0.27
	底板	1000	上	1495	963.5	1157.0	Φ28@100+Φ28@200	0.22
			下	1061			Φ28@100(侧墙甩筋 2.6m)+Φ28@200	0.11
	侧墙	1100	外	1823	1672.1	802.8	Φ28@100+Φ28@100	0.14
			内				Φ22@100	构造
单向单车道（覆土 11.8m）	顶板	1100	上	1297	1136.2	1246.4	Φ28@200(侧墙甩筋 2.5m)+Φ28@100	0.13
			下	2138			Φ28@100+Φ28@200	0.21
	底板	1000	上	1218	1054.1	974.7	Φ32@100	0.24
			下	828			Φ28@100	0.11
	侧墙	1000	外	1530	1984.4	966.1	Φ28@100(顶、底板甩筋 2.2m)+Φ28@100	0.14
			内	49.36			Φ22@100	构造
敞口段（侧墙 8.2m）	底板	800	上		519.5	131.2	Φ22@100	构造
			下	1385			Φ28@100+Φ28@100(侧墙甩筋 3.5m)	0.17
	侧墙	800	外	1244	156	471.0	Φ28@100+Φ28@100(底板甩筋 2.5m)	0.14
			内				Φ22@200	构造
敞口段（侧墙 2.5m）	底板	400	上	95	73.6	27.1	Φ16@150	0.14
	侧墙	400	下	53	22.5	73.6	Φ16@150	0.04

通过控制性计算，所选结构构件尺寸符合设计要求。

9）主体结构抗浮计算

① 计算原则

表 5.3.3-36 抗浮安全系数

序号	隧道类型	抗浮安全系数	
		施工阶段	使用阶段

1	明挖法隧道	1.进行降排水时，不考虑抗浮； 2.未考虑降排水措施，考虑侧墙土体摩阻力时取 1.05	1.不考虑侧墙土体摩阻力时取 1.05； 2.考虑土体摩阻力时取 1.10
2	盾构法隧道	1.10	1.20

② 计算结果

经计算，单车道 U 型槽段局部不满足抗浮要求，需在车站底板设置单排Φ1000mm 抗拔桩，桩长根据浮力计算结果确定。

10） 抗震设计

①抗震设防目标

依据《地下结构抗震设计标准》（GBT 51336-2018）及相关规范，地下结构的抗震性能要求应为：

性能要求Ⅰ：不受损坏或不需进行修理能保持其正常使用功能，附属设施不损坏或轻微损坏但可快速修复，结构处于线弹性工作阶段；

性能要求Ⅱ：受轻微损伤单短期内经修复能恢复其正常使用功能，结构整体处于弹性工作阶段；

性能要求Ⅲ：主体结构不出现严重破损并可经整修恢复使用，结构处于弹塑性工作阶段；

性能要求Ⅳ：不倒塌或发生危及生命的严重破坏。

地下结构的抗震设防目标应符合下表规定

表 5.3.5-12 地下结构抗震设防目标

抗震设防类别	设防水准			
	多遇	基本	罕遇	极罕遇
甲类	Ⅰ	Ⅰ	Ⅱ	Ⅲ
乙类	Ⅰ	Ⅱ	Ⅲ	-
丙类	Ⅱ	Ⅲ	Ⅳ	-

②抗震设计条件

根据《地下结构抗震设计标准》（GBT 51336-2018）、《建筑抗震设计规范》(GB 50011-2010)(2016 年版)，确定本工程岸边明挖段主体结构抗震设计参数如下：

- 抗震设防分类：乙类
- 抗震设防烈度：6 度
- 设计地震分组：第一组
- 设计基本地震加速度值：0.05g
- 主体结构抗震等级：根据《地下结构抗震设计标准》，明挖段为三级抗震，不需再提高设防烈度，盾构段为四级抗震。

③抗震构造措施

a.主体结构抗震构造措施

钢筋混凝土框架的梁、板、墙、柱的配筋方式、截面尺寸和轴压比，纵向受力钢筋的最小配筋率、锚固长度和搭接长度，箍筋的最小直径、最大间距和加密区长度，（抗震）墙的厚度及其竖向和横向分布筋的最小配筋率和布置方式，以及带有孔洞时结构的构造等抗震构造措施，应满足《地下结构抗震设计标准》（GBT 51336-2018）及《建筑抗震设计规范》（GB 50011-2010）(2016 年版)相关规定。

b.主体结构薄弱部位工程措施

对于盾构井、主体-附属结构接口、主线-匝道分叉口等有可能存在薄弱部位的重点部位，加强环梁设计，完善结构受力转换体系，保证结构承载力和安全性，采取必要的辅助施工措施，同时优化施工步序和现场组织。

c. 非结构构件抗震构造措施

建筑非结构构件指除承重骨架体系以外的固定构件和部件，包括非承重墙、附着于楼面的构件和装饰构件等，其计算及构造措施应按《建筑抗震设计规范》(GB 50011-2010) (2016 年版)及《地下结构抗震设计标准》（GBT 51336-2018）相关要求执行。

5.3.3.2 南岸明挖结构设计

1.明挖段围护结构设计

（1）围护结构设计原则

南岸明挖段围护结构设计原则同北岸明挖段。

（2）围护结构选型

同北岸明挖段中论述，根据温州地区多年来软土地下工程建设的实践经验，结合对本工程周边不同环境条件和水文地质条件的研究，基坑可采用的围护结构主要有地下连续墙、钻孔灌

注桩加水泥土搅拌桩隔水帷幕、SMW 工法桩/TRD 工法水泥搅拌墙、水泥土重力式挡墙、放坡等形式。

根据本工程初勘报告，南岸明挖段工程区域内主要地层自上而下依次为：①1 杂填土，①2 粘土，②21 淤泥夹粉砂，②3 粉砂夹淤泥，②4 含粉砂淤泥，②5 粉砂夹淤泥，③1 淤泥质粘土，③2 淤泥质粘土夹中砂，④31 粉 砂，④32 卵石，淤泥及淤泥质粘土层深厚，土层力学特性较差，结合温州地区软土基坑工程设计案例，对于 10m 以上较深基坑，采用地下连续墙围护结构+工字钢接头的基坑，止水效果较佳，渗漏现象较少，能够较好地保证施工期间的基坑安全。对于较浅基坑采用止水效果较好且具有一定支护刚度的 TRD 工法墙的围护结构型式。

该基坑坑深随路线变化幅度较大，应针对不同深度基坑采取不同的围护结构形式。经计算分析，本次设计采用如下的支护型式：

表 5.3.3-10 基坑围护形式选取表

基坑深度 H（m）	围护结构形式	围护结构厚度（mm）	内插型钢形式间距（mm）	围护桩插入比	坑底加固形式
H＜2	钢板桩	-		≥3.0	
2≤H＜5	TRD	850	1400	≥3.0	850@600 三轴搅拌桩（裙边+抽条形式）
5≤H＜10	TRD	850	700	≥2.0	
10≤H＜15	地连墙	800		≥1.3，以计算为准	
15≤H＜20	地连墙	1000		≥1.3，以计算为准	
20≤H	地连墙	1200		≥1.2，以计算为准	

注：受施工机具限制或设置栈桥区域根据具体情况选择钻孔灌注桩围护 TRD850 内插型钢尺寸为 700*300*13*24。

（3）支撑体系选择

南岸明挖段基坑（不包括工作井）支撑体系选择原则同北岸明挖段，采用一道混凝土支撑+一～五道钢支撑，钢支撑根据计算采用直径 609/800mm，厚度 t=16mm 钢管撑，水平及竖向位置根据围护布置结合计算结果确定。

（4）围护结构计算控制标准

围护结构计算控制标准详见北岸明挖段。

（5）围护结构计算模型及地层参数

1）围护结构计算模式

基坑围护结构按弹性支点法进行计算，计算图示见下图：

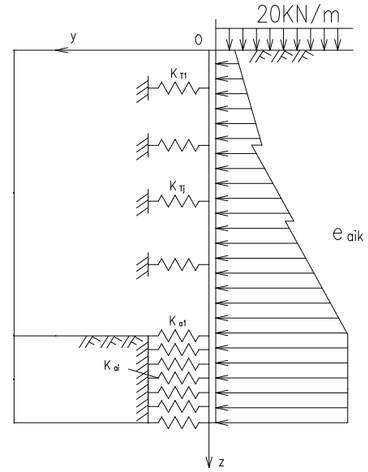


图 5.3.3-37 围护结构计算模型

2）计算软件：同济启明星深基坑支挡结构分析计算软件 frws。

3）计算参数选取

地面超载：在一般段按 20kpa、盾构井及管片堆放区按 70kPa 计。基坑周边浅基础房屋荷载超载：每层按 15kpa 计。

设计水位：现状地面下 0.5m。

地层参数同北岸明挖段。

4）工程材料

地下连续墙：复合墙段水下 C35 混凝土，抗渗等级：P8；叠合墙段水下 C45 混凝土，抗渗等级：P12。

立柱基础（钻孔灌注桩）：水下 C45 防水混凝土，抗渗等级：P10；

冠梁、混凝土支撑：C35。

腰梁：C45，抗渗等级 P8/P10。

TRD 搅拌墙：水泥含量不小于 25%，膨润土含量不小于 5%；

水泥土搅拌桩：水泥含量不小于 25%，空搅部分不小于 8%；

导墙、垫层：C20（早强）。

（6）地基加固处理

地连墙内外侧均采取三轴水泥搅拌桩进行槽壁加固处理，基坑深度小于 20m 槽壁加固深度 12m，基坑深度大于等于 20m 槽壁加固深度为 15m。

基坑内采用三轴水泥搅拌桩进行加固，选择裙边+抽条的加固形式，隧道主线裙边加固宽

度为 6 米，抽条加固宽度为 3 米，抽条加固间距为 6 米。

三轴水泥搅拌桩水泥掺量不小于 25%，空桩部分不小于 8%。

三轴搅拌桩裙边+抽条加固的水泥土采用三轴不排水剪抗压强度 1.0MPa 对应的粘聚力 C 及内摩擦角 φ 值折减 0.6。参考温州市域铁路设计经验，加固土体计算时重度采用 18kN/m^3，内摩擦角采用 15°，粘聚力采用 50Kpa。

（7）围护结构设计与计算

1）K2+834~890（1200mm 厚地下连续墙；1 道砼支撑+5 道钢支撑）

选取基坑最深处断面，设计深度 23.35m，根据就近的 ZK2 钻孔资料进行围护结构计算，设置 1 道 1000x1000mm 砼支撑+3 道直径 609 钢支撑+2 道直径 800 钢支撑，砼支撑水平间距 6 米，钢支撑水平间距为 3 米，基坑宽度约 34.2～38.6 米，设置两排中立柱系统，计算水位取地面以下 0.5 米，计算简图及结果如下：

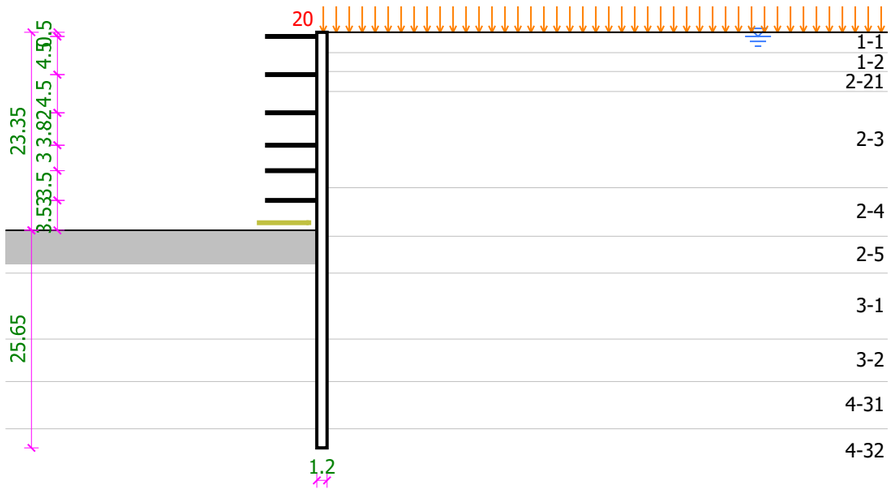


图 5.3.3-38　1200mm 地墙段围护结构计算简图

基坑开挖到基底及回筑主体阶段各工况下各道支撑的最大内力及围护结构位移包络图如下图：

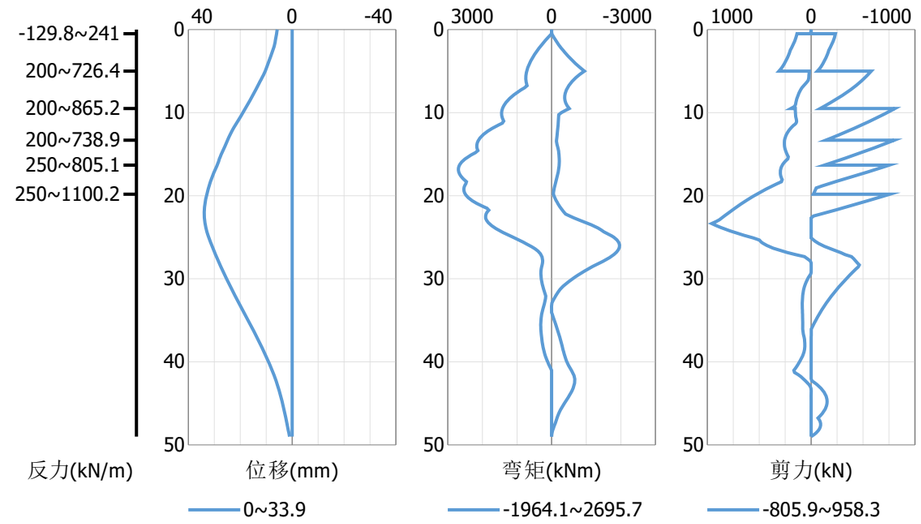


图 5.3.3-39　1200mm 地墙段围护结构内力、位移包络图

整体稳定性系数：Ks = 2.5 >1.35，满足规范要求。

坑底抗隆起安全系数：Kr = 3.28>2.2，满足规范要求。

墙底抗隆起安全系数：Kr = 25.11>1.8，满足规范要求。

抗渗流安全系数：Kg = 2.04>1.6，满足规范要求。

综合以上计算结果，所选围护结构可以满足使用要求。

上述里程段范围的围护结构横断面如下所示。

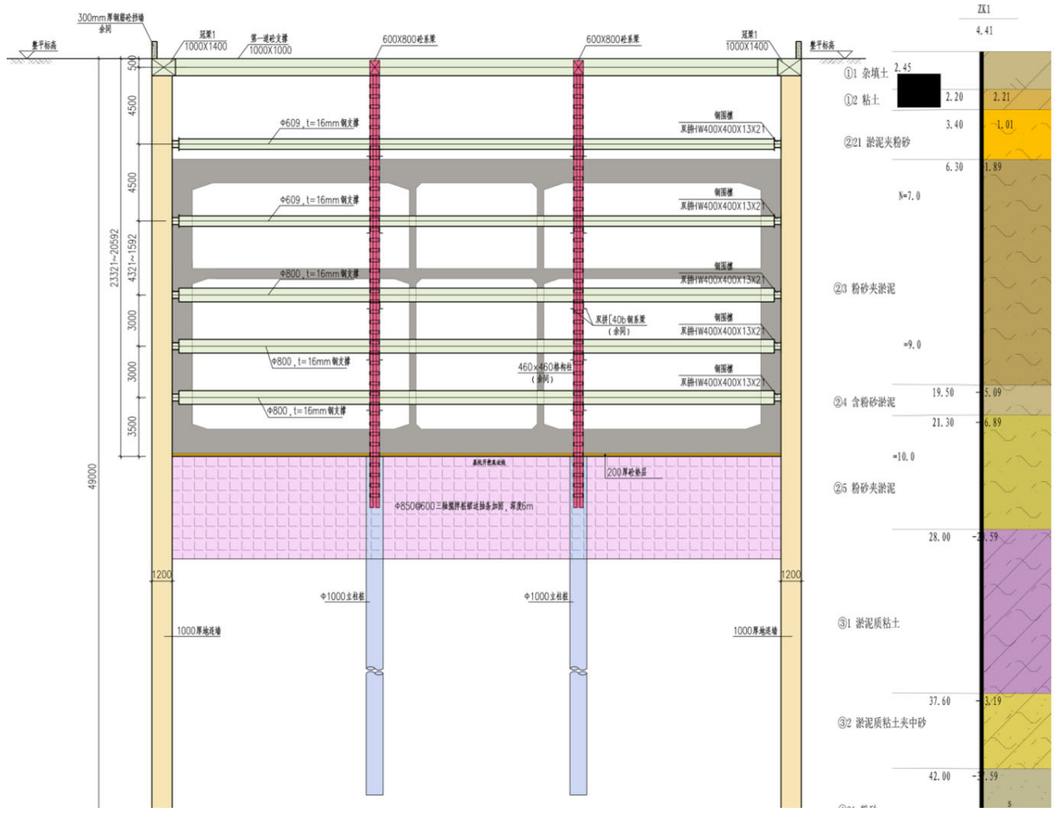


图 5.3.3-40　1200mm 地墙段围护结构横断面图

2）K2+890~995（1000mm 厚地下连续墙；1 道砼支撑+4 道钢支撑）

选取基坑最深处断面，设计深度 20.1m，根据就近的 ZK2 钻孔资料进行围护结构计算，设置 1 道 1000x1000mm 砼支撑+2 道直径 609 钢支撑+2 道直径 800 钢支撑，砼支撑水平间距 6 米，钢支撑水平间距为 3 米，基坑宽度约 22.6～42.3 米，设置两排中立柱系统，计算水位取地面以下 0.5 米，计算简图及结果如下：

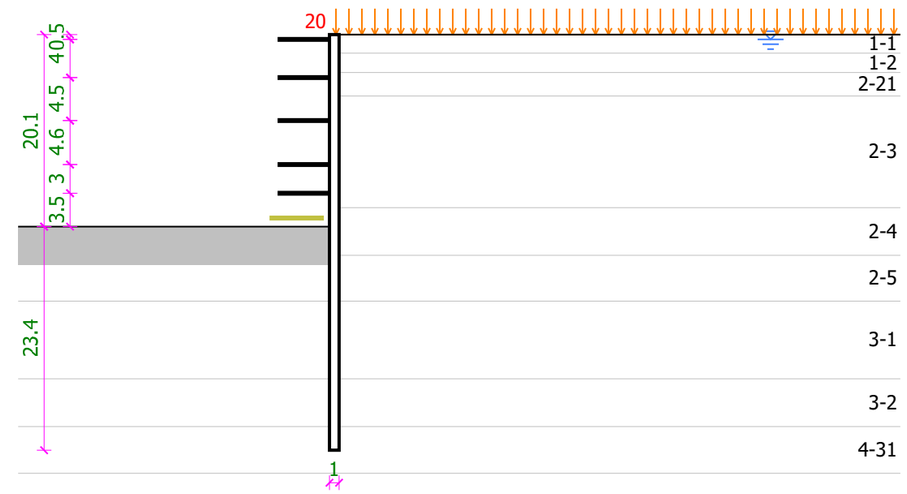


图 5.3.3-41　1000mm 地墙段围护结构计算简图

基坑开挖到基底及回筑主体阶段各工况下各道支撑的最大内力及围护结构位移包络图如下图：

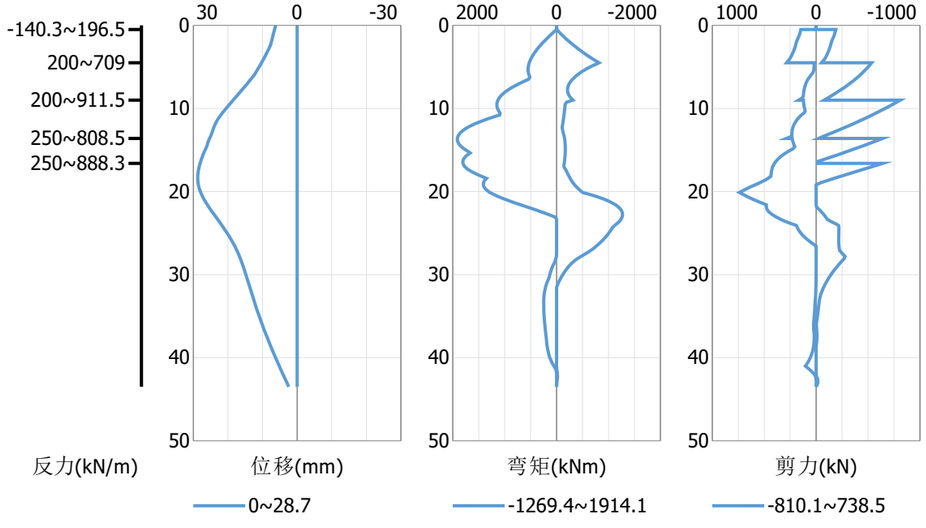


图 5.3.3-42　1000mm 地墙段围护结构内力、位移包络图

整体稳定性系数：Ks = 1.88 >1.35，满足规范要求。

坑底抗隆起安全系数：Kr = 2.49>2.2，满足规范要求。

墙底抗隆起安全系数：Kr = 12.12>1.8，满足规范要求。

抗渗流安全系数：Kg = 2.13>1.6，满足规范要求。

综合以上计算结果，所选围护结构可以满足使用要求。

上述里程段范围的围护结构横断面如下所示。

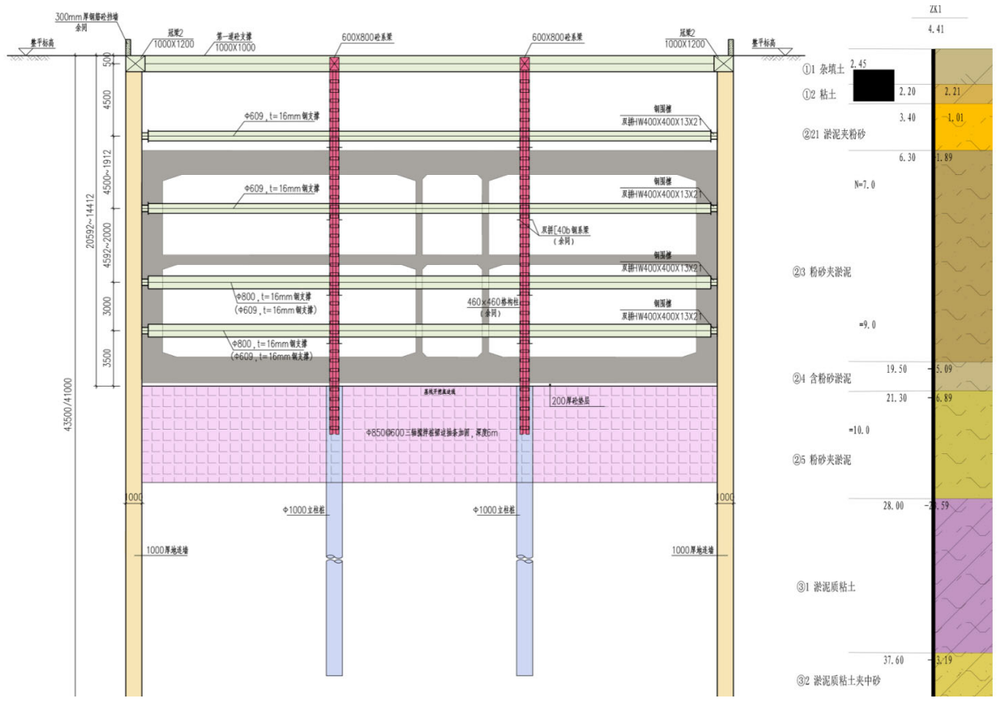


图 5.3.3-43 1000mm 地墙段围护结构横断面图

3）K2+995~K3+085（850mmTRD 工法墙；1 道砼支撑+2～3 道钢支撑）

选取基坑最深处断面，设计深度 14.2m，根据就近的 ZK1 钻孔资料进行围护结构计算，设置 1 道 1000x1000mm 砼支撑+2～3 道直径 800 钢支撑，砼支撑水平间距 6 米，钢支撑水平间距为 3 米，基坑宽度约 23 米，坑底采用搅拌桩满堂加固为远期规划沿江快速路及 M2 线下穿预留条件，计算水位取地面以下 0.5 米，计算简图及结果如下：

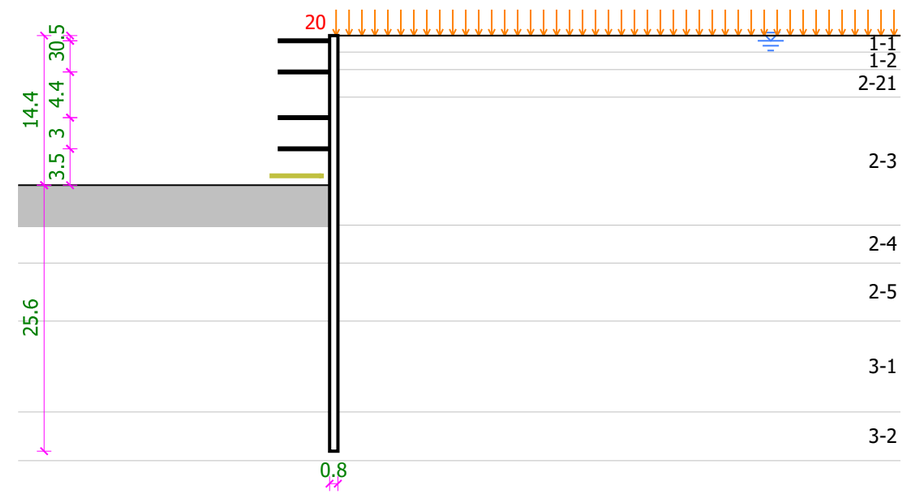


图 5.3.3-44 850mm 地墙段围护结构计算简图

基坑开挖到基底及回筑主体阶段各工况下各道支撑的最大内力及围护结构位移包络图如下图：

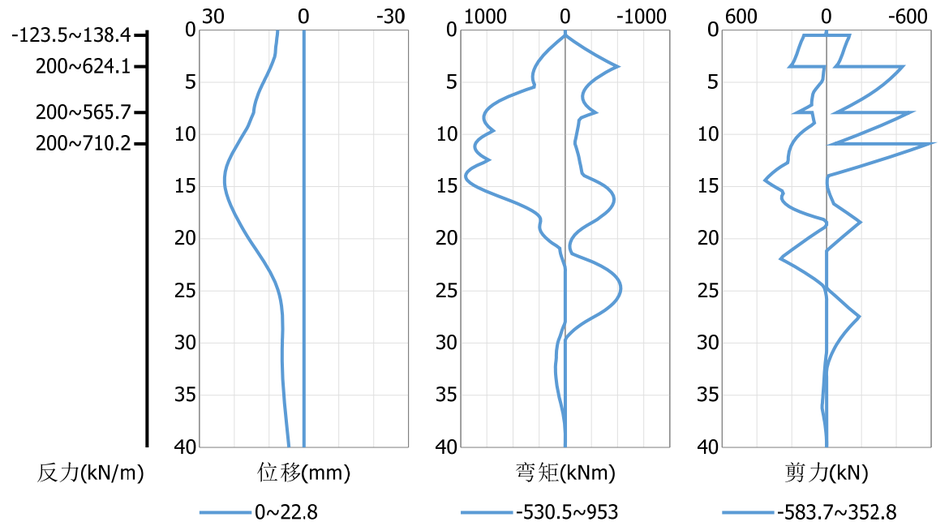


图 5.3.3-45 850mm 地墙段围护结构内力、位移包络图

整体稳定性系数：Ks = 1.4 >1.3，满足规范要求。

坑底抗隆起安全系数：Kr = 2.26>2.2，满足规范要求。

墙底抗隆起安全系数：Kr = 2.07>1.8，满足规范要求。

抗渗流安全系数：Kg = 3.4>1.5，满足规范要求。

综合以上计算结果，所选围护结构可以满足使用要求。

上述里程段范围的围护结构横断面如下所示。

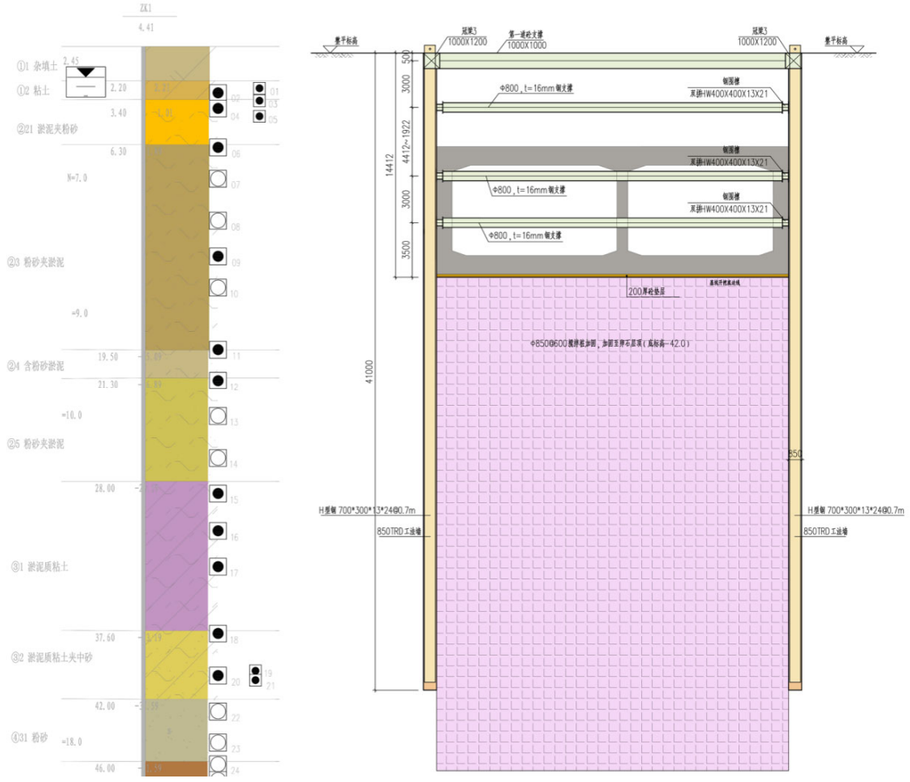


图 5.3.3-46 800mm 地墙段围护结构横断面图

4）K3+085～K3+180（850mmTRD 工法墙；1 道砼支撑+1～2 道钢支撑）

选取基坑最深处断面，设计深度 11.9m，根据就近的 ZK1 钻孔资料进行围护结构计算，设置 1 道 1000x1000mm 砼支撑+1～2 道直径 609 钢支撑，砼支撑水平间距 6 米，钢支撑水平间距为 3 米，基坑宽度约 23 米，计算水位取地面以下 0.5 米，计算简图及结果如下：

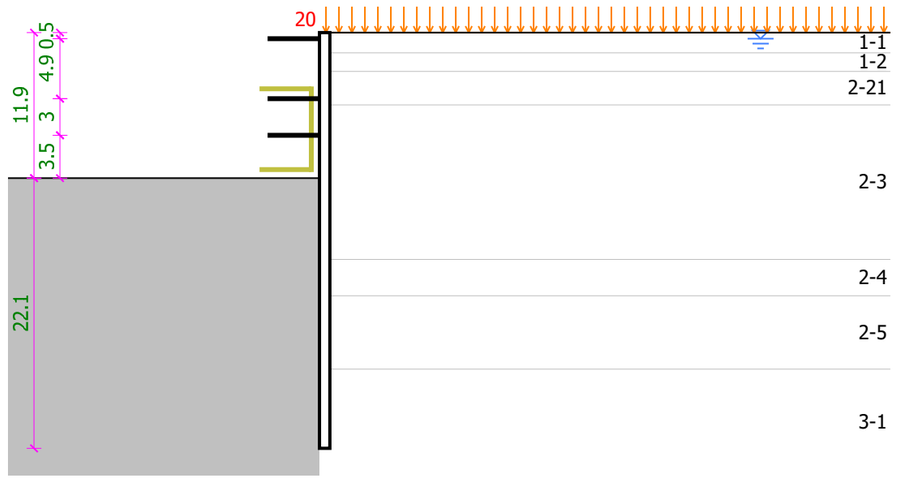


图 5.3.3-47 850mmTRD 段围护结构计算简图

基坑开挖到基底及回筑主体阶段各工况下各道支撑的最大内力及围护结构位移包络图如下图：

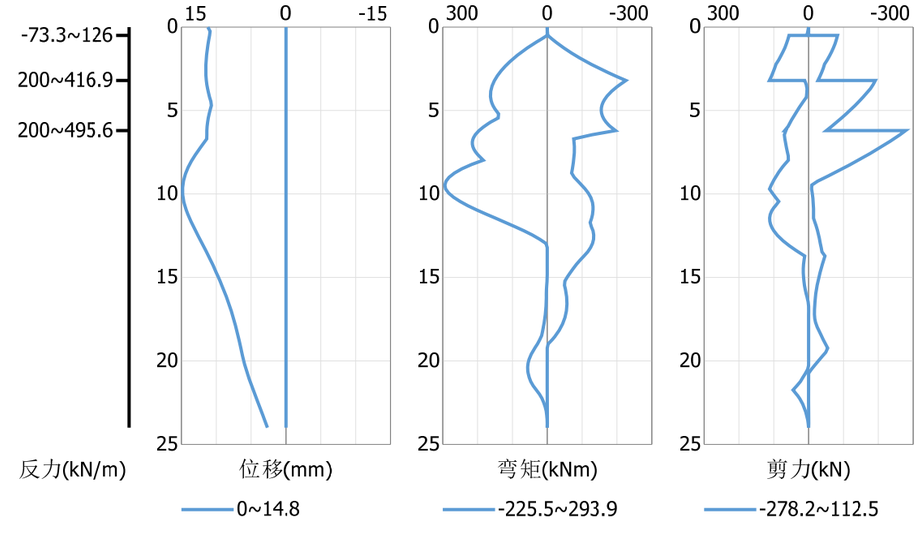


图 5.3.3-48 850mmTRD 段围护结构内力、位移包络图

整体稳定性系数：Ks = 1.92 >1.3，满足规范要求。

坑底抗隆起安全系数：Kr = 2.5>2.2，满足规范要求。

墙底抗隆起安全系数：Kr = 2.18>1.6，满足规范要求。

抗渗流安全系数：Kg = 3.53>1.5，满足规范要求。

综合以上计算结果，所选围护结构可以满足使用要求。

上述里程段范围的围护结构横断面如下所示。

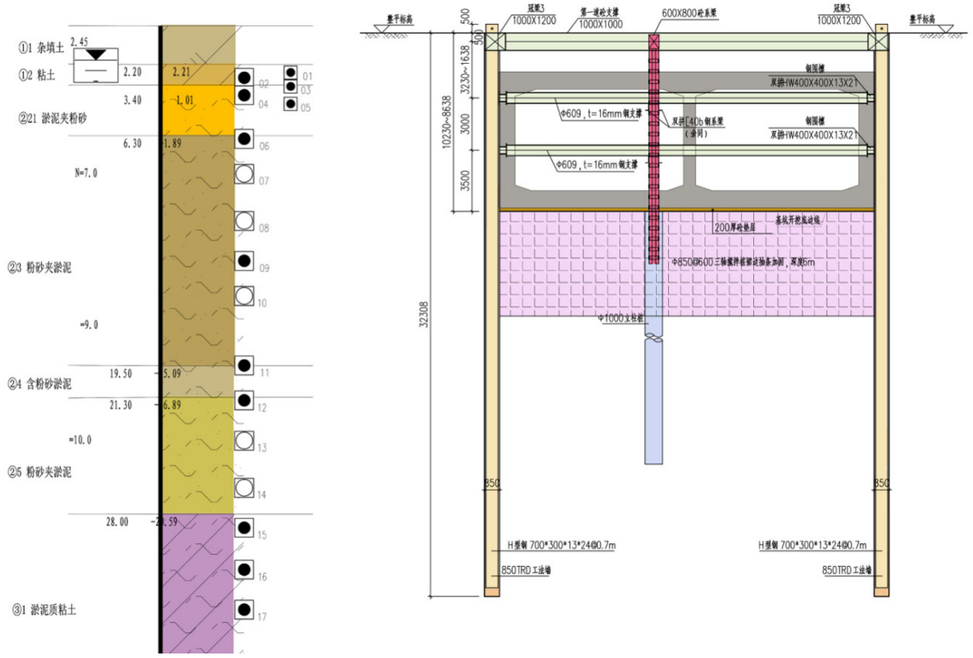


图 5.3.3-49 850mmTRD 段围护结构横断面图

5）K3+180~K3+232（850mmTRD 工法墙；1 道砼支撑）

选取基坑最深处断面，设计深度 5.2m，根据就近的 ZK1 钻孔资料进行围护结构计算，设置 1 道 1000x1000mm 砼支撑+1 道直径 609 钢支撑，砼支撑水平间距 6 米，钢支撑水平间距为 3 米，基坑宽度约 21 米，设置一排中立柱系统，计算水位取地面以下 0.5 米，计算简图及结果如下：

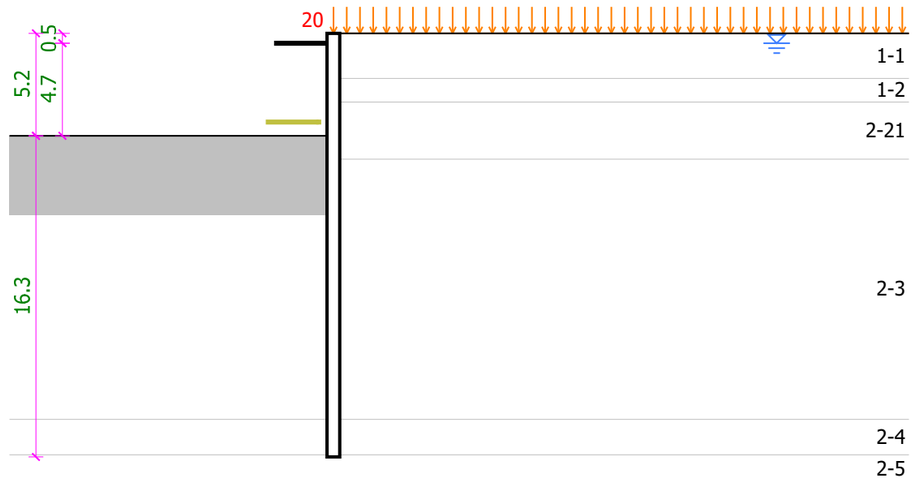


图 5.3.3-50 850mmTRD 段围护结构计算简图

基坑开挖到基底及回筑主体阶段各工况下各道支撑的最大内力及围护结构位移包络图如下图：

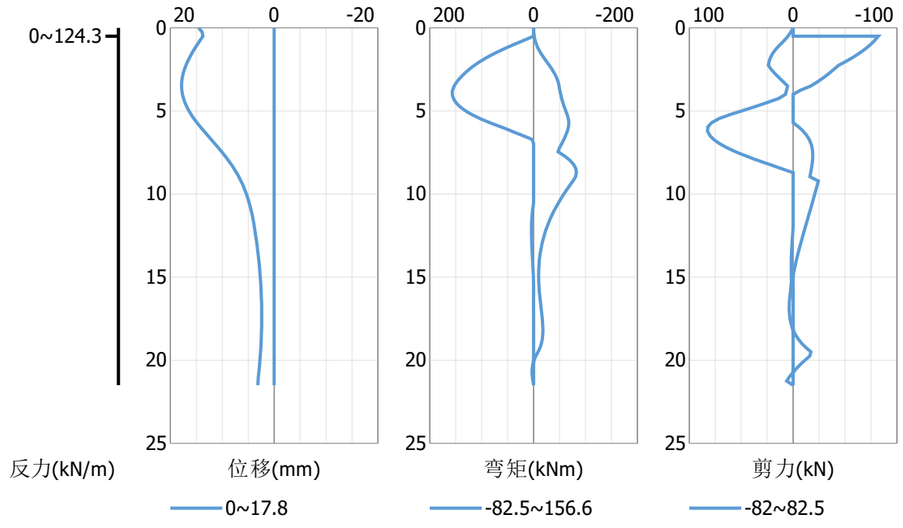


图 5.3.3-51 850mmTRD 段围护结构内力、位移包络图

整体稳定性系数：Ks = 2.28 >1.3，满足规范要求。

抗倾覆稳定性安全系数：Kf = 1.29 >1.2，满足规范要求。

坑底抗隆起安全系数：Kr = 2.86>1.9，满足规范要求。

墙底抗隆起安全系数：Kr = 1.99>1.6，满足规范要求。

抗渗流安全系数：Kg= 5.09>1.5，满足规范要求。

综合以上计算结果，所选围护结构可以满足使用要求。

上述里程段范围的围护结构横断面如下所示。

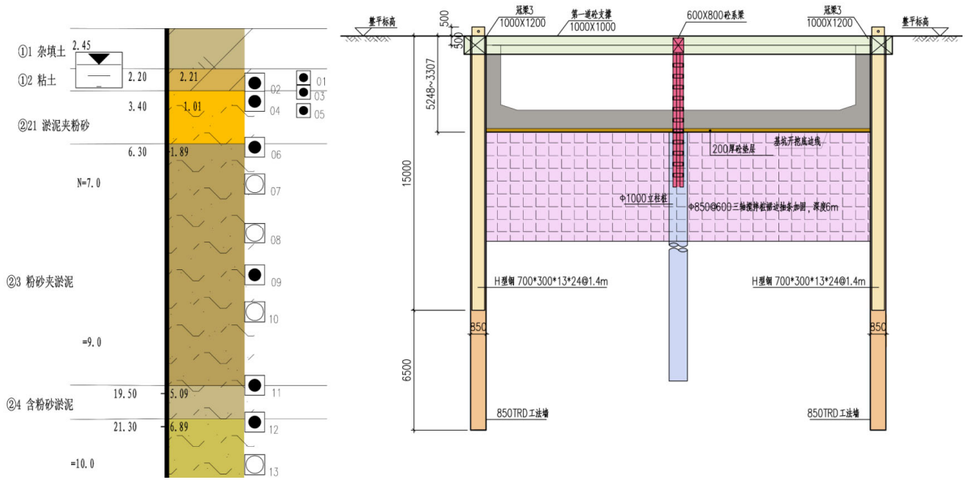


图 5.3.3-52 850mmTRD 段围护结构横断面图

6）其他基坑设计

对于深度小于 1.5 米的基坑，可视周边环境情况采取放坡、钢板桩或水泥土重力式挡墙等支护形式，需保证施工时基坑及周边环境的安全。

南岸明挖段围护结构形式汇总见下表

表 5.3.3-11 南岸明挖段围护结构形式汇总表

名称	里　　程	基坑深度（m）	嵌固深度（m）	竖向支撑道数及类型	支护类型
南岸主线	YAK2+834～YAK2+890	20.09～23.32	30.68～33.41	1 道砼支撑+5 道钢支撑	1200mm 地连墙
	YAK2+890～YAK2+995	14.16～20.09	16.70～21.70	1 道砼支撑+4 道钢支撑	1000mm 地连墙
	YAK2+995～YAK3+040	11.92～14.16	25.84～28.08	1 道砼支撑+3 道钢支撑	TRD850 工法墙+H 型钢
	YAK3+040～YAK3+120	8.64～11.92	14.87～24.52	1 道砼支撑+2 道钢支撑	TRD850 工法墙+H 型钢
	YAK3+120～YAK3+180	5.25～8.64	12.86～16.25	1 道砼支撑+1 道钢支撑	TRD850 工法墙+H 型钢
	YAK3+180～YAK3+250	1.8~5.25	16.25～19.79	1 道砼支撑或悬臂	TRD850 工法墙+H 型钢

（4）围护结构监控量测

南岸明挖段围护结构监控量测设计标准同北岸明挖段。

2.明挖段主体结构设计

（1）主体结构设计原则及标准

南岸明挖段围护结构设计原则同北岸明挖段。

（2）一般构造措施

构造措施同北岸明挖段。

（3）结构横断面设计与计算

1）计算内容

① 根据结构的类型和施工方法，分别按照有关的设计规范对其在施工阶段和正常使用阶段进行强度计算，必要时进行刚度和稳定性计算。

② 按照混凝土结构规范对结构进行抗裂和裂缝宽度验算。当计及地震或其它偶然荷载作用时可不验算结构的裂缝宽度，按荷载的短期效应组合并考虑长期效应组合的影响求得的最大裂缝宽度外侧应不大于 0.2mm，内侧应不大于 0.3mm。

③ 结构计算及结构抗浮设计时地下水位取全水位。

④ 计算软件采用 MIDAS/SAP84 版结构分析通用有限元软件。

2）计算工况

按照设计功能要求对结构按两种极限状态进行分析：承载能力极限状态和正常使用极限状态。

承载能力极限状态：为结构到达将会丧失引起结构稳定性、倒塌或显著破坏结果之状态。该状态主要分析刚体结构构件或断面的过度变形、构件或结构整体之不稳定性、结构力学性能之改变及结构局部或整体平衡之丧失。

正常使用极限状态：为结构于所预定期间或重复使用时到达正常使用的某一项规定限值而不影响结构稳定性之状态。该状态主要分析刚体结构与正常状态下之不相容变形，混凝土开裂并导致钢筋受到侵蚀或不美观，以及结构产生不适当振动等。

结构设计应根据使用过程中在结构上可能同时出现的荷载，按承载能力及极状态和正常使用极限状态分别进行荷载组合，并应取各自的最不利组合进行包络设计。

对于承载能力极限状态，按荷载的基本组合或偶然组合的效应设计值，按如下设计表达式进行计算。

由可变荷载控制的效应设计值，按下式进行计算及设计：

$$\gamma_0\left(\sum_{j=1}^{m}\gamma_{Gj}S_{Gjk}+\gamma_{Q1}\gamma_{L1}S_{Q1k}+\sum_{i=2}^{n}\gamma_{Qi}\gamma_{Li}\psi_{ci}S_{Qik}\right)\leq R_d$$

由永久荷载控制的效应设计值，按下式进行计算及设计：

$$\gamma_0\left(\sum_{j=1}^{m}\gamma_{Gj}S_{Gjk}+\sum_{i=1}^{n}\gamma_{Qi}\gamma_{Li}\psi_{ci}S_{Qik}\right)\leq R_d$$

用于偶然组合的承载能力极限状态计算的效应设计值，按下式进行计算及设计：

$$\gamma_0\left(\sum_{j=1}^{m}S_{Gjk}+S_{Ad}+\psi_{f1}S_{Q1k}+\sum_{i=2}^{n}\psi_{qi}S_{Qik}\right)\leq R_d$$

用于偶然组合后受损结构整体稳固性验算的效应设计，按下式进行计算及设计：

$$\gamma_0\left(\sum_{j=1}^{m}S_{Gjk}+\psi_{f1}S_{Q1k}+\sum_{i=2}^{n}\psi_{qi}S_{Qik}\right)\leq R_d$$

对于正常使用极限状态，根据不同的设计要求，采用荷载的标准组合、频遇组合或准永久组合。用于荷载标准组合设计时，按下式进行计算及设计：

$$\left(\sum_{j=1}^{m}S_{Gjk}+S_{Q1k}+\sum_{i=2}^{n}\psi_{ci}S_{Qik}\right)\leq C$$

3）计算荷载及组合

①永久荷载

a.结构自重:按构件实际重量计算；

b.覆土容重:20kN/m³，计算截面以上的全部土柱重量；

c.侧向土压力:主、被动土压力按朗金土压力公式计算，静止土压力根据地层侧压力系数计算；

d.水压力:按最不利水位承受全水头水压力；

e.混凝土收缩及徐变影响力；

f.设备区荷载:按 8kpa 计算，并考虑设备的动力影响及安装途径等。

②可变荷载

a.地面超载:一般段按 20kPa 计算；端头井处施工阶段超载按 70kPa 计算；

b.地面超载引起的侧向力:按考虑地面车载的均布荷载作用于地层上考虑；

c.施工荷载:根据实际情况确定；

d.温度荷载:使用阶段温度变化根据温州市地区实际温度情况考虑隧道内外侧温差士 10℃。

③偶然荷载

a.地震作用:按 6 度地震动参数进行结构抗震承载力、变形验算，7 度地震进行设防；

b.人防荷载:按照 50kPa 考虑，其引起的压力考虑在地面下 5m 范围线性变化；

c.爆炸荷载:按单孔承受 100kPa 考虑。

④荷载组合

a.基本组合：γ_s*（γ_G*永久荷载+γ_Q*可变荷载）

b.标准组合(裂缝控制)：永久荷载+可变荷载

c.偶然荷载组合：永久荷载+偶然荷载+ψ_f*可变荷载

⑤荷载组合分项系数

表 5.3.3-12 荷载系数表

序号	荷载组合验算工况	永久荷载(γ_G)	可变荷载(γ_Q)	偶然荷载
1	基本组合构件强度计算	1.3	1.5	
2	构件裂缝宽度计算	1.0	1.0	
3	构件挠度计算	1.0	1.0	
4	偶然荷载强度计算	1.0	0.6	1.0

4）主要计算参数

根据初堪地质报告，隧址范围内各岩土层的的物理力学参数选取见围护结构设计章节内容。

5）计算模型

本段采用 MIDAS/SAP84 软件进行计算，主体结构按底板置于弹性地基上的平面框架，采用平面杆系单元模拟，按“荷载—结构”模式进行计算。主体结构承受静水压力，侧向地层与结构的共同作用采用水土压力及弹簧模拟。结构计算时纵向长度均取 1m，暗埋段结构计算简图如下所示，敞口段结构计算模型与之类似。

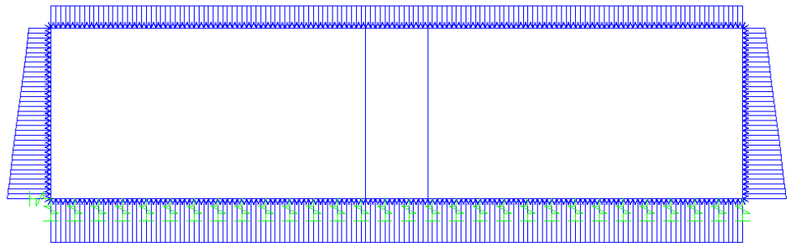


图 5.3.3-53 明挖暗埋段结构计算简图

6）工程材料

① 明挖段结构：

顶板、顶梁、底板、底梁、侧墙、端墙、端柱、壁柱：C45，混凝土抗渗等级参照埋深确定。

隧道内部结构：C40 混凝土。

顶板、中板预留孔洞后期封堵时混凝土强度宜提高一级，顶板孔洞后期封堵应采用 P8 补偿收缩混凝土。

底板及底板梁下垫层：200mm 厚 C20 早强素混凝土。

钢材选取：钢筋：HPB300、HRB400、HRB400E 级钢；钢板、吊钩、吊环钢筋：Q235B。焊条：E50 系列焊条；其他钢材：Q235 钢；钢筋接驳器：采用Ⅰ级钢筋接驳器。

7）横断面设计

南岸隧道明挖段（不包括工作井）包括暗埋段和敞口段，暗埋段采用现浇钢筋混凝土箱型结构，敞口段采用现浇钢筋混凝土 U 型槽结构。其中主线暗埋段桩号范围为：YAK2+833～YAK3+100，共长 267m，敞口段桩号范围 YAK3+100～YAK3+250，共长 150m。

根据建筑限界及道路布置需求，隧道南岸暗埋段结构主要有主线双向 4 车道、双向 5 车道、双向 6 车道等断面形式，敞口段结构为主线双向 4 车道，具体设计详见下表。

表 5.3.3-13 隧道结构分界里程

分段	里程范围	长度（米）	车道数	暗埋/敞口
南岸主线	YAK2+833～YAK2+955.82	122.82	双向 6 车道	暗埋段
	YAK2+955.82～YAK2+972.56	16.74	双向 5 车道	暗埋段
	YAK2+972.56～YAK3+100	127.44	双向 4 车道	暗埋段
	YAK3+100～YAK3+250	150	双向 4 车道	敞口段

8）横断面计算及结果

从结构受力考虑，明挖段结构按平面框架单元进行计算，计算时纵向长度取 1m，主体结构与围护结构间用压杆进行模拟。根据覆土和结构形式的不同，选取结构较为典型的断面进行计算分析。

①南岸隧道主线双向 6 车道双层断面

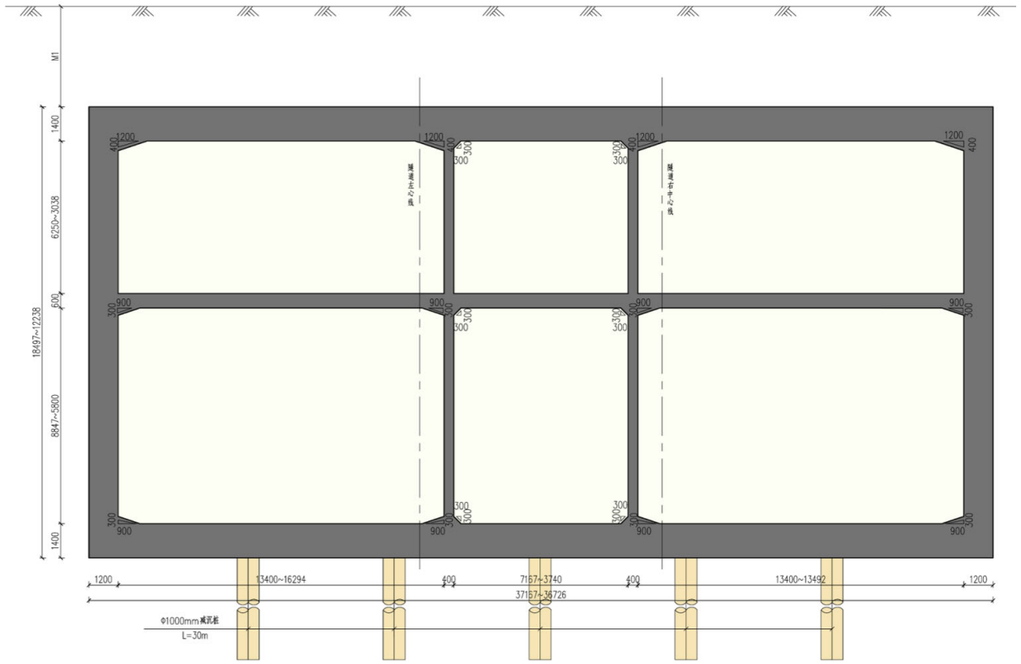


图 5.3.3-54 南岸主线双向 6 车道双层典型横断面图

荷载取值：结构覆土厚度 4.406~3.785m，埋深 23.003~16.023m，水位取地面。取最不利荷载值如下表所示：

表 5.3.3-14 水土分算结构荷载表

荷载	位置	数值/(kN/m2)
顶板水土（回填土）竖向压力	顶板	20*4.5=90
水压侧向压力（梯形）	上端	10*5.2=52
	下端	10*22.303=223.0
土（原状土）压侧向压力（梯形）	上端	0.5*10*5.2=26
	下端	0.5*10*22.303=111.5
基底水压力	基底	10*22.3=223
自重荷载	-	-
地面超载	地表	20
地面超载引起的侧向压力	侧墙	0.5*20=10

计算时选取最大埋深结构断面，计算结果如图所示。

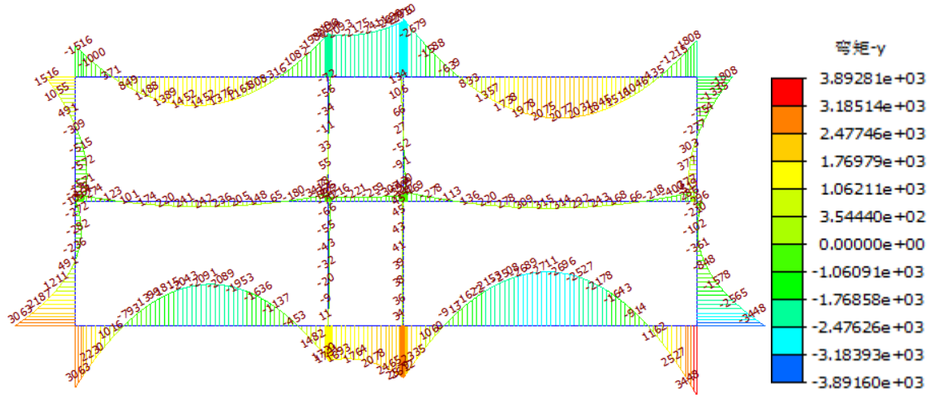


图 5.3.3-55 南岸主线双向 6 车道控制工况弯矩图（单位：KN.m）

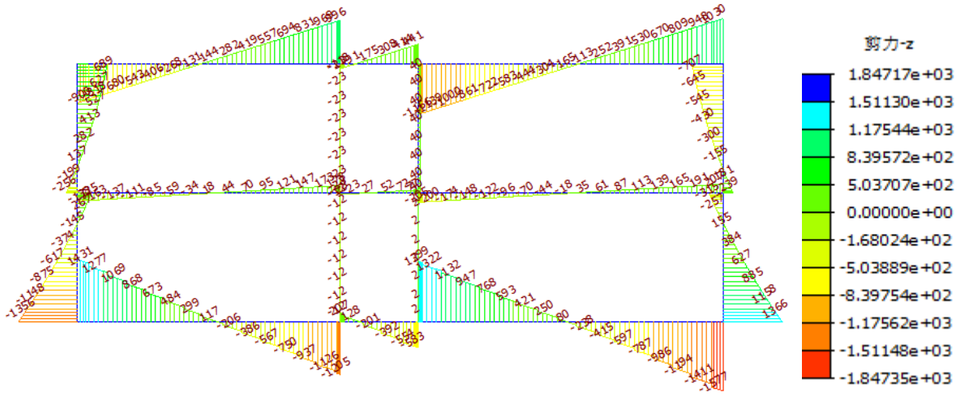


图 5.3.3-56 南岸主线双向 6 车道控制工况剪力图（单位：KN）

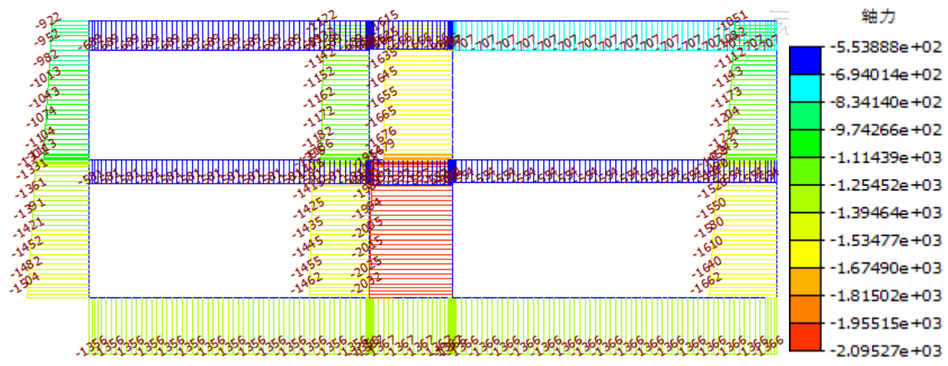


图 5.3.3-57 南岸主线双向 6 车道控制工况轴力图（单位：KN）

通过控制性计算，所选结构构件尺寸符合设计要求。

②南岸隧道主线双向 5 车道+D 匝道断面

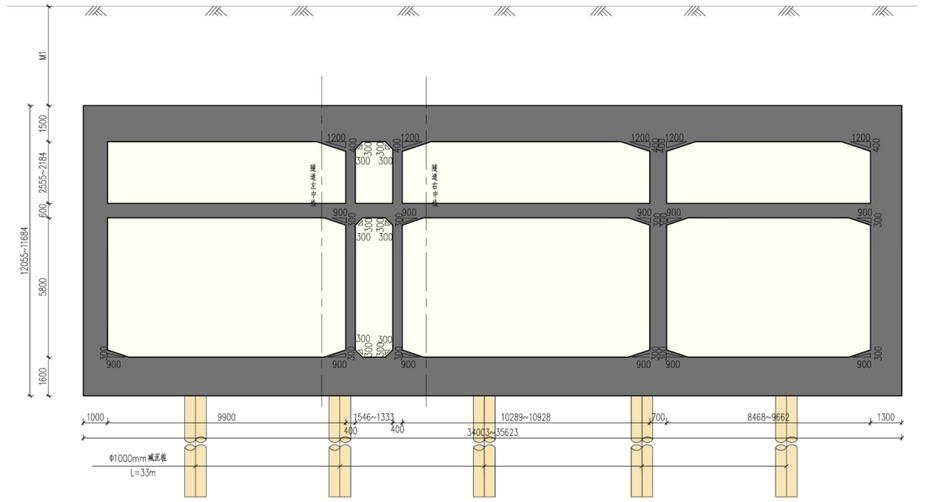


图 5.3.3-58 南岸主线双向 6 车道断面

荷载取值：结构覆土厚度 3.685m，埋深 18.185m，水位取地面。荷载值如下表所示：

表 5.3.3-15 水土分算结构荷载表

荷载	位置	数值/(kN/m2)
顶板水土（回填土）竖向压力	顶板	20*3.9=78
水压侧向压力（梯形）	上端	10*4.65=46.5
	下端	10*17.6=176
土（原状土）压侧向压力（梯形）	上端	0.5*10*4.65=23.25
	下端	0.5*10*17.6=8.8
基底水压力	基底	10*17.6=176
自重荷载	-	-
地面超载	地表	20
地面超载引起的侧向压力	侧墙	0.5*20=10

计算模型如下：

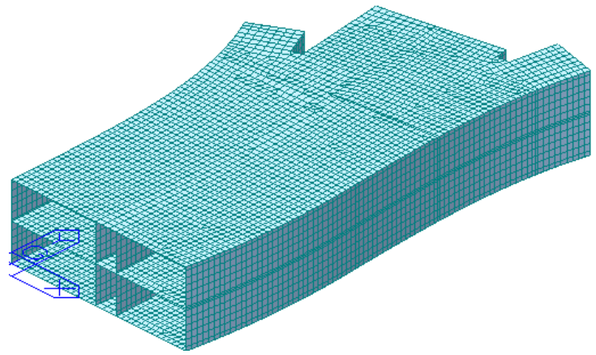
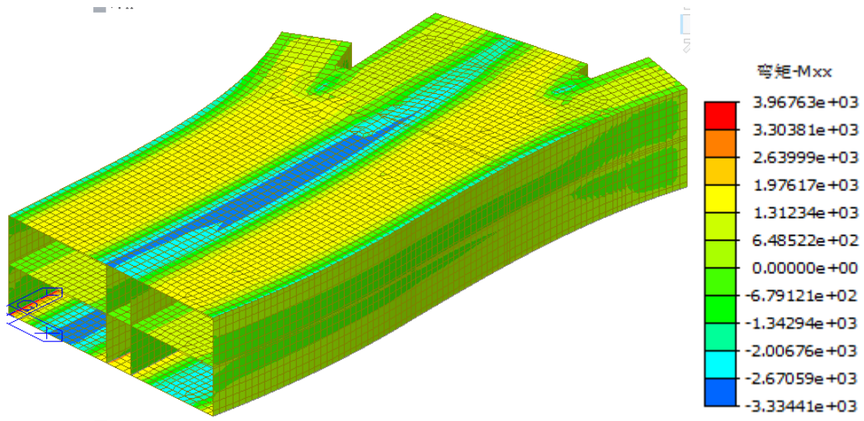
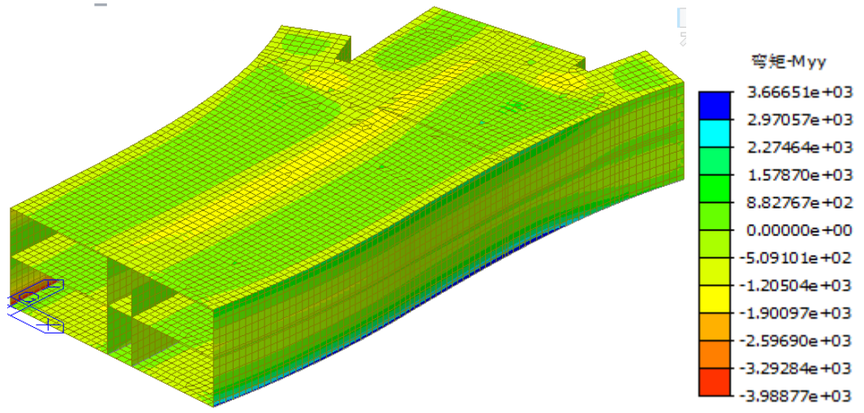


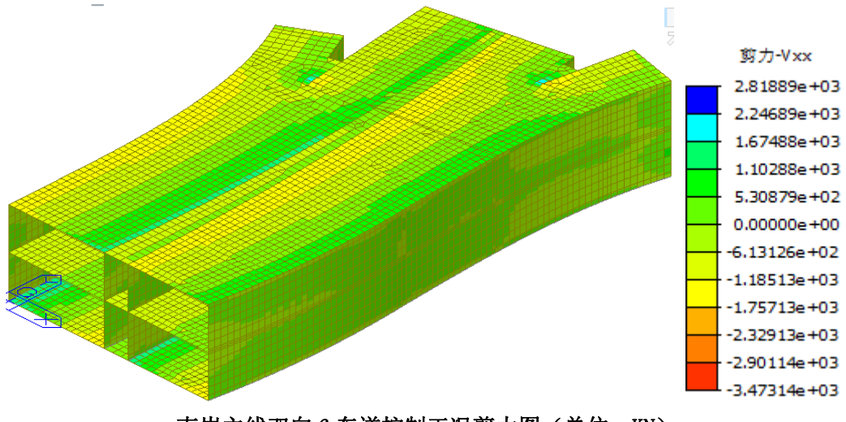
图 5.3.3-59 计算模型

计算时选取最大埋深结构断面，计算结果如图所示。

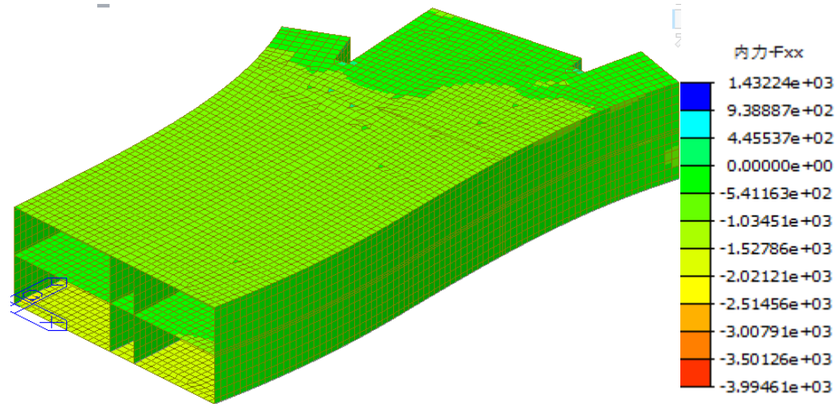




南岸主线双向 6 车道控制工况弯矩图（单位：KN.m）



南岸主线双向 6 车道控制工况剪力图（单位：KN）



南岸主线双向 6 车道控制工况轴力图（单位：KN）

图 5.3.3-60 计算结果内力图

通过控制性计算，所选结构构件尺寸符合设计要求。

③南岸隧道主线双向 4 车道断面

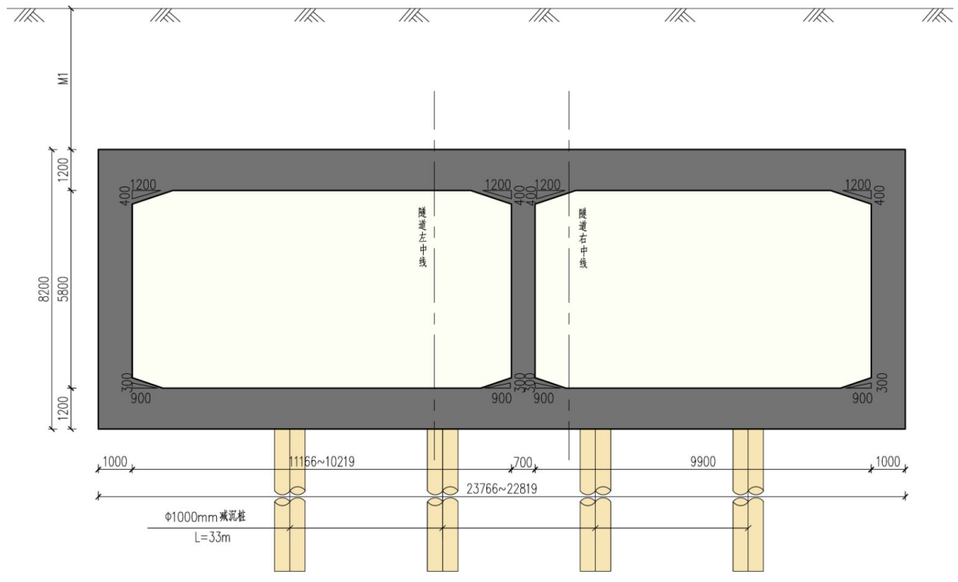


图 5.3.3-61 南岸主线双向 4 车道典型横断面图

荷载取值：结构覆土厚度 5.898，埋深 14.098m，水位取地面。荷载值如下表所示：

表 5.3.3-16 水土分算结构荷载表

荷载	位置	数值/(kN/m2)
顶板水土（回填土）竖向压力	顶板	20*6=120
水压侧向压力（梯形）	上端	10*6.6=66
	下端	10*13.6=136

土（原状土）压侧向压力（梯形）	上端	0.5*10*6.6=33
	下端	0.5*10*13.6=68
基底水压力	基底	10*13.6=136
自重荷载	-	-
地面超载	地表	20
地面超载引起的侧向压力	侧墙	0.5*20=10

计算时选取最大埋深结构断面，计算结果如图所示。

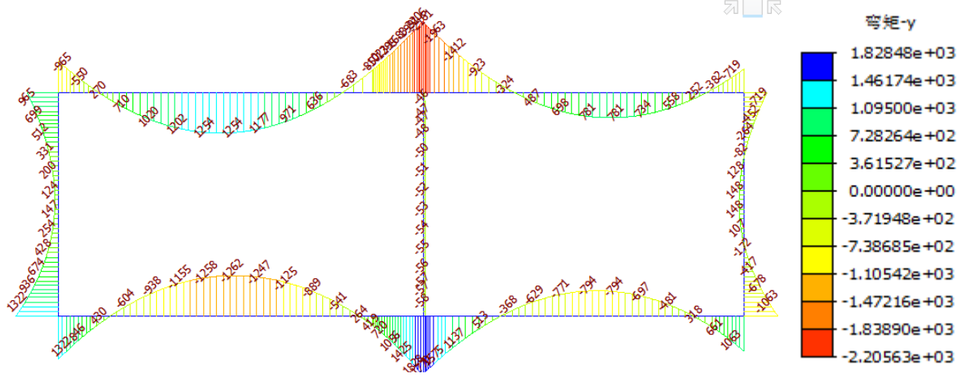


图 5.3.3-62 南岸主线双向 4 车道控制工况弯矩图（单位：KN.m）

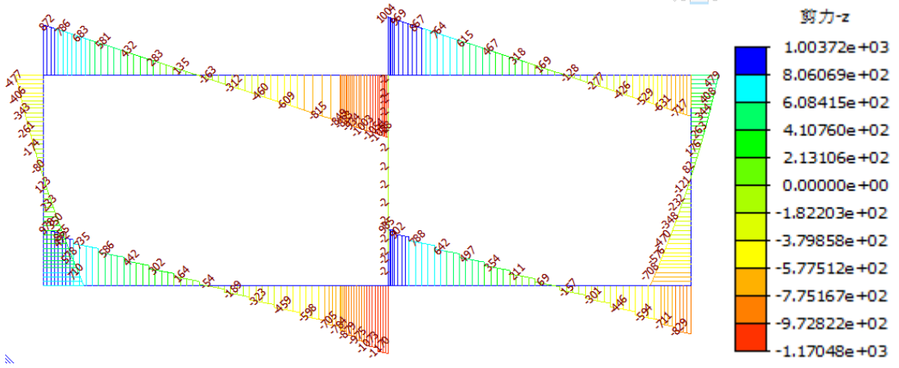


图 5.3.3-63 南岸主线双向 4 车道控制工况剪力图（单位：KN）

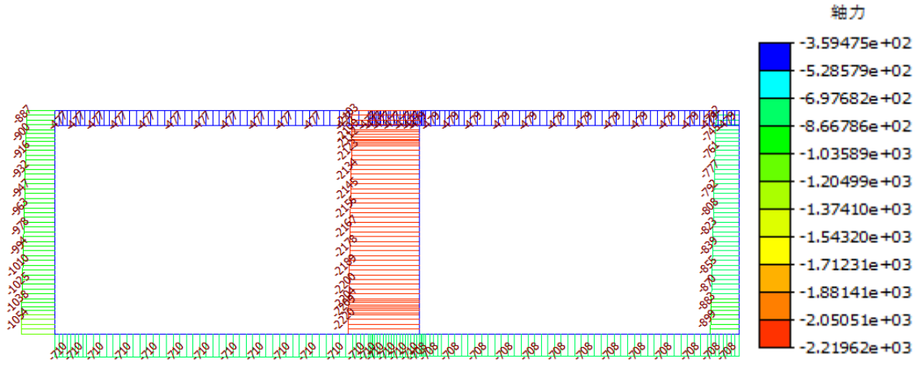


图 5.3.3-64 南岸主线双向 4 车道控制工况轴力图（单位：KN）

通过控制性计算，所选结构构件尺寸符合设计要求。

④南岸隧道主线双向 4 车道断面

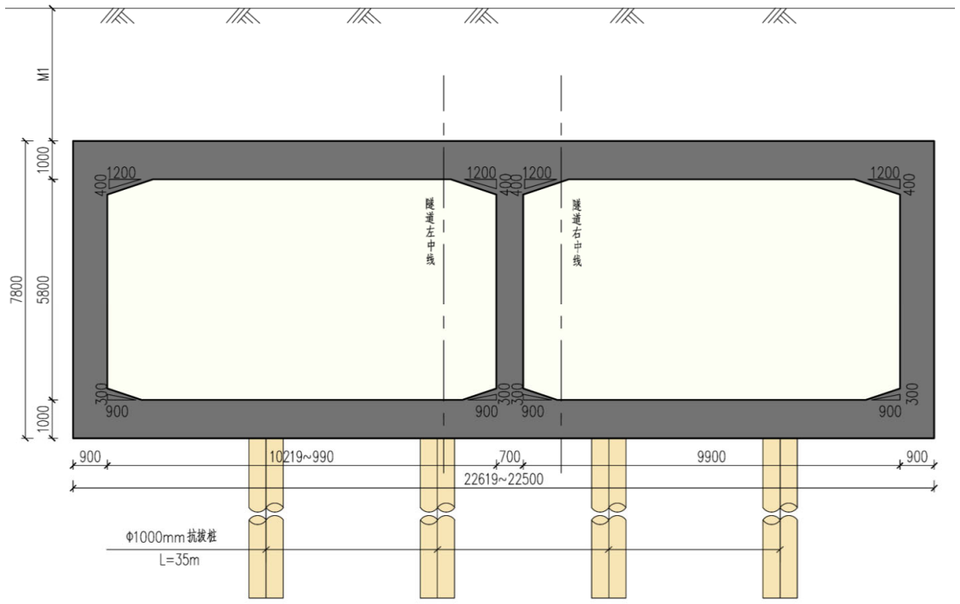


图 5.3.3-65 南岸主线双向 4 车道典型横断面图

荷载取值：结构覆土厚度 3.861，埋深 11.661m，水位取地面。荷载值如下表所示：

表 5.3.3-17 水土分算结构荷载表

荷载	位置	数值/(kN/m2)
顶板水土（回填土）竖向压力	顶板	20*4=80
水压侧向压力（梯形）	上端	10*4.5=45
	下端	10*11.3=113
土（原状土）压侧向压力（梯形）	上端	0.5*10*45=22.5
	下端	0.5*10*11.3=56.5
基底水压力	基底	10*11.3=113
自重荷载	-	-
地面超载	地表	20
地面超载引起的侧向压力	侧墙	0.5*20=10

计算时选取最大埋深结构断面，计算结果如图所示：

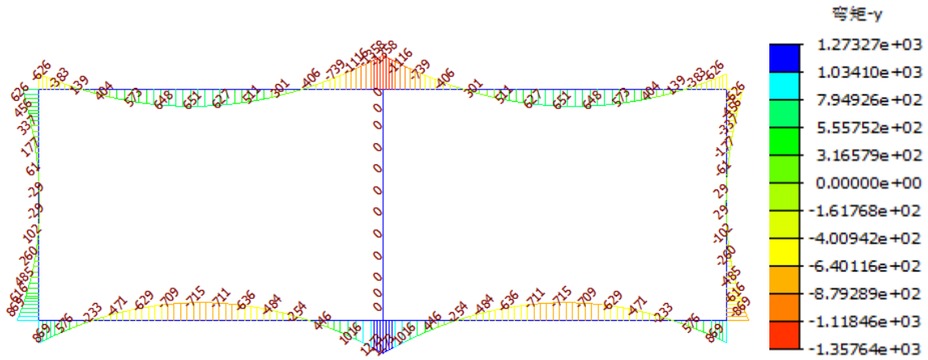


图 5.3.3-66 南岸主线双向 4 车道控制工况弯矩图（单位：KN.m）

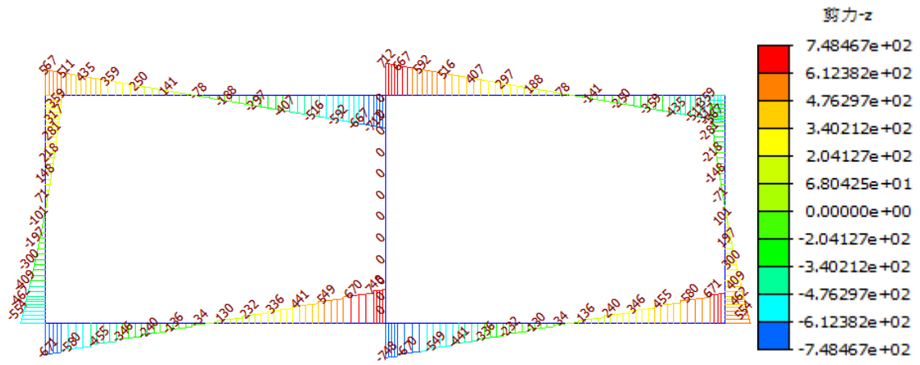


图 5.3.3-67 南岸主线双向 4 车道控制工况剪力图（单位：KN）

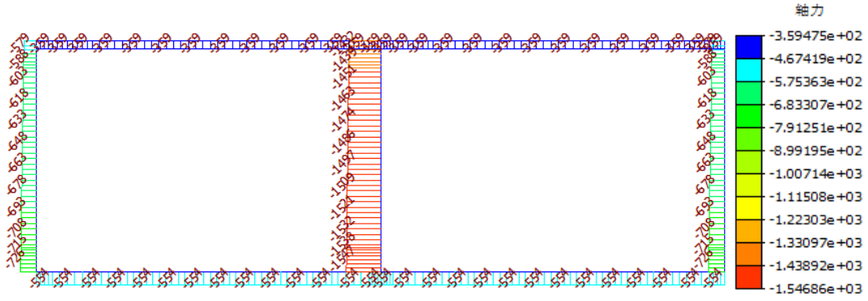


图 5.3.3-68 南岸主线双向 4 车道控制工况轴力图（单位：KN）

通过控制性计算，所选结构构件尺寸符合设计要求。

表 5.3.3-18 主体结构控制性内力及配筋汇总表

断 面	板类	板厚（mm）	弯矩标准值（KN.m）		轴力标准值（KN）	剪力标准值（KN）	配筋(HRB400)	裂 缝 宽 度（mm）
双层单向三车道	顶板	1400	上	2910	612	996	⌀32@100+⌀32@100	0.167
			下	2077			⌀32@100+⌀32@100	0.850
（覆土4.5m）	底板	1400	上	3235	1847	1205	⌀32@100+⌀32@100	0.192
			下	2771			⌀32@100+⌀32@100	0.144
	侧墙	1200	外	3126	1699	1847	⌀32@100+⌀32@100	0.190
			内	1151			⌀32@100	--
匝道入口处（覆土3.9m）	顶板	1500	上	3338	910	1165	⌀32@100+⌀32@100	0.181
			下	2259			⌀32@100+⌀32@100	0.083
	底板	1600	上	3185	1450	1644	⌀32@100+⌀32@100	0.147
			下	3025			⌀32@100+⌀32@100	0.133
	侧墙	1300	外	3330	1710	1369	⌀32@100+⌀32@100	0.186
			内				⌀32@100	--
单向两车道（覆土6m）	顶板	1200	上	2161	477	1088	⌀28@100+⌀28@100	0.19
			下	1254			⌀28@100+⌀25@200	0.102
	底板	1200	上	1828	710	1170	⌀28@100+⌀28@100	0.137
			下	1262			⌀28@100+⌀25@200	0.103
	侧墙	1000	外	1322	1054	8710	⌀25@100+⌀28@100	0.132
			内				⌀28@100	--
单向两车道（覆土4m）	顶板	1000	上	1358	359	712	⌀25@100+⌀25@100	0.156
			下	651			⌀25@100	0.048
	底板	1000	上	1273	554	748	⌀25@100+⌀25@100	0.139
			下	715			⌀25@100	0.186
	侧墙	900	外	869	726	554	⌀25@100+⌀25@100	0.122
			内	21			⌀25@100	--

附注：侧墙和顶底板主筋在根部互锚，详见配筋图

⑤南岸隧道敞口段典型断面一

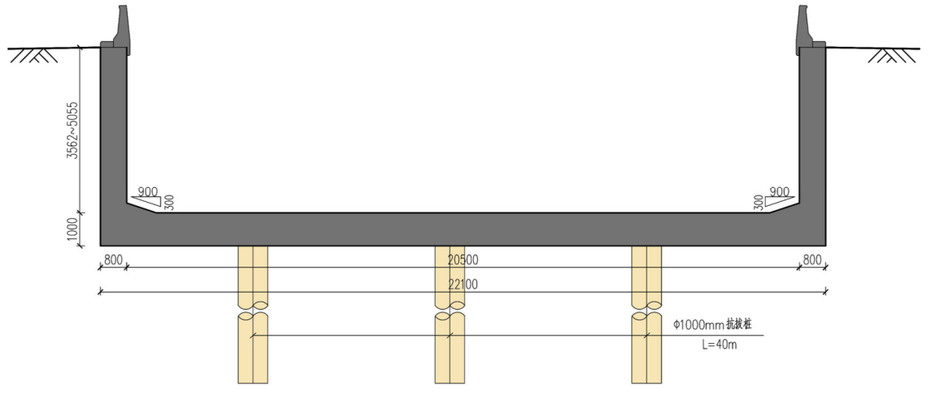


图 5.3.3-69 南岸隧道敞口段典型横断面图一

荷载取值：水位取地面线，荷载值如下表所示：

表 5.3.3-19 水土分算结构荷载表

荷载	位置	数值/(kN/m2)
水压侧向压力（三角形）	上端	0
	下端	10*3.9=39
土（原状土）压侧向压力（三角形）	上端	0
	下端	0.5*10*3.9=19.5
基底水压力（考虑底板 1/2 厚度）	基底	10*3.9=39
自重荷载	-	-
地面超载	地表	30
地面超载引起的侧向压力	侧墙	0.5*30=15

计算时选取最大埋深结构断面，计算结果如图所示：

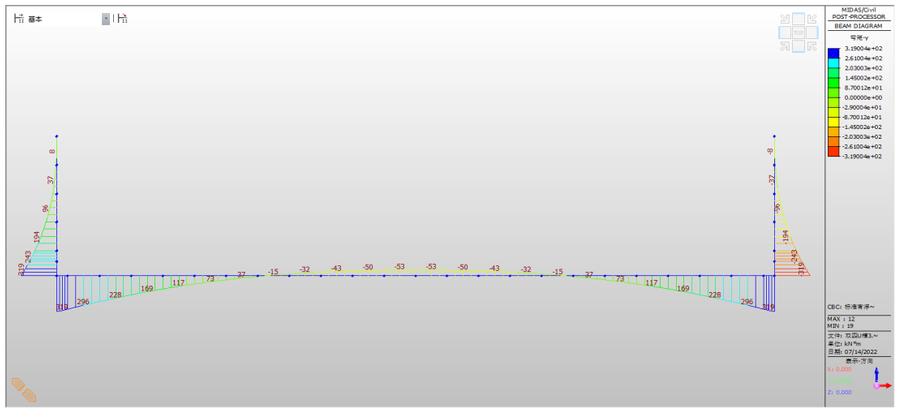


图 5.3.3-70 南岸隧道敞口段典型断面一标准组合弯矩图（单位：KN•m）

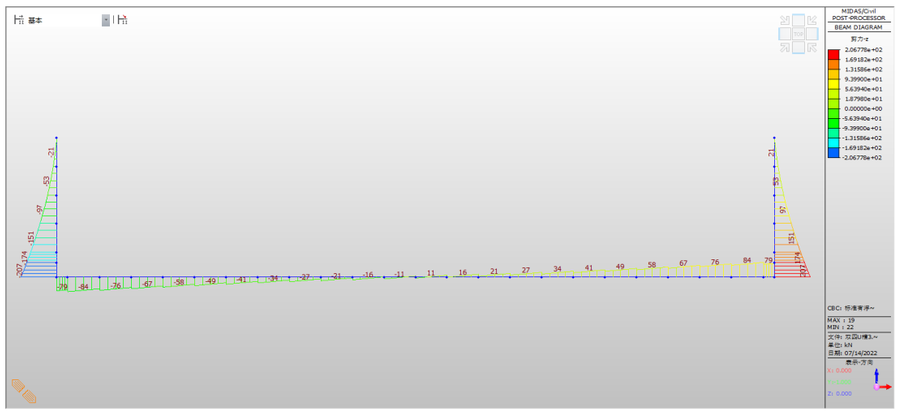


图 5.3.3-71 南岸隧道敞口段典型断面一标准组合剪力图（单位：KN）

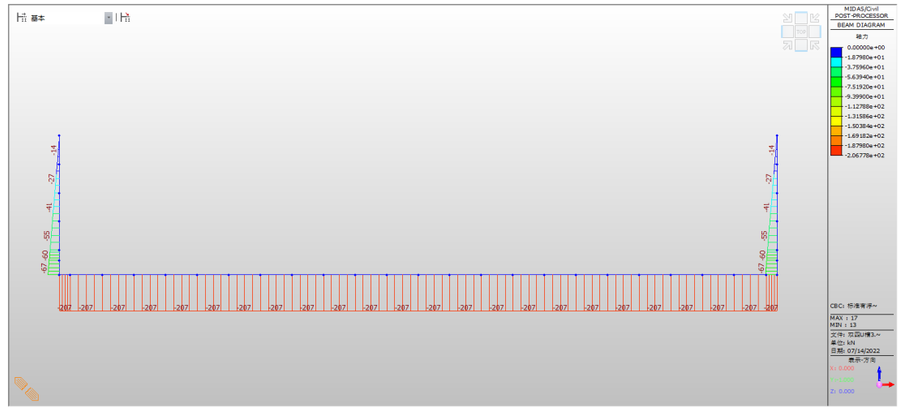


图 5.3.3-72 南岸隧道敞口段典型断面一标准组合轴力图（单位：KN）

通过控制性计算，所选结构构件尺寸符合设计要求。

⑥南岸隧道敞口段典型断面二

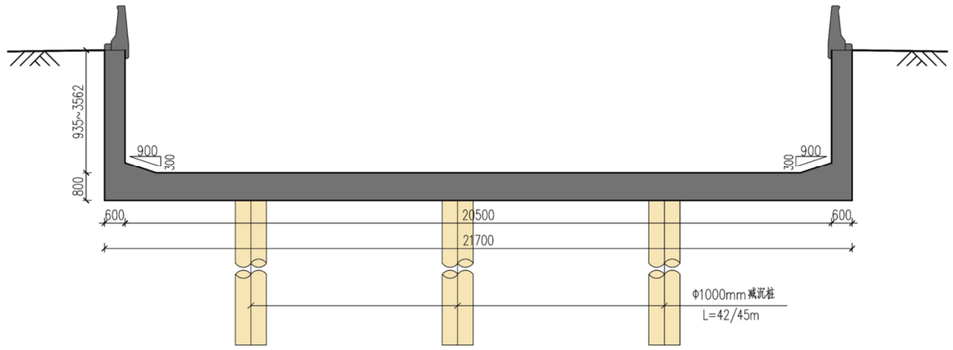


图 5.3.3-73 南岸隧道敞口段典型横断面图二

荷载取值：水位取地面线，荷载值如下表所示：

表 5.3.3-20 水土分算结构荷载表

荷载	位置	数值/(kN/m2)
水压侧向压力（三角形）	上端	0
	下端	10*5.5=55
土（原状土）压侧向压力（三角形）	上端	0
	下端	0.5*5.5*10=27.5
基底水压力（考虑底板 1/2 厚度）	基底	10*5.5=55
自重荷载	-	-
地面超载	地表	30
地面超载引起的侧向压力	侧墙	0.5*30=15

计算时选取最大埋深结构断面，计算结果如图所示：

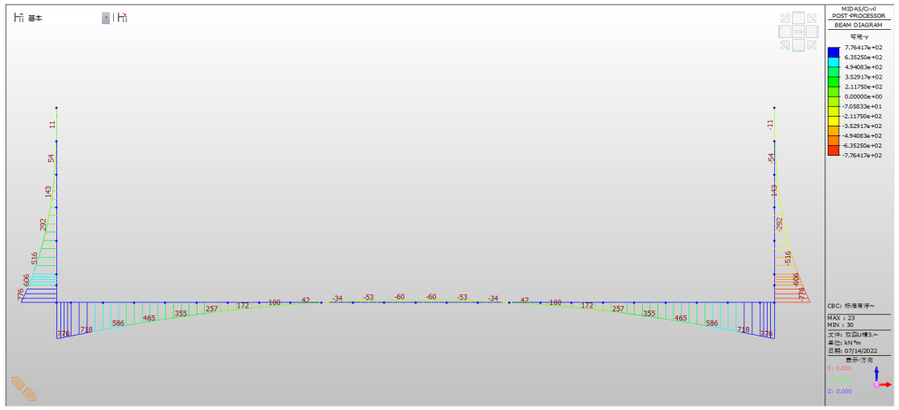


图 5.3.3-74 南岸隧道敞口段典型断面二标准组合弯矩图（单位：KN•m）

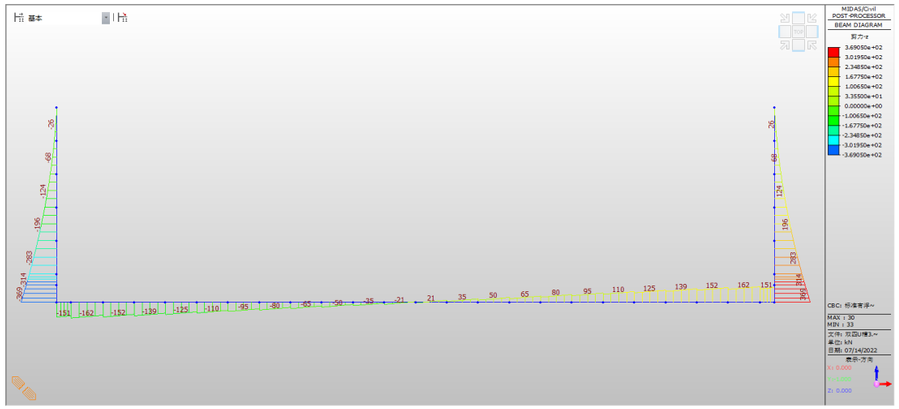


图 5.3.3-75 南岸隧道敞口段典型断面二标准组合剪力图（单位：KN）

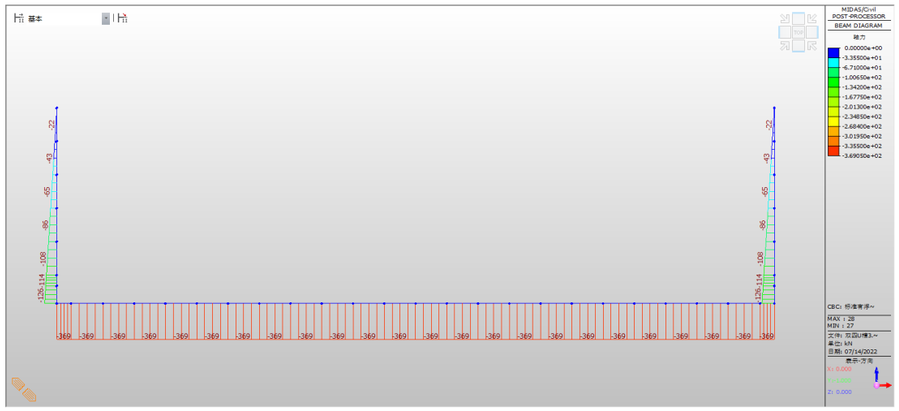


图 5.3.3-76 南岸隧道敞口段典型断面二标准组合轴力图（单位：KN）

通过控制性计算，所选结构构件尺寸符合设计要求。

⑦南岸隧道敞口段典型断面三

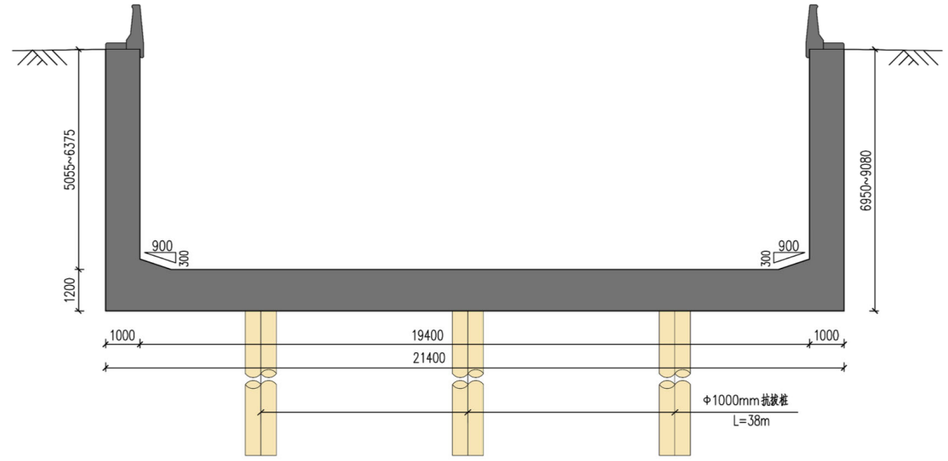


图 5.3.3-77 南岸隧道敞口段典型横断面图三

荷载取值：水位取地面线，荷载值如下表所示：

表 5.3.3-21 水土分算结构荷载表

荷载	位置	数值/(kN/m2)
水压侧向压力（三角形）	上端	0
	下端	10*7.1=71
土（原状土）压侧向压力（三角形）	上端	0
	下端	0.5*7.1*10=35.5
基底水压力（考虑底板 1/2 厚度）	基底	10*7.1=71
自重荷载	-	-
地面超载	地表	30
地面超载引起的侧向压力	侧墙	0.5*30=15

计算时选取最大埋深结构断面，计算结果如图所示：

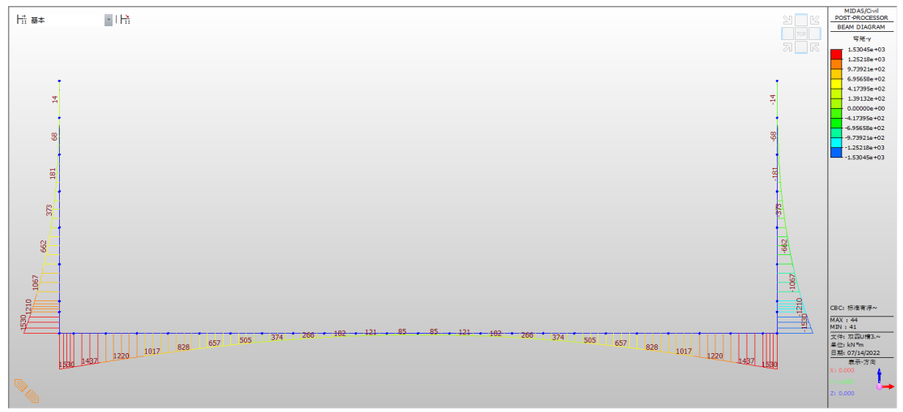


图 5.3.3-78 南岸隧道敞口段典型断面三标准组合弯矩图（单位：KN•m）

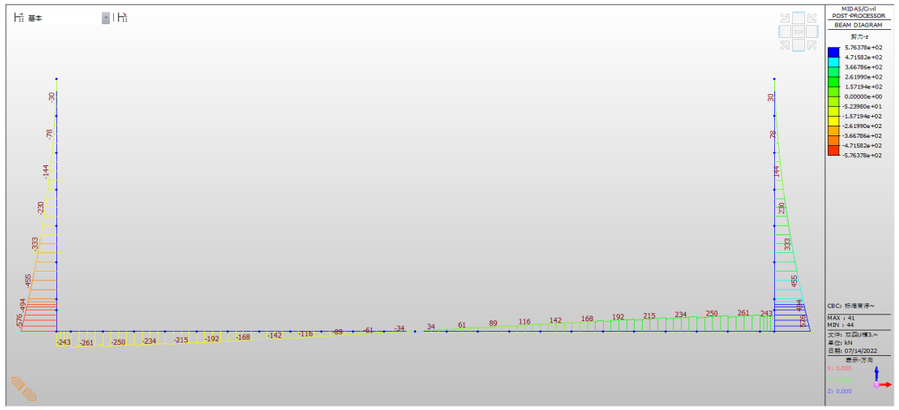


图 5.3.3-79 南岸隧道敞口段典型断面三标准组合剪力图（单位：KN）

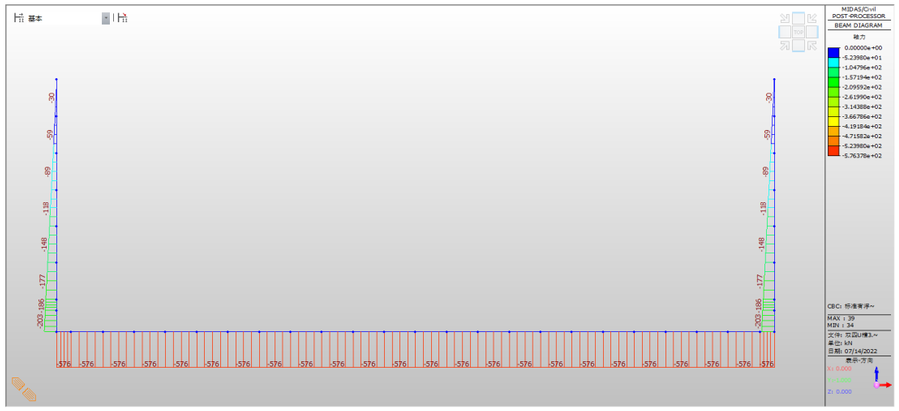


图 5.3.3-80 南岸隧道敞口段典型断面三标准组合轴力图（单位：KN）

通过控制性计算，所选结构构件尺寸符合设计要求。

⑧南岸隧道敞口段典型断面四

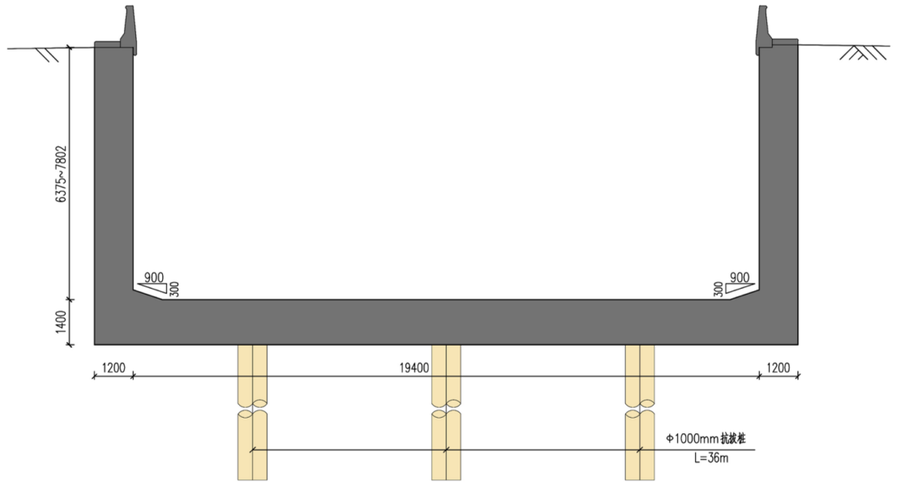


图 5.3.3-81 南岸隧道敞口段典型横断面图四

荷载取值：水位取地面以下 0.5m，荷载值如下表所示：

表 5.3.3-22 水土分算结构荷载表

荷载	位置	数值/(kN/m2)
水压侧向压力（三角形）	上端	0
	下端	10*8.2=87
土（原状土）压侧向压力（三角形）	上端	0
	下端	0.6*10*87=43.5
基底水压力（考虑底板 1/2 厚度）	基底	10*8.7=87
自重荷载	-	-
地面超载	地表	30
地面超载引起的侧向压力	侧墙	0.5*30=15

计算时选取最大埋深结构断面，计算结果如图所示：

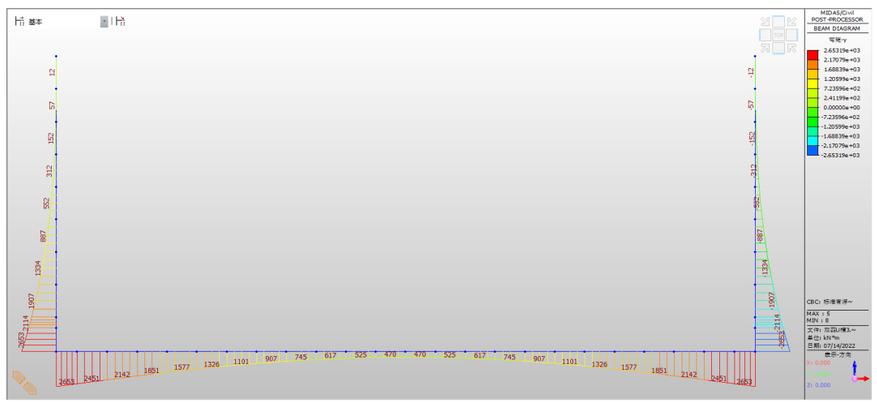


图 5.3.3-82 南岸隧道敞口段典型断面四标准组合弯矩图（单位：KN•m）

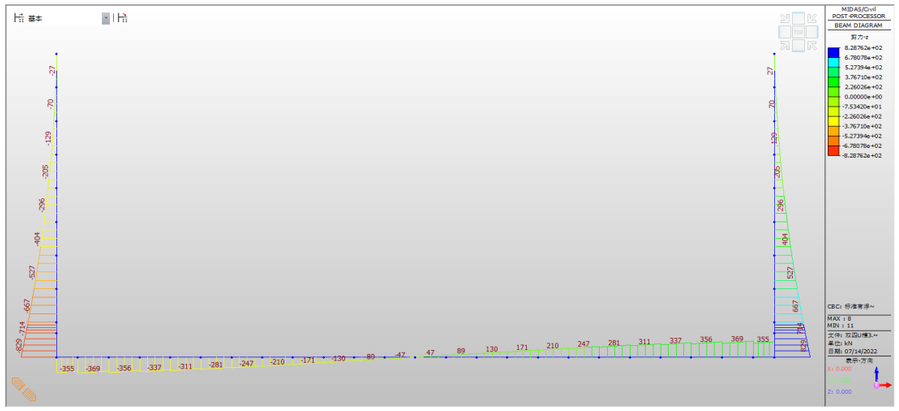


图 5.3.3-83 南岸隧道敞口段典型断面四标准组合剪力图（单位：KN）

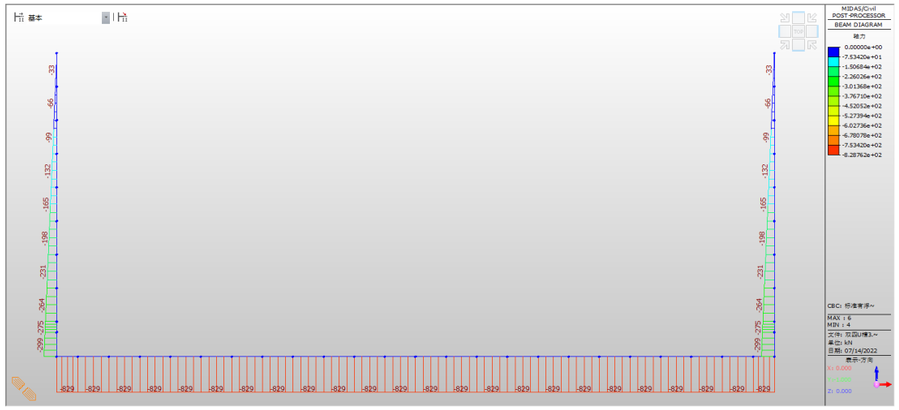


图 5.3.3-84 南岸隧道敞口段典型断面四标准组合轴力图（单位：KN）

通过控制性计算，所选结构构件尺寸符合设计要求。

表 5.3.3-23 敞口段结构控制性内力及配筋汇总表

断 面	板类	板厚(mm)	弯矩标准值(KN.m)		轴力标准值(KN)	剪力标准值(KN)	配筋(HRB400)	裂 缝宽度(mm)
典型断面一	底板	800	侧墙	228	207	76	Φ20@150	0.053
			跨中	-53			Φ20@150	无需验算
	侧墙	600	互锚段	194	55	151	Φ20@150	0.111
			其余段	96			Φ20@150	无需验算
典型断面二	底板	1000	侧墙	586	369	152	Φ22@150+Φ22@150	无需验算
			跨中	-60			Φ22@150	无需验算
	侧墙	800	互锚段	516	108	283	Φ22@150+Φ22@150	0.087
			其余段	292			Φ22@150	0.081
典型断面三	底板	1200	侧墙	1220	576	250	Φ28@150+Φ28@150	0.103
			跨中	85			Φ28@150	无需验算
	侧墙	1000	互锚段	1067	108	283	Φ28@150+Φ28@150	0.142
			其余段	504			Φ28@150	0.019
典型断面四	底板	1400	侧墙	2142	829	356	Φ28@100+Φ28@100	0.129
			跨中	470			Φ28@100	无需验算
	侧墙	1200	互锚段	1907	264	667	Φ28@100+Φ28@100	0.148
			其余段	887			Φ28@100	0.016

附注：断面二至断面四，侧墙和底板主筋在根部互锚，详见配筋图

通过控制性计算，所选结构构件尺寸及配筋方式符合设计要求。

9）主体结构抗浮计算

①计算原则

表 5.3.3-24 抗浮安全系数

序号	隧道类型	抗浮安全系数	
		施工阶段	使用阶段
1	明挖法隧道	1.进行降排水时，不考虑抗浮； 2.未考虑降排水措施，考虑侧墙土体摩阻力时取 1.05	1.不考虑侧墙土体摩阻力时取 1.05； 2.考虑土体摩阻力时取 1.10

②计算结果

经计算，单车道 U 型槽段局部不满足抗浮要求，需在底板设置Φ1000mm 抗拔桩，部分抗拔桩兼做围护结构立柱桩，桩长根据浮力计算结果确定。

5.3.4 盾构隧道结构设计

5.3.4.1 衬砌环类型选择

盾构隧道管片主要有混凝土管片和钢管片，混凝土管片优点是耐久性和抗压性能好，刚度大，缺点是重量大，对脱模和运输要求高。钢管片重量轻、焊接性能好，缺点是钢管片易受腐蚀，容易变形，当千斤顶推力或壁后注浆压力过大时，容易产生变形。

随着技术的进步及现在盾构机机械性能的提高，大直径盾构管片的生产、运输及拼装等已不是管片选型的控制因素。对于大直径盾构隧道，混凝土管片比钢管片更经济，故本隧道推荐采用混凝土管片。

混凝土管片结构形式一般分为单层预制管片拼装衬砌和双层衬砌（外层预制管片拼装、内

层现浇钢筋混凝土）两种。

国内外类似工程一般采用具有一定刚度的单层柔性衬砌居多，其衬砌的变形、接缝张开及混凝土裂缝开展等均能控制在预期的要求内，基本能满足隧道的设计要求。一般认为使用单层衬砌施工工艺简单、工程实施周期短、投资省，本隧道推荐采用单层衬砌钢筋混凝土预制管片。

衬砌的厚度应根据隧道直径大小、埋深、围岩荷载情况等因素来确定：

1）根据《盾构隧道工程设计标准》GB/T 51438-2021 要求，盾构隧道外径 D≥8m，盾构管片厚度取 0.04D~0.05D；

2）根据《地铁设计规范》GB 50157-2013 要求，衬砌厚度应根据隧道直径、埋深、工程地质及水文地质条件，使用阶段及施工阶段的荷载情况等确定。衬砌厚度宜为隧道外轮廓直径的 0.040 倍~0.060 倍。

3）根据《道路隧道设计标准》DG/TJ08-2033-2017，衬砌厚度应根据隧道直径、埋深、工程地质及水文地质条件、施工阶段及正常使用阶段的荷载情况等确定,宜取 0.040D~0.045D。

4）根据国内已建隧道情况，盾构法隧道管片厚度一般在 0.04D~0.06D 之间，具体如下表所示：

表 5.3.4-1 国内大盾构隧道管片厚度一览表

工程名称	D 管片外径（m）	h 管片厚度（m）	h 管片厚度/D 管片外径之比
香港屯门-赤鱲角隧道	17.6	0.7	0.0398
北京东六环改造工程	15.4	0.65	0.0422
上海复兴东路隧道	11.22	0.48	0.0428
上海延安东路隧道（南线）	11	0.55	0.0500
上海大连路隧道	11	0.48	0.0436
上海打浦路隧道	10	0.6	0.0600
上海北横通道（隧道为主）	15	0.65	0.0433
上海崇明越江隧道	15	0.65	0.0433
上海长江西路隧道	15	0.65	0.0433
上海周家嘴路隧道	14.5	0.6	0.0414
上海上中路隧道	14.5	0.6	0.0414
上海军工路隧道	14.5	0.6	0.0414
上海虹梅南路隧道	14.5	0.6	0.0414
上海诸光路通道	14	0.6	0.0429
上海外滩通道	13.95	0.6	0.0430
上海迎宾三路隧道	13.95	0.6	0.0430
上海龙耀路越江隧道	11.36	0.48	0.0423
上海翔殷路隧道	11.36	0.48	0.0423
上海延安东路隧道（北线）	11	0.55	0.0500
上海银都路越江隧道	15	0.65	0.0433
南京应天大街长江隧道（南京长江隧道）	14.5	0.6	0.0414
南京定淮门长江隧道（扬子江隧道）	14.5	0.6	0.0414
和燕路过江通道（南段）	14.5	0.6	0.0414
建宁西路过江通道	14.5	0.6	0.0414
江阴二通道	15.5	0.65	0.0419
海太过江通道	16	0.65	0.0406
杭州钱江隧道	15	0.65	0.0433
杭州文一路隧道	11.36	0.5	0.0440
杭州环城北路-天目西路	13	0.55	0.0423
杭州庆春路隧道	11.3	0.5	0.0442
杭州博奥隧道	11.3	0.5	0.0442
杭州艮山东路隧道	14.5	0.6	0.0414
杭州市之江路输水管廊及道路提升工程	14.5	0.6	0.0414
杭州望江路过江隧道	11.3	0.5	0.0442
杭州环城北路隧道	11.3	0.5	0.0442
深圳春风路隧道	15.2	0.65	0.0428
深圳妈湾跨海隧道	15	0.65	0.0433
深圳望海路快速化改造工程	15.5	0.65	0.0419
佛山文华路隧道	14.5	0.6	0.0414
汕头苏埃隧道	14.5	0.6	0.0414
珠海隧道	14.5	0.6	0.0414
珠海马骝洲隧道隧道	14.5	0.6	0.0414
济泺路穿黄隧道工程	15.2	0.65	0.0428
济南黄岗路穿黄隧道工程	16.8	0.7	0.0417
武汉长江隧道	11	0.5	0.0455
武汉三阳路隧道	15.2	0.65	0.0428
武昌和平大道南延线	15.4	0.6	0.0390

长沙南湖路湘江隧道	11.3	0.5	0.0442
长沙湘雅路过江隧道	14.5	0.6	0.0414
衡阳合江套隧道	11.3	0.5	0.0442

根据规范要求及上表工程实例，本工程管片厚度按 0.04D~0.06D 控制，本隧道盾构管片外径 14.5m，根据隧道的埋深及荷载隧道管片厚度为 0.6m（0.0414D）时，能满足结构受力及变形要求。

盾构隧道主要通过管片的拼装达到线路拟合的目的，就衬砌环类型来看，主要有设置转弯环和通用楔形环两种方式来拟合线路的。最近几年建设的水下盾构隧道通常情况均使用通用楔形环，如上海长江隧道（外径 15.0m）、南京长江隧道(外径 14.5m)、苏埃通道工程（外径 14.5m）、杭州艮山东路隧道（外径 14.5m）、广深港狮子洋隧道（外径 10.8m）、杭州庆春路隧道(外径 11.3m)、长沙南湖路隧道等(外径 11.3m)，根据已有的工程实例和经验来看，通用楔形环较设置转弯环来拟合线路，具有巨大的优越性：

1）对于曲线的拟合，不需要专门的转弯环，减少了钢模种类，便于管片的贮存、运输及施工管理。

2）采用将管片旋转不同的角度，对曲线进行拟合，可以最大程度地减少使用过程中曲线拟合的误差，可将隧道的轴线偏差控制在允许范围内，完全可以满足隧道轴线拟合误差的要求。

3）平、竖曲线拟合均通过管片旋不同转角度实现，避免了采用覆贴传力衬垫后易引起接缝漏水等问题。

通用楔形环的缺点在于管片需根据拟合需要旋转不同角度，拼装方式不固定。但通过计算机软件辅助管片拼装，可实现线路拟合自动化、管片拼装的自动化，缩短了管片拼装时间，提高了管片拼装速度。同时通过优化结构设计，管片环面上设置纵向插销配合纵向、环向螺栓精确定位，提高管片拼装质量。

根据以上分析，同时参考国内类似大直径盾构的类似工程的成功案例，本隧道管片拟采用通用楔形环，错缝拼装。

5.3.4.2 管片环宽、分块及楔形量拟合

衬砌环环宽越大，即管片宽度越宽，衬砌环节缝越少，因而漏水环节、螺栓数量越少，施工速度越快，费用越省。一般来说，盾构隧道直径越大采用的环宽越大。根据国内外的工程实践经验,环宽一般在1000～1200mm之间,也有采用1500mm的,目前国内管片最大环宽为2000mm。

表 5.3.4-2 衬砌环宽度实例表

工程名称	衬砌外径（mm）	管片厚度（mm）	管片宽（mm）	分块数	最大块重（T）	最大外弧长（mm）
延安路隧道	11000	550	1000	8	5.64	4319
大连路/复兴路隧道	11000	480	1500	8	6.44	4319
翔殷路隧道	11360	480	1500	8	7.69	4461
上中路隧道	14500	600	2000	10	12.79	4795
易北河第四隧道	13750	700	2000	9	19.00	5300
西斯凯尔特隧道	11000	450	2000	8	10.77	4991
斯托伯尔特隧道	8500	400	1650	7	6.53	4154
苏埃通道工程	14500	600	2000	10	14	4880
广州文华路隧道	14500	600	2000	10	14	4880

因此本工程借鉴国内已有工程经验，管片环宽采用 2000mm。一方面较 1.5m 的环宽减少了 25%的环向接缝数量，降低了接缝漏水的几率，提高隧道防水质量；另一方面降低了接缝止水材料和连接螺栓的使用量；此外还可减少 25%的拼装时间，提高了施工速度。

装配式衬砌圆环一般由标准块、封顶块、邻接块的多块预制片拼装而成。分块时，要综合考虑预制片的制作、防水、运输、拼装、结构受力性能等方面的因素。分块越多，则渗漏水由于接头的增多而风险越大，同时施工时拼装复杂。分块较少时，单片的重量较大，运输、拼装就位较困难。从受力上看，分块多则衬砌环刚度小，内力中弯矩减小；分块少时，衬砌环刚度较大，内力中弯矩较大。设计时应根据场地条件、施工能力等因素综合确定，以获得较优的分块方案。通常隧道直径 D≤6m 的 4～6 块居多，直径大于 6m 时，8～12 块为宜。本工程管片分块采用 10 块，分块形式为 1+2+7，即每环由 1 块封顶块、2 块邻接块、7 块标准块构成。

本线位盾构段隧道，最小转弯半径为 800m，采用通用管片，管片楔形量除满足拟合线路的要求外，还需考虑施工误差，测量误差，其隧道受力变形及盾构机的蛇形纠偏要求等因素，盾构管片采用双面楔形，楔形量按 48mm 考虑实施。

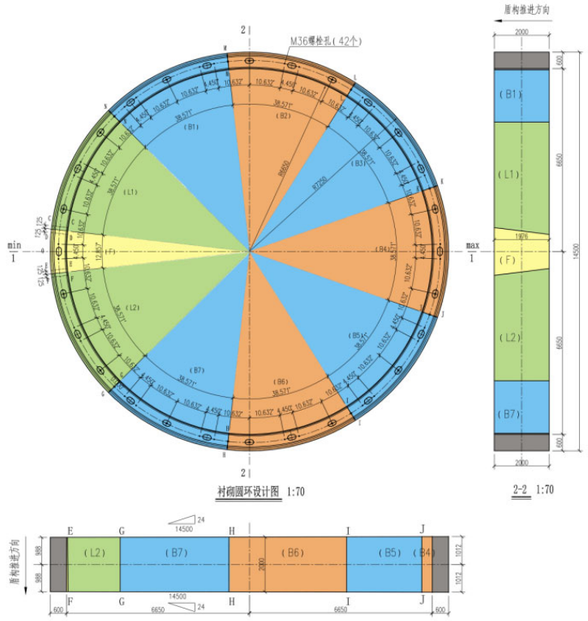


图 5.3.4-1 衬砌圆环结构图

衬砌圆环楔形量采用双面楔形，楔形量为 48mm，理论最小拟合平面曲线半径为 600m，可满足本隧道盾构段最小平曲线半径 800m 的线型要求，并可预留有一定纠偏余量。

5.3.4.3 初衬结构连接

管片接缝构造包括密封垫槽、嵌缝槽及凹凸榫的设计，其中前者为通用的构造方式，而凹凸榫的设置与否在不同时期、不同区域的工程实践中有着不同的理解。凹凸榫的设置有助于提高接缝刚度、控制不均匀沉降、改善接缝防水性能，也有利于管片拼装就位，但与此同时增加了管片制作、拼装的难度，是拼装和后期沉降过程中管片开裂的因素之一，客观上又削弱了管片防水性能。

管片环面外侧设有弹性密封垫槽，内侧设嵌缝槽。环与环之间以 M36 的纵向螺栓连接，既能适应一定的变形，又能将隧道纵向变形控制在满足防水要求的范围内。管片的块与块之间以 M36 的环向螺栓相连，能有效减小纵缝张开及结构变形。

盾构隧道管片环是由封顶块、邻接块及标准块等管片通过螺栓连接组成，管片块与块之间及环与环之间接缝处结构刚度小，故接缝构造是管片结构设计的重点之一。管片接缝设计应满足防水构造的要求，同时应方便隧道施工，尽量减少管片破损，避免出现管片拼装后裂损等情况。管片接缝面构造形式在充分吸取近期国内外若干大直径盾构隧道管片设计的先进经验与理念的基础上推荐采用如下方案：根据管片接缝防水设计方案，在接缝外侧上设置两道防水密封垫，同时内侧预留嵌缝槽。为减少管片拼装边角局部破碎情况，环面在千斤顶作用位置设置凸起面，为提高管片拼装精度，环面设置定位销。

国内以往在盾构隧道环与环间设置的凹凸榫形式一般为全周贯通分布的同心圆环块或同圆心布置的不连续矩形块。该形式的弊端在于凹凸榫最多只能产生两个点接触或面接触，在管片衬砌环间产生剪切错动时，会形成很大的集中荷载和局部应力，造成局部混凝土破坏，进而失去抗剪能力。

基于上述原因，本隧道在环与环之间设置分布式定位销，管片纵缝面设置凸凹榫槽。其优点在于当管片发生错动变形时，理论上所设置的全部定位销及凸凹榫槽能够同时发挥作用和提供抗剪力，从而大幅度提高抗剪能力，抑制错台变形。

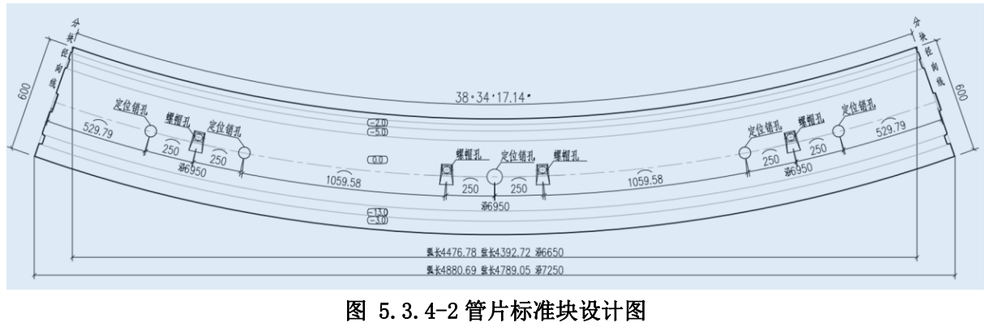
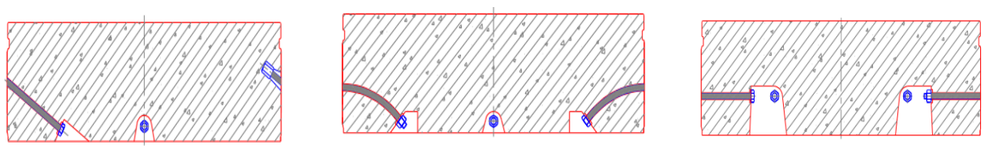


图 5.3.4-2 管片标准块设计图

1.螺栓连接

按螺栓连接形状又可分为斜螺栓、弯螺栓连接、直螺栓连接等方式。



(a) 斜螺栓　(b) 弯螺栓　(c) 直螺栓

图 5.3.4-3 螺栓连方式示意图

斜螺栓手孔尺寸较小，对管片有效断面削弱程度较小，且施工方便，但是连接刚度较低、对预埋螺帽精度要求较高；弯螺栓连接的接头具有一定的自由度，十分方便安装，弯螺栓连接刚度居中，对管片削弱也较小，且预制精度要求较低，在中小直径盾构隧道中较为常用，所以弯螺栓在德国、法国、英国、新加坡、丹麦等许多国家的地铁交通项目及国内地铁中广泛应用，这种接头系统都非常成功；直螺栓连接刚度较大，抗震性能好，但手孔对管片削弱也较大。直螺栓和斜螺栓是近年来发展起来的管片连接形式，其手孔体积小，管片强度损失很小，而且容

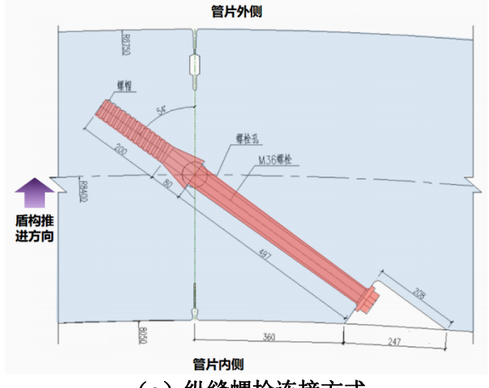
易实现机械快速安装，但安装难度较高，施工误差要求较小。

鉴于斜螺栓用钢少，手孔小，对截面削弱较小，受力合理，施工方便，只需对螺栓的一端进行防水和防腐蚀处理，由此加快了施工进度，降低了造价的特点且在大型的越江隧道中得到了广泛应用，如下表。

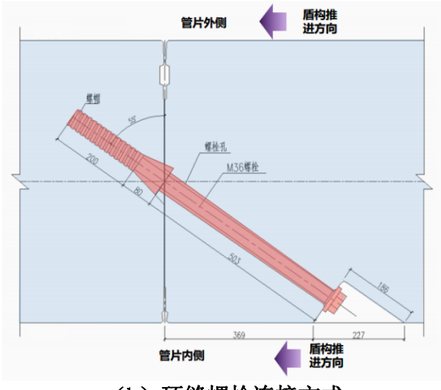
表 5.3.4-3 国内大直径盾构隧道纵缝、环缝螺栓连接方式

工程名称	管片外径	螺栓连接方式
香港屯门-赤鱲角隧道	17	斜螺栓
北京东六环改造工程	15.4	斜螺栓
上海复兴东路隧道	11.22	弯螺栓
上海延安东路隧道（南线）	11	弯螺栓
上海大连路隧道	11	弯螺栓
上海打浦路隧道	10	双排螺栓（外排弯螺栓、内排直螺栓）
上海北横通道（隧道为主）	15	斜螺栓
上海崇明越江隧道	15	斜螺栓
上海长江西路隧道	15	斜螺栓
上海周家嘴路隧道	14.5	斜螺栓
上海上中路隧道	14.5	斜螺栓
上海军工路隧道	14.5	斜螺栓
上海虹梅南路隧道	14.5	斜螺栓
上海诸光路通道	14	斜螺栓
上海外滩通道	13.95	斜螺栓
上海迎宾三路隧道	13.95	斜螺栓
上海龙耀路越江隧道	11.36	弯螺栓
上海翔殷路隧道	11.36	弯螺栓
上海延安东路隧道（北线）	11	斜螺栓
上海银都路越江隧道	15	斜螺栓
南京应天大街长江隧道（南京长江隧道）	14.5	斜螺栓
南京定淮门长江隧道	14.5	斜螺栓
和燕路过江通道（南段）	14.5	斜螺栓
建宁西路过江通道	14.5	斜螺栓
江阴二通道	15.5	斜螺栓
海太过江通道	16	斜螺栓
杭州钱江隧道	15	斜螺栓
杭州文一路隧道	11.36	斜螺栓
杭州环城北路-天目西路	13	斜螺栓
杭州庆春路隧道	11.3	斜螺栓
杭州博奥隧道	11.3	斜螺栓
杭州艮山东路隧道	14.5	斜螺栓
杭州市之江路输水管廊及道路提升工程	14.5	斜螺栓
杭州望江路过江隧道	11.3	斜螺栓
杭州环城北路隧道	11.3	斜螺栓
深圳春风路隧道	15.2	斜螺栓
深圳妈湾跨海隧道	15	斜螺栓
深圳望海路快速化改造工程	15.5	斜螺栓
佛山文华路隧道	14.5	斜螺栓
汕头苏埃隧道	14.5	斜螺栓
珠海隧道	14.5	斜螺栓
珠海马骝洲隧道隧道	14.5	斜螺栓
济泺路穿黄隧道工程	15.2	斜螺栓
济南黄岗路穿黄隧道工程	16.8	斜螺栓
武汉长江隧道	11	纵缝弯螺栓、环缝直螺栓
武汉三阳路隧道	15.2	斜螺栓
武汉两湖隧道	15.2（15.5）	斜螺栓
武昌和平大道南延线	15.4	斜螺栓
长沙南湖路湘江隧道	11.3	斜螺栓
长沙湘雅路过江隧道	14.5	斜螺栓
衡阳合江套隧道	11.3	斜螺栓

因此，本工程采用纵、环向连接采用斜螺栓的连接方式，具体布置如下图所示。环缝共设置 42 个 M36 斜螺栓，纵缝共设置 30 个 M36 斜螺栓。



（a）纵缝螺栓连接方式



（b）环缝螺栓连接方式

本工程管片采用斜螺栓连接，普通螺栓机械性能等级 8.8 级。管片纵缝面中间位置设置定位棒，环缝面设置定位销，每环管片纵缝定位棒共计 30 根，环缝剪力销 42 根。

2.管片拼装形式

衬砌环的拼装形式有错缝、通缝两种拼装形式。错缝拼装能使圆环接缝刚度分布趋于均匀，减少结构变形，可取得较好的空间刚度，但衬砌环较通缝拼装内力大，且管片制作精度不够时容易在推进过程中被顶裂，甚至顶碎。通缝拼装施工难度小，衬砌环内力较错缝衬砌环小，可减少管片配筋量，但衬砌空间刚度稍差。

本工程衬砌环采用错缝拼装，通过管环旋转来拟合线路。管片拼装时一般按先下后上进行，最后插入封顶块，封顶块拼装时先搭接 1200mm 径向推上，再纵向插入。

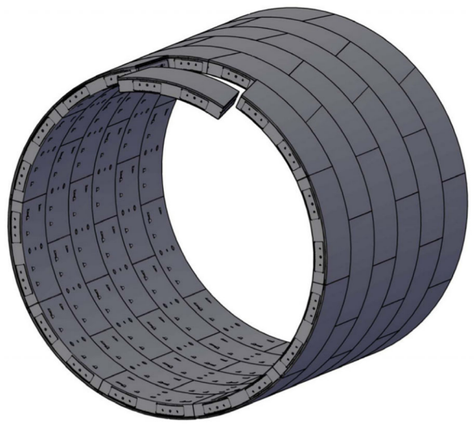


图 5.3.4-4 管片错缝拼装示意图

3.管片材料及精度要求

普通衬砌环由钢筋混凝土管片构成，14.5m 盾构采用混凝土强度等级为 C60，抗渗等级为 P12，钢筋采用 HRB400 级钢，管片连接螺栓的材料为 20MnSiV 钢。预埋件采用 Q235B 级钢，考虑到隧道穿越地层地下水对钢材有侵蚀性，所有环向螺栓、纵向螺栓外露铁件均作防腐蚀处理。

由于本隧道规模大，结构受力大。为保证盾构装配式衬砌良好的受力性能，达到结构的设计意图，提供符合结构计算假定的工作条件，管片的制作和组装精度必须达到以下精度：

1）单块管片制作的允许误差：宽度±0.4mm；弧、弦长±1.0mm；外半径（-0，+2）mm；内半径±1mm；环向螺栓孔孔径及孔位±1.0mm。

2）整环拼装的允许误差：相邻环的环面间隙≤1.0mm；纵缝相邻块块间间隙为（-0，+2）mm；对应的环向螺栓孔不同轴度小于 1mm。

3）推进时轴线误差≤100mm（包括施工误差、测量误差、不均匀沉降、结构变形及线路轴线拟合误差等）。

5.3.4.4 盾构管片结构横断面计算

根据工程经验，衬砌结构计算模型选择均质圆环法及梁-弹簧模型法两种计算方法进行计算，并对两者结果进行对比分析。

（一）计算模型

1）均质圆环法

匀质圆环法荷载包括主要荷载(即竖向与水平土压力、水压力、自重、超载和地基反力)、次要荷载(即内部荷载、施工期荷载和地震效应)和特殊荷载(即相邻隧道的影响、地基沉陷的影响和其他荷载)。各荷载均关于衬砌环的竖向直径中心线对称，分布规律如下：在该模型中假定：结构为弹性匀质性，忽略接头的影响；忽略管片的手孔、肋等的荷载作用特征，认为有效断面为全宽度和全厚度。

由于接缝的存在将造成衬砌环整体刚度的降低，衬砌环是具有刚度 ηEI(弯曲刚度有效系数 η＜1)的匀质环。即使是采用错缝拼装的衬砌环，其变性仍然大于完全刚度 EI 的匀质环。而且，通过相邻环间的纵向螺栓或环缝面上的凹凸榫槽的剪切阻力，纵缝上的部分弯矩将传递到相邻的管片截面上。考虑错缝拼装后整体补强效果，进行弯矩的重分配。

接头处内力　Mj =（1-ξ）×M　　Nj = N

管片Ms =（1+ξ）×M　　Ns = N

式中　　ξ—弯距调整系数

M、 N—分别为均质圆环计算弯距和轴力

Mj 、Nj —分别为调整后的接头弯距和轴力

Ms 、Ns —分别为调整后管片本体弯距和轴力

为尽量模拟结构的受力状态，将土层抗力、地基反力均用土弹簧模拟，土弹簧刚度取相应土层的基床系数。

由于管片采用错缝拼装，计算模型的选择必须考虑管片接头部位抗弯刚度的下降、环间螺栓等对隧道结构总体刚度的补强作用，修正匀质圆环模型并进行刚度修正，考虑纵缝的刚度折减效应 η=0.75，考虑错缝拼装的刚度增强效应 ζ=0.3，计算模型如下图示：

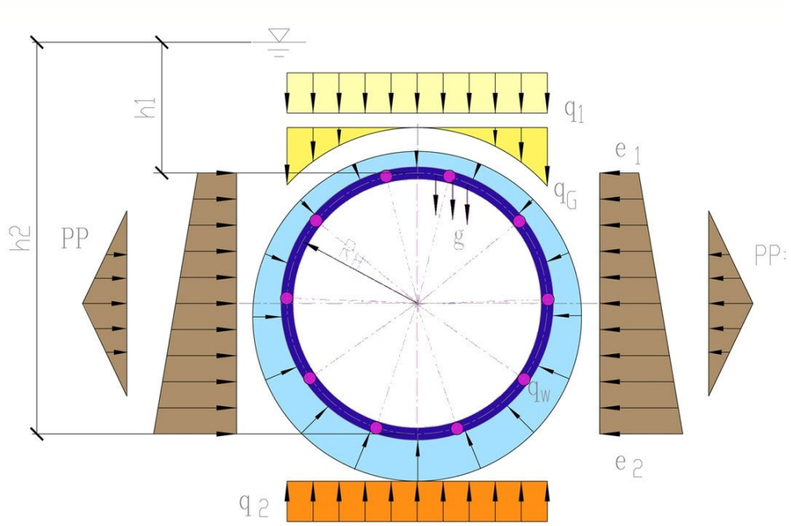


图 5.3.4-5 圆隧道结构均质圆环模型计算简图

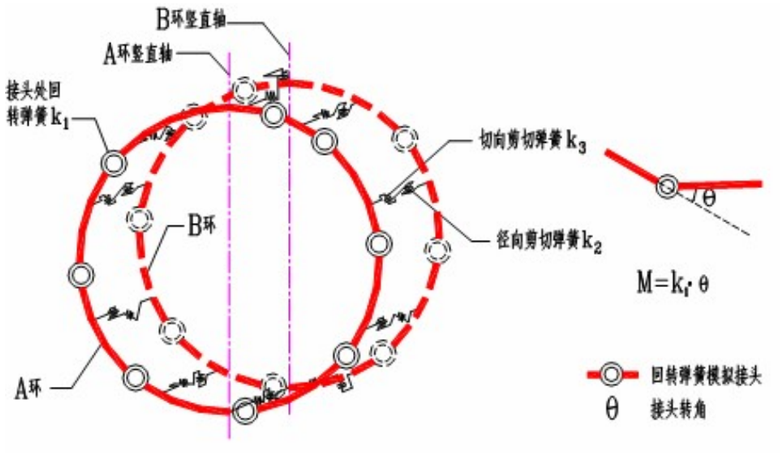


图 5.3.4-6 圆隧道结构双环错缝模型计算简图

①在砂性土地层中应采用水土分算，在粘性地层中应采用水土合算。

②水土分算时水压的加载方式采用水平和竖直方向的简化加载方式加载。

③当隧道位于软弱粘土地层时，首先根据《公路隧道设计规范》（JTGD70-2004）判别深浅埋。计算深埋隧道衬砌时，围岩压力按松散压力考虑，垂直均布压力按下式计算。

$$q=\gamma h$$

$$h=0.45\times 2^{s-1}\omega$$

式中 s——围岩级别；

ω——宽度影响系数，$\omega=1+i(B-5)$；

B——坑道宽度(m)；

i——B 每增减 1 m 时的围岩压力增减率：当 $B<5$ m 时，取 $i=0.2$；$B>5$ m 时，可取 $i=0.1$。

计算浅埋隧道时，垂直压力按下式计算。

$$\lambda=\frac{\tan\beta-\tan\varphi_c}{\tan\beta[1+\tan\beta(\tan\varphi_c-\tan\theta)+\tan\varphi_c\tan\theta]}$$

$$\tan\beta=\tan\varphi_c+\sqrt{\frac{(\tan^2\varphi_c+1)\tan\varphi_c}{\tan\varphi_c-\tan\theta}}$$

式中 γ——围岩重度(kN/m³)；

h——洞顶离地面的高度(m)；

θ——顶板土柱两侧摩擦角(°)，为经验数值；

B——坑道跨度(m)；

λ——侧压力系数；

φ_c——围岩计算摩擦角(°)；

β——产生最大推力时的破裂角(°)。

当隧道埋深介于浅埋和深埋之间时，应按太沙基坍落拱理论计算垂直土压力；由于考虑粘聚力的影响，计算结果可能很小或者出现负值，因此规定太沙基理论计算时取 1.5 倍洞径覆土荷载或 200kPa 为下限值。

$$\sigma_{vi}=\frac{B_1(\gamma_i-c_i/B_1)}{K_0\tan\varphi_i}\cdot\left(1-e^{-K_0\tan\varphi_i\cdot H_i/B_1}\right)+p_0\cdot e^{-K_0\tan\varphi_i\cdot H_i/B_1}$$

$$B_1=R_0\cdot\cot\left(\frac{\pi/4+\varphi/2}{2}\right)$$

式中，σ_{vi}—土层的垂直压力；

h_0—土层的厚度；

K_0—土层的静止侧压力系数；

γ_i—土层的容重；

p_0—上层土传下来的土压力；

c_0—土层的粘聚力；

φ_i—土层内摩擦角；

φ—隧道拱顶土层内摩擦角；

R_0—隧道外径。

④当隧道位于 W2 基岩中，考虑围岩变形延缓，采用破损阶段法进行计算，竖向荷载取 0.2 倍全覆土荷载。

⑤水平土压力作用在衬砌两侧，分布荷载的大小根据垂直土压力与侧向土压力系数来计算，即：$q_i = K_0 * \sigma_{vi}$

⑥正常使用极限状态裂缝配筋计算，裂缝宽度≤0.2mm。对于破损阶段法，大偏心断面安全系数＞2.4，小偏心断面安全系数＞2。

⑦根据《混凝土结构设计规范》，考虑结构抗震设计，满足单侧最小配筋率。

2）梁-弹簧模型法

（1）模型介绍

梁－弹簧模型属于精确计算法，能考虑各类接头位置与刚度、错缝时的环间相互咬合效应，及隧道与周围土体的实际相互作用关系，梁－弹簧力学模型在同一衬砌圆环内，用曲梁单元模拟管片的实际状况，用环向接头抗弯刚度 K_θ 来体现环向接头的实际抗弯刚度，用径向抗剪刚度 K_r 和切向抗剪刚度 K_t 来体现纵向接头的环间传力效果；当管片环采用错缝式拼装时，管片环间为相互影响的空间受力体系，故采用空间结构进行模拟。

将管片模拟成梁，将管片环向接头模拟成抗弯弹簧、环径向接头模拟成剪切弹簧，地基与管片之间的相互作用用地基弹簧来模拟。

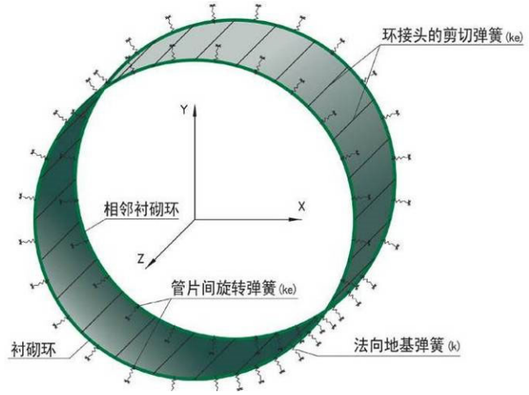


图 5.3.4-7 梁-弹簧模型计算模式示意图

（2）管片接头计算参数选取

管片块间接头刚度 K_θ 具体取值受管片(材料强度、厚度等)、接头螺栓(材料强度、数量、安装位置等)和承受内力大小(弯矩、轴力等)影响。对于衬砌环承受负弯矩的接头刚度，约为承受正弯矩的接头刚度的 1/3～1/2。《大断面水下盾构隧道结构力学特性》一书关于南京隧道盾构接头加载试验的结果进行计算，其试验结果见下表：

表 5.3.4-4 试验结果

轴力N / KN	可能的弯矩范围 / $KN \bullet m$	试验正抗弯刚度$K_{\theta+}$ / $MN \bullet m \bullet rad^{-1}$	试验负抗弯刚度$K_{\theta+}$ / $MN \bullet m \bullet rad^{-1}$
3016	300~500	80~180	150~170
4005	400~600	120~230	250~290
4995	400~800	190~400	280~370
6049	500~900	230~500	330~610
7038	500~900	300~510	370~610
8027	600~1000	310~500	360~590

另根据本书第 69 页“对于环向接头的抗弯刚度，在隧道内侧受拉时取值为 $4\times10^5 kN\cdot m\cdot rad^{-1}$，隧道外侧受拉时取为 $2.4\times10^5 kN\cdot m\cdot rad^{-1}$”（针对武汉长江隧道工程）。

文献《几种盾构隧道管片设计方法的比较》一文中，在隧道内侧受拉时取值为 $2.5\times10^5 kN\cdot m\cdot rad^{-1}$，隧道外侧受拉时取为 $1.5\times10^5 kN\cdot m\cdot rad^{-1}$（对于地铁区间管片而言）。

文献《盾构衬砌管片的壳-弹簧设计模型研究》一文中，在隧道内侧受拉时取值为 $1.6\times10^5 kN\cdot m\cdot rad^{-1}$，隧道外侧受拉时取为 $1.2\times10^5 kN\cdot m\cdot rad^{-1}$（对于地铁区间管片而言）。

文献《超大特长盾构法上海长江隧道工程设计》一书，上海长江隧道接头进行了足尺试验，对接头试验数据进行分析总结，总结出来接头抗弯刚度公式：

$$K^{-}=\frac{M\cdot(40.15N+636809)}{M+0.008N+65}$$ 当 M＜0 时 （1）

$$K^{+}=M\cdot e^{\frac{M-0.308N+251}{67-0.034N}}$$ 当 M>0 时 （2）

式中，弯矩 M 以内侧受拉为正，轴力 N 以受压为正。弯矩单位 $kN\cdot m$，轴力单位 kN，转角刚度单位 $kN\cdot m\cdot rad^{-1}$。

根据初步设计计算，正弯矩在 250~950 $kN\cdot m$ 之间，其轴力在 3000~7000 kN 之间，负弯矩在 200~900 $kN\cdot m$ 之间，其轴力在 2600~6000 kN 之间。

《大断面水下盾构隧道结构力学特性》一书提供的实验数据表，K^{-} 在 $1.5\times10^{5}kN\cdot m\cdot rad^{-1}$~$5.9\times10^{5}kN\cdot m\cdot rad^{-1}$，$K^{+}$ 在 $0.8\times10^{5}kN\cdot m\cdot rad^{-1}$~$5.0\times10^{5}kN\cdot m\cdot rad^{-1}$。

根据上海长江隧道试验多得的计算公式计算所得，K^{-} 在 $5.6\times10^{5}kN\cdot m\cdot rad^{-1}$~$8.1\times10^{5}kN\cdot m\cdot rad^{-1}$，$K^{+}$ 在 $2.5\times10^{9}kN\cdot m\cdot rad^{-1}$~ $1.5\times10^{5}kN\cdot m\cdot rad^{-1}$，$K^{+}$ 分布范围较广，适用性有限。

根据以上分析，由于上海长江隧道管片厚度为 650mm，其接头试验公式计算出来 K 与其它案例的结果相差较大约，本次工程计算可参照南京隧道试验数据进行确定，本隧道采用两管六车道，外径为 14.5，与南京长江隧道相当，其转动刚度计算可取值 K^{-} 在 $1.5\times10^{5}kN\cdot m\cdot rad^{-1}$~$5.9\times10^{5}kN\cdot m\cdot rad^{-1}$，$K^{+}$ 在 $0.8\times10^{5}kN\cdot m\cdot rad^{-1}$~$5\times10^{5}kN\cdot m\cdot rad^{-1}$。

梁-弹簧模型计算中的纵向接头，根据国内有关研究结果及日本隧道标准规范（盾构篇）及解说，其径向抗剪刚度 Kr 和切向抗剪刚度 Kt 按偏于安全方面考虑均取为无穷大，即认为各环管片在纵向接头处不产生错动。

综上分析，上述两种计算方法都可行，但目前国内修正匀质圆环模型运用较广泛，故本隧道采用修正匀质圆环模型进行横断面静力计算。

（二）荷载取值及组合

结构设计时分别按施工阶段、正常运营阶段可能出现的最不利荷载进行组合，分别进行强度、刚度和裂缝宽度验算。特殊荷载阶段每次仅对一种特殊荷载进行组合，同时考虑材料强度综合调整系数，不进行裂缝宽度验算。

①计算荷载

表 5.3.4-5 结构荷载表

荷载类型	荷载名称		荷载计算及取值
永久荷载	结构自重		按构件实际重量计算。
	地层压力		根据埋深、隧道穿越的地层采用不同计算方式（详见第四章）
	静水压力及浮力		按最不利地下水位计算水压力。
	侧向地层抗力及地层反力		按结构形式及其在荷载作用下的变形、结构与地层刚度、施工方法等情况及土层性质，根据所采用的结构计算简图和计算方法加以确定。
可变荷载	基本可变荷载	地面车辆荷载及其动力作用	按 20kPa 的均布荷载考虑。
		地面车辆荷载引起的侧向土压力	按上述均布荷载引起的侧向地层压力计算
	其他可变荷载	施工荷载	盾构千斤顶推力、不均匀注浆压力，相邻隧道施工影响。
		温度荷载	±10℃
偶然荷载	地震作用		6 度地震荷载
	人防荷载		6 级人防荷载
	沉船荷载		按 100kPa 计

②结构荷载组合

表 5.3.4-6 荷载组合表

序号	作用效应组合 荷载类型	永久荷载	可变荷载		偶然荷载
			基本可变荷载	施工荷载	
1	基本组合	1.3	1.5	-	-
2	标准组合	1.0	1.0	-	-
3	偶然组合	1.3	-	-	地震 1.4 人防 1.0
4	施工效应组合	1.0	-	1.0	-

衬砌管片结构以及内部结构计算取其最不利组合作为设计依据。

③计算断面

通过对其地质及埋深情况进行分析，分别选取了以下代表性的断面进行计算。根据《防洪

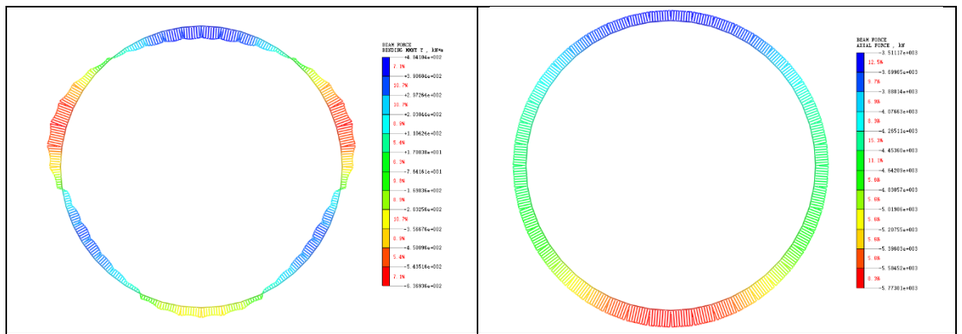
评价报告》，江中段高水位取 5.66m，低水位取为-2.11m。

表 5.3.4-7 各断面信息表

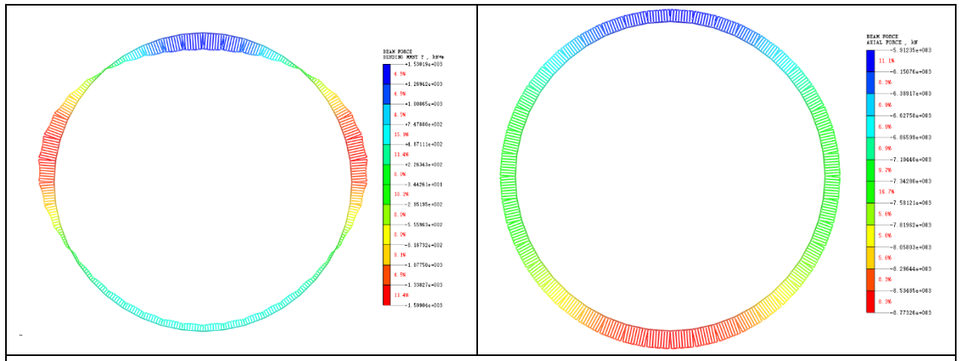
序号	钻孔	断面里程	覆土 m	顶标高		地层特点	层底标高
1	ZK5	K0+870	9	-6.55	②3	粉砂夹淤泥	-11.46
					②4	含粉砂淤泥	-26.66
2	ZK5	K1+160	20.3	-17.72	②4	含粉砂淤泥	-26.66
					④32	卵 石	-56.76
3	ZK4	K1+300(江中)	16.7	-24	②4	含粉砂淤泥	-37.2
					④31	粉 砂	-40.7
4	ZK3	K1+900(江中)	16.7	-26.16	③1	淤泥质粘土	-39.9
5	ZK2	K2+490(江中)	15.6	-23.46	③1	淤泥质粘土	-29.77
					③2	淤泥质粘土夹中砂	-35.17
					④31	粉 砂	-41.77
6	ZK2	K2+630	24.7	-16.91	②4	含粉砂淤泥	-20.37
					②5	粉砂夹淤泥	-23.17
					③1	淤泥质粘土	-29.77
					③2	淤泥质粘土夹中砂	-35.17
7	ZK2	K2+810	13.1	-7.95	②3	粉砂夹淤泥	-12.07
					②4	含粉砂淤泥	-20.37
					②5	粉砂夹淤泥	-23.17

④计算结果

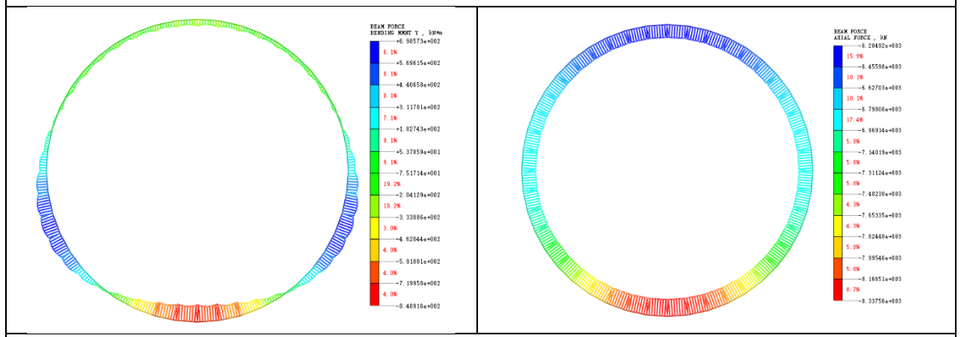
由于盾构所穿越的地层物理力学性质不同，在结构计算时根据隧道所处地层特点、上覆土变化、水压力不同等特征选取不同的断面进行计算，经比较，具有代表性的断面计算结果如下图所示。



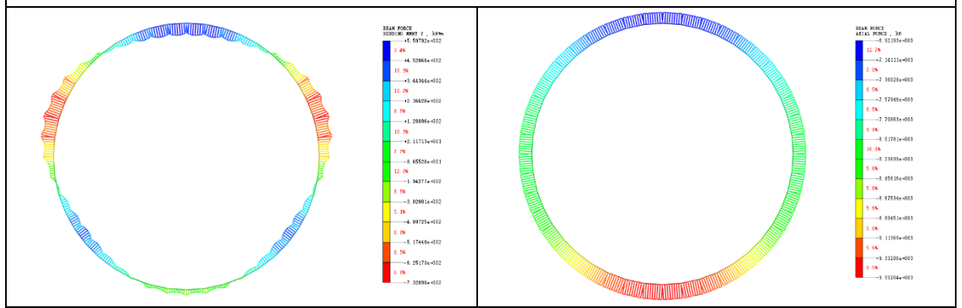
K0+870 断面内力包络图



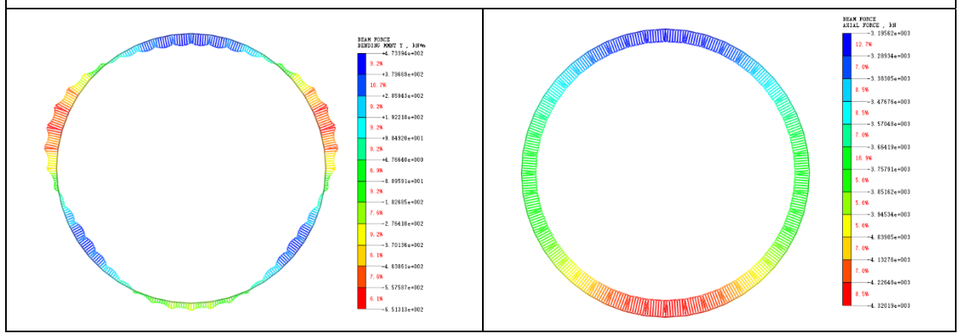
K1+160 断面内力包络图



K1+300 断面内力包络图



K1+900 断面内力包络图



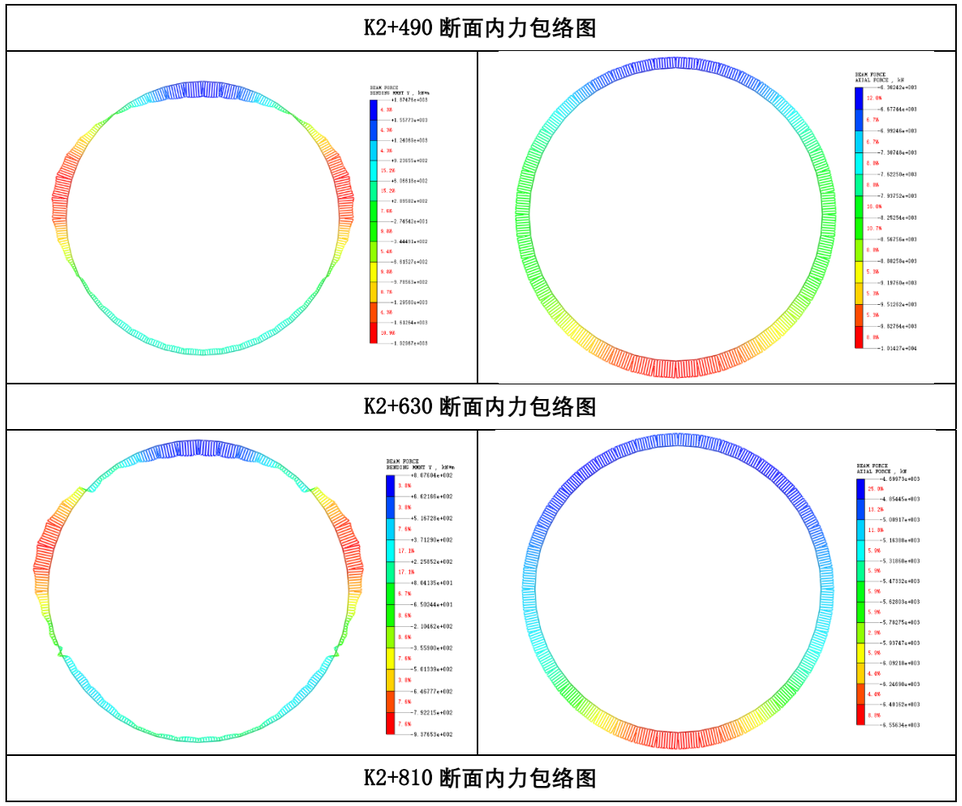


图 5.3.4-8 断面内力包络图

最终的配筋型式分为 A、B、C 四种，汇总如下：

表 5.3.4-8 断面配筋

计算断面	断面	管片内侧		管片外侧	
		钢筋配置	裂缝宽度	钢筋配置	裂缝宽度
1	YK1+000	6Φ22+8Φ20	w=0.001	6Φ22+8Φ22	w=0.001
2	YK1+120	6Φ32+8Φ28	w=0.162	6Φ25+8Φ25	w=0.011
3	YK1+203	6Φ28+8Φ25	w=0.177	6Φ22+8Φ22	w=0.047
4	YK1+446	6Φ28+8Φ25	w=0.193	6Φ22+8Φ22	w=0.152
5	YK1+956	6Φ28+8Φ25	w=0.159	6Φ22+8Φ22	w=0.111
6	YK2+360	6Φ32+8Φ28	w=0.243	6Φ25+8Φ25	w=0.14
7	YK3+600	6Φ28+8Φ25	w=0.164	6Φ22+8Φ22	w=0.183

（3）抗浮计算

根据勘察资料，陆地抗浮水位取地面标高，水域抗浮水位取百年一遇水位 5.66m，陆域覆土最小深度为 9.0m，施工期时将地面回填至高程 6.00m 处，土层容重按照 17kN/m^3 计。江中最小覆土 13.15m，考虑极限冲刷后，运营期覆土为 9.0m。结构进行抗浮验算时，施工期抗浮安全系数不小于 1.1，运营期不小于 1.2。

①施工阶段陆域抗浮验算如下表：

表 5.3.4-9 施工阶段陆域盾构管片抗浮验算表

序号	项目	数值
1	盾构隧道外径（m）	14.5
2	盾构隧道内径（m）	13.3
3	盾构隧道外面积（m2）	165.13
4	盾构隧道内面积（m2）	138.92
5	盾构隧道混凝土面积（m2）	26.20
6	覆土厚度（m）	9
7	覆土平均容重（KN/m3）	18
8	水容重（KN/m3）	10.1
9	覆土平均浮容重（KN/m3）	6.9
10	管片混凝土容重（KN/m3）	25
11	管片自重（KN/m）	655.0
12	覆土自重（KN/m）	900.45
13	管片两侧覆土自重（KN/m）	246.0
14	管片所受浮力（KN/m）	1667.8
15	抗浮系数	1.12

由上表计算结果可知，施工阶段陆域管片抗浮安全系数 1.12 大于 1.1，满足抗浮要求。

②施工阶段水域抗浮验算如下表：

表 5.3.4-10 施工阶段水域盾构管片抗浮验算表

序号	项目	数值
1	盾构隧道外径（m）	14.5
2	盾构隧道内径（m）	13.3
3	盾构隧道外面积（m2）	165.13
4	盾构隧道内面积（m2）	138.92
5	盾构隧道混凝土面积（m2）	26.20
6	覆土厚度（m）	13.15
7	覆土平均容重（KN/m3）	17
8	水容重（KN/m3）	10.1
9	覆土平均浮容重（KN/m3）	6.9
10	管片混凝土容重（KN/m3）	25

11	管片自重（KN/m）	655.02
12	覆土自重（KN/m）	1315.65
13	管片两侧覆土自重（KN/m）	246.05
14	管片所受浮力（KN/m）	1667.8
15	抗浮系数	1.33

由上表计算结果可知，施工阶段水域管片抗浮安全系数 1.33 大于 1.1，满足抗浮要求。

③运营阶段陆域段抗浮验算

表 5.3.4-11 运营阶段陆域段抗浮验算

序号	项目	数值
1	盾构隧道外径（m）	14.5
2	盾构隧道内径（m）	13.3
3	盾构隧道外面积（m2）	165.13
4	盾构隧道内面积（m2）	138.92
5	盾构隧道混凝土面积（m2）	26.20
6	覆土厚度（m）	9
7	覆土平均容重（KN/m3）	17
8	水容重（KN/m3）	10.1
9	覆土平均浮容重（KN/m3）	6.9
10	管片混凝土容重（KN/m3）	25
11	管片自重（KN/m）	655.0
12	覆土自重（KN/m）	900.45
13	管片两侧覆土自重（KN/m）	246.05
14	管片所受浮力（KN/m）	1667.8
15	道路下方箱体自重（KN/m）	207.36
16	道路层自重（KN/m）	90.42
17	抗浮系数	1.26

由上表计算结果可知，施工阶段水域管片抗浮安全系数 1.26 大于 1.2，满足抗浮要求。

④运营阶段江中段考虑极限冲刷后抗浮验算

表 5.3.4-12 运营阶段江中段考虑极限冲刷后抗浮验算表

序号	项目	数值
1	盾构隧道外径（m）	14.5
2	盾构隧道内径（m）	13.3
3	盾构隧道外面积（m2）	165.13
4	盾构隧道内面积（m2）	138.92
5	盾构隧道混凝土面积（m2）	26.20
6	覆土厚度（m）	9
7	覆土平均容重（KN/m3）	17
8	水容重（KN/m3）	10.1
9	覆土平均浮容重（KN/m3）	6.9
10	管片混凝土容重（KN/m3）	25
11	管片自重（KN/m）	655.0
12	覆土自重（KN/m）	900.45
13	管片两侧覆土自重（KN/m）	246.0
14	管片所受浮力（KN/m）	1667.8
15	道路下方箱体自重（KN/m）	207.36
16	道路层自重（KN/m）	90.42
17	抗浮系数	1.26

由上表计算结果可知，运营阶段水域管片抗浮安全系数 1.26 大于 1.2，满足抗浮要求。

5.3.4.5 盾构隧道抗震设计

本隧道设计使用年限为 100 年，安全等级为一级，设计基本地震加速度值 0.05g，抗震设防烈度为 6 度，建筑抗震设防类别为乙类。

（一）抗震设防类别和设防标准

1）设防类别：重点设防类（乙类）。指地震时使用功能不能中断或需尽快恢复的生命线相关建筑，以及地震时可能导致大量人员伤亡等重大灾害后果，需要提高设防标准的建筑。

2）设防标准：重点设防类。应按本地区 6 度抗震设防烈度确定其地震作用；应按 7 度采取抗震措施。

（二）抗震设防原则

1）抗震设防目标：当遭遇在 50 年内超越概率为 63%的地震烈度的多遇地震时，主体结构不受损坏或不需要修理可继续使用，建筑物处于正常使用状态，其应力在 0.85 倍弹性极限范围内；当遭遇 50 年内超越概率为 10%的地震烈度的设防烈度时，结构允许进入非弹性工作状态，但非弹性变形或结构体系的损坏控制在可修复的范围内；在遭遇 50 年超越概率为 2～3%的地震烈度的罕遇地震时，结构有较大的非弹性变形，但应控制在规定的范围内，以免倒塌。

2）考虑盾构隧道是用螺栓将预制管片拼装成而，隧道的横断面及纵断面处均有很多的接头，应对接头对结构在地震作用下的响应给予充分考虑，确保结构具有整体性和连续性，在装配式钢筋混凝土结构设计中采取必要措施。

3）因地震波长相比于隧道纵向要小，故应模拟隧道纵向在不同相位差的地震波激励来研究隧道纵向的变位，必要时应采取在隧道纵向一定距离设置变形缝（抗震缝）或适应大变形管环。

4）地下结构抗震设计，要保证结构在整体上的安全，允许结构产生裂缝、变形和管片接头有一定的张开量、错台。

（三）盾构隧道横断面反应位移法计算

盾构隧道横断面方向的地震响应分析把管片与管片接头作为弹性铰单元处理，选取三环作为计算对象，考虑环间接头的影响。把地震荷载分成两部分：一部分是盾构隧道周边天然地层的剪切力，另一部分是盾构隧道两侧受到的强制位移，惯性荷载在地下结构中的影响很小，被忽略。首先选取隧道典型断面进行常时荷载下的静力分析，在静力分析基础上叠加地震荷载动力分析结果。

基于反应位移法的盾构隧的抗减震计算模型如下图。

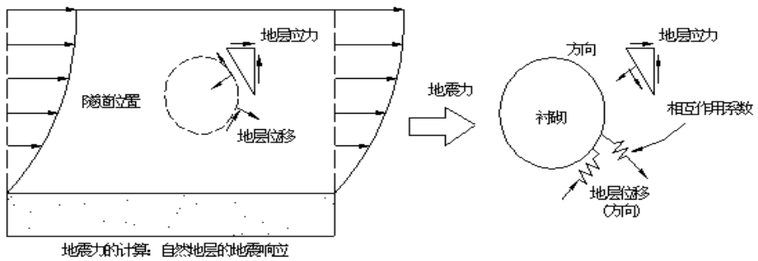
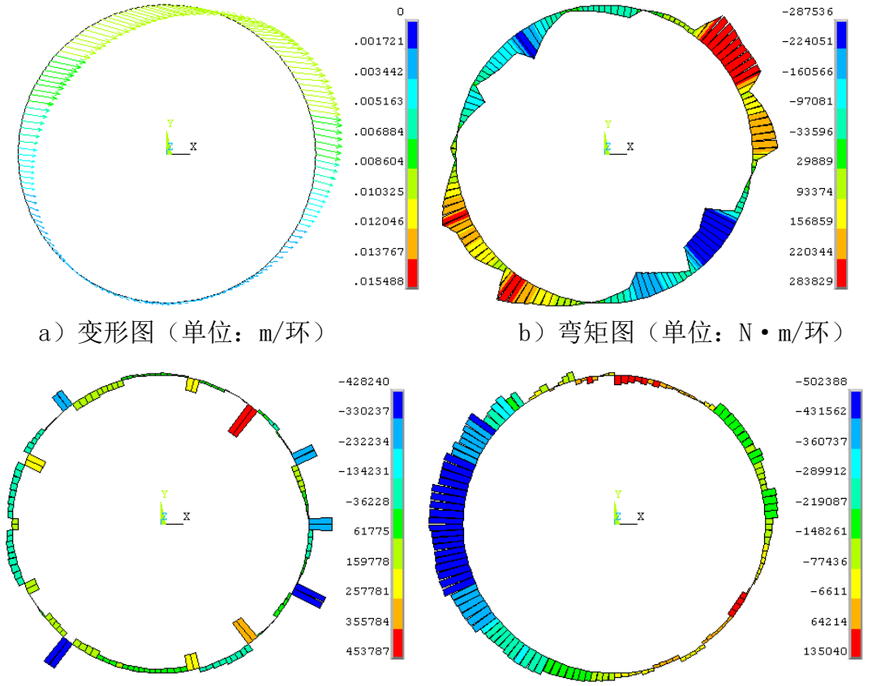


图 5.3.4-9 反应位移法的抗震计算模型

从地震作用下盾构隧道变形图可见：地震作用引起的盾构隧道变形为椭圆形，变形最大点为拱顶处。剪力图，弯矩图，轴力图均表现出 45°共轭方向较大的特点。错缝拼装由于拼装效应，刚度有所增加，环间咬合作用使结构内力在纵向螺栓处发生明显波动。

从各断面不同工况得到的内力与变形情况来看，大震引起的内力与变形较中震约大一倍左右，内力与变形结果见下图。



a）变形图（单位：m/环）　b）弯矩图（单位：N·m/环）

c）剪力图（单位：N/环）　d）轴力图（单位：N/环）

图 5.3.4-10 内力与变形结果图

地震作用下最大单点位移量达 15.49mm，通缝拼装条件下最大正弯矩为 194.16kN·m，最大负弯矩为-218.57kN·m，最大轴力为 239.63kN；错缝拼装条件下最大正弯矩为 287.57kN·m，最大负弯矩为-283.83kN·m，最大轴力为 502.39kN。相较之下，错缝拼装弯矩增幅约为 20%左右，轴力增幅近一倍，且错缝拼装方式下管片衬砌整体性好，故管片错缝拼装方式有利于隧道抗震。

在最不利的情况下，地震作用导致的结构纵缝最大张开量为 1.9mm。

（四）液化与震陷

1.砂土液化判别

根据《建筑抗震设计规范》（GB 50011-2010）（2016 年版）第 4.3 条的有关规定，饱和砂土和饱和粉土的液化判别和地基处理，6 度时，一般情况下可不进行判别和处理，但对液化沉陷敏感的乙类建筑可按 7 度的要求进行判别和处理，拟建工程为沉降敏感的乙类建筑，根据要求对勘察揭露的②3 层粉砂夹淤泥进行地震液化判别。

标准贯入试验液化判别公式：

$$N_{cr} = N_0\beta[\ln(0.6d_s + 1.5) - 0.1d_w)]\sqrt{3/\rho_c}$$

Ncr—液化判别标准贯入锤击数临界值，β—调整系数，取 0.80；ds —为饱和土标准贯入点深度（m）；dw —为地下水位深度（m），宜按设计基准期内的年平均最高水位采用，也可按近期内年最高水位采用；本次计算时考虑最不利情况，最高水位取至地表；ρc—为粉土、砂土黏粒百分含量，当 ρc≤3 或为砂土时时取 3。

液化指数按下式计算：

$$I_{lE} = \sum_{i=1}^{n}(1 - \frac{N_i}{N_{cri}})d_i W_i$$

IlE—液化指数；n—判别深度范围内每孔标贯试验点的总数；Ni、Ncri—分别为第 i 点标贯的击数实测值和临界值，当实测值大于临界值时取临界值的数值；当只需判别 15m 范围内的液化时，15m 以下的实测值可按临界值采用；di—i 点所代表的土层的厚度（m），采用与该标贯点相邻上、下两试验点深度差的一半，但上界不高于地下水位深度，下界不深于液化深度；Wi—i 土层单位土层厚度的层位影响权函数（m-1），该层中点深度不大于 5m 时采用 10，等于 20m 采用 0，在 5～20m 应按线性内插法取值。

根据相关规范，对场地揭露的②3 层粉砂夹淤泥钻孔进行液化判别，本次共判定 7 个钻孔，液化钻孔数 4 个，液化等级为轻微~中等，判别成果表见附表。

表 5.3.4-13 液化判别成果表

勘探点编号	土层编号	土层名称	试验段深度(m)	实际锤击数 Ni(击)	标贯锤击数基准值 No(击)	临界锤击数 Ncri(击)	单孔液化指数 ILE	液化等级
MWZ-016	②3	粉砂夹淤泥	16.15-16.45	15	7	13.33	0.00	不液化
			18.15-18.45	15	7	13.90		
MWZ-060	②3	粉砂夹淤泥	8.15-8.45	11	7	10.26	0.00	不液化
MWZ-064	②3	粉砂夹淤泥	9.75-10.05	6	7	11.03	15.86	中等液化
			11.75-12.05	7	7	11.85		
			13.65-13.95	8	7	12.54		
			15.65-15.95	9	7	13.18		
MWZ-065	②3	粉砂夹淤泥	11.85-12.15	11	7	11.89	2.61	轻微液化
			14.25-14.55	12	7	12.74		
			16.65-16.95	12	7	13.48		
SBZ-05	②3	粉砂夹淤泥	9.05-9.35	7	7	10.70	11.79	中等液化
			11.05-11.35	9	7	11.58		
			12.95-13.25	10	7	12.30		
			15.15-15.45	10	7	13.03		
			16.55-16.85	12	7	13.45		
			18.55-18.85	11	7	14.00		
SJZ-001	②3	粉砂夹淤泥	13.75-14.05	6	7	12.58	5.89	轻微液化
			15.75-16.05	6	7	13.21		
SJZ-007	②3	粉砂夹淤泥	8.15-8.45	5	7	10.26	17.63	中等液化
			9.85-10.15	7	7	11.07		
			11.65-11.95	9	7	11.82		
			13.65-13.95	9	7	12.54		
			15.65-15.95	12	7	13.18		
			17.55-17.85	11	7	13.73		
			19.45-19.75	10	7	14.23		

沿线 20m 以内存在轻微~中等液化砂层，液化砂层对工程存在影响。

①采用单层衬砌，但需提高接头密封垫的抗变形和止水能力，加强接头的连接刚度，并能

适应一定的结构变形。为增加隧道整体性，行车道板及以下结构牛腿采用植筋现浇方式，并预埋钢板，把车道板与牛腿焊接。

②结构形式、地基刚度变化较大处，设置部分柔性接头。

③结构进行加强处理。

④地基刚度变化，采用二次注浆加固处理措施。

⑤纵向接头采用直螺栓、加长纵向螺栓长度、在接头处加弹性垫圈等措施来吸收地震能量；

⑥在盾构隧道管片之间接头处采用回弹能力强的止水弹性胶片，且适当增加胶片的厚度，尽量提高节点张开量的防水安全容许值。

⑦两隧道之间设置横向疏散通道，在高地震区，对结构非常不利，易造成节点处结构开裂、漏水等，建议隧道采用纵向疏散方式，不设置横向疏散通道。联络通道处易产生应力集中，或发生不均匀沉降，严重时导致结构渗漏水，本工程范围内存在大量软土、设置联络通道不仅施工风险大，对抗震也非常不利。

本工程盾构段主要所在的地层是淤泥质粘土，所在地层无液化风险。

2.软土震陷

震陷是指地震作用下软弱土层塑性区的扩大或强度的降低而使建筑物或地面产生的附加沉降。根据本次勘察揭露，沿线厚层软土层主要为冲海积淤泥层及淤泥质土层。按国家行业标准《软土地区工程地质勘察规范》（JGJ 83-2011）第六章有关条款，及周边工程经验，本场地的软弱土等效波速值一般大于 90m/s，因此可以不考虑软土震陷的影响。

5.3.4.6 隧道内部结构计算

对内部结构做三维计算，纵向长度取 30m。计算采用 Midas GTS NX 有限元软件，荷载-结构模型。将内部结构墙、板离散为足够多个板壳单元。三维模拟分析空间结构体系的受力。

本工程内部结构中间箱涵与边箱涵之间采用预埋接驳器连接，因此考虑为刚性连接，边箱涵另一端与圆形盾构环之间的连接设计为施工时植筋连接，考虑其受力特性，此处模型用铰接模拟。

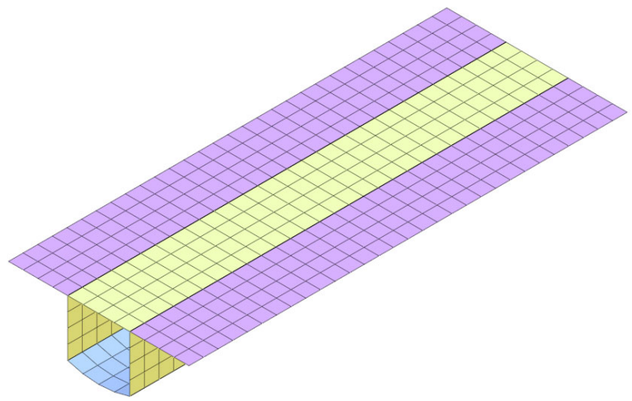


图 5.3.4-11 三维模型

1）荷载取值

（1）混凝土结构重度按 25KN/m^3；

（2）车辆荷载采用城-A 级车辆荷载；

（3）道路结构层材料重度取 22KN/m^3

车轴编号	1	2	3	4	5
轴重 (kN)	60	140	140	200	160
轮重 (kN)	30	70	70	100	80
总重 (kN)	700				

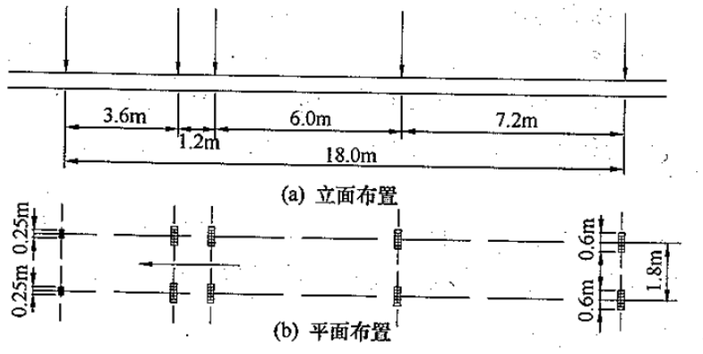


图 5.3.4-12 城-A 级车辆荷载示意图

2）计算结果

正常使用极限状态计算（裂缝验算）

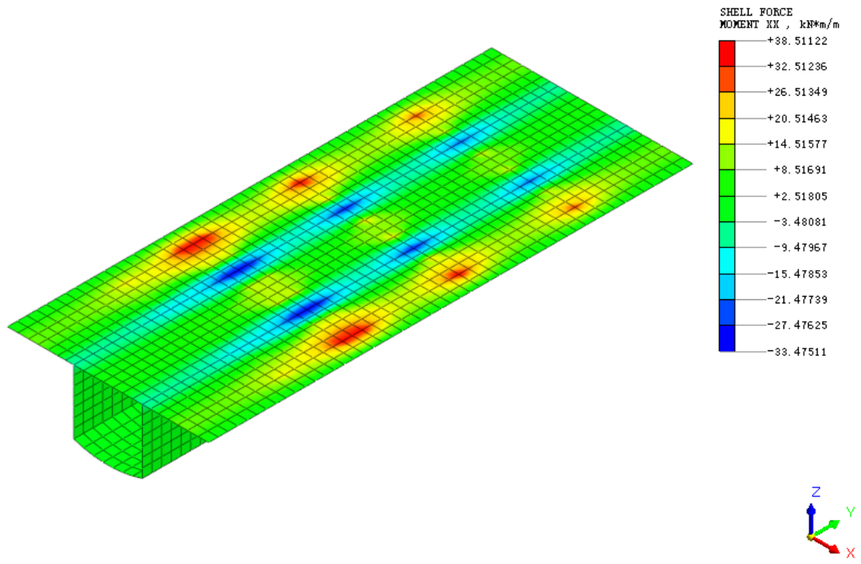


图 5.3.4-13 横向弯矩图

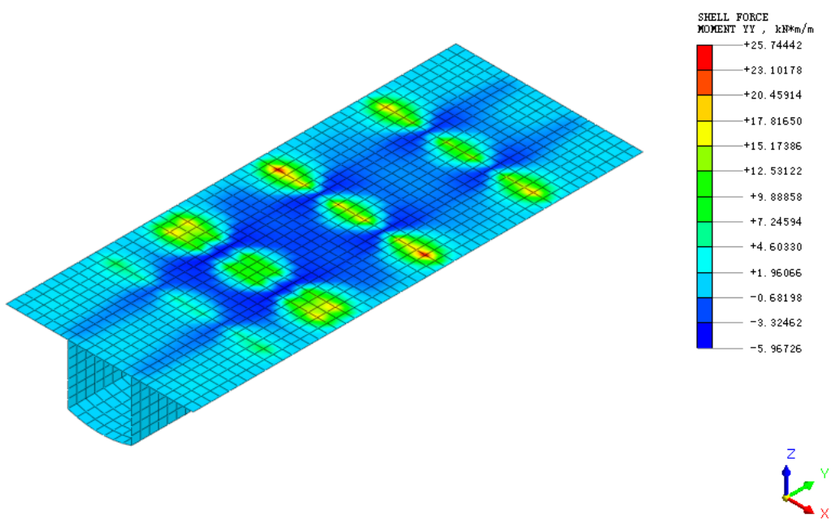


图 5.3.4-14 纵向弯矩图

3）配筋表

由三维计算结果可以看出，对隧道等细长结构，横断面为主受力方向，纵向为次方向，按构造配分布筋即可。

表 5.3.4-14 隧道内部结构配筋表

结构部位	厚度（mm）	弯矩（kN·m）	配筋（每延米）	配筋率	裂缝（mm）
中箱涵-横向-跨中	300	96	4Φ22+4Φ25	1.16%	0.089
中箱涵-横向-支座	300	-	8Φ14	0.41%	构造配筋
中箱涵-纵向-跨中	300	67	5Φ18	0.42%	0.198
中箱涵-纵向-支座	300	-	5Φ14	0.28%	构造配筋
中箱涵-侧墙-水平	250	-	8Φ14	0.49%	构造配筋
中箱涵-侧墙-竖向	250	-	5Φ12	0.23%	构造配筋
边箱涵-横向-跨中	300	58	4Φ22+4Φ25	1.16%	0.019
边箱涵-横向-支座	300	-	8Φ14	0.41%	构造配筋
边箱涵-纵向-跨中	300	51	5Φ18	0.42%	0.198
边箱涵-纵向-支座	300	-	5Φ14	0.28%	构造配筋

5.3.4.7 衬砌制作和拼装精度

为保证装配式结构良好的受力性能，提供符合计算假定的结构工作条件，衬砌制作和拼装必须达到下列精度：

1）单块管片制作的允许误差：宽度±0.3mm；弧、弦长±1.0mm；外半径±1mm；内半径±1mm；环向螺栓孔孔径及孔位±1.0mm。

2）整环拼装的允许误差：相邻环的环面间隙≤2.0mm；纵缝相邻块块间间隙为≤2.0mm；衬砌对应的环向螺栓孔不同轴度≤1mm。成环内直径应为±2mm。成环外径应为+6mm，-2mm。

3）衬砌拼装成环的水平、竖向直径偏差≤3‰D。

4）拼装成环后各分块间的高差≤2mm。

5.3.4.8 软基处理

本工程场区内广泛分布淤泥、淤泥质土等软土层和可液化砂土地层，存在地基承载力低、工后沉降大、震陷、液化和基坑被动土压力低等特点，因此，地基处理设计,需先进行控制性因素分析，然后针对性地确定地基处理方法、深度、宽度、置换率等。

（一）承载力分析

结构荷载包括结构自重、上覆填土土压力、地下水浮力等恒载和运营车辆行人活荷载。计算地基竖向承载力时，传至基底的作用效应按正常使用极限状态的短期效应组合采用。软土地基容许承载力根据公式按深度修正。计算结果表明，正常工况下，盾构段隧道由于挖除的土体重量一般比结构重量与运营车辆行人活载之和大，对地基承载力要求较低，承载力不是地基处理的控制性因素，故盾构段地基承载力均能满足要求。

$$[f_a]=[f_{a0}]+\gamma h$$

（二）工后沉降分析

结构荷载包括结构自重、土压力、浮力等恒载和运营车辆行人活荷载。计算工后沉降时，传至基底的作用效应按正常使用极限状态的长期效应组合采用。工后沉降主要考虑主固结沉降。考虑到地基回弹的影响，按超固结土的主固结沉降计算，即式。

$$\begin{cases}\Delta p \geq p_c - p_0 \\ S_c = \sum_{i=1}^{n} \dfrac{\Delta h_i}{1+e_{0i}} \left[C_{si} \lg(\dfrac{p_{ci}}{p_{0i}}) + C_{ci} \lg(\dfrac{p_{0i}+\Delta p_i}{p_{ci}}) \right]\end{cases}$$

和

$$\begin{cases}\Delta p < p_c - p_0 \\ S_c = \sum_{i=1}^{n} \dfrac{\Delta h_i}{1+e_{0i}} C_{si} \lg(\dfrac{p_{0i}+\Delta p_i}{p_{0i}})\end{cases}$$

盾构段隧道由于挖除的土体重量一般比结构重量与运营活载之和大，对工后均匀沉降要求低，在盾构隧道设计中主要考虑是不均匀沉降带来的不利影响。本工程中主要是在地质情况突变段、不同结构形式连接段（盾构井与盾构隧道连接处等）设置变形缝，同时采用盾构机内超前注浆和壁后注浆对软弱地层进行加固。

5.3.4.9 北岸盾构始发

本工程始发井设置在北岸江滩上，始发盾构井基坑开挖地层自上而下依次为杂填土、淤泥、粉砂夹淤泥、含粉砂淤泥、卵石。洞身主要位于粉砂夹淤泥、含粉砂淤泥中。其中，盾构始发端加固采用Φ850@600 三轴搅拌桩+MJS 工法桩搭接+800 地连墙素墙外围封闭，三轴搅拌桩加固纵向长度 20m，加固宽度至结构外轮廓两侧 5m，加固深度至盾构隧道结构底面以下 5m，其中地面到盾构结构顶板上方 5m 范围为弱加固，盾构结构顶板上方 5m 至盾构结构底部以下 5m 为强加固，加固体与地连墙素墙之间及外围设置降水井，加固方式如下图所示。

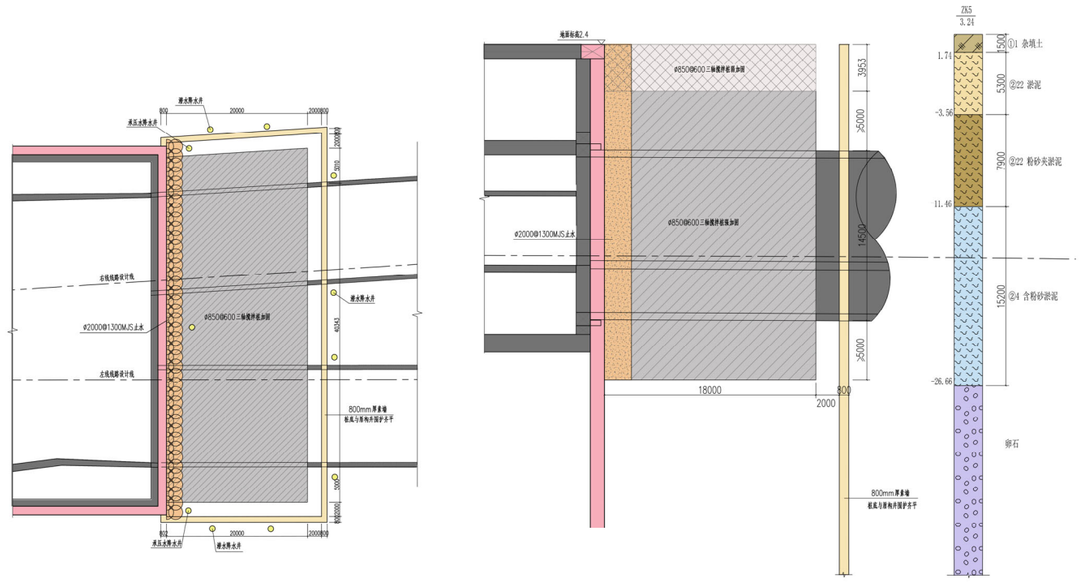
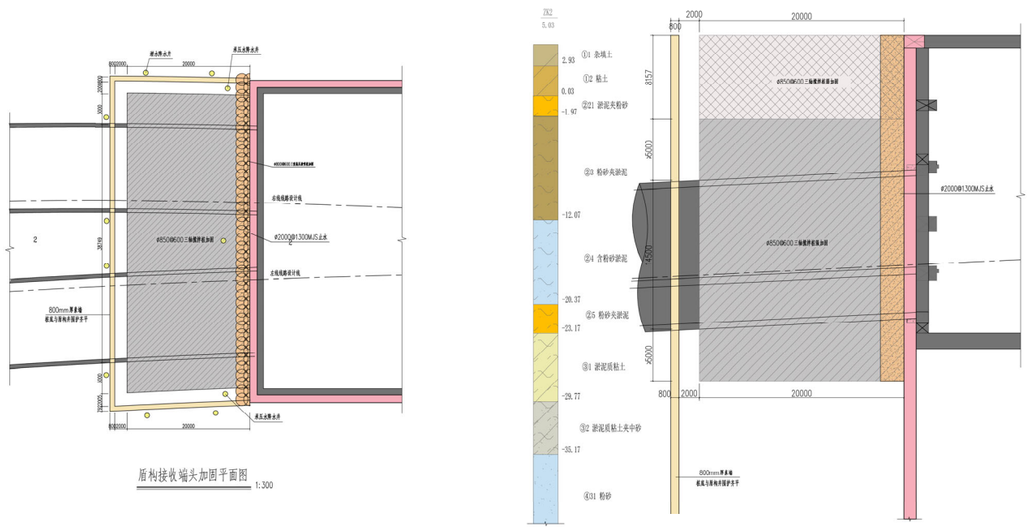


图 5.3.4-15　盾构始发端头加固图

5.3.4.10

南岸盾构接收井位于府东路与规划路悦江路的 T 型交叉口处，盾构接收井基坑开挖深度地层自上而下依次为杂填土、粘土、淤泥、淤泥夹粉砂、粉砂夹淤泥、含粉砂淤泥、淤泥质粘土、淤泥质粘土夹中砂、粉砂、卵石。洞身主要位于粉砂夹淤泥、含粉砂淤泥、淤泥质粘土、淤泥质粘土夹中砂中。其中，盾构接收端加固采用Φ850@600 三轴搅拌桩+MJS 工法桩搭接+800 地连墙素墙外围封闭，三轴搅拌桩加固纵向长度 20m，加固宽度至结构外轮廓两侧 5m，加固深度至盾构隧道结构底面以下 5m，其中地面到盾构结构顶板上方 5m 范围为弱加固，盾构结构顶板上方 5m 至盾构结构底部以下 5m 为强加固，加固体与地连墙素墙之间或外围设置降水井，加固方式如下图所示。



.3.4-16　盾构接收端头加固图

5.3.4-17 盾构始发及到达时的止水措施

在盾构隧道始发和到达处施工过程中，预留洞口与盾构机、洞口与管片衬砌环之间总有一个圆环间隙存在，若不作密封处理，洞口外土体及水可能沿着这个通道进入工作井内，使洞口处土体流失，引起地层沉降。

1）始发井洞门止水装置

因洞门外地基加固的防水质量在某些时候无法达到预期的效果，因此盾构始发防水装置的设计就显得十分重要。始发防水装置主要有单道或双道翻板式（也称折页式）防水装置、密封刷防水装置、气囊密封防水装置以及上述装置相互组合的形式等多种类型。

常用的始发密封装置为翻板式的，翻板式压板装置的优点在于盾构穿越洞圈后，翻板始终可与盾壳或管片紧密相接而无须人工作业。帘布橡胶板可随着翻板的翻转角度，随时保持其与翻板的紧密相贴。装置由固定板、翻板、销套、销轴、开口销组成。固定板与翻板通过销套、销轴、开口销连为一体，然后固定板烧焊于圆环板上，形成一个防水单元。

双道翻板式密封压件之间以止水箱体相连接。止水箱体为一整体密封构件，可通过箱体上的注浆孔灌注防水砂浆与压注堵水材料，以加强两道始发防水装置之间的止水效果。另外，通过井壁处设置两三道密封钢丝刷以及对油脂加注孔压注耐高水压、难燃型油脂的方法，可形成一道组合密封止水线。此方案是把盾构尾部密封原理应用在出洞防水装置上，在水压力较高、地层渗透性强的隧道应用较多。

近些年来还出现了气囊密封装置。该装置在内衬施工前，先在洞门环内侧预埋一根充气管，充气管与气囊上的充气孔相连。当盾构穿越洞圈后，通过埋设于铁管中的充气管向气囊内充气，气囊膨胀后，挤压洞门处的帘布橡胶板回复至紧贴盾壳或管片的状态，从而保证盾构始发防水装置的密闭性及整体性。该种装置多应用于断面不规则的盾构隧道。本隧道始发洞门临时防水采用双道翻板式（也称折页式）防水装置。详见下图。

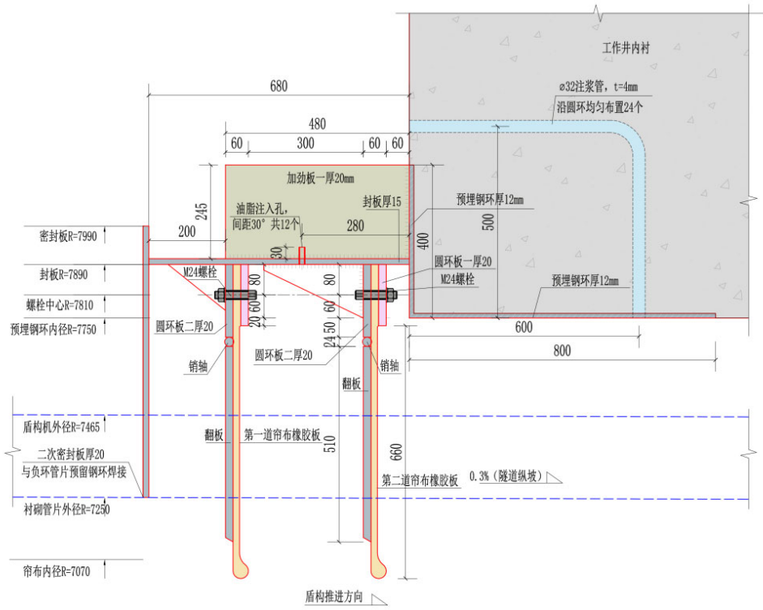


图 5.3.4-17　始发洞门双道翻板式止水装置

2）到达井洞门止水装置

盾构到达时，如不设置防水密封，土体在侧向压力作用下较易向盾构井内流失。常用的到达防水装置有翻板式和插板式两种。翻板式防水装置是用钢丝绳通过钢翻板外侧端部预留环孔将全环穿起来，拉紧钢丝绳时就可以使钢翻板压紧橡胶翻板，紧贴盾壳，达到止水、止砂的目的。插板式防水装置是盾构到达时沿衬砌径向往隧道圆心移动扇形压板，呈圆环状的扇形压板向衬砌中心收缩扇形压板及橡胶翻板与盾壳又呈紧密相接状态，起到防水作用。本隧道盾构接收洞门临时防水采用插板式防水装置，详见下图。

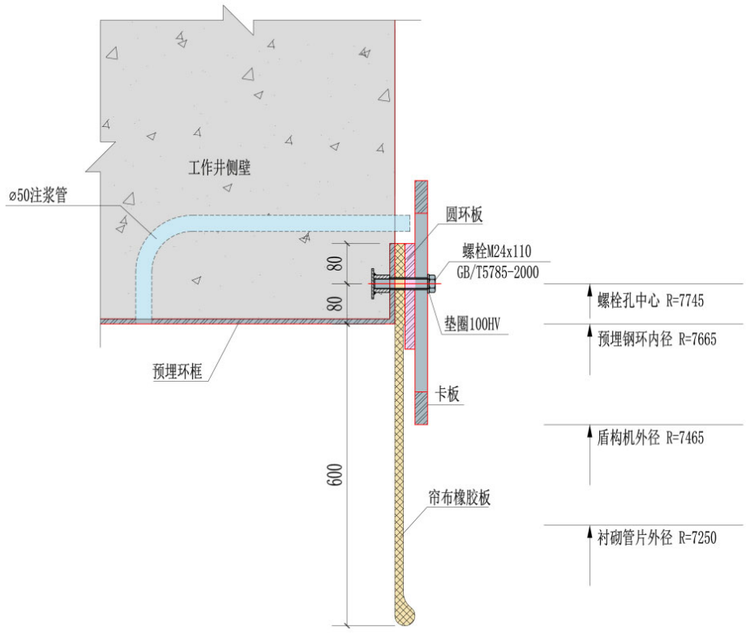


图 5.3.4-18　接收洞门止水装置

5.3.5 盾构工作井结构设计

5.3.5.1 工作井主体结构设计

本项目共设置 2 个盾构工作井，分别为北岸的始发工作井（YAK0+847～YAK0+870），和位于南岸的接收工作井（YAK2+810～YAK2+833）。工作井尺寸及埋深满足盾构进出洞要求，使用阶段工作井内设置消防泵房、消防水池、布置安全通道、电缆通道、排风道和设备用房等。

工作井结构采用 C45 自防水混凝土，抗渗等级 P8/P10。主体结构采用现浇钢筋混凝土箱形框架结构，设置竖向框架及两道水平框架作为盾构推进和正常使用阶段配合工作井内部结构受力。结构厚度根据跨径及覆土深度调整。两工作井尺寸及深度类似，北岸工作井尺寸稍大，因此以北岸工作井为例进行工作井结构计算分析。

1）北岸工作井主体结构设计

北岸工作井内轮廓尺寸为 48×23×23.45m，工作井根据盾构施工阶段及永久使用阶段，分为两个受力工况，两阶段受力均需包络考虑；综合考虑工作井围檩、地墙等设置，考虑工作井采用叠合墙结构，地墙厚度 1.2m，工作井外墙厚 1.0m，顶板厚 1.2m，底板厚 2m，水平框架上下两道环框梁分别为 2.5×1.4m、3×1.8m，竖向框架顶梁 2×2.5m，底梁 2.5×4m，壁柱 1.0×3.0m。

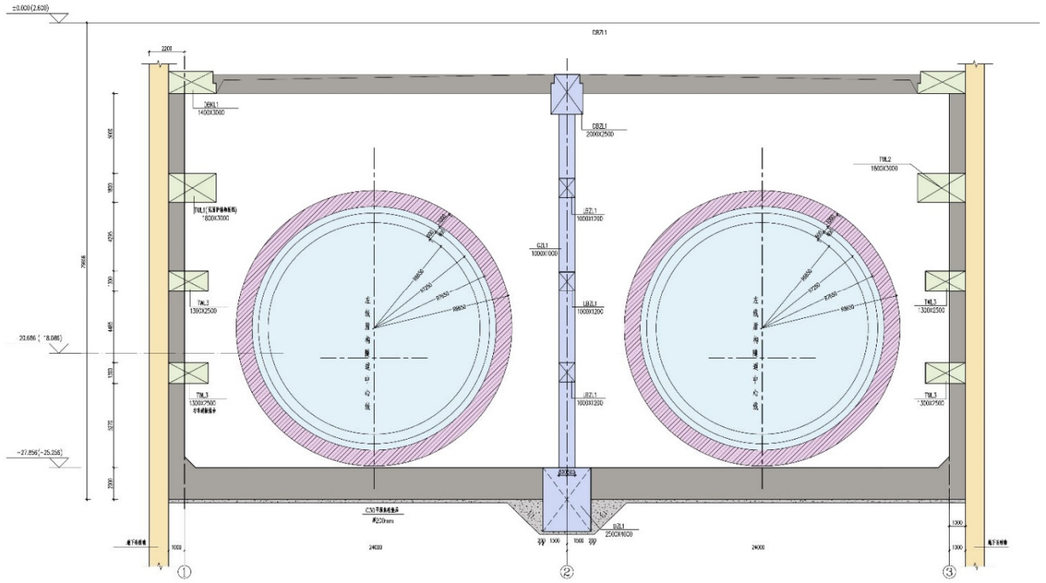


图 5.3.5-1 北岸工作井施工阶段横剖面图

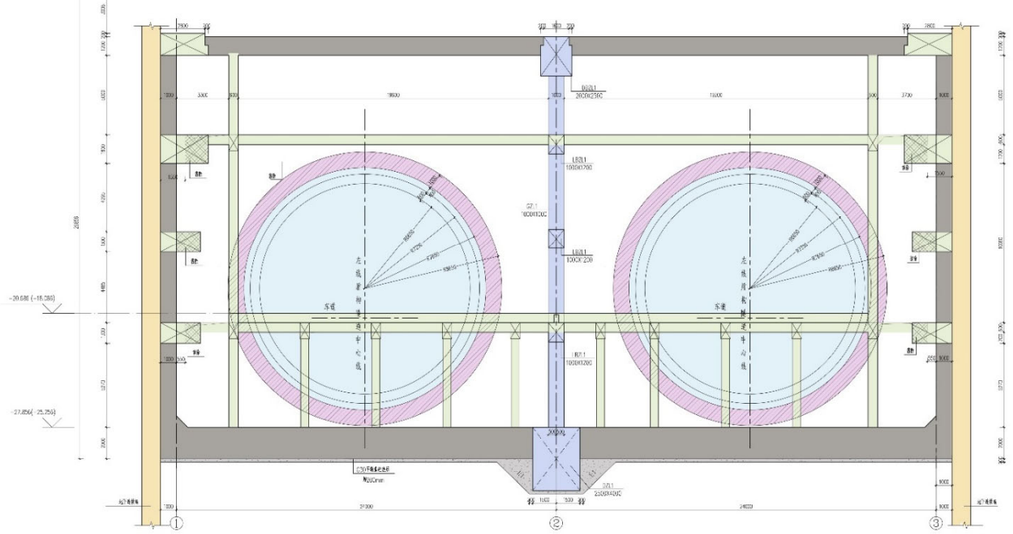


图 5.3.5-2 北岸工作井运营阶段横剖面图

2）南岸工作井主体结构设计

南岸工作井内轮廓尺寸为 45×23×23.35m，工作井根据盾构施工阶段及永久使用阶段，分为两个受力工况，两阶段受力均需包络考虑；综合考虑工作井围檩、地墙等设置，考虑工作井采用叠合墙结构，地墙厚度 1.2m，工作井外墙厚 1.0m，顶板厚 1.2m，底板厚 2m，水平框架上

下两道环框梁分别为 2.5×1.4m、3×1.8m，竖向框架顶梁 2×2.5m，底梁 2.5×4m，壁柱 1.0×3.0m。

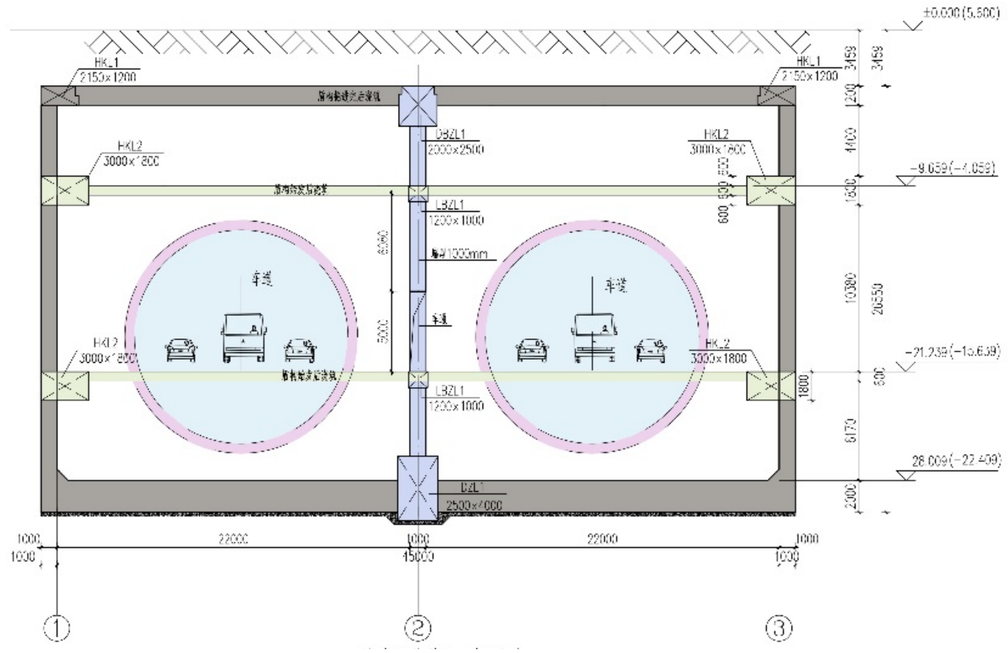


图 5.3.5-3 南岸工作井施工阶段横剖面图

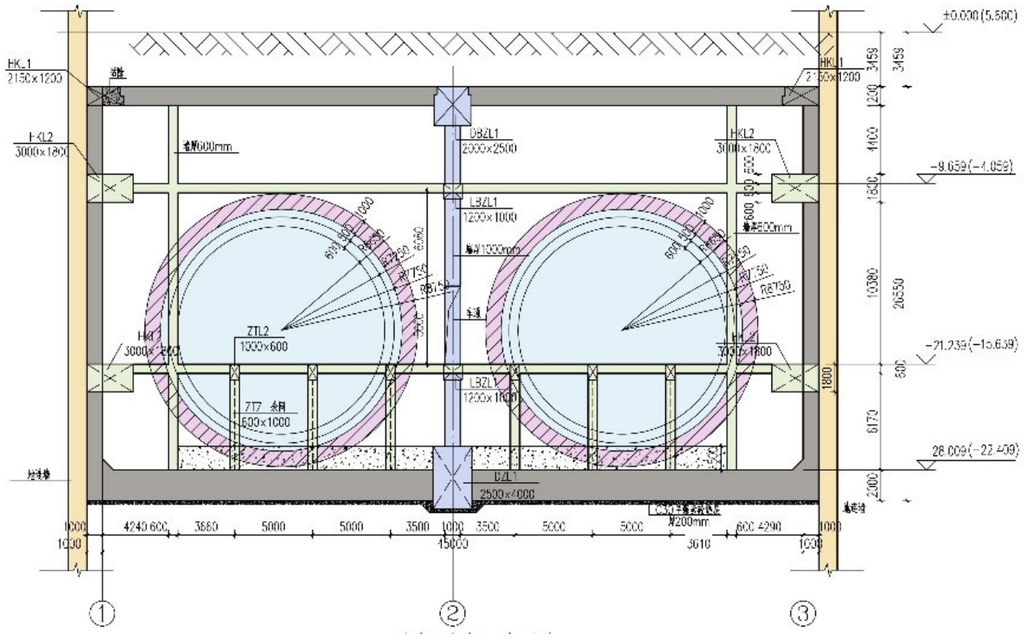


图 5.3.5-4 南岸工作井运营阶段横剖面图

3）工作井结构分析

本次结构设计采用 Midas 三维板单元模型进行分析。

计算中主要结构参数如下：

顶板水土压力（土饱和容重取按 γ=19kN/m^3）

侧向水土压力（土浮容重取 γ=9kN/m^3）

水浮力（按深度计算取值，水容重取 γ=10kN/m^3）

结构自重（钢筋混凝土容重取 γ=25kN/m^3）

结构内恒载

结构内活载：城市-A

永久阶段地面超载按 30kpa 考虑；施工阶段考虑盾构管片堆载，超载按 70kpa 考虑。

结构使用阶段土压力计算均采用水土分算，并根据临时阶段和永久施工阶段分别计算满水和无水两种状态，保证工作井结构包络设计，满足两工况受力。

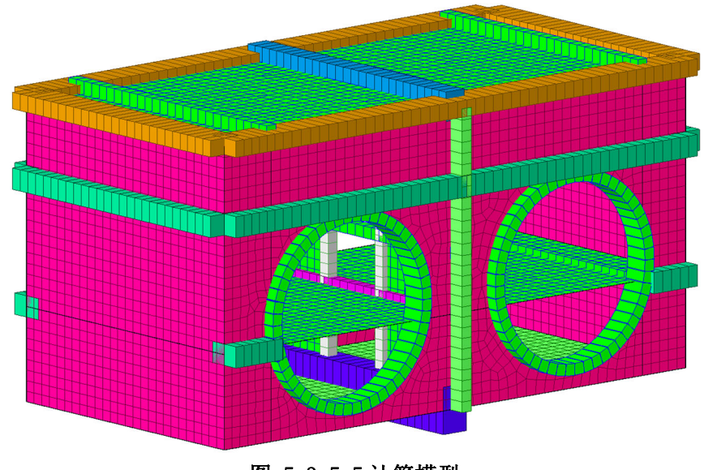
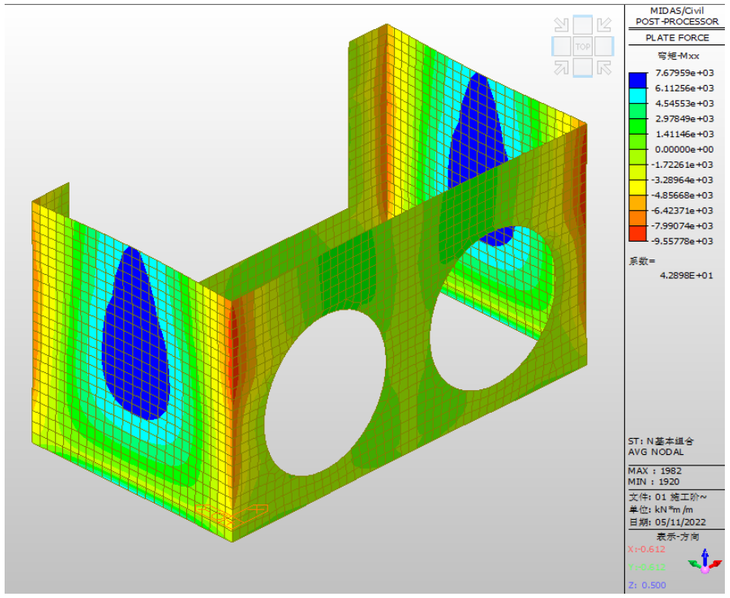


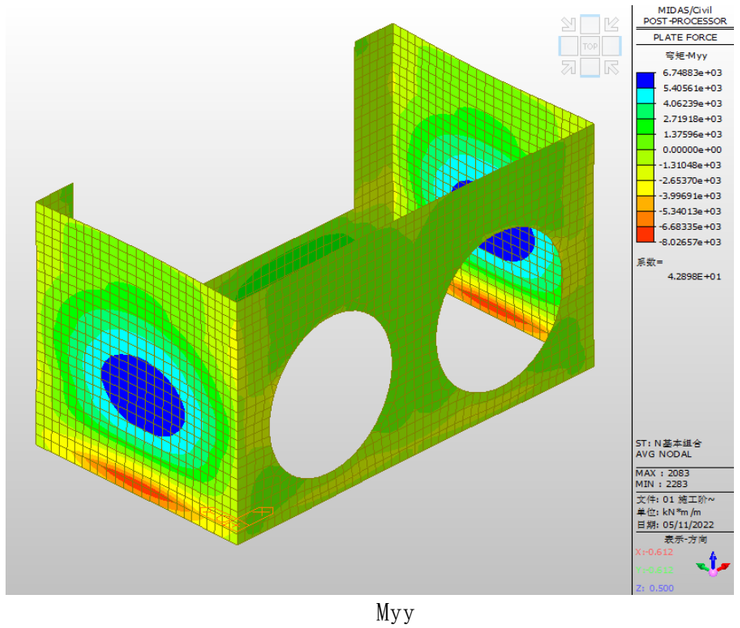
图 5.3.5-5 计算模型

4）主要计算结果

① 施工阶段

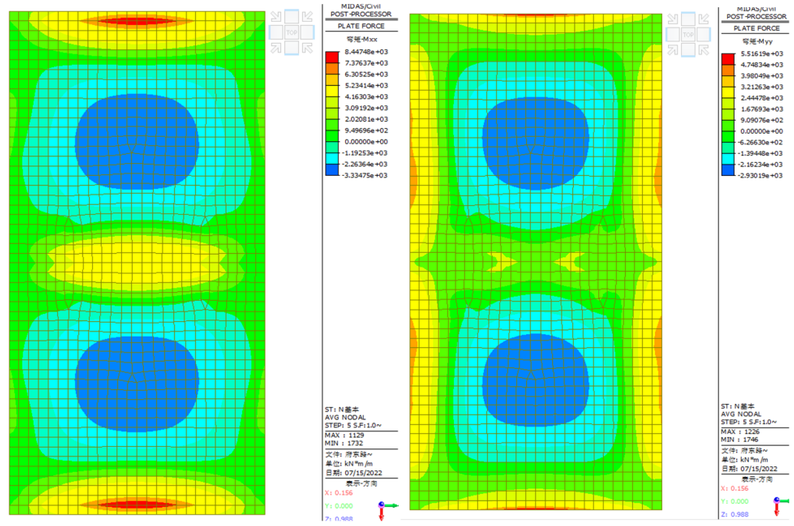


Mxx



Myy

图 5.3.5-6 施工阶段侧墙弯矩图



Mxx　　Myy

图 5.3.5-7 施工阶段底板弯矩图

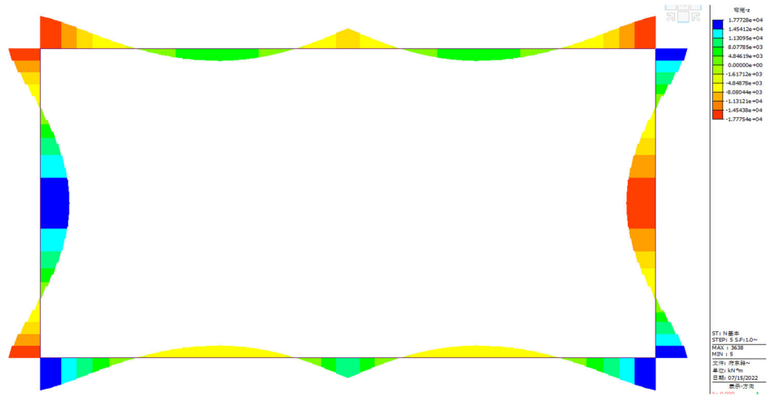


图 5.3.5-8 施工阶段 HKL1 弯矩图

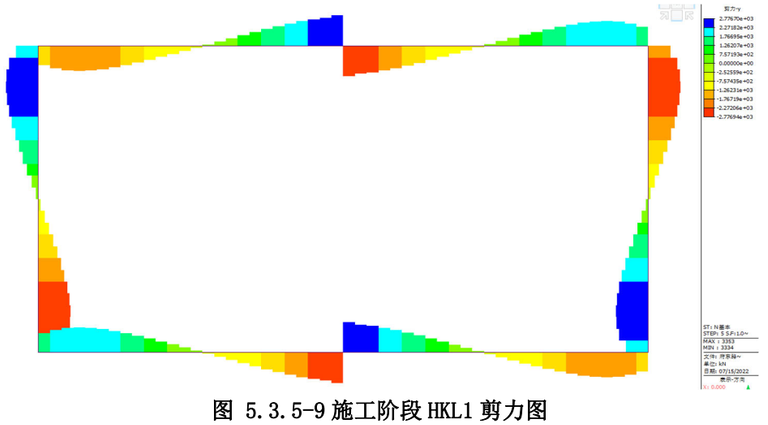


图 5.3.5-9 施工阶段 HKL1 剪力图

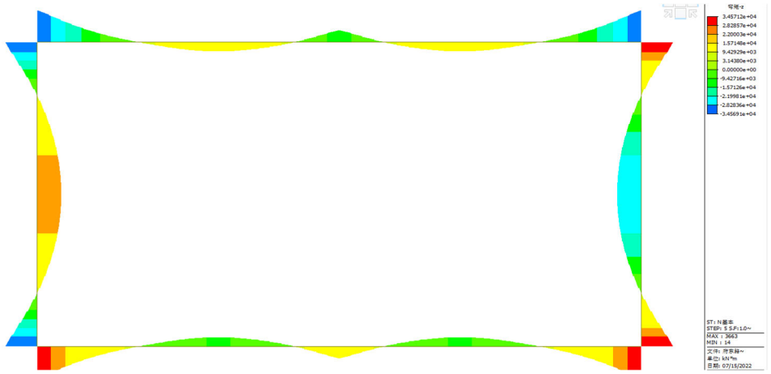


图 5.3.5-10 施工阶段 HKL2 弯矩图

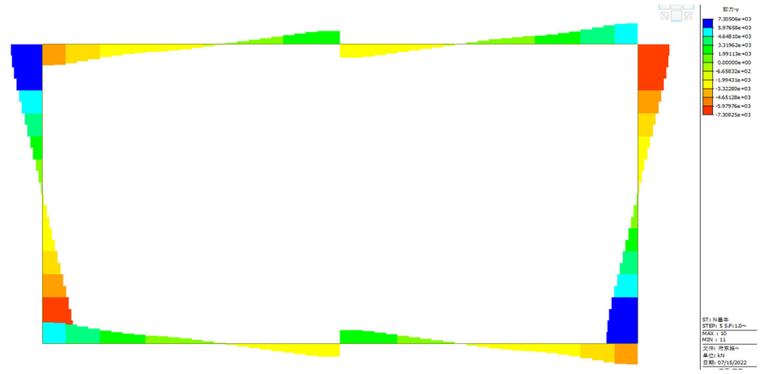
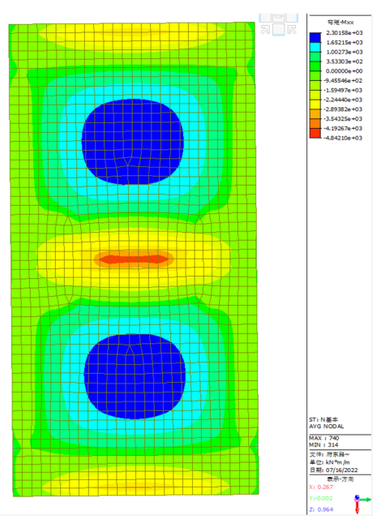
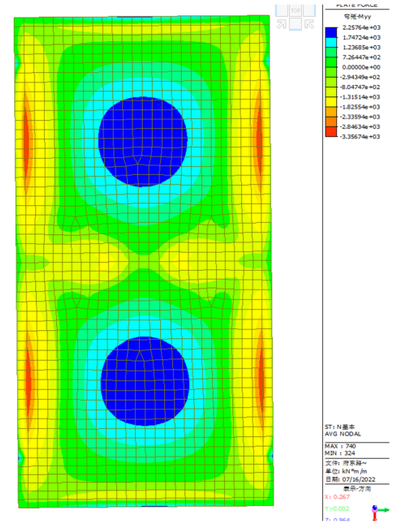


图 5.3.5-11 施工阶段 HKL2 剪力图

② 正常使用阶段

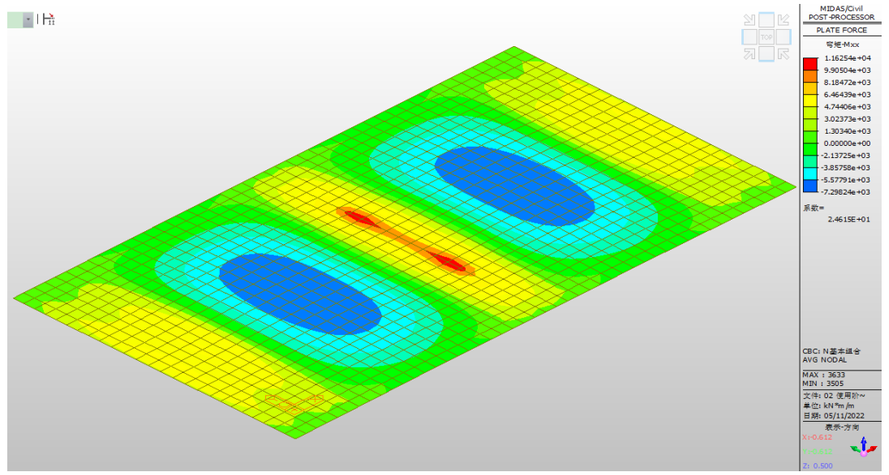


Mxx

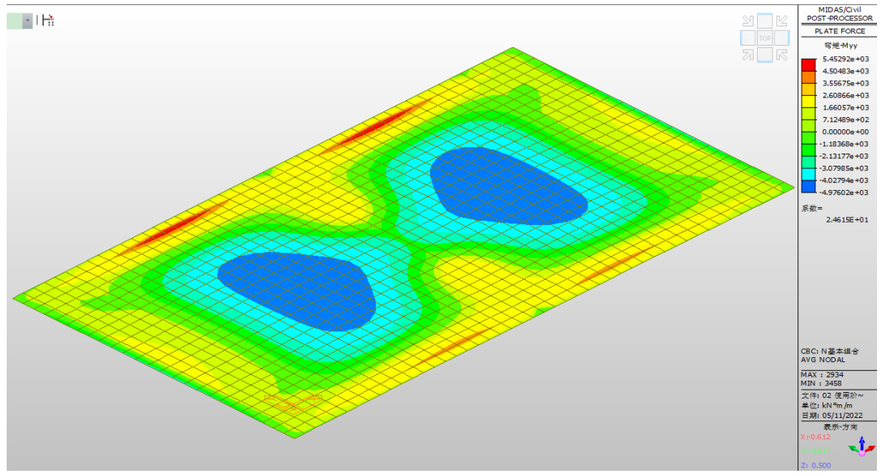


Myy

图 5.3.5-12 基本组合顶板弯矩图

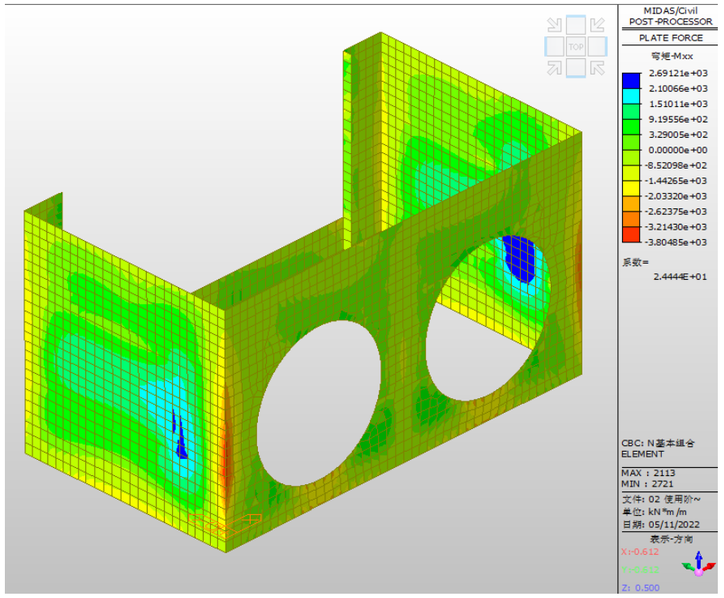


Mxx

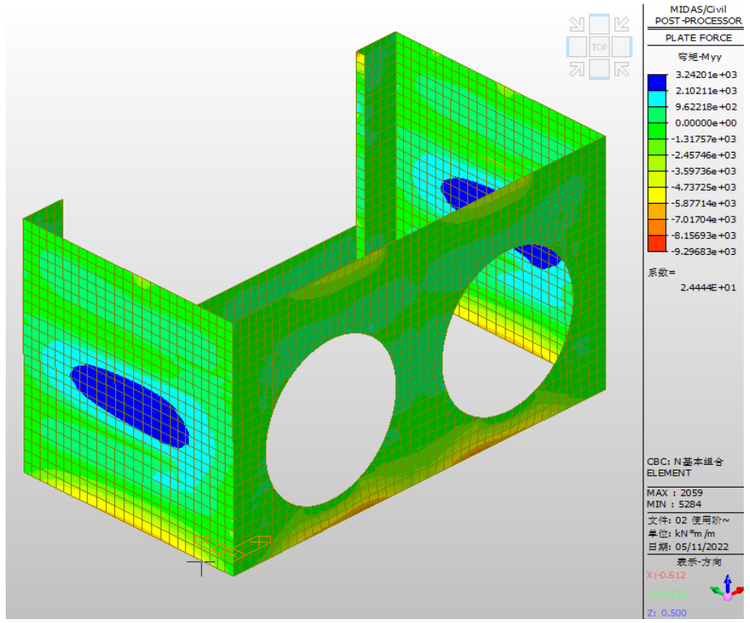


Myy

图 5.3.5-13 基本组合底板弯矩图



Mxx



Myy

图 5.3.5-14 基本组合侧墙弯矩图

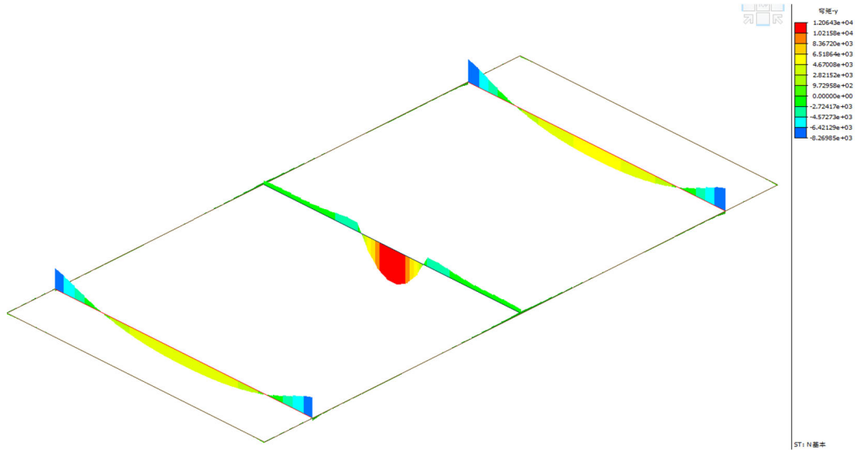


图 5.3.5-15 基本组合框梁弯矩图

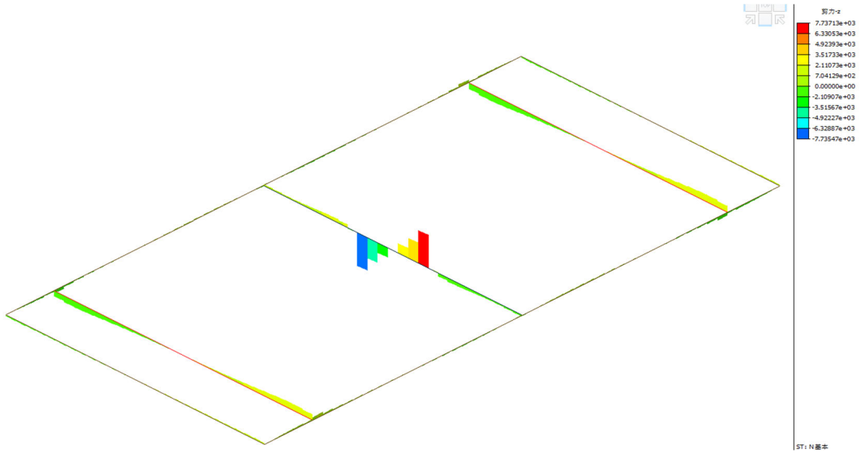


图 5.3.5-16 基本组合框梁剪力图

根据计算结果分析可知，结构受力承载能力强度、裂缝宽度控制等在合理的配筋率范围内均可控制。

5.3.5.2 工作井围护结构设计

工作井基坑围护结构设计必须根据基坑开挖深度、地质情况、场地条件、环境条件以及施工条件综合确定，所采用的围护结构应安全可靠、技术可行、施工方便、经济合理。

1）北岸工作井围护结构设计

北岸工作井位于现状瓯江滩涂内，根据初堪资料，基坑场地自上至下依次为①$_1$杂填土，②$_{22}$淤泥，②$_3$粉砂夹淤泥，②$_4$含粉砂淤泥，④$_{32}$卵石，上部淤泥及淤泥质粘土层深厚，土层力学特性较差，下部卵石层持力性质较好。工作井基坑深度 27.35m，坑底位于②$_4$含粉砂淤泥中。结合温州地区软土基坑工程设计案例，工作井采用 1200mm 厚地下连续墙作为围护结构兼做止

水帷幕。

工作井结合盾构始发或接收要求，部分支撑拆除后，腰梁需作为环框梁参与受力，基于此考虑，工作井基坑考虑采用 6 道混凝土支撑+1 道钢支撑。坑底位于淤泥中，因此坑底设置坑底加固，加固方式为直径 850@600 三轴搅拌桩，强加固深度范围为坑底至卵石层顶部。基坑围护断面如下图所示：

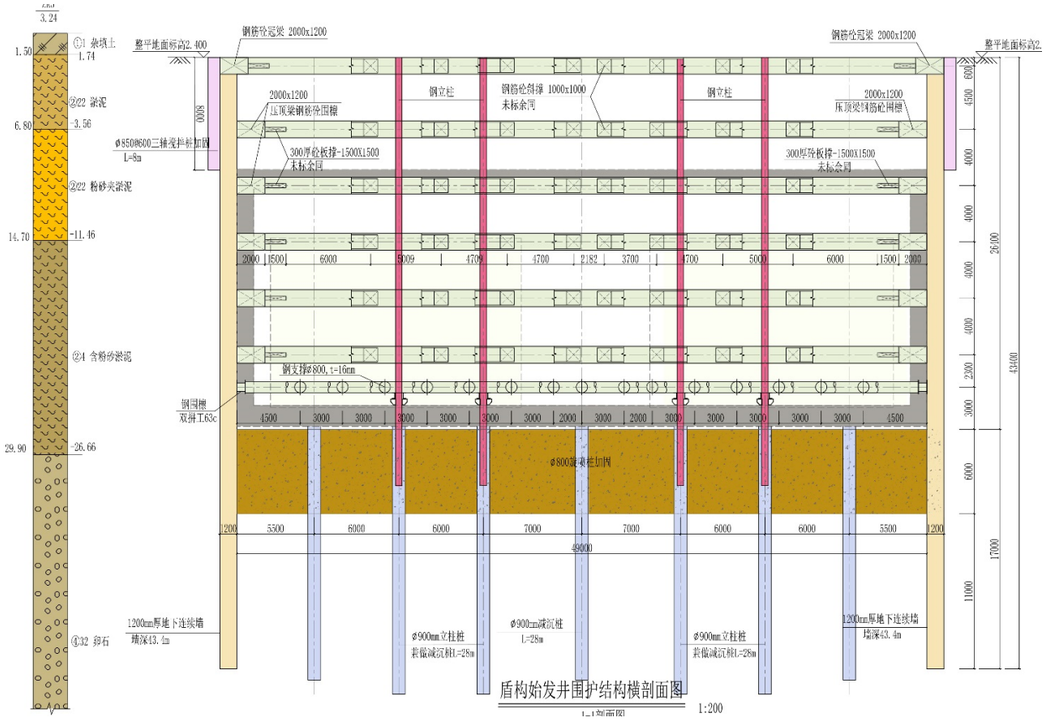


图 5.3.5-17 北岸工作井围护结构横断面图

根据地勘资料，浅部粉砂夹淤泥层承压水位埋深一般在地面下 3.5m～4.0m，卵石承压水水位埋深一般地面下 10m～15m，埋深较稳定。本工程卵石层深厚，无法截断承压水。因此在工作井内布置降压井，基坑开挖前必须将承压水位降低至稳定在坑底以下 3m。

基坑支护计算根据施工顺序，模拟开挖和支护的实际施工过程，施工期间地面超载按 40kN/m^{2}计，考虑到北岸工作井位于瓯江滩涂内，地下水位按与地面平控制。支护方案及计算结果简图如下图所示：

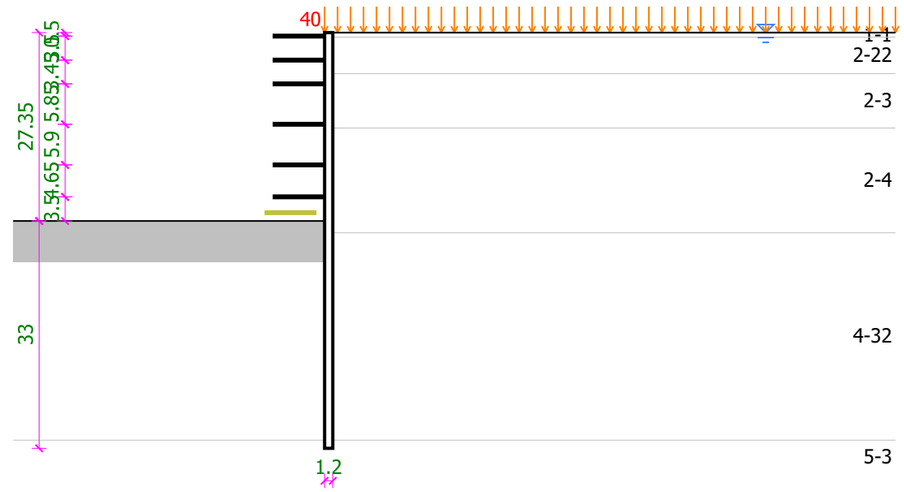


图 5.3.5-18 支护方案及计算结果

内力变形计算结果：

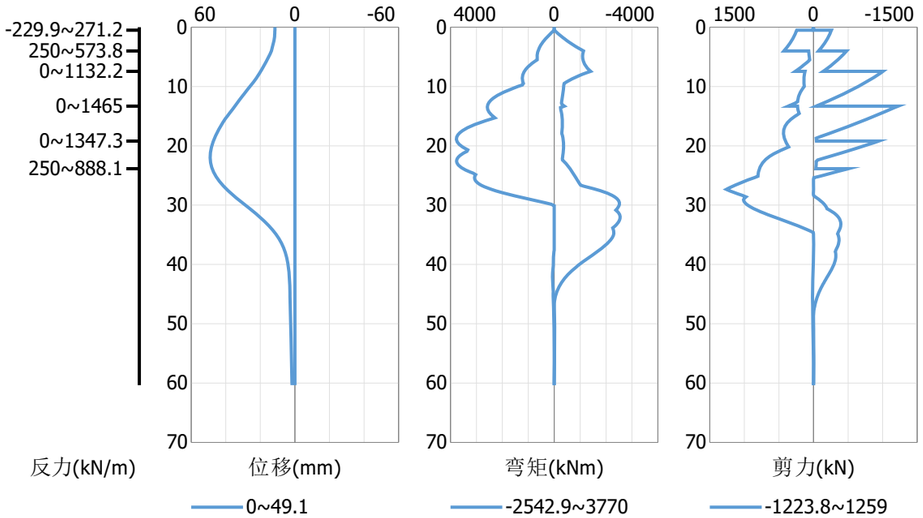
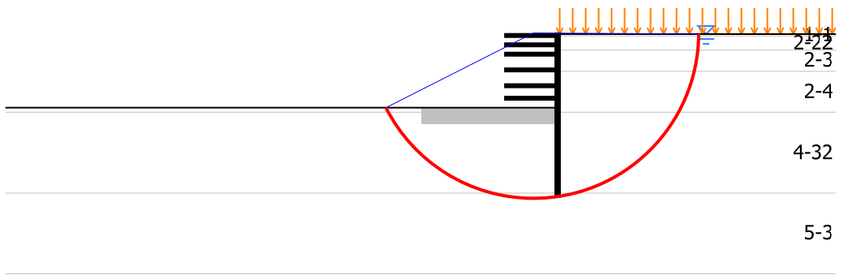


图 5.3.5-19 北岸工作井围护结构内力变形包络图

整体稳定性计算结果：



H=27.35m,K=3.74

图 5.3.5-20 支护方案及计算结果

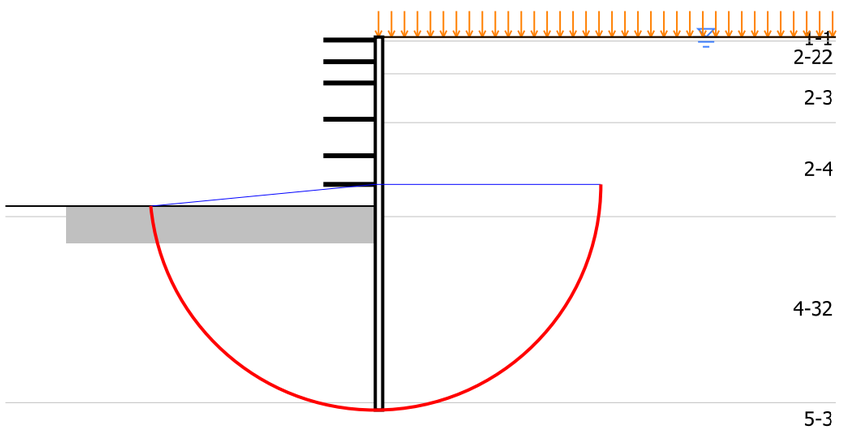
墙底抗隆起稳定性计算结果：

土层 5-3　　φ=40°, c=0kPa。

$$K = \frac{\sigma_p \cdot N_q + c \cdot N_c}{\sigma_a} = \frac{654.5 \cdot 64.2 + 0 \cdot 75.31}{1160.1} = 36.22$$

安全系数应达到 1.8

坑底抗隆起稳定性计算结果：



H=27.35m,K=4.55,应达到2.2

图 5.3.5-21 支护方案及计算结果

渗透稳定性计算结果：

$$K = \frac{\gamma' \ (2 \cdot d + 0.8 \cdot h)}{\gamma_w \cdot \Delta h} = \frac{6.8 \cdot (2 \cdot 33 + 0.8 \cdot 27.35)}{10 \cdot 27.35} = 2.18$$

均满足《建筑基坑支护技术规程》（JGJ120-2012）和《浙江省建筑基坑工程技术规程》（DB33 T 1096-2014）的相关要求。

2）南岸工作井围护结构设计

南岸工作井位于现状府东路上，基坑东侧为现状高层住宅，开挖面与住宅地下室最小水平间距为 13.7m，基坑西侧为现状绿化和上陡门河，开挖面与上陡门河最小水平间距为 51.3m。根据初堪资料，基坑场地自上至下依次为①$_1$杂填土，①$_2$粘土，②$_{21}$淤泥夹粉砂，②$_3$粉砂夹淤泥，②$_4$含粉砂淤泥，②$_5$粉砂夹淤泥，③$_1$淤泥质粘土，③$_2$淤泥质粘土夹中砂，④$_{31}$粉砂，④$_{32}$卵石，淤泥及淤泥质粘土层深厚，土层力学特性较差，下部卵石层持力性质较好。工作井基坑深度 29.69m，坑底位于③$_1$淤泥质粘土中。结合温州地区软土基坑工程设计案例，工作井采用 1200mm 厚地下连续墙作为围护结构兼做止水帷幕。

工作井结合盾构始发或接收要求，部分支撑拆除后，腰梁需作为环框梁参与受力，基于此考虑，工作井基坑考虑采用 5 道混凝土支撑+1 道钢支撑。坑底位于淤泥中，因此坑底设置 4m 厚坑底加固；考虑到混凝土支撑养护龄期较长，基坑暴露时间长，因此在底部位于软弱土层的混凝土支撑底部设置 2m 厚的加固；加固方式采用Φ850@600 三轴搅拌桩。基坑围护断面如下图所示：

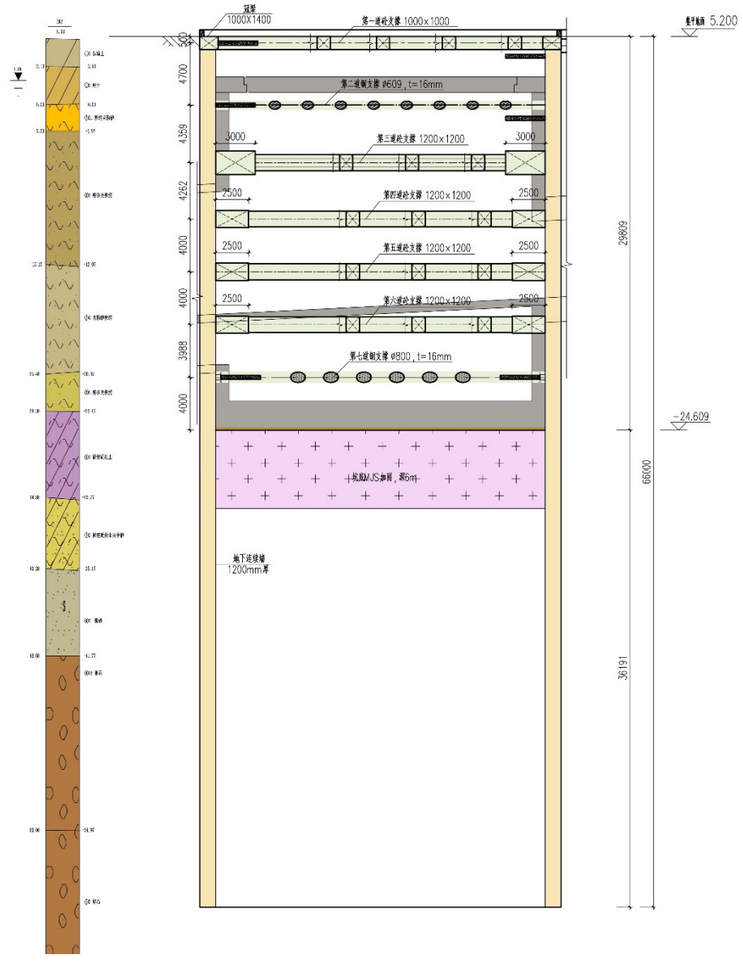


图 5.3.5-22 南岸工作井围护结构横断面图

根据地勘资料，浅部粉砂夹淤泥层承压水位埋深一般在地面下 3.5m～4.0m，卵石承压水水位埋深一般地面下 10m～15m，埋深较稳定。本工程卵石层深厚，无法截断承压水。因此在工作井内布置降压井，基坑开挖前必须将承压水位降低至稳定在坑底以下 3m。

基坑支护计算根据施工顺序，模拟开挖和支护的实际施工过程，施工期间地面超载按 40kN/m^{2}计，考虑到北岸工作井位于瓯江滩涂内，地下水位按与地面平控制。支护方案及计算结果简图如下图所示：

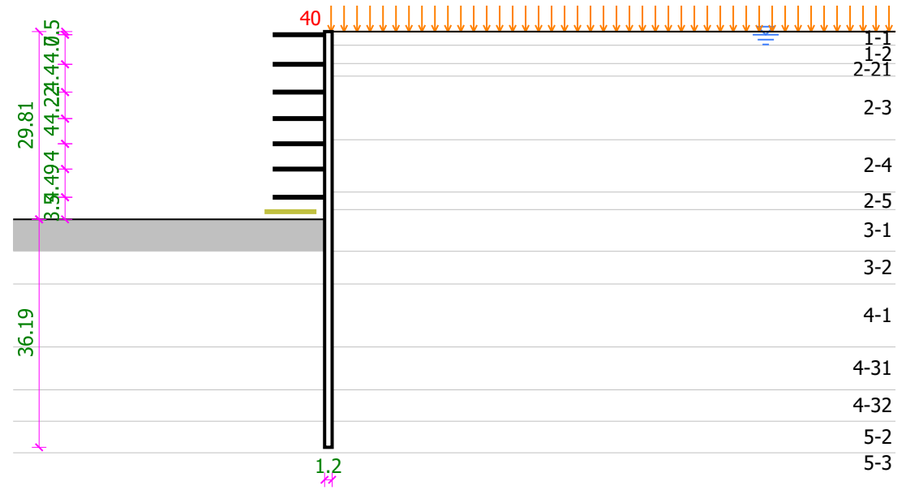


图 5.3.5-23 支护方案及计算结果

内力变形计算结果：

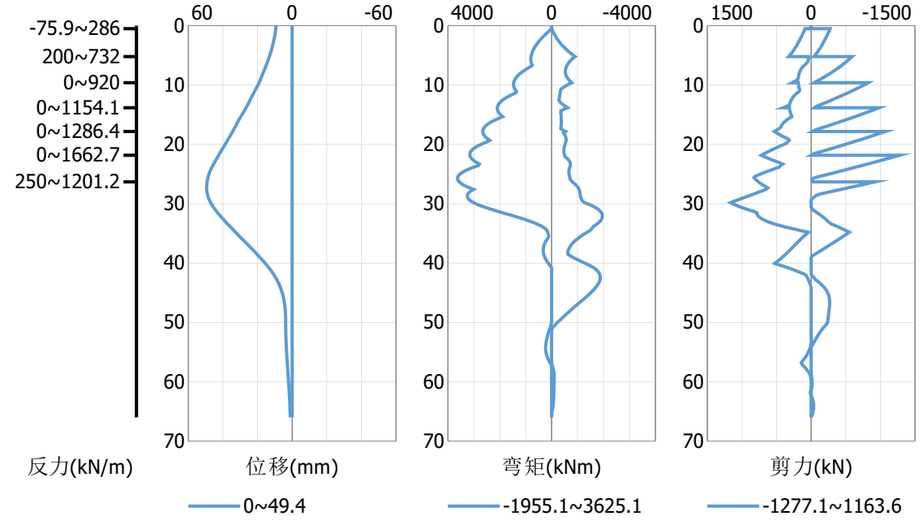
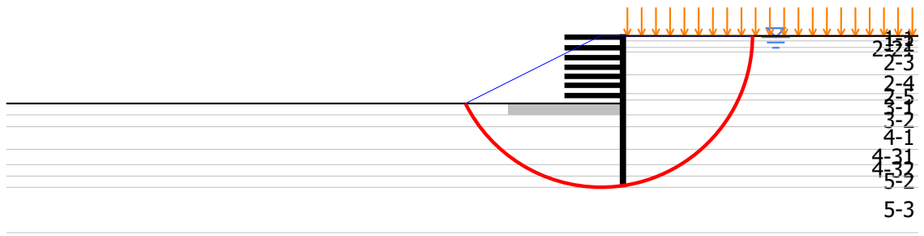


图 5.3.5-24 南岸工作井围护结构内力变形包络图

整体稳定性计算结果：



H=29.81m,K=2.13

图 5.3.5-25 整体稳定性计算

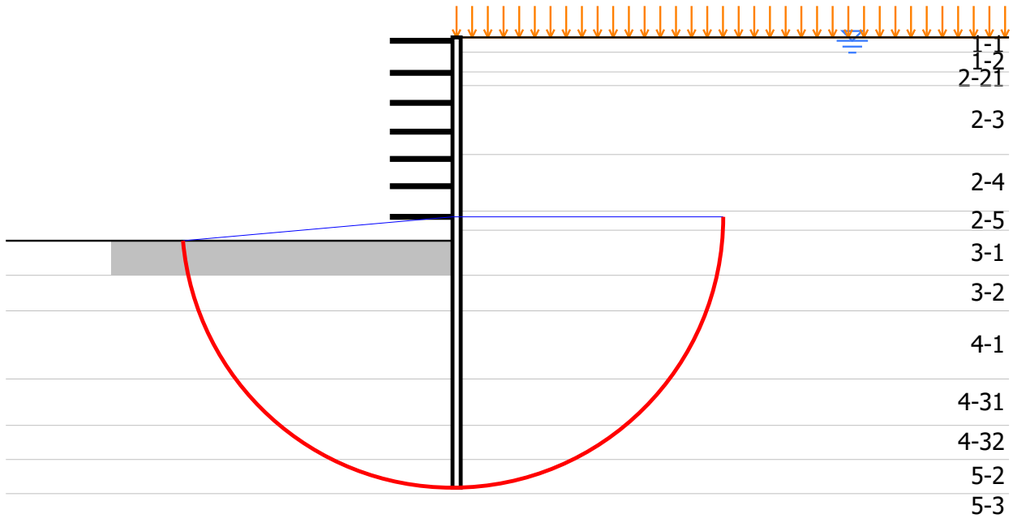
墙底抗隆起稳定性计算结果：

土层 5-2， ϕ=19.5°， c=11.8kPa。

$$K=\frac{\sigma_p\cdot N_q+c\cdot N_c}{\sigma_a}=\frac{668.1\cdot 6.09+11.8\cdot 14.37}{1236}=3.43$$

安全系数应达到 1.8

坑底抗隆起稳定性计算结果：



H=29.81m,K=2.81,应达到2.2

图 5.3.5-26 坑底抗隆起稳定性计算

渗透稳定性计算结果：

$$K=\frac{\gamma'(2\cdot d+0.8\cdot h)}{\gamma_w\cdot\Delta h}=\frac{6.8\cdot(2\cdot 36.19+0.8\cdot 29.31)}{10\cdot 29.31}=2.22$$

均满足《建筑基坑支护技术规程》（JGJ120-2012）和《浙江省建筑基坑工程技术规程》（DB33 T 1096-2014）的相关要求。

5.3.6 北岸临时围堰设计

1.设置临时围堰的必要性

北岸梅园路长度仅约 190m，为在梅园路上设置隧道入口 A 匝道，线路纵断面受规划环河河底标高控制，匝道只能采用 6.85%接近极限的纵坡，据此，A 匝道需在距离隧道接地点约 428m 处与主线分离，盾构井需设置于分叉位置以南。因此北岸盾构井需进入瓯江北侧江滩内约 130m，为保证江滩范围内的明挖段及盾构井施工期间安全，需在北岸江滩设置长度约 210m 的临时围堰。

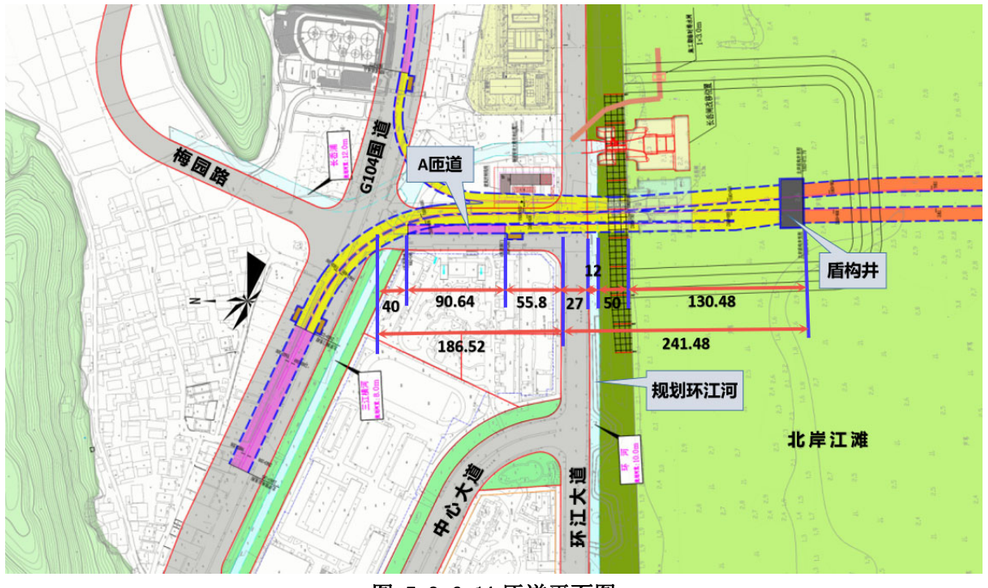


图 5.3.6-1A 匝道平面图

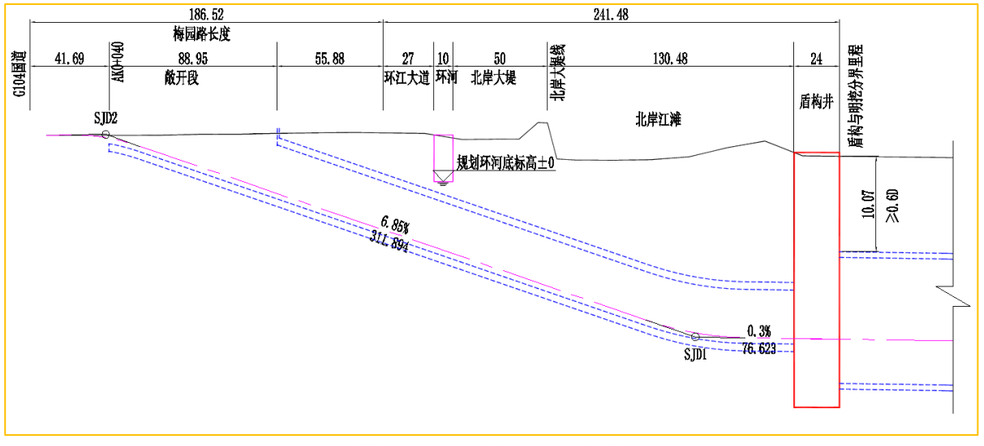


图 5.3.6-2A 匝道纵断面图

2.北岸围堰选型

瓯江北岸工作井设置于瓯江漫滩处，位于堤防之外，施工前需设置临时围堰，围堰结构采用 100 年一遇洪水位及潮水位标准进行设计。围堰工程系临时性水工建筑物，具有使用期短、修建时间受限、使用完成后需拆除等特点。因此，围堰结构型式应在满足安全的前提下，力求结构简单、施工速度快、修筑及拆除方便、造价低等。适合本项目的围堰形式主要有土石围堰、钢板桩围堰、钢管桩围堰等。

表 5.3.6-1 围堰处理方案综合比选表

	土石围堰	钢板桩围堰	钢管桩围堰
围堰类型			
优点	1、施工方便快捷取材方便，易拆除 2、整体性好，能抵抗波浪的冲刷及适应基底变形 3、无噪声影响	1、抗冲刷能力强，围护工作少 2、可回收，循环利用 3、占地面积小，对水体环境污染较小	1、刚度较大，稳定性好 2、占地面积小 3、控制变形能力强 4、防渗、抗冲刷效果较好 5、可回收，循环利用
适用条件	适用于河边浅滩或水深小于 3.0m，水流速度≤1.5m/s，河床渗水性较小，土石块能就地取材	适用于深水或深基坑，流速较大的砂类土、黏性土、碎石土及风化岩等坚硬河床。防水性能好，整体刚度较强。	适用于深水或深基坑，流速较大的砂类土、黏性土、碎石土及风化岩等坚硬河床。防水性能好，整体性强，刚度大。
缺点	1、占地面积大 2、软土地基上可能发生局部地基失稳	1、刚度相对较小 2、变形相对较大	1、回收利用率低 2、施工周期长
工期	短	相对较长	长
造价	低	稍高	高
推荐类型	不推荐	推荐	不推荐

北岸围堰范围在瓯江的江滩上，江滩主要为淤泥底层，围堰范围作为盾构始发场地，施工占地时间长，对瓯江行洪影响大，考虑围堰自身安全、行洪影响、造价等因素综合比选，推荐采用钢板桩围堰。

临时钢板桩围堰堰顶按 5.66m 百年一遇潮水位进行设计，堰顶标高 5.66m，在堰顶设计一道防浪墙，防浪墙墙顶标高 7.16m。根据北岸大堤拆除范围（根据大堤变形缝的布设情况，大堤拆除范围共涉及 7 段），围堰设计时把北岸大堤拆除范围包含在围堰内。在盾构井位置，为满足盾构端头加固及盾构始发，围堰边线距离盾构端头按不小于 30m 控制，距离端头井两侧按不小于 30m 控制，因此，北岸围堰长 210m（侵入瓯江范围），宽度 181m，具体详见北岸围堰总平面图。

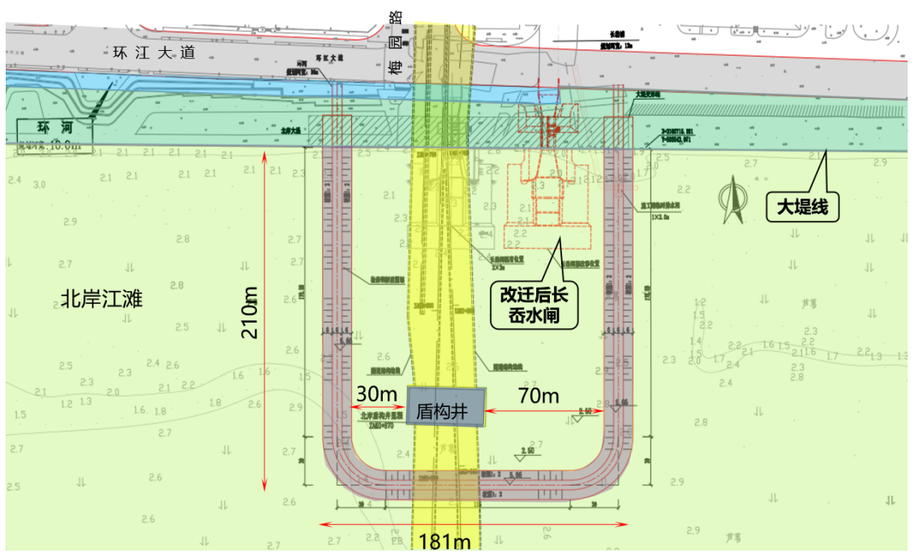


图 5.3.6-3 北岸围堰总平面图

围堰堰顶宽 6.0m，堰底河床标高 2.0~2.5m，围堰高 3.5~4.0m，采用双排钢板桩围堰，双排钢板桩插入含粉砂淤泥层，钢板桩桩顶标高 5.96m。钢板桩桩间及两侧回填黏土，按 1:2 坡率放坡，坡脚距离隧道明挖基坑外边线约 10m 控制。钢板桩桩顶标高 5.66m,在迎水侧设置一道防浪挡墙，防浪挡墙顶标高 7.16m 高出百年洪潮水位约 1.5m。具体详见图 5.3.6 2 北岸围

堰横断面图。

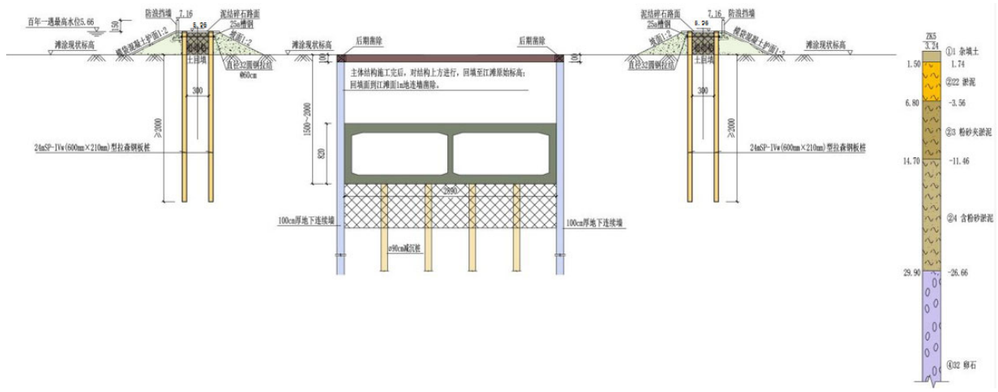


图 5.3.6-4 北岸围堰横断面图

5.3.7 结构防水及耐久性设计

5.3.7.1 明挖隧道防水及耐久性设计

1．结构防水设计

（1）防水原则

贯彻“以结构自防水为主，辅以附加防水层加强防水，特别要处理好施工缝、变形缝的防水”的原则。

明挖结构以混凝土自防水为根本，基坑深度小于 20m，防水混凝土抗渗等级不低于 P8。基坑深度大于或等于 20m 且小于 30m，防水混凝土抗渗等级不低于 P10，基坑深度大于 30m，防水混凝土抗渗等级不低于 P12。混凝土抗渗等级要求如下表：

表 5.3.7-1　混凝土设计抗渗等级要求

工程埋置深度 H（m）	设计抗渗等级
$H < 10$	P6
$10 \le H < 20$	P8
$20 \le H < 30$	P10
$H \ge 30$	P12

结构防水设计和施工必须符合环境保护的要求，并根据具体情况采取相应对策，减少对环境影响。

施工缝、变形缝等防水薄弱部位为重点防水对象。

所有防水构件、附加防水层、混凝土外加剂等，同时应满足耐久性要求。

⑥明挖结构采用全包外防水。

（2）结构自身防水

为提高主体结构混凝土自防水功能，主体结构采用 C45 防水钢筋混凝土，并采取措施提高混凝土的抗渗能力和减少裂缝，限制迎水侧结构裂缝开展宽度<0.2mm。

混凝土宜采用双掺技术，严格控制凝胶材料最小用量，应不小于 340kg/m3。

限制水胶比，水胶比的最大限值为 0.4，入模塌落度 12~16cm。

（3）结构缝防水构造

对结构纵向施工缝主要采取以下措施：

- 在纵向施工缝中间设镀锌钢板止水；
- 止水带内侧设置遇水膨胀止水条；
- 在新、老混凝土界面上涂刷无机结晶型防水涂料，增加两者之间的粘结力，减少结构的开裂。

对结构环向施工缝主要采取以下措施：

- 在环向施工缝中间预埋钢边橡胶止水带；
- 止水带内侧设置遇水膨胀止水条；
- 在新、老混凝土界面上涂刷无机结晶型防水涂料，增加两者之间的粘结力，减少结构的开裂。
- 底板、侧墙采用外包防水卷材，顶板采用无机结晶型防水涂料+防水卷材。

无机结晶型防水涂料应满足下列要求：

表 5.3.7-2 防水涂料技术特征

技术名称		技术参数	备注
抗压强度	7 天	>20MPa	
	28 天	>30MPa	
抗折强度	7 天	>4MPa	
	28 天	>6MPa	
相对渗透系数		≤ $1.0*10^{-12}$cm/s	基准试块使用现场设计的混凝土
粘结强度		≥1.0MPa	基准试块使用现场设计的混凝土

对结构变形缝防水设三道防线：

- 外防水，即侧墙、底板外设背贴式止水带，顶板面层粘贴防水材料；
- 中间防水，采用中埋钢边橡胶止水带；
- 内侧设置密封胶，顶板及侧墙内侧设置盲管。为减少变形缝处的差异沉降，底板厚度大于800mm时设置凸凹榫槽，其余构件设置钢筋剪力杆，增加变形缝处的抗剪能力。

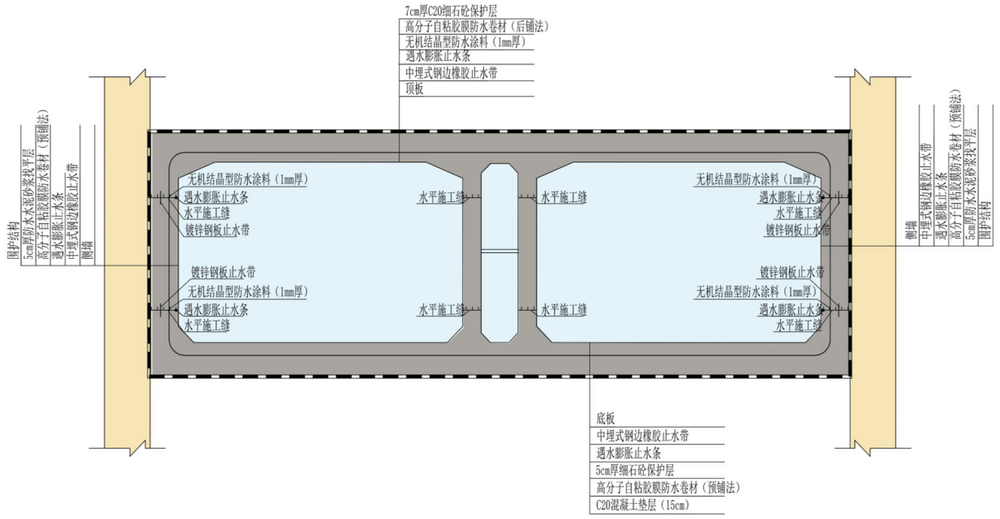


图 5.3.7-2　明挖结构防水设计图

2．结构耐久性设计

根据初勘报告水质分析结果初步判定：本隧道所处地下水对混凝土结构及在长期浸水条件下的混凝土结构中的钢筋均具微腐蚀性，对干湿交替条件下的混凝土结构中的钢筋具弱腐蚀性。地基土基本在地下水位之下，故地基土对建筑材料的腐蚀性评价可按地下水腐蚀性进行考虑。地表水对混凝土结构及在长期浸水条件下的混凝土结构中的钢筋均具微腐蚀性，对干湿交替条件下的混凝土结构中的钢筋具中腐蚀性。本隧道工程使用寿命是100年，结构应采取有效的耐久性工程措施，确保隧道设计基准期的要求。

（1）设计原则

1）通过合理设计、采取相应的工程措施，对其进行恰当的控制，以保证混凝土结构的整体耐久性能，尽可能延长结构的劣化变质初始阶段或降低劣化变质发展阶段的劣化速度，已满足结构设计寿命的要求。

2）对隧道及时进行检测、维护和养护，尽早发现材料的退化和结构缺陷，并采取及时和相应的维修和养护措施。最大程度的降低结构的劣化速度，延缓结构失效时间，减低结构耐久性失效的风险。

（2）耐久性设计

耐久性设计主要体现在以下五个方面：

1）与耐久性相关的结构设计参数选用

根据地勘报告及《混凝土结构耐久性设计标准》（GB／T50476-2019）要求：岸上段环境作用等级IV-C；江中段环境作用等级IV-D。梁、板、柱、墙结构混凝土等级不小于C45，混凝土最大水胶比0.4，结构安全等级为一级，重要性系数取1.1。

主体结构主筋的净保护层外侧取50mm（江中段为60mm），内侧取45mm，地下连续墙结构主筋的净保护层取70mm。

表 5.3.7-2　最外层钢筋的混凝土保护层最小厚度（mm）

结构类别	明挖结构						
	侧墙		顶、底板		内部结构	边柱、端柱、顶、底板梁	
	外侧	内侧	外侧	内侧		外侧	内侧
保护层厚度	50（江中段60）	45	50（江中段60）	45	45	50（江中段60）	45

表 5.3.7-3　最大计算裂缝宽度允许值（mm）

裂缝控制等级	结构类型	裂缝宽度允许值	附注
三级	水中环境、水中缺氧环境	0.3	
	洞内干燥环境或洞内潮湿环境	0.3	环境相对湿度为45%～80%
	干湿交替环境	0.2	
	盐渍土环境;盐渍土环境;受除冰盐作用环境;海岸环境	0.2	

根据根据地勘报告及《混凝土结构耐久性设计标准》（GB／T50476-2019）要求：岸上段环境作用等级IV-C;江中段环境作用等级IV-D;根据《混凝土结构设计规范》(GB50010-2010(2015版)）外侧环境类别为三b；内部环境为二a(室内潮湿环境)。

表 5.3.7-4　明挖结构裂缝宽度控制值

结构类别	明挖结构

	侧墙		顶、底板		内部结构	边柱、端柱、顶、底板梁	
	外侧	内侧	外侧	内侧		外侧	内侧
裂缝宽度（mm）	0.2	0.3	0.2	0.3	0.3	0.2	0.3

（3）结构材料自身的耐久性要求

根据现行规范要求和国内外的试验研究成果，建议本工程结构混凝土质量按下表中要求进行控制：

表 5.3.7-5　结构混凝土质量

最大水胶比	最小胶凝材料用量（kg/m^3）	最低混凝土强度等级	最大氯离子含量（%）	最大碱含量（kg/m^3）
0.40	340	C45	0.1	3（以 Na_2O 计算）

同时还必须遵循以下基本要求：

①混凝土配合比即水泥、砂、石、水、附加剂或混合剂之数量比，选材应能满足新拌及硬固混凝土之性能要求：包括混凝土稠度、密度、强度、耐久性及钢筋腐蚀保护性能之标准，并应能减少新拌混凝土之析离现象和泌水作用，且获得适合于施工之工作度。

②混凝土配合应捣实，捣实后应表现出密实结构，且含气量小于 3%；

③骨料必须按照《混凝土结构耐久性设计与施工指南》（CCES01-2018）、《混凝土结构耐久性设计规范》（GB/T50476-2019）要求进行与硫酸盐之反应性测试，砂浆试件的无裂缝及伸长<0.5×10-3，岩石试件 6 个月后之伸长<1.0×10-3；

④最大骨料之选取应保证混凝土可被浇注和灌实，并能紧密包围钢筋及不至产生析离现象。最大骨料不能超过：构件最小尺寸之四分之一、钢筋净距减 5mm 及 1.3 倍钢筋保护层；

⑤混凝土拌合用水中的氯离子含量不大于 400mg/l。

⑥适用合理比例的混合剂和添加剂调配混凝土，达到必须的防水要求；

⑦每公斤水泥中混合剂总量不得大于 50g 及不小于 2g，如其容于拌合水中可少于 2g；液体混合剂用量大于 3 升，其水用量必须计算在水灰比中；

⑧拌合及浇注期间新拌混凝土温度不应高于 35℃及不低于 5℃；

⑨钢筋必须满足当地的要求。

（4）防水材料

对于结构施工缝和接头处的防水材料应选用耐久性能好的，满足结构设计年限耐久性的要求。

（5）采取结构措施防止渗流

为增强结构体系的耐久性能，除了从材料角度采取措施外，尚应保证结构整体稳定性，增强结构的长期使用性能。

5.3.7.2 盾构隧道防水及耐久性设计

1）隧道防水

1.管片防水设计原则及标准

盾构隧道管片防水设计应定级准确、技术先进、方案可靠、经济合理、使用安全，确保质量。盾构隧道管片防水设计应遵循“以防为主，刚柔相济，多道设防，因地制宜，综合治理”的原则。强调结构自防水首先应保证混凝土、钢筋混凝土结构的自防水能力。

盾构隧道防水等级为二级，不允许漏水，结构表面可有少量湿渍，总湿渍面积不应大于防水面积的 2‰，任意 $100m^2$ 防水面积上湿渍不超过 3 处，单个湿渍的最大面积不大于 $0.2m^2$。隧道工程中漏水的平均渗漏量不大于 0.05L/（m^2.d），任意 $100m^2$ 防水面积渗漏量不大于 0.15L/（m^2.d）。

解决管片防水问题主要从以下几个方面着手：

（1）盾构管片结构采用防水性混凝土结构进行防水并添加防水剂，防水剂为无机结晶型防水剂，满足现行国家标准《水泥基渗透结晶型防水材料》GB 18445-2012 的规定，混凝土中胶凝材料用量 $3kg/m^3$，混凝土配合比设计应按现行行业标准《普通混凝土配合比设计规程》JTJ/T 55 的规定进行。混凝土搅拌时，将无机结晶型防水剂添加到石子和砂中，充分搅拌 2min～3min 后再加入水泥和水搅拌均匀。除满足材料的国家标准外，还应满足下列要求：

表 5.3.7-6 防水剂技术特征

技术名称	技术参数	备注
相对渗透系数	≤$1.0*10^{-12}$cm/s	基准试块使用现场设计的混凝土

（2）根据隧道埋置深度，确定管片混凝土抗渗等级，管片混凝土抗渗等级不小于 P12。

（3）按有关规定严格控制混凝土中 Cl 离子的含量，氯离子含量不超过胶凝材料重量的 0.06%；

（4）管片混凝土中掺加钢筋阻锈剂（无机类），掺量为 $8kg/m^3$；

（5）迎水面钢筋净保护厚度不小于 50mm，内侧主筋的混凝土保护层厚度取 40mm；

（6）管片在使用期间用做注浆的下部吊装孔及注浆孔应用微膨胀水泥封堵；

（7）提高预制管片的自身防水与制作精度；

（8）接头面设置密封条、弹性密封垫或灌注密封剂，保证接头面的防水；

（9）在隧道内侧接头部位设置嵌缝沟槽，填入嵌缝防水填料；

（10）连接螺栓的螺栓孔外侧设置防水密封垫，避免从螺栓孔部位发生渗漏；

（11）其它防水措施，包括：壁外注浆、预制片外涂防水层、内贴(或外贴)防水卷、防水板等。

2.管片防水设计方案

盾构法隧道防水措施包括管片自防水、管片接缝防水、螺栓孔防水、隧道与工作井（或横通道）等接口防水以及盾构始发及到达临时防水。

（1）钢筋混凝土管片结构自防水

管片选用强度等级≥52.5MPa 的 PO、P Ⅰ或 P Ⅱ型水泥；限制胶凝材料用量（混凝土胶凝材料用量 410~500kg/m3）、混凝土中的含碱量（总碱量≤3kg/m3）、水胶比（≤0.36）、混凝土中最大氯离子含量（为胶凝材料重量的 0.06%）；选用坚固耐久、级配合格、粒形良好的洁净骨料为原料；添加优质粉煤灰（≥Ⅱ级灰）等超细矿物掺和料、高效减水剂（减水率≥20%），配制成以耐久性为重点的 C60 高性能混凝土，混凝土管片抗渗等级≥P12。

当隧道处于侵蚀性介质地层时，采用耐侵蚀混凝土或在衬砌结构外表面涂刷耐侵蚀的防水涂层。涂层应具有良好的耐化学腐蚀性、抗微生物侵蚀性和耐水性，并应无毒或低毒；涂层应能在盾尾密封用钢丝刷与钢板挤压条件下不损伤、不渗水，宜采用环氧或改性环氧涂料等封闭性材料，水泥基渗透结晶性或硅氧烷类等渗透自愈型材料；涂层应涂刷在衬砌背面和环、纵缝橡胶密封垫外侧的混凝土上。

（2）管片接缝及螺栓防水

管片接缝防水包括密封垫防水和内侧嵌缝防水两部分。由于内侧嵌缝难以承受较大水压，故只能起辅助防水或对渗漏水引流作用，不能作为接缝防水的主要措施。

密封垫的防水机理是在管片压密后，靠防水沟槽内被压缩的橡胶（或其他类型弹性材料）本身的弹性复原力密封止水。密封垫常用的材料有三元乙丙橡胶、遇水膨胀橡胶、氯丁橡胶、聚醚聚氨酯弹性体、三元乙丙橡胶与遇水膨胀橡胶复合体、氯丁橡胶与遇水膨胀橡胶复合体等。在弹性密封垫材质的选择方面，日本主要采用水膨胀橡胶，氯丁橡胶与遇水膨胀橡胶复合体，欧洲则大量使用三元乙丙橡胶，国内早期使用氯丁橡胶和遇水膨胀橡胶较多，现在大多使用三元乙丙橡胶。

本隧道承受的水压力最大将达 0.45MPa，同时要满足长期的防水要求，隧道采用三元乙丙橡胶密封垫作为主要防水措施。

三元乙丙橡胶弹性密封垫一般为梳状多孔结构。国内常见的几种密封垫形状如图下图所示。

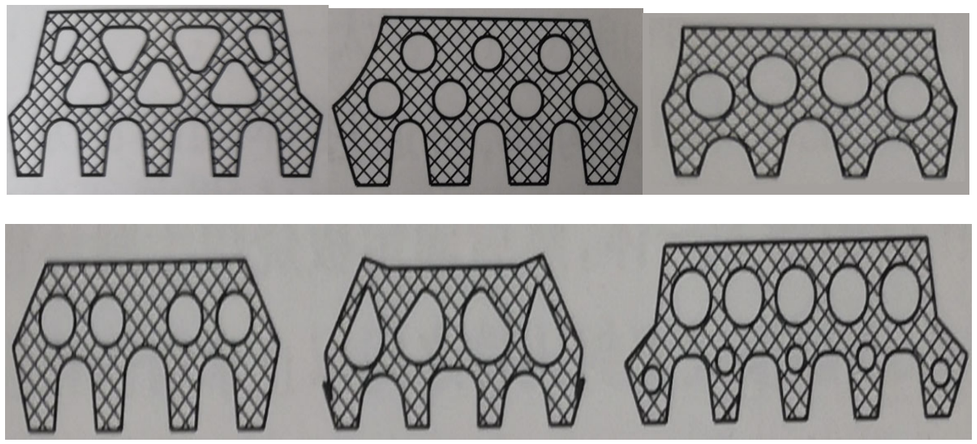


图 5.3.7-1 常见三元乙丙橡胶弹性密封垫形状

密封垫由现场工人粘贴在管片防水沟槽内，安装质量难以保障，密封垫和沟槽的接触面往往成为漏水路径。近年来一种新型的防水密封——锚固式防水密封垫，在欧美国家的多个隧道工程中得到了应用。锚固式防水密封垫与常见的弹性橡胶密封垫相比，锚固式防水密封垫外形上的不同之处在于：（1）其密封垫脚槽位置是有条底边封闭的；（2）密封垫下部多出了一处或者两处锚脚，这样在管片生产过程中可直接锚固在混凝土之中，省去了将密封垫粘合到沟槽中的这道常规工序。较之于常见弹性橡胶密封垫，使用锚固式防水密封垫，不仅省去了粘合密封垫所需的时间，也排除了密封垫侧、底处与密封垫沟槽间发生渗水的可能，从而明显地提高了密封止水的效果。本工程盾构段拟采用锚固式防水密封垫技术，隧道所使用的三元乙丙橡胶弹性密封垫详见下图。

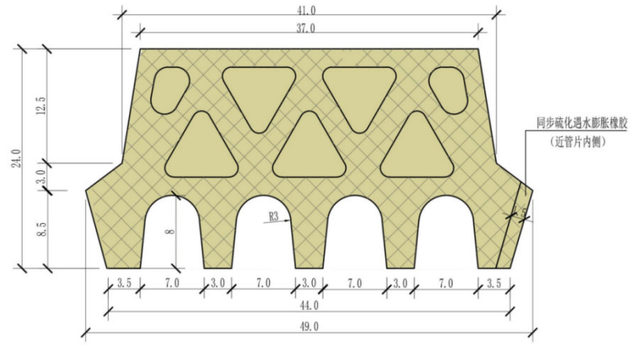
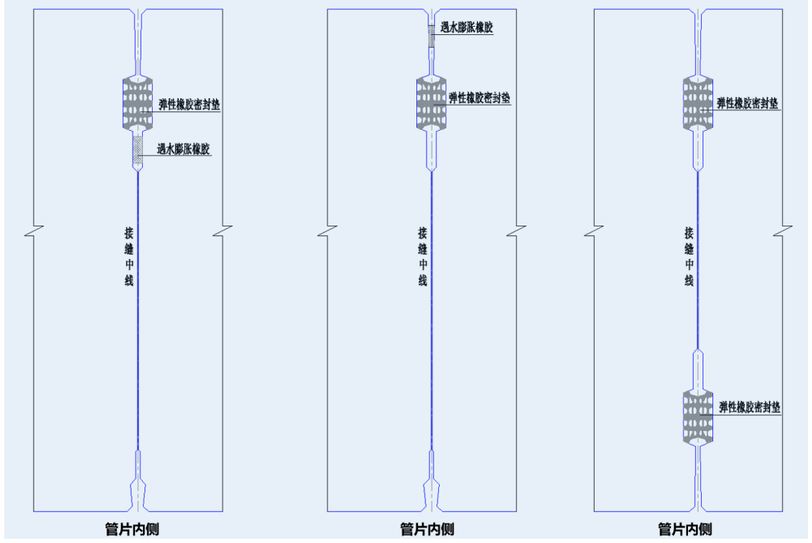


图 5.3.7-2 三元乙丙橡胶弹性密封垫

管片接缝应至少设置一道密封垫沟槽，密封垫沟槽的截面积一般为密封垫截面积的 1.0～1.15 倍，以保密封垫能被完全压入密封垫沟槽内。管片接缝密封垫应满足在设计水压力下，接缝发生一定张开和错时不渗漏的技术要求。

根据管片接缝上布置的密封垫数量，可分为单道防水和双道防水两种。双道防水又有两道防水分别布置在接缝的内、外侧以及两道防水集中布置在外侧两种方法，如图下图所示。



（a）外侧集中布置（一） （b）外侧集中布置（二） （c）内、外布置

图 5.3.7-3 双道接缝防水图

本隧道管片纵、环缝采用双道防水措施，接缝防水材料的布置采用外置集中布置（一）。

根据工勘报告水质分析结果初步判定：本隧道所处地下水对混凝土结构及在长期浸水条件下的混凝土结构中的钢筋均具微腐蚀性，对干湿交替条件下的混凝土结构中的钢筋具弱腐蚀性。地基土基本在地下水位之下，故地基土对建筑材料的腐蚀性评价可按地下水腐蚀性进行考虑。

地表水对混凝土结构及在长期浸水条件下的混凝土结构中的钢筋均具微腐蚀性，对干湿交替条件下的混凝土结构中的钢筋具中腐蚀性。本隧道工程使用寿命是 100 年，结构应采取有效的耐久性工程措施，确保隧道设计基准期的要求。

1）耐久性设计

1.结构耐久性设计原则

（1）通过合理设计、采取相应的工程措施，对其进行恰当的控制，以保证混凝土结构的整体耐久性能，尽可能延长结构的劣化变质初始阶段或降低劣化变质发展阶段的劣化速度，已满足结构设计寿命的要求。

（2）对隧道及时进行检测、维护和养护，尽早发现材料的退化和结构缺陷，并采取及时和相应的维修和养护措施。最大程度的降低结构的劣化速度，延缓结构失效时间，减低结构耐久性失效的风险。

2.耐久性设计

耐久性设计主要体现在以下五个方面：

（1）与耐久性相关的结构设计参数选用

根据地勘报告及根据《混凝土结构耐久性设计标准》判定，岸上段环境作用等级 IV-C；江中段环境作用等级 IV-D；根据《混凝土结构设计规范》判定，外侧环境类别为三 b；内部环境为二 a（室内潮湿环境）。具体耐久性要求如下：

1、本工程设计使用年限为 100 年，结构安全等级为一级，重要性系数取 1.1。

2、盾构段管片混凝土强度等级为 C60,P12。

3、盾构段管片混凝土保护层最小厚度为：外侧 55mm，内侧 45mm。

4、盾构段结构允许最大裂缝宽度计算值不应超过 0.2mm。

5、钢构件均需进行防腐处理。

表 5.3.7-7 最外层钢筋的混凝土保护层最小厚度（mm）

结构类别	管片		内部结构
	外侧	内侧	
保护层厚度	55	45	45

表 5.3.7-8 最大计算裂缝宽度允许值（mm）

裂缝控制等级	结构类型	裂缝宽度允许值	附注
三级	水中环境、水中缺氧环境	0.3	
	洞内干燥环境或洞内潮湿环境	0.3	环境相对湿度为 45%～80%

	干湿交替环境	0.2	
	盐渍土环境;盐渍土环境; 受除冰盐作用环境;海岸环境	0.2	

3.结构材料自身的耐久性要求

根据现行规范要求和国内外的试验研究成果，建议本工程结构混凝土质量按下表中要求进行控制：

表 5.3.7-9 结构混凝土质量

最大水胶比	最小胶凝材料用量 (kg/m^3)	最低混凝土强度等级	最大氯离子含量（%）	最大碱含量 (kg/m^3)
0.36	410	C60	0.06	3 (以 Na_2O 计算)

同时还必须遵循以下基本要求：

①混凝土配合比即水泥、砂、石、水、附加剂或混合剂之数量比，选材应能满足新拌及硬固混凝土之性能要求：包括混凝土稠度、密度、强度、耐久性及钢筋腐蚀保护性能之标准，并应能减少新拌混凝土之析离现象和泌水作用，且获得适合于施工之工作度。

②混凝土配合应捣实，捣实后应表现出密实结构，且含气量小于 3%；

③骨料必须按照《混凝土结构耐久性设计与施工指南》（CCES01-2018）、《混凝土结构耐久性设计规范》（GB/T50476-2019）要求进行与硫酸盐之反应性测试，砂浆试件的无裂缝及伸长<0.5×10^{-3}，岩石试件 6 个月后之伸长<1.0×10^{-3}；

④最大骨料之选取应保证混凝土可被浇注和灌实，并能紧密包围钢筋及不至产生析离现象。最大骨料不能超过：构件最小尺寸之四分之一、钢筋净距减 5mm 及 1.3 倍钢筋保护层；

⑤混凝土拌合用水中的氯离子含量不大于 400mg/L。

⑥适用合理比例的混合剂和添加剂调配混凝土，达到必须的防水要求；

⑦每公斤水泥中混合剂总量不得大于 50g 及不小于 2g，如其容于拌合水中可少于 2g；液体混合剂用量大于 3 升，其水用量必须计算在水灰比中；

⑧拌合及浇注期间新拌混凝土温度不应高于 35℃及不低于 5℃；

⑨钢筋必须满足当地的要求。

4.防水材料

对于结构施工缝和接头处的防水材料应选用耐久性能好的，满足结构设计年限耐久性的要求。

5.采取结构措施防止渗流

为增强结构体系的耐久性能，除了从材料角度采取措施外，尚应保证结构整体稳定性，增强结构的长期使用性能。

5.4 人防设计

5.4.1 设计原则和技术标准

根据《浙江省人民防空工程管理办法》，府东路过江通道为地下交通干线，应按照兼顾人民防空进行设计。目前国家尚无隧道、公路交通通道等工程战时设防标准，依据《人民防空工程战术技术要求》、《浙江省人民防空工程管理办法》、《单建掘开式地下空间开发利用工程兼顾人防需要设计导则（试行）》、浙江省兼顾人防工程设置导则的有关规定，并参考《道路隧道设计标准》DGTJ08-2033-2017，结合国内现有运营水下隧道情况及我院水下隧道设计经验，确定府东路过江通道工程的战时设防标准，提出防护总体原则：“兼顾设防，平战结合，有效转换，合理连通”。

关于过江通道的抗力等级，按照“同类城市，同类标准”的原则，府东路过江通道的设防标准：**防常规武器抗力级别为 6 级、防核武器抗力级别为 6 级。**根据《浙江省兼顾人防工程设置导则》3.2.3 条，本工程按一个防护单元设计，不分防护单元和抗爆单元。

在早期临战及战时疏散的全阶段，应在拟定的核武器、生物、化学武器、常规武器袭击后的城市次生灾害作用下，保障工程内设备的安全，本工程作为战时人防疏散的主干道，以确保瓯江两岸的机动。

5.4.2 人防设计

在两岸盾构井衔接明挖段处，左右线通道各设置一道双扇防护密闭门，共设四道防护密闭门；在南岸盾构井处结合地下设备用房及疏散楼梯设置一个战时人员出入口，一个战时封堵出入口，共设两道单扇防护密闭门，一道密闭门，设人防控制室。主干道两防护密闭门之间长约 1983 米，可掩蔽建筑面积约 47600 ㎡。本项目北岸运营管理中心建筑面积约 3500 ㎡，地上五层，地下局部一层；南岸设备用房地面建筑面积约 360 ㎡，根据《浙江省人民防空工程管理办法》，因场地受限，工程规模较小，考虑工程造价等因素，本项目运营管理中心及设备用房不设人防工程，缴纳人民防空工程易地建设费。

引入过江通道的电力、通信电缆、给排水管线以及其他管孔，均应做防护、密闭、防水处理，埋地进出的电缆宜通过防爆波电缆井穿管进入过江通道内部。

5.4.3 平战转换措施

（1）隧道平战转换的内容分为：使用功能平战转换、防护功能平战转换、风、水、电设备及系统的平战转换。

（2）平战转换的时限要求可分为早期转换、战前 30 天内；临战转换：战前 15 天内，紧急转换、战前三天内。

（3）隧道的使用功能转换应考虑为：隧道从平时的通行状态转换为战时的通行状态，即按照战时指挥部门的统一指挥和调度，为战时服务。

（4）根据平战转换的时限要求，隧道各防护密闭区应该一步到位的防护设备：战时人员出入口的防护密闭门、密闭门、各防护区口部防护密闭门及防淹门、钢筋混凝土外围护墙、防护密闭隔墙，穿防护密闭隔墙各种预留，预埋管和管孔、战时的给水引入管、排水出户管、废水集水池、防爆波地漏、埋地污水排水管等。

（5）隧道的控制信号系统，中央控制室应采取必要的防电磁脉冲措施及其它防护措施，以提高其生存力。并应准备有战时应急指挥调度通信系统。保证一旦转入战时工作状态、过江通道能照常运行。

5.4.4 人防设备

从节省工程造价和尽可能减少平时维护管理费用的角度考虑，参考国内地铁区间下穿江河设置防淹防护密闭隔断门，及国内多个已实施过江通道工程实际情况，防护密闭门均和防淹门共同考虑，结合设置；利用防护密闭门兼顾防淹门是经济、实用的。

本次设计分别在瓯江南岸、瓯江北岸盾构井衔接明挖段处，左右线通道各设置一道降落式双扇防淹防护密闭门（即防护密闭门兼顾防淹门）共四道防护密闭门。

本项目人防设计方案已获温州市人防办批复，《温州市人民防空办公室关于同意府东路过江通道工程兼顾人防可行性研究报告的批复 温人防办（2022）17 号》。

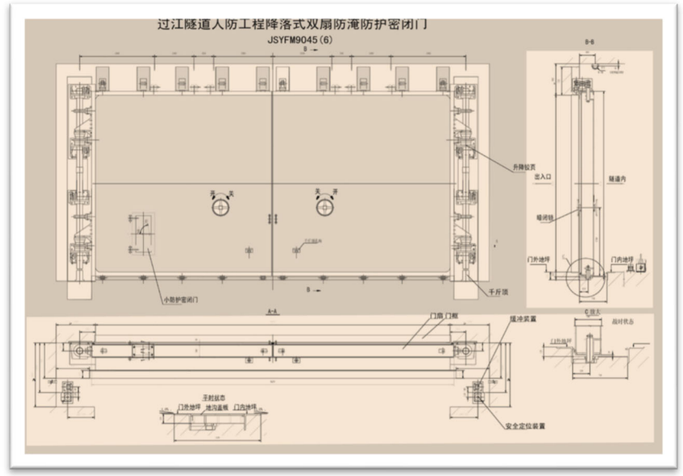


图 5.4.4-1 降落式双扇防淹防护密闭门组成部分示意图



图 5.4.4-2 降落式双扇防淹防护密闭门

5.5 隧道通风

5.5.1 设计依据

《城市地下道路工程设计规范》（CJJ221-2015）；

《建筑设计防火规范》（GB50016-2014）（2018 版本）；

《民用建筑供暖通风与空气调节设计规范》（GB50736-2012）；

《工业建筑供暖通风与空气调节设计规范》（GB50019-2015）；

《公共建筑节能设计标准》（GB50189-2015）；

《建筑防排烟设计标准》（GB51251-2017）；

《公路隧道设计规范》第二册 交通工程与附属设施（JTG D70/2-2014）；

《公路隧道通风设计细则》（JTG/TD70/2-02-2014）；

《城市道路隧道设计标准》（DB33/T 1256-2021）；

《建筑机电工程抗震设计规范》（GB50243-2016）；

《浙江省公共建筑节能设计标准》（DB33-1038-2007）；

《浙江省消防技术规范难点问题操作技术指南（2020 版）》（浙消[2020]166 号）。

5.5.2 设计原则

1、在正常或阻塞工况下，为在隧道内工作的人员和过往隧道的司乘人员提供足够的氧气，把隧道内有害气体（CO 等）和烟雾稀释至安全浓度以下并排出隧道，保证隧道内有适宜的温度、湿度和风速，营造舒适的行车环境。

2、在火灾工况下，合理组织气流，控制烟雾和热量的扩散，限制火灾蔓延，排除烟雾，为滞留在隧道内的司乘人员、消防人员提供一定的新风量，以利于安全疏散和灭火扑救。

3、隧道通风方式的选择应在确保隧道安全可靠舒适运营的前提下，尽量兼顾节能环保，减少工程投资和复杂性。

4、隧道通风设备的选用应注重性能优良、技术先进、效率高、噪声低等方面的要求，并考虑设备近、远期合理配置与实施。通风系统的消声材料应具有不燃、防潮、防腐、防蛀、耐老化和无毒的性能。

5、结合工程具体特点，隧道内污染空气排放和通风设备噪声对周围环境的影响，应符合有关规定和本工程环境评价的要求。

6、在特殊工况下，短时间内交通条件发生变化时，通风系统应具有一定的适应性。 隧道通风系统设计应采取有效措施，保证通风系统某一局部失效时，系统的整体功能维持在适宜的水平。

5.5.3 设计标准

1、隧道通风设计标准

1）隧道内通风卫生标准

通风标准在本次设计中参考 PIARC 的推荐值，和我国现行的《城市地下道路工程设计规范》，结合本工程具体条件综合确定，详见下表：

表 5.5.3-1 状况表

交通状况	车速（km/h）	CO（cm3/m3）	烟尘浓度（m-1）	NO2（cm3/m3）
正常	60~30	70~100	0.0070~0.0075	1
全程阻滞	20	150	0.012	1
局部阻滞	10	150	0.012	1

隧道内风速应满足稀释空气中异味的需风量要求，每小时换气次数为 3 次，保证隧道内换气风速 vr≥2.5m/s。

隧道内养护维修时,CO 和 NO2 允许浓度分别为 30ppm 和 0.12ppm,烟尘允许浓度为 0.003m-1。

2）尾气排放标准

按国际道路协会推荐的中国汽车污染物排放限值进行计算。

3）防排烟设计标准

隧道通风按同一时间仅有一处火灾进行设计，火灾最大热释放率为 30MW 计算，火灾临界风速 3.0m/s。

4）交通阻滞标准

按 10km/h 车速，阻滞段长度为 1km 计算，并按全程平均车速 20km/h 校核。

5）风速设计标准

隧道内换气风速不低于 2.5m/s，正常交通设计风速不宜大于 10m/s。

6）噪声标准

隧道外噪声执行 2 类标准：昼间等效声级 60dB(A) ，夜间等效声级 50dB (A)；

道路红线两侧 30±5m 噪声执行 4a 类标准：昼间等效声级 70dB(A)，夜间等效声级 55dB (A)；

7）环境空气质量标准

本工程执行《环境空气质量标准》GB3095 中的二级标准：

表 5.5.3-2 环境空气质量标准

污染物	小时平均（mg/m3）	日平均（mg/m3）
CO	10	4
NO2	0.2	0.08

2、主要室外气象参数（温州）

海拔高度：28.3 米；

大气压力：夏季 1007.0hPa；冬季 1023.7hPa。

通风计算温度：夏季 31.5℃；冬季 8℃；

冬季平均风速：18m/s。

3、电缆廊道、疏散通道设计标准

电缆廊道设计温度不大于 40℃，通风量按排除余热量计算，并保证换气次数不小于 2 次/h；行车道火灾时，疏散通道保持一定正压。

4、附属设备用房设计标准（工作井内设备用房、埋地水泵房）

1）室外设计参数

表 5.5.3-3 温度参数

夏季空调		夏季通风	冬季空调
计算干球温度（℃）	计算湿球温度（℃）	计算温度（℃）	计算温度（℃）
33.8	28.3	31.5	1.4

2）室内设计参数

表 5.5.3-4 温度参数

房间名称	室内温度（℃）		相对湿度（%）	换气次数	
	夏季	冬季		进风	排风
弱电机房	27	19	40~60	6	6
民用通信机房	27	19	40~60	6	6
照明配电室	27	19	40~60	6	6
变电所控制室	27	19	40~60	6	6
变电所	≤36	≤36		按排除余热计算	
雨水泵房、消防泵房、废水泵房				4	4

3）通风防排烟设计标准

泵房设计机械通风系统，通风量按 4 次/h 计算。风机房、设备用房设置机械通风，通风量按 6 次/h 计算。变电所安排除余热计算通风量。

弱电机房、照明配电室、弱电机房、变电所、变电所控制室设置气灭后通风。风机房、泵房等均为设备用房，不属于可燃物较多且经常有人停留的房间，不设置机械排烟系统。长度超过 20m 的内走道均单独设置机械排烟、补风系统。工作井防烟楼梯间均设置机械防烟系统，火灾时，保证楼梯间余压值 40~50pa，前室余压值 25~30pa。

5.5.4 隧道通风方案设计

1、设计交通量及车辆组成

根据交通量预测结果，隧道内峰值车流量为 4551pcu/h。隧道内禁止危化品车通行。隧道交通量预测结果及车型比例如下表：

表 5.5.4-1 交通量预测结果

匝道	主线		匝道
出主线	北至南	南至北	进主线
1327pcu/h	1003 pcu/h	1567 pcu/h	654 pcu/h

路线	小客	公交	大客	小货
南向北	80.31%	3.65%	1.31%	14.74%
北向南	82.65%	4.04%	1.42%	11.90%

2、隧道计算工况

本次设计考虑了以下通风工况：

1）隧道内正常交通：车速 60~30km/h；隧道局部阻滞长度 1km，车速按 10km/h 计算；隧道全长阻滞，车速按 20km/h。

2）火灾通风：隧道火灾最大热释放量 30MW 计算，火灾临界风速 3m/s，双洞隧道内同一时间发生火灾的次数为一次，且交通封闭，车辆只出不进。

3、需风量计算

根据预测交通量和尾气排放标准对隧道需风量进行计算，计算结果如下表：

表 5.5.4-2 隧道需风量

线路	车速	稀释 CO	稀释烟雾	换气（3 次/h）	断面风速（2.5m/s）	火灾工况（3.0m/s）
左线	60	145	46	214	233	280
	40	205	52	214	233	280
	20（阻滞）	183	40	214	233	280
右线	60	150	49	214	233	280
	40	212	64	214	233	280
	20（阻滞）	190	42	214	233	280

根据计算，本项目左右线需风量都是由隧道断面风速决定，需风量均为233㎥/s；火灾工况：火灾需风量为280㎥/s。

4、隧道通风排烟方案确定

1）运营通风方式选择

隧道通风方式通常有纵向式通风、全横向式通风、半横向式通风三种基本方式，其中纵向式通风又可分为全射流纵向、竖井分段纵向通风等若干通风形式，各通风形式有利有弊。

（1）纵向式通风

纵向式通风是使隧道气流在行车道内纵向流动的一种通风方式，特别适用于单向行车的隧道，可充分利用车辆活塞风作用，具有投资省、能耗低、运行调节灵活等明显的优点。对于长或特长隧道，合理设置通风井位置，可以加大纵向式通风的适用长度。近年来，随着国内公路交通建设的飞速发展，该通风方式广泛应用于各类隧道。

隧道发生火灾时，通风气流使烟雾和热流扩散的方向与行车方向一致，控制隧道烟雾速度以利于人员的疏散及救援，并从下游通风井或者洞口排出，此种方式在紧急情况下操作简单、有利于防灾救灾。

（2）全横向式通风

全横向式通风的隧道断面被分为送风道、排风道、行车道三个部分。新鲜空气由送风道进入隧道，在行车道内和污染空气混合，沿隧道横向流动后，经过排风道，污染空气被排除隧道，整个隧道纵向没有气流。该通风方式具有通风效果好，理论上防灾排烟便捷，系统安全、性能稳定，且不受通风长度限制等优点，更适用于单洞双向交通隧道；但存在不能充分利用交通活塞风、需要在隧道内设置专用送风道和排风道、通风系统复杂、营运费用高等缺点。

（3）半横向式通风

半横向式通风方式介于全横向与纵向通风之间，其效果、优缺点也介于两者之间。它只设一条风道，分送风型半横向及排风型半横向两种形式。前者通过风道送风，为满足隧道需风量的要求，需要足够的风道面积。同时为满足洞口的环境要求，在出洞口附近仍需要设置集中排风机房；后者通过风道排风，由洞口沿隧道纵向进风，因在隧道内出现风速为零的中性点，导致通风换气不畅，有害物浓度无限上升，因此目前很少采用。

总之，本工程中的隧道为双洞单向城市主干道隧道，考虑隧道断面、工程造价、运营管理等多方面因素，结合本工程的特点，选用纵向通风优势明显，不仅可利用整个隧道空间作为通风道，隧道断面不必因通风而增大，无需设置专用通风道。而且利用悬挂在隧道顶部射流风机推力，形成诱导气流进行通风，能够有效利用车辆行驶时的活塞风，因而减少设备费用和运营动力费，属于节能型通风。

主路隧道采用纵向通风方式，污染空气的排放可分为直接从洞口排放和洞口设置竖井的高空排放。前一种方案能充分利用交通风，污染空气全部从洞口排出，对洞口环境有一定影响；后一种方案需在洞口附近设置高排风塔及相应的排风机，高排风塔对洞口景观及城市规划影响较大。综合考虑本项目隧道规模、洞口情况等因素，现阶段推荐隧道采用洞口直排的方式。

（2）火灾情况下通风方式的选择

火灾对人员的伤害因素主要有：高温、热辐射、窒息、有毒气体等，其中以火灾烟气中的有毒成分对人员的生命最具威胁性。目前国内外隧道中普遍采用的排烟模式主要有两种，即不带独立排烟道的纵向排烟模式和带独立排烟道的集中排烟模式。两种模式的烟气控制原理有较大差异，其排烟效果和适用范围也有区别。

（1）纵向排烟模式

纵向排烟模式控制原理是利用通风设备产生不小于临界风速的纵向气流，方向同行车方向，以防止烟气回流，并控制烟流向火源点下游排放。这种控制方案在单向交通工况下且下游没有发生阻塞交通时比较有效，因为往往可以假设火灾点下游车辆可以顺利撤离隧道，即烟气流向的下游隧道内没有司乘人员。从已建成的长隧道看，大部分隧道采用了通风换气与排烟兼用的纵向排烟系统。采用此种排烟模式的隧道，火灾控制应满足以下要求：

应将火势的增长速度控制在最小程度；

提供不小于临界风速的纵向气流防止烟气回流，气流方向为行车方向；

为防止扰动烟气层化，不应开启紧靠火源的射流风机，而应开启远离火源的风机。

（2）重点排烟模式

重点排烟模式，即在正常营运阶段，隧道采用纵向式通风，当发生火灾时，立即转入火灾通风模式，开启火源附近的若干风阀，其余关闭，于是烟气通过排烟风阀吸入排烟道，排烟效果明显。火灾烟气的扩散得到有效控制，火源点两侧的司乘人员均处于安全的空气环境中，且消防队伍可以从火场两侧进攻，消防能力大大提高。但采用这种排烟模式时，需要在隧道内设置排烟风道，增加土建前期投资费用。

火灾排烟模式选定：本工程中隧道暗埋段长度约为：2765 米，为单向交通。隧道明挖暗埋段内，设置人行横通道，盾构井设置车行横通道，火灾时人员和车辆可以通过横通道转入对侧隧道内撤离现场，疏散至地面；隧道盾构段车行道下方设置疏散通道，火灾时，人员可以通过

逃生盖板，进去疏散通道，进行疏散逃生。在火灾情况下，可充分利用这些设施做紧急疏散，因此推荐本项目隧道采用纵向排烟模式。

5、隧道通风系统运营设计

正常工况，利用交通活塞风进行自然通风，当隧道洞口污染物浓度升高时，，打开隧道内射流风机，进行机械通风，直至隧道内污染物浓度降低至规定值。火灾工况，打开火灾隧道全部射流风机，快速将烟气从火灾隧道洞口排出。

6、系统控制

通风系统的控制由中央控制和就地控制两级组成，就地控制具有优先权。隧道射流风机、轴流风机预留与 FAS/BAS 接口，并能够在中央控制室显示运营状态。射流风机采用分组控制，同一里程并联的 3 台射流风机为同步控制。定义车行方向为射流风机安装正向，射流风机耐高温 280℃1h，可逆射流风机要求可逆转风量、风压与正转基本一致。风机带 2D 消声器。风机从静止达到全速启动启动时间不大于 15s；由正转至逆转（逆转至正转）的全速启动时间不大于 30s。

事故工况需于 180s 内完成相应隧道通风设备控制运行，其中包括风机由静止至启动及相关风阀开关的活动时间。

7、隧道电缆廊道、疏散通道通风设计

隧道盾构段电缆廊道、管线廊道采用纵向通风，其中盾构段廊道采用机械送风、机械排风的通风方式。通风量应满足检修人员安全与廊道排热的要求。当廊道温度高于 36℃、有人员进入检修时，自动开启通风系统，检修完毕，且温度低于 32℃时，风机自动关闭，每次风机运行时间不小于 30min。

盾构段每处疏散滑梯的疏散口侧墙处单独设置余压阀和防火阀，火灾时开启疏散通道两侧加压送风机，保证疏散通道内一定正压。疏散通道内风机风量为 55000m^3/h。

5.5.5 附属设备用房通风空调、防排烟设计

1、空调系统设计

工作井弱电机房、照明配电室、通信机房等房间设置空调冷风降温系统。空调形式采用变频多联系统，集中控制器设置于照明配电室。

2、通风系统设计

废水泵房等泵房设计机械通风，通风量按 4 次/h 计算；工作井通风机房设置通风系统，按 6 次/h 计算风量。

工作井弱电机房、照明配电室、通信机房设置过渡季节机械通风系统。工作井弱电机房、照明配电室、通信机房设置气灭系统，房间设置灭火后通风系统，与平时通风系统合用，通风换气量不小于 6 次/h，送排风支管上设置 70℃电动防烟防火阀，火灾时关闭风阀，对房间进行自动灭火，待灭火完毕后收到或者自动打开该房间防烟防火阀，开启相应的送排风机进行通风换气。

3、防排烟设计

风机房、泵房均为设备房间、不属于可燃物较多且经常有人停留的房间，不设置机械排烟系统；通信机房、弱电机房、照明配电室为自动灭火保护房间，不设置机械排烟系统。

长度大于 20m 的内走道设置机械排烟、补风系统。

工作井防烟楼梯间均设置机械防烟系统，火灾时，保证楼梯间余压值 40~50pa，前室余压值 25~30pa。

5.5.6 节能环保设计

1、节能设计

风机（轴流风机、射流风机）及多联空调均选用高效、低能耗设备，能效等级不低于一级标准。

隧道内风机实际运营可根据交通量、车速、污染物浓度及风速情况，调整风机台数，以节约日常运行能耗。

隧道内射流风机采用集中布置的方式，均靠近工作井布置，既能够降低通风系统初投资、运行费用，又能降低电力电缆费用。

2、环保设计

风机、空调等产生的噪声和振动的设备，选择噪声小、运行平稳、性能良好的设备。

对产生振动的设备设置减震基础；设备和管道间设置软接头；风管、水管根据需要设置减震吊架。

隧道内射流风机进出口选用了 2 倍直径消声器，出口噪声声级为 70dB（A）。

隧道出口前设置散排风口，保证洞口空气环境质量。

5.5.7 抗震设计

1、设计范围

1）吊杆计算长度≥300mm 的吊杆悬挂管道，多根管道共用支吊架；

2）矩形截面面积大于等于 0.38m2 的通风空调风管；

3）防排烟系统风道及相应的吊装设备；

4）重量大于 1.8kN 的风机等设备。

2、安装要求

1）每段水平直管道应在两端设置侧向抗震支吊架。每段水平直管道应至少设置一个纵向抗震支吊架；

2）水平管道通过垂直管道与地面设备连接时，管道与设备之间采用柔性连接，水平管道距垂直管道 0.6m 范围内设置侧向抗震支吊架，垂直管道底部距地面超 0.15m 设置抗震支承；

3）水平管道在安装柔性补偿器及伸缩节的两端设置侧向及纵向抗震支吊架；

4）侧向、纵向抗震支吊架的斜撑安装，垂直角度为 45°，且不得小于 30°；抗震支吊架斜撑安装不应偏离其中心线 2.5°；

5）当立管长度超过 1.8m 时在其顶部及底部设置四向抗震支吊架，当长度大于 7.6m 时应在中间加设抗震支吊架；

6）当管道上的附件质量超过 25kg 且与管道采用刚性连接时，或附件质量为 9kg～25kg 且与管道采用柔性连接时，设置侧向及纵向抗震支吊架；

7）抗震支吊架应具有足够的刚度和强度，其与建筑结构应有可靠的连接和锚固，应采用锚栓连接；

8）当抗震支吊架吊杆长细比大于 100 或斜撑件长细比大于 200 时，应采取加固措施；

9）未尽事宜详见《建筑机电工程抗震设计规范》GB50981-2014，抗震支吊架需要专业厂家深化后经设计确认后方可实施。

5.5.8 主要设备材料表

表 5.5.8-1 设备材料表

序号	名称	型号及规格	单位	数量	备注
1	射流风机	直径 1000mm，推力 806N，功率 30kW	台	53	可逆，耐高温 280℃1h
2	VI/CO/NO2 检测仪		套	6	
3	风速风向仪		套	4	
4	温湿度传感器		套	4	
5	轴流风机	风量 36000m³/h；风压 800pa；功率：15 kW	台	4	
6	轴流风机	风量：55000m³/h；风压 1000pa；功率：18.5kW	台	4	
7	轴流风机	风量：44000m³/h；风压 1000pa；功率：18.5kW	台	4	
8	轴流风机	风量：28000m³/h；风压 800pa；功率：11kW	台	5	耐高温 280℃1h
9	轴流风机	风量：14000m³/h；风压 500pa；功率：3kW	台	7	
10	轴流风机	风量：3000m³/h；风压 300pa；功率：0.37kW	台	4	
11	排气扇	风量：1000m³/h；风压 100pa；功率：0.2kW	台	2	
12	管道式消声器	接管尺寸：2000×630,L=1000	套	8	
13	管道式消声器	接管尺寸：800×630,L=1000	套	4	
14	防烟防火阀	外形尺寸 2000X630mm	个	24	
15	防烟防火阀	外形尺寸 1250X630mm	个	12	
16	防烟防火阀	外形尺寸 800X500mm	个	8	
17	防烟防火阀	外形尺寸 800X500mm	个	21	
18	防烟防火阀	外形尺寸 400X320mm	个	8	
19	防烟防火阀	外形尺寸 500X400mm	个	8	
20	防烟防火阀	外形尺寸 800X630mm	个	4	
21	防烟防火阀	外形尺寸 800X500mm	个	6	
22	防烟防火阀	外形尺寸 500X200mm	个	62	
23	电动排烟防烟防火阀	外形尺寸 800X500mm	个	4	
24	排烟防火阀	外形尺寸 1000X500mm	个	2	
25	排烟防火阀	外形尺寸 1000X630mm	个	8	
26	排烟防火阀	外形尺寸 630X400mm	个	1	
27	电动风量调节阀	外形尺寸 1250X630mm	个	4	
28	电动风量调节阀	外形尺寸 400X400mm	个	4	
29	止回阀	外形尺寸 2000X630mm	个	8	
30	止回阀	外形尺寸 800X500mm	个	5	
31	止回阀	外形尺寸 400X400mm	个	4	
32	止回阀	外形尺寸 1250X630mm	个	4	
33	止回阀	外形尺寸 1000X630mm	个	4	耐高温 280℃1h

34	止回阀	外形尺寸 500X320mm	个	8	
35	止回阀	外形尺寸 800X630mm	个	2	
36	止回阀	外形尺寸 1000X500mm	个	1	耐高温 280℃1h
37	余压阀	外形尺寸 500X200mm	个	62	
38	CO2 传感器	测量范围：0~5000ppm，精度±1ppm	台	12	
39	双层百叶风口	外形尺寸：120×1200，铝合金，带人字调节阀	个	8	
40	双层百叶风口	外形尺寸：2000×1000，铝合金，带人字调节阀	个	8	
41	双层百叶风口	外形尺寸：800×800，铝合金，带人字调节阀	个	2	
42	双层百叶风口	外形尺寸：400×400，铝合金，带人字调节阀	个	8	
43	单层百叶风口	外形尺寸：400×400，铝合金，带人字调节阀	个	17	
44	单层百叶风口	外形尺寸：500×500，铝合金，带人字调节阀	个	8	
45	单层百叶风口	外形尺寸：500×1200，铝合金，带人字调节阀	个	3	
46	单层百叶风口	外形尺寸：600×600，铝合金，带人字调节阀	个	1	耐高温 280℃1h
47	单层百叶风口	外形尺寸：800×800，铝合金，带人字调节阀	个	8	耐高温 280℃1h
48	多联空调室内机	单冷型室内机，Q=10kW 、 N=0.2kW 、220V，风管机	台	6	自带凝水提升装置，提升高度≥800mm 其中四面出风式均自带风口百叶
49	多联空调室外机	单冷型，制冷量：70Kw，N=55kW	台	1	
50	双面彩钢复合风管	不燃 A 级，导热系数≤0.023W/m.K，抗压强度 300Kpa，δ=30mm；耐火时间不小于 1.5h；内层彩钢板厚度不小于 1.5mm	㎡	1300	
51	变径管（天圆地方）	规格尺寸根据设备接口及相应风管尺寸确定，采用 1.2mm 镀锌钢板制作，耐高温 280°/h	个	10	
52	变径管（天圆地方）	规格尺寸根据设备接口及相应风管尺寸确定，采用 1.2mm 镀锌钢板制作	个	50	
53	防火板	板材厚度不小于 12mm，耐火极限不低于 1.5h	㎡	600	
54	自动排气阀	DN25，PN16	个	1	
55	热浸镀锌钢管	DN32，PN16	m	200	
56	热浸镀锌钢管	DN25，PN16	m	100	
57	冷媒管	内含 VRV 液管、气管及电线电缆	m	260	
58	分歧管		个	6	
59	泡沫玻璃		项	1	
60	VRV 空调系统集中控制器		套	1	
61	VRV 空调系统线控器	每台室内机一套	个	6	
62	橡塑管壳（室内冷媒管保温）	δ=30mm，密度 64kg/mˆU3ˆU，导热系数≤0.038W/m.K；外缠 3 层不燃玻璃布，再刷防火涂料	m³	0.5	
63	橡塑管壳（室外冷媒管保温）	δ=30mm，密度 64kg/mˆU3ˆU，导热系数≤0.038W/m.K；外缠 3 层不燃玻璃布，再刷防火涂料	m³	0.5	
64	热镀锌桥架	热镀锌钢板厚度不小于 1.2mm，尺寸：100x100～300x100mm	项	1	冷媒管敷设
65	支吊架型钢组合		项	1	
66	抗震支吊架		套	20	
67	不锈钢防虫网	孔径 10mm	项	1	
68	管道标识		项	1	
69	防火封堵		项	1	
70	混凝土		项	1	

5.6 隧道给水排水和消防

主要包括设计原则，设计标准，隧道给水系统，废水、雨水排水系统，消防系统，消防设备控制要求，主要设备材料表等。

5.6.1 工程概况

府东路过江通道工程，位于瓯越大桥东侧约 2km，为温州市区至温州北站的一条快捷城市主干通道。本项目隧道全长 3065m，其中：盾构段左线长 1940m，右线长 1952.67m，南北两端各设 1 座盾构井，内径长 23.0mX48m，北岸暗埋段（含盾构井）长 535m，北岸敞开段长 150m；南岸暗埋段（含盾构井）长 290m，南岸敞开段长 150m。

5.6.2 设计范围

本次设计内容包括隧道内所有雨水泵房、废水泵房的给排水消防系统布置，以及隧道洞内外消火栓给水系统、泡沫喷雾灭火系统、灭火器配置。

5.6.3 设计依据及规范

1、《城市道路隧道设计标准》（DB 33/T1256-2021）（浙江省地标）；

2、《公路隧道设计规范》（JTGD 70/2-2014）；

3、《建筑设计防火规范》（GB 50016-2014）（2018 年版）；

4、《消防给水及消火栓系统技术规范》（GB 50974-2014）；

5、《泡沫灭火系统设计标准》GB 50151-2021；

6、《室外给水设计标准》（GB 50013-2018）；

7、《气体灭火系统设计规范》（GB 50370-2005）；

8、《气体灭火系统施工及验收规范》（GB 50263－2007）；

9、《建筑灭火器配置设计规范》（GB 50140-2005）；

10、《室外排水设计标准》（GB 50014-2021）；

11、《建筑机电工程抗震设计规范》（GB 50981-2014）；

12、《给排水管道工程施工及验收规范》（GB50268-2008）；

13、《建筑给水排水及采暖工程施工质量验收规范》（GB 50242-2002）；

14、国家、行业或地方其他标准；

15、业主单位和其他相关部门提供的其它基础资料。

5.6.4 设计原则

1、隧道消防系统管网设为环状布置，同一时间内发生火灾数按 1 处考虑。

2、隧道消防给水系统应安全可靠，并满足各用水点对水量、水质和水压的不同要求

3、隧道消防水源采用自来水，消防泵房、消防水池设置在运营管理中心地下一层，消防时消防泵从消防水池吸水。

4、隧道明挖段设置室内消火栓系统；盾构段设置室内消火栓及泡沫水喷雾联用系统等水消防系统，并全线设置灭火器，以迅速可靠地扑灭各类初期火灾；

5、报警系统迅速、准确可靠，消防救援及时。

6、隧道主线最低点处设置废水泵房，将消防废水、冲洗废水及结构渗入水加压后排至地面市政污水管网。

7、在隧道主线和匝道口设置横截沟和雨水泵房拦截收集从隧道敞开段进入的雨水，通过泵房加压后排出隧道。

8、各种设备选型应遵循技术先进，节能环保、性能优良，可靠性高，规格尽可能统一，便于维修保养的要求。

5.6.5 设计技术标准

1、本工程隧道属于二类城市道路长隧道，主体隧道消防系统设计标准如下：

（1）同一时间全线发生火灾次数按一次计；

（2）隧道主线双向四车道及匝道每隔 50m 设置一组消火栓箱；主线双向六车道及展宽段每隔 40m 设置一组消火栓箱，箱内设置两个消火栓；

（3）隧道内消火栓用水量为 20L/s，最不利点消火栓栓口处的出水压力不小于 0.30Mpa，火灾延续时间为 3h；

（4）隧道室外消防用水量为 30L/s，火灾延续时间为 3h；

（5）隧道盾构段内泡沫水喷雾联用系统，泡沫混合液供给强度≥6.5L/min·m^2，泡沫喷雾持续时间 20min，泡沫混合比 3%，水喷雾防护冷却持续时间 40min，喷头最不利点工作压力 0.40Mpa，系统响应时间不大于 45s；

（6）隧道主线双向六车道及展宽段双侧交错设置灭火器，单侧间距 40m；主线双向四车道及匝道单侧布置灭火器，间距 50m，每处设置 4 具 5Kg 装磷酸铵盐灭火器。

2、隧道给排水系统设计标准与参数如下：

(1)隧道敞开部分雨水按暴雨重现期 50 年设计，地面集流时间按坡面流计算确定,径流系数 0.9，按照温州市主城区暴雨强度公式计算雨水量，暴雨强度公式:$q=781.307\times(1+0.867\lg P)/(t+5.029)^{0.429}$(L/s•$hm^2$)；

(2)雨水泵房的配泵流量按 1.2 倍设计雨水量考虑，并设置备用泵；

(3)排水管道粗糙系数为：球墨铸铁管：n=0.013；镀锌钢管：n=0.012；UPVC 加筋管或衬塑、涂塑钢管：n=0.010；

(4)结构渗水量按 0.10L/d·m^2 计；

(5)冲洗水量按 8.0m³/d 计（消防时不考虑冲洗水量）；

(6)废水量按消防水量及结构渗透水量设计。

5.6.6 消防系统设计

5.6.6.1 消防水源

隧道消防水源采用城市自来水，在北岸运营中心地下一层设一座消防水池及泵房。消防泵房内设一套消火栓泵组，包括 2 台消火栓主泵（一用一备）及稳压装置；一套水喷雾泵组，包括 3 台主泵（二用一备）及稳压装置；一套泡沫液泵组，包括 2 台主泵（一用一备）。从就近市政给水管上引入一条 DN100，其中分一路 DN100 作为消防水池补水管，市政管网压力按 0.14Mpa 计。

5.6.6.2 消火栓系统

由消防泵房内消火栓泵组引出二根 DN150 的出水管，在隧道内全线贯通，形成安全可靠的消火栓总管环网。隧道主线双向六车道及展宽段每隔 40m 设置一组消火栓箱；主线双向四车道及匝道每隔 50m 设置一组消火栓箱，具体位置以土建预留洞室为准。每个消火栓箱内设单头单栓消火栓两只，Φ65×25m 水带两盘，Φ19 多功能水枪两把。隧道全线共设室内消火栓箱 148 组。在消火栓总管上每隔 5 组消火栓设一只检修蝶阀，在总管每个高点设放气阀，每处低洼点设放水阀。在大小桩号洞口附近各设置一处室外消火栓和水泵接合器，与室内消火栓总管环网相连。

隧道内消火栓系统管网水量为 20L/s，最不利点消火栓栓口处的出水压力不小于 0.30Mpa，水枪充实水柱不小于 10m。隧道内消火栓栓口动压超过 0.5MPa 处，装减压稳压消火栓，系统最大压力不超过 1.0MPa；隧道外消火栓系统流量为 30L/s。消火栓泵性能为：Q=20L/s，H=70m，P=30kW；稳压泵性能为：Q=1L/s，H=30m，P=0.75kW，配 SQL800×0.6 气压罐。

5.6.6.3 泡沫－水喷雾联用灭火系统

两孔隧道全线设置泡沫－水喷雾联用灭火系统。隧道泡沫水喷雾灭火系统由供水管路、泡沫水喷雾泵及稳压装置、泡沫泵、泡沫罐、气压罐、隧道专用泡沫喷雾控制阀组、隧道专用泡沫喷雾喷头及配件以及火灾报警联动控制系统等组成。由消防泵房内泡沫－水喷雾泵组引出二根 DN300 的出水管，泡沫原液泵组引出二根 DN80 的泡沫液原液管，在隧道内全线贯通，形成安全可靠的环网。系统沿隧道纵向划分灭火分区，每 20m 为一个灭火分区，在每孔隧道行车方向左侧每隔 40m 设置一组泡沫喷雾阀箱，内含两套隧道专用泡沫喷雾阀组，喷头安装间距为 5m。每分区按照喷头的布置间距布置隧道专用泡沫喷头，主线及匝道段喷头单侧布置，隧道展宽段喷头双侧布置。隧道泡沫喷雾按 3 个灭火分区同时喷放计算系统设计流量及相应的灭火设施。火灾次数按一次考虑，当发生火灾时，系统同时启动火灾点所在及其相邻的 2 个灭火分区进行灭火，并与火灾报警的探测分区一一对应，灭火结束后，隧道内应启动通风、除湿的通风系统。

1、设计参数：

(1)泡沫混合液供给强度 Q≥6.5L/min•m^2

(2)泡沫喷雾持续时间 t=20min，水喷雾防护冷却持续时间 t=40min

(3)泡沫液型号 3%AFFF 水成膜泡沫

(4)泡沫混合比 3%

(5)隧道专用泡沫喷头最低工作压力 0.40Mpa

(6)系统响应时间不大于 45s

2、工艺计算

(1)保护面积计算

$S=L\times B(m^2)$

(2)保护区所需泡沫混合液量

$Q_{混}=S\times Q$（Q-泡沫混合液供给强度 6.5L/min•m^2）

(3)泡沫原液量

$Q_{原}=3\%\times Q$ 混

(4)泡沫总用量

$W_{原}=Q_{原}\times T$

(5)泡沫储存量

$W_{泡}=1.1W_{原}$（1.1-安全系数）

根据 W 泡选择泡沫罐的体积

(6)泡沫-水喷雾系统设计流量

$Q_{系}=1.1\times 97\%\times Q_{混}$（1.1-裕度系数）

供水系统流量按 3 个灭火分区同时喷放的流量计算，根据隧道平面及断面的布置，隧道断面宽度为 12m，最大 3 个防火分区的保护面积为 1030m^2，根据保护面积及喷头的选型布置，经计算，$Q_{混}$=123L/s，最不利点喷头处压力 0.40MPa。

3、主要设备选型

(1)隧道专用泡沫喷头的选型

根据隧道路面宽度、高度和隧道专用泡沫喷头的设计参数选用合适的泡沫喷头，本次选用远近射程的组合喷头，流量系数 K=210，喷头流量为 429L/min；

(2)隧道专用泡沫喷雾控制阀组的选型

隧道专用泡沫喷雾控制阀组是隧道专用泡沫喷雾灭火系统的关键部件，集雨淋阀、比例混合器、电磁阀、信号蝶阀、压力开关等多个部件于一体的标准组件。在接收到消防报警控制器的控制信号后能立即启动,将来自系统总管道的消防水和来自泡沫液管道的泡沫原液混合成 3%水成膜泡沫混合液，通过管网输送给隧道专用泡沫喷雾喷头扑灭火灾。

隧道共设 172 组隧道专用泡沫喷雾控制阀组,混合液流量 28.6L/s,连接水管管径为 DN100，泡沫接管管径 DN25。

(3)供水泵及管道的选型

供水系统流量按 3 个灭火分区同时喷放的喷头流量之和计算，本工程泵房供水系统最大流量均采用 $Q_{系}$83.2L/s，根据经济供水管流速和系统设计流量确定供水管道管径为 DN300。消防泵房设水喷雾泵 2 台（一主一备），水泵性能：Q=130L/s，H=90m，P=200kW；稳压泵性能为：Q=2L/s，H=30m，P=2.0kW。

(4)泡沫泵及泡沫管道的选型

泡沫原液量 $Q_{泡系}$=2.6L/s，根据《泡沫灭火系统设计规范》规定泡沫管道内的泡沫流速计算出泡沫管道直径为 DN80。泡沫间设置 12t 水箱一只，储存 12t 泡沫液，泡沫泵 2 台（一主一备）水泵性能为：Q=3L/s，H=100m，P=11kW。

4、系统供水及泡沫原液的供给

本设计项目消防用水储存在管理用房消防水池内，水池有效容积 650m^3，经泵房吸水加压后，通过两根 DN300 的水喷雾供水总管，接入隧道水喷雾供水管并连接成环，同样消防泵房内的泡沫原液泵出液管上引出两根 DN80 的泡沫原液管，接入敷设在每条隧道内的泡沫原液环管供泡沫原液，并连接成环。整个系统平时在比例混合器前泡沫管道及水喷雾管道内充满泡沫原液及水。

5、系统管道其他阀件的配置

系统供水管道：进入隧道的供水管前设有过滤器、控制阀信号阀及水流指示器，在系统供水环管上每 200m 设置一只检修闸阀；消防给水管道穿越路面时应有保护措施，穿越结构变形缝时需考虑抗变形措施。

DN80 水成膜泡沫原液管道穿越结构变形缝时，需安装不锈钢金属波纹管。泡沫原液管道每 5 个阀组设置检修阀，同样在进入隧道的两端泡沫原液管上设置信号阀和水流指示器等。

6、泡沫－水喷雾系统控制

系统具有自动控制、手动控制和应急操作三种启动方式。

(1)自动控制

隧道内泡沫喷雾系统平时处于战备状态，即：系统供水为稳高压系统，稳压泵启泵压力 Ps1=0.27Mpa，稳压泵停泵压力 Ps2=0.32Mpa。灭火系统的启动方式为同时启动相邻的 3 个防火分区（60m 范围）。当发生火灾时，由两路探测器火灾确认并发出火警信号，消防联动控制系统打开相应火灾区和紧邻车行方向两个区泡沫控制阀中的雨淋电磁阀和泡沫电磁阀（雨淋电磁阀和泡沫电磁阀开启反馈信号传回消防控制中心），当供水管道压力下降到 0.20Mpa 时，压力开关启动水喷雾主泵；同时泡沫原液管道压力下降，泡沫泵工作。泡沫原液经比例混合器混合后，向灭火分区供泡沫混合液，经专用泡沫喷头进行灭火。

(2)手动控制

当人员发现现场出现火灾时，可按下手动报警按钮，向消防联动控制系统发出火灾信号并联动打开火灾区（两个区）泡沫控制阀中的雨淋阀和泡沫电磁阀。系统开始上述运行方式进行灭火。

(3)应急操作

当监控系统和手动控制出现故障时，可由值班人员现在操作开始雨淋阀和泡沫控制阀，使系统运行灭火。

7、火灾报警系统的要求

每个保护区应有独立的两路火灾报警探测系统（每组泡沫喷雾系统与火灾报警系统一一对应），当发生火灾时应能在两路报警确认火灾后联动开启火灾区域的隧道专用泡沫喷雾控制阀进行灭火，并及时反馈信号至消防控制中心启动相应的报警和警报装置。

8、阀箱及喷头的布置要求

隧道专用泡沫-水喷雾控制阀组布置在隧道的内侧壁，阀组正面朝车道方向，阀箱箱底离隧道底部高度不大于 0.8m。

隧道专用泡沫/喷雾喷头的布置，根据选用喷头安装间距、安装高度和喷头喷洒范围曲线进行布置。

5.6.6.4 灭火器及地面消防设施

1、灭火器的布置

隧道主线双向六车道及展宽段双侧交错设置灭火器，单侧间距 40m，行车方向左侧与消火栓箱结合设置，行车方向右侧为独立设置灭火器洞室；主线双向四车道及匝道单侧布置灭火器，间距 50m，与消火栓箱结合设置，每处设置 4 具 5Kg 装磷酸铵盐灭火器，具体位置以土建预留洞室为准。鉴于隧道内可能发生的火灾多为 A、B、E 类火灾，每组箱内设 5kg 装磷酸铵盐灭火器 4 具。

2、地面消防设施

在隧道两端主洞口附近共设置 20 套水泵接合器，每处洞口设置 2 套与消火栓系统干管接通，3 套与水喷雾泵系统干管接通。

5.6.6.5 七氟丙烷气体灭火系统

本工程在南、北岸设备房照配室、高压开关柜室、变配电室、弱电设备室、民用通信设备室等房间设置柜式七氟丙烷气体灭火装置。照配室、高压开关柜室、变配电室设计浓度为 9%，喷射时间不大于 10s；弱电设备室、民用通信设备室设计浓度为 8%，喷射时间不大于 8s。气体灭火系统防护区净高 2/3 以上设置泄压口。

七氟丙烷药剂用量为：

$$W = K \cdot \frac{V}{S} \cdot \frac{C}{(100 - C)}$$

式中:

W——七氟丙烷的灭火设计用量（Kg）；

K——海拔高度修正系数（取 K=1）；

C——七氟丙烷灭火设计浓度（%）；

S——七氟丙烷过热蒸汽在 101Kpa 和预防区最低环境温度下的比容（m3/Kg）；

V——防护区的净容积（m^3）

其中:S=K1+K2×T

式中：T——温度（℃）

K1——0.1269

K2——0.000513020℃时，S=0.13716

5.6.7 排水系统

5.6.7.1 隧道内废水排水系统

1、泵房设计规模

隧道废水泵房由隧道结构渗水，隧道冲洗废水及消防废水三部分组成。消防时不考虑隧道冲洗废水量，废水泵房的设计流量均为 120L/s。隧道内消防废水、冲洗废水、结构渗入水等沿明沟及分段设置的横截沟汇至工作井及每条隧道最低点处设置的废水泵房。

2、废水泵房设置

隧道全线共设 4 座废水泵房，其中江中低点两座，南北工作井内各一座。全线隧道各废水泵房水泵配置及出水方向详见下表：

表 5.6.7-1 废水泵房设备配置一览表

名称	位置	水泵配置	单泵性能	出水方向
右线江中废水泵房	K1+738	平时 2 台泵，平时轮换使用，消防时同时使用	Q=150m3//h，H=60m，P=45kW	接入地面压力消能井，纳入地面排水系统
左线江中废水泵房	K1+738		Q=150m3//h，H=60m，P=45kW	接入地面压力消能井，纳入地面排水系统
北岸工作井废水泵房	北盾构工作井		Q=300m3//h，H=40m，P=37kW	接入地面压力消能井，纳入地面排水系统
南岸工作井废水泵房	南盾构工作井		Q=300m3//h，H=40m，P=37kW	接入地面压力消能井，纳入地面排水系

5.6.7.2 雨水排水系统

1、雨水设计流量

隧道雨水系统用于排除隧道敞开段雨水，雨水通过横截沟排入雨水集水池内，通过潜水泵提升经消能井后重力排至室外雨水检查井。

本项目采用温州市暴雨强度公式:

$$q = 781.307 \times \frac{1 + 0.867 \lg P}{(t + 5.029)^{0.429}} \quad (L/s.hm^2)$$

式中：

t：坡面集水时间（min），本设计中坡面集水时间 t 按 5min 计算；

P：设计重现期，取 50 年；

隧道敞开段雨水量为：Q=q·ψ·F

式中：Q：雨水量（L/s）；

Ψ：径流系数，本设计中取 1；

F：汇水面积（ha），包括 U 型槽敞口面积及 U 型槽一半侧墙面积。

2、雨水泵房布置

隧道全线共设 4 座雨水泵房，各泵房水泵配置及出水方向详见下表：

表 5.6.7-2 雨水泵房设备配置一览表

北岸主线泵房	K0+344	4 台泵，平时互为备用，必要时同时使用	Q=500m³//h，H=15m，P=37kW	接入地面压力消能井，纳入地面排水系统
南岸主线泵房	K3+091.47		Q=660m³//h，H=15m，P=45kW	接入地面压力消能井，纳入地面排水系统
北岸 A 匝道雨水泵房	AK0+149.17	3 台泵，平时互为备用，必要时同时使用	Q=500m³//h，H=15m，P=37kW	接入地面压力消能井，纳入地面排水系统
北岸左线 B 匝道雨水泵	BK0+288.55		Q=450m³//h，H=15m，P=37kW	接入地面压力消能井，纳入地面排水系统

5.6.8 管材选用

1）室外给水管采用球墨铸铁给水管，橡胶圈接口。

2）隧道内消防给水管均采用内外涂塑无缝钢管，DN≤65 时螺纹连接，DN≥80 时采用沟槽连接。

3）泡沫液管道采用不锈钢管，双卡压连接。

4）隧道内压力排水管均采用内外热镀锌钢管。

5）室外重力排水管采用双壁波纹 HDPE 管（环刚度不小于 8kN/m²），承插式连接。

隧道给排水管在过隧道结构伸缩缝时设金属软管。

隧道内各类管道的管材和管道阀门及套管的设置均应满足人防专业的要求。

5.6.9 抗震设计

根据《建筑机电工程抗震设计规范》GB50981-2014，本工程室内给水、排水及消防管道（DN≥65）应设置抗震支吊架。对于刚性连接的金属管道，侧向抗震支吊架最大间距为 12m，纵向抗震支吊架最大间距为 24m；对于柔性连接的金属管道、非金属管道及复合管，侧向抗震支吊架最大间距为 6m，纵向抗震支吊架最大间距为 12m。

5.7 隧道照明

为了有效地缓解隧道的“黑洞”和“白洞”效应，将隧道照明分为入口段、过渡段、中间段、出口段。入口段、出口段是在进入隧道后和离开隧道前为消除“黑洞”和“白洞”现象适应所需要的照明区间，过渡段是为了防止由于推迟亮度适应而降低视度所设的照明区间，中间段为隧道内部除入口段和过渡段的照明区间。

5.7.1 照明光源选型

隧道照明的光源应满足隧道特定环境下的光效、光通量、光衰减、寿命、光色和显色性、成本要求；同时还能保证在汽车排放形成的烟雾中有良好的能见度。隧道照明的效果必须依靠可靠的光源来实现。目前，各类常规光源中普遍应用于隧道照明中的有高压钠灯、荧光灯、金卤灯、LED 灯。

综合考证隧道内的环境条件和交通需求，并积极响应关于在道路照明工程中积极推广采用 LED 绿色照明光源的倡议，隧道照明光源拟选用工艺成熟、具有丰富使用经验的 LED 隧道灯，以促进节能、环保。其中隧道照明采用 LED 隧道灯，设备用房采用 LED 日光灯或 LED 面光源。

5.7.2 照度标准及计算

隧道内根据《LED 城市道路照明应用技术要求》GB/T 318325 相关规定，参照《公路隧道照明设计细则》JTG/T D70/2-01 指导原则设置功能照明，经过综合检算，隧道照明标准如下表所示，其中：

(1)路面为沥青混凝土路面，亮度折减系数取 151x/cd·m2，照明养护系数 M 取 0.7。

(2)主线洞外亮度取值暂按 3500/cd·m2 设计，照明停车视距取 64.0m，入口段亮度折减系数取 0.022。

(3)隧道内中间段亮度标准取 6.0cd/m2，照度标准取 90.01x，路面亮度总均匀度不小于 0.4，路面中线亮度纵向均匀度不小于 0.6。

(4)照明灯具安装高度按 5.2m 计算，设计交通量详见交通量预测篇。

表 5.7.2-1 隧道照度计算表（主线 60km/h 时速）

	计算亮度（cd/m2）	计算照度（1x）	计算长度（m）	光源类型	灯具功率	单灯光通量（1m）	灯具数量	照度验算
入口段 1	88.00	1320.00	20	LED 灯	200	20000	36	1478
入口段 2	44.00	660.00	20	LED 灯	100	10000	36	796
过渡段 1	26.40	396.00	50	LED 灯	50	5000	90	455
过渡段 2	8.80	132.00	70	LED 灯	50	5000	14	151
中间段	6.0	90.0	通长	LED 灯	15W/m			113
出口段 1	18.0	270.0	30	LED 灯	50	5000	54	455
出口段 2	30.0	450.0	30	LED 灯	50	5000	54	455

5.7.3 灯具布置

隧道车道部分灯具配置方式根据灯具的配光、路面亮度分布、闪光、运行的灵活性、维护检修、经济性等因素进行选择。主要有中线排列、交错排列和对称排列等几种方式。结合本工程的实际情况，隧道全线采用对称排列方式。

隧道主线采用 15W 一套，长度 1m 的 400V 直流 LED 连续灯通长双侧布置作为一般照明，在出口及入口按照规范设置同样为直流照明系统的加强照明灯具。

隧道洞口 U 型槽两侧间隔 10 米对称布置功率为 100W 的 LED 灯，尽可能保持同一水平线，安装高度距地不低于 2.5m。在明挖段与盾构段的电缆廊道以及盾构段的水管通道中采用间隔 10 米单排布置的 30W LED 灯具配合 36V 低压直流的应急照明灯与疏散指示灯。盾构段的疏散通道由于设置了中隔墙，选择在中隔墙两侧分别使用其余廊道的灯具配置方式。

5.7.4 应急照明

(1)隧道内选取 6W 的应急照明灯作为应急照明光源，应急照明均匀分布于正常照明中，以优化照度的均匀性。应急照明平均照度不低于不低于 51x。

(2)在隧道内、横通道内及在发生火灾时仍需工作的场所均按规范要求设置应急照明。在隧道内、横通道内等处均设置疏散指示标志；在隧道安全出口、横通道口、楼梯口等处均设置安全出口标志；在紧急电话、消防设备、横通道等处均设置指示标志。横通道内、疏散通道内、走廊及楼梯间内应急照明平均照明不低于 51x。

(3)各类消防疏散指示标志和消防应急照明灯具均应符合现行国家规范《消防安全标志》和《消防应急灯具》的有关规定。

(4)各类灯光疏散指示标志设有玻璃或其他非燃烧材料制作的保护罩或本身为非燃烧材料。

(5)消防应急照明和疏散指示灯的供电电源切换时间不超过 0.3s，持续供电时间不低于 3h；隧道内应急照明及各类指示标志均由应急照明集中电源装置集中供电。

5.7.5 隧道照明控制

本工程隧道照明拟采用按最大需求设计、按实际需求运行的控制策略。为有效配合 LED 光源，更大限度的促进照明节能，引入 LED 照明智能控制系统。

当前，主流的 LED 隧道照明智能控制系统主要有：

(1)回路调光控制系统：在照明配电回路首段设置回路控制模块即可实现对回路的整体调光控制，其优点是系统简单、可靠，维护比较方便，缺点是不能实现单灯调光。

(2)RS485 控制系统：采用 Modbus 总线技术和对灯具进行编码实现照明灯具逐一控制，其优点是传输距离远，速度快，且不易受到环境的影响。

(3)电力载波控制系统：利用现有电力线，通过载波方式将模拟或数字信号进行高速传输的技术。最大特点是不需要重新架设网络，只要有电线，就能进行数据传递，缺点是信号稳定性较差。

三种 LED 隧道照明智能控制系统比较如下表所示：

表 5.7.5-1LED 隧道照明智能控制系统对比表

	响应速度	稳定性	传输距离	单灯控制	造价
回路调光控制系统	最快	高	最远	否	低
RS485 控制系统	慢	低	近	是	高
电力载波控制系统	快	高	远	是	高

考虑到隧道照明工程对照明稳定性要求较高，均为长距离线性分布，且隧道内基本不受外界自然光影响，照明形式比较单一，采用单灯控制意义不大，因此本工程拟采用回路调光控制系统，如下图所示：

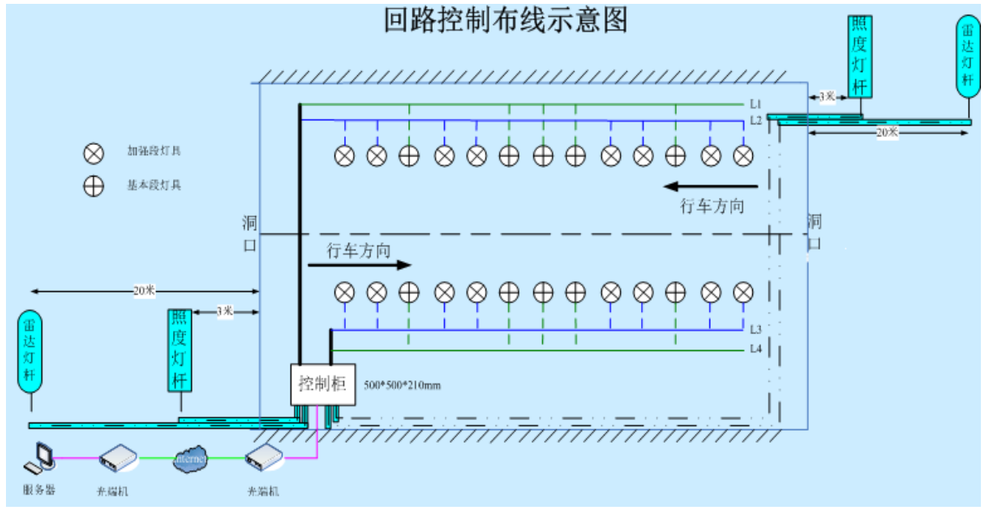


图 5.7.5-1 智能照明回路调光控制系统示意图

一般的，回路调光控制系统上行采用 Ethernet 通道，遵循 TCP/IP 协议，与监控中心通信遵循应用层通信协议；下行支持 4 通道 0~10V 模拟调光接口，单路最大输出电流 250mA；并附有额外一路 RS485 总线通道，可以用于连接电能表、光传感器、车流量传感器等。一方面，系统通过上位机控制软件进行远程操作，如开关、调光、策略调光、工作状态查询等操作功能，支持地图模式显示其具体位置，另一方面，系统可接收灯具定时上传的实时功率、调光幅度等重要参数和灯具故障报警显示信号。

在正常情况下，照明系统分二级进行控制，第一级为自动控制，自动控制为默认的控制方案，也是最优先考虑的控制方案。第二级为手动控制，手动控制为自动控制的一个补充。控制命令的执行优先级与控制方法的选择优先级相反，执行控制命令时手动控制的具有最高优先级，其次自动控制。

(1)光强检测值自动控制

在正常情况下，照明自动控制的优选方案为光强检测值控制。该方案根据洞外光强检测仪测得的实际亮度值，判断对应的照明开启等级，再根据该照明等级开启或关闭相应照明。

(2)时序自动控制

当光强检测仪损坏或其它原因导致采用光强检测值自动控制方法不能取得预期效果时，可以采用照明的时序自动控制。

因为每一天内各时序的光线强度是不同的，为达到节约能源和有效利用资源的目的，其照明控制也采用按不同时序的控制方案。

在该方案中，照明的控制不受光强检测仪的限制，将一天大致分为黎明、白天、傍晚和夜间四个时序，对这四个时序分别进行相应的照明控制。因这四个时序的起始和终止时刻还与季节有关，故根据不同的季节进行时序划分可以更进一步提高划分精度，进而节约电能。

(3)车流量判断的辅助控制

夜间执行时序自动控制时，系统可根据车流量信息控制隧道内照明，便于节能。

(4)照明的手动控制

当自动控制方法失效时，隧道内的照明控制还通过监控中心和现场工作站由操作人员进行人工手动控制。手动控制时，操作人员根据光强检测仪的读数、车流量信息、实际的天气状况等自行判断开启/或关闭照明。照明的手动控制策略主要包括监控中心处成组控制（自定义群控）以及现场就地手动控制。

5.7.6 LED 灯具主要技术要求

(1)安全要求：LED 隧道灯的安全要求应符合 GB7000.1-2007、GB7000.5-2007、GB24819 的规定，防护等级应不低于 IP65。

(2)工作条件：LED 隧道灯应在额定电源电压的 90%~105%以及-30℃～+45℃条件下正常启动和燃点。

(3)电气条件：LED 隧道灯在额定电压和额定频率下工作时，实际消耗的功率与额定值之差应不大于 10%，功率因数不低于 0.95。LED 隧道灯的电磁兼容规定应符合 GBT 24907-2010 第 5 章的规定。

(4)结构要求：LED 隧道灯的结构应用 GB 7000.1-2007 中第 4 章规定，灯具应便于安装，安装角度应能灵活调节。

(5)防尘和防水：LED 隧道灯具的防尘和防水等级应至少为 IP65。灯具驱动控制器外置时，控制器的防尘和防水等级也应该至少为 IP65。

(6) LED 器件要求采用成熟的功率型产品，应选用低热阻、散热良好、低应力的封装结构及高折射率、抗劣化封装材料，具有导热率高、光衰小、光色纯、无重影等特点，保证 LED 工作的稳定性、可靠性及高效性。器件允许工作结温≥125℃。灯具与器件装配后，在 25℃时，满负荷稳定工作，其 LED 芯片结温的温升≤65℃。灯具初始整灯光效应不低于 100lm/W，PN 节至封装底座的热阻：≤11℃/W。

(7)使用寿命：芯片应采用国外原装进口高质量芯片（如科锐、日亚、飞利浦、欧司朗等），光源寿命不应低于 50000 小时。在此寿命期内，整灯光通量应能保证不低于 70%的额定光通量，产品 3000 小时的整灯光通维持率应不低于 96%，6000 小时的整灯光通维持率应不低于 92%。

(8)灯具应为成套灯具，灯具与驱动器分离，采用恒流源驱动，技术先进、生产工艺成熟可靠、结构紧凑、便于安装和维护、外观上与周围景观相协调。

(9)灯具应具备短路保护功能，灯具进线孔应与设计采用的电缆及不锈钢软管接头相配，并应设有导出（入）口密封装置，密封等级 IP65。灯具的驱动器应能在电网发生电压/频率异常波动时（指超过正常工作范围）实行自我保护方式运行（自锁或降功率）避免受到损害，驱动器寿命要求不低于 30000h。

(10)LED 发光模块采用单元式结构，便于维护。单元模块损坏后，用简单工具，能在现场方便快捷地更换和维修。LED 隧道灯的电源模组、光源模组应可现场更换，且替换后防护等级不应降低。

(11)LED 初始整灯光效不应低于 100 lm/W，色温 3500K<Tc<5000K，色温一致性<500K，显色指数不低于 80。驱动电源应预配置调光模块，采用恒流源输出，单路输出不宜采用并联的方式驱动多个（组）LED。

5.7.7 接地设计及电气安全

(1)本工程低压配电系统接地采用 TN-S 形式，所有设备、灯具的外壳须与 PE 干线可靠连接。

(2)在隧道内设置接地网。在隧道两侧电缆支架上分别敷设一条 50x5 接地扁钢，并分别在隧道两端布置垂直接地极。隧道内间隔 200 米做横向贯通，并可靠连接。接地电阻值不大于 1 欧姆，施工应实测，若接地电阻达不到要求，增加接地极或采取其它措施。

(3)凡正常不带电，而当绝缘破坏有可能呈现电压的一切电气设备金属外壳、电缆桥架、金属穿线管及设备基础均应可靠接地。

(4)变电所、泵房、设备机房等处均设置局部等电位联结。电源的 PE 干线，公共设施的金属管道及建筑物金属结构均与局部等电位端子箱联结。

(5)所有金属管件、配电箱、水泵设备以及进出泵房的管道均需与等电位联接端子排可靠联接。金属栏杆等金属物件应做好接地处理。插座回路、插座箱及景观回路设漏电开关。

(6)不间断电源 UPS 输入和输出端均设置隔离变压器。隔离变压器采用 TN-S 接地型式，变压器中性点可靠接地。

5.8 隧道供电

5.8.1 概述

(1)总体设计方案

本隧道工程用电负荷量大，且呈线性分布，一、二级负荷较多。为保证供电可靠性要求，工程系统内部采用双端分区供电方式，即：在隧道北侧的管理用房及南侧的工作井附近各设置一座 10/0.4kV 配电所，各变电所为隧道用电负荷提供电源。隧道内参照《城市道路交通设施设计规范》设置功能性基本照明，照明光源拟采用节能、高效的 LED 灯，隧道两端洞口设置加强照明，并采用智能 LED 照明调光控制系统。

(2)设计依据的标准、规范

《城市地下道路工程设计规范》 （CJJ221-2015）

《城市道路交通设施设计规范》 （GB50688-2011）

《城市道路照明设计标准》 （CJJ45-2015）

《20kV 及以下变电所设计规范》 （GB50053-2013）

《供配电系统设计规范》 （GB50052-2009）

《低压配电设计规范》 （GB50054-2011）

《通用用电设备配电设计规范》 （GB50055-2011）

《建筑设计防火规范》 （GB 50016-2014）2018 版

《电力工程电缆设计标准》 （GB50217-2018）

《火灾自动报警系统设计规范》 （GB 50116-2013）

《建筑物防雷设计规范》 （GB 50057-2010）

《建筑物电子信息系统防雷技术规范》 （GB50343-2012）

《建筑照明设计标准》 （GB50034-2013）

《交流电气装置的接地设计规范》 （GB50065-2011）

其它供参考的标准、规范包括：

《公路隧道照明设计细则》 （JTG/TD70/2-01-2014）

《公路隧道设计规范》第二册 交通工程与附属设置（JTG D70/2-2014）

《消防设备电源监控系统》 (GB28184-2011)

《交流电气装置的接地设计规范》 (GB/T 50065-2011)

《建筑机电工程抗震设计规范》 (GB50981-2014)

(3)主要设计原则、技术标准

1）隧道供配电系统应满足安全、可靠、经济、运行灵活的要求，确保隧道能安全可靠维持正常运行，并满足国家供配电设计规范中各类负荷的供电要求。

2）供电设计在保证供电可靠性、投资合理的前提下，供电系统接线应尽量简单、统一，以利于工程实施及以后运营管理的方便。

3）系统供电容量按远期最大负荷设计，并考虑一定的裕量。正常运行时，两台配电变压器分列运行；当一路电源失电或一台配电变压器退出运行时，由另一台配电变压器承担供电范围内的所有一、二级负荷。

4）设备选型全部采用国产设备，技术先进，成熟并经过类似工作环境下的长期运营考验、性能稳定的设备优先考虑，各设备应具有防腐蚀、防潮、防霉、防振动、抗电磁干扰和静电的能力，以保证系统安全、可靠运行。

5）照明设计必须满足隧道正常交通运营和事故情况下消防的需要，以正常交通工况为基准，分设一般照和事故应急照明，照度应不低于相应规范的要求。

6）低压配电系统带电导体型式采用三相四线制，接地方式为 TN-S，接地电阻值不大于 1 欧姆，同时应满足接触电压和跨步电压的要求。

7）配电系统采用以放射式为主，树干式为辅的配电房方式。消防设备与非消防设备自变电所低压柜出线起分开，采用专用回路供电。

8）电气设备供电电压允许偏差范围：

正常情况下，电气设备端子供电电压偏差允许值：+5%～-5%。

特殊情况下，电气设备端子供电电压偏差允许值：+5%～-10%。

9）各变电所按照有人巡检、无人值班设计。工程只配巡检人员，不配置专职值班人员。

5.8.2 供电设计

(1)外部供电电源

工程供电电源暂按分别从邻近市政变电站 2 段独立的 10kV 母线接引，电源容量分别暂按隧道北侧的管理用房 2*1250Kva+2*400 kVA +2*400kVA，与隧道南侧的设备房 2*1000 Kva 分别独立供电考虑。接口分界在变电所 10kV 总进线（或进线隔离）开关上口，总开关向上至外部电源接引点处由当地供电部门负责，不在本工程设计范围内。

(2)负荷分级及分级供电方式

依据《城市地下道路工程设计规范》的规定和各类用电设备的用途及重要性，负荷分级如下：

特别重要一级负荷：应急照明、主动发光标志、交通监控设施、环境检测及设备监控设施、通信设施、有线广播设施、视频监控设施、火灾自动报警及消防联动设施、中央控制设施、紧急呼叫设施等；

一级负荷：隧道基本照明、消防泵水泵、排烟风机、雨（废）水泵、变电所自用电设施等；

二级负荷：设备机房照明、通风风机等；

三级负荷：附属建筑空调及照明设施、景观用电、隧道检修、路灯照明及其它停电后不影响地下道路正常运行的负荷。

一级负荷电源引自变电所 0.4kV 开关柜的两段母排各一回路，一用一备并在最末一级配电或控制装置处自动切换供电，其中消防用电设备的供电，采用消防专用回路供电。

特别重要一级负荷采用双电源切换+UPS 或额外电源的方式供电，UPS 或额外电源作为专用应急电源，严禁其他负荷接入。

二级负荷电源由变电所 0.4kV 开关柜任一段母线供电。当变电所只有一路电源时，由低压母线开关投入支援供电。

三级负荷由变电所 0.4kV 开关柜任一段母线供电。当变电所只有一路电源（或一台配电变压器退出运行）时，自动切除。

(3)变电所布置方案

变电所以各类用电负荷分布为基础，根据选择原则，经技术、经济比较后确定。

表 5.8.2-1 变配电所布置方案表

序号	设置位置	变电所容量	供电范围	最大供电距离
1#变电所	隧道北侧管理用房	2x1250kVA	K0+335~ K1+710	1.3km（左） 1.3km（右）
隧道内左线箱变	盾构段废水泵房附近	2x400kVA	废水泵房附近	
隧道内右线箱变	盾构段废水泵房附近	2x400kVA	废水泵房附近	
2#变电所	隧道南侧工作井附近	2x1000kVA	K1+710~ K3+085	1.3km（左） 1.3km（右）

(4)负荷计算

本工程依据《工业与民用配电设计手册》及各设备专业提供的用电需求，采用需要系数法进行工程用电负荷计算。

表 5.8.2-2 1#变电所非消防模式

序号	设备名称	设备容量(kW)	需要系数 Kc	功率因数 CosΦ	需要容量		
					有效容量(kW)	无效容量(kVAR)	全容量(kVA)
一级负荷：							
1	房建消防动力	20.00	0.00	0.80	0.00	0.00	
2	房建消防风机	120.00	0.00	0.80	0.00	0.00	
3	房建消防水泵	247.00	0.00	0.80	0.00	0.00	
4	隧道主线射流风机	440.00	0.80	0.80	352.00	264.00	
5	工作井消防风机	320.00	0.00	0.80	0.00	0.00	
6	隧道匝道射流风机	88.00	0.70	0.80	61.60	46.20	
7	隧道废水泵	0.00	0.70	0.80	0.00	0.00	
8	隧道雨水泵	385.00	0.60	0.80	231.00	173.25	
9	房建废水泵	11.00	0.70	0.80	7.70	5.78	
10	房建 EPS	10.00	0.90	0.90	9.00	4.36	
11	直流屏	50.00	1.00	0.90	50.00	24.22	
12	隧道照明	156.00	1.00	0.90	156.00	75.55	
13	隧道应急照明	35.00	1.00	0.90	35.00	16.95	
14	监控负荷	175.00	1.00	0.90	175.00	84.76	
	以上小计	2057.00	0.60	0.84	1077.30	695.06	1282.06
	乘以同时系数 0.9				969.57	625.56	1153.86
	功率因数补偿到 0.92					413.04	1053.88
二三级负荷：							
1	房建照明	75.00	1.00	0.90	75.00	36.32	
2	检修	60.00	0.30	0.80	18.00	13.50	

3	房建二级动力	60.00	0.80	0.80	48.00	36.00	
4	房建三级动力	155.00	0.80	0.80	124.00	93.00	
5		0.00	0.75	0.80	0.00	0.00	
	以上小计	350.00		0.89	265.00	178.82	319.69
	乘以同时系数 0.9				238.50	160.94	287.72
一、二、三级负荷总计：		2407.00			1342.30	873.89	1601.70
	乘以同时系数 0.9				1208.07	786.50	1441.53
	(补偿容量)					271.86	
	功率因数补偿到 0.9					514.64	1313.12
变压器选择两台 1000kVA 变压器。正常时两台分裂运行，每台变压器最大负载率约为 52.52%，当一台故障，另一台可以负担全部一级负荷，最大负载率约为 84.31%。							

表 5.8.2-3 1#变电所消防模式

序号	设备名称	设备容量(kW)	需要系数 Kc	功率因数 CosΦ	需 要 容 量		
					有效容量(kW)	无效容量(kVAR)	全容量(kVA)
一级负荷：							
1	房建消防动力	20.00	1.00	0.80	20.00	15.00	
2	房建消防风机	120.00	1.00	0.80	120.00	90.00	
3	房建消防水泵	247.00	1.00	0.80	247.00	185.25	
4	隧道主线射流风机	440.00	1.00	0.80	440.00	330.00	
5	工作井消防风机	320.00	1.00	0.80	320.00	240.00	
6	隧道匝道射流风机	88.00	1.00	0.80	88.00	66.00	
7	隧道废水泵	0.00	1.00	0.80	0.00	0.00	
8	隧道雨水泵	385.00	0.00	0.80	0.00	0.00	
9	房建废水泵	11.00	0.00	0.80	0.00	0.00	
10	房建 EPS	10.00	0.90	0.90	9.00	4.36	
11	直流屏	50.00	1.00	0.90	50.00	24.22	
12	隧道照明	156.00	0.00	0.90	0.00	0.00	
13	隧道应急照明	35.00	1.00	0.90	35.00	16.95	
14	监控负荷	175.00	1.00	0.90	175.00	84.76	
	以上小计	2057.00	0.78	0.84	1504.00	1056.53	1838.01
	乘以同时系数 0.9				1353.60	950.88	1654.21
	功率因数补偿到 0.92					576.63	1471.30
二三级负荷：							
1	房建照明	75.00	1.00	0.90	75.00	36.32	
2	检修	60.00	0.00	0.80	0.00	0.00	
3	房建二级动力	60.00	0.80	0.80	48.00	36.00	
4	房建三级动力	155.00	0.80	0.80	124.00	93.00	
5		0.00	0.75	0.80	0.00	0.00	
	以上小计	350.00		0.89	247.00	165.32	297.22
	乘以同时系数 0.9				222.30	148.79	267.50
一、二、三级负荷总计：		2407.00			1751.00	1221.86	2135.17
	乘以同时系数 0.9				1575.90	1099.67	1921.65
	(补偿容量)					428.34	
	功率因数补偿到 0.9					671.33	1712.93
变压器选择两台 1000kVA 变压器。正常时两台分裂运行，每台变压器最大负载率约为 68.52%，当一台故障，另一台可以负担全部一级负荷，最大负载率约为 117.7%。							

表 5.8.2-4 2#变电所非消防模式

序号	设备名称	设备 容量(kW)	需要系数 Kc	功率因数 CosΦ	需 要 容 量		
					有效容量(kW)	无效容量(kVAR)	全容量(kVA)
一级负荷：							
1	工作井消防动力	10.00	0.00	0.80	0.00	0.00	
2	工作井消防风机	135.00	0.00	0.80	0.00	0.00	
3	隧道主线射流风机	440.00	0.80	0.80	352.00	264.00	
4	隧道匝道射流风机	88.00	0.70	0.80	61.60	46.20	
5	工作井消防风机	320.00	0.00	0.80	0.00	0.00	
6	隧道废水泵	0.00	0.70	0.80	0.00	0.00	
7	隧道雨水泵	385.00	0.60	0.80	231.00	173.25	
8	工作井废水泵	11.00	0.70	0.80	7.70	5.78	
9	设备房 EPS	10.00	0.90	0.90	9.00	4.36	
10	直流屏	50.00	1.00	0.90	50.00	24.22	
11	隧道照明	140.00	1.00	0.90	140.00	67.81	
12	隧道应急照明	35.00	1.00	0.90	35.00	16.95	
13	监控负荷	55.00	1.00	0.90	55.00	26.64	
	以上小计	1679.00	0.65	0.84	941.30	629.19	1132.22
	乘以同时系数 0.9				847.17	566.27	1019.00
	功率因数补偿到 0.92					360.89	920.84
二三级负荷：							
1	工作井照明	32.00	0.90	0.90	28.80	13.95	
2	检修	60.00	0.30	0.80	18.00	13.50	
3	工作井动力	125.00	0.80	0.80	100.00	75.00	

4	工作井通风	45.00	0.85	0.80	38.25	28.69	
5		0.00	0.75	0.80	0.00	0.00	
	以上小计	262.00		0.89	185.05	131.14	226.80
	乘以同时系数 0.9				166.55	118.02	204.12
一、二、三级负荷总计：		1941.00			1126.35	760.33	1358.96
	乘以同时系数 0.9				1013.72	684.30	1223.06
	(补偿容量)					252.46	
	功率因数补偿到 0.9					431.84	1101.86
变压器选择两台 1000kVA 变压器。正常时两台分裂运行，每台变压器最大负载率约为 55.09%，当一台故障，另一台可以负担全部一级负荷，最大负载率约为 92.08%。							

表 5.8.2-5 2#变电所消防模式

序号	设备名称	设备 容量(kW)	需要系数 Kc	功率因数 CosΦ	需 要 容 量		
					有效容量(kW)	无效容量(kVAR)	全容量(kVA)
一级负荷：							
1	工作井消防动力	10.00	1.00	0.80	10.00	7.50	
2	工作井消防风机	135.00	1.00	0.80	135.00	101.25	
3	隧道主线射流风机	440.00	1.00	0.80	440.00	330.00	
4	隧道匝道射流风机	88.00	1.00	0.80	88.00	66.00	
5	工作井消防风机	320.00	1.00	0.80	320.00	240.00	
5	隧道废水泵	0.00	1.00	0.80	0.00	0.00	
6	隧道雨水泵	385.00	0.00	0.80	0.00	0.00	
7	工作井废水泵	11.00	0.70	0.80	7.70	5.78	
8	工作井 EPS	10.00	0.90	0.90	9.00	4.36	
9	直流屏	50.00	1.00	0.90	50.00	24.22	
10	隧道照明	140.00	0.00	0.90	0.00	0.00	
11	隧道应急照明	35.00	1.00	0.90	35.00	16.95	
12	监控负荷	55.00	1.00	0.90	55.00	26.64	
	以上小计	1679.00	0.82	0.84	1149.70	822.69	1413.73
	乘以同时系数 0.9				1034.73	740.42	1272.36
	功率因数补偿到 0.92					440.79	1124.71
二三级负荷：							
1	工作井照明	32.00	0.90	0.90	28.80	13.95	
2	检修	60.00	0.00	0.80	0.00	0.00	
3	工作井动力	125.00	0.80	0.80	100.00	75.00	
4	工作井通风	45.00	0.85	0.80	38.25	28.69	
5		0.00	0.75	0.80	0.00	0.00	
	以上小计	262.00		0.89	167.05	117.64	204.31
	乘以同时系数 0.9				150.35	105.87	183.88
一、二、三级负荷总计：		1941.00			1316.75	940.32	1618.04
	乘以同时系数 0.9				1185.08	846.29	1456.23
	(补偿容量)					341.45	
	功率因数补偿到 0.9					504.84	1288.13
变压器选择两台 1000kVA 变压器。正常时两台分裂运行，每台变压器最大负载率约为 64.41%，当一台故障，另一台可以负担全部一级负荷，最大负载率约为 112.47%。							

非消防模式下，1#变电所可采用 2 台 1000kVA 的变压器，但是由于消防模式下，采用该规格变压器会使负载率上升超过 120%，仍然选用 2 台 1250kVA 的变压器。

(5)变电所主接线及运行方式

1）10kV 系统为中性点不接地，低压配电系统的带电导体型式采用三相四线制配电，接地方式为 TN-S。

2）变电所 10kV 侧采用单母线分段接线方式，不设置高压母联开关，两电源相互独立，分列运行，低压侧设置母联开关。

3）变电所 10kV 侧进出线开关及箱变的进线开关均采用高压断路器，10kV 线路及配电变压器馈出开关采用负荷开关加熔断器保护方式。

4）变电所在 0.4kV 总进线开关设置分计量，用于工程内部考核分摊。

5）变电所低压侧设置低压侧集中电容补偿装置，补偿后功率因数达到 0.95 以上。

6）10kV 侧每段母线均设置一组避雷器，用于过电压保护。

7）变电所正常运行时二路电源分别供电，当任一路电源失电或一台变压器退出运行后，自动切除所有三级负荷，0.4kV 侧母联自动闭合（可远程控制，电气联锁+逻辑联锁），由另一台动力变压器承担全所供电范围内的一、二级低压负荷。当两路电源均失电时，应急照明等特别重要负荷由 EPS 或 UPS 集中供电。

(6)变电所一次、二次设备配置

1）变电所高压侧采用 10kV 终端柜，配置 SF6 开关，变压器采用非晶合金 SCH15 干式变压器，Dyn11 联结组别，IP3X 金属外壳防护。低压柜采用高可靠性、模数化、组合式 GCS 柜型，配置数字化仪表便于远方监控。箱式变电站配置 SF6 开关，采用非晶合金 SCH15 干式变压器，

Dyn11 联结组别。

2）各变电所设置集中电源应急照明装置。从变电所 0.4kV 母线段接引一路电源作为市电常用电源，内部设置蓄电池作为第二电源，并禁止其它负荷接入应急电源系统。集中电源应急照明装置应保证照明中断时间不超过 5s，持续供电时间不低于 90min。设备配置智能化蓄电池管理系统和负载自适应控制技术，预留标准化通讯接口。

3）在管理用房与隧道南侧设备房变电所均设置 60Ah 的交直流屏用于操作继电保护。

(7)变电所二次设备配置

1）变电所二次保护配置如下表所示：

表 5.8.2-6 变电所二次保护配置表

保护位置	保护配置	备注
10kV 馈线	过电流保护、速断保护	
10/0.4kV 变压器	温度保护（变压器内部保护）	
0.4kV 进线	瞬动保护、短延时保护、长延时保护、接地保护、失压保护（延时 3~5s)	
0.4kV 母联	瞬动保护、短延时保护、长延时保护	
0.4kV 馈线	瞬动保护、长延时保护	
补偿装置	电流速断保护、过电流保护、过负载保护	

2）变电所电气测量项目的设置应符合 GB/T50063-2008《电力装置的电测量仪表装置设计规范》的规定。所有测量和计量均应在开关柜当地显示并通过电能管理系统送往管理用房，测量与计量设置分别如下表所示：

表 5.8.2-7 变电所测量与计量表

测量对象	电流	电压	有功功率	有功电度	无功功率	无功电度	功率因数
	A	V	kW	WH	kvar	VARH	CosΦ
10kV 进、出线	√	√					
10kV 计量柜	√	√	由当地供电部门确定				
0.4kV 总进线	√	√	√	√	√	√	√
0.4kV 母线	√	√	√		√		
0.4kV 馈线	√	√					

5.8.3 配电设计

配电系统自变电所 0.4kV 开关柜馈线开关下口起，经由低压电缆、电线连接至各用电负荷配电箱或设备的接线端子，实现对各用电用户的供电和对各用电设备的启动、控制和保护。

(1)配电原则

按负荷分级的原则进行配电。低压配电设计根据工程性质、规模和负荷容量大小及业主的使用要求综合考虑，根据发展的可能性，在配电柜、配电箱处留有适当数量的备用回路，一般为总回路数的 20%-30%。

动力配电采用以放射式为主，放射式和树干式相结合的供电方式。动力配电一般不超过三级，三级负荷不超过四级。

动力、照明、消防及防灾用电负荷自变电所低压柜出线起分开供电，自成配电系统。消防用电设备的供电采用消防专用回路供电。

(2)设备起动方式

动力设备的起动应满足规范规定。电动机起动时在配电系统中引起的电压波动不应妨碍其它用电设备的工作。隧道内射流风机均采用就地直接启动，并应遵循不同时启动、一台启动正常运行后再启动另一台的原则。其它动力设备采用直接启动方式，大型动力设备采用软启动方式。

(3)设备控制工艺

动力设备控制方式应根据设备各系统控制要求进行设计。各控制设备预留运行状态及故障状态的返信接口。射流风机提供手动就地控制、自动控制、消防控制（消防联动和消防手动控制）三种控制方式，就地控制具有优先级。自动控制纳入隧道监控系统，其控制和监视功能采用可编程控制器 PLC 完成。

消防水泵提供手动就地控制、压力开关连锁控制、消防控制（消防联动和消防手动控制）、机械应急启动四种控制方式，消防泵控制柜在平时使消防水泵处于自动启泵状态。稳压泵应由消防给水管网或气压水罐上设置的稳压泵自动起停泵压力开关或压力变送器控制。

消防专用设备采用热继电器保护，过载保护只动作于信号，不动作于跳闸。

隧道内雨废水泵设液位自动控制、就地控制和远方遥控三种控制方式，就地控制具有优先级，自动控制监视功能采用可编程控制器 PLC 完成。

(4)主要设备材料选型

电气设备选用应能满足隧道环境要求，同时具备技术先进、工艺成熟可靠、结构紧凑、便于安装和维护的产品。设备选型主要立足于国产化，选择技术可靠成熟并经过长期运营考验，性能稳定的设备。

所选用的设备应为防火、防潮、防霉三防产品及低噪音、低损耗、免维护或少维护的设备。各种配电箱、柜的生产制作应符合国家相关产品生产制作标准，并经国家有关部门检验合格的

产品。低压断路器具有限流、隔离及显示功能。

设备房的配电箱、控制箱可沿墙明装，配电柜及控制柜为落地安装。设置在隧道内的配电箱采用暗装。消防电气设备需要有消防认证。

(5)电缆选择和敷设方式

高压电缆电压等级为 8.7/15kV，低压电缆电压等级为 0.6/1kV，各分支导线电压等级为 0.45/0.75kV。

低压电缆均采用铠装铜芯电缆，灯具分支导线采用铜芯导线。隧道内敷设电缆均采用低烟无卤型 A 类等级阻燃电缆（WDZA-YJY-0.6/1kV-），应急照明、射流风机（兼排烟）、消防泵、火灾报警设备、交通监控设施等在火灾时仍需供电的电线电缆采用耐火电缆或矿物绝缘电缆。

根据不同的电缆敷设路径，电缆可以采用挂钩、支架、桥架、托架敷设。各电缆沿墙或埋地敷设时穿钢管保护，电缆支架和桥架上采用明敷设。

线缆穿越伸缩缝、沉降缝时应采取相应的保护措施。电缆穿越楼板、不同的防火分区时均应按照相关规范要求实施防火封堵。

消防用电设备的配电线路暗敷时应穿金属管敷设在隧道结构层内，保护层厚度不小于 30mm；明敷在吊顶及侧壁装饰层内时，穿钢管或封闭式金属线槽并采取防火保护措施。消防用电设备线路在火灾时连续供电时间不小于 120min。

(6)电气火灾监控系统方案

本工程引入电气火灾监控系统，用以实时监控电气线路的故障和异常状态，提前发现线路的接触不良、漏电、电弧性短路等电气火灾隐患，及时报警提醒相关人员消除这些隐患。一般的，电气火灾监控系统由电气火灾监控主机、通讯管理机、剩余电流式探测器、测温式电气火灾探测器、故障电弧探测器、剩余电流式探测器、相关软件、线缆等组成。

1）电气火灾监控主机通常有琴台式、立柜式、壁挂式三种，安装在隧道监控管理用房，通过通讯接口与火灾报警主机联动，具备画面组态、数据组态等功能，实时采集各监控点的三相工作电压、电流等电量参数以及漏电电流值、温度值，并能以图文报表的形式显示各参数值的大小和变化、趋势等，对故障、报警信息进行记录，从而实现集中监控、系统管理的功能。电气火灾监控设备在墙上安装时，其底边距地高度宜为 1.3m～1.5m，其靠近门轴的侧面距墙不应小于 0．5m，正面操作距离不应小于 1.2m；落地安装时，与监控盘柜并列安装。

2）通讯管理机采用分体式，具有声光报警、远程通信、本地显示、参数调整等功能，安装于各变电所进线柜内。通讯管理机内监控模块报警值不小于 100mA，不大于 300 mA，且探测器报警值应在报警设定值的 80%~100%之间。当被保护线路剩余电流达到报警设定值时，监控模块应在 60s 内发出报警信号。监控模块有工作状态指示和自检功能。

3）剩余电流探测器主要用于线路中剩余电流及三相电流的检测，安装于变电所低压柜内除进线、母联、消防回路外的各配电回路出线端。

4）剩余电流探测器应单独敷设信号线，并应使用带屏蔽的多芯控制线。监控主机与通讯管理器间通讯线采用光纤。

5）电气火灾监控系统系统与隧道监控系统的接口分界在电气火灾监控主机通讯端口处。隧道监控系统在管理用房内预留电气火灾监控系统主机安装位置，并负责实施火灾报警主机至电气火灾监控系统主机的接线和调试。

(7)消防电源监控系统方案

本工程设消防电源监控系统，用于监控消防设备电源的工作状态，在电源发生过压、欠压、过流、缺相等故障时能发出报警信号的监控系统。系统采用底层传感器+监控主机两层结构组网模式，系统内部采用 RS485 通信，外部以太网通信，以满足其它消防系统的接入。

消防电源监控系统由监控主机、报警探测器、相关软件和线缆构成。监控主机采用壁挂式，底边距地 1.4m 底边距地 1.4m 暗装于管理用房，预留与隧道监控系统、火灾报警主机联动的接口。主机能够远程实时监测消防回路的各项电气参数及运行状态，按设定提供故障报警信号和记录供管理人员处理。底层传感器安装与各设备末端配电箱内，对消防设备两路进线进行实时监测供电情况，主机与传感器之间采用总线型连接方式。

5.9 隧道监控

5.9.1 概述

府东路隧道北起 104 国道与中村路 T 字交叉口东侧 110m，向南沿梅园路布设，下穿瓯江主航道及瓯江路，南岸顺接府东路，终点止于江滨东路与府东路节点南侧，隧道接地点距离黎明东路与府东路交叉口约 287m。隧道全长 3065m，其中盾构段左线长 1940m，右线长 1952.67m，北岸主线暗埋段长 535m，敞开段长 150m；南岸主线暗埋段长 290m，敞开段 150m。

依据现行设计规范《城市地下道路工程设计规范》、《建筑设计防火规范》，参考现行设计规范《公路隧道设计规范第二分册交通工程与附属设施》，本工程按二类隧道进行防火设计，隧道监控系统按 A+级别配置。

本隧道工程机电系统主要包括排烟、通风、给排水、消防，供配电、照明及监控系统。监控系统主要作用是实现各种机电设备的自动监控和管理，确保隧道实现正常运营，提高隧道的

安全性和应急应变能力，有效降低营运成本，提高管理水平及服务品质等。

监控系统设计范围包括隧道、两岸工作井、接线道路及隧道控制中心等区域，监控系统应实现对以上设计范围的统一监控、集中管理，在疏导交通、防灾、消灾、保障隧道内交通安全等方面发挥非常重要的作用。

监控系统包括以下子系统：

➢中央计算机系统；

➢交通监控系统；

➢闭路电视监视系统及交通流视频检测系统；

➢通信系统；

➢环境与设备监控系统；

➢火灾自动报警系统。

5.9.2 主要设计原则

1）遵循“以人为本、集中管理、分散控制”的设计原则，系统具有高稳定性、可扩展性、开放性、可接入性，采用标准化接口以达到资源充分共享，上层管控平台采用综合监控平台。

2）系统构建及设备选型立足于国内外成熟先进的新技术、新产品、新工艺，并遵循国内/国际相关标准、规范，做到高度集成、安全可靠、功能先进、经济合理、人机界面友好。

3）系统采用三层网络结构，即信息管理层、设备控制层和现场设备层，并预留与城市道路网监控中心的通信网络接口。

4）建立多系统集成的中央计算机信息系统。通过集成交通监控、环境与设备监控、火灾报警、闭路电视、通信等系统，统一完成智能监控、状态显示、操作、维护、监视、通信以及资源共享等诸多功能。

5）建立智能化综合操作模式。包括交通管理模式、环境管理模式以及火灾报警及联动模式。

6）监控系统的现场设备均按工业级标准设计，满足现场的环境要求和机电设备电磁兼容的技术要求，以及环保与节能的要求。现场设备与紧急电话、报警按钮、消火栓箱等尽量集中放置，便于施工、使用和维修。

5.9.3 主要设计标准

《城市道路交通设施设计规范》（GB 50688-2011）2019 年版；

《城市地下道路工程设计规范》（CJJ 221-2015）；

《公路隧道设计规范 第二册交通工程与附属设施》（JTG D70/2-2014）；

《公路隧道交通工程设计规范》（JTG/T D71-2004）；

《火灾自动报警系统设计规范》（GB 50116-2013）；

《建筑防火设计规范》（GB 50016-2014）2018 年版；

《LED 道路交通诱导可变信息标志》（GA/T 484-2010）；

《数据中心设计规范》（GB 50174－2017）；

《建筑物电子信息系统防雷技术规范》（GB 50343-2012）；

其它有关国家及地方的现行规程、规范及标准。

5.9.4 监控系统基本功能要求

监控系统具备信息采集、数据处理、事件响应、事件处理、图形显示、统计查询、系统自诊断、信息共享等基本功能。

1）信息采集

监控系统能够收集到如下信息：交通流参数，电力变电所参数，环境信息，紧急电话呼叫信号，火灾参数，可变情报板、可变限速标志、交通信号灯、车道指示灯显示的反馈信息，CCTV 摄像机的拍摄画面，各种现场设备及监控设备的状态，操作员输入的事件事故信息。

2）数据处理

监控系统对收集到的信息进行如下处理：

（1）处理视频监测系统及交通监控系统提供的各种数据，进行交通状态判断，如有异常，则通过人机接口报警；

（2）处理环境参数监测器、设备监控系统提供的各种数据，超过限值时，通过人机接口报警；

（3）处理火灾报警系统提供的各种数据，灾害情况下通过人机接口报警；

（4）处理各种外场设备工作状态的反馈信息。

2）事件响应

本子系统获取所需信息后，按一定模式运作、存档、制表及显示，并通过预定的控制模式提出决策建议及发布控制指令，供操作员参考。

对已经监测到的事件原则上需进行人工确认。

3）事件处理

在隧道交通拥挤或事故情况下，应对交通流进行紧急疏导，协调紧急救援部门对事件所涉

及的人员和设备进行安全、快速的救助，使事件现场得到安全及时的清除，尽快恢复通道的通行能力，并避免二次事故的发生。

在火警情况下，显示屏上有声光报警。

4）图形、图表显示

中控室闭路电视监视工作站及控制台上的显示器相结合，可实时、动态、直观地显示交通、环境与设备、电力、火灾、隧道安全等的运行状况、模拟图及处理预案，并可根据需要对某一局部予以放大或对某些信息进行列表，以便观察和了解细节。

5）统计查询及数据存档

可显示和打印交通、事故事件、紧急电话使用情况、发布命令、设备工作状态、值班员值班记录、交通量趋势、隧道结构信息参数、隧道姿态变化趋势等各种图表；能完成系统每日检测的原始数据的备份及重要文件的存档，并带有时间记录；在需要时可复制每日的数据或调出历史数据进行各种统计和分析工作。各种图表以中文形式显示和打印。

6）系统自诊断功能

具有对监控系统的软硬件及外场设备的自动检测和故障报警功能。

中央计算机系统软件可监测外场终端设备的工作状态。在监控主程序运行过程中，设备监测程序根据各系统外场设备反馈信息，可发现故障或非正常运行状态，并通过人机接口向操作员发出信息。

7）信息共享

监控系统的所有图像、数据信息可与上级及同级主控中心共享，主控中心预留连接城市道路网监控中心主干通信网的接口条件，可以提供隧道相关的实时路况监视图像及相关的交通数据信息，同时可以获取相关路段的路网交通信息。

5.9.5 中央计算机系统

1）系统功能要求

①中央计算机系统信息层网络为基于 1000Mbps 以太网的开放网络，采用 C/S 体系结构和 TCP/IP 通信协议，冗余双网结构。设置多个互为冗余的系统操作员工作站。预留城市道路网监控中心的通信接口。

②通过通信服务器、交换机及现场控制光环网从交通监控、环境与设备监控等系统获得所需的各种信息，存入统一的数据库中；存储运行记录，供值班人员随时调用、显示、打印。现场设备控制光环网采用 1000M 工业以太网。

③中央计算机系统在控制方式上属最高级别，一旦本级计算机出现故障，下一级的区域控制器(ACU)或 ACU 能自动接管，完成中央级的部分功能。

④针对每种异常情况，中央计算机系统将提供对应的各种处方或预案，操作员可通过键盘 / 鼠标选择某一处方提案，也可自行发出命令，以控制事故的蔓延。

⑤中央计算机系统具有统一的操作平台，所有网络操作都具有安全子系统，不允许非法或越级操作。软件模块具备较强的冗余、校验、互锁、检错、纠错及自恢复功能。

⑥设置网管和维护工作站确保网络正常运转。

⑦组态软件包包括以下功能：人机界面、实时数据库管理、报警功能、在线自诊断及故障切换、打印功能以及设备维修系统。

2）系统方案

①系统组成

中央计算机系统由机房设备和中央控制室设备组成。

机房设备由主服务器及磁盘阵列、热备冗余服务器、通信服务器、操作工作站、工程师工作站、网管维护工作站、打印机、网卡、以太网交换机、通信设备、计算机网络及电源线缆及连接器、电源、防雷、接地、机柜等组成。

中央控制室设备由综合显示大屏、控制台、各服务器及工作站的显示器、闭路电视视频显示器等组成。

②电源与接地

系统设备按一类负荷供电，由相关变电所分别引接两路独立的三相交流电源进线，末端自切。电源受电点设置为中控室、交流电源自切柜设置在弱电设备房，其容量分别为 100kW。在电源室设置一台模块化 UPS 为中央计算机系统集中供电，其容量为：80kVA，2h。另外，在江南工作井弱电设备室内设置一个一级负荷等级的双电源切换箱，其容量分别为 60kW。均设置一台模块化 UPS 为工作井内弱电设备集中供电，其容量为：50kVA，1h。

系统采用综合接地方式，由低压配电专业在整个工程范围内为弱电设备提供综合接地，接地电阻≤1Ω。

③防雷及防过电压

在监控电源自切配电柜近端和里端设置三级保护设备（配备防雷器、电源过压保护装置），计算机网络重要设备端设置数据线保护器。防雷及浪涌保护器的选型应满足宁波、舟山气象局防雷办的备案型号。

④与其他子系统的接口

中央计算机信息系统与 FAS、通信、CCTV 监视等子系统通过上层管理信息以太网进行数据通讯。交通监控、环境与设备监控等子系统通过交换机接入现场设备控制光环网，再接入上层管理信息网。

⑤控制台

控制台由交通&设备监控、话务调度、广播及电视监视、火灾报警监控、电力监控操作席等独立控制部分组成，根据需要设置话务台、网管席位、维护席位等，采用单座席低台式。

5.9.6 交通监控系统

1）系统功能要求

①在隧道内设置交通和环境与设备监控区域控制器（ACU），并通过现场设备网完成对现场信息的采集和对现场设备的自动控制，现场控制光环网采用 10/100Mbps 工业以太网。

②系统通过区域控制器、车辆检测器、超高车辆检测器等现场设备，实时、准确地获取各车道交通运行参数，经现场光环网送至中央计算机。系统具有控制、疏导车流的功能，通过在引道区、隧道及其出入口区的信号指示，达到分流、启闭车道、迫使车辆改道等作用。

③通过中央计算机网络得到其他机电系统的如 CO/VI 检测、火警、交通事故、供电故障等现场数据信息及历史交通参数；由区域控制器执行命令，通过信号灯、可变情报板、可变限速标志对车辆的运行实施动态诱导控制；同时将相关的交通信息上网发布。隧道内可变情报板可与火灾报警系统联动，实时发布救援、疏散信息。

④交通分析功能包括：交通资料的统计功能、遥控功能、系统故障处理和自检功能、打印功能、查询功能，生成小时交通量、直方图、拥挤、阻塞时间、事故时间等信息。

⑤交通监控的相关信息可在中控室显示终端或　大屏幕上显示，使操作人员直接获取信息；当中央计算机网络发生故障时，通过区域控制器箱可直接对交通设备进行操作。

2）系统方案

①系统组成

交通监控系统由交通信息采集与显示、交通状态检测、交通控制、交通诱导和计算机网络等部分组成。具体方案如下。

交通监控系统由交通监控工作站、区域控制器(ACU)、车辆检测器、车道指示灯、交通信号灯、可变限速标志、可变情报板、超高检测器、声光报警器、I/O 设备、工业以太网光交换机、通信接口、通信线缆、光缆、电源线缆等设备组成。ACU 按就不大于 500 米一个原则设置。

隧道出入口配置单通道环型线圈车辆检测器，相对应每个车道上埋设检测线圈，从而检测出每一车道上的车流量和车速等参数。

信号灯分为车道指示灯和交通信号灯。在隧道内每条车道平均间隔 200m 距离设置一组车道指示灯用于车辆诱导通行控制；隧道内设交通疏散指示灯，用于紧急状态下的车辆疏散诱导控制。

在接线道路口、隧道入口处等分别设置多组交通信号灯。

在隧道进入暗埋段方向前方、隧道中段转弯等位置，设置可变限速指示板。

在隧道出入口处前，设置可变情报板，隧道内根据具体情况适当增设可变情报板。

在隧道的每个入口前分别设置超高检测器。

在隧道分合流处设置电子警察抓拍摄像机。

②电源与接地：

按一类负荷供电，由相关变电所分别引接两路独立的三相交流电源进线，末端自切。配电箱及 UPS 由监控专业设置。由环境与设备监控系统集中管理，包括系统设置、工作状态反映、故障分析及检测、远程维护等。

为保证弱电类设备正常工作，由供电专业为弱电设备提供公共地。接地电阻≤1Ω。

③防雷及防过电压

在监控电源自切配电柜近端和里端设置新型 DSOP 三级保护设备（配备防雷器、电源过压保护装置），在可变情报板电源端设置第二级 DSOP 保护，情报板电源前端加装 DSOP 保护；计算机网络重要设备端设置数据线保护器。电源过压保护装置具有工作状态显示，并且该装置的接入不会影响系统的正常运行。外场监控专用电源及外场设施将结合设备情况考虑防雷、过电压保护。

④与其他子系统及设备的接口

电力监控可实现电流、电压、频率、功率因数和电能的检测及过流速断、短路、过压、欠压和变压器温度保护。电力检测参数通过电力专业设置的 ACU 传输到控制中心电力监控管理计算机，实现对沿线各供电点各种参数和运营情况进行远程检测和控制。

环境与设备监控系统通过信息采集终端自动采集隧道内的有关环境数据作为通风控制的基本参数，采用手动、自动、远动控制相结合的方式对隧道风机进行控制，

电力监控子系统、环境与设备监控系统通过交换机接入现场设备光环网，数据传输通道由监控系统提供，接口界面在监控 ACU 环网交换机数据端口外侧。

⑤隧道组网及数据传输

隧道内所有监控数据先由电缆集中传至附近的区域控制器（ACU），双洞区域控制器（ACU）由光纤环网连接在一起并与设在工作井内主控制器（ACU）相连，主控制器（ACU）和中控室之间通过以太网交换机利用光纤直接上传。

5.9.7 交通流视频检测系统

1）主要系统功能

交通流检测是交通监控系统中的一个组成部分，本系统在隧道全线范围内实时收集各类交通运行信息，对全线交通流的变化进行监视，并作为中央控制中心实行交通引导控制的参考依据，并通过实时图像监视的配合，给出控制交通的命令。在发生交通事故时，及时采取措施，疏通阻塞，平滑交通量，达到减少车辆排队，畅通全线交通的目的。交通事故信息可通过交通流检测系统的自动判断、报警，最后人工确认程序获得，也可通过紧急电话指示、报警电话以及巡逻车进行收集。

2）系统组成

目前交通流检测的方式主要有传统的感应线圈检测、视频图像检测等方式。由于本工程是封闭的隧道，因此受环境（外界气象）因素影响小，并且 CCTV 系统在隧道内全线布设的摄相机主要采用固定式，受风力等环境影响较小，可确保获得较稳定的图像质量，提高交通参数检测的准确率。本工程交通流检测系统采用视频检测方式。

交通流视频检测系统尽量不改变 CCTV 系统原有方案，仅从 CCTV 系统中通过视频服务器获得所需的数字视频数据。实现事故检测（包括车辆停止、交通堵塞、行人进入隧道、车辆逆行、火灾检测）和交通参数检测（包括交通流量、速度、占有率、车距、排队长度）等。系统对以上事故进行检测报警，并能在一定时间范围内事故（前/后）再现（包括事故显示、存档、查询），提供事故数据库。交通参数检测包括：每一车道交通流量（辆/小时）、速度（公里/小时）、占有率（%）、车距（米）、排队长度（米）；视频检测系统需提供检测数据的显示、打印，可实时用图表显示。可提供交通参数日、月、年历史数据的查询、显示、打印。交通参数可由存储设备备份。

视频检测分析仪用于集中式交通视频的数字化和分析处理。接驳由 IP 网络传输的数字视频信号，实现一台分析仪同时实时分析多路视频信号。视频检测分析仪直接对由光纤通信网络交换机传来的经过编码的数字视频进行视频流进行图像处理，并在视频画面上设置检测区域。软件直接对多种格式的数字视频进行解码、分析和回放。

本设计交通流视频检测系统在中央控制中心设置多台视频分析器，接入所有定焦摄像机所摄取的监视图像进行检测分析。

5.9.8 通信系统

通信系统是为隧道运营管理服务的，是运营管理、抢险救灾和公务联络的重要手段。

在正常情况下为隧道工作人员之间、隧道工作人员与隧道内行人间、隧道工作人员与外界有关业务部门之间建立可靠的通信联络；在紧急情况下为隧道内工作人员、行人、车辆驾乘人员与隧道管理人员、宁波、舟山有关抢险部门（如消防、交警等）建立快速、可靠的通信联络，隧道管理人员还可以通过广播系统对隧道内工作人员、行人及车辆驾乘人员进行疏散指导。

通信系统包括有线电话子系统、广播子系统、无线通信子系统和闭路电视监视子系统。

5.9.8.1 有线电话系统

1）系统功能

有线电话子系统包括隧道内紧急电话、调度电话和公务电话。

紧急电话主要用于隧道口附近及隧道内告警、抢险、救灾及各种特殊情况下的通信联络，可利用程控交换机的热线电话功能实现，摘机后即可直通中控室的紧急话务操作台；紧急话务台允许多个操作员同时处理问题，当电话分机呼叫时，紧急话务台具有声光报警功能，自动显示呼叫分机位置，并通过中央计算机系统将分机呼叫信号传至地图板显示，再联动闭路电视监视系统进行切换显示。

调度电话主要用于隧道防灾救灾、电力供应及运营管理等方面的调度服务通信，通常利用程控交换机的会议电话和热线电话功能来实现，调度电话总机采用数字电话机。

公务电话主要用于隧道管理系统内部及对外的公务通信，能将“110”、“119”和“120”等特种业务呼叫自动转移至宁波、舟山公用电话网上。

系统还具有网管和计费等功能。

2）系统组成

系统由数字程控交换机、紧急话务台、程控话务台、网管维护工作站、计费终端、总配线架、网络柜、模拟电话机、数字电话机、光缆、用户线等组成。

数字程控交换机设置于管理中心大楼弱电设备室内；紧急话务台、程控话务台、调度电话总机设置于中控室内；在隧道出入口设置紧急电话，在两孔隧道内沿单侧墙间隔 100m 左右设置紧急电话；在管理中心大楼实行智能化综合布线，以满足办公信息化发展的需要，并设置内部自动电话，重要办公值班室设置调度电话。

系统设置维护网管工作站和计费系统，完成系统管理维护、设置和计费等功能。系统对市话采用半自动或全自动中继转接方式，对用户设置分等级服务。

紧急电话与广播系统共用的光纤环网传输，既提供电话业务环网保护功能，又解决电话长距离传输的限制。用户可以通过手机、自动电话等直接拨打相应广播音区的紧急电话，并通过该音区广播扬声器对该音区进行现场即时广播。

5.9.8.2 有线广播系统

1）系统功能

广播子系统用于隧道日常业务管理广播和紧急疏散、急救广播。当隧道内发生交通事故、灾害或车辆违章等紧急情况时，中控室值班员可通过本系统对在隧道内任何区域的有关人员发布指令、通知，进行调度和组织疏散等工作。系统具有与中央计算机系统的接口，可与火灾自动报警等系统联动广播。

系统具有有线和无线调频两种广播方式。其中无线调频广播音源来自有线广播，通过隧道专用移动调度通信系统实现信号的传播，其具体描述见无线通信子系统。

当隧道内发生阻塞、车辆违章、交通事故或灾害等情况时，中控室值班员可通过本系统对在隧道内任何区域的有关人员发布指令、通知，进行调度、组织疏散等工作。

系统能够自动选信、选路、自动核算负载大小，并具有语音合成功能。

系统具有自我检测功能，能监测系统的工作状态并对系统内部的设备进行故障定位，系统的操控功能同时还集成到中央计算机系统中。

2）系统组成

（1）广播的范围包括隧道内部、隧道出入口、工作井、管理中心等区域，广播的内容包括交通提示、紧急疏散、应急援救和日常业务管理。

（2）广播与紧急电话系统共用的光纤环网传输，以大量减少广播系统负载电缆和控制电缆的使用数量，同时也能减少电缆敷设的人工成本，降低施工和维护的难度，提高整个系统的广播性能和可靠性。

（3）不同区域能够同时进行不同内容的广播，监控中心能够选择监听。

（4）隧道内部采用分音区选路广播，音区长度按 200m 考虑。每个音区均配置独立的功率放大器以及独立的控制通道和冗余的双路音频通道，某个音区广播设备的故障不影响其他音区的正常工作。

（5）广播设备具有多音源、多音区同步广播的功能，即隧道控制中心可以选择单个、多个广播音区同时广播相同或不同的广播内容，充分考虑广播系统实际使用的灵活性。当需要进行全区广播时，可以在软件控制下按照隧道广播音区的编号，进行奇数组、偶数组等方式轮流广播，以保证广播的听音效果。

（6）隧道内扬声器布置间距为 50m 左右，每个音区的扬声器分两组按两个方向布置，同一方向不同位置的扬声器发声按照声波传输速度进行延迟。

（7）在监控中心设置话筒及广播操控键盘，监控中心的广播控制功能集成到交通监控工作站，并设置话筒。

（8）广播系统具有隧道内扬声器检测功能，能识别短路和开路故障；自动检测系统内设备的故障，具有故障自动报警能力。

（9）每个音区均配置独立的功率放大器以及独立的控制通道和冗余的双路音频通道，某个音区广播设备的故障不影响其他音区的正常工作。隧道现场广播设备具有自动识别功率放大器故障的功能，具有故障自动报警能力。

（10）隧道内广播采用光纤环网传输方式，每个音区可传输两路广播音频信号和两路控制信号，所以每个广播音区可使用音区控制器控制扬声器的选通/关闭，减少广播电缆敷设。

5.9.8.3 无线通信系统

无线通信子系统包括隧道专用移动调度通信系统、公安/交警及消防用无线信号引入系统及民用通信信号引入系统。

本次设计仅考虑隧道专用移动通信系统、公安/交警及消防用无线信号引入系统，而对于民用通信信号引入系统只预留建设条件。

由于隧道专用移动调度通信系统和公安/交警及消防用无线信号引入系统在频段上较接近，为了有效利用资源、节省投资，故可将两系统传播平台合并，统一满足隧道内治安、消防、调度、运营、安全的需求，称为专用移动通信系统。

1）专用移动通信系统

（1）系统功能

隧道专用移动调度通信系统为在隧道内维修、抢救、巡逻等人员与控制管理人员之间建立灵活的通信联络，同时可通过调频广播发射台与车载 FM 接收机向驾驶员进行无线调频广播；公安/交警及消防用无线信号引入系统为在火灾及其他紧急情况下提供隧道内消防人员与消防指挥中心间通信、隧道内公安/交警人员与公安/交警指挥中心间通信的信号中继。

将交通电台引入隧道内，平时播放交通台内容；在紧急情况下，隧道管理中心中控室可强

行插播隧道内交通通告或紧急疏散信息。

系统可实现消防手持台与消防指挥中心基地台及移动消防指挥车之间以及消防手持台之间在隧道内的通信；可实现公安/交警手持台与公安/交警指挥中心基地台及移动公安/交警指挥车之间以及公安/交警手持台之间在隧道内的通信；工作频段为350～370MHz，均采用异频半双工方式、异频单工方式通信。

（2）系统组成

主要设备包括数字调度主机、调频广播直放站、监控服务器、无线通信综合光纤近端机、光纤远端机、定向天线、光缆、系统网管等。

隧道内部移动人员设置手持台，管理中心内部用基地台能选呼、全呼、组呼内部专用无线手持台，采用双向异频半双工方式通信；手持台之间可相互通话，采用异频单工方式通信。工作频段采用150MHz或400MHz，须向温州无线电管理委员会申请频点，由温州无线电管理委员会根据无线电频率规划批准所采用的频段及频点，实施以最终批复为准。

（3）民用通信信号引入系统的预留

民用通信信号引入系统为提供隧道内各运营商业网的移动电话引入系统，满足隧道内各移动手机的通信需要；民用通信信号的引入主要包括移动通信运营商的900MHz频段GSM系统、800MHz频段CDMA系统信号、3G（ TD-SCDMA系统、WCDMA系统、CDMA2000系统）、4G（ TD-LTE系统、FDD-LTE系统）等无线通信信号的引入，将其引入隧道以满足隧道内正常使用公网移动电话的通信需要。

民用通信信号的引入存在一些不确定的因素，需要与各运营商共同商讨确定，考虑到系统设备的维护等因素，建议民用通信信号引入系统设备由各运营商自行提供、安装并完成其信号在隧道内的覆盖，本系统只负责在管理中心为其预留民用通信设备安装空间及用电，并为隧道内漏缆及其他设备提供安装位置。

5.9.9 闭路电视监控系统

闭路电视监视系统是保证人员、车辆和隧道安全的必要手段，闭路电视监视系统主要用于隧道管理值班员对整个隧道段、隧道出入口等处的交通运行状况以及对相关管理中心用房等位置内的设备工作状况和环境实行监视。在发生紧急情况时，为及时了解现场情况并进行指挥提供直观有效的帮助。此外，闭路电视监视系统还可为交通流视频检测系统（预留）提供基础视频信号。

系统通过设置在隧道管理中心的千兆以太网交换机与中央计算机系统联网，接收来自消防报警、交通监控、有线电话等系统的各种信息并做出联动反应，完成详情监视器画面和大屏幕信号源的切换，方便隧道管理人员及时了解、核实紧急事件现场的情况。

系统为数字高清系统，具有对视频信号进行数字化存储、显示、自动切换、循环等功能，具备预留将图像信息传送至消防、交管等部门的条件。

1）系统功能

现今数字高清视频监控方案得到越来越广泛的普及，成为视频监控的一大趋势，本工程按数字高清视频监控方案考虑。闭路电视监视系统具有对视频信号进行数字化编辑、存储、显示，自动切换、循环和远距离遥控摄像机等功能；并与中央计算机系统联网，接收来自消防报警、交通监控、有线电话等系统的各种信息并作出联动反应。其他系统的联动信息可以通过指令启动闭路电视监视系统将指定的图像切换至指定监视器上，或者将一组图像显示在一组监视器上。

所有摄像机的图像均叠加编号、日期与时间等信息，并通过硬盘录像机予以记录存储，以便一段时间的备案及检索。

系统具有自动切换、循环和定点显示、远距离遥控摄像机等功能。

2）系统组成

系统由视频管理服务器、数据管理服务器、视频服务器、存储设备及视频监控工作站、前端设备、高清解码器、以太网交换机、打印机及完成本系统功能所需的所有设备组成。

前端设备包括枪机和球型高清摄像机以及传输图像信号的以太网交换机、光缆和网线等部件。在管理中心设置以太网交换机，隧道口和隧道内采集的图像经二层接入交换机后，再接入区间设置的三层交换机组成的以太环网。

视频管理服务器是整个系统的核心信令管理服务器。该服务器主要用于系统认证、配置、控制、报警等所有核心信令的处理。数据管理服务器用于提供存储资源管理、历史录像存储、历史录像检索和VOD点播服务功能。视频服务器主要提供视频复制转发和组播转单播功能。

中控室内控制台配备监控工作站，平常可为任意全断面监视，当发生异常情况时，自动弹出现场图像画面，值班员可对工作站上的画面随时进行自动或人工录像；并通过存储设备对本系统的所有图像以多画面方式进行不间断录像及存储。

闭路电视监视系统输出信号同时经解码后送至中央计算机控制系统，并在中控室的投影大屏上显示。

隧道内摄像机以一定间距（100m左右，可适当调整）布置，以监视图像的连续性为基准，两孔隧道内沿一侧隧道壁分别设置低照度彩色摄像机。在隧道出入口段开阔区域设置一体化全

方位彩色摄像机。管理中心大楼内配置低照度彩色摄像机，设置于楼梯附近的走廊上。每台摄像机均配有时间校正、字符叠加等装置。

为保证图像质量，隧道内的摄像机均采用光纤或网络传输，配置相应的光缆、交换机设备；管理中心内距离较近的摄像机可以采用网线直接传输，部分较远的摄像机采用交换机和光缆进行传输。

5.9.10 设备监控系统

1）系统组成

系统由设备监控工作站、服务器、ACU 控制器（包括 PLC、I/O 模块、以太网光交换机、现场总线设备、中继电器和变送器）、CO/VI 仪、风向风速仪、亮照度仪、通信接口及通信、监控及电源线缆组成。

在距离隧道入口敞开段起点约 10 米处设置亮度分析仪、隧道内设置照度仪、CO/VI 仪及风向风速仪；ACU 控制器设置在被监控设备较集中的隧道现场(与交通监控系统 ACU 合用)、隧道变电所及隧道管理中心等地方，通过现场工业以太环网接入隧道管理中心控制室，负责整座隧道现场机电设备监控工作。

2）系统基本功能

*系统具有降级处理功能，当中央计算机或网络发生故障，下一级的 ACU 控制器能根据具体设置，自动升级，独立完成对设备的控制。

*实时数据管理：主机可按预定的程序，对数据进行压缩处理存盘，建立历史数据记录文件，供查询，统计、打印。

*人机界面：依靠图控软件，能方便地显示系统运行工况图，包括隧道内照明、风机、泵房的运行工况，水位状态图，事故报警点，报警参量图等各种用户需要的画面。

*报警功能：对报警事件设有时间标签。对于全部的报警，操作员对它确认的报警信息均予以登录，按类型或按级别列入动态的报警一览表。

*打印功能：实时、定时报表打印；随机文件记录打印和追印；设备故障打印。

*在线自诊断功能，并在人机界面上及时显示故障信号。

*设备维修管理：建有设备档案（生产厂、型号、参数、技术条件）。记录所有设备的运行时间、动作次数等。在线维护任务的数据库，打印预防性保养报告。

*设备自动巡检：针对隧道狭长、机电设备众多、不便于检修的特点，设置建筑设施与能效运营监测系统，提高设施管理效率，减少运行值班人员，降低日常巡检工作量，提升运营维护管理工作效率。

3）系统监控功能

*通风系统

通风监控分正常和异常（如交通堵塞、火灾）工况，当隧道内发生异常情况时，通过对异常情况的监控，使异常情况的规模得到控制，并尽快恢复正常的营运环境。

正常运营模式：通风控制程序采用自动与手动相结合的方式，具有远程（中央控制室）和就地（隧道内）二级监控功能。一方面可根据 CO 浓度、VI 烟雾浓度、风向风速仪及交通量等综合数据，与预设置或历史等指标比较，决定风机开启的数量，在现场设备网上实现自动调节风量，以达到环保的标准；另一方面也可不考虑 CO、VI 浓度及交通量的变化情况，而是按时间段（如白昼与夜晚，节假日与平时）预先编成程序来控制风机。当自动控制出现异常情况下，可通过手动模式实现控制。

异常运营模式：当隧道内出现交通堵塞时，执行堵塞通风模式，设备监控系统根据交通监控系统送来的交通信息，对风机实现监控；当隧道内发生火灾时，通风控制程序设计提供了紧急运行模式，设备监控系统能根据 FAS 确认的火灾信息，启动相应的防烟排烟模式，停止隧道内非消防风机，并返回风机的运行信号。

*给排水系统

对隧道、控制中心内设置的给排水、水消防系统实施水位监测、危险水位报警；显示雨水抽升泵、废水泵等工作状态；并能在就地和中央控制室对雨水抽升泵、废水泵实施控制。

*照明系统

加强照明根据洞外环境亮度的变化，按白天（晴朗）、傍晚（多云）、阴雨天、重阴四级标准对洞内照度进行控制。晴朗的白天基本照明和加强照明灯具全部开启，傍晚或多云天气加强照明灯减半，阴雨天加强照明灯开启 1/4，重阴天加强照明灯开启 1/8，夜间加强照明灯全部关闭。基本照明可根据交通量进行 50%~100%调光控制。

4)与其它系统接口功能

*与火灾报警系统的接口

与火灾报警系统之间通过可靠的数据通信接口，能直接接受火灾报警系统的火灾信息，控制机电设备按火灾工况运行。对正常工况及火灾工况兼用的设备，在正常工况时由设备监控系统控制，火灾工况时按火灾报警系统发布火灾模式指令，设备监控系统优先执行相应的控制程序。

*与通信系统的接口

现场的 ACU 控制器利用通信提供的隧道现场光纤环行网络及交换机上传至隧道中央控制室的数据服务器，通过控制室的监控工作站实现 ACU 中央监控功能。

*与交通监控系统的接口

设备监控系统通过中央控制室内的信息层的局域网络接受交通监控系统的交通量信息数据，对隧道内的通风模式及夜间照明进行有效控制。

5.9.11 火灾报警系统

1）设计原则

（1）火灾报警系统的设计应针对地下隧道火灾的特点，贯彻“预防为主，防消结合”的消防工作方针，并应满足地方公安消防部门的有关规定。

（2）火灾报警系统设计按全线同一时间内发生一次火灾考虑。

（3）火灾报警保护等级：隧道内车道、服务通道、设备管廊、设备用房及隧道管理控制中心按火灾报警一级保护对象设计。

（4）防灾广播不单独设置，而与背景广播系统合用；平时为正常广播，灾害发生时，能在管理控制中心将广播系统强制转入救灾广播状态。

（5）正常工况和火灾工况合用的设备由火灾报警系统统一监控，火灾工况由火灾报警系统发布火灾模式指令，设备监控系统优先执行相应的控制程序；火灾专用设备由火灾报警系统负责监控。

2）系统组成

火灾报警控制器、火灾报警图形显示装置、点式双波长火焰探测器、线型光纤感温火灾探测器、点式感烟火灾探测器、点式感温火灾探测器、手动火灾报警按钮、火灾声光警报器、火灾区域显示盘、信号输入/输出模块、短路隔离器、消防电源等设备组成。

控制器通过光纤组成环网。监控中心火灾报警控制器、火灾报警图形显示装置可集中显示火灾报警信息部位信号和联动控制状态信号。

隧道控制中心设置一台火灾报警控制主机，南工作井设一台火灾报警控制分机及一组分布式感温光纤处理机。点式火灾探测器用于隧道行车道内，敷设于管段侧壁上，间距约为每 40~50 米设一只；分布式感温光纤探测器用于隧道行车道、逃生通道和电缆管廊内，设置在顶部距顶棚 150mm 处，设置条数为车道两条、服务通道和电缆管廊一条；在隧道的侧壁上，每隔 40~50 米设置手动报警按钮和闪烁红光的火灾声光警报器，车行隧道引道段、电缆管廊不设置手动报警按钮闪烁红光的火灾声光警报器；主要设备用房内配电线路设置电气火灾探测器，剩余电流式电气火灾监控探测器设置在变电所低压配电柜出线的出线端。

3）系统功能

本系统具有报警、显示及灭火联动等功能，且为独立系统。通过 FAS 工作站的网卡，将确认报警信息送往中央计算机信息系统，可在综合屏上显示，并作为相关系统及消防设备联动的依据。火灾报警的地址信息与相应的风机、广播音区、水喷雾分区、摄像机对应起来。

（1）报警

系统接受隧道内的点式火焰探测器、分布式感温光纤探测器以及手动报警按钮等自动和手动报警信号；接受隧道内设备房及管理中心内智能光电式感烟、感温探测器、剩余电流式电气火灾监控探测器和手动报警按钮等自动和手动报警信号。

（2）联动控制及反馈

*对消火栓系统的控制显示功能：控制消防水泵的启停；显示启动水泵按钮的位置；显示消防泵的工作及故障状态。

*对水喷雾灭火系统的控制显示功能：控制水喷雾泵的启停；显示水流指示器、报警阀及安全信号阀的工作状态；显示水喷雾泵的工作及故障状态。

*对泡沫灭火系统的控制显示功能：控制泡沫泵的启停；显示系统的工作状态。

*对气体灭火系统的控制显示功能：显示系统的手动、自动工作状态；在报警、喷射各阶段，控制室应有相应的声、光警报信号，并能手动切除声响信号；在延时阶段，应自动关闭防火门、窗，停止通风空调系统，关闭有关部位防火阀；显示气体灭火系统防护区的报警、喷放的状态。

*对其它系统的联动控制：强切广播系统进入火灾紧急广播状态；切除有关部位的非消防电源，并接通报警装置及火灾应急照明和疏散标志灯；将隧道内有关部位通风转化为火灾运行模式，进行排烟运作，开启相应的排烟阀并接受其反馈信号；联动交通监控的情报板及信号灯，禁止车辆进入火灾隧道内；对发生火灾区域，火灾报警系统通过中央计算机系统的局域网下达指令给闭路电视监视系统将相应的摄像机摄取的图像切换至详情监视器并录像。

4）显示

报警点及消防设备状态可在智能火灾报警控制器上显示，同时也可在中文彩色图形工作站以及综合显示屏上显示。

5.9.12 设备清单

表 5.9.12-1 设备清单表

序号	名称	规格型号	单位	数量	备注
	隧道监控系统				
一	监控中心计算机网络系统				
1	数据库服务器（热备）	CPU：主频不小于 2.1GHZ，颗数不小于 2 个，不小于 6 核	套	2	
2	I/O 服务器（热备）	CPU：主频不小于 2.1GHZ，颗数不小于 2 个，不小于 6 核	套	2	
3	网管工作站	CPU：主频不小于 2.1GHZ，颗数不小于 2 个，不小于 6 核	套	1	
4	千兆核心交换机	4 个千兆光口，20 个千兆电口	套	2	带网管软件
5	55″液晶拼接屏	4*10 块 55 寸	套	1	
6	大屏拼接控制器		套	1	
7	桌面监视器	33″	套	2	
8	视频解码器	8 路	套	6	
9	视频管理服务器		套	1	
10	视频存储服务器		套	1	
11	磁盘阵列	大于 500TB 的存储空间	套	1	
12	设备监测系统服务器		套	1	
13	紧急电话及广播系统服务器		套	1	
14	火灾消防报警系统服务器		套	1	
15	交通监控系统服务器		套	1	
16	视频事件检测管理软件		套	1	
17	视频事件视频检测分析仪	高清 32 路检测，含视频分析软件	套	3	
18	标准机柜	600*800*2200mm	套	26	
19	UPS 电源设备	80KVA，在线式，2h	套	1	1+1 冗余热备
20	光配线架	48 芯	套	2	
21	系统软件	操作软件	套	1	
22	组态软件		套	1	
23	数据库软件		套	1	
24	防病毒软件		套	1	
25	防火墙软件		套	1	
26	办公软件		套	1	
27	集中管理软件		套	1	
28	开发配置软件		套	1	
29	三合一打印机		套	1	
30	控制台及配套设施		套	1	
31	电源自切柜		套	1	
32	配电箱		套	2	
33	电源线	WDZB-NH-YJY-4*50+1*25	米	300	
34	电源线	WDZB-NH-YJY-3*2.5	米	600	
35	金属线槽	250*100	米	200	
36	防火线槽	150*100	米	200	
37	机房装修	防静电地板、走线槽等	项	1	
38	附件	封堵、防雷器等	项	1	
二	闭路电视监视子系统				
1	一体化云台枪	400W 像素	套	6	含安装支架等附件
2	隧道内定焦摄像机	400W 像素	套	62	含安装支架等附件
3	逃生通道等定焦摄像机	400W 像素	套	250	含安装支架等附件
4	室内高清半球	400W 像素	套	72	含安装支架等附件
5	室内高清全球	400W 像素	套	8	含安装支架等附件
6	远端模块	单路高清视频	套	400	
7	千兆交换机（网管型）	4 个千兆光，20 个 100/1000M 电	套	2	
8	摄像机箱	不锈钢，300X300X200mm	套	398	含电源、防雷等
9	供电线缆	WDZB-RVV 3*2.5	km	5	
10	单模光纤	12 芯，钢带铠装	km	30	
11	网络线（阻燃型）	UTP-5E	km	5	
12	开放式视频光传输平台	含光接收板、以太网板卡等	套	1	
13	涂塑可挠管	⌀25，不锈钢	km	35	
14	辅材		项	1	
三	交通监控子系统				

1	高清卡口摄像机	900 万及以上像素	套	9	含信号防雷及电源防雷
2	LED 补光灯	智能补光灯	套	9	
3	卡口视频处理存储单元	含卡口处理软件	套	3	
4	大型可变情报板	显示面积 7.2m*0.6m	套	2	
5	隧道内可变情报板	显示面积 4.8m*0.6m	套	9	
6	隧道入口匝道可变情报板	显示面积 4.8m*0.6m	套	1	
7	洞口龙门架	跨径约 14m，含机械挡臂	套	2	
8	洞外信号灯	三灯，⌀400	套	3	
9	车道信号灯	双面，显示面积 400*400	套	54	双面为一套
10	自动道闸		套	2	
11	网络线（阻燃型）	UTP-5E	km	10	
12	单模光纤	8 芯，钢带铠装	km	10	
12	供电线缆	WDZB-RVV 3*1.0	km	8	
13	供电线缆	WDZB-YJY 3*6	km	2	
14	涂塑可挠管	⌀25，不锈钢	km	10	
15	辅材		项	1	
16	隧道光电诱导标	有源轮廓标	套	1200	
17	光电诱导控制器		套	18	
18	电源线	WDZN-YJY2×2.5	km	14	
19	电缆保护管	PVC25	km	14	
20	附件	防雷器、封堵等	项	1	
四	设备监控子系统				
1	隧道内 PLC	冗余电源	套	18	
2	设备用房 PLC	冗余电源，带触摸屏	套	9	
3	PLC 编程软件及二次开发		套	1	
4	千兆环网交换机	4 光 8 电	套	27	
5	千兆环网交换机（骨干）	6 个千兆光，8 个 100/1000M 电	套	4	
6	CO/VI/NO2 检测器		套	60	
7	亮度检测器		套	4	
8	风向风速检测仪		套	6	
9	液位仪		套	8	
10	温湿度/CO2 检测仪		套	26	
11	通信线缆	WDZB-DJYPV-2*2*1.5	km	4	
12	24V 电源线	WDZB-KVVP－3*1.5	km	4	
13	控制线缆	WDZB-KVVP-10*1.5	km	12	
14	通信线缆	WDZB-RVSP-2*2*1.5	km	12	
15	通信线缆	DJYVP 2*2*2.5	km	4	
16	主干光纤	单模，48 芯	km	5	
17	涂塑可挠管	⌀25，不锈钢	km	5	
18	镀锌电线管	G25	km	5	
19	辅材		项	1	
五	有线电话与广播子系统				
1	中心话务台	含计费终端	套	1	
2	话务台操作界面软件		套	1	
3	话务台网管系统软件		套	1	
4	程控电话主机	300 门	套	1	
5	电话录音系统	8 个端口	套	1	
6	音频配线架	标准机柜内安装	列	1	
7	网管电脑	（电脑+网管软件）	套	1	
8	光纤电话接入主机	含配套软件	套	2	
9	广播控制主机	含配套软件	套	1	
10	广播呼叫站		套	1	
11	广播呼叫界面软件		套	1	
12	数字音频处理器		套	1	
13	有线话筒		套	1	
14	无线话筒		套	1	
15	前级放大器		套	1	
16	负载切换控制器		套	1	
17	DVD 播放器		套	1	
18	AM/FM 收音机		套	1	
19	IP 语音网关		套	1	
20	远端模块	8 门	套	2	
21	隧道紧急电话	防潮抗噪	门	110	
22	光纤型紧急电话接入卡		块	50	
23	紧急电话接口软件包		套	1	
24	设备用房普通电话	壁挂式	门	20	

25	现场音区控制器		套	60	
26	监听检测器		套	60	
27	功率放大器	200W	套	110	
28	号角扬声器	30W	只	240	
29	音频线	WDZB-RVSP-2*1.5	km	20	
30	电话线	WDZB-HBV-2*0.5	km	5	
31	单模光纤	4 芯	km	11	
32	涂塑可挠管	⌀25，不锈钢	km	20	
33	辅材		项	1	
六	火灾报警子系统				
1	火灾报警主机	含电池，后备 3h	套	4	
2	线性感温探测主机	含测温软件	套	4	
3	防火门监控主机	二总线，容量不小于 256 点	套	1	
4	防火门监控分机	二总线，容量不小于 256 点	套	1	
5	感温光纤		km	24	含安装附件
6	远程光纤通信卡		块	2	
7	声光警报器		个	500	
8	手动报警按钮		只	500	
9	火灾报警综合模块箱		套	400	
10	双波长火焰探测器		套	200	
11	单输入模块		只	400	
12	联动控制模块		只	600	
13	电源模块		只	400	
14	智能型感烟探测器		只	1000	
15	信号线缆	WDZBNH-RVS 2*1.5	km	25	
16	信号线缆	WDZBNH-RVS 2*2.5	km	15	
17	24V 电源线	WDZBNH-RVS 2*4.0	km	30	
18	220V 电源线	WDZBNH-YJY-3*4.0	km	5	
19	直启控制光纤	12 芯	km	5	
20	直启联动控制线	WDZBNH-KYJYP-2*2.5	km	5	
21	单模光纤	4 芯	km	6	
22	防火门监控模块	DV24，二总线	套	18	
23	防火门闭门器		套	350	
24	磁力开关		套	350	

25	屏蔽线	WDZN-RVSP-2*4	km	5	
26	电源线	WDZAN-BYJ-2*4	km	5	
27	网线	6 类 UTP	km	5	
28	热镀锌钢管	G25，涂防火漆	km	30	
29	辅材		项	1	
七	无线通信子系统				
1	调频广播主机	含紧急广播插播功能	套	1	
2	调频广播光纤直放站近端机		套	1	
3	调度对讲主机		套	1	
4	调度对讲分合路平台		套	1	
5	调度对讲光纤直放站近端机		套	1	
6	调度台		套	1	
7	公安数字集群 PDT 基站		套	1	
8	公安、消防射频直放站		套	1	
9	公安、消防分合路器		套	1	
10	350M 分合路平台		套	1	
11	350MHz 光纤直放站近端机		套	1	
12	无线网管工作站（含网管软件）		套	1	
13	定向天线		套	5	隧道口
14	数字手持台及电池		套	20	
15	室内天线		套	11	
16	POI 分合路平台		套	4	
17	调度光纤直放站远端机	450MHz	套	4	
18	广播光纤直放站远端机	100MHz	套	4	
19	公安消防直放站远端机	350MHz	套	4	
20	室内天线	450MHz	只	24	
21	室内天线	100MHz	只	24	
22	室内天线	350MHz	只	24	
23	避雷器		套	4	
24	避雷针		个	4	
25	单模光纤	8 芯	km	6	
26	光纤配线架	24 口	个	2	
27	耦合器		个	4	

28	负载		个	4	
29	辅材		项	1	
30	频点申请及电台注册（不含年费）		项	1	
八	监控供电系统				
1	电源自切柜		套	2	
2	UPS 电源（3+1）	80kVA，2h 后备，含电池	套	1	冗余热备
	UPS 电源（3+1）	50kVA，2h 后备，含电池	套	1	冗余热备
3	监控设备/配电箱（隧道内）	不锈钢，1400*1200*300	个	40	
4	配电箱（隧道外）	不锈钢定制，落地式	个	3	
5	配电箱（设备用房）	不锈钢定制，落地式	个	6	
6	谐波保护装置	三相，HPD1000	套	6	
7	供电电缆	WDZB-YJY-5*25	km	1	
8	供电电缆	WDZB-YJY-5*16	km	10	
9	供电电缆	WDZB-YJY-5*6	km	1	
10	供电电缆	WDZB-YJY-3*4	km	1	
11	供电电缆	WDZB-YJY-3*2.5	km	20	
12	镀锌电线管	G50	km	30	
13	电源防雷器		套	9	
14	信号防雷器		套	9	
15	龙门架防雷接地		处	3	
16	辅材		项	1	
九	通信及管道				
1	防火金属线槽	600*200	km	1	
2	防火金属线槽	300*100	km	20	
3	单模光缆	单模 64 芯	km	30	
4	预埋不锈钢可挠金属管	⌀100	km	2	
5	预埋不锈钢可挠金属管	⌀50	km	10	
6	预埋管预留孔接线盒	热镀锌钢板，现场制作	批	1	
十	隧道内智能交通				
1	隧道交警球型摄像机	400W 像素	套	35	
2	隧道电子警察摄像机（枪机）	900W 像素	套	8	
3	千兆交换机	4 个千兆光，8 个 100/1000M 电	套	2	
4	光电收发器			43	
5	单模光纤	4 芯	km	8	
6	辅材		项	1	

5.10 重要节点处理

5.10.1 北岸大堤、水闸拆除及恢复

5.10.1.1 北岸大堤处理方案

本工程北岸接梅园路，涉及下穿北岸大堤，北岸大堤为温州三江标准堤，三江标准堤现状防洪标准 50 年一遇，堤顶设计标高 6.20m，堤防级别 3 级，现状挡潮水位 5.45m（50 年一遇），规划挡潮水为 100 年一遇。本工程与三江标准堤（桩号 6+094～6+290）交叉，标准堤采用 19.5m 的三跨透空框架结构形式，2018 年通过竣工验收。堤顶高程 6.20m，宽 7.0m。堤顶道路内侧 5.20 高程平台宽度 12m，高程 5.20m，平台上覆 100cm 种植土，种植土与堤顶道路齐平，整体宽度达 19m。平台末端以 1：4.0m 边坡放坡至 4.5m 高程。为减少堤后填土对透空框架结构桩基础的负摩阻影响及增强堤身抗渗能力，在框架结构内侧设Φ700 水泥搅拌桩墙，搅拌桩桩长 15m。

框架结构基桩直径 800mm，桩长 34m，纵向间距 6.0m，横向间距 5.0～6.0m。如下图所示。

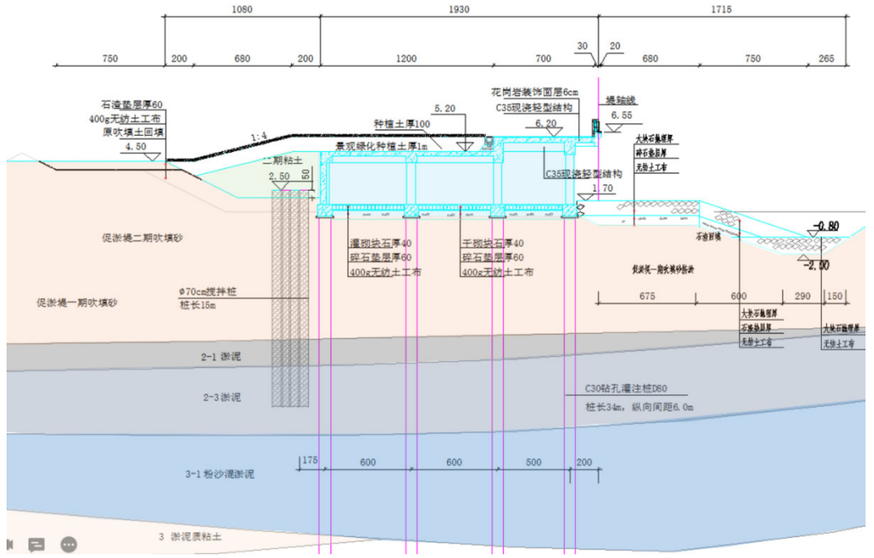


图 5.10.1-1 北岸三江标准堤横断面图

府东路隧道基坑施工及长岙水闸拆复建影响的三江标准堤拆除范围共 168m，隧道及水闸

修建完按 100 一遇规划的潮水位进行恢复。三江标准堤的拆复建费用纳入府东路隧道工程费用中。

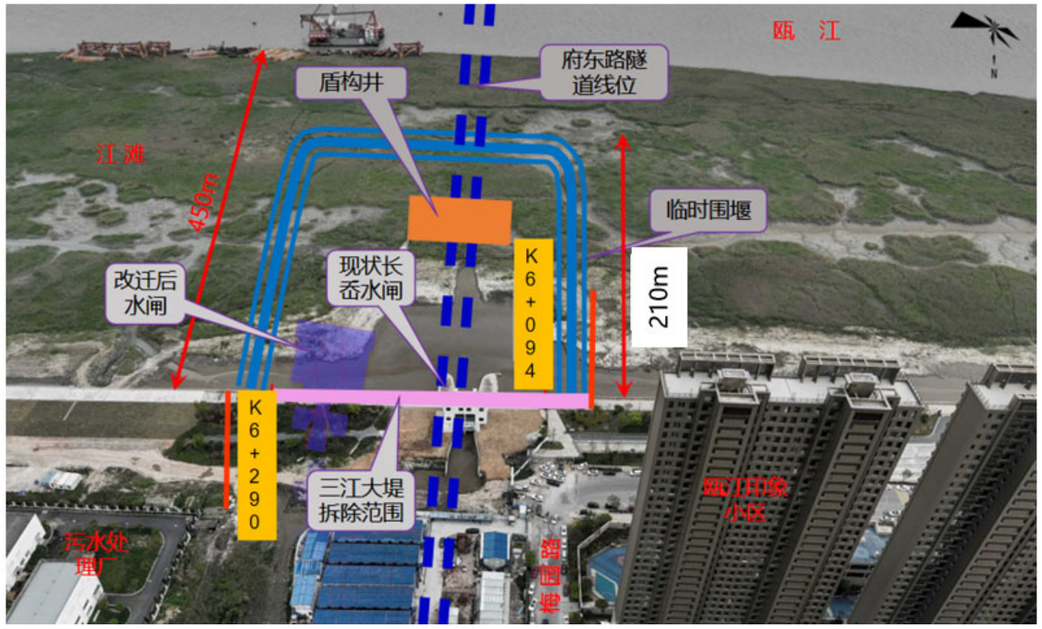


图 5.10.1-2 三江标准堤拆复建范围图



图 5.10.1-3 北岸大堤现状

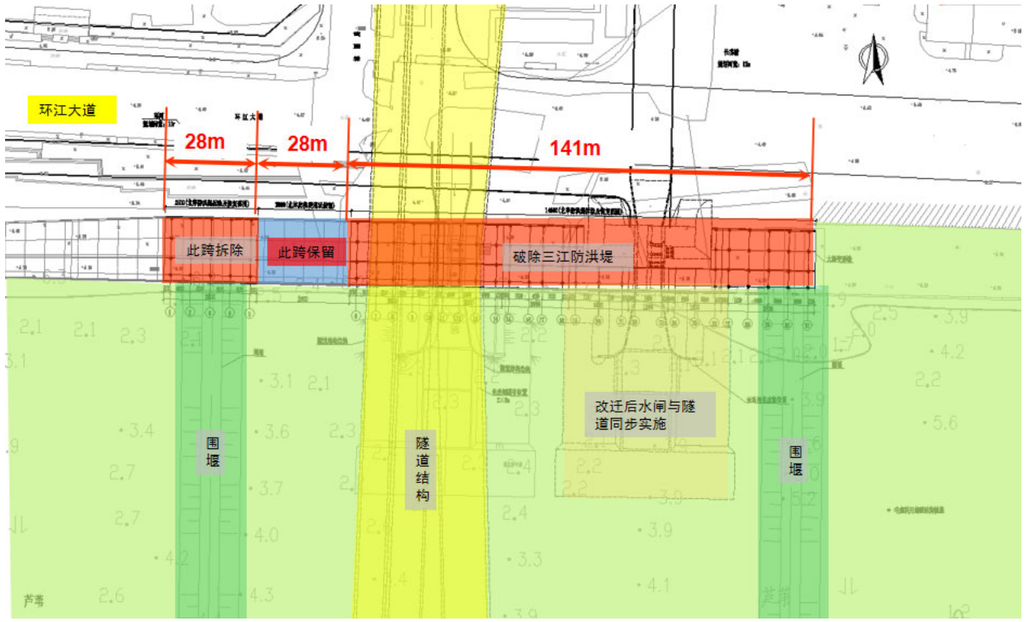


图 5.10.1-4 隧道结构与北岸大堤平面关系图

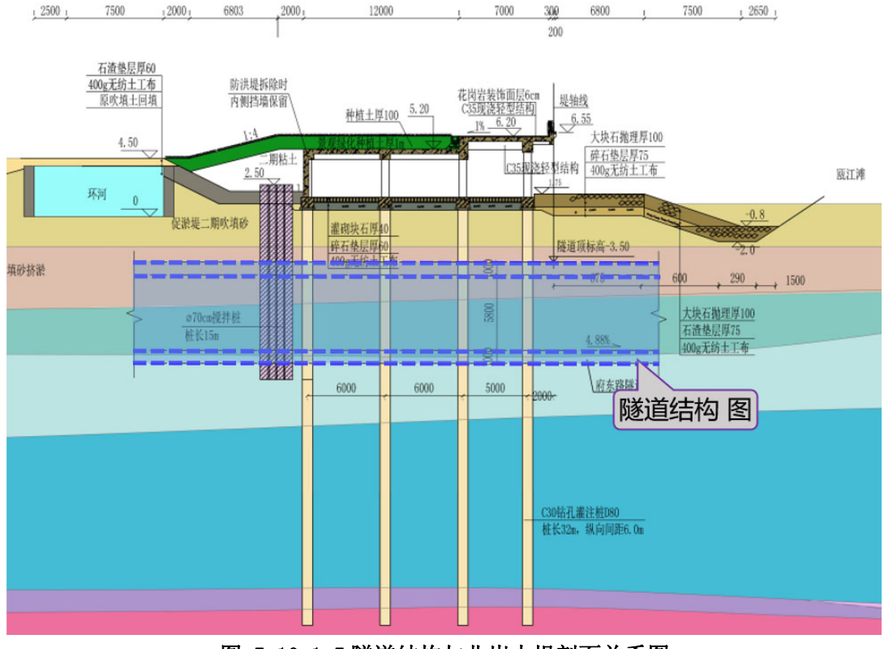


图 5.10.1-5 隧道结构与北岸大堤剖面关系图

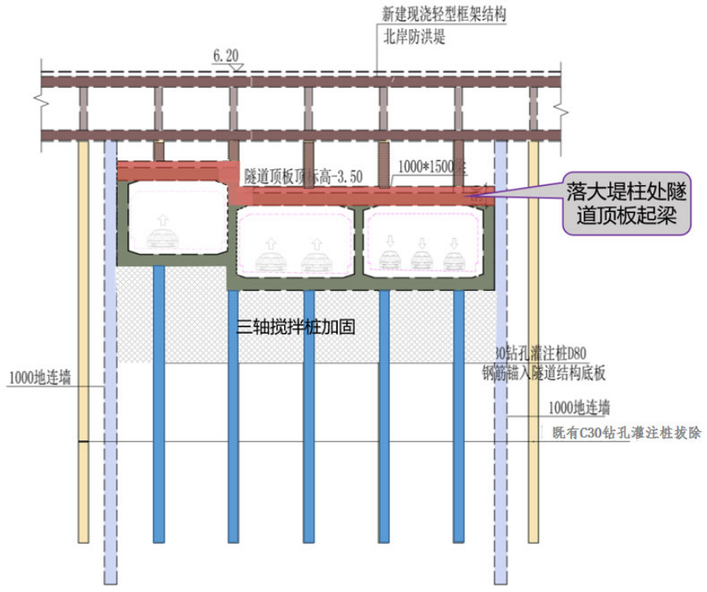


图 5.10.1-6 北岸三江大堤隧道结构范围恢复图

北岸大堤拆除及恢复工序：

1）隧道围堰闭合后拆除影响范围三江防洪大堤；北岸水系中的水通过临时排水管及排水闸排到围堰范围以外。

2）隧道基坑边开边凿除基坑范围内大堤桩基，基坑开挖到设计标高后，拔除大堤桩基，并灌注水泥砂浆。

3）隧道施工到顶板时在隧道顶板上设置横梁，在横梁上施做大堤平台下方支撑柱，在支撑柱上施做大堤框架梁，然后在框架梁上施做大堤平台，即完成大堤结构的恢复。

4）拆除临时围堰，恢复河床标高及大堤平台景观。

5.10.1.2 北岸水闸处理方案

（1）水闸处理方案论证

根据现场对长岙水闸进行了坐标测量，已建长岙水闸距离梅园路西侧道路红线约 30m，与水闸连接的规划水系尚未实施，现状临时通过原水系接入长岙水闸排水入瓯江，具体详见下图。



图 5.10.1-7 北岸现状水闸位置图

改移水闸方案：隧道主线（双四）设置与 104 国道西向，在梅园路设置入口 A 匝道（单车道），在 104 国道东西设出口 B 匝道（单车道）。

由于线位与现状长岙水闸冲突，需将水闸往东侧改迁，保证水闸距离梅园路东侧道路红线净距不小于 50m。具体方案详见下图。

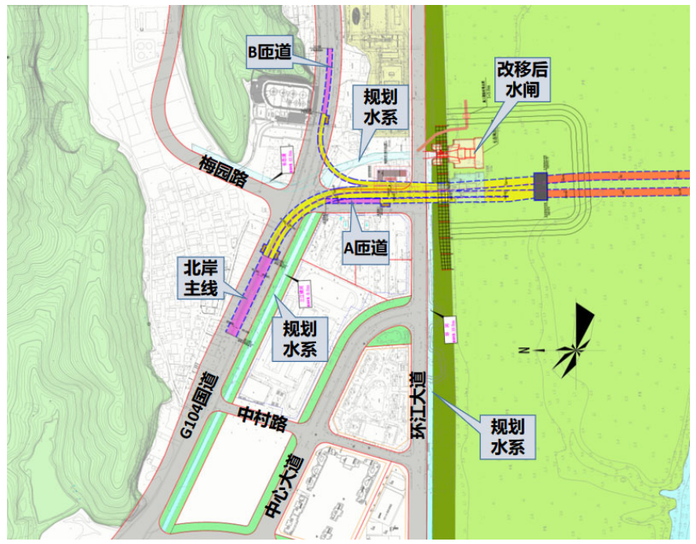


图 5.10.1-8 改移水闸方案

避让水闸方案（一）：隧道主线向东偏移约 60m，避开既有长岙水闸，隧道 A 匝道仍然连

接 104 国道东向道路，隧道主线五车道连接 104 国道西向道路。

此方案导致隧道进口无法在梅园路上设置，104 国道东向西进隧道车辆需在中村路交叉口掉头进隧道，隧道交通组织差，且隧道主线 5 车道均需向西接 104 国道，增加 104 国道红线拓宽范围，导致 104 国道北侧拆迁量增加，且隧道 A 匝道的实施需拆除关公庙及长岙油库部分办公楼，协调难度大，拆迁费用高，方案布置图如下图。

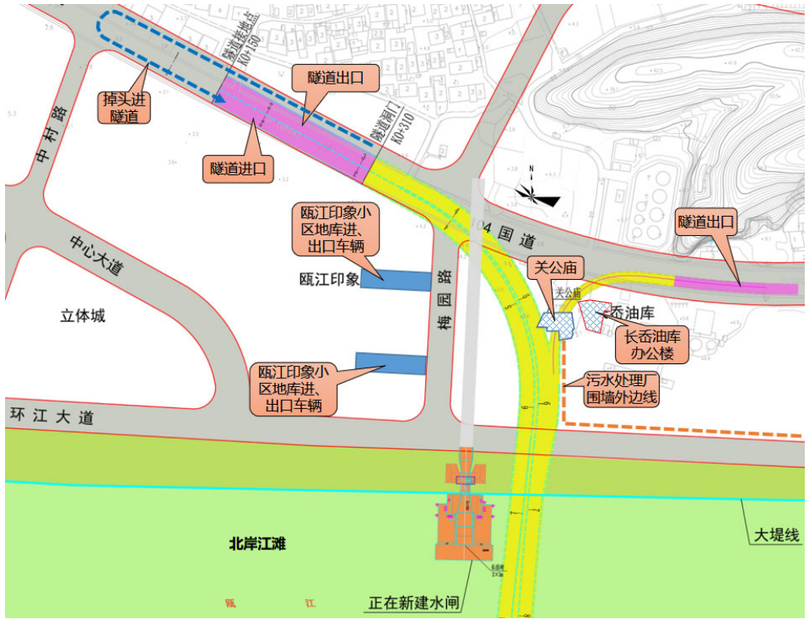


图 5.10.1-9 避让水闸方案（一）

避让水闸方案（二）：隧道东西主线分别从长岙水闸的东西侧绕避现状水闸，隧道入口按三车道设置于梅园路，隧道出入口分别设置于现状 104 国道东西向，其中东向单车道，西向两车道。

由于瓯江印象小区地下车库出入口设置在梅园路上，此方案导致隧道西侧梅园路上无法设置地面道路，堵塞瓯江印象小区地库车辆进、出，并且施工时距离长岙水闸较近，对既有长岙水闸影响较大，同时明挖隧道被分隔为东西两条隧道，隧道围护结构费用大大增加，方案布置图如下图。

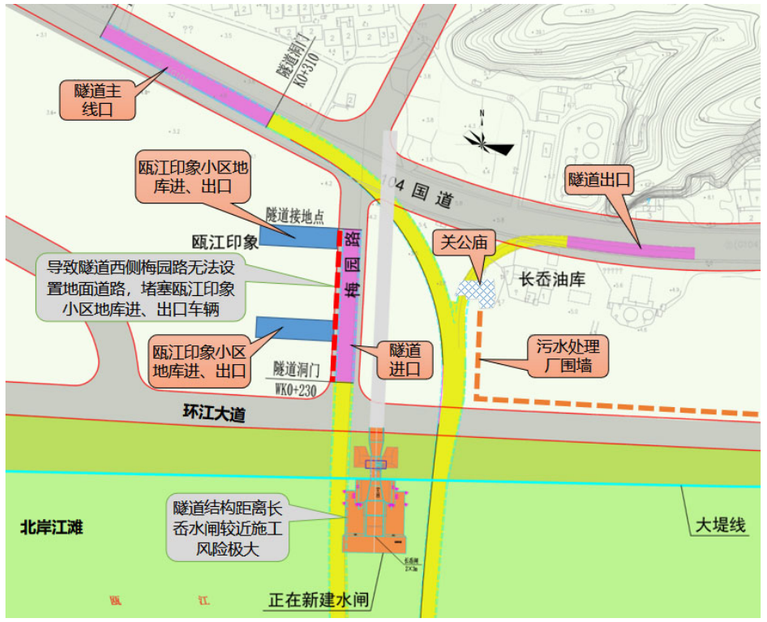


图 5.10.1-10 避让水闸方案（二）

根据上面三个方案的介绍可知，可行的避让方案只有方案（一），现就改移水闸方案与避让水闸方案（一）进行充分对比，分析见表

表 5.10.1-1 水闸处理方案综合比选表

比选项	改移水闸方案（推荐方案）	避让水闸方案
隧道交通组织功能	隧道主线设置于 104 国道西向，梅园路设置入口 A 匝道，104 国道东、西向车流及北侧“北外滩”片区车流均可顺畅进入隧道，出隧道车流可通过主线及右转匝道，直接进入 104 国道主线，接线顺畅，车辆通行效率高，隧道交通组织功能好，线路方案最优。	隧道进口无法在梅园路上设置，隧道进口只能设置于梅园路西侧 104 国道上，仅能服务 104 国道西向东方向车流，导致 104 国道东向西车流及北侧“北外滩”片区车流需在中村路交叉口掉头进隧道，隧道交通组织功能差。
对水利设施影响	施工期间需局部拆除北岸大堤（约 50m），同工程建设同步恢复；需拆除新建成的长岙水闸，并改移到东侧，同时需对规划河道进行局部改移，对水利设施有一定影响。	施工期间需局部拆除北岸大堤（约 50m），同工程建设同步恢复；施工期间需临时改移既有水系，保证区域水系的排涝功能，但不需拆除新建成的长岙水闸，对既有水利设施影响较小。
对规划影响	需对梅园路、104 国道规划红线进行调整，但对已出让地块影响较小；同时需对梅园路东侧规划变电站位置进行调整。对规划调整有一定影响。	隧道进、出口都放置在 104 国道上，104 国道道路红线需拓宽宽度大，占用 104 国道南、北侧地块较大，同时需对梅园路东侧规

		划变电站位置进行调整。对规划调整影响大。
施工风险	长岙水闸已改移出隧道施工影响范围，距离长岙水闸、瓯江印象小区、污水处理厂较远，施工风险小。	距离长岙水闸、污水处理厂较近，施工风险极大。
拆迁情况	需拆迁既有水闸，异地复建；施工期间需局部拆除北岸大堤，项目完工后恢复。	不需拆除新建成的长岙水闸，但需关公庙、拆除长岙油库办公楼，增加 104 国道北侧拆迁，拆迁量大。施工期间需局部拆除北岸大堤，项目完工后恢复。
投资对比	增加长岙水闸拆、复建费用 4000 万（不含大堤拆除、恢复、水系改移费用）	约 12600 万（含隧道加长土建费用约 9600 万，建筑物拆迁补偿费约 3000 万。（不含大堤拆除、恢复、水系改移费用）

经综合比选，综合考虑过江通道交通功能、对规划的影响、工程投资、协调难度等方面因素，推荐采用改移水闸方案。

（2）水闸拆复建方案

根据前期与水利管理部门沟通，府东路隧道施工影响范围内的长岙水闸需与隧道同期施工，所以围堰方案对接过程中，水闸管理部门提出隧道围堰需包含改迁后的长岙水闸，隧道施工过程中水闸也同时施工，后期考虑一家施工单位进行施工，减少不同施工单位交叉作业的相互影响。考虑改迁后水闸对隧道后期的影响以及改迁费用造价最低，经与水闸产权单位对接，一致同意水闸往东侧改移，相对现状水闸水闸往东平移了 60m。隧道施工过程中现状水闸北侧水系中水通过设置临时排水管及排水闸。具体改迁方案平面图如下：

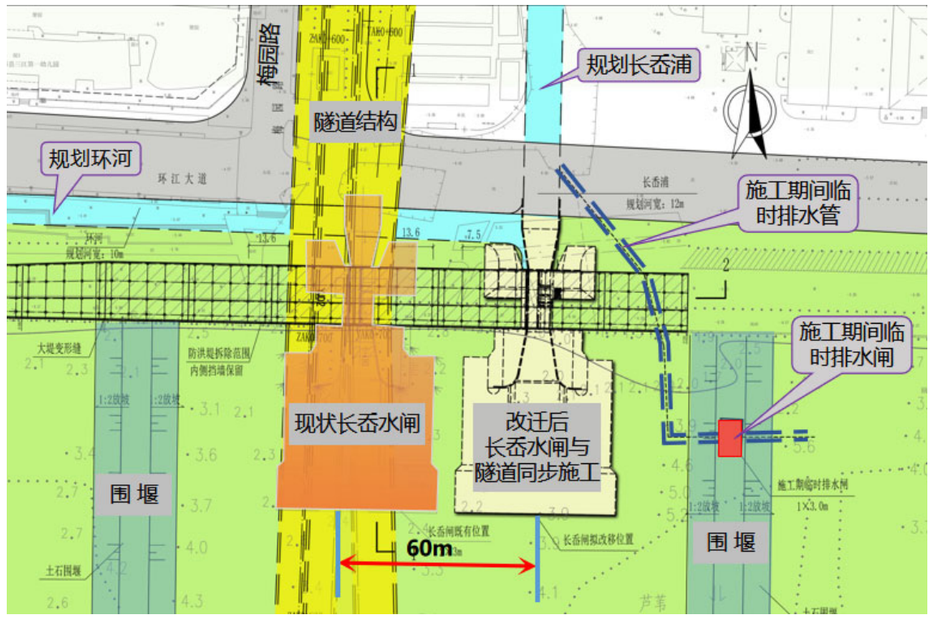


图 5.10.1-11 长岙水闸拆复建方案平面图

长岙水闸中心桩号 6+180，后于三江标准堤（桩号 6+094～6+290）而建。

原三江标准堤桩号 6+150～6+175、6+185～6+206 主要拆除 1.5m 高程以上部分，该段拆除后采用挡墙结构断面进行重建，即在原承台梁上浇筑 70cm 厚筏板基础，与原有桩基础连接，其上设置 C20 灌砌石挡墙，挡墙后侧采用石渣回填，重建堤顶路面，内侧采用闭气土方回填，在桩号 6+150、6+206 处设置挡墙与原框架单元衔接，桩号 6+175～6+185 水闸处拆除至 0 高程。水闸规模为 2 孔×3m，总净宽 6m，底槛高程 0.0m，基础为软基。外江设计潮位 P=2%设计高潮位为 5.40m，内河 5%洪水位 4.55m，正常水位 3.00m，设计排水流量 75m³/s。

长岙水闸闸室为钢筋混凝土平底板胸墙式整体结构，长 20m，闸底槛高程 0.0m，闸孔净宽 3m，共 2 孔，总净宽 6m。闸内每孔设一道 C35 钢筋砼工作闸门，工作闸门采用 QL-25t 螺杆式启闭机启闭。闸底板厚 80cm，边墩厚 100cm，中墩厚 120cm。闸上设有交通桥、启闭排架、启闭机房等。工作闸门位于闸室内河侧，门孔顶与检修平台间为钢筋砼胸墙，胸墙底高程 3.60m，与交通桥间布置有通气孔。交通桥布置于闸室外江侧，顶高程 6.20m，宽 7.00m，连接两侧道路。工作闸门上下游侧各设置一道检修门槽，现状已建完但未投入使用。



图 5.10.1-12 现状长岙水闸

后期长岙水闸按规模为 2 孔×3m 进行恢复，与水闸两侧连接的大堤平台软基采用搅拌桩加固，加固深度 10m，水闸闸室下方采用直径 800 桩基础，桩基础进入卵石层。外江设计潮位 P=1%设计高潮位为 5.66m，详见下图。

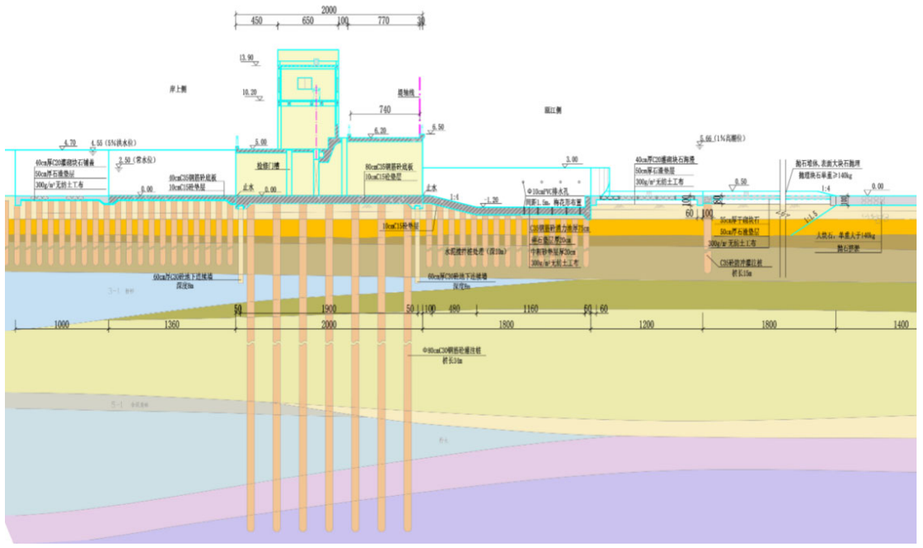


图 5.10.1-13 长岙水闸恢复图

（3）施工期间保护措施及变形控制要求

长岙水闸改迁后位置与隧道明挖段位置较近，且两者同步施工，施工期间应做好基坑围护措施并加强基坑监测。

1）监测内容：

a）基坑附近地面应设沉降观测点，并对基坑外一定范围内建筑物增设竖向位移、倾斜、水平位移；

b）主体结构建成后应长期进行沉降和变形监测；

c）需对周边建筑的竖向位移、倾斜、水平位移进行监测，对周边建筑、地表裂缝进行监测，具体位置根据建筑实际情况，与设计、业主单位、施工单位、监理单位各方协商后确定；鉴于基坑周边建筑物密集，专业监测单位在进场后，应针对本基坑的实际情况，根据本图的要求细化监测内容及保护措施。

d）每个不同的支撑布置断面均应设置一组典型的监测断面，包括围护墙顶部水平位移、围护墙顶部竖向位移、深层水平位移、立柱竖向位移、围护墙内力、支撑内力、坑底隆起（回弹）、围护墙侧向土压力、地下水位、周边地表竖向位移、钢支撑侧向挠曲、周围建筑物沉降等项目。

2）监测要求：

a）为了确保监测数据的可靠性，应由专业单位承担监测工作。

b)监测项目的测点布置、观测频率等应符合《建筑基坑工程监测技术规范》(GB50497-2009)的有关要求，并可参照《城市轨道交通工程监测技术规范》(GB50911-2013)执行。

c）基坑开挖与支撑的架设、预加轴力及轴力设计值详见围护横剖面图；

d）基坑各开挖步应严格动态控制变形，预警值按控制值的 70%考虑。当监控项目接近预警值时，应加密观测，并作日报表，当监测数据接近控制值时，应立即报告施工、监理，并会同设计及有关部门分析原因，并及时提交应对措施报告。

当出现下列情况之一时，必须立即进行危险报警，并应对基坑支护结构和周边环境中的保护对象采取应急措施。

a）监测数据达到检测报警值的累计值。

b）基坑支护结构或周边土体的位移值突然明显增大或基坑出现流沙、管涌、隆起、陷落或较严重的渗漏等。

c）基坑支护结构的支撑体系出现较大变形、压屈、断裂、松弛或拔出迹象。

d）周边建筑的结构部分、周边地面出现比较严重的突发裂缝或危害结构的变形裂缝。

e）周边管线变形突然明显增长或出现裂缝、渗漏等。

f）根据当地工程经验判断，出现其他必须进行危险报警的情况。

3）监测周期

施工阶段工程监测应贯穿工程施工全过程，满足下列条件时，可结束监测工作：

基坑回填后 100d 内应继续对水闸进行观测，当最后 100d 的沉降速率小于 0.02mm/d 时可

认为已进入稳定阶段，可停止监测。否则应继续监测至沉降稳定。

具体监测方案详见明挖基坑监测内容，水闸变形的控制值在施工前应与相关主管部门对接后确定。

5.10.2 北岸水系改移方案

根据永嘉县人民政府批复实施的《永嘉县三江商务区排涝规划（2016 年～2030 年）》，北岸与本项目存在冲突的河流有三条：环河、三江横河及长岙浦。

表 5.10.2-1 北岸与隧道存在冲突规划河流信息

序号	河道名称	规划河面宽（m）	规划河底高程（m）	规划河道护岸型式	规划河道两侧保护范围（m）
1	环河	10	0	直立	7
2	三江横河	8	0	直立	7
3	长岙浦	12	0.5~0	直立	7

根据现场情况长岙水闸已建设完成，接入长岙水闸的环河、三江横河及长岙浦尚未实施，现场临时通过现状水系接入长岙水闸排入瓯江，详见下图。



图 5.10.2-1 北岸现状水系图

根据隧道北岸接线方案，由于长岙水闸与隧道结构存在冲突，长岙水闸需要往东侧改移 60m，相应规划的长岙浦需往东改移，规划的环河需向东延伸 60m，具体详见下图。

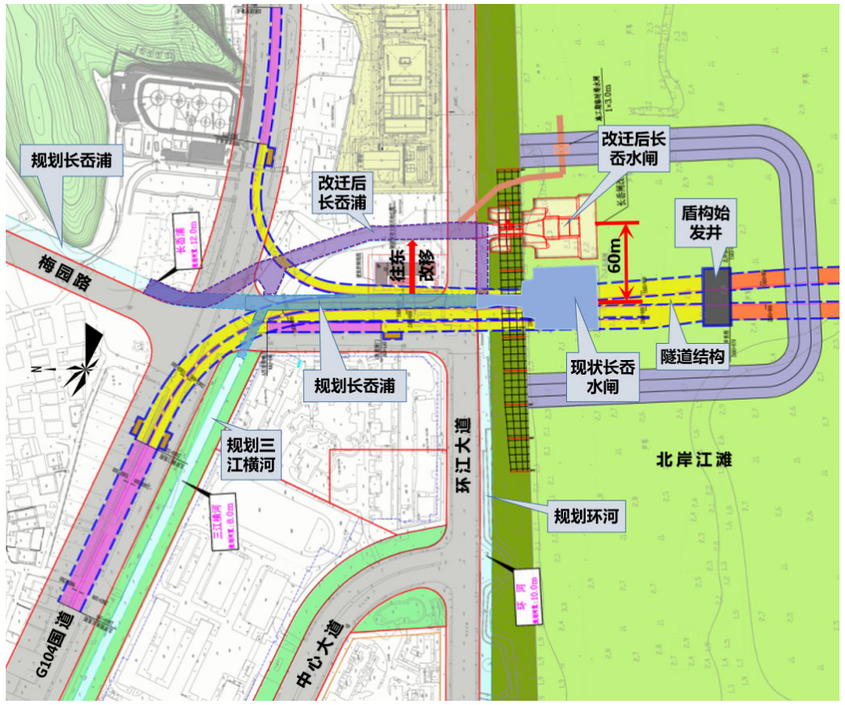


图 5.10.2-2 北岸水系改移平面图

根据前期与水利管理部门沟通，府东路隧道施工影响范围内的规划河道需与隧道同期施工，并且同步实施河道的建设费用纳入府东路隧道工程费用中。由隧道建设方一并考虑同步施做的河道范围如下图所示，河道建设费用见下表。

表 5.10.2-2 河道建设工程量及费用

序号	河道名称	规划河面宽（m）	河道与隧道同步实施长度（m）	费用（万元）
1	环河	10	112	280
2	三江横河	8	100	250
3	长岙浦	12	211	569.7

根据规划河道与隧道的平面关系，河道有 3 处与隧道存在立体交叉，河道规划河底标高为 0.00，故隧道在与河道交叉处隧道顶标高应低于 0.00 标高。为保证隧道尽快接地，减少隧道长度及工程造价，隧道方案设计时尽量减少与河道间竖向距离，并保证不侵入河道范围，具体方案详见下图。

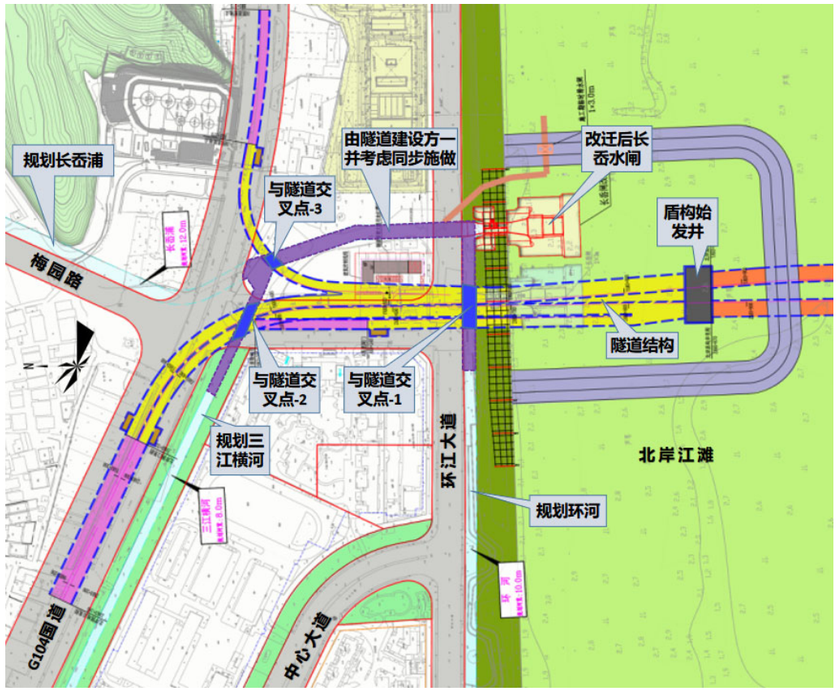


图 5.10.2-3 同步恢复河道范围图

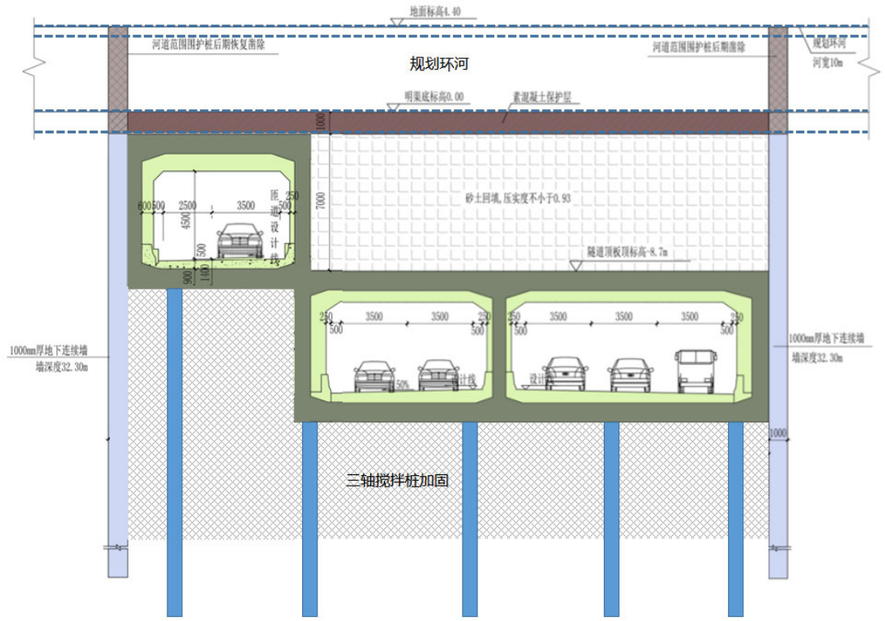


图 5.10.2-4 交叉节点-1 环河恢复方案图

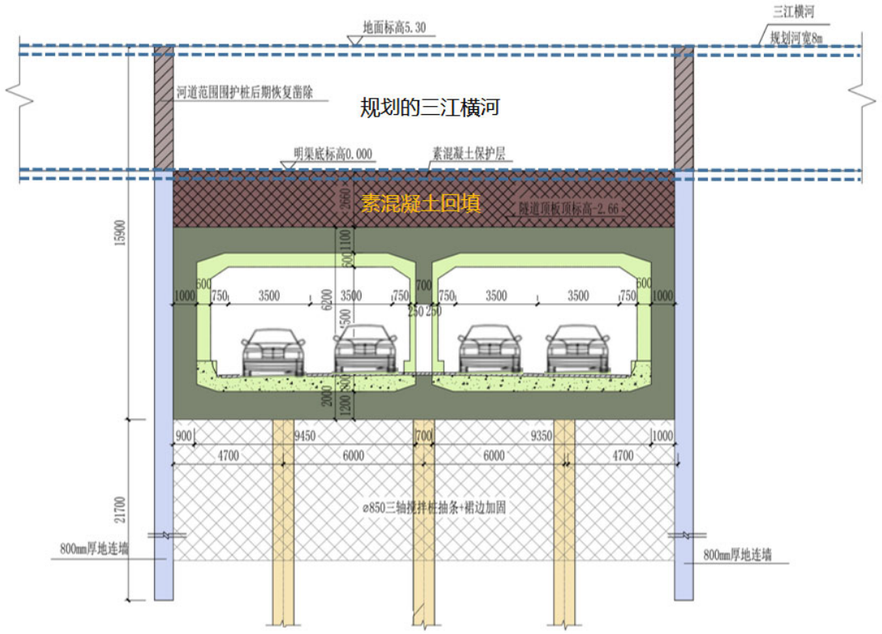


图 5.10.2-5 交叉节点-2 三江横河恢复方案图

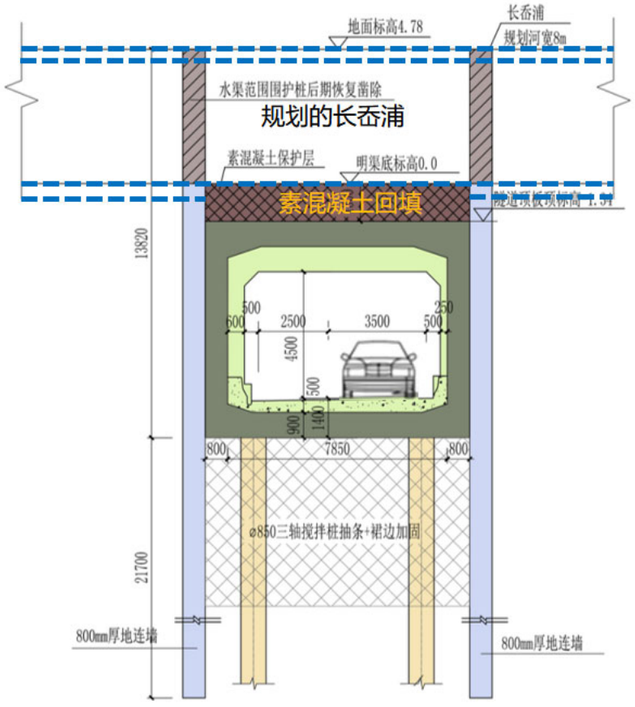


图 5.10.2-6 交叉节点-3 长岙浦恢复方案图

5.10.3 北岸长岙油库箱涵、管线拆除及恢复

1.长岙箱涵拆除及恢复

根据管线调查资料，长岙油库南北库区之间存在一地下人行过街通道，通道底板顶标高2.0~2.5m，顶板底标高3.9~4.4m，隧道净高1.9m，净宽3.3m。104国道平时地面车流大，此箱涵主要服务长岙油库工作人员平时横穿104国道。府东路隧道土建方案B匝道与长岙油库地下过街通道存在平面交叉，交叉位置处B匝道顶板顶标高约4.0m，与过街通道结构存在冲突；B匝道与人行过街通道关系如下图所示。



表 5.10.3-1 长岙油库现场照片

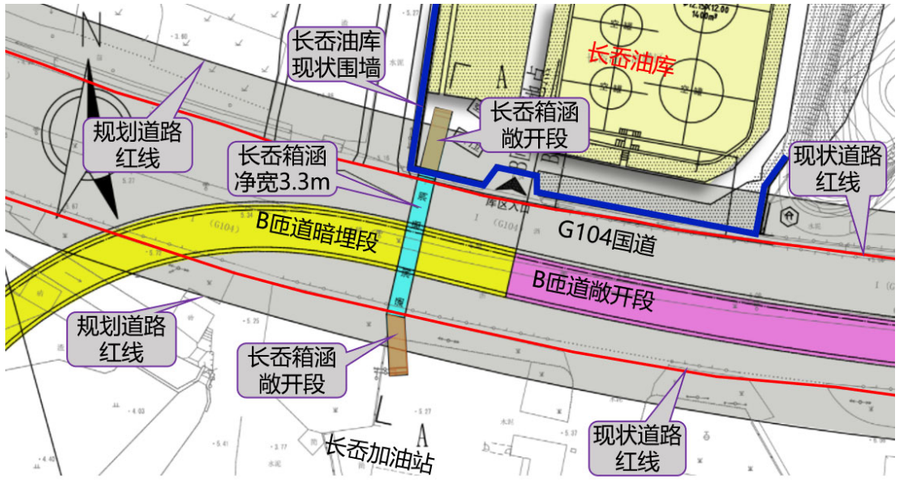


表 5.10.3-2 北岸B匝道与长岙箱涵关系平面图

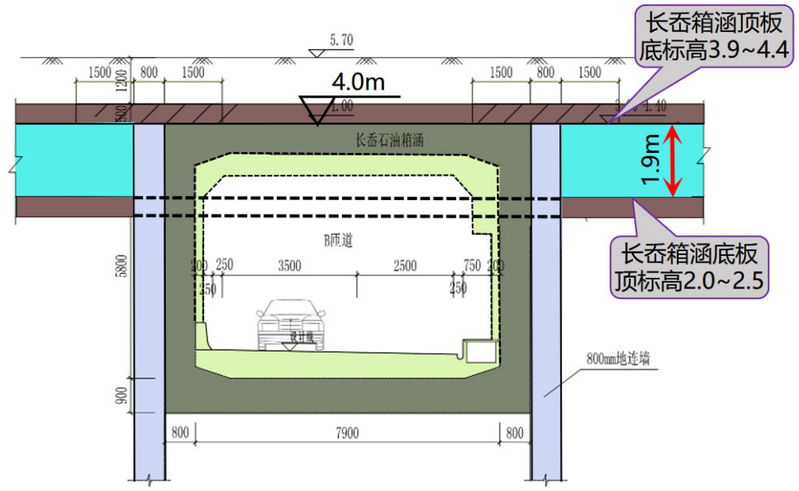


表 5.10.3-3 北岸B匝道与长岙箱涵关系横剖图

根据现场与长岙油库人员的沟通，长岙油库根据规划需进行拆除，现状过街通道平时人员通行较少，修建隧道时可进行拆除，拆除后提供两种补偿方案，方案一，采用现金补偿，地下人行通道直接废除；方案二，废除后，在B匝道底板下方新建一座地下通道，满足长岙油库人员穿越104国道需求及把长岙油库东侧油管、给水管及污水管迁入新建通道内。新建通道分两仓，人行过街仓及管线仓，人行仓净宽3.0m，管线仓净宽2.6m，通道净高1.9m。方案布置如下图所示。

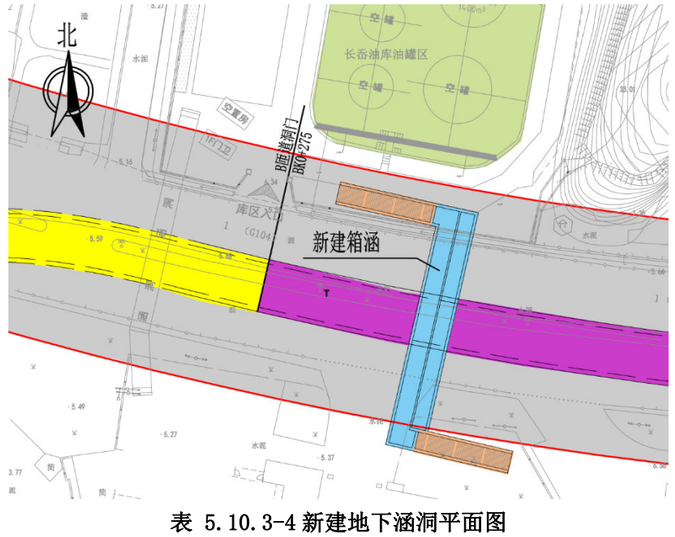


表 5.10.3-4 新建地下涵洞平面图

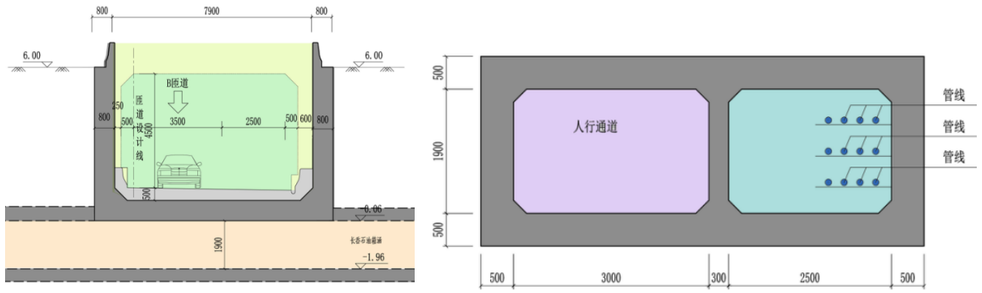


表 5.10.3-5 新建涵洞剖面图

5.10.4 南岸大堤拆除及恢复

项目推荐盾构法方案，在瓯江南岸穿越既有防洪平台桩基，需对盾构穿越段防洪平台进行改造处理。

根据收集到的竣工图资料，南岸防洪堤平台桥梁共分 13 段，受过江隧道盾构段影响的为第 13 分段。该段防洪堤平台位于曲线上，分前平台和后平台两部分，均为双孔多跨钢筋混凝土梁桥，下部为桩基础，上部为现浇横梁+预制空心板桥面。前后平台宽度均为 8m，前平台总长 66.6m，后平台总长 34.4m。平台桥梁基础采用直径 0.8m 的 HPC 桩及直径 1.0m 的钻孔灌注桩两种形式，桩间距按 5° 圆弧均匀布置，共 32 根桩基，桩长 47m，桩顶标高分别为 2.74、4.86、5.36m。

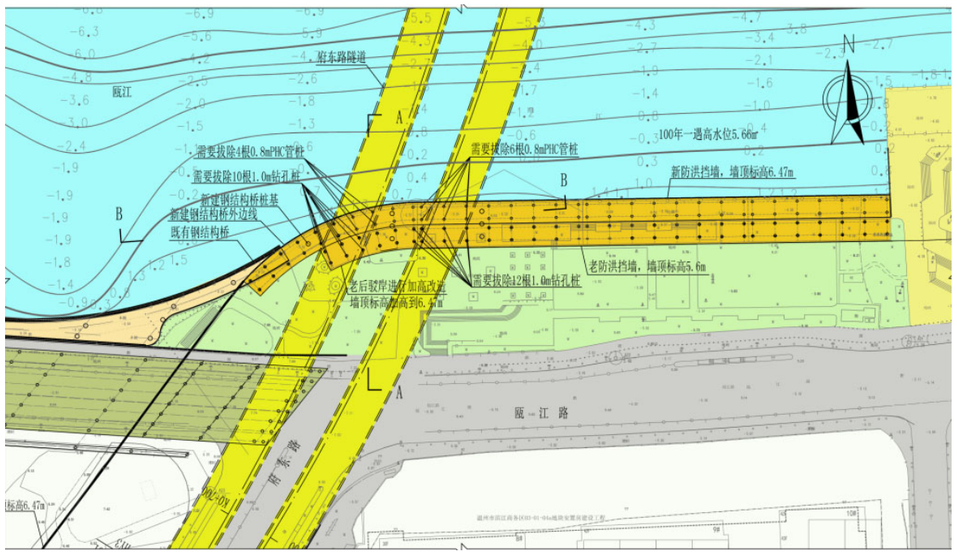


图 5.10.4-1 南岸防洪提与隧道关系平面图

过江隧道盾构段共与上述桥梁的 18 根桩基冲突，盾构施工前需对受影响的桥面拆除，对有冲突的桥梁桩基进行清障处理，然后按照平台桥梁复建的方案施做新桥桩基，桩基外边缘距离盾构隧道结构外边缘不应小于 2.0m，待盾构掘进通过该区域后原样恢复平台桥梁桥面。平台桥梁复建方案拟采用大跨度钢结构桥梁，为与西侧相接的上陡门浦河景观桥同种桥梁形式，基础采用钻孔灌注桩。防洪堤平台桥梁恢复前由于盾构施工已破坏城市防洪堤平台外侧既有的防洪线，为保证城市防洪能力，需对城市防洪堤平台内侧既有的原驳岸进行加高改造，将驳岸顶标高加高至 6.47m，以满足城市百年一遇防洪要求。南岸防洪堤平台复建后的桥梁平剖面如下图所示。

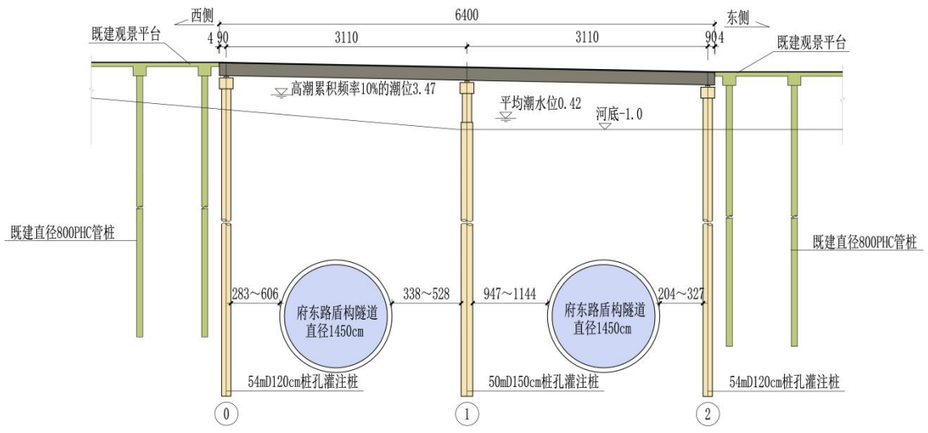


图 5.10.4-2 南岸防洪堤平台新建桥梁与隧道关系横剖面图

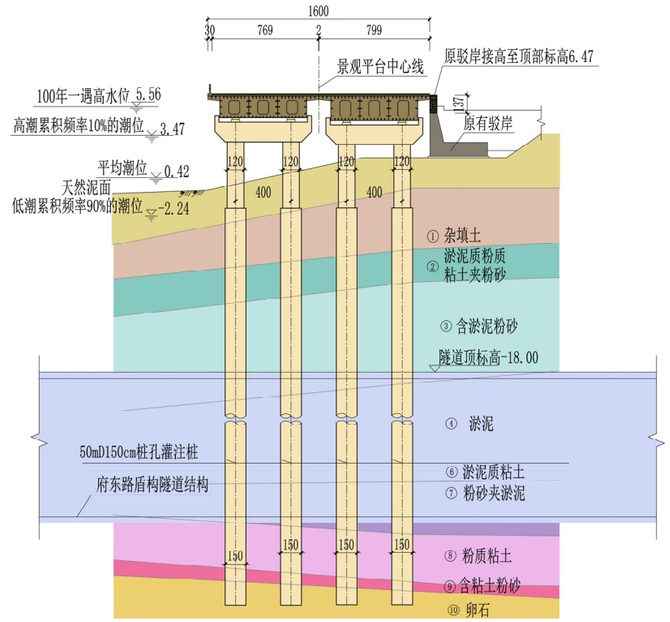


图 5.10.4-3 南岸防洪堤平台新建桥梁与隧道关系纵剖面图

5.10.5 南岸上陡门浦桥拆除及道路恢复

上陡门浦河桥为跨越上陡门浦河而设置，是瓯江路上重要的节点桥梁。本桥孔跨形式为：（20+20+20）m 预应力混凝土简支空心板梁+3x30m 预应力混凝土连续小箱梁+（20+20+20）m 预应力混凝土简支空心板梁，双柱式桥墩，U 型桥台，桩基础形式，桩径 1m，桩长 48m，桥面总宽度为 35.5m。

经研究分析，受过江隧道盾构段影响的为第 3 联桥梁东侧一孔，即最东侧桥台。盾构施工前需对本桥第 3 联桥梁东侧一孔进行拆除，并将有冲突的桥台桩基础拔除干净并回填密实，以满足后续盾构施工条件。该方案共需拔除 18 根桩基，同时，需对最东侧 20 米跨拆除后桥梁位置下方土体进行加固处理，达到承载要求后方可进行盾构掘进，最后在桥墩相接位置施做挡土墙，挡土墙距离桥墩净距 20cm，通过 8m 搭板连接桥面与路基。然后在第 3 联桥梁拆除区域施做新的路基段，与第二孔桥梁顺接。

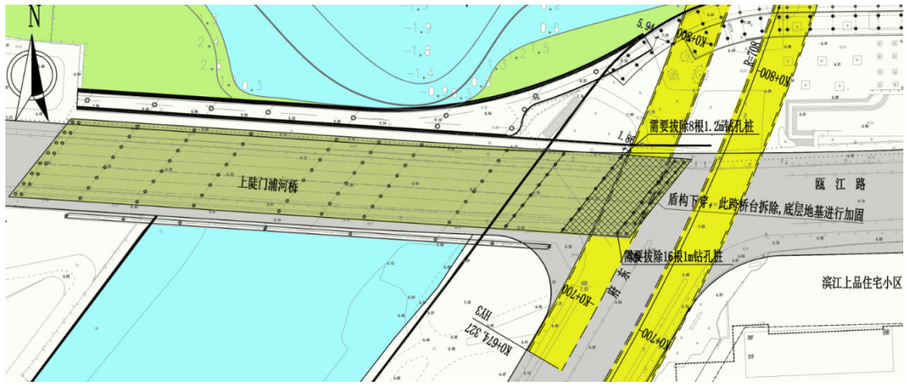


图 5.10.5-1 上陡门浦河桥与府东路隧道关系平面图

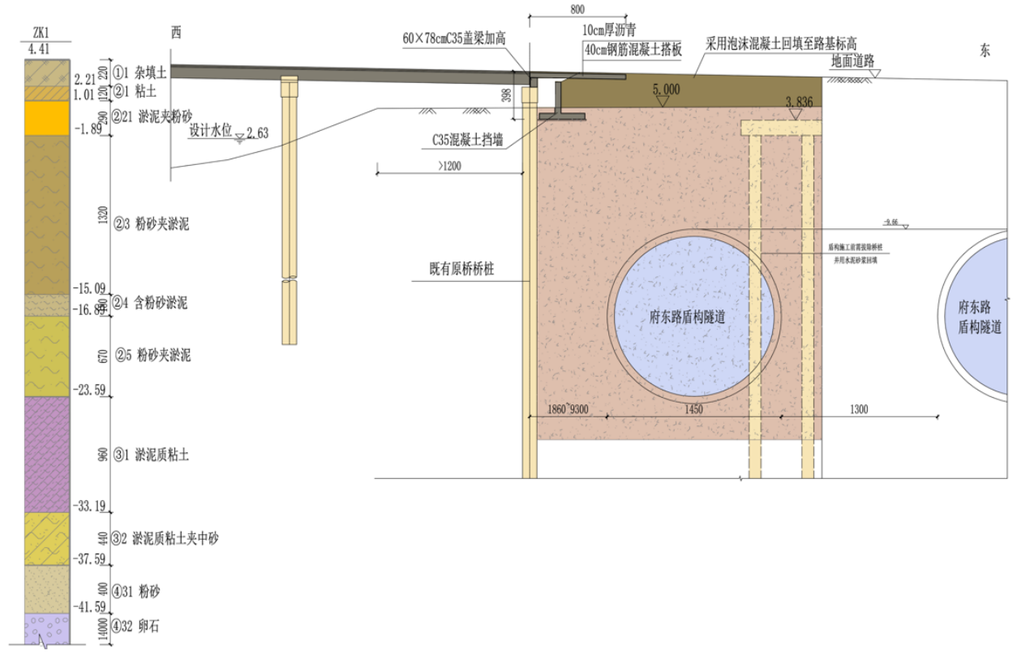


图 5.10.5-2 上陡门浦河桥改造后剖面图

5.10.6 南岸江滨路节点处理

5.10.6.1 沿江快速路与地铁 M2 线规划概况

根据温州市综合交通体系规划及沿江快速路相关设计资料，规划沿江快速路主要沿江滨东路、会展路、机场大道、百里路布置，共分两期建设。其中一期工程东段为高架段，其中环线段沿会展路与文昌路，西起学院东路，南至瓯海大道以南，长约 6.64 公里，射线段沿机场大道，西起文昌路，东至冷库路，长约 4.24 公里，线路全长约 10.8km；一期工程西段西起金丽温高速温州西出口，东至广化桥路，途经牛岭路、鞋都大道等，线路全长约 4.3km，其中高架段长约 1.34km，地下段长约 2.56km；二期工程为规划为地下形式敷设，线路长约 11.25km。目前沿江快速路一期东段、一期西段均已开工建设，计划 2026 年完工。



图 5.10.6-1 沿江快速路一期工程示意图

根据《温州市城市轨道交通近期建设规划》（2020～2026 年），温州城市轨道交通近期规划建设 M1、M2 线，其中 M1 线工程线路长 32.5km，共设车站 23 座；M2 线一期工程线路长 27.9km，共设车站 23 座。两条线路均为地下线路，仅出入段线和试车线存在部分地面线，且地面线主要位于城市郊区。

其中 M2 线一期工程起于鹿城区仰义街道陈村站，线路自西向东经过鞋都大道、鹿城路、望江西路、百里路、江滨东路、会展路、机场大道，线路穿过茅竹岭后，止于龙湾浙南科技城站，并与 S1 线科技城站换乘。均为地下线，共设车站 23 座，其中换乘站 3 座。M2 线一期站点包括陈村站、双屿客运中心站、鹿城工业区站、江滨公园站、工人文化宫站、海坛广场站、欧洲城站、惠民路站、会展中心站、府东路站、富春江路站、兰江路站和科技城站等。

目前《温州市城市轨道交通近期建设规划》仍处于报批阶段，尚未获得国家发改委批准。

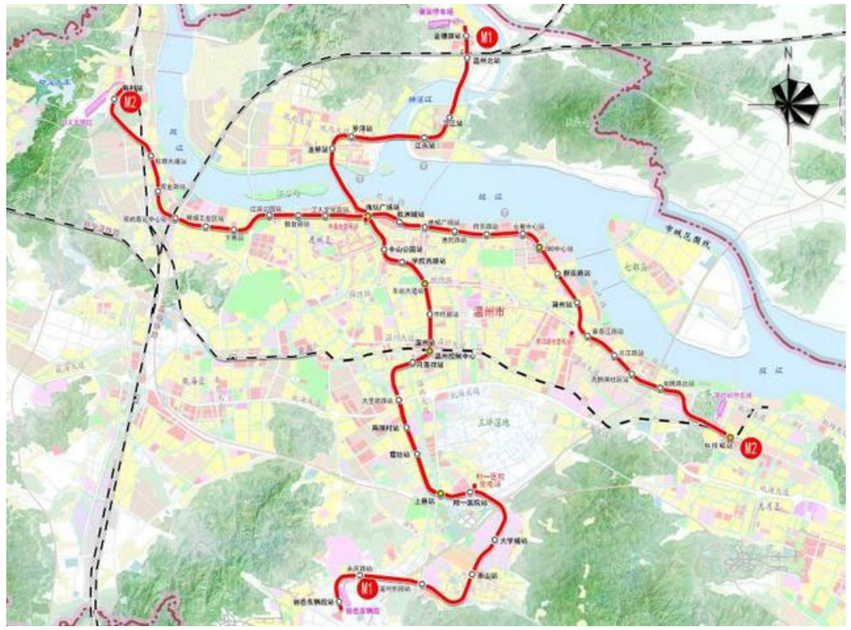


图 5.10.6-2 温州城市轨道交通近期建设规划图

根据沿江快速及地铁 M2 号线线位走向，沿江快速路一期工程高架东段在会展路、机场大道与地铁 M2 号线共通道，共通道线路长 4.48km；二期地下段全部与地铁 M2 号线共通道，线路长 11.25km。



图 5.10.6-3 规划沿江快速与规划 M2 共线段示意图

表 5.10.6-1 沿江快速路与 M2 线共线段道路规划情况

路段	规划道路宽度（m）	绿化带宽度（m）	道路可用宽度（m）	区段长度（km）

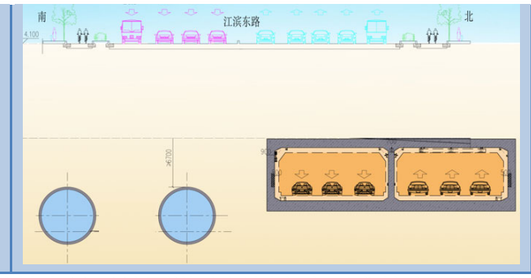
望江西路(三桥路-勤奋路)	50	0	50	1.5
百里西路(勤奋路-信河街)	32	0	32	0.96
百里东路(信河街-环城东路)	35	0	35	1.37
江滨西路(环城东路-灰河桥)	40	40	80	1.56
江滨西路(灰河桥-车站大道)	45	20	65	0.45
江滨中路(车站大道-惠民路)	50	20	70	1
江滨中路(惠民路-上陡门路)	50	0	50	0.42
江滨中路(上陡门路-府东路)	50	20	70	0.44
江滨东路(府东路-汤家桥路)	50	40	90	1.44
会展路(汤家桥路-富春江路)	50	40	90	4.23
机场大道(富春江路-沈海高速)	50	20	70	2.69

根据我院长期从事地铁及地下道路设计经验，两者共线段根据规划道路红线条件可采用叠交或者平铺方式进行建设，当规划道路红线宽度为 50m 时，两者可采用平行的方式敷设，沿江快速路置于道路北侧，地铁 M2 号线放置道路南侧；当道路红线宽度为 30~50m 时，沿江快速路采用自叠的方式，地铁区间采用小净距的方式穿行，施工时需采取地基加固或隔离措施。

5.10.6.2 节点处理方案研究

按照对立体交叉节点的常用处理方式，该位置可采用府东路隧道与规划 M2 线/沿江快速路合建或分建方案，如采用合建方案，需在府东路隧道建设时同步建设 M2 线/沿江快速路隧道地下结构，如采用分建方案，则需要在府东路隧道建设时预留暗挖下穿条件，同时需要调整 M2 线府东路站站位。

表 5.10.6-2 M2 线区间与快速路共线段处理方案

规划红线宽度	≥50m	30m~50m
处理方案		

设置地铁车站对地面道路规划宽度要求较高，车站位置两者的处理方式较为复杂，需考虑地铁车站的出入口设置问题，因地铁车站出入口均需在道路两侧设置，因此车站位置快速路设计标高需要下压，以满足地铁车站出入口的设置，当规划道路宽度不能满足二者并线设置时，可将两者叠交设置，讲快速路置于上层，地铁车站置于下层，此种情况下，将会下压车站站厅层标高，增加地铁车站出入口电扶梯提升高度，增加地铁车站建设期的投资及运营期的运营成本费用。三种可选择方案断面布置如下所示，具体可根据各站址周边条件选用。

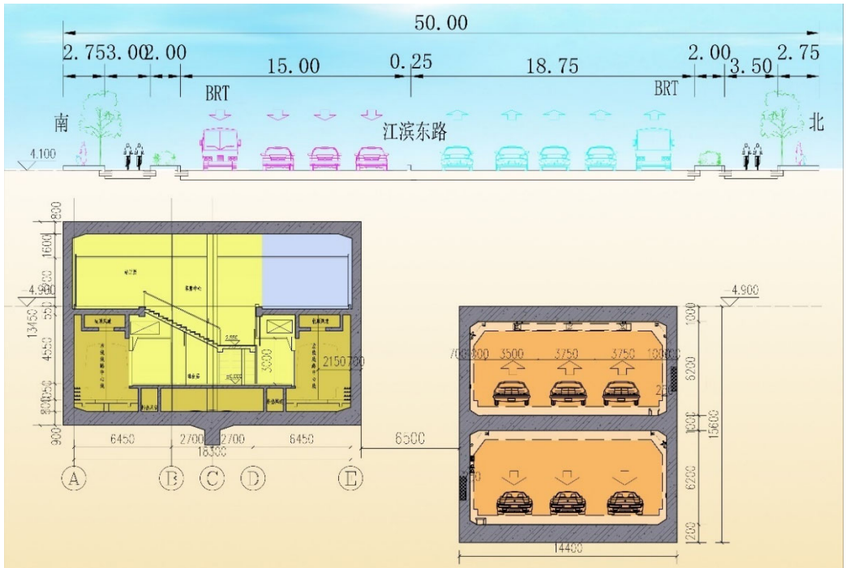


图 5.10.6-4 车站与快速路布置方案一

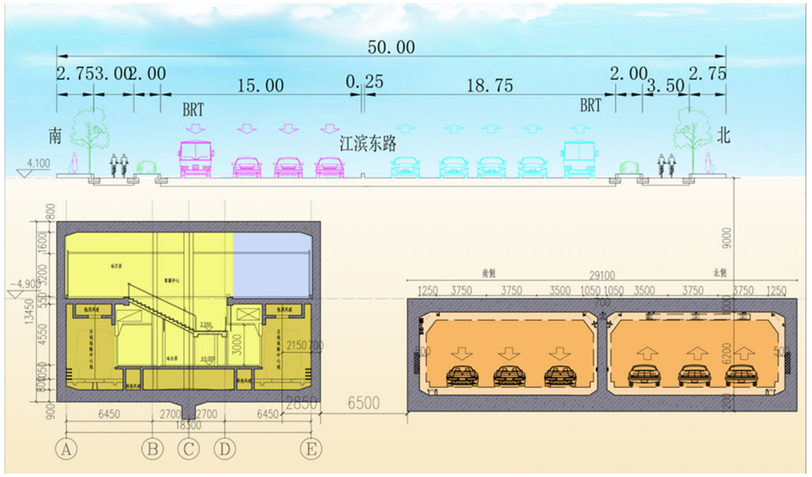


图 5.10.6-5 车站与快速路布置方二

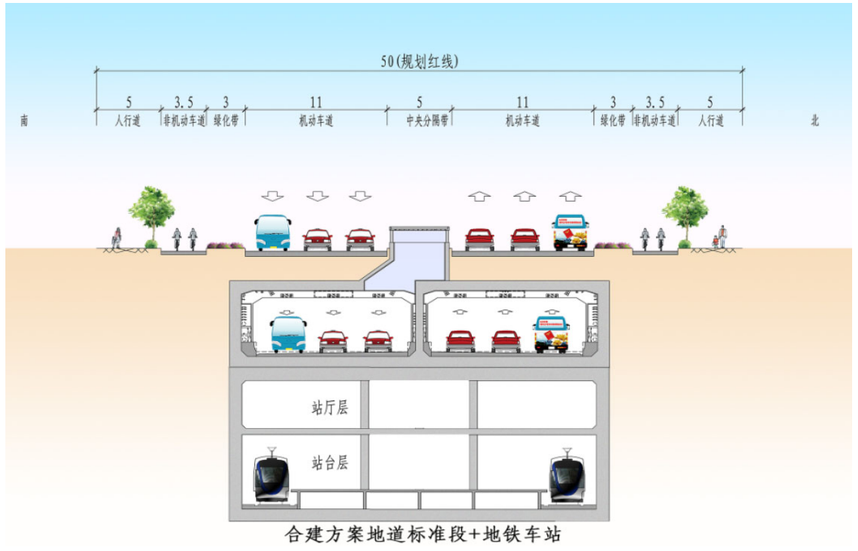


图 5.10.6-6 车站与快速路布置方案三

5.10.6.3 规划 M2 线府东路站调整建议

规划 M2 线在府东路与江滨东路交叉口设置府东路站，因本项目实施，需对府东路站站位进行调整，结合周边地块及道路规划，综合考虑府东路站前后车站站间距及工程实施条件，建议将府东东移 290m，设置与规划道路与江滨东路交叉口，车站考虑同规划沿江快速路平行布置，车站北侧出入口上跨沿江快速路，设置与江滨东路北侧，利用路边规划绿化带设置出入口及风亭，具体布置方案见下图。



图 5.10.6-7 府东路站位调整示意图

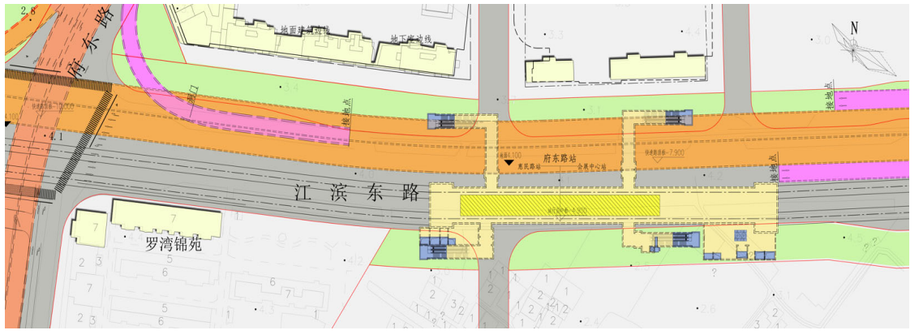


图 5.10.6-8 调整站位后方案一平面图（推荐方案）

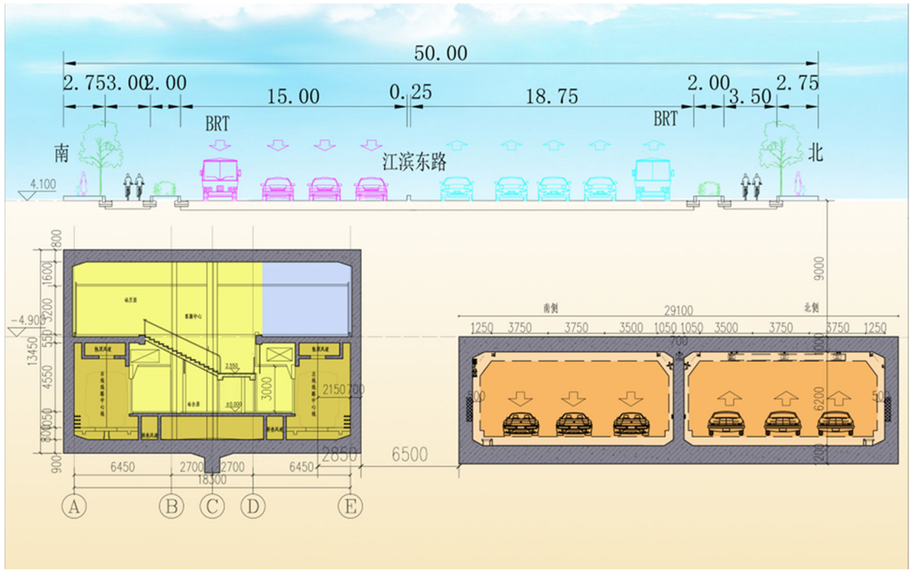


图 5.10.6-9 调整站位后方案一剖面图（推荐方案）

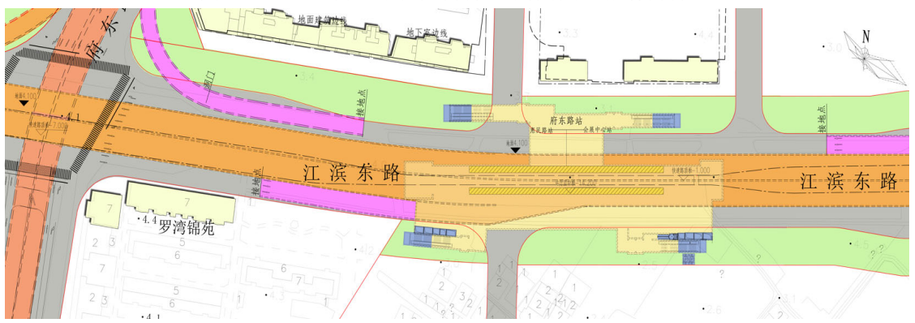


图 5.10.6-10 调整站位后方案二平面图

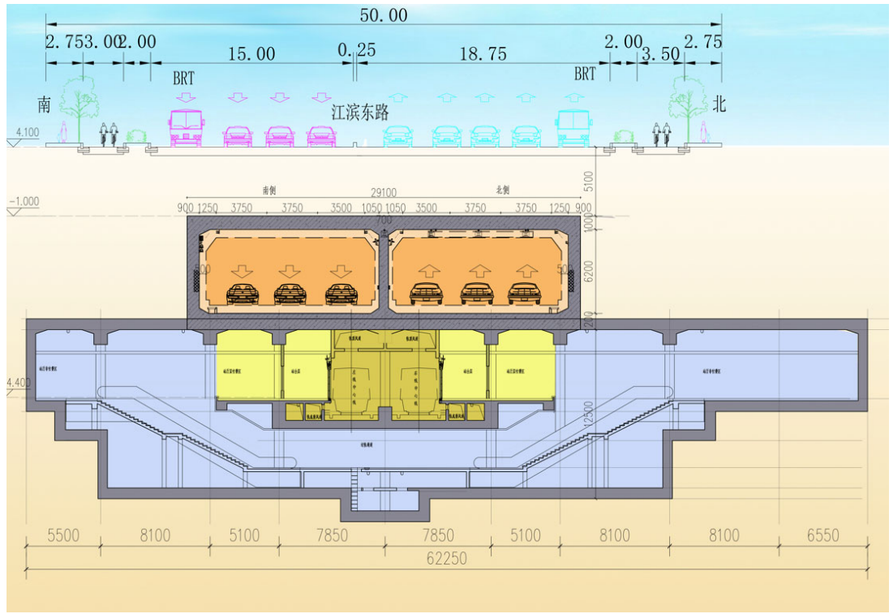


图 5.10.6-11 调整站位后方案二剖面图

站位调整后较原规划府东路站位有以下优点：

调整站位后，惠民站~府东路站站间距 1173m，府东路站~会展路站站间距 1087m，站间距较规划站位更加均衡合理；

车站站厅联通，过街功能好；

可更高效地服务周边居住小区，客流吸引更好；

不需与府东隧道同步实施，后期实施方案更加灵活。

综合考虑周边道路及规划条件、工程实施难易程度、工程造价、服务功能等因素，推荐调整站位后的府东路站采用方案一与沿江快速路平行布设的方式。

5.10.6.4 府东路隧道江滨东路节点方案

拟建府东路隧道下穿江滨东路时与规划沿江快速路及地铁 M2 线存在立体交叉，考虑 M2 线及沿江快速路均处于规划阶段，尚未开展方案研究，因此，本次不考虑同步实施条件，考虑府东路隧道实施时为后期快速路及 M2 线预留实施条件。结合以上府东路站位设置分析，同步提出针对府东路调整后方案一作为节点预留条件设计，见下图。

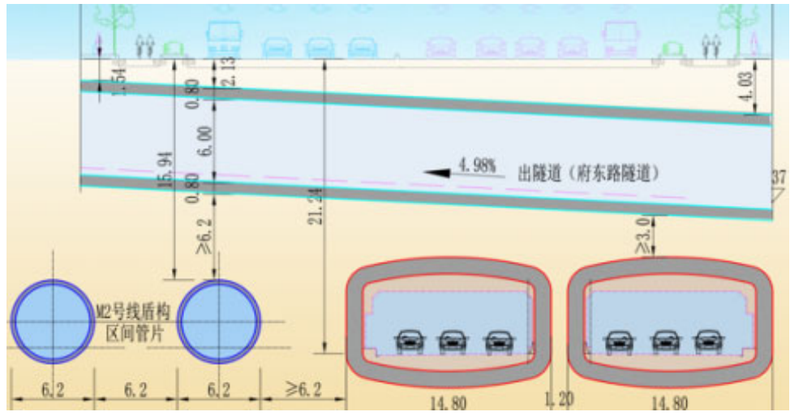


图 5.10.6-12 下穿府东路隧道推荐方案

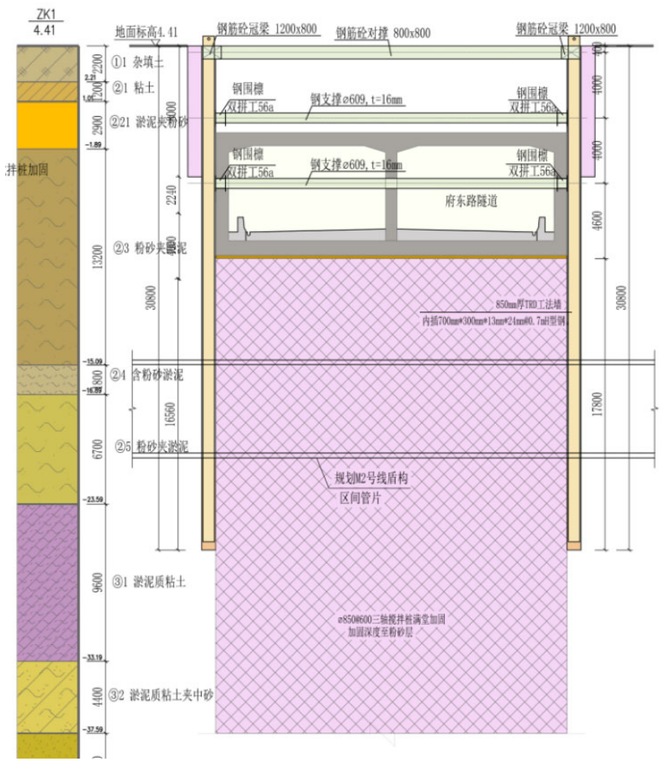


图 5.10.6-13 交叉点地基预加固剖面图

远期快速路实施时可采用目前国内较为成熟的三车道大断面顶管技术进行下穿施工，地铁盾构区间可采用常规盾构机进行穿越施工，该两种工艺目前在国内都属于较为成熟的工艺，工程风险可控，可实施性强。

府东路隧道下穿江滨东路段设计可采用增大结构厚度及道路压重层以满足结构自身抗浮，

基坑围护结构采用 TRD 工法墙+插型钢，主体结构完工后拔出型钢，为后续快速路及地铁区间穿越预留条件，同时对江滨东路规划红线范围内地基进行加固，以减小后期两者下穿时对本项目的影响。

5.10.7 重大管线改迁方案

（1）管线迁改原则

1)管线迁改原则上按现行标准实施，满足同等功能需要进行临迁或复建。

2)影响施工的管线，原则只考虑作一次性迁改，避免重复投资和多次协调，同时便于施工现场的管理。

3)在永迁场地条件不具备而又阻碍项目主体施工的情况下，考虑对现有管线进行保护或局部临时改移到施工区外，或者有条件临时截断、临时废除，待主体施工完成后，将临迁管线再按规划要求进行回迁或恢复。如:过路管线临时架空迁改，保证路基施工，管道敷设、路基完工后入地。

4)受现有或周边规划条件限制，不能进行管线改迁或改迁成本较高等因素影响时，为保证主体施工又能不影响管线正常运营和维护，一般将管线在原管位采用混凝土整体打包保护。如道路拓改工程人行道改为机动车道，将原人行道下方管线整体打包处理。

5)迁改顺序以确保工期为原则，按先机动车道或辅道内管线迁改，再非机动车道和人行道内管线迁改，对影响工期而一次不能迁改到位的管线进行临时迁改。

6)施工区域交通流量大，行人密集，需做好现场围护、交通疏导、安全文明施工工作。

7)合理安排施工时段，管道穿越道路及十字路口时,尽量选择夜间施工，施工时应有足够的照明，尽量减小对过往行人与车辆的影响。

8)办理施工过程中相关手续，如办理夜间施工有关手续。

9)地下管线情况复杂,施工前需进行广泛调查、排查、探测、探挖工作，尽量将各种影响降到最低。

10)迁改兼顾拆迁因素，对拆迁困难地段，建议尽量采取顶管等技术措施，确保总工期。

（2）北岸管线类型及迁改方案

根据管线调查资料，北岸控制性的管线主要在环江大道及 104 国道上，环江大道上有 10Kv 的高压电线，104 国道上主要有石油管线、10KV 架空高压电线、DN400 污水管、DN159 污水管、DN159 雨水管、地下人行涵洞以及沿着 104 国道南侧铺设的国防光缆等。

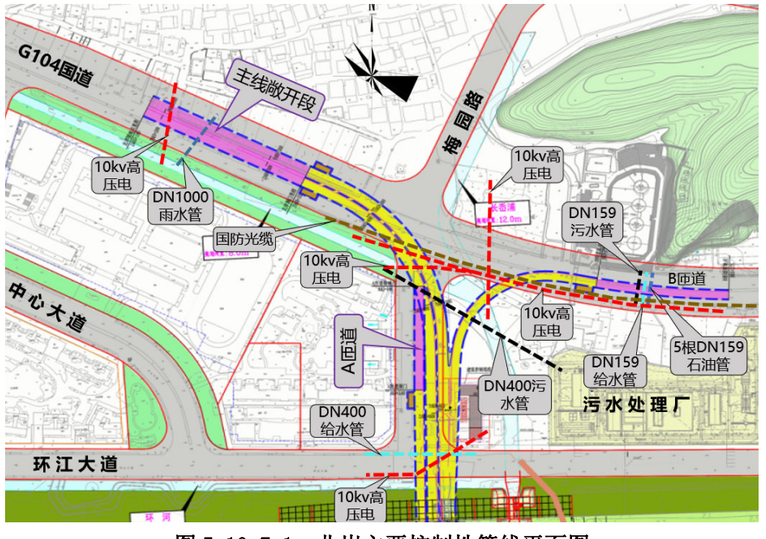


图 5.10.7-1　北岸主要控制性管线平面图

1）104 国道东侧管线改迁方案

104 国道东侧主要控制性管线有：1 根 DN159 污水管、1 根 DN159 给水管及 5 根 DN159 石油管，在 B 匝道的敞开段范围，施工期间考虑往东侧永久改迁至新建涵洞内。具体详见下图。

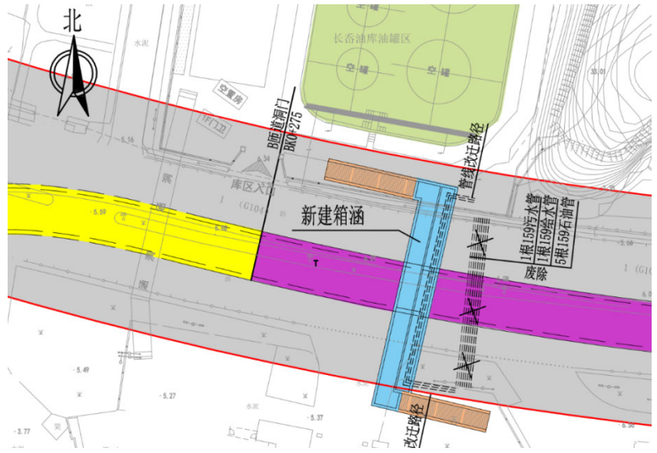


图 5.10.7-2　输油管道改迁平面图

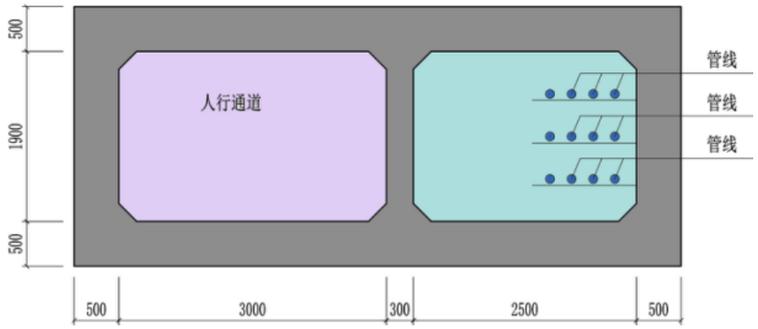


图 5.10.7-3　输油管道改迁剖面图

2）104 国道西侧管线改迁方案

104 国道西侧管线 10kv 架空高压线落地改迁至隧道主线敞开段西侧，DN1000 雨水管也改迁至隧道主线敞开段西侧，原管进行废除。

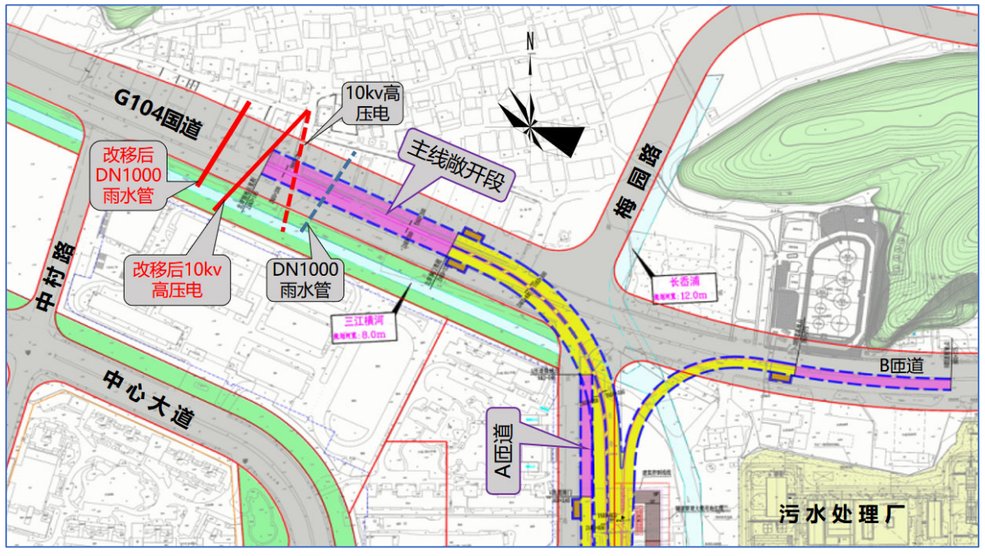


图 5.10.7-4　104 国道西侧管线改迁平面图

3）梅园路与 G10 国道及环江大道交叉口管线改迁方案

根据施工围挡及交通疏解方案，先施工北岸一期围挡范围围护及主体结构，施工完成后把交叉路口的管线永久改迁到一期结构顶板上方，架空高压线采用落地改迁，并将地面交通改移到一期结构上方，再进行二期围挡及施做二期围护及主体结构。改迁方案平面图如图 5.10.7-5。

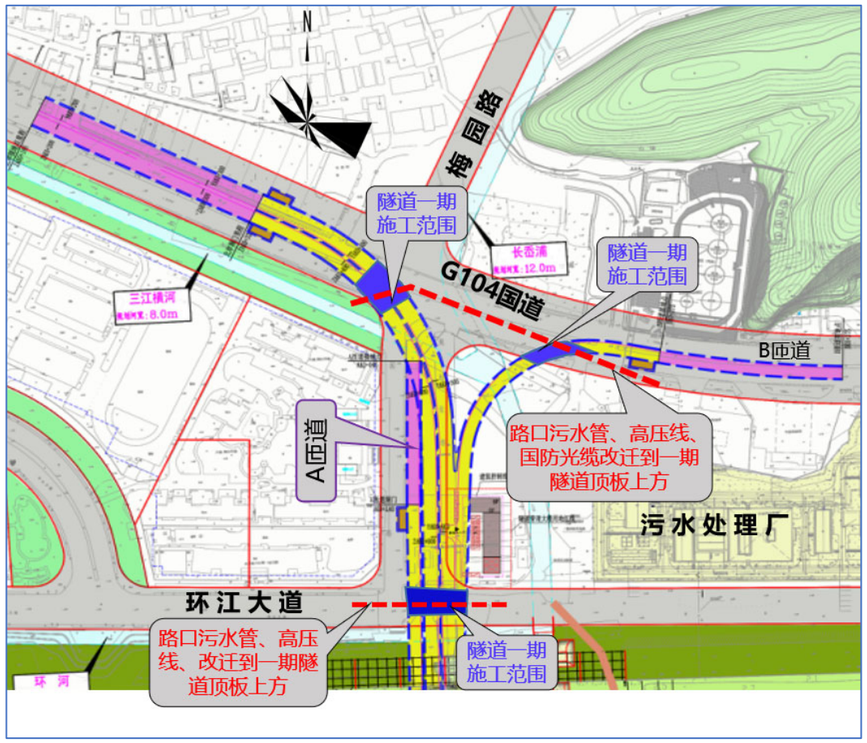


图 5.10.7-5　交叉路口关系改迁平面图

（3）南岸管线类型及迁改方案

府东路隧道在瓯江南岸沿府东路敷设，下穿江滨东路及瓯江路，道路下方布置有燃气、雨水、污水、给水、供电以及弱电等各种管线，大部分管线埋深较浅，对隧道建设影响较小，对隧道建设影响较大的管线主要有：

污水管：沿江滨东路走向的两根 D2000-450 砼污水管，埋深约 5.4 米；沿府东路走向的 D1200 砼污水管，埋深约 3.2 米；

雨水管：沿府东路走向的 D1200 砼雨水管，埋深约 3.5 米；沿江滨东路走向的 D1200 砼雨水管，埋深约 4.1 米；

110kV 电力：沿江滨东路走向的 110KV 电力管，12 孔-100m，8 孔-100m，埋深约 2 米。

军用管线：沿江滨东路敷设一趟军用光缆。

对各种管线的材质、路由、埋深及与隧道的位置关系等分析研究后，提出以下改迁方案：

1）埋深较浅的管线

对于埋深较浅的管线，隧道建设时受影响的管线采取永久迁改的原则，即具备迁改条件的

管线一次性迁改至隧道基坑外侧，不具备迁改条件时结合基坑第一道砼支撑设计采取临时保护的措施。施工过程中应加强各种管线的保护及改迁，尽量做到永临结合，减少迁改次数。

2）埋深较深管线

沿江滨东路方向敷设的两根 DN2000 砼污水管，埋深 5.4m，竖向与隧道结构冲突，线路纵坡调整困难，需对两根管线进行迁改，迁改思路如下：

江滨东路北侧 DN2000 污水管往北永久改迁至提前施做完成的埋深更深的隧道结构顶板上方，并满足污水管能够自然排水的条件。该管线需由原状位置往北永久改移约 22.4m，迁改路由长度约 185m，拟采用机械顶管法施工，新增 4 座工作井，改迁时需考虑临排方案，拟采用一根 DN1820 压力管解决临排问题，长度约为 197m。

江滨东路南侧 DN2000 污水管由于年久失修已废弃无法利用，需重新从上陡门浦河西侧新建倒虹吸管至河流东侧，穿越府东路隧道后，与北侧永迁 DN2000 管线汇合成一趟管线，新建管线长度约为 323m，拟采用机械顶管法施工。

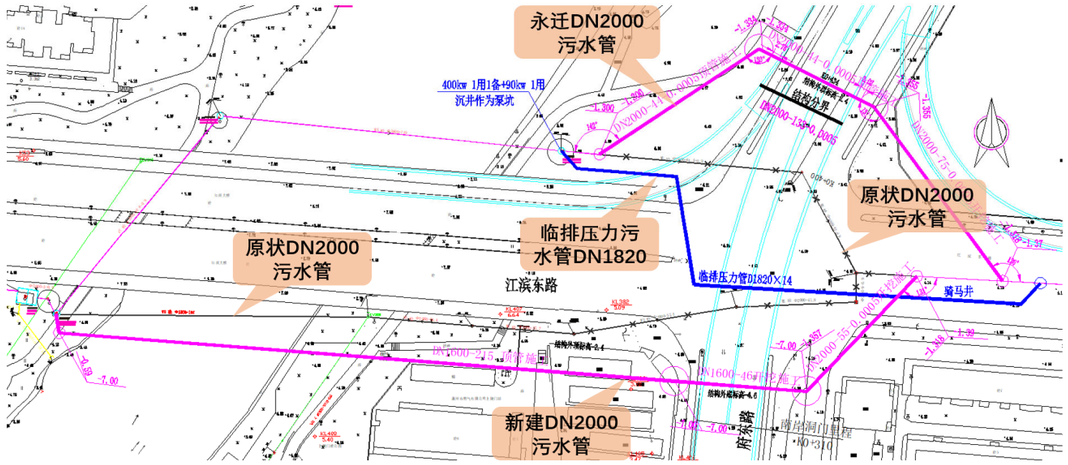


图 5.10.7-6　沿江滨东路走向 DN2000 污水管改迁平面图

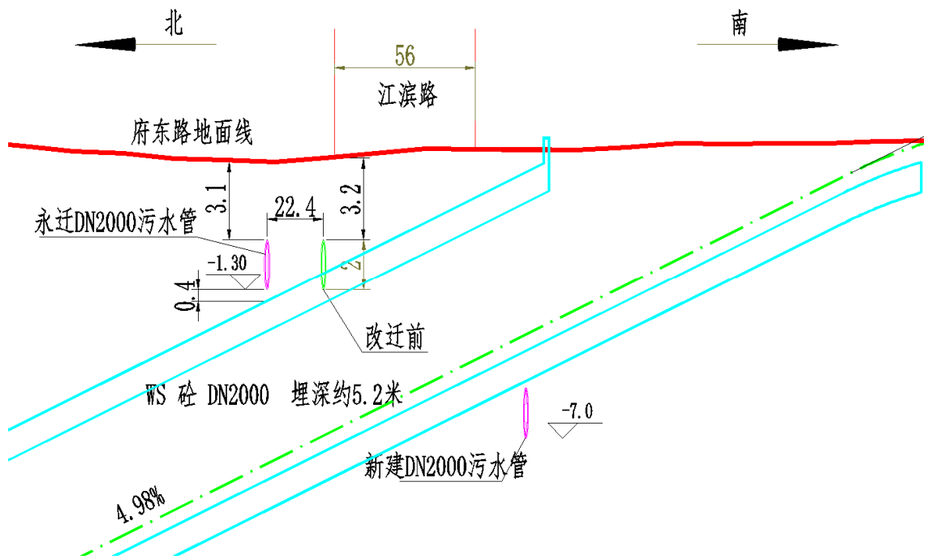


图 5.10.7-7　沿江滨东路走向 DN2000 污水管改迁剖面图

后续施工图设计过程中应结合整个管网系统的走向、布置，制定更为合理可行的管线改迁方案，并充分加强与业主、产权单位的对接与沟通，共同商量对策，加快推进工程建设。

5.11 工程建设风险管理

当前，生态与环境问题日益突出，隧道工程以其特有的优点逐渐成为市政项目的主旋律。虽然隧道工程项目曾经是风险非常高的工程之一，但是随着施工技术的进步、人们风险意识的加强以及在工程中采取了大量有效的规避风险的针对性措施，其风险程度已大大降低至可接受的水平。本章节采用风险分析技术，首先通过对本工程项目中存在的各种风险进行分析和评估，然后在此基础上讨论本工程项目风险的防范及应对处理措施，并为防灾体系设计提供必要的依据。

5.11.1 工程风险分析

府东路隧道长度约 3.065km，属于较长隧道，跨越了鹿城区和永嘉县三江片区，其规划 - 设计 - 建设 - 运营的全寿命周期时空跨度大，从工程百年大计来看，建设安全、运营安全至关重要。本工程主要产生风险的阶段为：施工阶段、运营阶段。

工程穿越的地区发展成熟、环境复杂：城市中心区地面建筑密集，地面控制建（构）筑物比比皆是；沿线周边设施众多，包括规划轨道交通及沿江快速路隧道、市政管网、地面道路、桥梁、水系及水力设施等；同时工程还下穿城市防洪堤及瓯江。因此不论是建设阶段、还是运营阶段，一旦发生事故，受影响的范围较大。

工程是骨干路网的重要组成部分，其交通功能极为重要，府东路通道是“七纵四横”骨干路网的重要组成，交通功能重要，车流量大，并与104国道联系，一旦发生事故对区域交通影响较大，进而带来较大社会影响。

工程采用多匝道地下道路形式，规模较大，多工法组合，工程难度达到新高；府东路通道无论长度、规模以及出口匝道，都是温州市地下道路隧道的重大突破，也对运营系统、防灾系统等核心系统提出了更高的安全性要求。同时，工程由盾构法隧道、开挖法隧道、堆填围堰以及地面道路等多种工艺组成，本身的实施难度也达到了新高。

工程风险主要发生在施工阶段、运营阶段：

（1）施工阶段风险分类

施工阶段的主要风险因素根据施工工法的不同，主要有：盾构施工安全风险、基坑开挖安全风险、围堰施工安全风险、桥梁施工安全风险及大堤破除和恢复施工风险。

1）隧道盾构施工风险

盾构机械选型的适应性和可靠性，是确保盾构施工安全的基本保障。在软土地质环境下穿越，并存在地下障碍物、地面建筑、周边重要地下设施的复杂情况，盾构机械的选型不当，会直接导致施工风险。

盾构机在进出洞时由于地质因素、机械因素等，往往事故多发，主要发生的问题如下：

- 盾构加固土体整体性较差，引起洞口漏水、漏砂；
- 出洞时盾构机械姿态控制不到位；
- 盾构进出洞反力架失稳；
- 盾构进出洞止水装置失效引起洞口漏水、漏砂。

盾构掘进中，主要发生的问题如下：

- 开挖面不稳定，特别要注意的是，开挖面上由于勘探未探明，可能同时存在开挖面上下地层软硬不均的阶段，舱压的选择至关重要，处理不当极易造成漏水漏泥；
- 开挖面软硬土引起的开挖难；
- 切削刀盘受到特别大的阻力；
- 开挖面有障碍物；
- 盾构推进阻力较大；
- 选择的排土方式不合理；
- 盾尾密封失效；
- 注浆系统故障，注浆量和注浆压力控制不当；
- 施工过程中，出盾尾衬砌管片受土层约束作用减小，产生“上浮”现象。

盾构推进过程中产生土层扰动、沉降对周边环境可能产生影响，风险控制有利于减少地面建筑物、地下管线、相邻地下公共建筑物的影响，其主要因素有：

- 盾构掘进施工不当所引起的较大地层损失及不均匀沉降；
- 盾构掘进对下卧层的扰动造成较大的不均匀沉降；
- 下卧土层的不均匀性造成较大的不均匀沉降。

2）基坑施工风险

本工程深基坑工程体量大、深度较深，在基坑实施的各阶段均会产生不同的施工风险。基坑围护结构施工时，主要风险包括：

- 实施围护结构时遇障碍物，无法实施；
- 围护结构实施质量有漏洞，存在渗水通道，造成开挖时的隐患；
- 围护结构实施时对周边环境有影响。

基坑开挖前需进行深基坑降水，基坑降水效果不佳将对深基坑安全产生隐患，主要风险包括：

- 降水深度未达到基坑底，基坑开挖时基底地下水无法疏干；
- 降水引起周边环境变形；
- 降水未降低坑底承压水层水头，开挖至基坑底时引起管涌、冒砂。

基坑开挖过程中，主要风险包括：

- 基坑开挖支撑架设不及时，造成基坑变形过大或造成基坑失稳；
- 基坑开挖前降水不充分，土体未固结，造成基坑变形过大；
- 基坑开挖遇障碍物，开挖无法进行；
- 开挖过程中围护结构渗漏造成周围环境变形；
- 基坑开挖、施工对防汛墙的影响；
- 开挖段造成较大的不均匀沉降，进而影响地面建筑物、地下管线和地下公共建筑物的安全。

3）围堰施工风险

本工程涉及在江中段明挖施工，需设置临时围堰，需在围堰保护的条件下施工，围堰施工中存在以下施工风险：

- 围堰地基加固不好，导致堰体沉降、变形；

➢ 围堰堰体失稳、坍塌；

➢ 围堰防水失效；

➢ 围堰顶标高不满足防洪要求；

➢ 围堰内基坑变形、坍塌导致围堰破坏。

4）桥梁拆复建工程风险

本工程建设需拆除局部的上陡门浦河桥桥跨及南、北岸防洪堤观景平台桥梁，桥梁在拆除时存在以下风险：

➢ 拆桥过程中若支护不当可能引起坍塌，造成人员伤亡；

➢ 拆桥中未按照桥梁结构受力进行，引起未拆除结构破坏造成人员伤亡；

➢ 局部拆桥需在江面上作业，对人员、设备要求高，管理不当可能导致机械侧翻、船舶淹埋、甚至人员伤亡。

在进行桥梁改造施工中，存在的主要风险有：

➢ 改造时对原有桥梁造成破坏，造成老桥损坏；

➢ 未严格按桥梁改造方案实施，造成改建后桥梁受力不满足；

➢ 新建桥梁基础质量不好，导致新改造桥梁变形、失稳；

➢ 混凝土浇筑时模板结构强度不满足，造成混凝土结构变形超标；

➢ 预应力张拉时预应力索断裂，造成人员伤亡；

➢ 浇筑时混凝土无法连续浇筑，形成施工冷缝，造成结构不连续。

5）周边环境保护风险

在盾构或基坑开挖过程中，周边道路、桥梁、建筑物、管线等会变形，若施工措施控制不当，易形成风险，主要包括以下几类建筑物：

➢ 市政道路及桥梁；

➢ 城市防洪堤、水闸等公共设施；

➢ 控制性建筑物；

➢ 重要地下管线。

6）地质勘察风险

本工程在地质勘察阶段主要风险在于：

➢ 地质勘察未发现不良地质问题，如沼气、流砂等，对工程实施产生风险；

➢ 在勘察阶段未完全摸清工程障碍物，造成基坑、盾构隧道无法实施。

（2）运营阶段风险分类

运营阶段的风险因素主要有运营功能风险、结构安全风险、防灾安全风险、环境影响风险。

1）运营功能风险

交通工程核心功能是车辆通行功能，其主要风险来自于服务设施的功能风险和交通事故对工程运营的影响。

◆ 服务设施的功能风险

隧道结构变形会威胁交通安全；供电、照明、通风、给排水、消防等各个设备系统的故障，造成隧道运营中断；在雨、雪、雾等不利天气条件下，路面排水、防滑措施或相应的引导措施不当，影响行车安全等。

隧道行车道设计形式中小半径弯道、较大纵坡、交通交汇或分流、不易辨识以及眩光反光的视觉环境、超高车辆驶入等因素容易造成行车的不安全，引发交通事故。

◆ 交通事故对工程运营的影响

主要指交通事故的处理及维修造成交通拥挤堵塞。

2）结构安全风险

结构安全风险指结构产生缺陷，它可能发生在施工中或运营中，主要包括：

◆ 隧道漏水

地下水通过结构的薄弱处渗漏，产生腐蚀、风化及管段内设备锈蚀；漏水的原因可能是结构、接头抗渗能力差、防水设施不足或失效、结构裂损或腐蚀、以及施工原因造成的结构初始变形及张角等。

◆ 结构侵蚀

侵蚀是指由于环境作用而遭受的化学和物理侵蚀。这主要与地下水含氯化物、硫化物或其他化学污染物有关。

◆ 结构裂损

裂损按裂缝的成因可分为结构性或非结构性裂缝。前者表示结构整体和局部的稳定和安全因素已受影响。其原因可能是设计不当、施工质量差或其他未预测到的因素，如：施工和长期运营中过大的隧道纵向变形；荷载沿隧道轴线的突然变化，导致隧道纵向的不均匀沉降；隧道在长期运营中的沉降；以及隧道在地震、水位变化和车辆振动下的不稳定性等。非结构性裂缝的成因，如温度收缩、干缩等。

◆ 特殊因素对隧道结构体系的破坏

特殊因素对隧道结构体系的破坏主要包括：

a. 地震诱发地基震陷和液化，从而破坏隧道结构体系；

b. 爆炸冲击、高温等对隧道结构体系的破坏（主要由恐怖袭击、战争威胁及隧道火灾等）；

c. 河势演变造成河床冲刷，从而威胁隧道结构安全；

d. 隧道内部水淹，引起隧道重量的增加，从而可能造成隧道附加沉降；

◆ 隧道工程设计使用年限为 100 年，影响盾构隧道耐久性的风险因素主要包括：

a. 混凝土衬砌遭受氯离子侵蚀；

b. 混凝土衬砌的碳化侵蚀；

c. 连结螺栓外露部锈蚀；

d. 防水材料老化；

e. 空气及地下中其它化学污染物对隧道结构腐蚀。

3）防灾安全风险

灾害会引起人员伤亡或结构设备系统损伤，是主要的风险控制对象。隧道多发并对人员安全威胁最大的风险因素是隧道火灾：

- 车辆故障引发火灾，包括电器缺陷、刹车过热和其它车辆本身缺陷；
- 交通事故，导致人员伤亡或引发火灾；
- 隧道本身设备缺陷所引起的自燃；
- 隧道保养和维修工作失当，引发火灾。

其他防灾风险因素还包括：

- 隧道在暴雨等极端性气候或排水不畅的情况下，引发隧道或重要设备用房水淹灾害；
- 隧道在地震、恐怖袭击等灾害中引发火灾、结构破坏等次发灾害；
- 战时防护的需要。隧道建设以交通功能为主，兼顾人民防空需要，采取必要的防护措施和平战转换技术，达到防护标准及技术要求。

4）环境影响风险

环境影响风险主要包括以下几方面：

- 隧道内汽车尾气污染对行车环境的影响；
- 射流风机运作时，隧道内噪声过大，影响通行舒适度；
- 隧道洞口、设备房风井排放的废气对周边环境的影响；
- 隧道运营期，设备房风井风口噪声对声环境影响

5.11.2 工程风险等级划分及控制措施

根据不同风险的接受程度，将工程建设阶段、运营阶段的各种风险进行分级，同时提出控制措施，详见表 5.11.2-1、表 5.11.2-2。

表 5.11.2-2 风险等级划分

灾害风险指标	风险决策准则
一级风险	不希望发生；高层管理决策：接受或拒绝风险
二级风险	可接受，同时进行管理审视
三级风险	可接受且不必进行管理审视

表 5.11.2-3 施工期主要风险因素及控制措施

风险阶段	风险影响	风险因素	风险等级	风险控制措施
施工筹划	工期	隧道工程沿线范围的地面建筑物、地下障碍物无法拆除隧道工程筹划工作安排不妥施工设备不到位隧道施工阶段发生重大工程事故施工队伍能力不足	二级	设计充分考虑拆迁难度，必要时，尽量避开无法拆迁（除）的建构筑物做好工程筹划工作，留有充分余地精心施工，精心设计选定隧道施工技术精良的队伍
	环境	施工期间的废气、废水、噪音、扬尘、震动等对周边环境产生影响施工时交通组织不畅	二级	进行环境评价和交通评价采取针对性防范措施做好工程施工期间的交通组织
盾构段施工	工期 工程安全	盾构掘进开挖面不稳定开挖面地层软硬变化大引起的开挖难粘土对开挖机具的粘着切削刀盘受到特别大的阻力开挖面有障碍物，盾构推进阻力较大选择的排土方式不合理	二级	隧道线性设计中尽量避开桩基和障碍物；盾构下井前做好各机械部件的调试检查工作，做好疏通管路的准备工作，做好地质详勘；正确地计算并选择合理的土压设定值或泥水平衡参数，控制推进速度和出土量隧道施工时，仔细控制施工参数，加强盾构姿态、同步、壁后注浆及监控量测等管理，严格控制盾构掘进时的超、欠挖量，并实施周密的信息反馈
	工期 工程安全	盾构机械的适应性和可靠性	三级	认真研究工程地质和水文地质条件，针对工程特点，明确工程施工对盾构机性能和功能的要求，盾构机设备配置必须考虑突发事故的处理
	工程安全	盾构进出洞施工漏水	二级	设置性能良好的密封止水装置，盾构采取安全、快速的进出洞方式，如水中进、出洞等采取合适的洞口加固措施，并控制加固质量仔细控制施工参数，加强盾构姿态、同步、壁后注浆及监控量测等管理
	工期 工程安全	本工程最小曲线半径 R=800m（R/D=800/14.5=55），共 1 处，总长度约 604 米，占盾构段的比例为 31%	三级	对土体变形控制的要求较高，可采用被动式铰接盾构，在满足小曲率半径施工的同时，可以大大减少超挖出泥量
	工期 工程安全	盾构机穿越道路、桥梁、管线、防洪堤等建（构）筑物产生地表沉降而影响建（构）筑物	二级	地基加固，减小地表变形；布置监测点，进行信息化施工；超出警戒值，及时采取工程措施
	工期 工程安全	盾构穿越上陡门浦河及南岸防洪堤平台	二级	盾构穿越前，对有冲突的上陡门浦河及防洪提平台桩基进行清障处理并回填密实，同时有条件时对侧穿的上述构筑物部分施做隔离措施，确保盾构顺利穿越管片设计中，计及桥梁引起的超载压力，设置剪力销及预埋注浆管在盾构过风险源前 30m 左右时，进行一次复测，在确定轴线良好的情况下进行穿越施工按照设计轴线推进施工，减少大幅度纠偏，避免出现过大的对土体扰动，引起地面和桩基的沉降及时进行同步注浆和利用管片增设的注浆孔进行二次补压浆桥梁采取顶升等应急措施，施工期间加强监测

	工期 工程安全	处理地下障碍物不当	二级	盾构掘进前对施工轴线先进行物探，发现有障碍物的提前进行处理；在施工中碰到不明障碍物可采用气压舱等办法进行盾构正面开舱处理
	工期 工程安全	盾构穿越城市防洪堤驳岸	二级	衬砌设计中，计及堤防工程引起的超载压力严格保持开挖面的泥水和土压平衡，减少土体扰动，不得超挖或欠挖，防止过大的纠偏加强盾尾多点、均匀、及时压浆。加强监测及时反馈驳岸的变形、沉降信息，以便采取二次注浆、驳岸底部注浆等技术措施
	工期 工程安全	不良地质条件	一级	加强工程地质勘察，正确评估不良地质的影响，设计采用针对性措施盾构推进过程中应保持切口泥水压的稳定性和推进速度的均匀性，减少对土体的扰动严格盾构纠偏量等姿态控制，使盾构均衡匀速施工，减少土压力波动对地层的影响加强开挖面泥水质量检测和控制
明挖段施工	工期 工程安全	基坑开挖过程中基坑失稳、基坑底隆起管涌和流砂，引发稳定性破坏承压水位较高，处理不当引发结构安全问题围护结构变形过大	二级	设计根据地质与水文报告，采取合理的基坑围护、结构形式在基坑围护施工中做好加固、降水措施，使地下水位降至流砂地层以下重点控制地下墙槽段接头位置的施工质量，以防渗漏；形成可靠的竖向止水帷幕，并加固坑内土体，坑内疏干降水来消除坑底突涌的危害加强施工期间的结构变形监测，预先或及时采取减小、控制变形的措施
	工程安全	地下连续墙与主体结构间钢筋连接器位置标高控制	二级	控制墙体垂直度；控制钢筋笼变形影响和浇筑过程中上浮和下沉；做好各工序的验收，使偏差减少到最小
	工程安全	地下结构防水包括围护结构和主体结构防水	二级	控制主体结构自身防水、施工缝防止和防水层处理；处理好围护结构中地连墙分幅处防水；围护结构外侧旋喷以提高整体防水性能；设置防水板以提高防水效果。
地面段施工	工程安全	拆桥过程中若支护不当可能引起坍塌，造成人员伤亡。	二级	拆除时支护方案应完善，并经专家评审，实施过程严格按支护方案
		拆桥中未按照桥梁结构受力进行，引起未拆除结构破坏造成人员伤亡	二级	拆除方案应详细核算，并经专家评审，实施过程严格按拆除方案实行
		改建时对原有桥梁造成破坏，造成老桥损坏	二级	对原桥梁改造时应严格按改建方案，尽量避免调整原桥梁结构
		改建未严格按改建方案实施，造成改建后桥梁受力不满足设计要求	二级	改建方案应完善，并经原设计单位复核受力，改建应严格按设计
		桥梁施工脚手架支撑强度不满足，造成脚手架坍塌	一级	桥梁施工时的脚手架方案应经过计算，并经专家评审，施工时严格按审批后的方案进行
		混凝土浇筑时模板结构强度不满足，造成混凝土结构变形超标	一级	桥梁施工模板应经过计算复核，混凝土浇筑前应复查模板强度及变形
		浇筑时混凝土无法连续浇筑，形成施工冷缝，造成结构不连续	一级	混凝土浇筑应进行完善的筹划，避免出现混凝土供就不上引起施工冷缝

监测系统	工程安全	监测设计提交及审批延误对监测数据错误理解不能识别及不能监测重要参数部份监测仪器受破坏人手测量之错误基准点不稳定引至测量数据错误当监测结果表示事故发生时，因人力资源不足而不能即时反应。电力终断引至监测数据损失	一级	准时提交设计，以便复审。同时在设计阶段与审批单位保持紧密联络及交流由合资格及富有经验人员对数据进行分析由合资格及富有经验人员设计及复审计划书承包者备有不少于10%的后备设备由合资格及有相关经验人员进行测量；利用可靠的系统代替人手进行测量在不受施工及其他因素影响的位置上安装基准点适当的人力资源分配，保证足够的现场人员安装后备电源及后备人手测量系统
重要工程节点	工程安全	较大的地层损失及不均匀沉降，引发隧道结构安全以及对周边环境的不利影响	二级	在盾构机试掘进段，通过信息化施工积累掘进参数，使正常掘进时掘进参数达到最优化，并通过盾构的姿态、切口土压、推进速度、推力及扭距等主要技术参数的控制，防止波动过大通过分析施工过程地层变形，对地层的影响进行预测，并指导施工及监控量测控制根据地表的变形情况和监测结果及时通过注浆等措施制定监控量测方案，施工中加强对周围道路、管线和临近建筑物的监测，并及时信息反馈，据此调整和优化施工技术参数，做到信息化施工
	工程安全	施工阶段隧道上浮	二级	施工期间严格控制隧道轴线，加强纵向变形监测，预先或及时采取注浆、隔离桩等措施
	工程安全	隧道结构安全与防水安全因结构侵蚀、裂损或防水失效导致隧道漏水因隧道纵横向变形、水位变化、车辆振动、爆炸冲击、隧道火灾引起衬砌裂损	二级	结构设计中对施工阶段、正常运营阶段的强度、刚度、稳定性都进行计算，并确定合适的、足够的安全度标准综合考虑减少、控制结构的沉降及不均匀沉降设计与施工措施，防止结构开裂及渗漏

表 5.11.2-4 运营期主要风险因素及控制措施

风险阶段	风险影响	风险因素	风险等级	风险控制措施
正常运营工况	服务功能	设备系统的现场设备损坏	三级	建立地下道路管养制度，及时有效的进行隧道设施设备的维护
		设备设施系统服务功能可靠性不足，系统故障	二级	
		隧道结构防水安全、供电、照明、给排水、消防等系统冗余不够，造成子系统功能不足	二级	根据工程特点，采取合理技术标准，确定符合需求的安全度和冗余度
		对交通流量预测不足造成交通能力过低	二级	合理进行交通量预测、采取满足需求的交通组织方案、引导信息标志系统
		发生一般交通事故、隧道维修，造成隧道小范围堵塞	三级	加强监控和预警机制，预防或及时处理运营中突发状况
		在雨、雪、雾等不利天气条件下，路面排水、防滑措施或引导措施不当，影响行车安全	三级	加强排水设施设备维护

		隧道因外部环境过高或内部温度积累，导致过热	三级	设置环境监测及降温系统，及时调整隧道环境
		隧道圆曲线小半径路段（隧道主线圆曲线最小半径 R=150，匝道 R=64.5m），容易侧滑，且曲线路段两侧的侧墙对行车视距有很大影响发生	二级	设计优化，进行视距验算，保证足够的停车视距；合理限速，同时设置警告标志、诱导标或轮廓标等交通措施
		陡坡路段（隧道主线最大纵坡 4.98%，匝道最大 6.8%），容易发生溜坡，下坡段制动距离加大易失控	二级	采取交通措施，设置陡坡警告标志或减速慢行等警告标志，设置减速振动标线提醒警告控制车速
		进出洞口位置事故多发路段（主线洞口 4 处，匝道洞口 4 处），由于进出洞口亮度急剧变化，造成驾驶员明暗适应困难，容易产生视觉障碍造成事故	二级	设计优化：洞内外保持一定距离的线形一致性，采用大半径竖曲线；采取相应交通措施：在洞口外设置线形诱导，采取光过渡措施；对于敞口段纵坡较大时，进入洞内前设置连续减速振荡标线。
		进出洞口区域都是事故多发路段。该区域由于需要分合流，车辆变换车道频繁，车速变化大，交通运行环境复杂，交通流通常处于不稳定状态。	二级	设计优化：保证主线对前方的分合流端具有足够的识别视距采取相应交通措施：对于分合流端，提前设置多级出口预告标志，并在二级出口指引标志处设置振荡标线，分流鼻端设置防撞桶、防撞垫等防撞设施。
		超高车辆驶入，导致堵塞	二级	超高标志三级预告，设置超高龙门架超高检测与报警系统入口道口设置检查亭，及时拦截超高车辆
	服务功能 人员伤亡	交通事故造成隧道大范围拥挤、堵塞，或全线性的影响	二级	通过防灾减灾系统降低风险
	环境影响	隧道内汽车尾气污染对行车环境的影响隧道洞口、路面段、风塔排放的废气对周边环境的影响	三级	通过环境评价，合理确定通风排烟标准，确定高效的通风方式，采取污染空气的净化技术措施，设置环境监测系统，及时调整隧道废气排放量
		隧道内、洞口、路面段、设备用房噪声过大，影响通行舒适度	三级	合理采取路面防噪、洞口防噪等措施
	使用年限	在 100 年使用年限内，长期污染、震动环境中的结构与防水系统的老化和破坏	三级	设置结构健康监测系统，针对不良工作环境采取的结构防护措施
灾害工况	服务功能 人员伤亡 使用年限	火灾、水淹、地震、爆炸冲击、战时等灾害工程破坏或影响永久性安全	一级	设置防灾减灾系统

5.12 隧道健康检测、数智建造平台

5.12.1 系统总体设计

隧道健康监测系统包括四个子系统，其层次关系如图所示：

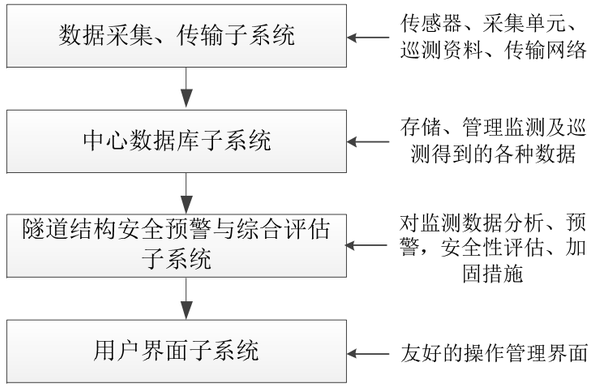


图 5.12.1-1 隧道健康监测系统组成

各子系统设计内容及系统功能为：

（1）数据采集、传输子系统

数据采集、传输子系统包括根据隧道沿线地层特征和隧道结构特征选择具有代表性的监测断面、监测项目，同时选购和安装满足耐久性要求和可靠性要求的监测传感器。数据传输采用光纤或专用电缆对传感器、采集仪、服务器、工作站等进行有线传输和集成组网。

（2）中心数据库子系统

中心数据库子系统主要用于存储隧道监测及巡测过程中采集的各种数据，如位移、应力等物理量，利用该子系统可以实现整个大系统所有数据的平台管理工作，完成数据的分类、查询、存储、分析处理等。

通过建立该子系统，全寿命期地统一管理与组织数据信息，给系统的维护与管理提供便利，也为各应用子系统提供可靠的分布式数据交换与存储平台，方便开发与使用。

（3）隧道结构安全预警与综合评估子系统

隧道结构安全预警与综合评估子系统主要基于监测得到的隧道结构不同物理量，参考相应规范，并辅助以数值计算，结合监测物理量长期变化趋势进行隧道结构安全状态综合评估与预警。

通过建立的隧道病害故障树，利用层次分析方法，对隧道结构监测得到的物理量进行单指标和综合指标评估，确定隧道结构整体健康状态，实现隧道结构异常情况的在线评估与预警，并提出相应的维护保养措施。

（4）用户界面子系统

用户界面子系统为一个基于完整的人机交互子系统设计的软件，该子系统向用户提供友好的操作与管理界面、向用户提供数据展示、向用户提供报告历史查询与更新，具有可扩展功能。

用户界面子系统可以实现对其他子系统的界面管理，能够实现自动化数据采集、电子化人工巡测管理、隧道结构安全预警及分析评估。

5.12.2 检测断面选取

府东路隧道结构健康监测系统的设计总体原则：重点监测地质复杂、结构变异过渡段、周边环境复杂等结构薄弱或特殊环境条件的区段。

监测断面布设：结合隧道地质特点和结构特征，经慎重选择，对府东路隧道健康监测系统监测断面作出如下设计。对于盾构段，在两个转换井两侧处、水下最大埋深处、距离极限冲刷线埋深最浅处、穿越上软下硬地层处布置若干监测断面和少量不均匀沉降监测断面。对于明挖段，在两个转换井两侧处布置若干监测断面。

系统组网集成：包括隧道内传感器集成组网、隧道内采集机柜的采集仪集成安装、隧道外监控中心的服务器和工作站集成安装。

其他未尽事宜可根据现场实际情况做灵活调整。

5.12.3 系统集成

整个监测系统包括监测横断面若干和少量纵向不均匀沉降监测段，系统集成组网包括隧道内传感器集成组网、隧道内采集机柜的采集仪集成安装、隧道外监控中心的服务器和工作站集成安装。将临近监测断面的传感器组网接入采集仪进行数据采集，采集设备集中安装在

隧道内采集机柜内，然后将采集仪机柜采集的数据通过光电转换器进行光电信号转换，由传输光缆将监测信息传输至中控室中心数据库服务器上，通过隧道长期安全健康监测与诊断系统软件对监测数据进行处理与分析，然后在监控大厅的工作站上进行展示，并通过 BS 网页端平台或 Teamviewer 远程操控软件实现远程在线访问。

其中中心数据库子系统和隧道结构安全预警与综合评估子系统在中心数据库服务器上运行，用户界面子系统在监控大厅的工作站上运行。

5.13 数智建造平台

在施工阶段，平台通过 BIM 数据集成施工进度、质量、安全、监测、人员、设备、档案等信息，有效克服传统施工管理中信息分散、可视化程度低等问题，帮助项目参建各方更好的管理施工过程。

平台主要分为业务应用、支撑平台、基础设施三个方面（图 1），业务应用是顶层设计，分为数智建造和数智工地，数智建造针对工程建设管理的技术、质量、安全、投资、进度等方面进行全方位管理，数智工地针对工程施工现场布置的视频监控、环境监测、车辆管理等进行数据接入并在系统中展示，同时针对本工程特有的施工场景，例如深基坑、城市深隧挖掘等进行定制化的布置，将深基坑监测数据、盾构机控制数据等接入系统，并进行数据分析和风险研判，对可能发生的风险进行预警，保障深基坑、盾构机掘进的施工过程安全高效地进行。支撑平台是连接顶层应用和底层基础的桥梁，结合数字孪生工程概念，分为知识平台、模型平台、数据底板，对数智建造以及数智工地系统运行提供底层数据和模型支撑。基础设施分为基础环境、通信网络和物联感知，是承载和展示建设期系统的物理环境，也是为建设期系统提供数据的基础感知设施，是本系统的底层根本。

本平台建设过程中，汇集了工程 BIM 数据、工程及周边区域数字高程及正射影像等空间数据，并接入工程沿线水量、水质、视频、安全等物联感知数据。为构建沉浸式工程数字孪生场景，一方面需要实现 BIM、GIS 等海量工程相关多源异构空间数据的有效融合，实现不同尺度下满足应用场景精细度要求的空间数字底板的构建，另一方面，需基于感知设备与实体工程的空间关系，构建各类 IOT 感知数据与三维数字化场景之间的相互关联，最终满足工程运行仿真模拟和综合展示应用需求。

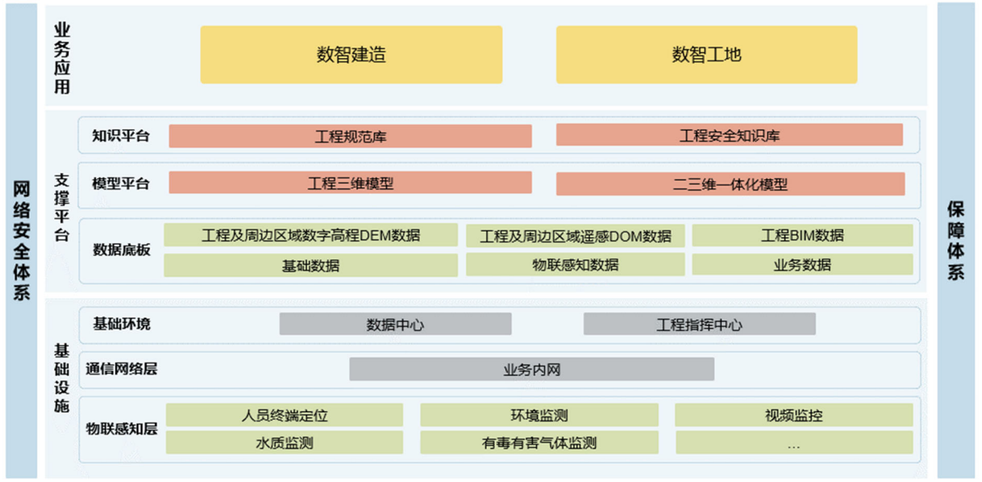


图　5.13-1 建设期系统架构图

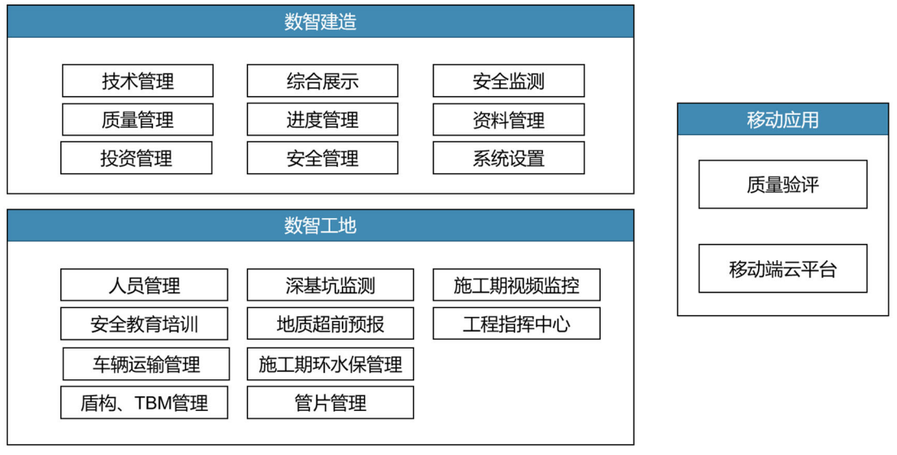


图　5.13-2 建设期应用架构图

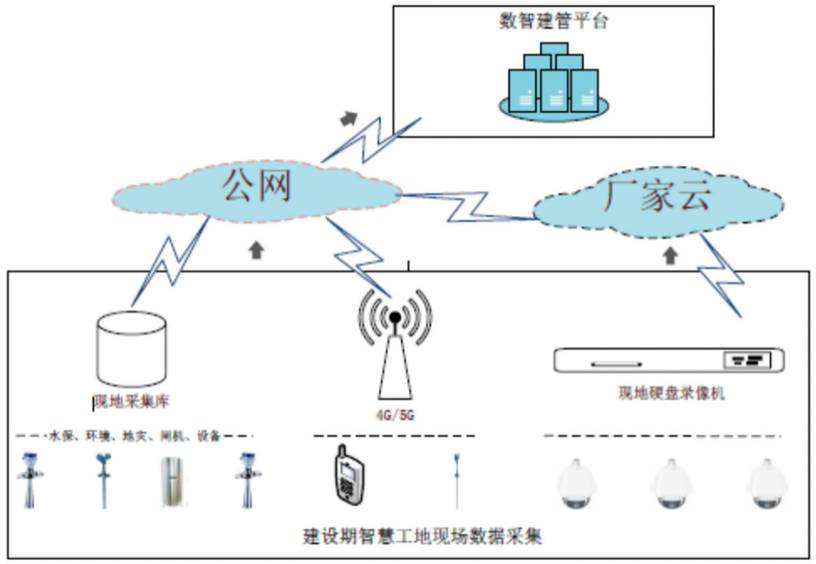


图　5.13-3 建设期网络架构图

6 接线道路工程

6.1 道路工程

地面道路的设计包含：104 国道地面辅道及梅园路地面辅道的道路恢复，府东路过江通道两端主线、匝道的挡墙段、路基段的地面道路。

6.1.1 设计原则

（1）充分认识本项目在区域路网中的地位和作用，保证其应有的通行能力和服务水平，符合城市总体规划布局，满足道路使用功能要求。

（2）满足相关的技术标准、规范的规定和要求，不增加投资的情况下，在合理的范围内尽可能使用较高指标，以利行车舒适。

（3）处理好与规划的关系，在既不限制其发展又方便其使用的前提下，合理确定与重要控制点的距离，充分利用道路规划红线宽度，遵循尽可能减少占用土地原则，减轻协调难度，节省投资，以利于项目顺利实施。

（4）总体方案布设必须满足生态建设、水土保持和环境保护要求。贯彻“不破坏就是对环境最大的保护”的生态设计理念。

（5）道路纵断面设计以现状及规划确定的标高为基础，做到相交道路衔接平顺，处理好地面道路与隧道接地标高的合理顺接，并结合周边地形、地物高程，合理确定道路纵坡，保证管线的覆土及流向要求，控制工程的填挖方量，尽量节约工程造价。

（6）结合地形、地貌、地物等控制条件，做好平纵线形的组合设计。

（7）符合城市总体规划关于地坪高程的要求，并与两侧规划开发建设区域及各交叉道路的竖向规划协调一致。

（8）按道路等级、设计年限、交通量等确定路面结构。

（9）道路设计应处理好近期与远期、新建与改建、局部与整体的关系。

（10）工程设计中同时考虑可持续发展原则，兼顾环境、经济等方面综合因素，合理确定设计方案。

6.1.2 主要技术指标

（1）道路等级

城市主干道路：G104、府东路；

城市次干路：梅园路。

（2）设计速度

主干路：60km/h，次干路：40km/h。

（3）道路设计标准轴载：

BZZ-100 型标准车。

（4）沥青路面设计使用年限：

15 年

（5）交通量达到饱和状态的道路设计年限：

主干路 20 年，次干路 15 年。

根据本项目建设意义、功能定位、投资规模，本项目主要技术指标如下表：

表 6.1.2-1 隧道内标志、标线设置一览表

项目			单位	规范值	
道路等级				城市主干路	城市次干路
设计速度			km/h	60	40
平曲线	不设超高最小半径		m	600	300
	设超高最小半径	一般值	m	300	150
		极限值	m	150	70
	不设缓和曲线最小圆曲线半径		m	1000	500
	平曲线最小长度	一般值	m	150	110
		极限值	m	100	70
	圆曲线最小长度		m	50	35
	缓和曲线最小长度		m	50	35

	停车视距		m	70	40
	会车视距		m	140	80
竖曲线	机动车道最大纵坡	一般值	%	5	6
		极限值	%	6	7
	最小坡长		m	150	110
	凸形竖曲线最小半径	一般值	m	1800	600
		极限值	m	1200	400
	凹形竖曲线最小半径	一般值	m	1500	700
		极限值	m	1000	450
	竖曲线最小长度	一般值	m	120	90
		极限值	m	50	35

6.1.3 平面设计

（1）平面设计原则

A）线形指标应满足相关的技术标准、规范的规定和要求，不增加投资的情况下，在合理的范围内尽可能使用较高指标，以利行车舒适。

B）处理好与沿线地块的关系，在既不限制其发展又方便其使用的前提下，遵循尽可能减少拆迁和占用土地原则，减轻协调难度，节省投资，以利于项目顺利实施。

C）平、纵断面线形应协调，满足技术规范，结合地形和现状。

D）统筹考虑隧道主线及匝道与地面道路接地位置的处理，确保车辆在分流合流处具有足够的交织长度，同时考虑市政配套设施的安装需求。

（2）平面设计

本次设计 G104、府东路及梅园路中心线均按原规划中心线布设。

G104 全线设置 5 个 IP 点，共设置 2 处圆曲线和 1 处平曲线，圆曲线半径 R 均为 2000 米，平曲线半径 R 为 650 米，A 值为 289.11 米；府东路全线共设置 5 个 IP 点（其中两个 IP 点位于江滨东路交叉口），共设置 1 处圆曲线，圆曲线半径 R 为 1000 米；梅园路全线共设置 2 个 IP 点，线位呈一条直线。

经核查，本次设计道路线形指标均能依次够满足相关设计规范相应设计速度的要求，平面曲线要素详见《地面道路平曲线要素表》。

6.1.4 纵断面设计

（1）设计原则

A)道路平、纵线形的技术指标应大小均衡，相互重合，且平曲线应包住竖曲线，使线性在视觉上、心理上保持协调。

B)道路纵向线形应缓和、平顺、圆滑，使视线延续，并与环境、临街建筑立面布置相协调，以保证汽车行驶的安全、舒适和经济。

C)道路纵坡的组合布局应利于车辆匀速安全行驶，避免出现起伏频繁的纵向线形，也需要避免在同向两竖曲线之间设置短的直线坡段。

D)道主线及匝道与地面道路接地位置纵断面标高合流衔接，应避免地面道路雨水倒灌入隧道。同时，应确保分合流处具有良好的通视条件。

E)涉及老路改造纵断面需结合老路改造方案、老桥改造方案、现状老路地面线资料等因素，经综合考虑后拟定纵断面，尽量避免高填深挖。

F）道路纵坡度在有条件处尽量大于 0.3%，以利于路面排水；最大纵坡不大于 5.5%。

G）应避免能看见近处和远处，而看不见中间凹处的线性。

G）在不过分增加工程量的情况下，应尽量选用较大的竖曲线半径。

（2）主要控制点及控制因素

A)满足片区防洪标高要求；

B)与起终点及沿线相交道路标高标高相衔接；

C)与隧道主线及匝道接地标高合理衔接；

C)与周边地块的标高合理衔接；

D)满足市政管线覆土要求；

E)满足现状及新建管线的覆土要求

F)减少道路填挖方。

（3）纵面设计成果

扣除起终点顺坡段，本次设计 G104、梅园路、府东路纵断面技术指标如下：

表 6.1.4-1 纵断面技术指标表

项目	G104	梅园路	府东路
纵坡段数(个)	5	3	3
最小坡长(m)	180	115	110
最大坡长(m)	296.943	115	320
最小纵坡(%)	0.3%	0.3%	0.3%
最大纵坡(%)	0.9%	0.54%	1%
最小凹形竖曲线半径(m)	10000	7500	7000
最小凸形竖曲线半径(m)	13000	8000	12000
最小竖曲线长度(m)	122.172	62.999	119.708

纵断面具体数据设计详见《地面道路纵断面设计图》。

6.1.5 横断面设计

6.1.5.1 标准横断面

道路横断面根据道路等级结合现规划道路红线、现状建设条件、隧道敞口段建设条件等因素经综合分析后拟定。

（1）G104 道路标准横断面

G104 规划红线宽度 40 米，4 块板断面形式，标准横断面构成为：2.5m（人行道）+3.5m（非机动车道）+1.5m（侧分带）+11.5m（机动车道）+2m（中央分隔带）+11.5m（机动车道）+1.5m（侧分带）+3.5m（非机动车道）+2.5m（人行道）=40m。

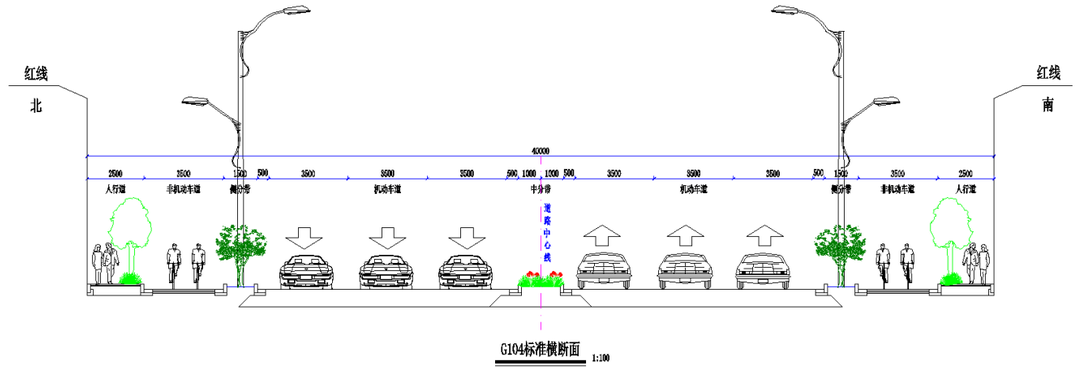


图 6.1.5-1 104 标准横断面设计图

G104 西侧敞口段规划红线宽度 50.1 米，4 块板断面形式，标准横断面构成为：2.35m（人行道）+3m（非机动车道）+1.5m（侧分带）+7.5m（地面机动车道）+1m（设施带）+19.4m（主线 U 槽）+1m（设施带）+7.5m（地面机动车道）+1.5m（侧分带）+3m（非机动车道）+2.35m（人行道）=50.1m。

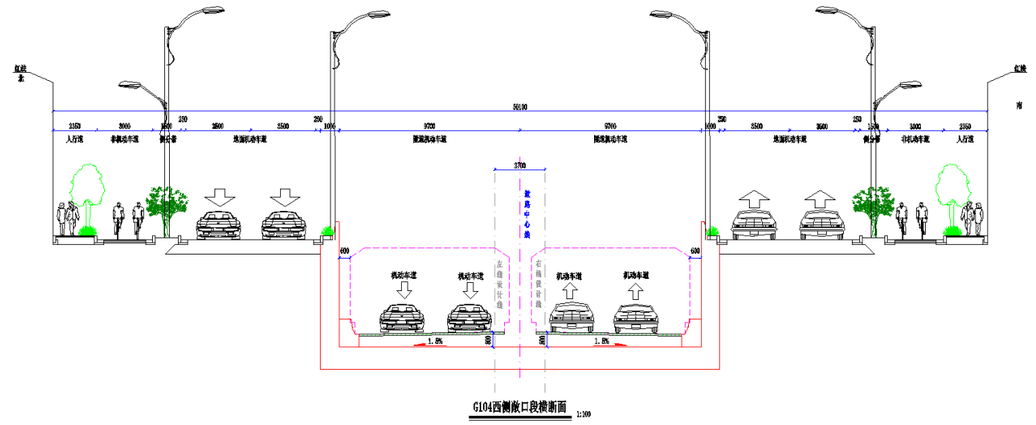


图 6.1.5-2 104 西侧敞口段横断面设计图

G104 东侧敞口段规划红线宽度 45 米，4 块板断面形式，标准横断面构成为：2.1～3m（人行道）+3.5m（非机动车道）+1.5m（侧分带）+11.5m（地面机动车道）+1m（设施带）+9.6m（B 匝道 U 槽）+7.5m（地面机动车道）+1.5m（侧分带）+3.5m（非机动车道）+2.4～3.3m（人行道）=45m。

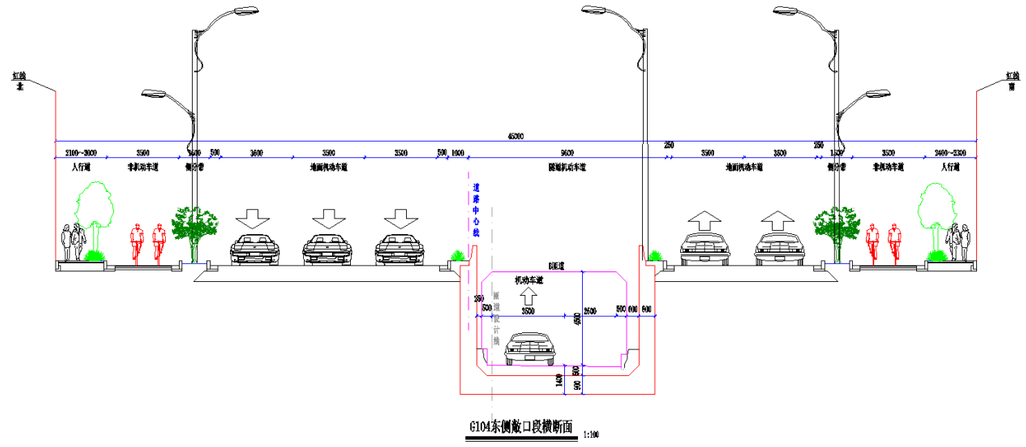


图 6.1.5-3 104 东侧敞口段横断面设计图

（2）梅园路道路标准横断面

梅园路规划红线宽度 40 米，4 块板断面形式，标准横断面构成为：2.5m（人行道）+3.5m（非机动车道）+1.5m（侧分带）+7.5m（地面机动车道）+1.796m（设施带）+7.85m（B 匝道 U 槽）+0.35m（防撞护栏）+7.5m（地面机动车道）+1.5m（侧分带）+3.5m（非机动车道）+2.5m（人行道）=40m。

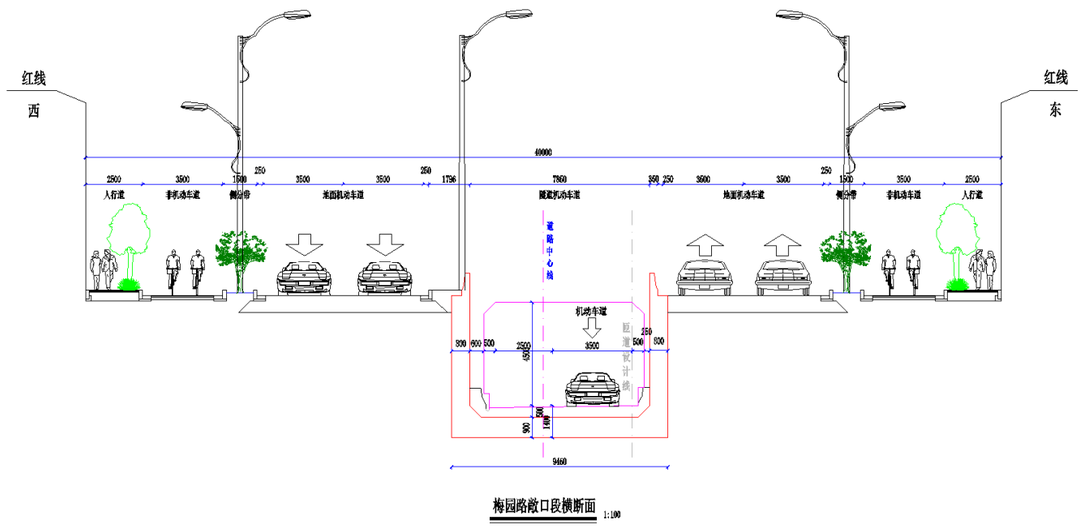


图 6.1.5-4 园路敞口段横断面设计图

（3）府东路道路标准横断面

府东路规划红线宽度 36 米，3 块板断面形式，标准横断面构成为：3m（人行道）+2.5m（非机动车道）+1.5m（侧分带）+22m（机动车道）+1.5m（侧分带）+2.5m（非机动车道）+3m（人行道）=36m。

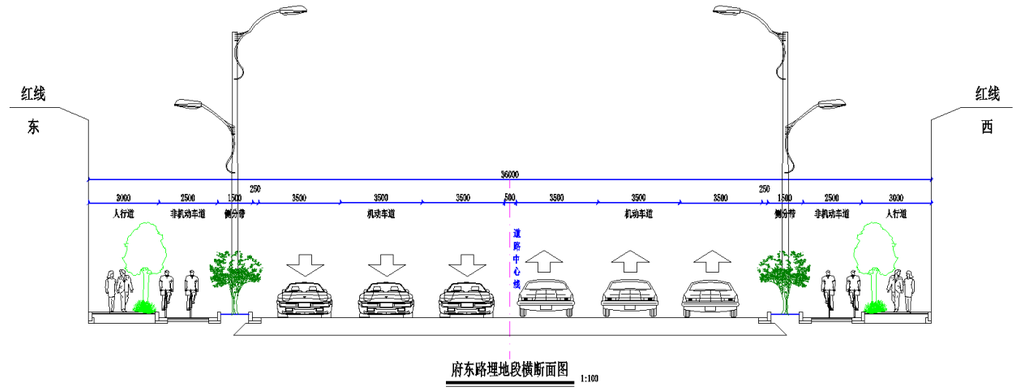


图 6.1.5-5 东路标准横断面设计图

府东路敞口段规划红线宽度 58 米，4 块板断面形式，标准横断面构成为：5～7m（人行道）+2.5m（非机动车道）+11m（地面机动车道）+1.3m（设施带）+19.4m（主线 U 槽）+1.3m（设施带）+11m（地面机动车道）+2.5m（非机动车道）+2～4m（人行道）=58m。

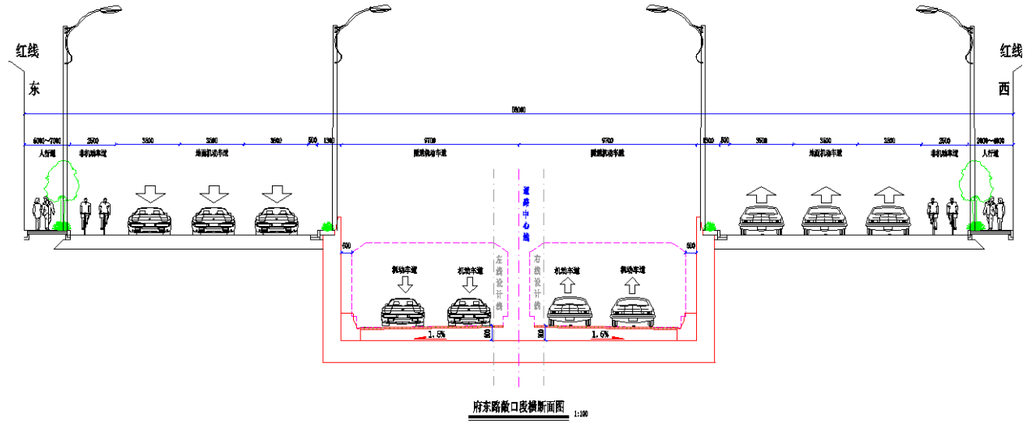


图 6.1.5-6 东路敞口段横断面设计图

6.1.5.2 道路横坡及平侧石

机动车道横坡为单折线形，坡度 1.5%，坡向路两侧；非机动车道横坡为 1.5%，坡向路外；人行道横坡为 2%，坡向路中。

本次设计全线新建平侧石。侧石均高出路面 15cm。平、侧石均采用石材，具体详见平侧

石大样图；梁侧石高与道路不同时，其高差在台尾后 10m 范围内现浇过渡。

6.1.6 路基设计

（1）路基设计原则

A）路基必须做到密实、均匀、稳定，有一定的强度；路基设计应经济、耐用、因地制宜。

B）现状部分道路建成通车时间已久，老路基已逐渐趋于稳定，应充分予以利用。

C）根据地基土的工程性质、工程要求等采用不同的处理方法分段加固地基。

D）重点控制地道与路堤相邻处工后沉降，减少相邻处的沉降差，解决好“跳车”问题。

E）处理方法经济可行、易于施工、技术先进。

F）软基处理工期满足工程总工期要求。

（2）设计标准

1）路基压实度标准

路基必须做到密实、均匀、稳定，有一定的强度。路基设计应经济、耐用、因地制宜，道路路基应分层铺筑，均匀压实。路基材料及压实度必须达到《城市道路路基设计规范》（CJJ 194- 2013）》规定的标准。

表 6.1.6-1 路基填料压实度标准表

填挖类型	路面结构以下深度范围（厘米）	主干路	次干路	支路
		压实度（%）	压实度（%）	压实度（%）
填方	0～80	≥95	≥94	≥92
	80～150	≥93	≥92	≥91
	＞150	≥92	≥91	≥90
零填及挖方路床	0～30	≥95	≥94	≥92
	30～80	≥93	-	-

（2）路基设计回弹模量

主干路、次干路机动车道路基顶面设计回弹模量不应小于 35MPa；非机动车道路基顶面设计回弹模量不应小于 30MPa。

根据路基稳定和强度的需要，路基最小高度一般要求处于干燥或中湿状态，过湿状态的路基，必须采取设隔离垫层或设排水盲沟等处理措施（盲沟水排入雨水系统），使形成良好的排水系统以保证路基干燥。

（3）软土地基容许工后沉降指标

参考《温州市市政工程设计导则》（2012.9），一般容许工后沉降指标如下：

表 6.1.6-2 沉降指标表

工程位置 道路等级	桥台与路堤相邻处	涵洞、通道处	一般路段
主干路、次干路	≤0.10m	≤0.20m	≤0.30m

因此，本工程软土地基处理标准为：一般路段工后沉降按≤0.30m 控制，桥台后与路堤相邻处按≤0.10m 控制。

（4）老路处理方式分析

由于老路与新建断面重叠部分较少且明挖地道施工及管线迁改需对老路进行破除，故全线现状老路段按老路翻挖新建处理。

现状部分道路建成通车时间已久，老路基已逐渐趋于稳定，老路范围内不再额外考虑不良地质处理。

（5）一般路基处理

1）清表

本工程范围内部分道路为现状道路，拓宽新建部分施工前应挖除现状路面；本工程新建路段，路基施工前应挖除表面建筑垃圾、耕植土、杂填土等，清表厚度不宜小于 30cm，并根据设计标高要求翻挖至设计路基基底高程；对于现状房屋拆迁路段，路基施工前应挖除房屋基础，并根据设计标高要求翻挖至设计路基基底高程。

路基底应碾压密实，必要时可换填宕渣或掺加石灰进行处治，按照《城市道路路基设计规范》（CJJ 194-2013）要求，机动车道路基底的压实度（重型）不应小于 90%，非机动车

道及人行道路基基底不应小于 85%。

2）一般路段路基填筑

清表完成、碾压密实后一般路段采用 20cm 砾石砂作为垫层，其上分层填筑宕渣，机动车道路基宕渣厚度为 80cm，非机动车道及人非车道路基宕渣厚度为 60cm，人行道路基宕渣厚度为 40cm。高度不足时对原地基开挖换填，填高较高时，中部填料采用宕渣填筑。

宕渣中石料强度不小于 15MPa,宜采用连续级配,通过 100mm 筛孔的控制在 80%～100%，通过 50mm 筛孔的控制在 50%～70%。

填方地段的表面不得有积水，并应保持适当干燥，填料层应分层夯实。每层填土厚度不应超过 30cm(压实厚度约为 20cm)。不同作业段施工，不同材料填筑，须有分层台阶。为保证路基边缘的压实度，两侧各超宽不小于 15cm。

3）填浜处理

道路路基影响范围内遇到的明（暗）浜（塘）应全部处理，明（暗）浜的回填压实度应不小于重型击实标准 90%。

填浜前应抽水，清淤至原状土。填浜材料应采用宕渣进行填筑。填浜材料应分层回填、压实。填浜基坑内应设置集水井，及时收集并排除坑内积水，不得带水回填。

遇埋深小于 2.5m 暗浜时应采用开挖换填法，处理方法同明浜；埋深大于 2.5m 的暗浜，应对开挖换填法与复合地基处理法比选后确定处理方案。

4）管道沟槽回填

车行道管道范围内采用黄砂回填，应薄铺轻夯，至管顶以上 50cm 为止。管顶 50cm 以上部分采用砾石砂间隔填筑，并分层夯实。管道范围内回填各层压实度应满足本说明中路基压实度的要求。

车行道范围的各类地下管线管顶以上最小覆土厚度（路床顶面以下）不小于 70cm，否则应采取如下措施：

①覆土在 50cm～70cm 之间，则采用粗砂回填至路面结构底，采用水密法夯实，再铺设钢塑土工格栅。

②覆土在 30cm～50cm 之间，则对管线采用 C25 混凝土外包，外包厚度应大于 20cm，再采用石灰土填筑至路面结构底，在路床顶铺设钢塑土工格栅。车行道范围两个沟槽间净距小于 1m 时，应同沟槽施工，统一回填。

③覆土厚度小于 30cm 时，采用 C25 钢筋混凝土外包，钢筋直径为 Φ8，纵横间距为 20cm，外包厚度为 15～20cm。

（6）软土路基处理

根据邻近工程勘察资料，除局部路段外，本工程沿线广泛分布有厚层的淤泥质软土，该软土层具有饱和、流塑状、含水量高、压缩量大、强度低、透水性弱的特点，道路完工后道路普遍存在路面不均匀沉降、平整度差、“桥头跳车”现象严重，道路建成运营一～二年后即产生较大的工后沉降及差异沉降情况较为普遍。

1）常用软土地基处理方法分析

本工程所处地点为软土地基，常用的软土地基处理方法有垫层与浅层处治，超载预压法、排水固结法、粒料桩、CFG 桩、水泥搅拌桩、轻质路堤、预应力管桩等。

①垫层与浅层处治处理方法一般适用于表层软土厚度小于 3m 的情况；超载预压法一般适用于填土较低或有较长预压时间的情况；排水固结法常和超载预压结合，一般适用于有较长预压时间的情况。

②强夯冲击能量以波的形式改变土体的物理力学性质，施工速度快，工期短，无须添加特殊材料，费用低，对周围环境的影响大，同时加固深度受到限制。

③粒料桩法由于施工时使用震动沉管机或水振冲器，对周围环境影响较大，一般适用于对环境要求不高的情况。

④CFG 桩目前处理深度在 24m 以内，震动施工过程对周围环境影响较大，桩体在施工过程中容易出现断桩、缩颈现象，施工技术要求高，成桩质量不宜检查。

⑤薄壁管桩为刚性桩，竖向承载力高、抗侧滑能力强。

⑥水泥搅拌桩法，一般适用于加固淤泥、淤泥质土、粉土和含水量较高的黏性土，加固深度一般不超过 18m。

⑦轻质路堤法可采用轻质材料如泡沫轻质土、EPS 等，一般适用于填土高度高，施工进度要求快，但工程造价较高。

⑧预应力管桩属于刚性复合地基处理方法，一般适用于填土较高，处理深度较大的情况，其处理效果好，能有效提高地基承载力，但随着处理深度的增加，工程造价上升较多。

本工程为城市主干路、次干路，路基沉降要求较高，地质情况较差，浅层处治效果已无法满足要求，不适合本工程；强夯对既有道路及周边环境影响较大、加固深度较浅，不适合本工程；而粒料桩，CFG 桩在施工过程中对既有路基和管线影响较大，不适合本工程；大直径薄壁管桩在淤泥质软土地基中成桩质量较难控制，本工程不建议采用。

2）软土地基处理方案比选

①水泥搅拌桩

水泥搅拌桩是搅拌法加固地基的一种形式，通过搅拌机械将水泥等材料作为固化剂与软土强制搅拌，利用两者间的物理化学反应改善软土物理力学性质，形成水泥土的桩体，与原地基组合成为复合地基，达到提高地基承载力、减小沉降的目的。主要用于加固饱和软粘土，适用于强度低、压缩性高、排水性差的软土。

水泥搅拌目前有湿法和干法两种形式，桩长一般，常用设计参数为桩间距 1.3～ 1.8m，，三角形布置，桩径 0.5m。本工程所在地区域软土层一般≤18m，控制工后沉降效果较好。

②预应力管桩

PHC（预应力高强混凝土管桩）采用先张预应力离心成型工艺，并经过 10 个大气压（1.0Mpa 左右）、180℃左右的蒸汽养护，制成一种空心圆筒型混疑土预制构件，直径从 300mm～800mm，混凝土强度等级≥C80。

预应力管桩桩顶一般低于清表、夯实、整平后的地表 25cm。预应力管桩植桩完成后，在桩顶现浇混凝土桩帽，桩帽为正方形，尺寸为 140×140×30cm 。桩帽施工完成后，先摊铺 10cm 后碎石，然后在碎石上铺设一层钢塑格栅，再摊铺 20cm 厚碎石，并在其上铺设一层钢塑格栅，完成后再摊铺 10cm 厚碎石，碎石垫层总厚度 40cm，钢塑格栅材料要求其经、纬向抗拉强度≥80KN/m。为保证钢塑格栅材料的整体性，搭接长度大于 0.5m，并且上下层接缝应交替错开，错开长度应大于 0.5m。

预应力管桩预制采用标准长度成桩，标准长度采用选择 6.0m、8.0m 和 10.0m 进行施工组合，采用焊接法接桩。为了减小施工期间对既有路基及沿线管线的影响，预应力管桩沉桩采用静压方式。

③ 旋挖桩

旋挖桩同预应力管属于复合地基类型，地基处理常用设计参数：直径 0.5m，间距 2.5～3m， 正方形布置，桩身一般采用 C25 混凝土灌注。根据理论结果，旋挖桩与 PHC 灌注对桥后沉降控制效果基本相同。

旋挖桩与 PHC 管桩相比，工程造价较高，施工质量控制要求高，其优点是施工期间挤土效应小，适用桥后路基处理周边有现状管线及建筑时采用。

④ 泡沫轻质土

现浇泡沫轻质土具有轻质性、强度的可调节性、固化后的自立性、良好的施工性和耐久性等主要特点。

利用其轻质性，可以有效减轻填土重量，减小路基的附加荷载，从而减小道路的沉降量。利用其固化后的自立性，可以有效减轻填土对路侧挡墙的侧压力，有助于增加路基和挡墙的稳定。

根据上述分析，本工程路隧衔接、路桥衔接及接线地面道路地基处理设计均采用水泥搅拌桩。

3）水泥搅拌桩法设计指标

水泥搅拌桩桩径 50cm，桩长 15m，采用等边三角形布置，间距 1.5m。搅拌桩采用普硅 42.5 水泥，水灰比 0.45～0.55，设计水泥掺入量 15～20%（重量比），具体掺入量通过室内

试验和现场试桩确定。

桩体抗压强度宜采用 90d 龄期无侧限抗压强度，要求 90d 龄期无侧限抗压强度平均值不小于 1.6Mpa。现场检测可在成桩 28d 和 7d 后进行，要求 28d 龄期无侧限抗压强度平均值不小于 0.8Mpa，要求 7d 龄期无侧限抗压强度平均值不小于 0.5Mpa。

水泥土搅拌桩地基竣工验收时,承载力检验应采用单桩载荷试验和复合地基载荷试验。载荷试验在成桩 28 天后进行,要求水泥土搅拌桩单桩承载力大于 130kN。

水泥搅拌桩实施完成后桩顶设置 40cm 砾石砂垫层，垫层顶部应加铺钢塑双向土工格栅 2 层，钢塑双向土工格栅宜采用凸结点型式，以保证结点连接牢固，其性能要求如下：

①纵向抗拉强度：≥80KN；横向抗拉强度：≥80KN；

②伸长率：≤3%；结点剥离力：≥500N。

同时为了减少搭接工程数量，钢塑双向土工格栅幅宽不宜小于 4.0m。

4）稳定安全系数

稳定验算按施工期和营运期的荷载，采用固结有效应力法分别计算稳定安全系数，为 4.5，满足施工期按不小于 1.1、运营期不小于 1.2 的要求。

5）沉降计算

地基沉降量计算采用分层总和法，主固结沉降量采用 e-p 曲线法计算，总沉降量计算采用沉降系数修正法，沉降系数 Ms 取值为 1.1～1.4。

路堤填土容重采用 19.0kN/m^3。地震力的计算只考虑水平向地震力的作用。

对于均匀层厚的软土，沉降计算的压缩层厚度按计算层底面的附加应力与有效应力之比不大于 0.15 为控制，对于浅、薄层软土路段，计算到相对硬层为止。

通过理正岩土计算软件，采用分层总和法验算地基沉降量，计算得到软土分布路段，工后沉降量均小于 30cm，桥头路段工后沉降量均小于 10cm，均满足规范要求。

6）路基沉降观测及监控

路基沉降观测工作可分为填筑期观测、预压期观测、路面施工期观测和工后观测四个阶段。其中前三个阶段（施工期）的沉降观测可以对路基施工过程中实施沉降稳定动态控制，正确控制填筑速率以确保路堤的稳定性，并能确定加载预压强度和卸载时间，使不利的沉降量提早发生， 确保结构物的安全，减少路面施工期的沉降量，从而有效的控制工后沉降量和不均匀沉降，保证路面结构完整和车辆高速平稳行驶。

本工程监控主要内容为：一般路段及路隧衔接的地表沉降及路侧水平位移。地表沉降观测采用沉降板，路侧水平位移通过边桩来观测。

6.1.7 路面设计

（1）设计原则

A）路面设计根据本项目使用要求及气候、水文、土质等自然条件，密切结合当地实践经验，进行路面综合设计。

B）遵循因地制宜、合理选材、方便施工、利于养护、节约投资的原则，进行路面设计方案的技术经济比较，选择技术先进、经济合理、安全可靠、有利于机械化、工厂化施工的路面结构方案。

C）在满足交通量和使用要求的前提下，按道路的等级及交通特征要求，选择面层的类型和厚度，满足各结构层的相关功能要求。

D）选择车辆行驶舒适、路面平整度较好、噪音小便于养护维修、路用性能好的沥青混合料路面结构。

E）选择性能优良的改性沥青原材料，并进行合理的结构组合，顾及各结构层本身的结构特性，适应各结构层的荷载应力分布特性。

（2）设计标准及指标

沥青路面设计采用以双轮组单轴轴载 100KN 为标准轴载（BZZ-100），沥青路面设计使用年限为 15 年。

（3）材料类型的选用

1）面层沥青混合料比较

我国目前上面层沥青混合料通常采用 AC-13、OGFC-13、Sup-13、SMA-13 等类型。将各种沥青混合料的性能指标比较如下：

表 6.1.7-1 各类型沥青混合料参数及路用性能比较

序号	特点和性能	SMA-13	OGFC-13	AC-13C	SUP-13
1	结构类型	嵌挤密实结构	嵌挤空隙结构	悬浮密实结构	嵌挤密实结构
2	空隙率/%	3~4	15~25	3~5	3~5
3	沥青用量	较多	很少	中等	略少
4	高温性能	很好	很好	一般	较好
5	疲劳耐久性	很好	差	好	好
6	低温抗裂性	很好	差	好	好
7	水稳定性能	很好	很差	好	好
8	渗水性能	小	很大	小	小
9	抗老化性能	很好	很差	很好	很好
10	抗磨损	很好	很差	很好	很好
11	抗滑性能	好	很好	差	一般
12	路面噪声、反光、溅水	好	很好	差	差
13	施工难易程度	难	难	易	难
14	造价成本	高	高	中等	中等

① AC 类型沥青混合料

AC 类型沥青混合料作为国内使用最为普遍的沥青混合料，其设计方法、施工工艺已经十分成熟，但其为悬浮密实型结构，高温抗车辙性能较差，在夏天高温气候环境下极易形成车辙，且其抗滑性能较差。因此，AC 型沥青混合料不适宜作为高等级道路上面层混合料来使用。

② OGFC-13

OGFC-13 作为排水型沥青混合料，具有迅速排除路表水、减少行车水雾、防水漂、抗滑降噪等有利于行车安全与环保的特性。但其由于空隙率较大，较易产生水损坏、剥落等病害；其在夏季高温时易被压密，道路环境的砂土灰尘和异物也会堵塞空隙，均会大大降低 OGFC 的排水功能。为长期保持透水沥青路面良好的透水功能，需要有规律和有效的养护维修技术，对路面定期进行清洗疏通，维护成本较高。为防止雨水下渗，中面层需要采用容易压实、孔隙率较小的 AC- 20F 进行搭配使用，地面辅道有一定比例的重车，在高温重车作用下，根据研究中面层容易出现车辙。在我国行业标准《透水沥青路面技术规程》（CJJ/T 190-2012）中已有相关说明“透水沥青路面在国内还处于发展阶段，目前一般应用于新建、扩建、改建的轻交通道路、室外工程、园林工程中的人行道、步行街、居住小区道路、非机动车道和一般荷载的停车场等路面工程”。，以及“透水沥青路面在设计时，应对适用性进行综合考虑和评价，包括铺装透水沥青路面的目的，道路交通量，土基的类型，排水设施的布设以及施工技术等因素”。因此，OGFC 不适合作为本工程道路的上面层混合料来使用。

③ Superpave

Superpave 作为国内近年引进沥青混合料类型，其高温稳定性、抗水损害性、抗疲劳性等各种路用性能均较好，其车辙试验的动稳定度数据要高于 AC 型沥青混合料。Superpave 类型沥青混合料设计方法不同于以往的马歇尔设计方法，这是一种以沥青混凝土的体积为指标的设计方法。虽然 Superpave 混合料也是一种密级配沥青混合料，但是它希望形成的是稳定的相互嵌挤骨架结构。同时在进行混合料的设计时由于采用的是旋转压实仪成型试件，这种成型方法能够模拟压路机的揉搓作用，并且根据不同的交通量可以控制旋转次数和旋转压力，因此设计出来的混合料更能模拟现场施工情况、更能符合实际情况。同时，在对于集料的要求、现场施工工艺与 AC 型沥青混合料基本一致，并无需要添加特别材料。因此造价与 AC 型沥青混合料也基本相同。同时，在施工工艺上，Superpave 不存在过压的问题，可以通过加强碾压来保证空隙率，使得路面提高抗车辙、抗水损害能力。目前，Superpave 在国内得到了大力的推广和应用，在苏嘉杭高速公路江苏北段、苏州绕城高速公路、张家港港丰公路、205 省道常熟复线段、沪宁高速改扩建工程等工程中都得到了大规模的应用。

但 Superpave 具有的多粗骨料、少沥青的特点，使得现场必须具有重型压实机械，并组

织精密的施工方案，其质量才能得到保证，尤其桥梁上难以压实。另外，Superpave 类型混合料的试件成型需要旋转压实仪，考虑在温州地区施工、监理、检测等单位均未完全配备旋转压实仪，且相应的成型方法未有国家或行业规范可以参照执行，将对混合料的生产、检测等造成影响，故本工程不推荐使用 Superpave 类型沥青混合料。

④ 沥青玛蹄脂碎石混合料（SMA-13）

SMA-13 作为一种上面层结构不仅具有强度高、高温稳定性、低温抗开裂和抗疲劳能力，而且抗滑性和抗水损害性均较好。特别是其具有很好的高温稳定性，这对于在高温下承受重载的沥青混合料至关重要。SMA 适用于任何等级的道路，特别适用于高速公路、城市快速路、城市主干道、机场道面、桥面铺装等工程。但是它同时也存在一些缺点，首先对集料的要求较高且施工较难控制，如碾压过多则会造成玛蹄脂上浮，反之，如碾压不到位则会空隙率过大，产生车辙、水损害等早期损坏；其次造价较高，一般高于普通沥青混合料 25%～ 30%。

综合考虑，为确保道路具有良好的高温性能，本工程中主干路的上面层推荐采用 SMA-13（SBS 改性沥青），次干路及非机动车道的上面层推荐采用 AC-13C。

高等级道路早期损坏调查表明，很多沥青路面早期损坏是由于中下面层首先损坏而引起的。对于交通量较大的沥青路面，由于表面层通常采用了改性沥青等优质沥青，其沥青路面出现压缩变形主要发生在中、下面层。因此，中、下面层的抗车辙性能的优劣直接影响沥青路面的抗车辙性能。考虑到路面在车辆荷载的反复作用下，路面出现疲劳破坏部位通常位于下面层，因此，下面层材料还应考虑具有较好的抗疲劳性能。

根据相关工程经验，以及温州地区采用 AC 型混合料的施工经验成熟，推荐主干路机动车道中面层采用 AC-20C、下面层采用 AC-25C，次干路机动车道下面层采用 AC-20C，非机动车道下面层采用 AC-20C。

2）基层比选

对于基层，国内一般采用柔性基层或半刚性基层，考虑柔性基层的造价要高于半刚性基层，而且半刚性基层在国内城市道路及高等级公路中的应用十分普遍，而且半刚性基层整体强度、板体性和抗变性能力均较强。因此推荐采用半刚性基层。半刚性基层国内通常采用水泥稳定碎石或二灰碎石。二者作为应用较为广泛的基层类型，有着各自的优缺点，现比较如下表：

表 6.1.7-2 基层材料性能比较

比较内容	水泥稳定碎石	二灰碎石
材料来源	采用成品拌制，受产品供应限制少	原为解决废弃物的二次利用，解决污染问题。现今粉煤灰用途较广，供应较紧张.
性能	采用水泥作为胶结料，水稳定性好，抗冲刷能力强，早期强度高	抗水损害能力较弱，早期强度低
设计方法	可以通过对集料级配、水泥用量设计，来提高水泥稳定碎石的质量	只有对粉煤灰、石灰、石料组成比例的规定，对于石料的组成很少进行调整，难以控制工程质量
施工方法	可以通过现场设置拌和楼，实现机械拌制，和易性较好，但施工延迟时间要求较严格，对施工单位要求高	采用厂拌，和易性较好，施工时间易于控制。在碾压过程中，表面易受压路机碾压造成剪切破 坏，表面密实度较下层差，容易造成通车后，路面损坏
适用工程范围	承受重载作用、对基层要求较高的工程，但不适宜用于难以保证在 3 小时碾压完成的工程	建设工期较短，需提早开放的工程
造价	水泥稳定碎石较二灰碎石贵 10%～15%	

鉴于水泥稳定碎石基层和二灰碎石基层都有各自的特点，但水稳的路用性能要优于二灰碎石，且温州地区水稳基层施工技术已比较成熟，二灰类材料相对比较匮乏，本工程道路等级较高，建成后将承担较大的交通量，建议采用水泥稳定碎石基层结构。

3）底基层比选

底基层承受基层荷载的作用，并将荷载传递给土路基，由于半刚性基层具有较高的强度、刚度与良好的应力扩散能力，对底基层材料质量的要求相对较低，但是对于结构层之间的模

量比有着一定的设计原则，要求基层与底基层的模量比不宜大于 3.0。在上海地区及周边地区的高等级公路建设中，通常采用二灰土、水泥稳定类材料、水泥土、粒料类等材料用作底基层。

①二灰稳定土

二灰稳定土材料的物理力学性能试验要优于石灰土，但是由于目前粉煤灰材料价格相对较高，二灰稳定土材料价格明显高于石灰土。但是二灰土施工工艺较成熟，且其养护成型后的模量较高，因此应用较多。

②水泥稳定类材料

应用于底基层的水泥稳定类材料通常采用低剂量的水泥稳定材料提供合理的强度及抗水损害性能。该类材料强度、模量俱佳，但是该类材料如采用新料进行使用，将带来造价较高且大量石料的使用，不具环保性能。

③水泥土

水泥稳定土有良好的板体性，它的水稳性和抗冻性都较石灰稳定土好。水泥稳定土的初期强度高并且强度随龄期增长，它的力学强度还可视需要而调整。它的 7d 龄期抗压强度可达到 1MPa 左右。但是暴露的水泥稳定土易干缩和冷缩而产生裂缝。与石灰土相比，水泥土稳定性较好，但其单价相对较高。

④粒料类

粒料类材料具有的一个显著的特点就是能够阻断毛细水上升对路面结构的侵蚀，这一点在低路堤路段尤为重要，但是其缺点就是模量较低。

温州地区水稳底基层施工技术已比较成熟，二灰类材料相对比较匮乏，本工程道路等级较高，建成后将承担较大的交通量，建议采用水泥稳定碎石底基层结构，考虑到成本问题，可以适当降低水泥剂量。

4）封层比选

为加强沥青面层与基层之间的紧密结合，提高路面结构整体性，使各结构层之间不产生层间滑动，需要采取相应的技术措施使之达到要求。对于沥青面层与半刚性基层之间的结合，通常采用的技术措施有喷洒透层沥青、透层沥青上撒粗砂或石屑、层铺法单层表处下封层和改性乳化沥青稀浆封层。简单的喷洒透层沥青常常由于渗透效果不理想，受喷洒机械及路面平整度的影响， 易造成油膜厚薄不均现象，在施工车辆的通行时，常会出现大片油膜粘轮而使路面露白。层铺法表处下封层弥补了透层沥青的一些不足，但是在高速公路路面基层上使用，由于全封闭施工，来往车辆少，下封层难以泛油成型，很容易产生夹层，影响层间结合的密实与粘结效果。

改性乳化沥青稀浆封层是采用适当级配且满足一定技术参数要求的砂石材料作为骨料，选用改性乳化沥青材料为结合料，再加入适量的粉料、水和外加剂材料，在改性稀浆封层摊铺机内按设计比例配制成具有一定和易性的稀浆混合科，摊铺在路面结构层表面，形成一种类似沥青表面处治层。具有施工速度快、封闭交通时间短、韧性和耐久性好、技术经济比值高等特点，施工技术已日趋成熟。因而，近年来被广泛应用于高等级道路的下封层。

因此针对本工程，封层推荐采用改性乳化沥青稀浆封层。

（4）路面结构方案

根据以上比选及现状路面结构使用情况，并考虑道路交通荷载，因此针对主线隧道铺装及主干路地面道路的上面层的沥青选用改性沥青，中面层添加 0.35%抗车辙剂，以提高沥青混合料的高温稳定性，增加对改性交通的抗车辙性能。

具体路面结构方案如下：

表 6.1.7-3 主线隧道、U 槽段路面结构

隧道、U 槽段路面（10cm）		
上面层	改性沥青玛蹄脂碎石混合料 SMA-13	4cm
下面层	中粒式改性沥青混凝土 AC-20C	6cm（添加 0.35%抗车辙剂）
防水层	防水粘结层	聚氨酯防水涂料

表 6.1.7-4 主干路地面机动车道路面结构

主线路基、挡墙段及 104 国道、府东路辅道机动车道（78cm）		
上面层	改性沥青玛蹄脂碎石混合料 SMA-13	4cm
中面层	中粒式改性沥青混凝土 AC-20C	6cm（添加 0.35%抗车辙剂）
下面层	粗粒式沥青混凝土 AC-25C	8cm
封层	乳化沥青透层、封层	网眼尺寸 0.6cm
基层	5%水泥稳定碎石	15cm
基层	5%水泥稳定碎石	15cm
底基层	4%水泥稳定碎石	15cm
垫层	级配碎石	15cm

府东路（瓯江路～江滨东路段）为 2018 年底刚竣工道路，现状道路状况良好。根据隧道设计资料，南岸盾构井设置在本段道路中，以盾构机为界，以南段采用明挖施工，以北段采用盾构施工。由于以南段采用明挖施工，本次设计道路按新建考虑；以北段采用盾构施工，对道路影响较小。考虑到施工期间以北段作为施工便道使用对道路的损坏，本次设计考虑铣刨加铺 10cm 面层的方式进行出新。

表 6.1.7-5 府东路（府东路南岸盾构井以北段）地面机动车道路面结构

主线路基、挡墙段及 104 国道、府东路辅道机动车道（10cm）		
上面层	改性沥青玛蹄脂碎石混合料 SMA-13	4cm
中面层	中粒式改性沥青混凝土 AC-20C	6cm（添加 0.35%抗车辙剂）
粘层	乳化沥青粘层	
现状机动车道铣刨 10cm，病害修补		

表 6.1.7-6 次干路机动车道路面结构

梅园路辅道机动车道路面（55cm）		
上面层	细粒式沥青混凝土 AC-13C	4cm
下面层	中粒式沥青混凝土 AC-20C	6cm
封层	乳化沥青透层、封层	网眼尺寸 0.6cm
基层	5%水泥稳定碎石	15cm
底基层	4%水泥稳定碎石	15cm
垫层	级配碎石	15cm

表 6.1.7-7 非机动车道路面结构

非机动车道路面（50cm）		
上面层	细粒式沥青混凝土 AC-13C	4cm
下面层	中粒式沥青混凝土 AC-20C	6cm
封层	乳化沥青透层、封层	网眼尺寸 0.6cm
基层	5%水泥稳定碎石	20cm
底基层	级配碎石	20cm

表 6.1.7-8 新建人行道路面结构

人行道（34cm）		
面层	彩色透水砖	6cm
砂浆垫层	中砂缓冲层	3cm
基层	C20 透水混凝土	15cm
底基层	级配碎石	10cm

（5）与原沥青路面搭接设计

本次设计道路与原沥青路面的搭接采用分层开挖台阶，设置 3%坡度坡向老路路面结构。面层与基层接触面骑缝铺设 2m 宽玻纤格栅，具体详见《路面结构设计图》。

6.1.8 交叉口设计

（1）交叉口设计

交叉口是道路网的连接点，也是交通转换的节点，由于进入交叉口各个方向车流同时存在空间和时间上的冲突，因而交叉口成为路网的瓶颈点，合理的交叉口设计和交通管理措施可以从空间和时间上有效分离冲突车流，并提高交叉口内车流运行的安全。

交叉口渠化（或立体分离）和信号配时分别是从空间和时间上对进入交叉口的车流进行组织，只有兼顾考虑交叉口渠化和信号配时才能提出有效地交叉口设计方案。高峰小时进入交叉口的流量流向是交叉口设计的主要依据。

交叉口内计算行车速度按各级道路计算行车速度 0.5～0.7 倍计算，直行取 0.7 倍，左右转弯取 0.5 倍；交叉口转角的路缘石转弯半径按右转弯半径取为 30m，交叉口设置专用左、右转车道，进口道向左侧展宽。进口道展宽段长度取为 30～80m，展宽渐变段长度取为 20～35m。

（2）平面交叉口选型

平面交叉口应按照相交道路的等级选型，遵守节约城市土地的原则，选择能符合交通要求的紧凑适用型交叉口，城市道路平面交叉口选型应符合下列规定：

主干路与主干路相交采用信号灯控制。

主干路与次干路相交采用信号灯控制。

主干路与支路相交采用不设信号灯控制，支路方向右进右出；交通量较大路口可考虑采用信号灯控制。

次干路与次干路相交采用平面灯控。

次干路与支路相交不设信号灯控制，支路方向减速或者停车让行。

支路与支路相交不设信号灯控制。

表 6.1.8-1 交叉口设置方式一览表

相交道路	主干路	次干路		支路
主干路	A	A		B / A
次干路	-	A		C
支路	-	-		C

注：

A：信号灯控制；

B：次要道路右进右出控制；

C：次要道路停车让行主要道路；

（3）交叉口渠化设计

本次设计地面道路交叉均采用平面交叉方式，为了减少交叉口冲突点，提高通过能力，本次设计对主要交叉口进行渠化，对次要交叉口采用标志标线管理。

（4）渠化原则

根据相交道路等级，本次设计拟定渠化原则如下：

主干路与主、次干路平交，主干路、次干路均进行渠化；

主干路与支路平交，主干路、支路均不渠化，支路采用右进右出控制；

次干路与次干路平交，原则上均进行渠化，或根据用地及交通量情况选择某几个进出口道进行渠化；

次干路与支路平交，原则上均不渠化，或根据用地及交通量情况选择对次干路进行渠化；

支路与支路平交，不渠化。

（5）交叉口渠化设计

本次设计 G104 标准段双向 4 车道，梅园路交叉口西进口道通过压缩中分带由 2 车道渠化展宽为 3 车道，出口道保持 2 车道；东进口道通过压缩中分带由 2 车道渠化展宽为 4 车道，出口道保持 2 车道。

本次设计梅园路标准段双向 4 车道，受 A 匝道 U 槽制约，交叉口不考虑渠化展宽，保持 2 进 2 出。

本次设计府东路标准段双向 6 车道，江滨东路北进口渠化展宽为 5 进 3 出，江滨东路以南段受隧道主线 U 槽制约，交叉口不考虑渠化展宽，保持 3 进 3 出。

6.1.9 附属工程

（1）公交站点设计

公共候车亭和站牌采用现代风格设计，外型简洁、轻巧。候车亭设有盖顶及供人小憩的座凳。线路牌结合候车亭设计，并设有完善美观的照明、站台、站牌、座灯、雨蓬等设施。

A）公交站点的设置原则

①方便周边居民的乘车和减少与对向、横向公交线路之间的换乘距离；

②满足路网要求，与横向道路位置及公交站点位置相协调；

③公交站点的建设需远近结合，与区域开发相匹配；

B）公交停靠站的位置

公交线路中途站位置设置需要考虑站点间距，与交叉口关系，与村镇区、企业大门位置的关系，以及与车站及其他公交换乘。在保证交叉口通行能力水平的基础上有效缩减公交线路换乘距离，方便乘客换乘，体现“以人为本”这一原则。

C）公交停靠站的样式

在满足使用功能的同时，可以考虑造型优美的车站，起到美化环境、营造良好的景观作用。



图 6.1.9-1 公交站台图

根据道路条件，公交站台均采用直线式停靠站，位置建议设置于道路出口道方向。停靠站在干路上距离对向进口道停车线不应小于 50m，在支路上不应小于 30m。

本次设计暂未考虑公交站台设计，待下阶段一步与其主管单位对接后进行位置确认。

（2）无障碍设施

根据《无障碍设计规范》（GB50763-2012）规定，为了方便残疾人行走，道路按规范要求进行了无障碍设计。

本项目无障碍设计需在道路路段人行道、沿线单位出入口、道路交叉口、人行过街设施、桥梁、公交车站等处设置，满足视力残疾者与肢体残疾者以及体弱老人、儿童等利用道路交通设施出行的需要。具体设置方案参考《无障碍设计规范》（GB50763-2012）。

在道路路段上铺设视力残疾者行进盲道，以引导视力残疾者利用脚底的触感行走。行进盲道在路段上连续铺设，无障碍盲道铺设位置一般距绿化带或行道树树穴 0.25～0.5m，行进盲道宽度 0.30～0.60fn。行进盲道转折处设提示盲道。对于确实存在的障碍物，或可能引起视残者危险的物体，采用提示盲道圈围，以提醒视残者绕开。同时，路段人行道上不得有突然的高差与横坎，以方便肢残者利用轮椅行进。如有高差或横坎，以斜坡过渡，斜坡坡度满足 1：20 的要求。

在人行道处铺设条形行盲道砖，在盲道的起终点及拐弯处铺设圆点形的提示盲道砖。人行道在交叉口位置设置缘石坡道。

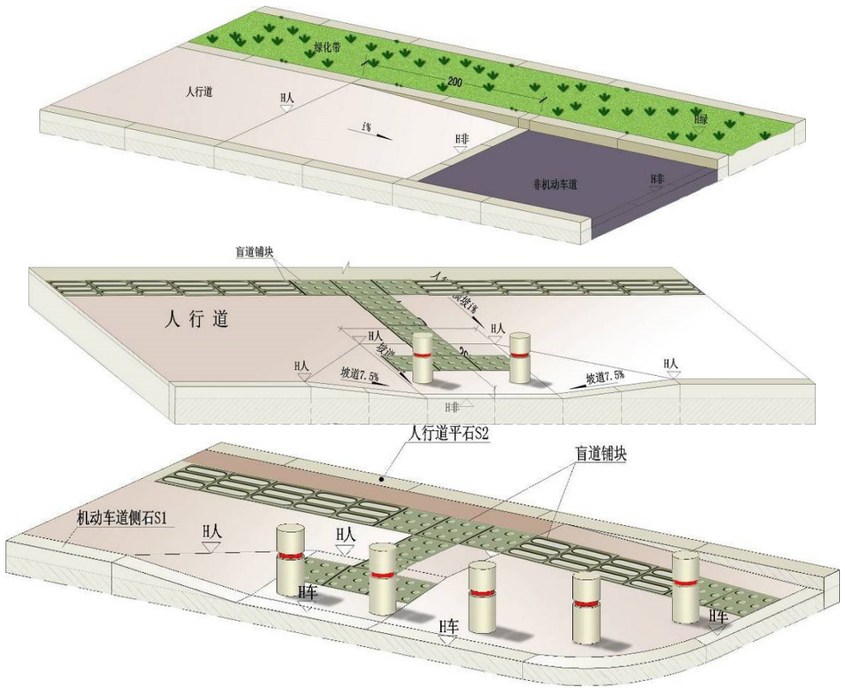


图 6.1.9-2 无障碍坡道

（3）过街设施

本项目设置有道路中央分隔带，在行人过路的设计上建议采用二次过街的方案。为保证夜间或光线较弱情况行人过街安全，建议全线人行横道线布置反光道钉与路面齐平。交叉口中央分隔带设置行人过街安全岛。

（4）井周加固

为减少井周不均匀沉降带来的跳车现象，对机动车道及交叉口范围内的管线井井周进行路面加固，具体见《井周加固设计图》。

6.1.10 路基、路面材料要求

6.1.10.1 路基材料要求

1. 宕渣材料

路堤填筑材料中，道路宕渣容重γ＝19～21KN/m³。天然土石混合料中所含石料强度大于20MPa时，石块最大粒径不得超过压实层厚度的2/3，超过时应给予清除；当所含石料为软质岩（强度小于 15MPa）时，石料粒径不得超过压实层厚，超过时应给予清除。土石混合料中当石料含量超过 70%时，应先铺填大块石料，且大面向下，放置平稳，再铺填小块石料、石碴或石屑嵌缝找平，后碾压；当石料含量小于70％时可混合铺填，但应避免硬质大尺寸石块集中。施工期间应注意路堤的排水。矿碴含泥量＜10%。

2. 级配碎石、砾石砂

级配碎石的颗粒组成应满足下表要求，同时级配曲线接近圆滑，没有同一种尺寸的颗粒过多或过少的情况；塑性指数小于9，压碎值不大于40％。

表 6.1.10-1 级配碎石颗粒

筛孔尺寸（mm）	50	40	20	5	2.5
通过重量（%）	100	95～100	50～80	15～40	5～25

砾石砂一般采用中～微风化硬质岩且级配良好的砾石砂，最大粒径不宜大于50mm，含泥量不应大于5％。

3. 双向拉伸土工格栅

本工程中采用GSL80双向拉伸土工格栅，根据《交通工程土工合成材料 土工格栅》（JT/T 480-2002），其规格及强度要求如下：

每延米纵、横向拉伸断裂强度kN/m（纵、横）：≥80

纵、横向断裂伸长率（%）（纵、横）：≤3

网孔中心纵、横向最小净空尺寸为20（±2）mm。

6.1.10.2 路面材料要求

1.沥青

沥青玛蹄脂碎石（SMA-13）、粗型密级配细粒式沥青砼（AC-13C）、粗型密级配中粒式沥青砼（AC-20C）、粗型密级配粗粒式沥青砼（AC-25C）面层采用70号A级道路石油沥青。

70号A级道路石油沥青技术要求见下表：

表 6.1.10-2 70号A级沥青技术要求

指标		单位	技术要求	试验方法
针入度(25℃，5S，100g)		0.1mm	60～80	T0604
针入度指数 PI			-1.5～+1.0	T0604
软化点（R&B）	≥	℃	46	T0606
60℃动力粘度	≥	Pa.s	180	T0620
10℃延度	≥	cm	20	T0605
15℃延度	≥	cm	100	T0605
蜡含量(蒸馏法)	≤	%	2.0	T0615
闪点	≥	℃	260	T0611
溶解度	≥	%	99.5	T0607
密度(15℃)	≥	g/cm³	以实测记录为准	T0603
TFOT(或RTFOT)后残留物				
质量变化	≤	%	±0.8	T0610或T0609
残留针入度比（25 ℃）	≥	%	61	T0604
残留延度（10℃）	≥	cm	6	T0605
残留延度（15℃）	≥	cm	15	T0605

SBS聚合物改性沥青技术要求见下表：

表 6.1.10-3 SBS聚合物改性沥青技术要求

指标	单位	技术要求	试验方法
针入度(25℃，100g，5s) ≥	0.1mm	40～60	T0604
针入度指数 PI ≥		0	T0604
延度 5℃，5cm/min ≥	cm	20	T0605
软化点 TR&B ≥	℃	60	T0606
动力粘度 135℃ ≤	Pa.s	3	T0625，T0619
闪点 ≥	℃	230	T0611
溶解度 ≥	%	99	T0607
贮存稳定性离析，48h 软化点差 ≤	℃	2.5	T0661
弹性恢复 25(℃) ≥	%		T0662
TFOT(或 RTFOT)后残留物			
质量变化 ≤	%	±1	T0610 或 T0609

下封层采用 PCR 阳离子改性乳化沥青，透层沥青采用 PC-2 阳离子乳化沥青，粘层采用 PC-3 阳离子乳化沥青，其技术要求见下表：

表 6.1.10-4 乳化沥青技术要求

指标		单位	品种及代号		试验方法
			PC-2	PC-3	
破乳速度			慢裂	快裂或中裂	T0658
粒子电荷			阳离子(+)	阳离子(+)	T0653
筛上残留物（1.18 mm筛） ≤		%	0.1	0.1	T0652
粘度	恩格拉粘度计 E25		1～6	1～6	T0622
	道路标准粘度计 C25,3	S	8～20	8～20	T0621
蒸发残留物	残留物含量 ≥	%	50	53	T0651
	溶解度 ≥	%	97.5	97.5	T0607
	针入度（25℃）	0.1 mm	50～300	45～150	T0604
	延度（15℃） ≥	cm	40	40	T0605
	延度（5℃） ≥	cm	—	—	T0605
与粗集料的粘附性，裹附面积 ≥			2/3	2/3	T0654
与粗、细式集料拌和试验			—	—	
贮存稳定性	1d≤	%		1	T0655
	5d≤	%		5	T0655
	（-5℃）		无粗颗粒或结块	无粗颗粒或结块	

表 6.1.10-5 改性乳化沥青技术要求

指标		单位	品种及代号	试验方法
			PCR	
破乳速度			快裂	T0658
粒子电荷			阳离子（+）	T0653
筛上残留物（1.18mm 筛）≤		%	0.1	T0652
粘度	恩格拉粘度计 E25		1～10	T0622
	道路标准粘度计 C25.3	S	8～25	T0621
蒸发残留物	残留物含量 ≥	%	50	T0651
	溶解度 ≥	%	97.5	T0607
	针入度（25℃）	0.1mm	40～120	T0604

	延度（5℃）≥	cm	20	T0605
	软化点，不小于	℃	50	T0606
与粗集料的粘附性，裹附面积≥			2/3	T0654
与粗、细式集料拌和试验			—	
贮存稳定性	1d≤	%	1	T0655
	5d≤	%	5	T0655
	（-5℃）		无粗颗粒或结块	

2.粗集料

沥青玛蹄脂碎石（SMA-13）、细粒式沥青混凝土（AC-13C）表面层选用符合要求的玄武岩，粗型密级配中粒式沥青砼（AC-20C）、粗型密级配粗粒式沥青砼（AC-25C）采用石灰岩石料。

面层粗集料技术要求见下表：

表 6.1.10-6 面层玄武岩粗集料技术要求

指标	单位	技术要求	试验方法
石料压碎值 ≤	%	20	T0316
石料高温压碎值 ≤	%	24	T0316
洛杉矶磨耗损失 ≤	%	28	T0317
表观相对密度 ≥	t/m3	2.6	T0304 T0328
吸水率 ≤	%	2.0	T0304
对沥青的粘附性 ≥		5 级	T0616 T0663
坚固性 ≤	%	12	T0314
针片状颗粒含量（混合料） ≤ **其中粒径大于 9.5 mm ≤其中粒径小于 9.5 mm ≤**	%	15 12 18	T0312
水洗法＜0.075 mm颗粒含量 ≤	%	1 号料 0.6	T0310
		2 号料 0.8	T0310
		3 号料 1.0	T0310
		4 号料 12.5	T0310
软石含量 ≤	%	3	T0320
石料磨光值 ≥	BPN	42	T0321
石料冲击值 ≤	%	20	
抗压强度 ≥	KPa	120	
细集料砂当量 ≥	%	60	T0334
细集料含泥量 ≤	%	3	T0333
细集料亚甲蓝值 ≤	g/kg	25	T0346
棱角性（流动时间） ≥	s	30	T0345

注：吸水率不宜大于 2.2%；细集料砂当量宜不小于 70%。

表 6.1.10-7 普通面层粗集料技术要求

指标	单位	技术要求	试验方法
石料的强度 ≥	Mpa	100	
石料压碎值 ≤	%	28.0	T0316
石料高温压碎值 ≤	%	30	T0316
洛杉矶磨耗损失 ≤	%	30	T0317
表观相对密度 ≥	t/m3	2.5	T0304 T0328
吸水率 ≤	%	3	T0304
对沥青的粘附性 ≥		4 级	T0616 T0663
坚固性 ≤	%	12	T0314

针片状颗粒含量 ≤	%	18	T0312
其中粒径大于 9.5 mm ≤		15	
其中粒径小于 9.5 mm ≤		20	
水洗法小于 0.075 mm颗粒含量 ≤	%	1	T0310
软石含量 ≤	%	5	T0320

3.细集料

沥青面层采用坚硬、洁净、干燥、无风化、无杂质并有适当颗粒级配的人工轧制的玄武岩细集料。其规格应符合《公路沥青路面施工技术规范》(JTG F40-2004)表 4.9.3 中砂的级配要求。

沥青玛蹄脂碎石（SMA-13）及粗型密级配细粒式沥青砼（AC-13C）表面层采用玄武岩粉碎的机制砂，技术要求见下表：

表 6.1.10-8 面层玄武岩细集料技术要求

指标	单位	技术要求	试验方法
表观相对密度 ≥	t/m³	2.6	T0328
坚固性（>0.3 mm部分） ≥	%	12	T0340
含泥量（<0.075 mm的含量） ≥	%	3	T0333
砂当量 ≥	%	60(宜控制在 70%以上)	T0334

粗型密级配中粒式沥青砼（AC-20C）、粗型密级配粗粒式沥青砼（AC-25C）采用石灰岩细集料，技术要求见下表：

表 6.1.10-9 普通面层细集料技术要求

指标	单位	技术要求	试验方法
表观相对密度 ≥	t/m³	2.5	T0328
坚固性（>0.3 mm部分） ≤	%	12	T0340
含泥量（<0.075 mm的含量）≤	%	3	T0333
砂当量 ≥	%	60(宜控制在 70%以上)	T0334
亚甲蓝值 ≤	g/kg	25.0	T0349
棱角性(流动时间) ≥	s	30	T0345

4.填料

沥青混合料的填料必须采用石灰岩或岩浆岩中的强基性岩石等憎水性石料经磨细得到的矿粉，回收粉尘不得再利用，技术要求见下表：

表 6.1.10-10 沥青面层用矿粉技术要求

指标		单位	技术要求	试验方法
表观密度 ≥		t/m³	2.5	T 0352
含水量 ≤		%	1	T 0103 烘干法
粒度范围	<0.6 mm	%	100	T 0351
	<0.15 mm	%	90～100	T 0351
	<0.075 mm	%	75～100	T 0351
外观			无团粒结块	
亲水系数			<1	T 0353
塑性指数			<4	T 0354
加热安定性			实测记录	T 0355

5.纤维稳定剂

SMA 混合料采用优良的木质素絮状纤维作为稳定剂，掺加比例为沥青混合料总质量的 0.35%。技术要求见下表：

表 6.1.10-11 木质素纤维技术要求

指标			单位	技术要求
筛分析	冲气筛分析	纤维长度	mm	<6
		通过 0.15mm 筛	%	70±10
	普通筛分析	纤维长度	mm	<6
		通过 0.85mm 筛	%	85±10
		通过 0.425mm 筛	%	65±10
		通过 0.106mm 筛		30±10
灰分含量			%	18±5，无挥发物
PH 值				7.5±1.0

吸油率		纤维质量的(5.0±1.0)倍
含水率	%	<5（以质量计）

6.抗车辙剂

添加抗车辙剂以提高沥青混合料的高温稳定性，并对混合料的水稳定性和低温抗裂性也有改善，减少车辙病害的产生。抗车辙剂是一种由多种聚合物复合成的沥青混合料添加剂，使用剂量为沥青混合料重量的0.5%。其质量应符合下表要求。

表 6.1.10-12 抗车辙剂主要技术指标

指标	单位	数值
密度	g/cm3	0.9～1.1
熔体质量流动速率（190℃，2.16kg）	℃	≥0.3
吸水率	%	≤0.5

7.混合料组成

（1）细粒式沥青水泥混凝土

沥青玛蹄脂碎石（SMA-13）采用混合料矿料推荐配合比见下表：

表 6.1.10-13 沥青玛蹄脂碎石混合料矿料级配范围

级配类型	通过下列筛孔(mm)的质量百分率(%)									
	16	13.2	9.5	4.75	2.36	1.18	0.6	0.3	0.15	0.075
SMA-13	100	90～100	50～75	20～34	15～26	14～24	12～20	10～16	9～15	8～12

沥青玛蹄脂碎石（SMA-13）混合料马歇尔试验配合比设计技术要求见下表：

表 6.1.10-14 SMA 混合料马歇尔试验配合比设计技术要求

试验项目	单位	技术要求	试验方法
马歇尔试件尺寸	mm	φ101.6mm×63.5mm	T0702
马歇尔试件击实次数		两面击实 50 次	T0702
空隙率 VV	%	3～4	T0705
矿料间隙率 VMA ≥	%	17	T0705
粗集料骨架间隙率 VCA ≤		VCADRC	T0705
沥青饱和度 VFA	%	75～85	T0705
稳定度 ≥	KN	6	T0709
流值	mm	—	T0709
谢伦堡沥青析漏试验的结合料损失 ≤	%	0.1	T0732
肯塔堡飞散试验的混合料损失或浸水飞散试验 ≤	%	15	T0733

粗型密级配细粒式沥青水泥混凝土（AC-13C）采用混合料矿料推荐配合比见下表：

表 6.1.10-15 AC-13C 混合料矿料级配范围

级配类型	通过下列筛孔(mm)的质量百分率(%)									
	6	13.2	9.5	4.75	2.36	1.18	0.6	0.3	0.15	0.075
AC-13C	00	90～100	68～85	38～68	24～50	15～38	10～28	7～20	5～15	4～8

AC-13C 关键性筛孔通过率

混合料类型	公称最大粒径(mm)	用以分类的关键性筛孔(mm)	关键性筛孔通过率(%)
AC-13C	13.2	2.36	<40

粗型密级配细粒式沥青水泥混凝土（AC-13C）混合料马歇尔试验配合比设计技术要求见下表：

表 6.1.10-16 AC-13C 混合料马歇尔试验配合比设计技术要求

试验指标		单位	技术要求
击实次数(双面)		次	75
试件尺寸		mm	φ101.6mm×63.5mm
空隙率 VV	深约 90mm 以内	%	4～6
	深约 90mm 以下	%	3～6
稳定度 MS ≥		KN	8.0
流值 FL		mm	1.5～4

矿料间隙率 VMA(%) ≥	设计空隙率(%)	VMA 及 VFA 技术要求(%)
	2	12
	3	13
	4	14
	5	15
	6	16
沥青饱和度 VFA(%)		65～75

（2）中粒式沥青水泥混凝土

粗型密级配中粒式沥青水泥混凝土（AC-16C、AC-20C）采用混合料矿料推荐配合比见下表：

表 6.1.10-17 AC-16C、AC-20C 混合料矿料级配范围

级配类型	通过下列筛孔(mm)的质量百分率(%)											
	26.5	19	16	13.2	9.5	4.75	2.36	1.18	0.6	0.3	0.15	0.075
AC-20C	100	90～100	78～92	62～80	50～72	26～56	16～44	12～33	8～24	5～17	4～13	3～7

表 6.1.10-18 AC-16C、AC-20C 关键性筛孔通过率

混合料类型	公称最大粒径(mm)	用以分类的关键性筛孔(mm)	关键性筛孔通过率(%)
AC-20C	19	4.75	<45

粗型密级配中粒式沥青水泥混凝土（AC-16C、AC-20C）混合料马歇尔试验配合比设计技术要求见下表：

表 6.1.10-19 AC-16C、AC-20C 混合料马歇尔试验配合比设计技术要求

试验指标		单位	技术要求
击实次数(双面)		次	75
试件尺寸		mm	Φ101.6mm×63.5mm
空隙率 VV	深约 90mm 以内	%	空隙率 VV
	深约 90mm 以下	%	
稳定度 MS ≥		KN	8.0
流值 FL		mm	1.5～4
矿料间隙率 VMA(%) ≥	设计空隙率(%)	VMA 及 VFA 技术要求(%)	
		AC-16C	
	2	11.5	
	3	12.5	
	4	13.5	
	5	14.5	
	6	15.5	
试验指标		单位	

（3）粗粒式沥青混凝土

粗型密级配粗粒式沥青砼（AC-25C）采用混合料矿料推荐配合比见下表：

表 6.1.10-20 AC-25C 混合料矿料级配范围

级配类型	通过下列筛孔(mm)的质量百分率(%)												
	31.5	26.5	19	16	13.2	9.5	4.75	2.36	1.18	0.6	0.3	0.15	0.075
AC-25C	100	90～100	75～90	65～83	57～76	45～65	24～52	16～42	12～33	8～24	5～17	4～13	3～7

AC-25C 关键性筛孔通过率

混合料类型	公称最大粒径(mm)	用以分类的关键性筛孔(mm)	关键性筛孔通过率(%)
AC-25C	26.5	4.75	<40

粗型密级配粗粒式沥青砼（AC-25C）混合料马歇尔试验配合比设计技术要求见下表：

表 6.1.10-21 AC-25C 混合料马歇尔试验配合比设计技术要求

试验指标		单位	技术要求
击实次数(双面)		次	75
试件尺寸		mm	φ101.6mm×63.5mm
空隙率 VV	深约 90mm 以内	%	4～6
	深约 90mm 以下	%	3～6

稳定度 MS ≥		KN	8.0
流值 FL		mm	1.5～4
矿料间隙率 VMA(%) ≥	设计空隙率(%)	VMA 及 VFA 技术要求(%)	
	2	10	
	3	11	
	4	12	
	5	13	
	6	14	
沥青饱和度 VFA(%)		55～70	

8.下封层、粘层

（1）下封层

下封层采用单层式层铺法表面处治，矿料推荐配合比见下表：

表 6.1.10-22 层铺法下封层矿料级配范围

级配类型	通过下列筛孔(mm)的质量百分率(%)							
	9.5	4.75	2.36	1.18	0.6	0.3	0.15	0.075
单层表处	100	90～100	0～15		0～3			

（2）粘层

本工程在现状沥青混凝土路面与加铺沥青混凝土面层间必须喷洒粘层。

本工程粘层采用 PC-3 阳离子乳化沥青，粘层沥青用量 0.5L/㎡。

粘层油宜采用沥青洒布车喷洒，并选择适宜的喷嘴， 洒布速度和喷洒量保持稳定。气温低于 10℃时不得喷洒粘层油，寒冷季节施工不得不喷洒时可以分成两次喷洒。路面潮湿时不得喷洒粘层油，用水洗刷后需待表面干燥后喷洒。喷洒粘层油后，严禁运料车外的其他车辆和行人通行。粘层油宜在当天洒布，待乳化沥青破乳、水分蒸发完成，或稀释沥青中的稀释剂基本挥发完成后，紧跟着铺筑沥青层，确保粘层不受污染。

9. 沥青面层抗滑性能指标

表 6.1.10-23 沥青面层抗滑性能指标

年平均降雨量(mm)	质量验收值	
	横向力系数 SFC60	构造深度 TD (mm)
>1000	≥54	≥0.55

10.水泥稳定碎石基层、底基层

合理的水泥稳定碎石组成应达到强度要求，具有较小的温缩和干缩系数（现场裂缝较少），施工和易性好（粗集料离析较小）。

水泥稳定碎石 7 天无侧限抗压强度为 3.0～4.0 Mpa，推荐以 3.5 MPa 控制。为减少基层表面裂缝，必须做到三个限制：在满足设计强度的基础上限制水泥用量；在减少含泥量的同时，限制细集料、粉料用量；根据施工时气候条件限制含水量。因此水泥剂量不应大于 5.0%、集料级配中 0.075mm 以下颗粒含量不宜大于 5%、含水量不宜超过最佳含水量的 1%。

1）水泥

普通硅酸盐水泥、矿渣硅酸盐水泥、火山灰质硅酸盐水泥都可以用于水泥稳定碎石路面基层施工，禁止使用快硬水泥、早强水泥以及其它受外界影响而变质的水泥。

路面基层宜采用强度等级较低的水泥；水泥各龄期强度、安定性等应达到相应指标要求；要求水泥初凝时间 3 小时以上、终凝时间不小于 6 小时。

如采用散装水泥，在水泥进场入罐时，要了解其出炉天数。刚出炉的水泥，要停放七天，且安定性合格后才能使用，夏季高温作业时，散装水泥入罐温度不能高于 50℃，高于这个温度，若必须使用时，应采用降温措施。

2）碎石

碎石集料的颗粒组成应符合下表的规定：

表 6.1.10-24 骨架密实型水泥稳定碎石集料级配

方筛孔尺寸(mm)	31.5	19.0	9.5	4.75	2.36	0.6	0.075
通过质量百分率(%)	100	68～86	38～58	22～32	16～28	8～15	0～3

基层用级配碎石备料建议按粒径 9.5-31.5mm、粒径 4.75-9.5mm、粒径 2.36-4.75mm 和粒径 2.36mm 以下四种规格筛分加工出料。

水泥稳定碎石混合料中碎石压碎值应不大于 28%，针片状含量宜不大于 15%，集料中小于 0.6mm 的颗粒必须做液限和塑性指数试验，要求液限小于 28%，塑性指数＜9。

3）水

凡饮用水皆可使用，遇到可疑水源，应检验下列指标，合格方可使用：

① 硫酸盐含量（按 SO42-计）小于 0.0027mg/mm³ 。

② 含盐量不得超过 0.005mg/mm³ 。

③ pH 值不得小于 4，不得含有油污、泥和其它有害杂质。

11.级配碎石垫层

级配碎石的颗粒组成应满足下表要求，同时级配曲线接近圆滑，没有同一种尺寸的颗粒过多或过少的情况；塑性指数小于 9，压碎值不大于 40％。

表 6.1.10-25 级配碎石颗粒

筛孔尺寸（mm）	50	40	20	5	2.5
通过重量（%）	100	95～100	50～80	15～40	5～25

12.其他

（1）人行道

1）彩色透水砖

天然花岗石建筑板材的物理性能技术指标应符合下表规定：

混凝土砖应符合《混凝土路面砖》（GB28635-2012）的要求，抗压强度等级 C_c40，抗折强度等级 Rf4.0。

若景观设计或建设方对物理性能指标有特殊要求，按其要求执行。

2）透水混凝土基层

透水水泥混凝土的强度以 28d 龄期弯拉强度控制，不低于 4.5MPa，透水系数（15℃）不低于 0.5mm/s。透水性水泥混凝土各项性能应满足下表要求：

表 6.1.10-26 透水混凝土性能指标

项目		性能指标	检测方法
耐磨性（磨坑长度）（mm）		≤30	GB/T 12988
透水系数（15℃）（mm/s）		≥0.5	JC/T 945
抗冻性（%）	25 次冻融循环后抗压强度损失率	≤20	GB/T 50082
	25 次冻融循环后质量损失率	≤5	GB/T 50082
连续孔隙率（%）		≥10	GB/T 4111
强度等级		C30	
抗压强度（28d）（MPa）		≥30	GB/T 50081
弯拉强度（28d）（MPa）		≥4.5	GB/T 50081

表 6.1.10-27 原材料取值范围

水泥（kg/m³）	260～360
水灰比（W/C）	0.28～0.32
粗集料（5～13mm）（kg/m³）	1550～1750
增强剂（kg/m³）	4～15

①水泥

透水性水泥混凝土面层应采用符合《透水混凝土路面技术规程》（CJJ134-2009）的硅酸盐水泥或普通硅酸盐水泥，水泥的强度参数应符合下表的规定：

表 6.1.10-28 水泥各龄期的抗压强度、抗折强度

水泥品种	抗压强度（Mpa）		抗折强度（MPa）	
	R3	R28	R3	R28
P.I、P.II、P.052.5	≥22.0	≥52.5	≥4.0	≥7.0
P.II、P.042.5	≥16.0	≥42.5	≥3.5	≥6.5

②集料

透水性水泥混凝土应使用质地坚硬、耐久、洁净的集料。

表 6.1.10-29 集料的技术指标

项目	技术指标

压碎值指标（%）	<10
针片状颗粒含量（%）	<2
含泥量（%）	<0.5
泥块含量（%）	0
有机物含量（比色法）	合格
硫化物及硫酸盐（按 SO_3 计）（%）	<0.5
表观密度（kg/m^3）	>2500
松散堆积密度（kg/m^3）	>1350
堆积空隙率（kg/m^3）	<47
吸水率（%）	<2
集料的粒径范围 （mm）	5~13

③增强剂

增强剂分有机材料和无机材料二类。有机材料以苯丙乳液为主，无机材料以无定形二氧化硅为主。增强剂的材料指标应符合下表的规定：

表 6.1.10-30 增强剂的技术指标

苯丙乳液	含固量（%）	延伸率（%）	极限拉伸强度（MPa）
	50	≥150	≥1.0
无定形 SiO_2	无定形 SiO_2 含量应大于 95%		

④外加剂

表 6.1.10-31 外加剂产品质量应符合下表的规定：

试验项目		普通减水剂	高效减水剂	早强减水剂	缓凝高效减水剂	缓凝减水剂
减水率（%）		≥8	≥15	≥8	≥15	≥8
沁水率比（%）		≤95	≤90	≤95	≤100	≤100
含气量（%）		≤3.0	≤4.0	≤3.0	≤4.5	<5.5
凝结时间（min）	初凝	<90	<90	<90	>90	>90
	终凝	>120	>120	>120	-	-
抗压强度	1d	-	≥140	≥140	-	-
	3d	≥115	≥130	≥130	≥125	≥100
	7d	≥115	≥125	≥115	≥125	≥110
	28d	≥110	≥120	≥105	≥120	≥110
28d 收缩率比（%）		≤120	≤120	≤120	≤120	≤120
抗冻标号		50	50	50	50	50

⑤纤维

用于透水性水泥混凝土的纤维应是纤维素纤维。

表 6.1.10-32 纤维素纤维的技术指标

材料指标	指标值
长度（m）	1.9~2.3
旦尼尔（g/900m）	2.0~3.0
纤维直径（μm）	14~17
单位质量纤维数量（根/g）	1590000
密度（g/cm^3）	1.1
比表面积（cm^2/g）	25000
抗拉强度（N/mm^2）	600~900
弹性模量（N/mm^2）	8500

⑥接缝材料

应选用能适应透水性水泥混凝土面层膨胀和收缩、施工时不变形、弹性复原率搞，耐久性好的膨胀材料。

表 6.1.10-33 接缝材料技术指标

试验项目	低弹性型	高弹性型
失粘时间（h）	6~24	3~16
弹性复原率（%）	≥75	≥90
流动度（mm）	0	0
（-10C°）拉伸量（mm）	≥15	≥25
与透水性水泥混凝土的粘结强度（MPa）	≥0.2	≥0.4

粘结延伸率（%）	≥200	≥400

3）级配碎石

级配碎石的颗粒组成应满足下表要求，同时级配曲线接近圆滑，没有同一种尺寸的颗粒过多或过少的情况；塑性指数小于 9，压碎值不大于 40％。

表 6.1.10-34 级配碎石颗粒

筛孔尺寸（mm）	50	40	20	5	2.5
通过重量（%）	100	95～100	50～80	15～40	5～25

（3）平侧石

路缘石的抗折强度应达到 Cf5.0（平均值 5.0Mpa，单块最小值 4MPa）。曲线形及不适合作抗折强度试验的路缘石应做抗压强度试验，其强度应达到 Cc35 的标准（平均 35MPa，单块最小值 28MPa）。吸水率≤7%。

平侧石若采用石质材路缘石,原料应保证石质一致，无裂纹和风化等现象。石料技术指标要满足下表的要求：

表 6.1.10-35 石材的技术指标

岩石类别	饱水极限抗压强（MPa）	磨耗率（洛杉矶法 %）	磨耗率（狄法尔法 %）	主要岩石举例
岩浆岩类	＞100	＜30	＜5	花岗岩
石灰岩类	＞80	＜35	＜6	石灰岩

（4）玻璃纤维土工格栅

《交通工程土工合成材料—土工格栅》（JT/T 480-2002）则规定了双向经编玻纤土工格栅的产品规格及技术参数详见下表。 本工程中采用 GSB100。网孔中心纵、横向最小净空尺寸为 9mm。

表 6.1.10-36 玻璃纤维土工格栅产品规格及技术参数

项目	规　格						
标称 GSB	25	40	60	80	100	125	150
每延米纵、横向拉伸断裂强度（KN/m）	≥25	≥40	≥60	≥80	≥100	≥125	≥150
纵、横向断伸长率（%）	≤4						

6.2 桥涵工程

6.2.1 技术标准

1、道路等级

城市主干道路：G104、府东路；

城市次干路：梅园路。

2、设计速度

主干路：60km/h，次干路：40km/h。

3、设计荷载：汽车荷载：城-A，人群荷载按照《城市桥梁设计规范》（CJJ 11-2011）（2019 版）取值。

4、河道要求：无通航要求。

5、抗震要求：地震基本烈度为 6 度，设计基本地震加速度值为 0.05g，设计地震分组为第一组。

G104 国道处 16m 板梁桥：抗震设防分类为丙类，抗震措施等级为 7 度。

梅园路处 6m 箱涵：抗震设防分类为丁类，抗震措施等级为 6 度。

6、设计安全等级：

G104 国道处 16m 板梁桥：一级；设计基准期：100 年。

梅园路处 6m 箱涵：二级；设计基准期：100 年。

7、设计使用年限：

G104 国道处 16m 板梁桥：50 年。

梅园路处 6m 箱涵：50 年。

6.2.2 设计规范

（1）《城市桥梁设计规范》（CJJ 11-2011）（2019 版）

（2）《公路工程技术标准》（JTG B01-2014）

（3）《公路桥涵设计通用规范》(JTG D60-2015)

（4）《公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥涵设计规范》(JTG 3362-2018)

（5）《公路桥涵地基与基础设计规范》(JTG 3363-2019)

（6）《城市桥梁工程施工与质量验收规范》（CJJ 2-2008）

（7）《城市桥梁抗震设计规范》（CJJ 166-2011）

（8）《城市道路交通设施设计规范》（GB50688—2011）

（9）《公路交通安全设施设计细则》(JTG / T D81-2017)

(10)《公路圬工桥涵设计规范》（JTG D61-2005）

（11）《公路桥涵施工技术规范》（JTG/T 3650-2020）

（12）《公路涵洞设计规范》(JTG/T 3365-02—2020)

（13）《工程结构通用规范》(GB 55001-2021)

（14）《建筑与市政工程抗震通用规范》（GB55002-2021）

（15）《建筑与市政地基基础通用规范》（GB55003-2021）

（16）混凝土结构通用规范(GB 55008-2021)

（17）《公路桥梁板式橡胶支座》（JT/T 4-2019）

（18）《公路桥梁伸缩装置通用技术条件》（JT/T 327-2016）

（19）《城市桥梁桥面防水工程技术规程》（CJJ 139-2010）

（20）《公路工程混凝土结构耐久性设计规范》（JTG/T 3310-2019）

（21）《预应力混凝土用钢绞线》（GB/T 5224－2014）

（22）《预应力筋用锚具、夹具和连接器》（GB/T 14370－2015）

（23）其它有关的国家及地方强制性规范和标准

6.2.3 桥梁结构设计

6.2.3.1 G104 国道处 16m 板梁桥

本桥位于 GK0+645.000 处，跨越规划长岙浦局部改河，为新建 1x16m 简支板桥，桥梁全长 22.9m，左右分幅，左幅桥宽 23.2m，右幅桥宽 17.2m，桥梁中心线与道路中心线斜交 15°

1、上部结构：单跨 16m 预应力混凝土空心板梁，梁高 85cm，分左右两副，左幅桥中板宽 124cm，边板宽 171.5cm；右幅桥中板宽 124cm，边板宽 159cm。板间均用湿接铰缝连接。

2、下部结构：

桥台采用盖梁接直径 1.2m 钻孔灌注桩。

3、材料、设备及产品采用的技术标准：

A、混凝土

16m 预应力砼板梁、铰缝：C50 砼；

16m 板梁封头混凝土：C40 砼；

伸缩缝现浇混凝土：C50 钢纤维砼；

桥面铺装现浇混凝土：C50 砼；

墩台盖梁、台背采用 C40 混凝土；

桥头搭板采用 C30 混凝土；

桥台桩基采用 C30 水下混凝土；

路缘石：C30 砼；

垫层砼：C20 砼；

其质量要求应符合《城市桥梁工程施工与质量验收规范》（CJJ 2-2008）的有关规定。

B、 钢材

（1）预应力钢绞线：

采用符合《预应力混凝土用钢绞线》(GB/T 5224-2014)规定的 ΦS15.20 低松弛高强预应力钢绞线，公称面积 140mm2，抗拉强度标准值 fpk=1860MPa，弹性模量 Ep=1.95×105Mpa。

（2）普通钢筋：

钢筋采用 HPB300 钢筋和 HRB400 钢筋。HPB300 钢筋技术指标应符合国标《钢筋混凝土用钢 第 1 部分：热轧光圆钢筋》GB1499.1-2017 的要求， HRB400 钢筋技术指标应符合国标《钢筋混凝土用钢 第 2 部分：热轧带肋钢筋》GB1499.2-2018 的要求。

（3）钢材：

栏杆及预埋钢板等附属设施采用 Q235B，其化学成分和力学性能的技术指标应符合《碳素结构钢》（GB / T 700-2006）

C、 桥梁栏杆

采用花岗岩、不锈钢管组合材料栏杆。

D、 伸缩缝

桥台处采用 MA-60 型钢伸缩缝。人行道位置设置钢板伸缩缝。伸缩缝装置的材料及其成品的技术指标应符合行业标准《公路桥梁伸缩装置通用技术条件》JT/T327-2016 的要求。

E、 桥面铺装

采用 10cmC50 混凝土+6cm AC-20C 中粒式沥青混凝土+ 4cm SMA-13(SBS 改性，玄武岩)。

F、人行道

人行道结构采用 3cm 毛面花岗岩+2cmM10 砂浆+10cm 预制人行道板。

G、 支座

支座采用板式橡胶支座，桥台处设置 GBZY=250mm，h=63mm。

橡胶支座性能应符合交通行业 JT/T 4-2019 标准的规定，具体参数详见相关设计图纸及产品说明书。

H、 桥面防水层

桥面 C50 防水砼掺掺 1.0kg/m3 的 YF-1 型高效防裂抗渗耐久核材，防水核材应满足《混凝土外加剂应用技术规范》（GB 50119-2013）相关规定要求。

桥面防水砼铺装顶面设水性环氧沥青粘结层，涂层厚度不小于 3mm，防水涂料的技术指标应按《水泥混凝土桥面水性环氧沥青防水粘结层施工技术规范》（DB32/T 2285-2012）标准中相关技术要求执行。

6.2.3.2 梅园路处 6m 箱涵

本桥位于 MK0+177.220 处，跨越规划长岙浦河，为新建 1x6m 箱涵，桥涵长 47.76m，桥梁中心线与道路中心线斜交 25°

1.箱涵构造：箱涵单孔跨径 6m，顶板厚度 45cm，侧墙厚度为 45cm，底板厚度为 45cm，倒角 15x15cm。

2.材料：涵身：C35 砼；涵身基础：10cm C15 素砼垫层、40cm 碎石垫层；洞口河床铺砌：30cm M10 砌 MU40 片石，40cm 碎石垫层。

普通钢筋采用 HPB300 和 HRB400 钢筋。HPB300 钢筋技术指标应符合国标《钢筋混凝土用钢第 1 部分：热轧光圆钢筋》GB1499.1-2017 的要求， HRB400 钢筋技术指标应符合国标《钢筋混凝土用钢 第 2 部分：热轧带肋钢筋》GB1499.2-2018 的要求。

涵顶防水层：防水砼铺装采用水性环氧沥青防水层，防水涂料的技术指标应符合行业标准《水泥混凝土桥面水性环氧沥青防水粘结层施工技术规范》（DB32/T 2285-2012）。

3.桥面铺装

采用 10cmC50 混凝土+6cm AC-20C 中粒式沥青混凝土+ 4cm 细粒式沥青混凝土 AC-13C。

4.人行道

人行道结构采用 3cm 毛面花岗岩+2cmM10 砂浆+10cm 预制人行道板。

6.3 排水工程

6.3.1 设计原则

（1）排水体制为雨污水分流制。

（2）雨水遵循就近排放的原则，采用“高水高排，低水低排”，就近排入附近水体。

（3）雨、污水管道设计应符合城市排水规划要求并充分考虑现有体系。

（4）沿线应在与规划道路交叉口预留排水支管及检查井，其他路段根据现状和规划情况

每隔 120～150m 左右预留排水支管，排水支管应延伸至道路红线以外 2～3m。

（5）管道纵向设计应充分利用地形起伏，尽量减小管道埋深，降低工程造价。

6.3.2 雨水管道设计

1、设计依据及参考资料

1）《室外排水设计标准》（GB 50014-2021）

2）《城市工程管线综合规划规范》（GB 50289-2016）

3）《给水排水设计手册》

4）片区物探资料

5）我院设计道路工程资料

2、雨水排水现状

设计道路沿线水系纵横，G104 无现状雨水管线，雨水散排至道路两侧排水沟后汇入沿线河道。

梅园路无现状雨水管线，雨水散排至道路周边。

府东路现状存在有 d1000～1200 雨水管，其中瓯江路～滨江东路段雨水管管径 d1000～1200，管道位于道路西侧机动车道线，雨水自北向南排入上陡门河；滨江东路～聚园路段雨水管管径 d1000，管道位于道路中央，雨水自北向南排入聚园路南侧现状河道。

3、雨水排水方案

结合项目周边河道分布及现状雨水管道排向，本工程雨水管道方案布置如下：

G104 设计范围内双侧布置雨水管道，管位位于非机动车道内，管径 d600～1200，桩号 GK0+120～梅园路段雨水管自西向东排入现状河道，梅园路～桩号 GK1+040 段雨水管自东向西排入现状河道。

梅园路设计范围内双侧布置雨水管道，管位位于非机动车道内，管径 d600，雨水管自南向北排入现状河道。

府东路设计范围内以江滨东路为界，北侧瓯江路～盾构井段保留现状雨水管，盾构井～江滨东路段施工时废除现状雨水管后原位新建，管径不变，该段雨水管自北向南排入上陡门河；南侧废除道路中央现状雨水管，双侧新建雨水管，管位位于道路非机动车道下，雨水自北向南排入聚园路南侧现状河道。

本工程为沿线地块预留接入支管，管径 d600～800，本工程为隧道内雨水提升本站预留单独排河雨水管道。

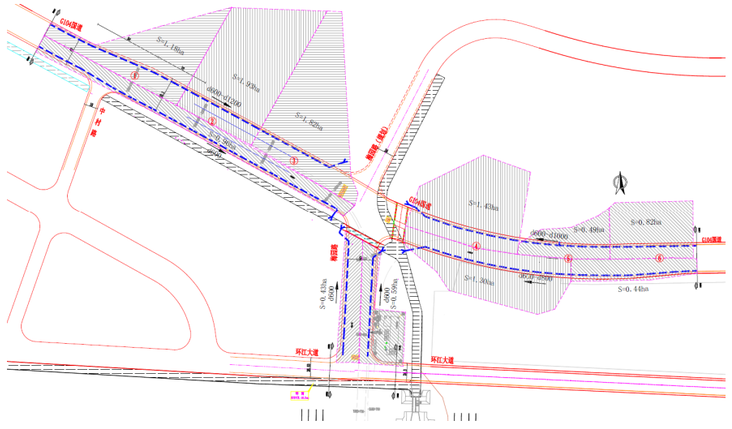


图 6.3.2-1 G104、梅园路雨水排向示意图

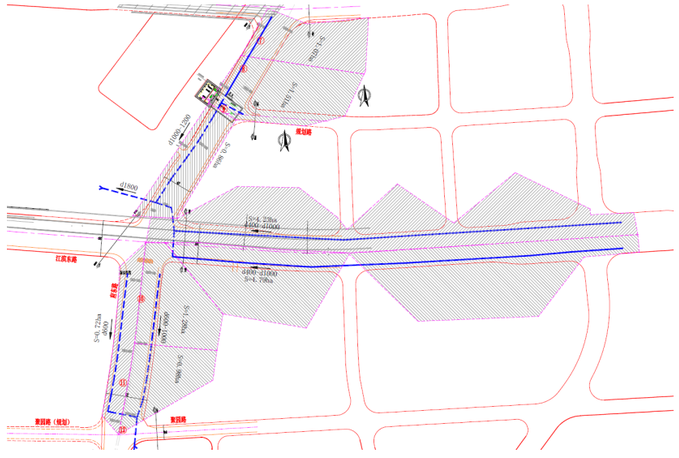


图 6.3.2-2 府东路雨水排向示意图

4、技术参数

1）暴雨强度公式

雨水量计算采用温州市短历时暴雨强度公式

（1）暴雨强度公式：

$$q = 781.307\frac{1 + 0.867\lg P}{(t + 5.029)^{0.429}}\ (L/s.hm^2)$$

（2）雨量公式：

Q=ΨFq（升/秒）

其中：q——暴雨强度（L/S·ha）；Ψ——径流系数；F——汇水面积（ha）

（3）雨水设计参数标准：

a．设计重现期标准

依据新版《室外排水设计标准（GB50014 2021）》，温州属于大城市，相应的雨水管渠设计重现期取值标准如下表所示。

表 6.3.2-1 重现期取值表

中心城区	非中心城区	中心城区的重要地区	中心城区地下通道和下沉式广场等
2～5	2～3	5～10	20～30

①设计重现期 P：一般道路段选用 P=5 年，下穿地道选用 P=50 年。

②地面径流系数 ψ

径流系数Ψ是描述雨水在地面上的径流量与降雨量比值的参数。径流系数的取值因汇水面积内的地面覆盖情况、地面坡度、地形地貌、建筑密度及路面铺砌的不同而异。影响Ψ值的主要因素是地面覆盖种类的透水性。

表 6.3.2-2 径流系数的取值

地 面 种 类	Ψ
各种屋面、混凝土和沥青路面	0.90
大块石铺砌路面和沥青表面处理的碎石路面	0.60
级配碎石路面	0.45
干砌砖石和碎石路面	0.40
非铺砌土地面	0.30
公园或绿地	0.15

结合规范要求及理论计算，提出温州市中心城区的综合径流系数控制标准，具体如下表所示，当地区整体改建时，对于相同的设计重现期，改建后的径流量不得超过原有径流量。本次设计取不同性质地面径流系数的加权平均值，其中地块取 0.65，沥青路面取 0.9，绿地取 0.20。

5、雨水流量复核

表 6.3.2-3 雨水流量计算表

区域	管长	本段F	转输F	降雨强度	综合径流系数	设计流量	管径	坡度	流速	输水能力	盈余
	L			q0		Q	W	I	v		
G104国道											
北管道											
1～2	120	1.18	0	392.3	0.65	300.93	800	0.0015	1.02	512.1	211.2
2～3	120	1.93	1.18	363.1	0.65	756.45	1000	0.0010	0.97	758.2	1.7
3～排口	95	1.82	3.11	346.9	0.65	1166.85	1200	0.0010	1.09	1232.9	66.0
6～5	120	0.82	0	392.3	0.65	209.12	600	0.0015	0.84	237.8	28.7
5～4	100	0.49	0.82	359.7	0.65	323.70	800	0.0010	0.83	418.2	94.5
4～排口	100	1.43	1.31	344.3	0.65	643.76	1000	0.0010	0.97	758.2	114.4
南管道											
1～2	120	0.32	0	392.3	0.9	112.99	600	0.0015	0.84	237.8	124.8
2～3	120	0.32	0.32	359.7	0.9	216.60	600	0.0015	0.84	237.8	21.2
3～排口	95	0.32	0.64	341.6	0.9	314.98	800	0.0010	0.83	418.2	103.2
5～4	120	0.44	0	392.3	0.9	155.37	600	0.0015	0.84	237.8	82.4
4～排口	100	1.3	0.44	359.7	0.65	459.36	800	0.0015	1.02	512.1	52.8
梅园路											
西管道											
梅园路～排口	80	0.43	0	392.3	0.9	151.84	600	0.0015	0.84	237.8	86.0
东管道											
梅园路～排口	80	0.59	0	392.3	0.9	208.33	600	0.0015	0.84	237.8	29.5
府东路											
单侧布置											
江滨东路接入	500	9.02	0	339.8	0.65	1992.51	1500	0.0010	1.26	2235.4	242.9
7～8	50	1.07	0	392.3	0.65	272.87	1000	0.0012	1.06	830.5	557.7
8～9	45	1.51	1.07	373.0	0.65	638.96	1000	0.0012	1.06	830.5	191.6
9～排口	95	0.85	11.6	328.8	0.65	2813.15	1800	0.0010	1.43	3635.0	821.8
西管道											
10～11	120	0.32	0	392.3	0.9	112.99	600	0.0015	0.84	237.8	124.8
11～12	60	0.36	0.32	359.7	0.9	229.55	600	0.0015	0.84	237.8	8.3
东管道											
10～11	120	1.28	0	392.3	0.65	326.43	800	0.0010	0.83	418.2	91.7
11～12	60	0.98	1.28	359.5	0.65	555.46	1000	0.0010	0.97	758.2	202.7
12～排口	20		2.94	350.4	0.65	785.01	1200	0.0010	1.09	1232.9	447.9
隧道水量核算											
	30	0.31	0	718.6	0.9	200.50	600	0.0015	0.84	237.8	37.3

6、雨水附属设施

1)雨水口：

雨水口选用偏沟式单算和双算雨水口，道路交叉口雨水口采用偏沟式双算雨水口，铸铁井圈，钢纤维水箅盖，承载能力选用Ⅰ级，井体采用预制混凝土，雨水箅子与井圈应配套安装使用。雨水口连接管采用反开槽施工，并采用C15混凝土回填至道路垫层顶部。箅面做低3cm。雨水口连接管采用实壁PE管。

2）雨水出水口

雨水排放口采用八字式C30混凝土排水口，做法参见《市政排水管道工程及附属设施》（06MS201-9）第5页。雨水排放口混凝土底板所在地基应超挖700mm，下部回填500mm块石垫层，土工格栅包边，上部回填200mm砂石垫层，压实度不小于85%。

6.3.3 污水管道设计

1、设计依据及参考资料

1）《室外排水设计标准》（GB 50014-2021）

2）《城市工程管线综合规划规范》（GB 50289-2016）

3）《给水排水设计手册》

4）片区物探资料

5）我院设计道路工程资料

2、污水管道布置原则

1）尽可能在管道较短和埋深较小的情况下，让最大区域的污水重力自流排出；

2）地形是影响管道布置的主要因素，定线时应充分利用地形，在排水区域较低的地带敷设主干管及干管，便于支管的接入；

3）根据污水厂和出水口的位置和数量，确定污水主干管的数量和走向。

4）污水管道尽量采用重力流形式，避免设泵站提升。

5）管道尽量避免与河流和各种地形障碍物的交叉，并充分考虑地质条件的影响。

6)污水干管一般沿城市道路布置。不宜设在交通繁忙的城市主要道路和狭窄的街道下，也不宜布置在无道路的空地下。在较窄的街道，污水管布置在污水流量较大或地下管道较少的一侧。

7）管道布置考虑城市的近远期规划和分期建设的安排，与规划年限相一致。

3、污水排水现状

本工程沿G104国道南侧路外有现状DN400压力污水管，受梅园路隧道开挖影响，该污

水管过梅园路段需迁改。

府东路(瓯江路～江滨东路)段东侧局部有 d400 现状污水管，受隧道开挖影响需废除新建；瓯江路～江滨东路段两侧非机动车道下有 d400 现状污水管，受隧道开挖影响需废除新建，现状污水自南向北汇入江滨东路 d2000 污水主干管；江滨东路过府东路道路两侧存在有 d2000 现状污水主干管，受本次隧道开挖影响需迁改。

4、污水排水方案

G104 国道南侧路外现状 DN400 压力污水管在过梅园路处局部迁改。

保留府东路(瓯江路～江滨东路)段现状 d400 污水管，对受隧道开挖影响的局部管道原管位废除新建；废除瓯江路～江滨东路段现状 d400 污水管，道路拓宽后在西侧人行道下和东侧机动车道下分别新建一根 d400 污水管。

江滨东路过上陡门河处现状污水管采用双路倒虹过河，一用一备，双路敷设至府东路东侧后汇合为一路，受府东路隧道明挖影响，需迁改江滨东路府东路交叉口双路 d2000 污水管。具体迁改方案为：隧道施工前使用交叉口南侧过路污水主管输送污水，废除北侧过路污水主管，然后主要采用顶管施工（隧道顶部开挖施工）的方式在交叉口北侧隧道覆土充足的位置新建 d2000 污水过路主管，并与交叉口东西两侧现状污水主管碰接(碰点分别为 W16 和 W19)，施工完毕后使用北侧新建的过路污水主干管输送污水，废除南侧过路污水主干管，然后在交叉口西侧现状桥桩之间通过顶管施工的方式新建 d2000 污水主干管使江滨东路南北侧现状污水主干管接通（碰点分别为 W9 和 W20），由于本工程地质较差，软土较深，顶管工作井及接收井均采用逆作法施工，施工前需采用 Φ600 高压旋喷桩（桩中心距 400mm）对井周及井底土体进行加固处理，井周至少加固 3 排。

本工程为沿线地块预留污水支管，管径 d400。

污水排向示意图如下：

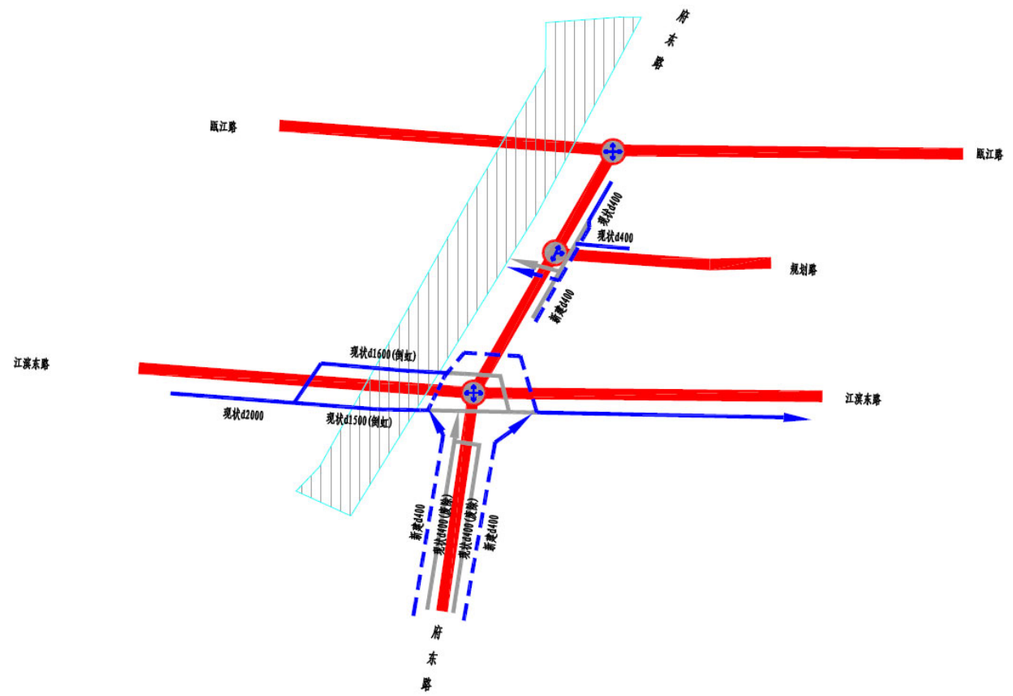


图 6.3.3-1 污水排向示意图

6、技术参数

1）污水量计算

污水量预测依据给水量、按下式推算：

Q=0.85qF

其中：q — 城市日用水量指标

F — 服务范围内规划总人口或汇水面积

2）污水管道设计流量

$$Q\max = (1+m) * K_z * Q$$

式中：Qmax —— 设计流量（1/s）

Kz——总变化系数

Q——平均生活污水量（1/s）

m——地下水渗入量系数：取 0.1

表 6.3.3-1 污水总变化系数（Kz）表

日平均流量(l/s)	5	15	40	70	100	200	500	≥1000
Kz	2.3	2.0	1.8	1.7	1.6	1.5	1.4	1.3

3）污水管道水力计算公式

$$v=\frac{1}{n}R^{2/3}i^{1/2}$$

式中：V—流速（m/s）

R—水力半径

i—水力坡度

n—粗糙系数，HDPE 管采用 0.009，钢筋混凝土管采用 0.013。

4）设计最大充满度

设计最大充满度表

管径(mm)	设计最大充满度
200～300	0.55
350～450	0.65
500～900	0.70
≥1000	0.75

5）流速、最小管径及坡度

设计充满度下的最小流速为 0.6m/s。

主干管及干管的起始覆土深度不小于 2.0m。

道路主管非计算最小管径 d400mm，最小坡度为 0.002。

6.3.4 管材比选

充分利用新技术，新材料，对于实现排水工程的质量、造价和建设周期具有重要的意义。本工程对目前排水工程中可选用的不同的管材形式进行了比较，以确定最经济和最符合实际情况的管材。在工程实践中适用的重力排水管材主要包括钢筋混凝管和塑料新型管材两大类。

①钢筋混凝土管

近年来普遍采用的钢筋混凝土管包括承插口管和柔性企口管等形式，基础可采用砂石基础、混凝土基础或钢筋混凝土基础，接口采用单胶圈或双胶圈柔性接口。此外，其他的钢筋混凝土管材还包括钢筋混凝土平口管、企口管等，由于需要混凝土基础和混凝土砂浆抹带接口，养护条件要求高，施工周期长，抗不均匀沉降能力差等原因，不纳入本次设计比选范畴。

钢筋混凝土管材具有很多优势。首先，钢筋混凝土管材开发较早，适用性强，应用广泛，在长期的使用过程中积累了丰富的建设经验，设计和施工工艺都较为成熟，使用效果也比较好保证；其次，由于管道采用柔性接口，加上目前开发出多种配套的异型胶圈提供了可靠的防水性能，适应不均匀沉降性能强；再次，施工易操作，可提高施工速度，从而降低工程造价，如采用砂石基础，可以保证冬季施工；再次，钢筋混凝土管的刚性好，对回填要求不高，不会因为回填质量导致管道变形发生漏水甚至破坏路基现象，尤其适用于过路管道以及路内铺设的管道；最后，钢筋混凝土管的价格较低，检测手段简单，也便于控制质量。

另一方面，混凝土管材也有它的缺点和局限性。首先，管材本身制造需耗用大量的无机建筑材料，不够环保；其次，壁厚较大，自重较大，运输不便，安装时需要借助大型机械，开槽宽度和施工作业面宽度较大，对基础和槽底要求较高，安装成本较高；再次，用于盐碱腐蚀地区，需采用特殊措施进行防腐处理。

②塑料排水管材

塑料排水管材，或称化学管材，是指适用于市政排水工程的各种环保型塑料管材，从材料上来分类，包括采用高密度聚乙烯（HDPE）原料制作的双壁波纹管、中空壁缠绕管、结构壁缠绕管材等等；采用钢材与聚乙烯复合材料的钢带增强螺旋波纹管、钢带增强缠绕管；采用树脂为基体，玻璃纤维为增强料的玻璃钢夹砂管（RPMP 管）；采用 PP、PVC、ABS 等材质的其它塑料管材。塑料排水管材与传统的混凝土砼管相比较，具有如下共性特点：

结构独特、富有弹性，抗压耐冲击；

耐磨损强、摩擦阻力小、输送能力高，能显著减少管道的沿程损失；

重量轻、施工运输安装方便，安装费用低；

耐腐蚀性好，不必做内外防腐；

管道采用热熔、电熔或胶粘接口；

寿命长、耐寒抗晒、埋地使用年限较长。

需依靠压实覆土形成土拱联合受力，对回填质量要求高，否则管道在覆土荷载或者活荷载作用下容易变形，造成管道系统漏水，路面塌陷。此外，某些管道安装需要配备专门的器具，对安装人员进行专门的培训。因而，新型塑料排水管材的应用往往对于施工队伍和施工管理、施工质量具有很强的依赖性。

塑料管材是近几十年发展起来的相关标准规范和技术规程在逐渐完善之中，有些产品有国家标准或行业标准，有些产品还是使用企业标准。目前的某些现行标准对于管材的抗冲击性、耐久性等指标规定偏低，国内企业和行业的检测水平也在逐步完善，钢带增强缠绕管等新型管材应用经验相对较少，管材在实践工程中的实际性能还需要时间来证明，从而限制了塑料管材的应用。

受市场因素影响较大，市场良莠不齐，部分不良厂家违规超量使用再生料、回收料，影响了塑料排水管材的性能，甚至造成了一些质量事故，在一定程度上影响了塑料管材的推广和应用。

管材造价高，通常塑料管材的价格要高于钢筋混凝土管材价格。即便考虑施工费用降低后的综合造价，也会比钢筋混凝土管材略高，通常只有在全寿命周期费用比较上，塑料管材才会在经济比较上占优势。

表 6.3.4-1 物理力学性能比较

项目指标	钢筋混凝土排水管	HDPE 双壁缠绕管	钢带增强聚乙烯（HDPE）螺旋波纹管	玻璃钢夹砂管
管径	d300-d3500	d300-d1200	d300-d2000	d400-d2600
软基适应性	一般	较好	较好	好
酸碱适应性	易腐蚀	耐腐蚀	耐腐蚀	耐腐蚀
路下施工适应性	好	不好	不好	不好
使用寿命	≤30 年	≥50 年	≥50 年	≥50 年
管材价格	低	较低	较高	高

通过以上比选，可以看出，塑料排水管材抗不均匀沉降能力好，管道系统接口强度高，尤其是采用热熔接口的管材，整体柔性好，能够适应软土地基不均匀沉降工况，具有比较明显的优势。

而混凝土管材由于自身刚度较大，可以弥补塑料管材自身刚度小，回填不当时易造成地面沉降的缺陷。

（2）管材选择

综上，结合本工程现场的地质条件及当地常用管材情况，经过对以上几种管材的性能价格、施工工艺、适用范围进行综合比选，本次设计确定：

雨水小于等于 d800 雨水管管材采用离心浇铸玻璃纤维增强塑料夹砂管（环刚度 10KN/㎡），橡胶圈接口，大于 d800 雨水管采用国标III级钢筋混凝土管，橡胶圈接口。

污水 d400 污水管采用离心浇铸玻璃纤维增强塑料夹砂管（环刚度 10KN/㎡），橡胶圈接口，开挖施工。d1000-d2000 污水采用离心浇铸玻璃纤维增强塑料夹砂顶管，F 型接口，顶管施工。

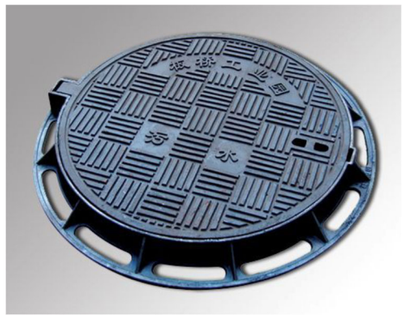


图 6.3.4-1 玻璃纤维增强塑性夹砂管

6.3.5 检查井及井盖

检查井：雨污水检查井均采用钢筋混凝土检查井，检查井做法可参见《市政排水管道工程及附属设施》（06MS201-3）。

井盖座：应具有防盗、防震、防跳装置，为了保证施工、养护及检修安全，井盖座需符合 CJ/T3012-93 行业标准。检查井盖的设置根据检查井所在位置采用不同材质的井盖，车行道内采用 Φ700 重型球墨铸铁井盖座，人行道及绿化带内采用Φ770（外径）钢纤维混凝土检查井盖座 C250 级（GB26537-2011），井盖上的字样除应注明“雨”、“污”字样外，其余由甲方自定。



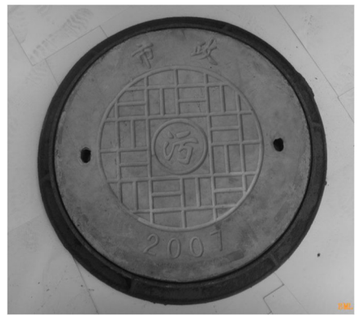


图 6.3.5-1 球墨铸铁井盖座钢纤维混凝土检查井盖

防坠落装置：为避免在检查井盖损坏或缺失时发生行人坠落检查井的事故，雨水检查井应安装防坠落装置。防坠落装置应牢固可靠，具有一定的承重能力（≥100kg），并具备较大的过水能力，避免暴雨期间雨水从井底涌出时被冲走。

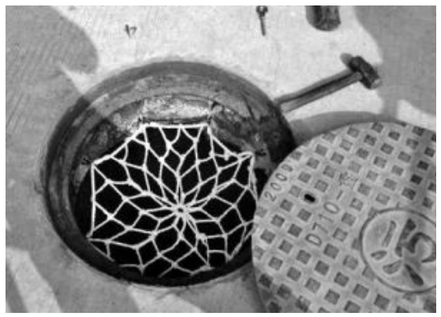



图 6.3.5-2 防坠落网、防坠落罩

6.3.6 沟槽回填

管道基础至管顶 500mm 范围内必须采用人工对称、分层回填压实，管顶 500mm 以上沟槽采用机械回填时，应从管轴线两侧同时均匀进行，做到分层回填、夯实、碾压。回填材料可采用碎石屑、粒径小于 40mm 的砂砾、中粗砂等。从砂垫层基础面至管顶回填密实度≥95%，管顶以上 500mm 回填密实度≥90%，该层以上回填若在路面范围，则按道路路面要求压实，在路基范围外，则压实度不小于 85%。

回填土或其他回填材料运入槽内时不得损伤管节及其接口。根据一层虚铺厚度的用量将回填材料运至槽内，且不得在影响压实的范围内堆料。管道两侧和管顶以上 500mm 范围内的回填材料，应由沟槽两侧对称运入槽内，不得直接抛在管道上，回填其他部位时，应均匀运入槽内，不得集中推入。需要拌和的回填材料，应在运入槽内前拌和均匀，不得在槽内拌和。回填材料的压实应逐层进行，不得损伤管道。管道两侧和管顶以上 500mm 范围内应采用轻夯压实，管道两侧压实面的高差不应超过 300mm。分段回填压实时，相邻段的接茬应呈接梯形且不得漏夯。采用木夯、蛙式夯等压实工具时，应夯夯相连，采用压路机时，碾压的重叠宽度不得小于 200mm。采用压路机、振动压路机等压实机械压实时其行驶速度不得超过 2km/h。

6.4 交通工程

6.4.1 标志线设置原则

（1）交通标志确保交通畅通和行车安全为目的，应结合道路线形、交通状况、沿线设施等情况，根据交通标志的不同种类来设置。

（2）道路交通标志和标线的设置应统一考虑，总体布局。标志的布设应做到连贯性，一致性，给道路使用者提供全面的道路交通资讯，满足各种道路交通信息的需要。

（3）正确、简明、立体地向道路使用者传递信息，易于辨认，信息量既不过载，也不缺失，设置位置要妥当。

（4）标志和标线在所表达的内容上应互补，在所处空间位置上相互对应或递进，传递给道路使用者一个全方位、协调、无矛盾、不易产生歧义的信息链。

（5）对同一地点需设置两种以上标志时，可以安装在一根标志柱上，但最多不应超过四种，应避免出现互相矛盾的标志内容。标志牌在一根支柱上并设时，应按禁令、指示、警告

的顺序，先上后下，先左后右的排列。

（6）交通标志结构的设置不得侵入道路建筑限界。交通标志不得被其他物体所遮挡。

（7）交通标志牌设置在路侧时，应尽可能与道路中线垂直或成一定角度：路侧禁令和指示标志为 0～45°，路侧指路和警告标志为 0～10°，悬挂式标志 0～15°。

6.4.2 交通标志

标志颜色：警告标志版面颜色为黄底，黑边黑图案；禁令标志为白底、红圈、红杠黑图案、图案压杠。指路标志采用蓝底、白字、白图案。指示标志版面颜色采用蓝底、白图案。辅助标志为白底、黑字、黑边框。

标志文字：服务区内标志版面一般情况下采用中英对照，特殊情况时可认证后取消英文。车辆指引、指示标志汉字高度不少于 25cm，行人指引标志字高不少于 12cm，行人指示标志一般采用店招店牌的形式设置在建筑上，由服务区管理单位根据建筑风格设计并实施，不在本次指南中范围。交通标志中出现的中文和阿拉伯数字均采用交通标志专用字体。

反光膜：标志应采用逆反射材料制作版面，逆反射材料主要为反光膜，其逆反射性能应符合现行国家标准《道路交通反光膜》GB/T 18833 的规定。指路标志、分车道指示标志板图案及衬底文字均采用Ⅳ类反光膜，其它标志板图案及衬底文字未特殊注明，均采用Ⅲ类反光膜。反光膜应粘贴于整个标志面，且超出边缘至少 2cm，反光膜贴膜完毕后将多余部分清除。反光面膜应尽少拼接，当标志板的长度和宽度、直径小于面膜产品的最大宽度时，不应有拼接缝。若无法避免拼接，则接缝以搭接为主，应为上搭下，重叠部分不应小于 5mm，并以水平叠接为原则。距标志板边缘 5cm 之内，不得有拼接。使用滚筒粘贴或反向贴印反光膜时，可以平按，其间隔不应超过 1mm。对于大面积底膜的贴膜，应采用贴膜机贴膜。

交通标志板材料及结构：标志板采用 3003 型铝合金板，为了保证板面的平整度及强度，结合本地区铝合金板设计经验，一般标准尺寸的警告、指示、禁令标志，底板采用 1.5mm 厚的铝合金板；对于其他板面小于 9㎡的标志，底板采用 2mm 厚的铝合金板；对于其他板面大于等于 9㎡的标志，底板采用 3mm 厚的铝合金板；铝合金板中部采用铝合金龙骨加强，边缘采用角铝加强，铝合金板与龙骨及角铝之间均采用铝合金沉头铆钉连接。单柱式结构标志当标志板长度大于 150cm 时，标志板（含铝合金龙骨）与立柱之间通过抱箍、方头螺栓、横向钢管、双头螺栓等相连接；当标志板长度小于等于 150cm 时，标志板（含铝合金龙骨）与立柱之间通过抱箍、方头螺栓相连接；悬臂式结构标志及双悬臂式结构标志的标志板（含铝合金龙骨）与立柱钢管或横梁钢管之间通过抱箍、方头螺栓相连接。

标志板采用 3003 型铝合金板，为了保证板面的平整度及强度，结合本地区铝合金板设计经验，中、小型标志（面积＜10m2）宜采用 2.0mm 厚的铝合金板，大型标志（面积≥10m2）宜采用 3.0mm 厚的铝合金板。

标志板面应平整，表面无明显皱纹、凹痕、变形或其它表面缺陷，标志板的尺寸误差应小于±0.5%，版面不平度不应大于±3mm/m。

标志板不允许有裂纹、明显的划痕、损伤和颜色不均匀；在任何一处面积为 50×50cm² 的表面上，不允许存在一个或一个以上总面积大于 10mm² 的气泡，不允许有逆反射性能不均匀。

除尺寸大于 10 ㎡的指路标志外，所有标志板应由单块铝合金板加工制成，不允许拼接。

标志底板面应进行化学清洗和侵蚀或磨面处理，清除表面杂质。当标志图案、字符是喷漆制作时，应先在标志底板面均匀涂一层磷化底漆。

6.4.3 标志杆的设计

（1）标志杆的材料及结构

单柱、悬臂标志立柱根据板面尺寸大小采用不同直径的钢管，钢管下部与立柱法兰焊接，通过地脚螺栓及法兰与基础固定。

凡钢管外径在 152mm 及以下的立柱及横梁，采用普通碳素结构钢焊接钢管，并符合《碳素结构钢》（GB/T 700-2006）的要求，凡钢管外径在 152mm 以上立柱及横梁，采用一般常用热轧无缝钢管，并符合《结构用无缝钢管》（GB/T 8162-2008）的规定。

（2）标志杆防腐处理要求

支撑交通标志的钢构件、螺栓、螺母均应进行热镀锌防腐处理。钢构件的钻孔处理，钢构件的钻孔、冲孔和焊接等作业，应在钢材进行表面防腐处理之前完成。F 杆、T 杆、立柱式标杆钢材均采用 Q235 钢，热浸锌处理后涂两道 WH-20 特种环氧底涂，喷一层 WH-50 聚氨酯面涂，第一层底涂 70～75μm,第二层底涂 40～50μm，第三层面涂 40～50μm。

标志底板、滑槽、立柱、横梁、法兰盘等大型构件，镀锌不低于 600g/m2，抱箍、螺栓等小型构件，表面镀锌不低于 350g/m2。

焊条采用 T42，底座法兰与地脚螺栓之间为点焊。

6.4.4 标志基础

标志基础采用钢筋混凝土基础，基础预埋件（不含钢筋）均应作热浸镀锌处理，镀锌量为 350g/m2，浇注混凝土可一次性进行，但必须保证基础法兰盘安装的水平度及垂直度，混凝土浇注完成后，法兰盘表面应擦试干净，不得有混凝土或其它异物，基础法兰以上的螺栓部分涂上黄油后包扎好，防止碰坏丝扣。

6.4.5 交通标线

道路交通标线是由施划或安装于道路上的各种线条、箭头、文字、图案及立面标记、实体标记、突起路标和轮廓标等所构成的交通设施，它的作用是向道路使用者传递有关道路交通的规则、警告、指引等信息，可以与标志配合使用，也可以单独使用。标线、导向箭头的布设应确保车流分道行驶，起导流作用，保证昼夜的视线诱导良好，车道分界清晰，线型清楚、轮廓分明。

6.4.6 材料选择

交通标线材料采用反光热熔型标线漆。标线涂层厚度 1.6+0.2mm，标线表面均匀撒布玻璃微珠，含量为 0.3～0.34kg/m^2。

在施划标线前应预涂底油，以提高标线粘结力，底油应符合下表规定。

表 6.4.6-1 材料指标

颜色	固体含量（%）	涂面量（g/m^2）	干燥时间（min）
无色透明或琥珀色液体	30±5	150～200	≤5

6.4.7 信号控制系统

1、概述

根据交通组织与交通流量，信号灯控路口各方向安装机动车信号灯、人行信号灯，利用交通信号控制机进行控制。交通信号机采用智能机箱；根据《道路交通技术监控设备运行维护规范》（GA/T 1043－2013），交通信号机使用年限至少 7 年，信号灯等显示设备使用年限至少 5 年。

2、功能要求

1）信号机应该是符合国家标准《道路交通信号控制机》（GB 25280-2016），并确保能无缝接入当地交通指挥中心信号控制系统，避免对目前使用的信号系统产生不利影响，同时要提供完整的接入方案；

2）需采用智能信号机箱；

3）应具备与区域系统的联机功能。具有远程模式、多时段模式、安全模式、黄闪模式等可自动降级的多种工作模式，以及多种感应功能；

4）要求联机时工作在远程模式，能接收执行区域系统下达的优化信号控制方案；

5）要求联机时可实时上传信号机运行状况、检测器实时信息、周期信号执行情报、周期交通流信息；

6）要求脱机时工作在多时段模式，实施本机参数自带的多时段控制方案，同时在多时段方案基础上实施与远程控制模式下相同的各种感应控制；

7）要求信号机出现故障时，视故障轻重情况，可降级到安全模式或黄闪模式；

8）具备自适应优化计算功能，根据实际要求，在远程模式下可对远程方案中的绿信比再优化；在多时段模式，可对周期和绿信比进行优化计算；

9）具备手动手柄，可以实现人工干预控制功能；

10）具有灭灯、黄闪、全红等控制动作；

11）具有绿信号冲突自动检测和自动降级处理的安全保障功能；

12）具有周期信号、周期车流信息、信号机故障，信号灯故障等自动记录功能；

13）具有多相位控制功能。

3、网络通信系统

本工程采用租借运营商网络单点传输的通信形式，每个路口租借一条链路，路口智能机箱设置一个路口交换机，交叉口每个方向设置一台设备交换机，路口内部采用星形连接。前端设施采用网线接入设备交换机，设备交换机采用光纤或网线接入路口交换机（超过 80m 采用光纤）。

4、供配电系统

1）供电回路

路口信号控制系统供电就近引自照明箱变，每处照明箱变为监控预留回路，界面划分在照明配电箱的断路器出线端。监控系统取电由此回路引入路口智能机箱，路口设备全部从智能机箱取电，外场设备采用低压电缆穿管敷设供电方式，根据取电距离、用电功率选择不同型号主干电缆。

2）防雷保护

电气设备防雷保护分为直接雷击防护和感应电涌保护两大部分。

（1）直接雷防护

本项目直击雷防护主要针对对外场门架遥控外场摄像机等小范围的物体，可选用常规的Φ50 圆钢制作避雷针。

（2）感应雷防护

（3）电源防雷

为提高弱电设备供电电源质量，防止电源过电压对弱电设备的损害，在外场设备电源出线端设三相电源防雷器作为粗防护，出线端设置单相电源防雷器作为细防护，为防止外场弱电设备受感应雷等产生的过电压的危害，在洞外设备电压进线端及隧道内弱电设备供电电缆进隧道处设置单相电压防雷器作为末端防护。

（4）视频信号防雷

为防止雷电通过外场金属信号线传入两端弱电设备，在可变情报板、有线广播线缆、微波车辆检测器、遥控摄像机、视频抓拍系统设备的金属信号线两端均设置了信号传输电平和速率相适应的信号防雷器。

3）接地要求

（1）对所有外场设备做保护接地，摄像机要做防雷接地，防雷接地电阻须小于 10 欧姆，保护接地小于 4 欧姆。当保护接地与防雷接地共用接地体时，接地电阻不大于 1 欧姆。

（2）监控设备的供电电缆应做屏蔽接地，防雷接地。一般可在外场设备处将铠装层接地；电力电缆及通信电缆从室外进入设备或机房处应采取防浪涌的保护措施，其避雷装置、过电压吸收装置等都要可靠接地。

（3）对室内的监控设备等宜做联合接地，其接地电阻不应大于 1 欧姆。室内计算机等电子设备布置时，应远离防雷的接地引下线，其间距大于 5 米。

5、杆件及基础

1）杆件设计施工要求

基本要求如下：

（1）所有焊缝均应满焊，焊缝高度不小于 8mm，加强筋的焊缝均应双面焊接；

（2）管件均应插入法兰内焊接，管口封闭并留出流锌孔；

（3）热镀锌厚度不小于 80um,镀锌后喷水灰色户外塑 厚度不小于 40um；

（4）支座应采用开坡口拼焊；

（5）焊缝高度不小于 8mm；

（6）螺纹部分平时涂好黄油；

（7）横杆处需开孔，尺寸为⌀40，开孔位置对应每条车道，具体位置根据实际断面宽度确定出线孔应配有橡胶护套；

（8）安装前端设备（如：摄像机、诱导屏等）的杆件根据所安装设备决定杆件高度和悬臂梁的长度；要求设备安装后设备净高 6m 以上；

（9）支柱折倾方向应与道路平行，折倾范围内不得有障碍物；

（10）安装完成后，立柱专用接地螺栓应与保护地线做可靠电气连接。

6.4.8 视频监控系统

视频监控可实现路口交通运行状态以及交通违法行为的实时监控。对主干道、次干道、繁忙路口、交通事故易发路口和违法行为多发路口实现实时监控，一方面可监控所在路口的整体交通宏观状态，另一方面也可通过转动云台、调用预置位的方式实现小范围细节的监控，还可以通过事后调用视频存储录像，调查事件、案件的前因后果，以提高道路交通安全和管理水平。

本次工程视频监控采用 200 万像素星光级云台摄像机，由摄像机、云台、防护罩、防雷器组成；根据《道路交通技术监控设备运行维护规范》（GA/T 1043－2013），视频监控的使用年限为 6 年。

6.4.9 电子警察系统

1、概述

常规电子警察系统由 900 万像素高清抓拍单元、闪光灯、补光灯组成，要求前端摄像机内嵌 DSP 高速处理系统，一体化实现视频分析、图像采集、图像处理、号牌识别等主要功能。为了避免风扇积灰导致摄像机工作异常，摄像机内不得使用风扇散热。电子警察抓拍设备使用年限至少 5 年。

2、配置原则

2 个车道（不含右转）配置 1 台 900 万像素高清抓拍单元，一个车道配置 1 台补光灯。

3、功能要求

1）车辆捕获功能

系统应具有对经过的所有车辆进行捕获。车辆图像捕获时应不受雨、雪、雾等天气、环境光和相邻车道通行车辆的影响而出现误记录。

2）视频检测功能

系统在正常情况下，采用视频检测车辆通行，在检测到机动车闯红灯时，自动触发相机进行抓拍不少于 3 张违法照片，照片能清晰地反映“红灯、停车线、车型、车牌、时间、地点”等违法车辆的基本情况，并且系统利用视频检测方式抓拍不按车道行驶、压线、违法变道等技术性违法的车辆。

3）闯红灯记录功能

在红灯信号状态下，系统检测到车辆有闯红灯违法行为时，应抓拍反映该车辆违法信息的三张高清图片和一张车辆号牌特写图片。闯红灯行为图片能清晰记录车辆未越过停止线、已经越过停止线并且在相应红灯相位继续行驶的情况，清楚反映整个闯红灯过程。

4）信号灯相位同步功能

摄像机应支持与路口红绿灯信号进行同步功能，能确保抓拍到的图片中红绿灯颜色显示准确，无红灯泛黄或无颜色现象。

5）智能补光功能

系统需采用高性能、低功耗、无光污染的补光设备，白天可自动关闭，夜间或光照弱时会自动打开。

6）号牌自动识别功能

系统具有对民用、警用、军用、武警、新能源汽车等汽车号牌计算机自动识别能力。

所能识别的字符应包括：

“0～9”十个阿拉伯数字；

“A～Z”二十六个英文字母；

省市区汉字简称(京、津、晋、冀、蒙、辽、吉、黑、沪、苏、浙、皖、闽、赣、鲁、豫、

鄂、湘、粤、桂、琼、川、贵、云、藏、陕、甘、青、宁、新、渝、港、澳、台)；

2004 新军用车牌汉字(军、空、海、北、沈、兰、济、南、广、成)；

号牌分类用汉字(警、学、领、试、农、挂、拖、境) ；

新能源车、武警车牌字符；

系统能自动识别黑、蓝、黄、白、绿五种车牌底色。

7）图片合成与防篡改功能

系统应支持将违法图片进行合成的功能，系统应符合图片防篡改功能要求。

驾驶员面部特征记录（车头抓拍电子警察功能要求）

安全带是否佩戴功能（车头抓拍电子警察功能要求）

对驾驶人员安全带佩戴情况的自动检测。

遮阳板识别功能（车头抓拍电子警察功能要求）

8）数据传输功能

系统应支持多种方式的数据传输：可通过 FTP 或 TCP/IP 方式将违法数据、车辆通过信息（时间、地点、车牌号码等）、设备监测数据等上传到中心管理系统；也可在中心通过网络调用或下载操控前端设备存储的数据。

9）视频流调取功能

可实时调取抓拍车尾电子警察设备的视频流用于路口查看，无需存储。

10）系统管理维护功能

系统应具备权限管理功能，能够对不同对象分配不同类型的使用权限。

系统应具备日志记录功能。可记录主要设备、网络状态和主要运行软件的工作日志，还能记录设备或者网络状态改变（重启、或者重新连接）、主要软件发生重启或故障等事件日志。

系统应具有主动校时功能，24h 内设备的计时误差不超过 1.0s。

系统应具备远程维护及参数的设置等功能。

6.4.10 视频流量采集系统

1、概述

由于线圈易损坏且维修成本高，目前视频流量检测稳定性高，故本工程采用视频流量检测，依附电子警察杆件安装。系统采用 400 万像素一体式视频流量检测器，直接输出数据供信号机配时。根据《道路交通技术监控设备运行维护规范》（GA/T 1043－2013），视频检测器使用年限至少 6 年。

2、配置原则

每 4 个车道配置一套视频流量检测器，须覆盖所有车道；

3、功能要求

通信状态监测与处理：每个高清摄像机能够实时监测和处理 4 个以内进口车道的车辆通行状态。

交通状态信息实时采集：能够准确采集每个进口车道的交通流量、排队长度、车道占有率、车头时距、断面车速等重要交通状态特征参数，并实时传送给信号机进行优化处理。

视频检测器特征参数设置软件：可根据路口实际情况需要调整视频监测覆盖范围，具有专门的视频检测器特征参数设置软件，能够分车道设置虚拟检测线圈、检测动态跟踪线及其位置信息、数量及尺寸规格以及摄像机特性参数。

进口车道排队状态监测：能够实时监测进口车道排队是否溢出状态、车辆长时间停滞状态。

交通流量检测准确率：白天 95%以上，夜间 90%以上。

进口车道车头时距、排队长度、车道占有状态等检测准确率：白天 95%以上，夜间 90%以上。

检测交通状态数据的采集频率：0.5±0.1 秒内。

断面车速精度：-10%～10%。

平均无故障工作时间：≥20000h。

6.4.11 网络通信系统

本工程采用租借运营商网络单点传输的通信形式，每个路口租借一条链路，路口智能机箱设置一个路口交换机，交叉口每个方向设置一台设备交换机，路口内部采用星形连接。前端设施采用网线接入设备交换机，设备交换机采用光纤或网线接入路口交换机（超过 80m 采用光纤）。

6.4.12 供配电系统

（1）供电回路

路口监控系统供电就近引自照明箱变，每处照明箱变为监控预留回路，界面划分在照明配电箱的断路器出线端。监控系统取电由此回路引入路口智能机箱，路口设备全部从智能机箱取电，外场设备采用低压电缆穿管敷设供电方式，根据取电距离、用电功率选择不同型号主干电缆。

摄像机等设备必须采用放射式配电形式。

（2）防雷保护

电气设备防雷保护分为直接雷击防护和感应电涌保护两大部分。

a. 直接雷防护

本项目直击雷防护主要针对对外场门架遥控外场摄像机等小范围的物体，可选用常规的Φ50 圆钢制作避雷针。

b.感应雷防护

电源防雷

为提高弱电设备供电电源质量，防止电源过电压对弱电设备的损害，在外场设备电源出线端设三相电源防雷器作为粗防护，出线端设置单相电源防雷器作为细防护，为防止外场弱电设备受感应雷等产生的过电压的危害，在洞外设备电压进线端及隧道内弱电设备供电电缆进隧道处设置单相电压防雷器作为末端防护。

视频信号防雷

为防止雷电通过外场金属信号线传入两端弱电设备，在可变情报板、有线广播线缆、微波车辆检测器、遥控摄像机、视频抓拍系统设备的金属信号线两端均设置了信号传输电平和速率相适应的信号防雷器。

（3） 接地要求

a. 对所有外场设备做保护接地，摄像机要做防雷接地，防雷接地电阻须小于 10 欧姆，保护接地小于 4 欧姆。当保护接地与防雷接地共用接地体时，接地电阻不大于 1 欧姆。

b. 监控设备的供电电缆应做屏蔽接地，防雷接地。一般可在外场设备处将铠装层接地；电力电缆及通信电缆从室外进入设备或机房处应采取防浪涌的保护措施，其避雷装置、过电压吸收装置等都要可靠接地。

c. 对室内的监控设备等宜做联合接地，其接地电阻不应大于 1 欧姆。室内计算机等电子设备布置时，应远离防雷的接地引下线，其间距大于 5 米。

6.4.13 交通管线工程

为便于建立数据传输平台，本工程在平交口设置口字形管道，管道接续采用接线手井，过路管线采用 5 根Φ100×4.0 镀锌钢管，人行道、绿化带及渠化岛上管线采用 5 根Φ75 PE 管，路侧管线采用 2 根 Φ75PE 管。PE 管道埋深不小于 70cm，过路钢管埋深不低于 70cm。

管线设施施工完毕后应进行穿透试验，以确保管道畅通。管内应穿一根Φ4mm 的铁丝预留，管道用管封盖密封。

6.5 照明工程

6.5.1 照明标准

1、本工程道路照明标准为：

道路	路面亮度			路面照度		眩光限制阈值增量 TI（%）最大初始值	环境比 SR 最小值
	平交亮度 Lav	总均匀度 Uo 最小	纵向均匀度 UL 最小	平均照度 Eav（lx）维持度	均匀度 UE 最小		
主	1.5/2.0	0.4	0.7	20/30	0.4	10	0.5

次	0.75/1.0	0.4	0.5	10/15	0.35	10	0.5
支	0.75	0.4	—	10	0.3	15	—

注：• 表中所列的平均照度仅适用于沥青路面。

• 表中各项数值仅适用于干燥路面。

2、交会区照明标准值：

交会区类型	路面平均照度 Eh,av（lx），维持值	照度均匀度 UE
主干路与次干路交会	30	0.40
次干路与次干路交会	20	
次干路与支路交会	15	

6.5.2 布灯方式

（1）104 国道

104 国道为城市主干路，在 40m 宽的标准断面两侧侧分带内布置 10/8 米高双挑灯，光源选用 1×250W+1×90W 的 LED 灯；在 50m 宽的标准断面两侧侧分带内布置 10/8 米高单挑灯，光源选用 1×150W+1×90W 的 LED 灯。布灯方式为双侧对称布置，平均间距为 30m。

（2）梅园路

梅园路为城市次干路，在 40m 宽的标准断面两侧侧分带内布置 10/8 米高双挑灯，用光源选用用 1×120W+1×90W 的 LED 灯。布灯方式为双侧对称布置，平均间距为 30m。

（3）府东路

府东路为城市主干路，在 36m 宽的标准断面两侧侧分带内布置 10/8 米高双挑灯，光源选用 1x300W+1x90W 的 LED 灯；在 58m 宽的标准断面两侧人行道内布置 10 米高单挑灯，光源选用 1x300W 的 LED 灯。布灯方式为双侧对称布置，平均间距为 30m。

（4）府东路隧道

在隧道敞开段挡墙顶端布置 10 米高单挑灯，光源选用 1x200W 的 LED 灯。布灯方式详见照明平面设计图，平均间距为 30m。

为加强路口交汇区的照度要求，交叉口采用三火 14 米高的中杆灯，光源选用 3×300W LED 灯补光路灯作补充路口交汇区照明，使路口交汇区及公交站台平均照度维持值达到规范要求。

灯具安装要求：灯具可根据配光设计调整灯具的安装角度，不需用任何工具便可更换光源或进行维修，反光器应采用高纯度铝制造并经过抛光和阳极处理，灯座应具有良好的抗震性能。灯杆杆体主要采用高强度钢板卷压制成，杆体底部设活门，内部装配电器。

6.5.3 配电、管线

本工程电缆采用 YJV-0.6/1KV-5x25，各路灯按照 L1、L2、L3 相序接线。要求主电缆直接接至路灯灯柱内的路灯配电盒，经配电盒内熔断器后方可用 BVVB-0.45/0.75KV-3x2.5 电缆引至灯具。

路灯电缆保护管的选用：地面过路地段采用两根 SC100 厚钢电线管（内穿 PE75 聚乙烯硬性塑料管），管道敷设深度不小于 1m；人行道内采用两根 PE75 聚乙烯硬性塑料管。

电力电缆、管线在过路处设置接线人孔井，人孔井井盖采用复合盖板。

6.5.4 供电及控制方式

本工程拟在 104 国道和梅园路交叉口建设 1 个箱变，路灯箱变的供电半径为 1000 米。考虑预留远期周边道路路灯负荷和公交、交通信号灯及公益广告等用电容量，箱变容量为 100KVA。本工程为道路照明，负荷级别为 3 级。箱变进线引自市政 10KV 电网，具体由供电部门专项设计。

路灯控制箱内设置智能照明调控装置，路灯控制方式可根据当地部门要求适当调整；府东路新建照明接入现状路灯回路。

6.5.5 接地保护

新建箱变回路采用 TN-S 接地保护系统，灯柱、灯具及电缆保护管均需接地，每根（路灯、补角灯）灯柱需打保护接地极，要求接地电阻 rd≤10 欧姆。在此基础上从计控箱引出的每根五芯电缆从该电缆接的第一套灯具至该电缆接的最后一套灯具均需把独立接地极与电

缆中 PE 线可靠相联，但计控箱接地体与上述 PE 线不联接，即从计控箱引出的每根五芯电缆从计控箱至第一套灯具间只用四芯，另一芯（黄绿色芯）备用，备用芯两端做好可靠绝缘。接地保护在线路末端增加接地网装置。

6.5.6 节能

（1）道路照明采用智能照明调控装置，进行光电、定时、稳压、半夜灯控制。智能照明调控装置采用微处理器控制技术，控制装置具有数据采集、处理、显示、面板按键设置和编程功能，微处理器存储的程序可以控制所有的运行方式、检测输出电压及运行情况。采用调压节能的运行方式，启动过程从 200V 电压开始软启动，缓慢上升到 220V 额定电压，深夜在不影响通行安全和社会治安的前提下，在车流量较少的半夜期间，通过控制道路照明电源的输出电压值，来降低道路照明灯具的光源输出功率，在实现半夜灯控制的同时实现节能。

（2）合理选用照明器材，优先选用满足能效标准要求，经过节能产品认证的光源及镇流器，选用高效率的照明灯具，实现节能。

（3）照明光源及路灯间距、杆高的选择在满足照度均匀度的前提下同时满足功率密度限值的要求以实现节能。

6.5.7 照明设备防盗设施

近来市政设施盗窃严重，对于道路照明系统，盗窃的设备有照明电缆、灯杆维护门、照明保护器件和照明接线板等，本工程主要采用以下措施来实施防范：

1）维护门内安装传感器，信号线引至电子式镇流器，通过三遥装置送至中央控制室，一旦维护门发生松动，立即声光报警；

2）照明保护器件的防盗主要采用通过线路的连续性检测来实现的，一旦元器件被盗，线路就发生断裂，三遥装置检测到断裂信号后立即声光报警；

3）电缆的防盗主要采用两种措施，其一在线路敷设上，除过路井外所有穿线井均采用半埋式，井的上部覆盖 300mm 泥土，使盗窃者无法下手；其二是三遥系统的线路断裂检测、报警措施。

通过上述三项措施，道路照明设施的被盗和人为破坏情况将会大大减少。

6.6 绿化工程

6.6.1 项目概况

(1)施工人员应掌握设计意图，并按照有关施工技术规范进行工程准备和进行设计交底。

(2)本套图纸为温州市府东路过江通道工程景观绿化工程,线路包括 G104 国道、梅园路、府东路。G104 桩号范围为 GK0+120~GK1+040，全长 920m；梅园路桩号范围为 MK0+000~MK0+220.195，全长 220.195m；府东路桩号范围为 FK0+000~ FK0+689，全长 689m。主线部分中分带为 2m 宽，设置马尼拉草和广玉兰；侧分带 1.5m 宽，设置小叶女贞，小叶女贞以满铺及球状植株组合形式进行布置；人行道种植行道树香樟。隧道顶部设置马尼拉草、茉莉、月季。

(3)初步设计主要内容包括：施工说明、绿化平面图设计、工程量表等。

6.6.2 设计依据

(1)甲方的相关会议精神和方案及工可设计的审查意见；

(2)甲方提供的现状地形图、红线坐标图；

(3)《城市道路绿化规划与设计规范》（CJJ75-97）；

(4)《城市绿地设计规范》（GB50420－2007）(2016 版）；

(5)《园林绿化工程施工及验收规范》（CJJ 82-2012）；

(6)《城市工程管线综合规划规范》 （GB50289-2016）；

(7)《城市道路工程设计规范》（CJJ 37-2012）；

(8)《低影响开发雨水控制及利用工程设计规范》（DBJ/T45-013-2019）；

(9)《城市道路交叉口设计规程》（CJJ152-2010）；

(10)《总图制图标准》（GBT 50103-2010）；

(11)《园林绿化木本苗》（CJ/T 24-2018）；

(12《城市绿地分类标准》（CJJ/T85-2017）；

(13)《市政公用工程设计文件编制深度规定（2013 年版）》；

(14)《城市综合交通体系规划标准》（GB/T51328-2018）；

(15)《城市绿化养护规范及验收要求》（DB45/T449-2007）。

6.6.3 绿化设计说明

绿化设计在满足其基本功能基础上着重营造具有地方特色的道路景观，道路植物景观以“绿树林荫”为特色。该道路行道树植以季相变化丰富的海南蒲桃形成一条绿色的生态走廊，行道树间距 6m，行道树乔木定干高度 2.5m，全部采用无障碍树池，以树池盖板“一以贯之、一栽到底”。

6.6.3.1 总则

（1）在施工种植前应对土壤进行清理，以确保植物的生长条件；土壤清理工作：对机非分隔带，种植池内 50cm 深度内不利于植物生长的杂物如灰土、水泥块等进行清理，更换不良土壤，回入可耕植土壤。具体指标详见下表：

表 6.6.3-1 土壤指标

种植土分类	PH 值	EC 值（mmho/cm）	有机质（%）	容量（g/cm³）	有效土层（cm）	石砾	
						粒径（cm）	含量（%）
花坛土	6.0-7.5	0.50-1.00	≥2.5	≤1.20	≥30	≤1	<8
树穴土	6.5-7.8	0.35-0.75	≥2.0	≤1.30	乔木>130；灌木≥60	≤1	<10
草坪土	6.5-8.0	0.35-0.75	≥2.0	≤1.30	≥30	≤1	<8
盆栽土	6.0-7.5	0.35-1.00	≥3.0	≤1.00	≥8	无	无
保护地土	6.0-7.5	0.5-1.2	≥1.5	≤1.20	≥30	无	无

（a）严格按苗木规格购苗，应选择枝干健壮、形体完美、无病虫害的苗木。大苗移植应尽量减少截枝量，需保持树木的整体蓬形。

（b）分层种植色块、篱块时边缘轮廓线要流畅，同时应加密种植，中间无明显缺棵现象，增加数量按实计算；

（c）篱块的种植形状呈中间微拱形，必要时四周加密种植，以保证实施效果。球类所标注的规格均为修整后的规格。

（d）规则式种植同一规格的苗木应注意苗木的大小蓬形相对统一。

（e）苗木的起挖运输需严格按照有关规定及具体的气候及自然条件起带土球、包扎保护。具体种植过程中有关技术要求可参照《园林绿化工程施工及验收规范》（CJJ 82-2012）

（f）设计中出现的苗木品种以及规格若施工方采集苗木有困难，应及时与设计方联系。

（g）如果图纸乔木栽植点与现场路灯位置距离太近，要根据现场调整，树冠不能遮挡路灯照明，树干与灯杆间距详见施工图说明三。

（h）一般情况下，若在施工中遇外界情况影响所带来的工作量变化根据实际情况结算。

（i）乔木支撑设计说明、苗木高度、胸径、冠幅等规格指标说明详见工程量表。

（j）道路内绿化带安全视距范围控制为在 0.9 至 2.5 米的范围内无遮挡，范围内灌木球类及小乔木高度不得大于 80 公分，大乔木分支点不得低于 2.5M，交通岛内绿化植物配置灌木球类及小乔木高度不得大于 80 公分，大乔木分支点不得低于 2.5M。

（k）行道树树池内撒播草籽，播草籽一周后使用树池盖板。

（l）运输吊装苗木的机具和车辆的工作吨位，必须满足苗木吊装、运输的需要，并应制订相应的安全操作措施。

（m）、园林植物病虫害防治，应采用生物防治方法和生物农药及高效低毒农药，严禁使用剧毒农药。

(2)种植后的养护工作

种植完成后，需及时对植物进行后期的养护工作，浇水、绕干、修剪、支撑等均需按有

关要求及规定严格执行，并定期进行养护，以提高成活率。

(3)如种植时与现场市政管线、设施相冲突，应尽量避让。若出入较大时施工方应通知甲方、监理方、设计等方面的有关人员进行协调变更。排水沟至于道路两侧沿侧石位置，每 100 米设置排水管道向外排放至外侧地块内，排水管道至于绿化带下方，绿化设计应避开管道种植。绿化给排水按花坛中心点往两侧 6%自然放坡绿地排水。

6.6.3.2 海绵城市

海绵城市是指城市能够像海绵一样，在适应环境变化和应对自然灾害等方面具有良好的“弹性”，下雨时吸水、蓄水、渗水、净水，需要时将蓄存的水“释放”并加以利用。

海绵城市的建设途径主要有以下几方面，一是对城市原有生态系统的保护。最大限度地保护原有的河流、湖泊、湿地、坑塘、沟渠等水生态敏感区，留有足够涵养水源、应对较大强度降雨的林地、草地、湖泊、湿地，维持城市开发前的自然水文特征，这是海绵城市建设的基本要求；二是生态恢复和修复。对传统粗放式城市建设模式下，已经受到破坏的水体和其他自然环境，运用生态的手段进行恢复和修复，并维持一定比例的生态空间；三是低影响开发。按照对城市生态环境影响最低的开发建设理念，合理控制开发强度，在城市中保留足够的生态用地，控制城市不透水面积比例，最大限度的减少对城市原有水生态环境的破坏，同时，根据需求适当开挖河湖沟渠、增加水域面积，促进雨水的积存、渗透和净化。

6.6.3.3 绿化灌溉

本工程由绿化灌溉车对绿化树种进行灌溉。

6.6.3.4 树木支撑要求

为了使种植好的苗木不因土壤沉降或风力的影响而发生歪斜，我们需对刚完成种植尚未浇定根水的苗木进行支撑处理，不同类型的苗木可采用不同的支撑手法。

支撑方法：

（1）支柱材料采用杉木条。胸径＜12cm 乔木支撑杉木条直径为 4-6cm；12cm≤胸径＜40cm 乔木和棕榈科植物支撑杉木条直径为 6-8cm。

（2)采用“井字型”支撑形式;“井”字桩安置在树干 1/2-1/3 处。支柱入土大于 30cm，回填土不小于 50cm。

（3）一般先在树干四周均匀立四根支柱，均向树树干略倾斜，然后在支柱约 1/2 高度处用四根适当长度的横杆与支柱固定，再在四根支柱的上部用四根较短的横杆围合成方形后即将树千固定在中央位置上。

6.6.3.5 危大工程施工措施安排

绿化施工如采用大树吊装种植涉及危大工程的，采用如下意见及措施保障工程周边环境安全和工程施工安全，并根据现场实际情况进一步提出施工安全措施。

（1）起重机行驶和工作的场地应平坦坚实，保证在工作时不沉陷，不得在倾斜的地面行驶和工作。

（2）司机必须与指挥人员（起重工）密切配合，严格按照指挥人员发出的信号（旗号或手势）进行操作；操作前必须鸣号（铃或喇叭）示意；如发现指挥信号不清或错误，有权拒绝执行，并采取措施防止发生事故；操作时，对其他人员发出的危险信号，司机也应采取制止措施，以避免发生事故。

（3）施工中，如遇有大雨、大雪、大雾和六级以上的风影响施工安全时，应停止起重工作，并将臂杆降低到安全位置。

（4）起重机在吊装过程中，现场安全员必须负责现场的安全管理。

（5）应遵照《建筑机械技术试验规程》中的有关规定进行试验和试吊，并经过主管机务人员、操作人员和项目部安全部门共同检查，合格后方可使用。

（6）不准载荷行驶或不放下支腿就起重。在不平整的场地工作前，应先平整场地，操作前应检查距尾部迴转范围 50cm 内无障碍物。支腿伸出应在吊臂起升之前完成，支腿的收入应在吊臂放好搁稳之后进行。

（7)严禁用起重机械进行斜吊、拉吊;严禁起吊地下的埋设物件及其它不明重量的物件，以免机械载荷过大，而造成事故。

（8）严禁起重机吊运人员或用手抓吊钩升降，以防起重系统突然失灵而发生事故。

（9）在起吊和落吊的过程中，吊件下方禁止人员停留或通过，以防物件坠落而发生事故。

（10）起重机机械设备严禁超载。

（11）起重机在停工、休息或中途停电时，应将重物卸下，不得悬在空中。单机起重载荷不得超过该机允许起重量的 80%。

（12）未尽事宜，按相关施工技术规范、规程中的要求执行。

7 附属工程设计

7.1 隧道运营管理中心

7.1.1 建筑设计

7.1.1.1 设计依据

《城市道路工程设计规范》（2016 年版）（CJJ 37-2012）；

《城市道路交通工程项目规范》（GB55011-2021）；

《城市地下道路工程设计规范》（CJJ 221-2015）；

《城市道路隧道设计标准》（DB33/T1256-2021）(浙江省地标）；

《建筑设计防火规范》（GB50016-2014）（2018 版）；

《民用建筑设计统一标准》（GB50352-2019）；

《办公建筑设计标准》（JGJ/T-2019）；

《无障碍设计规范》（GB50763-2012）；

国家、浙江省有关法规、规范、标准、规划等；

有关会议纪要、公文及政府部门提供的基础资料。

7.1.1.2 方案概述

本项目隧道运营管理中心具备隧道运营控制及管理养护功能，包括隧道交通管理、电力供给、防灾报警、设备监控以及紧急事件的应急处理和全线信息的集散与交换功能。隧道运营管理中心由中央控制室、设备用房、管理用房、隧道维护用房、办公室、备品库和停车场等组成。

隧道消防泵房、消防水池、隧道疏散楼梯、隧道设备房疏散楼梯、风井、地面变电所等结合运营管理中心设置，充分利用地下室连接隧道主线上方富余空间，设置隧道排烟机房、管线廊道、设备用房、备用间。

隧道全长 3065m，其中封闭段长 2765m，根据《城市地下道路工程设计规范》，本隧道属于长隧道，参考《道路隧道设计标准》（DGTJ08-2033-2017），超长~长隧道运营管理中心建筑面积 3000～4500 平方米，管理人员规模为 100～120 人；本项目运营管理中心建筑面积为 3393.2 平方米，占地面积约 2552 平方米，建筑层数为地上五层（局部三层），地下局部一层（连通隧道主线，设置设备管线廊道），；一层为变电所、弱电设备室、弱电电源室等设备用房、值班室、入口大厅等用房；二层为隧道维修室、机械用房、电源室、交警等；三层为综合办公室、交警、资料室、设备室等运营办公用房；四层为综合办公室、会议室等运营办公用房；五层为中央监控室、设备机房等；设计使用年限 50 年，建筑结构安全等级为二级。抗震设防烈度为 7 度；建筑耐火等级为二级；屋面防水等级为Ⅰ级。地面设工程车、抢险、办公车位 19 个，设非机动车位 10 个，地块绿化率 21%。

结合隧道沿线现场实际条件及规划用地情况，运营管理中心设置在瓯江北岸梅园路与环江大道交叉口东侧现状空地（规划交通设施用地）内，便于隧道日常维护管理及应急处置。

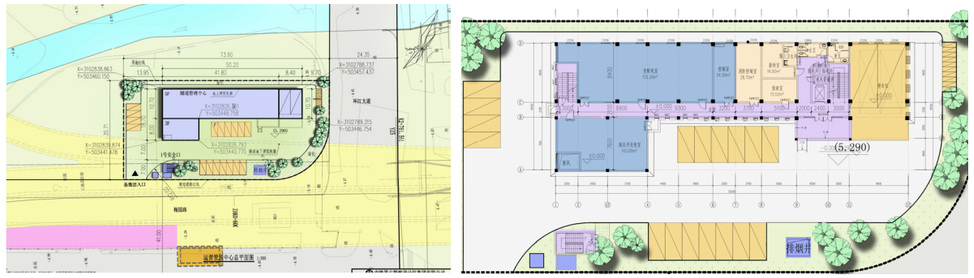


图 7.1.1-1 运营管理中心平面图



图 7.1.1-2 运营管理中心效果图（一）



图 7.1.1-3 运营管理中心效果图（二）



图 7.1.1-4 运营管理中心效果图（三）

7.1.2 结构设计

7.1.2.1 设计依据

1.《工程结构通用规范》（GB 55001-2021）；

2.《建筑与市政工程抗震通用规范》（GB55002-2021）；

3.《建筑与市政地基基础通用规范》（GB55003-2021）；

4.《组合结构通用规范》（GB55004-2021）；

5.《钢结构通用规范》（GB 55006-2021）；

6.《砌体结构通用规范》（GB55007-2021）；

7.《混凝土结构通用规范》（GB55008-2021）；

8.《建筑结构可靠性设计统一标准》（GB50068-2018）；

9.《建筑结构荷载规范》（GB50009-2012）；

10.《混凝土结构设计规范》（GB50010-2010）（2015 年版）；

11.《建筑抗震设计规范》（GB50011-2010）（2016 年版）；

12.《建筑工程抗震设防分类标准》（GB50223-2008）；

13.《建筑地基基础设计规范》（GB50007-2011）；

14.《建筑地基处理技术规范》（JGJ79-2012）；

15.《地下工程防水技术规范》（GB50108-2008）；

16.《建筑基坑支护技术规程》（JGJ120-2012）；

17.《建筑基坑工程监测技术标准》（GB 50497-2019）；

18.《砌体结构设计规范》（GB50003-2011）；

19.《建筑基桩检测技术规范》（JGJ 106-2014）；

20.《混凝土结构耐久性设计标准》（GB/T50476-2019）；

21.《浙江省 建筑基坑工程技术规程》（DB 33 T1096-2014）；

22.《浙江省 建筑地基基础设计规范》（DB33/T1136-2017）；

24. 国家、浙江省有关法规、规范、标准、提供的勘察基础资料等。

7.1.2.2 结构选型

本工程结构设计使用年限为 50 年，环境类别一类、二（a）类；

本工程采用现浇钢筋混凝土框架结构体系，地上 5 层，局部地下水池且有电缆夹层，建筑高度 20.5m。建筑抗震设防类别为丙类，建筑结构安全等级为二级，抗震设防烈度为 6 度，

设计基本地震加速度 0.05g，框架抗震等级四级；

楼面及屋面板采用现浇钢筋混凝土梁板。

基坑深度为 8.8m，围护采用 TRD 连续墙结构，型钢密插。采用一道混凝土支撑，一道钢结构支撑。基础形式采用桩承台基础。

7.1.2.3 主要工程材料

1、主体结构部分

钢筋采用 HPB300 级、HRB400 级钢筋；

混凝土强度等级：基础垫层 C20，圈梁构造柱 C25，其余部位 C35。

2、围护结构部分

1）混凝土

TRD 地下连续墙：C35 水下混凝土，抗渗等级 P8，保护层厚度 70mm；

钻孔灌注桩：C35 水下混凝土，保护层厚度 70mm，抗渗等级 P10；

钻孔灌注桩（立柱桩）：C35 水下混凝土，保护层厚度 70mm；

钢筋砼冠梁、支撑、系梁、围檩：C30 并掺入早强剂，保护层厚度 30mm；

桩间喷射混凝土：C20 喷射混凝土（早强）。

垫层采用 C20 混凝土。

2）钢筋：围护结构（不参与抗浮）及立柱桩钢筋采用 HPB300、HRB400 钢筋，钻孔灌注桩及参与抗浮的围护结构主筋采用 HRB400E 钢筋，箍筋需用 HRB400 级热轧钢筋或 HPB300 级热轧光圆钢筋（规格限于直径 6mm～14mm）。材质应分别符合现行国家标准《钢筋混凝土用热轧带肋钢筋》（GB1449.2）及《钢筋混凝土用热轧光面钢筋》（GB13013）。

4）焊条：用电弧焊接 Q235—B 钢板和 HPB300 钢采用 E43××型，Q345—B 钢板和 HRB400 钢采用 E55××型，焊接熔敷金属的化学成分和力学性能应符合国家现行标准的规定。

5）预埋件：Q235 钢。

6）钢围檩、钢支撑、钢系梁及钢腰梁的材料为 Q235 钢；格构柱的材料为 Q235 钢或 Q345 钢板；钢支撑采用Φ609，壁厚 16mm。

7）声测管、注浆管：直径Φ50mm，厚度 t=3mm 钢管。

7.1.3 通风空调设计

7.1.3.1 设计依据

1、《建筑设计防火规范》（GB50016-2014）（2018 版本）

2、《城市地下道路工程设计规范》（CJJ221-2015）

3、《民用建筑供暖通风与空气调节设计规范》（GB50736-2012）

4、《工业建筑供暖通风与空气调节设计规范》（GB50019-2015）

5、《公共建筑节能设计标准》（GB50189-2015）

6、《建筑防排烟设计标准》（GB51251-2017）

7、《公路隧道设计规范》第二册 交通工程与附属设施（JTG D70/2-2014）

8、《公路隧道通风设计细则》（JTG/TD70/2-02-2014）

9、《城市道路隧道设计标准》（DB33/T 1256-2021）

10、《建筑机电工程抗震设计规范》（GB50243-2016）

11、《浙江省公共建筑节能设计标准》（DB33-1038-2007）

12、《浙江省消防技术规范难点问题操作技术指南（2020 版）》（浙消[2020]166 号）

7.1.3.2 设计原则及标准

1.室外设计参数

1）通风室外计算温度：夏季 31.5℃；冬季 3.4℃

2）夏季最多风向：C ESE

3）夏季室外平均风速：2.0m/s

4）冬季最多风向：C NW

5）冬季室外平均风速：1.8m/s

6）夏季空气调节室外计算干球温度：33.8℃

7）夏季空气调节室外计算湿球温度：28.3℃

8）夏季室外大气压力：100.7kPa。

9）冬季室外大气压力：102.3kPa。

2.室内设计参数

表 7.1.3-1 参数表

房间名称	室内计算温度（℃）/湿度（%）		最小新风量（m3/h 人）	换气次数（次/h）	噪声 dB（A）
	夏季	冬季			
中央监控室	27℃/40~60	18	30	6	≤45
办公室	27℃/40~60	18	18	6	≤45
会议室	27℃/40~60	18	18	6	≤45
维护室	27℃/40~60	18	18	6	≤45
休息室	27℃/40~60	18	18	6	≤45
走道	/	/	/	6	≤45
配电室	27℃/40~60	18	/	6	≤55
变配电室	36℃	18	/	12	≤55
高压开关柜室	36℃	18	/	12	≤55
设备室	27℃/40~60	18	/	6	≤55
控制室	27℃/40~60	18	/	6	≤55
消防设备室	27℃/40~60	18	/	6	≤55
卫生间	/	/	/	15	≤55
备用间	/	/	/	6	≤55

3.防排烟设计标准

设备管理用房采用自然排烟，自然排烟口的净面积不小于该场所建筑面积的 2%，排烟口距离该防烟分区最远点的水平距离不应超过 30 米。

总建筑面积大于 200 ㎡或一个房间建筑面积大于 50 ㎡且经常有人停留或可燃物较多的地下室，应设排烟设施。

长度大于 20m 的封闭内走道设置机械排烟。

7.1.3.3 管理用房空调通风系统布置

1.空调系统

项目管理用房共设置 3 套多联空调系统。

多联空调系统 1 负责隧道管理用房负一层民用通信机房及一层变配电室、控制室、消防控制室、高压开关柜室、接待室、值班室。共设置 16 台冷暖型室内机及一台室外机。房间室内机采用四面出风嵌入式，具体位置根据建筑装修设计确定。管路配置、安装、调试应由专业技术人员承担，以确保系统可靠安全运行，冷媒管最大等效配管长度应控制在 80m 内，末端到第一分歧管的配管长度不超过 40m。冷凝水集中就近排放，以 1%坡度坡向排放点，并用高阻燃橡塑泡沫管壳保温。

多联空调系统 2 负责二层及三层的维护室、办公室、照配室等房间。共设置 19 台冷暖型室内机及一台室外机，室内机采用四面出风嵌入式，具体位置根据建筑装修设计确定。管路配置、安装、调试应由专业技术人员承担，以确保系统可靠安全运行，冷媒管最大等效配管长度应控制在 80m 内，末端到第一分歧管的配管长度不超过 40m。冷凝水集中就近排放，以 1%坡度坡向排放点，并用高阻燃橡塑泡沫管壳保温。

多联空调系统 3 负责四层及五层的中央监控室、办公室、会议室等房间。共设置 16 台冷暖型室内机及一台室外机，室内机采用四面出风嵌入式，具体位置根据建筑装修设计确定。管路配置、安装、调试应由专业技术人员承担，以确保系统可靠安全运行，冷媒管最大等效配管长度应控制在 80m 内，末端到第一分歧管的配管长度不超过 40m。冷凝水集中就近排放，以 1%坡度坡向排放点，并用高阻燃橡塑泡沫管壳保温。

管理用房人员房间设置可开启外窗，满足管理用房工作人员的新风量要求。

2.机械通风系统

卫生间、库房等房间采用机械排风，设置吸顶式排气扇，通过房间门上设的进风格栅或墙上百叶进风。

隧道管理用房内的高低压配电室等设备房间设置机械通风系统排除房间内余热。

负一层备品间及民用通信设备室设置一套机械通风系统。

3.排烟及加压系统

管理用房走道满足自然排烟要求，走道净高二分之一以上部分设置不小于建筑面积2%的自然排烟窗。详见建筑专业。

管理用房封闭楼梯间满足自然通风条件，楼梯间外墙上设置总面积不小于2.0㎡可开启外窗，具体详见建筑专业图纸。

负一层走道及设备通道各单独设置一套机械排烟系统与补风系统。

地下预留空间单独设置一套机械排烟系统与补风系统。

负一层至隧道两个楼梯间分别设置一套机械加压送风系统。

7.1.3.4 控制

多联体空调室外机、风机就地控制；室内机通过有线遥控器就地控制。

7.1.3.5 环保

设计中选择噪声小、运转平稳的设备，多联体空调系统室外机设置隔震垫。

7.1.3.6 管理用房通风空调设备

表 7.1.3-2 通风空调设备表

序号	设备名称	参数	单位	数量	备注
1	低噪声混流式风机箱	风量：25000m3/h，全压：350Pa，功率：7.5kW	台	2	
2	吸顶式排气扇	风量：500m3/h，全压：50Pa，功率：0.05kW	台	7	
4	变频空调室内机	制冷量：3.6kW，功率：0.02kW	台	13	
5	变频空调室内机	制冷量：5.6kW，功率：0.02kW	台	6	
6	变频空调室内机	制冷量：10kW，功率：0.02kW	台	12	
7	变频空调室内机	制冷量：12.5kW，功率：0.02kW	台	4	
8	变频空调室外机	制冷量：56.5kW，功率：15.8kW	组	1	
9	变频空调室外机	制冷量：45.0kW，功率：12.1kW	组	2	
10	变频空调室外机	制冷量：89.5kW，功率：25.15kW	组	1	
11	变频空调室外机	制冷量：56.5kW，功率：15.8kW	组	1	
12	电动调节阀	2000×2000	个	2	带控制箱
13	电动调节阀	1250×800	个	2	带控制箱
14	单层百叶送风口	800×800	个	8	铝合金、带人字阀
15	单层百叶送风口	400×400	个	2	铝合金、带人字阀
16	管道式消声器	1250(W)×8000 (H) ×1000 (L)	个	4	
17	管道式消声器	400(W)×320 (H) ×1000 (L)	个	2	
18	镀锌钢板	δ=1.2mm	㎡	200	
19	镀锌钢板	δ=1.0mm	㎡	300	
20	镀锌钢板	δ=0.75mm	㎡	400	
21	镀锌钢板	δ=0.6mm	㎡	400	
22	镀锌钢板	δ=0.5mm	㎡	400	
23	初效过滤器	1500×2000	个	4	
24	冷媒铜管	紫铜管；φ9.5	m	300	
25	冷媒铜管	紫铜管；φ12.5	m	250	
26	冷媒铜管	紫铜管；φ19.1	m	200	
27	冷媒铜管	紫铜管；φ19.1	m	200	
28	冷媒铜管	紫铜管；φ22.2	m	56	

29	冷媒铜管	紫铜管；φ28.6	m	71	
30	冷媒铜管	紫铜管；φ41.3	m	201	
31	保温材料	40mm 橡塑材料，密度 64kg/m3，导热系数≤0.033W/m.K	m³	20	
32	防虫网		㎡	100	
33	镀锌钢管	DN20	m	64	
34	镀锌钢管	DN25	m	88	
35	镀锌钢管	DN32	m	126	
36	风管支吊架		项	1	
37	抗震支吊架		项	1	
38	分体空调	2 匹	台	1	
39	通风空调系统调试		项	1	

7.1.4 给排水及消防设计

7.1.4.1 概要

1.设计原则

（1）给水设计原则

①给水水源采用城市给水管网供水，不设备用水源；

②采用生产、生活和消防分开的给水系统；

③给水系统必须满足本工程生产、生活对水量、水质、水压的要求。

（2）排水设计原则

①排水遵循高水高排，低水低排，分散就近排放的原则，各类废水及敞开部分的雨水分段集中，经泵提升后，分别纳入市政雨、污排水系统；

②管理用房生活污水直接排入城市污水系统；

③执行国家关于环境保护的政策，符合国家的有关法规、规范及标准；

（3）消防设计原则

①消防设计贯彻“预防为主，防消结合”的消防工作方针；

②本工程同一时间内发生火灾数按一处考虑；

③消防给水系统应安全可靠，并满足各用水点对水量、水质和水压的不同要求；

④管理中心室外设置消火栓，室内设置灭火器，以迅速可靠地扑灭各类初期火灾；

⑤管理中心配电间等场所设置气体灭火系统；

⑥报警系统迅速、准确可靠，消防救援及时。

2）设计依据

（1）《建筑给水排水设计标准》（GB50015-2019）；

（2）《消防给水及消火栓系统技术规范》（GB50974-2014）；

（3）《建筑设计防火规范》（GB50016-2014）（2018 年版）；

（4）《建筑灭火器配置设计规范》（GB50140-2005）；

（5）《室外给水设计标准》（GB50013-2018）；

（6）《室外排水设计标准》（GB50014-2021）；

（7）《气体灭火系统设计规范》（GB50370-2005）；

（8）其他国家及地方相关规范、规程等。

7.1.4.2 设计参数

1.管理中心工作人员的生活用水为每班每人 50L（含开水供应），时变化系数 2.5；卫生间用水量按照卫生洁具的小时用水量计算。

2.冲洗水量按 2 L/ m2·d 计（消防时不考虑冲洗水量）

雨水管渠按暴雨重现期 10 年一遇设计，坡面集流时间按计算确定，径流系数 0.9。

3.室外消防用水量取 25L/s，室内消防用水量取 15L/s，火灾延续时间按 2 小时计，最不利点水枪充实水柱不小于 10m。

4.生活排水量按用水量的 95%计算。

7.1.4.3 生产、生活给水系统

1.运营管理中心水源采用城市自来水，通过设置加压水箱供至各用水点。室内生产生活

给水管为枝状管网。生产、生活给水系统与消防系统分设。

2.由市政管网就近引入一路 DN150 给水管，设置室外水表井，内设闸阀、同口径螺翼式水表、可曲挠橡胶接头等。在引入管上分一支 DN50 给水管为运营管理中心生活用水提供水源。

3.在运营管理中心室外设加水栓，供冲洗车加水。

4.消防时不考虑冲洗用水。

7.1.4.4 消防系统

1.消防水源

本工程位消防给水就近取自市政管网。

从市政管网就近引入一路 DN100 给水管，为运营管理中心提供消防水源。市政管网压力按 0.14MPa 计。

2.消火栓系统

运营管理中心共五层，体积约 12000m3。按照《消防给水及消火栓系统技术规范》，室外消防用水量为 25L/s,室内消防用水量为 15L/s。本项目室外消防为市政低压制，在运营管理中心附近设置 2 处室外消火栓，接自市政给水管。室内消防为临时高压制，在运营管理中心地下一层设置消防泵房和消防水池，消防水池有效容积 650m^3。室内消火栓用水由消防泵从消防水池吸水后加压供给。消火栓泵性能为：Q=20L/s，H=70m，P=30kW；稳压泵性能为：Q=1L/s，H=30m，P=0.75kW，配 SQL800×0.6 气压罐。

3.灭火器配置

在运营管理中心设置翻盖式灭火器材箱若干，每个灭火器箱内设 MF/ABC-5 移动式灭火器 2 具。

4.气体灭火系统

在配电间、机柜间等重要设备室设置柜式七氟丙烷灭火系统。配电室气体设计浓度为 9%，喷射时间不大于 10s；机柜间设计浓度为 8%，喷射时间不大于 8s。气体灭火系统防护区净高 2/3 以上设置泄压口。

4.管材

（1）生产、生活给水管道

管理用房生产、生活给水管采用防腐蚀、满足强度及水质要求的薄壁不锈钢管，采用双卡压连接。薄壁不锈钢管与卫生器具给水配件、水表、阀门或与给水机组、给水设备连接处，采用螺纹连接或法兰连接。

室外埋地生产生活给水管采用给水用球墨铸铁管，承插连接。

管道的管件、配件采用与管道材质相应的材料，管件、配件等管道附件的工作压力与该管道系统的供水压力相一致。管道的管件均须与管道配套供应。

（2）排水管道

室内重力流污废水排水管采用 UPVC 管，承插式粘接连接；室内雨水管采用 HDPE 承压排水管，承插连接。

室外埋地重力流排水管采用 HDPE 双壁波纹管，橡胶圈接口。

（3）消防管道

运营管理中心室外埋地消防管采用球墨铸铁管，柔性橡胶圈接口。

5.阀门

（1）生产、生活给水管：采用全铜质截止阀，工作压力为 1.0MPa；

（2)室内消火栓给水管:采用碳钢双向型蝶阀,具有明显启闭标志,工作压力为 1.6MPa；室外消防给水管采用球墨铸铁闸阀，工作压力 1.0MPa。

7.1.5 动力照明设计

7.1.5.1 设计标准及依据

1.《民用建筑电气设计标准》（GB51348-2019）；

2.《20kV 及以下变电所设计规范》（GB50053-2013）；

3.《供配电系统设计规范》（GB50052-2009）；

4.《低压配电设计规范》（GB50054-2011）；

5.《建筑设计防火规范》（GB50016-2014）2018 版；

6.《建筑照明设计标准》（GB50034-2013）；

7.《建筑物电子信息系统防雷技术规范》（GB50343-2012）；

8.《建筑物防雷设计规范》（GB 50057-2010）；

9.《消防应急照明和疏散指示系统技术规范》（GB 51309-2018）；

10.《通用用电设备配电设计规范》（GB50055-2011）；

11.《交流电气装置的接地设计规范》（GB/T 50065-2011）。

7.1.5.2 供配电设计

1.在管理中心设计一处 10kV/0.4V 变电所，接引两路市政 10kV 电源，两路电源共同为管理中心园区负荷提供电源。（变电所供配电部分的设计内容详见隧道供配电章节）

2.用房内动力、照明用电分别由变电所 0.4kV 侧开始放射式配电。

3.根据《消防应急照明和疏散指示系统技术标准》（GB 51309-2018）设置集中控制型系统，在监控中心设置应急照明控制器，管理中心园区设置 8 套应急照明集中电源装置。应急照明系统的后备电源持续供电时间不小于 90 分钟。

4.消防负荷按照一级负荷供电，由变电所两段 0.4kV 低压母线分别提供两路电源，双路供电，末端切换。

5.用房内风机、空调等负荷由变电所一段母线供电，当该路电源失电时，切除改负荷。

6.为便于节能，屋顶设置太阳能热水器装置，为建筑物提供热水热源，太阳能热利用系统中的太阳能集热器设计使用寿命应高于 15 年。

7.1.5.3 照明设计

1.建筑用房照明依据《建筑照明设计标准》（GB50034-2013）进行设计。

2.照明灯具为节能型 led 灯具，要求具有较好的光效和配光性能，避免眩光，整灯光效不小于 95lm/W。

3.备用照明采用 EPS 电源装置，设置 1 套装置于变电所中。EPS 平时采用交流供电，事故时由直流经逆变成交流电源继续为备用照明供电。

4.在管理区走道、设备房间等设置 A 型消防应急灯具。在楼梯、通道及通道转弯处附近，当不能直接看见或不能看清出口标志灯时，应设置指向标志灯。指向标志灯安装高度距地面高度一般为 0.3m，特殊部位不大于 1.0m，且安装间距不大于 10m。安全出口标志灯的安装部位距地不低于 2.0m。；在走道转角区，不大于 1.0m，指示标识应符合 GB 13495 的相关规定。

5.疏散照明由疏散照明灯、疏散指示标志灯组成。备用照明设置于配电室、值班室、设备室、监控中心，其中配电室等发生火灾时仍需坚持工作的区域，备用照明照度保持正常照明的 100%照度值。疏散照明照度疏散走道不低于 0.5Lx、楼梯及楼梯间内不低于 5lx。

7.1.5.4 设备安装

1.室内配电箱除单独注明外均为明装，配电箱底边距地 1.4。

2.除注明外，开关、插座分别距地 1.4m、0.3m 暗装。

3.消防用电气设备应标注明显的“消防”标识；按消防产品的有关规范选择。

4.电气设备须满足《建筑节能与可再生能源利用通用规范》3.3 章节要求。

7.1.5.5 电缆选型及线路敷设

1.低压电缆电压等级为 0.6/1kV，各分支导线电压等级为 750V。配电线路均采用 BYJ 型铜芯线。

2.各电缆沿墙或埋地敷设时穿钢管保护，电缆支架上采用明敷设，照明配电线缆均穿镀锌钢管（SC）保护，接地单芯导线采用 PVC 管保护。

3.配电线路中 PE 线采用与 N 线同截面的 BYJ 线。

4.线缆穿越伸缩缝、沉降缝时应采取相应的保护措施。电缆穿越楼板、不同的防火分区时应按照相关规范要求实施防火封堵。

7.1.5.6 建筑物防雷、接地系统及安全措施

1. 建筑防雷类别均为三类，弱电设备室、监控中心内电子信息系统雷电防护等级为 C

级。建筑物的防雷应满足防直击雷，防雷电感应及雷电波的侵入，并设置总等电位联结。

2. 本工程防雷接地、电气设备的保护等的接地共用统一接地极，要求接地电阻不大于 1Ω，实测不满足要求时，增设人工接地极。

3. 凡正常不带电，而绝缘破坏有可能呈现电压的一切电气设备金属外壳均应可靠接地。

7.1.6 综合监控设计

7.1.6.1 设计依据

《建筑设计防火规范》（GB50016-2014）（2018 版）；

《城市道路工程技术规范》（GB51286-2018）；

《城市道路交通设施设计规范》（GB50688-2011）；

《城市道路工程设计规范》（CJJ37-2012）；

《城市地下道路工程设计规范》（CJJ221-2015）；

《火灾自动报警系统设计规范》（GB50116-2013）；

《火灾自动报警系统施工及验收规范》（GB 50166-2019）；

《公路隧道火灾报警系统技术条件》（JT/T 610-2004）；

《火灾报警控制器》（GB 4717-2005）；

《数据中心设计规范》（GB50174－2017）；

《视频安防监控系统工程设计规范》（GB50395-2007）；

《公共广播系统工程技术规范》（GB 50526-2010）；

《安全防范工程技术规范》GB50348-2018。

7.1.6.2 系统组成

本项目设置 1 处独立的管理中心对隧道进行管理。按照规范要求运营管理中心应符合交通管理、电力供给、防灾报警、设备监控，以及应急处理和全线信息的集散与交换等的要求。

7.1.6.3 隧道监控中心

本项目运营管理中心设置以集中控制、“人机”结合、“以人为本”为基本思想，将隧道局部区段及其具体情况以大型屏幕方式、中央计算机方式、控制台方式有机结合、表示出来，达到隧道运作、管理大脑和核心的作用。所有对内、对外的信息均从这里出入、存储和处理。中央控制管理系统主要设备有：数据库服务器、I/O 服务器、磁盘阵列、各管理工作站、核心交换机、LED 显示屏以及综合控制台等组成。中央级网络设备及网卡均采用双冗余配置。

系统设置双机热备服务器，负责从底层的现场光纤环网上采集各个监控设备送上来的数据信息，然后将处理好的数据通过监控中心的上层以太网送到数据库服务器中保存，以保证高响应性和供统计分析时使用。所有监控用的客户机以及网管机都选用高性能品牌 PC 机。系统还配有独立的网络打印机，各客户端可以通过控制中心的上层以太网进行网络打印。计算机网络采用 1000M 以太网，监控中心内交换机为确保可靠性，采用交换机双机备份。各计算机、服务器、打印机等和以太网交换机连接，构成管理分中心千兆局域网。

隧道监控中心内设置小间距 LED 拼接显示屏，嵌装在统一色调、式样的骨架体上。显示屏可将隧道内的视频图像以画面分割或拼接放大的方式显示在 LED 屏幕上，供值班人员进行现场视频巡查和事件确认。此外，显示屏动态界面显示还包括：隧道中的 CO/VI 显示，隧道中的照度仪显示，电力调度屏上的各种表计、开关显示等，隧道的使用状况、车辆数、平均车辆速度和车辆占有率等交通量数据，外场可变情报板的显示内容，车道信号灯相应的工作状态，紧急电话、手动报警按钮及火灾自动探测器工作情况，监控电源故障情况，日期、时间和天气情况显示等。静态界面显示：整个供配电系统主接线图，固定显示各种表计、日期、时钟，可直接操作重要设备运行等。

监控大厅设置综合控制台，综合控制台上设置隧道内交通监控工作位、视频监控工作位、紧急电话和有线广播工作位、火灾报警管理工作位、环境和设备监控管理工作位以及其他内务工作位。

弱电机房内设置机柜，用于所有隧道内监控设备及附属用房内监控设备安装。

中控室设备供电负荷等级为一级负荷中的特别重要负荷，故在管理中心设备房设置 1 套

80KVA 的 UPS 电源为中控室机房内设备供电，UPS 蓄电池配置容量为支持 2h 后备运行时间，一台 5KVA 的 UPS，供火灾报警主机使用，后备电源不小于 3h。

机房和监控大厅所有供电线缆、信号线缆均采用桥架或线槽敷设，机房内和监控大厅内的供电线缆采用 200mm*100mm 线槽敷设在静电地板下，监控大厅内的信号线缆采用 200mm*100mm 线槽敷设在静电地板下。

1）系统监视功能

系统主要接受各子系统上传的如下信息：火灾报警信息：报警信号；联动设备反馈信息；紧急电话呼叫信息：呼叫时间、地点；隧道口部照明灯投切情况；隧道通风设备的工作状态反馈信息；隧道摄像机画面等。

2）系统控制功能

系统提供自动控制、人工干预控制的选择方式。正常情况下，系统自动判断选择预制的交通控制方案，经值班员确认后下达控制指令。异常情况下，采用人工干预，中断正常程序，进入紧急处理程序，确认紧急电话、火灾报警等报警信息后下达控制指令。由各子系统读取中央控制管理系统下传的命令且分别处理、运算后，发布控制命令。系统内设备的操作控制须经严格授权。

3）系统报警功能

当设备发生故障或出现事故时，自动进行人机界面的画面提示报警，以及中文语音报警，提醒值班人员注意。

4）事件记录功能

系统对隧道相关设备的状态信息、报警信息、以及操作信息进行记录，供值班人员随时调用、显示、打印。

5）显示功能

系统组态采用当前较为成熟的图控软件，基本覆盖工程系统中所有的功能，提供图形、数据、图像等多种显示方式。提供报表、表格、趋势图等查询方式，为值班人员提供良好的人机界面和操控手段。

6）软件其它功能

系统内所有计算机在统一的软件平台上工作。操作具有安全防护，并具备分级保密功能。应用软件采用模块化设计，具备较强的冗余、校验、检错、纠错及自恢复功能。

7）协调处理功能

通过系统专用电话，在事故情况下，中控室管理人员及时通知消防、救护、警察等部门，必要时现场指挥处理，疏散交通。系统预留通讯接口，以便于远期向上级管理部门传送隧道交通流参数、相关监控设备的状态等信息。

7.2 南岸隧道设备房

7.2.1 设计依据

各专业、系统设计依据同北岸隧道运营管理中心。

7.2.2 建筑设计

南岸设备房主要设置隧道地面变电所、隧道出地面疏散楼梯、隧道排风口、新风口，为满足供配电规范要求及经济合理性，隧道及地下设备用房疏散、通风、综合管线合理布局设置一层地面设备房；隧道变电所、疏散楼梯及风亭设置在靠近隧道主线，隧道设备房结合盾构工作井设置在上陡门浦公园绿地内；地面设备房用地面积 749 平方米，地面建筑面积约 383.2 平方米，变电所范围设置夹层连通南岸盾构工作井。

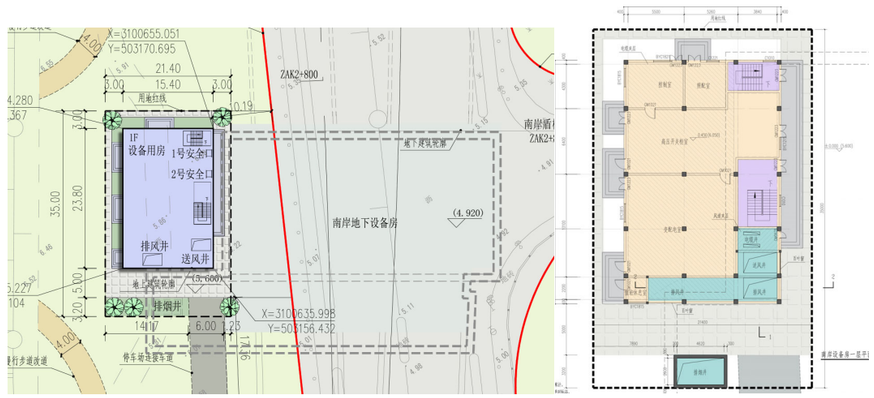


图 7.2.2-1 南岸设备房平面图



图 7.2.2-2 南岸设备房效果图

7.2.3 结构设计

7.2.3.1 结构选型

本工程结构设计使用年限为 50 年，环境类别一类、二（a）类；

本工程采用现浇钢筋混凝土框架结构体系，地上一层，建筑抗震设防类别为丙类，建筑结构安全等级为二级， 抗震设防烈度为 6 度，设计基本地震加速度 0.05g，框架抗震等级四级；楼面及屋面板采用现浇钢筋混凝土梁板。

因地基为淤泥夹粉砂，采用水泥搅拌桩（湿法）对地基进行加固处理，基础形式采用筏板基础，厚度 600mm。

7.2.3.2 主要结构材料

钢筋采用 HPB300 级、HRB400 级钢筋；

混凝土强度等级：基础垫层 C20，圈梁构造柱 C25，其余部位 C35。

7.2.4 通风空调设计

7.2.4.1 设计原则及标准

1.室外设计参数

1）通风室外计算温度：夏季 31.5℃；冬季 3.4℃

2）夏季最多风向：C　ESE

3）夏季室外平均风速：2.0m/s

4）冬季最多风向：C　NW

5）冬季室外平均风速：1.8m/s

6）夏季空气调节室外计算干球温度：33.8℃

7）夏季空气调节室外计算湿球温度：28.3℃

8）夏季室外大气压力：100.7kPa。

9）冬季室外大气压力：102.3kPa。

2.室内设计参数

表 7.2.4-1 参数表

房间名称	室内计算温度（℃）/湿度（%）		最小新风量（m3/h 人）	换气次数（次/h）	噪声 dB（A）
	夏季	冬季			
值班休息室	27℃/40~60	18	30	6	≤45
照配室	27℃/40~60	18	/	6	≤55
变配电室	36℃	18	/	12	≤55
高压开关柜室	36℃	18	/	12	≤55
控制室	27℃/40~60	18	/	6	≤55

3.防排烟设计标准

设备管理用房采用自然排烟，自然排烟口的净面积不小于该场所建筑面积的 2%，排烟口距离该防烟分区最远点的水平距离不应超过 30 米。

7.2.4.2 管理用房空调通风系统布置

1.空调系统

项目管理用房共设置 1 套多联空调系统，负责一层变配电室、控制室、照配室、高压开关柜室。共设置 6 台单冷型室内机及一台室外机。房间室内机采用四面出风嵌入式，具体位置根据建筑装修设计确定。管路配置、安装、调试应由专业技术人员承担，以确保系统可靠安全运行，冷媒管最大等效配管长度应控制在 80m 内，末端到第一分歧管的配管长度不超过 40m。冷凝水集中就近排放，以 1%坡度坡向排放点，并用高阻燃橡塑泡沫管壳保温。

值班休息室单独设置一台分体空调。

2.机械通风系统

高低压配电室等设备房间设置一套机械通风系统排除房间内余热。

3.排烟及加压系统

变配电室、高压开关柜室等设置气体灭火，不设置排烟系统。值班室等满足自然排烟要求，房间内净高二分之一以上部分设置不小于建筑面积 2%的自然排烟窗；详见建筑专业。

7.2.4.3 控制

多联体空调室外机、风机就地控制；室内机通过有线遥控器就地控制。

7.2.4.4 环保

设计中选择噪声小、运转平稳的设备，多联体空调系统室外机设置隔震垫。

7.2.4.5 主要设备材料表

设备房设备表

序号	名称	型号及规格	单位	数量	备注
1	多联空调室外机	冷暖型室外机 Q=123.5/137.5kW、N=33.7/35.0kW、380V	台	1	
2	多联空调室内机	单冷型室内机，Q=11.2kW 、N=0.2kW 、220V，四面出风式	台	5	自带凝水提升装置，提升高度≥800mm
					其中四面出风式均自带风口百叶
3	多联空调室内机	单冷型室内机，Q=8.0kW 、N=0.2kW 、220V，四面出风式	台	1	自带凝水提升装置，提升高度≥800mm 其中四面出风式均自带风口百叶
4	分体空调	壁挂式 Q=2.6/3.0kW 、N=0.83kW 、220V，	台	1	
5	轴流风机	风量：18000m3/h，全压：350Pa，380V/3.7kW,噪音≤60dB（A），自带软接、就地控制箱	台	2	
6	管道式消声器	接管尺寸：1000×500,L=800	套	4	
7	防烟防火阀	外形尺寸 1000X500mm	个	2	
8	电动防烟防火阀	外形尺寸 1000X400mm	个	2	
9	电动防烟防火阀	外形尺寸 800X400mm	个	2	
10	电动防烟防火阀	外形尺寸 400X200mm	个	4	
11	止回阀	外形尺寸 1000X500mm	个	2	
12	双层百叶风口	外形尺寸：800×500，铝合金，带人字调节阀	个	4	
13	双层百叶风口	外形尺寸：500×320，铝合金，带人字调节阀	个	2	
14	单层百叶风口	外形尺寸：800×500，耐高温 280°/h，铝合金，带人字调节阀	个	4	
15	单层百叶风口	外形尺寸：500×320，铝合金，带人字调节阀	个	2	

16	双面彩钢复合风管	不燃 A 级,导热系数≤0.023W/m.K,抗压强度 300Kpa,δ=30mm；耐火时间不小于 1.5h；内层彩钢板厚度不小于 1.5mm	㎡	150	
17	变径管（天圆地方）	规格尺寸根据设备接口及相应风管尺寸确定，采用 1.2mm 镀锌钢板制作，耐高温 280°/h	个	4	
18	防火板	板材厚度不小于 12mm，耐火极限不低于 1.5h	㎡	15	
19	自动排气阀	DN25，PN16	个	2	
20	热浸镀锌钢管	DN40，PN16	m	8	
21	热浸镀锌钢管	DN32，PN16	m	8	
22	热浸镀锌钢管	DN25，PN16	m	8	
23	冷媒管	内含 VRV 液管、气管及电线电缆	m	15	
24	分歧管		个	5	
25	泡沫玻璃		项	1	
26	VRV 空调系统集中控制器		套	1	
27	VRV 空调系统线控器	每台室内机一套	个	6	
28	橡塑管壳（室内冷媒管保温）	δ=30mm,密度 64kg/m^U3^U,导热系数≤0.038W/m.K;外缠 3 层不燃玻璃布，再刷防火涂料	m³	0.5	
29	橡塑管壳（室外冷媒管保温）	δ=30mm,密度 64kg/m^U3^U,导热系数≤0.038W/m.K;外缠 3 层不燃玻璃布，再刷防火涂料	m³	0.5	
30	热镀锌桥架	热镀锌钢板厚度不小于 1.2mm，尺寸：100x100～300x100mm	项		冷媒管敷设
31	支吊架型钢组合		项	1	
32	抗震支吊架		套	20	
33	不锈钢防虫网	孔径 10mm	项	1	
34	管道标识		项	1	
35	防火封堵		项	1	
36	混凝土		项	1	

7.2.5 给排水及消防设计

7.2.5.1 概要

（1）给水设计原则

①给水水源采用城市给水管网供水，不设备用水源；

②采用生产、生活和消防分开的给水系统；

③给水系统必须满足本工程生产、生活对水量、水质、水压的要求。

（2）排水设计原则

①排水遵循高水高排，低水低排，分散就近排放的原则，各类废水及敞开部分的雨水分段集中，经泵提升后，分别纳入市政雨、污排水系统；

②设备房生活污水直接排入城市污水系统；

③执行国家关于环境保护的政策，符合国家的有关法规、规范及标准；

（3）消防设计原则

①消防设计贯彻“预防为主，防消结合”的消防工作方针；

②本工程同一时间内发生火灾数按一处考虑；

③消防给水系统应安全可靠，并满足各用水点对水量、水质和水压的不同要求；

④设备房室外设置消火栓，室内设置灭火器，以迅速可靠地扑灭各类初期火灾；

⑤设备房配电间等场所设置气体灭火系统；

⑥报警系统迅速、准确可靠，消防救援及时。

7.2.5.2 设计参数

1.雨水管渠按暴雨重现期 10 年一遇设计，坡面集流时间按计算确定，径流系数 0.9。

2.室外消防用水量取 15L/s，火灾延续时间按 2 小时计。

7.2.5.3 生产、生活给水系统

南岸设备房室内外无用水点。

7.2.5.4 消防系统

1.消防水源

本工程位消防给水就近取自市政管网。

南岸设备房从市政管网就近引入一路 DN100 给水管，为管理用房提供消防水源。市政管网压力按 0.14MPa 计。

2.消火栓系统

设备房共一层，体积约 2000m3。按照《消防给水及消火栓系统技术规范》，室外消防用水量为 15L/s,室内不设消火栓。本项目室外消防为市政低压制，在设备房附近设置 1 处室外消火栓，接自市政给水管。

3.灭火器配置

在设备房内设置翻盖式灭火器材箱若干，每个灭火器箱内设 MF/ABC-5 移动式灭火器 2 具。

4.气体灭火系统

在配电间、机柜间等重要设备室设置柜式七氟丙烷灭火系统。配电室气体设计浓度为 9%，喷射时间不大于 10s；机柜间设计浓度为 8%，喷射时间不大于 8s。气体灭火系统防护区净高 2/3 以上设置泄压口。

4.管材

（1）排水管道

室内重力流污废水排水管采用 UPVC 管，承插式粘接连接；室内雨水管采用 HDPE 承压排水管，承插连接。

室外埋地重力流排水管采用 HDPE 双壁波纹管，橡胶圈接口。

（2）消防管道

设备房室外埋地消防管采用球墨铸铁管，柔性橡胶圈接口。

5.阀门

（1）室外消防给水管采用球墨铸铁闸阀，工作压力 1.0MPa。

7.2.6 动力照明设计

7.2.6.1 供配电设计

1.在南岸设备房设计一处 10kV/0.4V 变电所，接引两路市政 10kV 电源，两路电源共同为隧道南侧用电负荷提供电源。（变电所供配电部分的设计内容详见隧道供配电章节）

2.用房内动力、照明用电分别由变电所 0.4kV 侧开始放射式配电。

3.根据《消防应急照明和疏散指示系统技术标准》（GB 51309-2018）设置集中控制型系统，在监控中心设置应急照明控制器，管理中心园区设置 4 套应急照明集中电源装置。应急照明系统的后备电源持续供电时间不小于 90 分钟。

4.消防负荷按照一级负荷供电，由变电所两段 0.4kV 低压母线分别提供两路电源，双路供电，末端切换。

5.用房内风机、空调等负荷由变电所一段母线供电，当该路电源失电时，切除改负荷。

6.为便于节能，屋顶设置太阳能热水器装置，为建筑物提供热水热源，太阳能热利用系统中的太阳能集热器设计使用寿命应高于 15 年。

7.2.6.2 照明设计

1.建筑用房照明依据《建筑照明设计标准》（GB50034-2013）进行设计。

2.照明灯具为节能型 led 灯具，要求具有较好的光效和配光性能，避免眩光，整灯光效

不小于 95lm/W。

3.备用照明采用 EPS 电源装置，设置 1 套装置于变电所中。EPS 平时采用交流供电，事故时由直流经逆变成交流电源继续为备用照明供电。

4.在管理区走道、设备房间等设置 A 型消防应急灯具。在楼梯、通道及通道转弯处附近，当不能直接看见或不能看清出口标志灯时，应设置指向标志灯。指向标志灯安装高度距地面高度一般为 0.3m，特殊部位不大于 1.0m，且安装间距不大于 10m。安全出口标志灯的安装部位距地不低于 2.0m。；在走道转角区，不大于 1.0m，指示标识应符合 GB 13495 的相关规定。

5.疏散照明由疏散照明灯、疏散指示标志灯组成。备用照明设置于配电室、值班室、设备室、监控中心，其中配电室等发生火灾时仍需坚持工作的区域，备用照明照度保持正常照明的 100%照度值。疏散照明照度疏散走道不低于 0.5Lx、楼梯及楼梯间内不低于 5lx。

7.2.6.3 设备安装

1.室内配电箱除单独注明外均为明装，配电箱底边距地 1.4。

2.除注明外，开关、插座分别距地 1.4m、0.3m 暗装。

3.消防用电气设备应标注明显的“消防”标识；按消防产品的有关规范选择。

4.电气设备须满足《建筑节能与可再生能源利用通用规范》3.3 章节要求。

7.2.6.4 电缆选型及线路敷设

1.低压电缆电压等级为 0.6/1kV，各分支导线电压等级为 750V。配电线路均采用 BYJ 型铜芯线。

2.各电缆沿墙或埋地敷设时穿钢管保护，电缆支架上采用明敷设，照明配电线缆均穿镀锌钢管（SC）保护，接地单芯导线采用 PVC 管保护。

3.配电线路中 PE 线采用与 N 线同截面的 BYJ 线。

4.线缆穿越伸缩缝、沉降缝时应采取相应的保护措施。电缆穿越楼板、不同的防火分区时应按照相关规范要求实施防火封堵。

7.2.6.5 建筑物防雷、接地系统及安全措施

1.建筑防雷类别均为三类，弱电设备室、监控中心内电子信息系统雷电防护等级为 C 级。建筑物的防雷应满足防直击雷，防雷电感应及雷电波的侵入，并设置总等电位联结。

2.本工程防雷接地、电气设备的保护等的接地共用统一接地极，要求接地电阻不大于 1Ω，实测不满足要求时，增设人工接地极。

3.凡正常不带电，而绝缘破坏有可能呈现电压的一切电气设备金属外壳均应可靠接地。

7.2.7 综合监控设计

7.2.7.1 火灾自动报警系统

在地上设备房控制室、照配室、高压开关柜室、变配电间等设置感烟探测器；在控制室、照配室、高压开关柜室、变配电间设置感温探测器；在出入口、控制室、照配室、高压开关柜室、变配电间等设置声光报警器；在控制室、照配室、高压开关柜室、变配电间消防电话分机；走廊及出入口设置手动报警按钮；

7.2.7.2 视频监控系统

地上设备房控制室、照配室、高压开关柜室、变配电间等场所设置视频监控。

7.3 交通工程设施

隧道及两端接线按照须要设置必要的交通工程沿线设施，为给驾驶员提供足够的信息和安全保障，全线应设计完善的交通设施。安全设施的设计要突出本项目现代化、人文化的特点；突出“以人为本”的理念，通过为使用者提供更加人性化和周道的服务，全面提升隧道的安全性和服务功能。

安全设施应确实做到保障交通安全，最大限度地降低事故的严重度，而不能使安全设施成为新的危险物。护栏、交通标志等设施，应从安全的角度出发，一方面充分发挥其功能，保障交通的安全和畅通，另一方面，本设计还应尽最大限度考虑所有设施的安全性。如交通标志等设施一旦遭到失控车辆冲撞的情况下，尽量通过标志设施的解体以减少驾驶员和乘客

的伤亡。

为充分发挥安全设施的作用，布设时还应注意各类设施的协调设置，使其共同发挥功能。如固定标志和可变信息标志相结合、道路标志与路面文字标记相配合、洞内和洞外安全设施的配合等。

安全设施的主要内容包括：隧道内标志标线和道路交通标志和标线、防撞护栏、隔离设施、防眩设施、诱导设施等。

7.3.1 侧平石

侧平石是由侧石和平石组成，用以划分车行道与人行道的界线，是路面排水的重要设施，同时又起着保护道路面层结构边缘的作用。侧石：对人行道、安全岛、绿化带承受侧向压力，并与平面构成路面排水沟，侧石纵坡一般平行于道路纵坡，侧石顶面也是人行道边口，高于平石顶面 12-18cm；平石：确定车行道的宽度，保护路面面层结构边缘，与侧石一起构成路面排水沟。

侧平石从形式分有常规的分离式和一体化侧平石，分离式侧平石的侧石和平石是分别预制、施工，通过平石的纵坡调整形成锯齿形排水沟，对道路纵坡的设计没有要求；一体化侧平石是浇注为一体化的构件，自重较大，施工、安装有一定难度，安装后的强度和稳定度比分离式好，一体化的侧平石是通过道路纵坡的起伏实现对雨水的顺坡导流排放的。从规划控制标高看，场地的规划标高和道路的控制标高比较平坦，基本与现状标高持平，道路的设计纵坡起伏较小。采用一体化侧平石不利于路面排水，因此，采用分离式侧平石形式。

从材质分侧平石有预制水泥砼侧平石和花岗岩侧平石两种，本工程采用花岗岩侧平石。

7.3.2 无障碍设施

在本次计中无障碍设计需在道路路段人行道、沿线单位出入口、道路交叉口、公交车站等处设置，满足视力残疾者与肢体残疾者以及体弱老人、儿童等利用道路交通设施出行的需要。

无障碍设施，在道路路段上铺设视力残疾者行进盲道，以引导视力残疾者利用脚底的触感行走。行进盲道在路段上连续铺设，行进盲道宽度 0.50m，行进盲道转折处设提示盲道；对于确实存在的障碍物，或可能引起视残者危险的物体，采用提示盲道圈围，以提醒视残者绕开。同时路段人行道上不设有突然的高差与横坎，以方便肢残者利用轮椅行进。如有高差或横坎，以斜坡过渡，斜坡坡度满足 1：20 的要求。

道路交叉口人行道在对应人行横道线的缘石部位设置缘石坡道，其中单面坡缘石坡道坡度为 1：20，三面坡缘石坡道坡度为 1：12。坡道下口高出车行道的地面不得大于 20mm。交叉口人行横道线贯通道路两侧，经过道路与隔离带处压低高度，满足轮椅车通行。在交叉口处设置提示盲道，提示盲道与人行道的行进盲道连接。

7.3.3 容错车道及检查亭的设计

根据《道路隧道设计规范》，在隧道入口处设置道口检查亭，与引道口距离不小于 30m。同时检查亭与引道口之间应设置违章车辆的出口车道。

7.3.4 交通标志标线

1.设计标准

1）设计年限

交通标志使用年限为 10 年，标线使用年限为 2 年；

2）路面标线材料

热熔型涂料厚度=2.5mm，抗滑值不小于 45BPN；

3）标线亮度因数

白色标线应≥0.35，黄色标线应≥0.27；

4）逆反光亮度系数

白色标线不应低于 150mcd•m-2•lx-1，黄色标线不应低于 100mcd•m-2•lx-1；

5）标志牌等级

指路及分道指示牌 V 类，其它 IV 类；

6）杆件抗风等级

12 级，标志牌材料：铝合金；

7）LED 自发光标志

隧道内标牌采用 LED 背投式自发光标志；

8）薄型彩色防滑铺装

对于隧道洞口内外及隧道圆曲线段，间隔 50m 设置长度为 5m 的彩色防滑薄层铺装；隧道直线段基本位于其中间位置，一组三个，间距为 50m，用于提醒驾驶员控制车速，提高行车安全。

2.交通标志

交通标志设计以完全不熟悉本公路及其周围路网体系的外地司机为设计对象。主线及隧道口设警告、指示、指路等标志；在被交道路上设置禁令、警告、指示、指路标志。此外结合线形变化布设视线诱导标等标志。

平面交叉等位置是标志布设的关键部位。若该段布设标志过多，易造成信息过载从而引起司机眼花缭乱，影响标志功能的发挥。此处应尽量减少不必要的标志，对重要的标志还要验算驾驶员的反应时间及标志的前置距离。

对于局部单向交通管制的路段，根据交通管理的需要设置必要的指示及禁令标志。隧道内的标志、标线应体现隧道工程的特点，加强驾驶员在隧道内安全行车的意识，并满足简洁明了、可视性好的要求。

隧道内的标志主要包括隧道标志、限高标志、紧急电话指示标志、消防设备指示标志、行人横洞指示标志、行车横洞指示标志、紧急停车带标志、疏散指示标志等。

隧道内的标线主要包括道路标线、轮廓标以及突起路标等。

表 7.3.4-1 隧道内标志、标线设置一览表

序号	名称		主要功能及技术指标
1	隧道标志		指示隧道名称和长度
2	限高标志		限制车辆装载高度
3	紧急电话指示标志		电光标志、内部照明、双面显示
4	消防设备指示标志		电光标志、内部照明
5	疏散指示标志		电光标志、内部照明、单面显示
6	车行横洞指示标志		电光标志、内部照明、双面显示
7	道路标线		热熔型反光标志、纵向指示
8	轮廓标		黄、白色反射器
9	突起路标		加强路面标线的视觉效果

本工程标志版面反光膜按《道路交通反光膜》（GB/T18833-2012）执行。标志板衬底、图案和文字均采用 V 类微棱镜型反光膜。根据标志的支撑按版面的大小以及识别要求分别采用单柱式、双悬臂式、附着式、门架式等，设计荷载考虑风荷载，基本风压值 0.6kN/m^2。



图 7.3.4-1 洞口标志牌示意图

为推进道路杆件及相关设施的集约化建设和规范化设置，本次交通标志杆件采用与照明

智慧灯杆合杆设计。



图 7.3.4-2 道路智慧合杆示意图

3.交通标线

隧道洞内车道分界线为实线，禁止车辆变换车道。隧道洞口路段设置彩色防滑标线，提到警示和防滑作用。

本工程严格按《城市道路交通标志和标线设置规范》（GB51038-2015）和道路等级的要求设计。道路标线有车道边缘线、车道分界线、导向箭头等。标线材料应具有良好的耐磨性、防滑性和辨认性。本工程采用热熔型道路标线漆，标线涂料厚度一般为 1.8～2.5mm。

交通标线共分以下几种：

（1）车道边缘线：白色实线，线宽 0.15m。

（2）车道分界线：禁止跨越同向车行道分界线为白色实线，线宽为 0.15m；可跨越同向车行道分界线为白色虚线，线宽为 0.15m，主线高架桥和隧道段的虚线段线长 6m，间隔 9m。地面辅道和交叉口处的虚线段长 2m，间隔 4m。

（3）停止线：白色实线，线宽 0.4m；

（4）人行横道线：白色实线，线宽 0.4m，线长 5m，两线间净距 0.6m。

（5）导向箭头：白色导向箭头，长 6m。

（6）导向车道线：白色实线，线长 40m，线宽 0.15m。

（7）导流线：在交通合流或分流处为白色 V 型线，外围线宽 0.15m，内部填充线宽 0.4m，间隔 1m，倾斜角为 45°，V 形尖端面向车流方向。白色斜纹导流线的外围线宽 0.15m，内部填充线宽 0.4m，间隔 1m，倾斜角为 45°，方向顺应两侧行车方向。

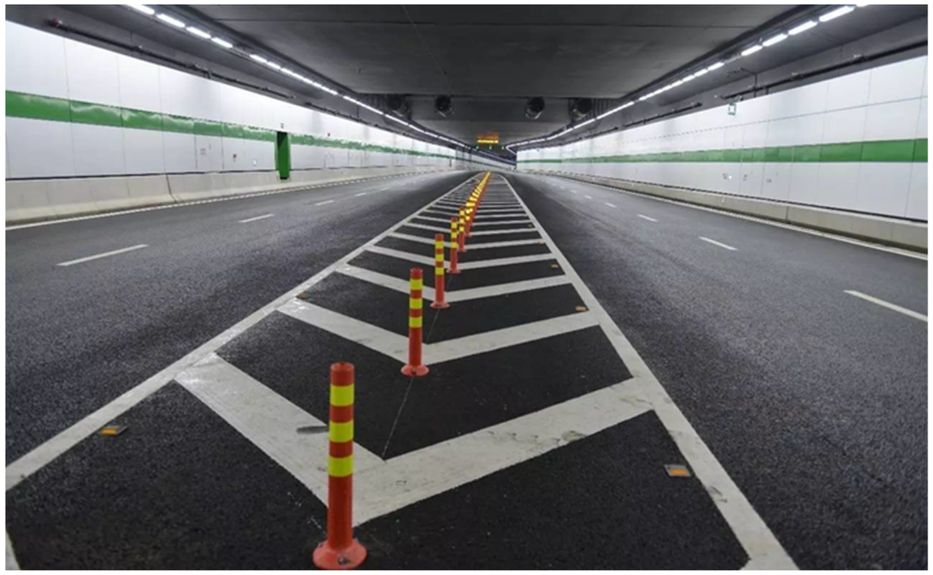


图 7.3.4-3 隧道内标志标线示意图

7.3.5 凸起路标

突起路标有两大功能：增强反光性和震动性能。突起路标的振动性能高于振动标线，但舒适性低于振动标线。本设计在隧道内沿车道边缘线和车道分界线设置突起路标。考虑到隧道有时需要单洞关闭采用双向行车，因此突起路标采用双面反光型。

7.3.6 视线诱导设施

常用的视线诱导设施有轮廓标、分流诱导标、合流诱导标、线型诱导标等。

轮廓标均采用柱式和附着式，柱式设于中央分隔带、无护栏的路侧；附着式安装在波形梁护栏或墙式护栏上；一般路段的轮廓标为定向反光，行车方向的左侧为黄色，右侧为白色。

隧道内采用 LED 轮廓标，自动闪烁发光；分、合流诱导标设于互通式立交的匝道分、合流端。

7.3.7 智慧交通设计

项目智慧交通设施设计主要包括交叉口信号灯系统、高清电子警察系统、视频监控系统、车辆智能监测记录系统和交通诱导系统。

交叉口信号灯系统：大型交叉口采用信号灯控制，有效管控交叉口秩序，有效疏导交叉口交通流，确保人行安全及车辆安全高效行驶。

高清电子警察系统：大型交叉口设置高清电子警察，对车辆闯红灯的抓拍，对车辆不按道行驶的抓拍、车辆逆行的抓拍、车辆压线的抓拍、治安卡口、交通流量及交通事件监测、高清视频录像等功能，进一步实现了对城市路口的管理。

视频监控系统：大型交叉口设置视频监控系统，对道路视频实时监控，实现道路交通违法行为的手动报警和证据保留功能；实现各类所需抓拍功能，能通过现有管理软件，自动对抓拍的事件保留违法处罚的证据，能完全兼容接入到现有系统良好运行。

车辆智能监测记录系统：俗称“道路智能卡口”，该系统通过对被监控路段的每一台机动车辆的前部特征图像（车牌类型及号码）和车辆全貌（颜色、车辆长度等）进行连续全天候实时记录，对抓拍到的车辆图像进行自动识别并对车辆进行动态布控，对超速、逆行等非法行驶行为的车辆进行抓拍，可为侦破案件提供重要线索与依据。

交通诱导系统：交通控制中心通过对交通信号控制系统、交通流检测系统、交通视频监控系统获取的路面实时交通信息进行处理后发布，使道路交通使用者和管理者能及时准确地了解所需要的交通信息。利用可变交通诱导标志进行交通诱导是最主要的交通诱导方法之一。

为实现通信塔与路灯、监控、交通指示等杆塔资源双向共享，本项目采用“多杆合一”形式。以智慧路灯搭载的相关设备为触手，结合智慧道路信息监控平台、交通数据运算平台、交通诱导系统，通过对人车、事件的实时分析，合理分配城市交通资源，减少交通负荷和环境污染、保证交通安全、提高运输效率。

多杆合一智慧灯杆功能示意：

➢合杆第一层：高度 0m-2.5m

适用设备：检修门、舱内设备、管线等。

➢合杆第二层：高度 2.5m-5.5m

适用设备：路名牌、警告标识、禁令标识、人行信号灯、人脸识别、作业区临时标识、智能设备（环境检测）等。

➢合杆第三层：高度 5.5m-8m

适用设备：人行红绿灯、摄像头、指路牌、分道指示牌、警告标识、禁令标识、云台、上部检修门等。

➢合杆第四层：高度 8m 以上

适用设备：路灯、基站天线等。

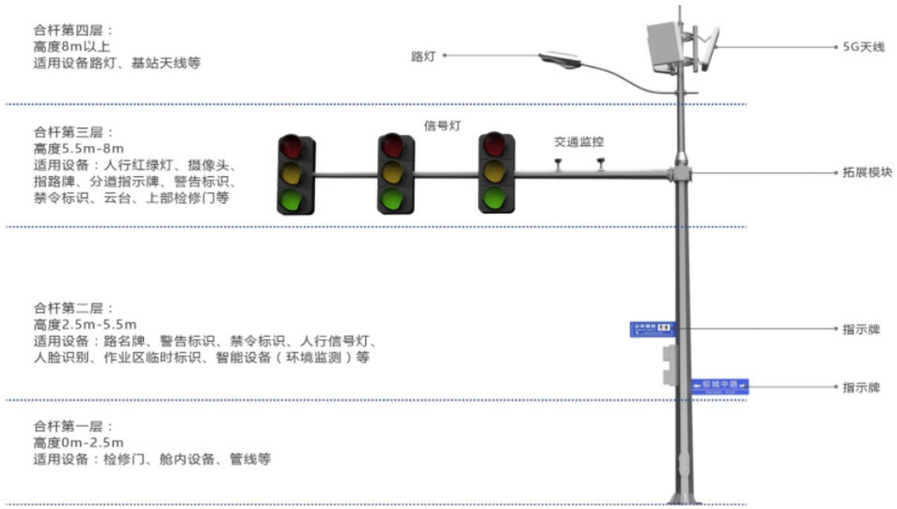


图 7.3.7-1 道路智慧灯杆示意图

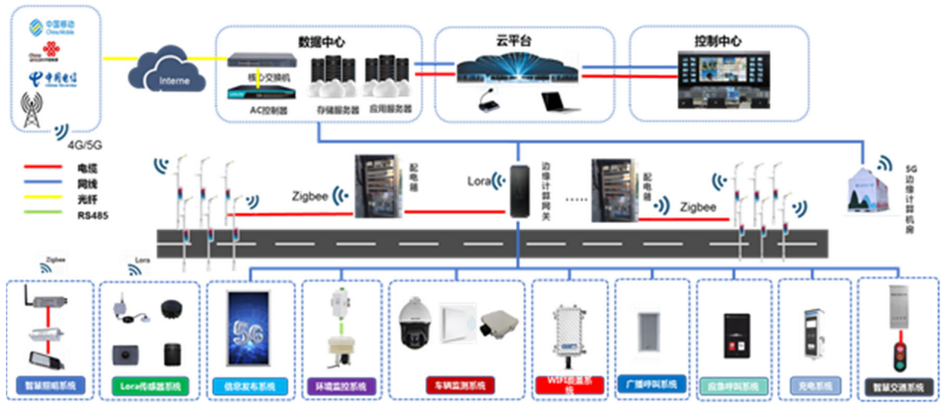


图 7.3.7-2 道路智慧灯杆系统构造图

8 防灾与救援设计

8.1 概述

隧道在运营期间存在多种风险，防灾救援困难，交通事故风险和火灾风险是最主要的风险。其中交通事故风险频率较高，风险较低；火灾风险频率较低，风险较高。故本项目需针对火灾风险采取针对性的应对措施，应建立完备的防灾救援与疏散体系，并应建立专门的管理机构进行管理，制定完善的管理措施，并应动用社会力量，做好防灾救灾的教育和宣传工作，定期进行消防演练，提高防灾救灾管理水平等等。

广义的隧道防灾救援与疏散系统包括隧道主体结构防火、安全疏散通道、火灾报警、火灾排烟、消防灭火设施、应急照明、消防广播等。

8.2 设计思路

考虑到温州为沿海城市，暴雨、洪涝、台风等自然灾害频发，受自然灾害影响较大，防汛形式较为严峻，需着重考虑洪涝灾害导致隧道断电等不利因素，本项目隧道南北两岸变电所均设为地面变电所，并高出百年洪水位。隧道防灾设计采用“以防为主，防灾、减灾和救灾结合，以人为本”的设计原则，重在“防灾”，通过提高工程的安全度，从源头上降低发生灾害的风险。灾害发生后，尽可能把灾害限制在最小范围内，同时有效组织救援和人员疏散，以达到减灾和救灾的目的。

隧道工程的防灾体系是通过隧道工程结构、建筑、疏散通道、通风排烟、消防、照明、监控、供电、城市公共设施等各子系统的安全或功能的冗余设计来实现，并通过监控系统和有效的管理将各子系统构成一个有机的整体，以实现隧道总体的防灾、减灾和救灾功能，设计的主要内容如下：

1）保证隧道结构能满足强度、刚度及裂缝开展控制的要求，主体钢筋混凝土结构的保护层除了符合耐久性外，还考虑有足够的耐火能力；能够承受一定时间内 30MW 火灾高温酌烧而不坍塌，为防止火灾对隧道结构的破坏作用，在隧道的顶部设置防火涂料。

2）能够满足疏散人员有效逃生、救援人员进入的疏散通道。

3）完善清晰的安全疏散标志标牌设计，尤其是安全口诱导标志。

4）通风系统设计应确保火灾事故工况通风系统应具有的排烟功能，尽可能控制烟雾和热量扩散，逃生方案以人员迎着新风撤离，人员到达洞外的逃生路径最短为原则，以保证洞内人员及车辆迅速撤离。防排烟方案结合运营通风方案和人员疏散方案一起考虑。当隧道内发生火灾时，由隧道中央控制室按照预定程序发出有关指令，运行射流风机进行排烟，为逗留在隧道内的乘用人员、消防人员提供一定的新风量，以利于人员疏散和灭火扑救。

加压送风系统确保人员逃生通道、前室、楼梯间等区域相对火灾区域正压，保障人员疏散路径上不受烟气的侵扰。

5）遵照“预防为主，防消结合”的指导方针，道路盾构隧道全线应设有完善的消防设施，主要有：消火栓系统、灭火器系统、泡沫-水喷雾系统、自动灭火系统及火灾自动报警系统等各类便捷有效的灭火设施。隧道设置功效齐全的配套排水设施，如：所有给排水及消防管线（DN≥65）均安装抗震支吊架；在隧道洞口各设一座雨水泵房，并分别在洞口处设置横截沟，拦截雨水进入泵房集水池；在隧道最低点废水泵房均设置自带反冲洗的潜水泵，有效防止集水池内的淤积，简化养护管理，以达到及时排除隧道内雨水及各类废水，确保隧道安全运营的需要。

6）本工程为重要的市政交通工程，用电负荷量大，重要的一级负荷较多。为保证工程供电可靠性，供电部门应至少提供两路独立可靠的 10kV 专线电源，每座变配电所的两路外部电源同时运行，当一路电源失电，母联断路器自动投入，由另一路 10kV 电源对全所负荷供电。在隧道及通道中设置适当的应急照明，确保能在隧道供电中断及发生火灾时起到诱导疏散作用。

7）本工程配置 A+等级隧道监控系统，其中包括设备监控系统、视频监控系统、交通监控系统、通信系统、火灾自动报警系统等。

当隧道内火灾探测器、手动报警按钮、紧急电话等发出火灾报警信号时，隧道监控中心值班人员应立即将监控画面切换至相应的摄像机监测区段进行火灾验证并录像，当确认发生

火灾后，立即向监控中心负责人报告，请求发出红色预警信息并执行火灾应急预案，等到监控中心负责人授权后，值班人员立即执行相应的火灾应急预案，即隧道控制系统由正常工况下的系统控制方式转入相应火灾工况控制预案，进行通风、照明、交通监控系统联动控制，同时报告交警 110、火警 119、急救 120 等相关单位，并请求调派专业人员及设备到现场进行灭火和救援工作。

8）设置双电源的供电系统和防灾通风、应急照明、监控系统的耐火电缆配置。

9）建立防灾救灾系统的畅通连接，当发生火灾后，可充分利用城市公共防灾救灾体系。

10）除高科技、自动化和牢固的基础设施外，隧道管理机构对本工程的综合管理能力和紧急状况的应对能力，是隧道防灾救援系统中最基本的保证。



图　8.2-1 泡沫-水喷雾系统

8.3 隧道疏散方案设计

隧道发生火灾后，如果人员能在火灾到达危险状态之前全部疏散到安全区域，便可认为该隧道的防灾设计对于火灾中的人员疏散是安全的。

即：Rset（总的疏散时间）<Aset（可用的人员疏散时间），Rset（总的疏散时间）=预警时间（火灾报警时间）+人员响应时间（人员准备时间）+行程时间（包括到逃生口和通过逃生口的时间）。

本隧道盾构井设置了车行兼人行横向联络通道，净宽为 5 米，净高为 4.5 米，防灾疏散原则为顺车流方向进入隧道进行救援，消防救援车可根据实际情况逆向救援。人员可通过楼梯或者滑梯进入底部纵向疏散通道，再通过盾构井疏散楼梯出地面或隧道明挖段洞口疏散。

目前，国内外长大隧道的主要疏散模式主要有横向、横-纵结合、纵向三种形式。横向疏散模式即小间距横通道模式（150~500m），如香港屯门隧道盾构段长约 4.2km，共设置 44 座横向疏散通道；考虑到工程实施难度以及工程造价等因素，国内主要采用的疏散方式为大间距的横通道（间距 500~800m）与纵向辅助疏散通道设施结合的疏散模式，即横-纵结合模式；近期也有采用全纵向疏散模式的案例，如上海虹梅南路隧道、杭州钱江隧道、南京长江隧道、武汉长江隧道、杭州艮山东路隧道、佛山文华路隧道等，纵向疏散模式已得到大盾构水下隧道的广泛应用，但规范中对该模式的描述还未明确。

考虑施工风险等因素，结合同类工程实际案例，综合借鉴双层隧道上下层车道互为备用的消防救援模式，本次隧道人员疏散方案设计采取如纵向疏散+紧急救援通道形式，利用大直径盾构隧道车行道下方闲置空间组织人员疏散、消防救援通道，取消两隧道间的横通道。

充分利用大直径盾构隧道车行道下部空间比较宽敞的特点，紧凑布置管廊并设置纵向人行通道作为火灾工况下的人员逃生通道，设置专用消防救援通道进行快速消防、救援的疏散模式。采用此种救援模式可取消隧道两管间的横通道，这样将大大降低工程实施风险，减少横通道与隧道不均匀沉降带来的运营风险，提高隧道的使用寿命。在规范允许范围内，消防标准不降低的情况下提高车道层下部空间的使用效率。救援通道的出入口设置在两侧盾构工作井的车行横通道内左右两线线路中间的空舱内，救援通道可通过卷帘门与车道层直接相通，满足特定的消防救援进车辆快速进入纵向疏散通道进行有效的消防救援。东西两线的救援通道在工作井内环通形成闭合环路以适应不同情况下救援疏散的组织要求。

若采用横向疏散模式，根据《建筑设计防火规范》12.1.7 条，双孔隧道应设置人行横通

道或人行疏散通道，并应符合下列规定：人行横通道的间隔和隧道通向人行疏散通道入口的间隔，宜为 250m~300m。采用横-纵结合的疏散模式，根据《道路隧道设计标准》第 17.3.3 条，设有辅助疏散设施、泡沫－水喷雾联用灭火系统、重点排烟系统的盾构段，其人行横通道的间距不宜大于 800m，盾构隧道水下横向通道施工风险大，工程造价高。

从适用性角度分析，纵向救援疏散模式对盾构隧道相对适宜。现有隧道纵向救援疏散模式一般为利用盾构隧道行车道下方闲置空间设置专用救援疏散通道进行救援疏散。如：上海的虹梅南路隧道，隧道总长度 5.26km，隧道内径 13.30m、外径 14.5m，设计断面为单层双管，双向 6 车道，利用车道板下的空间作为安全通道，每隔 100m 设置一处逃生楼梯、每隔 100m 设置一处消防人员出入口，两出入口间距约 30m，在车行道一侧以明显的标志标明紧急出口。南京长江隧道总长度 3.474m，隧道内径 13.30m、外径 14.50m，设计断面为单层双管，隧道利用车道板下纵向通道作为疏散通道，车道层每 80m 设一处滑梯供火灾工况下乘行人员疏散，每 240m 设一处救援爬梯，供救援人员从服务层到达火灾现场，救援口与疏散口间隔设置，另参考南京长江隧道、杭州庆春路隧道、武汉长江隧道均在盾构段每 80m 设疏散楼梯或滑梯，底部纵向疏散，不设横向通道。此外，双层隧道也大都利用上下层互为疏散通道组织疏散救援，如：上海上中路越江隧道为双管双层 8 车道型式，隧道上下层每 400m 设一楼梯相互连通满足救援与疏散的需要，两隧道之间不再设横向通道。

考虑到府东路过江通道主要位于软弱淤泥质地层中，盾构隧道之间修建横通道的施工难度及风险较大，且建成后运营时抗震性、结构整体性、防水性、耐久性均较差，存在工程运营风险，结合过往工程经验，盾构隧道之间将不设置横通道，采用在车行道路面下设置逃生楼梯与专用逃生救援通道的方案（纵向逃生救援方案），并结合工作井设置车行横通道、人行横通道，并在明挖暗埋段设置人行横通道的纵向结合横向疏散救援的综合方案。

充分利用大直径盾构隧道车行道下部空间比较宽敞的特点，紧凑布置管廊并设置纵向人行通道作为火灾工况下的人员逃生通道，设置专用消防救援通道进行快速消防、救援的疏散模式。采用此种救援模式可取消隧道两管间的横通道，这样将大大降低工程实施风险，减少横通道与隧道不均匀沉降带来的运营风险，提高隧道的使用寿命。在规范允许范围内，消防标准不降低的情况下提高车道层下部空间的使用效率。救援通道的出入口设置在两侧盾构工作井的车行横通道内左右两线线路中间的空舱内，救援通道可通过卷帘门与车道层直接相通，满足特定的消防救援进车辆快速进入纵向疏散通道进行有效的消防救援。东西两线的救援通道在工作井内环通形成闭合环路以适应不同情况下救援疏散的组织要求。

考虑国内已有水下盾构隧道全部采用全纵向疏散救援的模式，本次设计盾构段隧道车道下方设置疏散通道、消防救援通道，行车方向左侧纵向每隔 80m 交错设置疏散楼梯和滑梯，消防救援人员可通过疏散楼梯到达车道层救援。司乘人员自车行道进入安全通道进行纵向疏散，经安全通道疏散至盾构井；在盾构井内横向进入另一孔车道盾构井疏散楼梯，北岸由盾构井疏散楼梯至车道层进入明挖段疏散，在 YAK0+584 里程处（运营管理中心处）设置疏散楼梯，可由疏散楼梯直出地面，或由明挖段洞口疏散；南岸由盾构井疏散楼梯直出地面，或由明挖段洞口疏散。南北两岸盾构井均设车行兼人行横向通道，明挖暗埋段中隔墙上每隔 100m 开设一对安全门，事故时人员可以通过安全门直接疏散至另一孔车道，并为消防救援人员提供救援通道。本次疏散建议后期通过课题研究针对本工程形成成套纵向疏散及消防救援系统，更好的提升隧道运营安全性能和节约工程投资、规避横通道施工风险。

阻塞工况下，事故点前车辆及人员向前方疏散，事故点后方车辆等待应急救援管理中心统一指令，可根据实际情况等待救援车辆清理阻塞点后向前方疏散，或通过疏散楼梯、滑梯进入车道底部疏散通道进行纵向疏散。

火灾工况下，火灾点前车辆及人员向前方疏散，火灾点后方车道情报板灯及广播喇叭提醒驾驶员前方发生火灾，射流风机启动，前方隧道风机房排烟系统启动；采用疏散楼梯、滑梯进入车道底部疏散通道进行纵向疏散，再到工作井出地面的疏散方式。

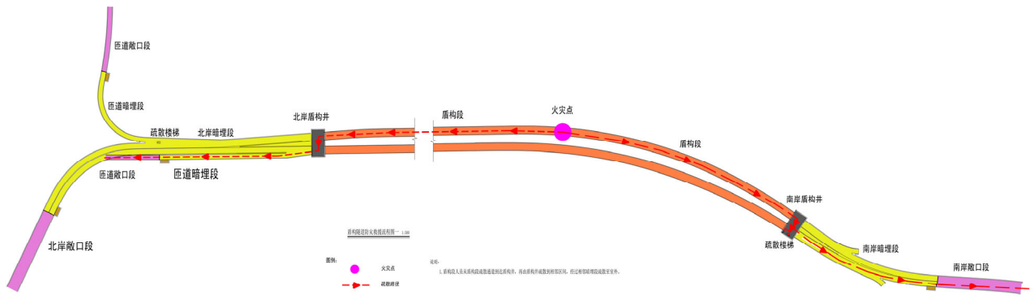


图　8.3-1 疏散示意图

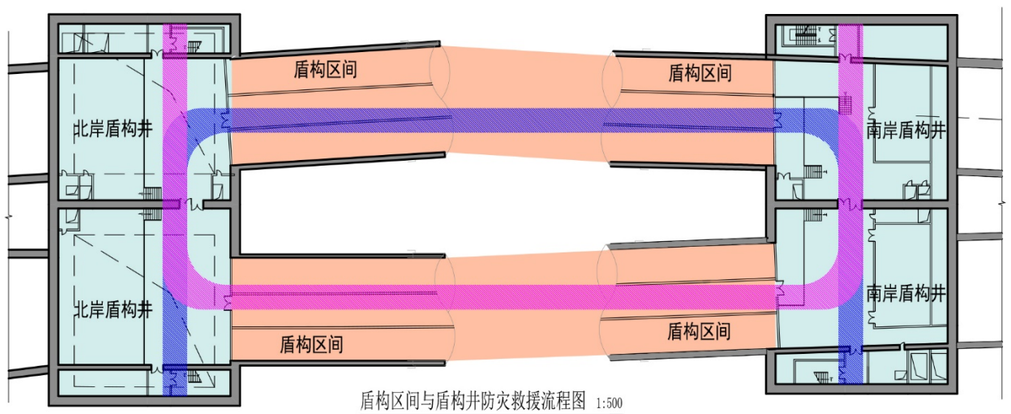


图　8.3-2 纵向疏散通道流线示意图

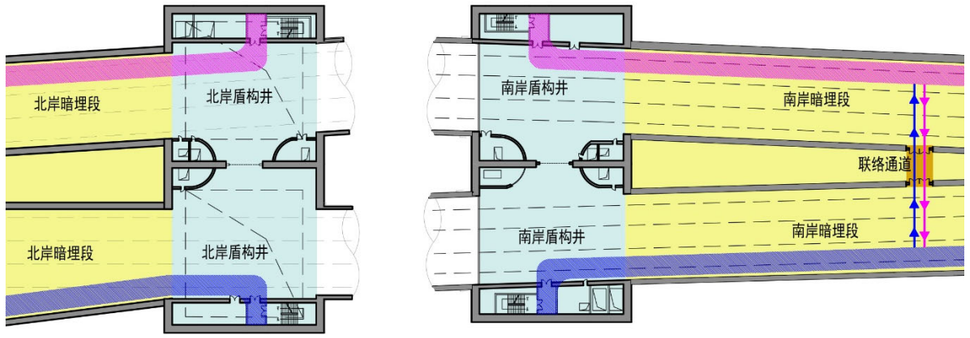


图　8.3-3 疏散流线示意图

8.4 隧道应急救援策略

在规范允许范围内，消防标准不降低的情况下提高车道层下部空间的使用效率。疏散救援通道的出入口设置在两岸盾构工作井空舱内，满足特定的消防救援快速进入纵向疏散通道进行有效的消防救援。左右两线的救援通道在工作井内环通形成闭合环路以适应不同情况下救援疏散的组织要求。

(1) 应急救援原则

隧道应急救援应遵循的原则如下：

1)应事先制定好逃难逃生及应急救援线路、预案，引导标志应醒目、简单、明确。

2)应急救援作业应以隧道既有设备为主，救援机构装备为辅。

3)以人员抢救为第一原则和要务，以人员安全疏散逃生为基本理念。

4)做好应急救援后勤保障工作。

5)必须明确各应急救援单位职责，协调联合救援队伍行动。

6)发生火灾时，应急救援队必须立刻赶赴事故现场。

7)运营管理机构应定期联合交警、路政、消防、急救等单位实施应急救援演习，并针对演习过程中存在的突出问题不断优化完善应急救援预案，确保应急救援措施安全、高效、可靠。

8)运营管理机构具体负责防灾调度指挥及应急救援事宜。

(2) 应急救援资源

主要包括隧道消防安全设施、隧道运营管理机构、社会应急救援力量等，见下表：

表　8.4-1 应急救援资源分类表

资源		人员与设施
自有资源	隧道消防安全设施	消防设备（灭火器、消火栓、固定式水成膜泡沫灭火装置等）、消防水池、消防管道、火灾自动报警系统等配置
	隧道运营管理机构	运营管理人员（监控人员、路政人员、养护人员等）配备以及路政车辆、养护车辆、救援车辆、自备消防车、消防摩托车等配置

社会资源	社会应急救援力量	武警消防队（驻扎地及联系方式）、当地驻军（驻扎地及联系方式）、急救中心（所在地及联系方式）、公安局及交警队（联系方式）、安监局（联系方式）、环保局（联系方式）、其他专业应急救援队（联系方式）等

(3) 应急救援组织

隧道运营管理机构要按照“集中统一、政令畅通、指挥有力、条块结合、资源共享”的原则，认真负责开展预防预测预警和应急处置工作；各部门成员应服从领导，按照既定预案和现场机动处理的原则积极响应，确保在应对突发事件时形成紧密对接、上下贯通、高效有序的应急运作机制。

1)应急救援指挥部设在隧道监控中心，负责统一指挥各职能小组有序开展工作。隧道发生火灾时，应在现场迅速成立救援指挥部，由消防部队领导担任指挥长。

2)综合协调组接到事故报告，负责通知相关单位赶赴现场，并协调其他各职能小组的应急救援工作，保障抢险救援工作通讯畅通。

3)对外联络组负责宣传报道工作，向外界及公众实时播报事故抢险救援进展状况以及道路交通信息。

4)抢险施救组负责研究事故现场情况，提出抢险救援技术方案，提供相关器材及物资，组织各方救援力量，迅速开展抢险救援工作。

5)安全保护组负责人员、车辆疏散撤离，对伤亡人员事实救治和转移，对事故现场进行警戒。

6)后勤保障组负责车辆及抢险物资调配、救援通道畅通，并保障电力、水源供应等。

(4) 应急救援流程

隧道内一旦发生重特大运营事故，应迅速向监控中心提供准确的情报，防止其他车辆继续驶入隧道，迅速发出事故预警信息（如橙色预警或红色预警信息等），并通知洞内滞留人员、车辆尽快撤离事故现场。

隧道预案要素主要包括：事故报警与紧急通告、应急预案启动与事故预警、应急救援指挥与抢险救灾、事态发展监测、人员疏散与安置、现场警戒与治安、医疗与卫生服务、抢险救灾人员安全、公共宣传报道及善后处置。

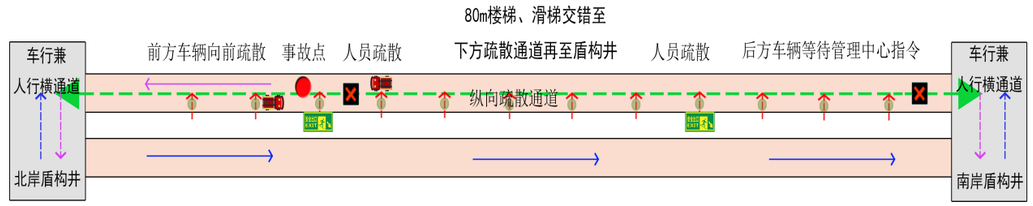


图　8.4-1 救援流程示意图

(5) 应急救援措施

以火灾事故为例，隧道应急救援措施简述如下：

1)当隧道内火灾自动探测器、手动报警按钮、紧急电话等发出火灾报警信号时，隧道监控中心值班人员应立即将监控画面切换至相应的摄像机监测区段进行火灾验证并录像，当确认发生火灾后，立即向监控中心负责人报告，请求发出红色预警信息并执行火灾应急预案，等到监控中心负责人授权后，值班人员立即执行相应的火灾应急预案，即隧道控制系统由正常工况下的系统控制方式转入相应火灾工况控制预案，进行通风、照明、交通监控系统联动控制；同时报告交警 110、火警 119、急救 120 等相关单位，并请求调派专业人员及设备到现场进行灭火和救援工作。

2)关闭隧道，禁止车辆继续驶入，并发布火灾信息。两端洞口交通信号灯均显示“红色”，禁止车辆通行，可变限速标示显示为“0”，可变情报板显示“发生火灾，禁止通行”。

3)按照火灾工况开启相应的风机，进行火灾通风，阻止烟雾逆流；开启隧道内应急照明系统，以便于救火及人员逃生。

4)火灾点上游车道指示器正面改显红灯，禁止车辆继续前行；火灾点下游车道指示器不变，引导隧道内车辆驶离隧道。

5)通过有线广播提示受困司机弃车，经滑梯疏散到隧道下方的逃生通道疏散到洞口；开启逃生通道门的加压风机，保证紧靠火灾点的逃生通道相对于着火隧道保持正压，避免烟雾

污染进入逃生通道，对人员逃生造成影响；逃生通道照明与逃生通道门联动控制，即“门开灯亮”。

6)在人员疏散完毕后，组织相关人员进行灭火，当火势不能控制时，等待专业消防队扑救。

7)专业消防队进行灭火作业，救援人员救助伤员。

8)交管中心对隧道衔接路段进行区域交通控制，火灾事故处理完毕后，恢复正常交通。

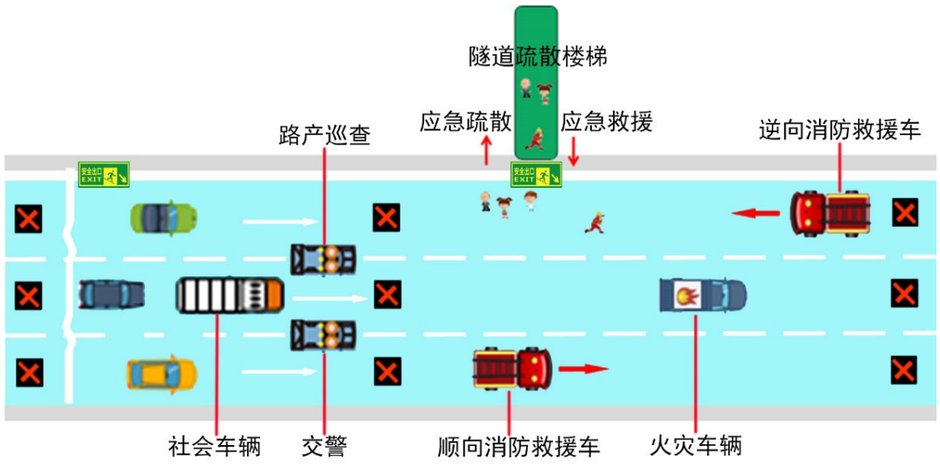


图　8.4-2 隧道疏散救援示意图

8.5 隧道应急疏散设施

出现紧急事故情况，乘行人员、救援人员可经安全逃生口疏散至车道板下的人员疏散通道，再通过纵向人员疏散通道疏散至地面。逃生口的盖板应能承受行车荷载并设置液压装置等易于开启，盖板的开启应具有手动和远程控制的功能。

靠近逃生口的盖板处的隧道侧壁上应设置应急照明灯具和明显的灯光指示标志，并有打开逃生口盖板的指示标志。盖板四周应设置灯光警示标志，防止事故发生时人员踏空。同时逃生盖板周围做好排水工作，防止废水进入人员逃生通道。

《建筑设计防火规范》第 12.3.3 条规定：隧道火灾避难设施内应设置独立的机械加压送风系统，其送风的与余压值应为 30～50Pa。在疏散楼梯出口处设置两道门，在主隧道与纵向人员逃生通道之间形成隔断。按照规范要求对隧道避难设施加压送风，并根据《人民防空工程设计防火规范》规定机械加压送风量应按前室入口门洞风速不小于 1.2m/s 计算确定。当隧道行车道内发生火灾时，人员逃生通道内的压力高于行车道的压力，烟气不会透过疏散口及缝隙蔓延到人员逃生通道，进而影响人员疏散安全。



图　8.5-1 隧道疏散楼梯示意图

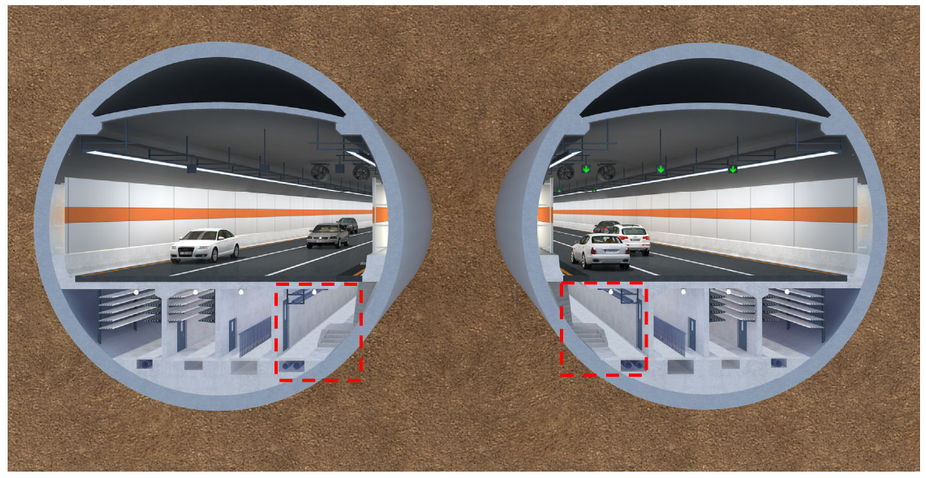


图　8.5-2 隧道疏散楼梯示意图

8.6 隧道防淹措施及其它事故工况的处理

隧道接地点设置反坡及截流措施，防止地面道路雨水倒灌入隧道。隧道设计按防核武器和常规武器抗力六级考虑，在隧道盾构井设置降落式双扇防淹防护密闭门；隧道运营管理部门需结合城市防汛、防洪部门制定专门的防灾预案。

考虑温州台风极端天气，制定防台风暴雨水灾措施：

1．防洪抢险实施预案

根据天气气象情况，如果风暴 72 小时内可能影响本项目，项目防台防洪小组应做出如下应急动作：

①防台防洪小组召开汛前准备会，传达台风暴雨险情并做动员工作，并初步制定可行的防抗方案和督促有关部门做好准备。

②组织人员对现场进行检查，对存在的问题、隐患要及时处理，及时完善防台防洪措施。

③检查机械设备并确保防台防洪期间设备的完好和使用，保证现场有足够的设备可用于抢险，防台防洪期间至少有两台车辆停置现场办公室以备应急。

④核实应急物资准备情况，特别是应急用的编织袋、土工布、抽水泵等物资。

⑤核实可派遣的抗台防洪人员，确保足够的防台防洪人力，并强调防台防洪期间人员未经同意不能外出，以免台风暴雨期间的人员意外伤害。

⑥安排值班，防台防洪值班人员要认真负责，按时观察和收集台风、暴雨动向情况，做好记录和交接，遇险情及时报告小组领导。

2.抗台防洪措施

如果台风暴雨 24 小时内会影响本项目，小组应按制定的防台防洪方案组织力量，在台风暴雨到达前，至少要做到以下几点：

①电灯、电缆、电箱在台风前收回放好。

②机械设备转移至安全位置，用防雨布遮盖机电设备，做好加固工作，在江堤上留出抢险通道。

③如在施工期，应对现场的临时板房加固。

④现场不必要的人员全部撤离到安全的地方。

⑤加强与当地水利部门和防台防洪指挥部的联系。

⑥防台防洪期间 24 小时值班，直到风暴警报解除；现场定期巡视检查，发现险情及时报告，巡视人员要做好自身的安全保护。

3.台风过后应做好以下工作

①台风过后组织有关人员在进行一次大检查。

②对受损情况进行登记汇总后上报。

③总结经验教训，修订完善防台防洪方案。

④如在施工期，应检查各施工机械、机电设备的安全性能，尽快恢复生产。

其它事故工况主要包括：系统内故障如中央计算机系统中断、现场通信中断、设备故障造成隧道内积水、隧道内车辆违章等。由于这些故障可能发生，也就可能造成上述突发事件工况，因此，在处理方面坚持以防御为主，一旦发生事故按预案实施处理。

在整个工程的寿命期内，影响其安全的不确定因素很多，因此，在工程的规划、设计、施工、运营的全部过程都须进行工程风险分析，并制定详细的应对措施，从而尽可能避免风险，且一旦风险发生时，能将风险危害降至最低，保障工程和人员的安全。

9 隧道施工方案及施工组织设计

9.1 周边施工条件

本工程位于温州市鹿城区和永嘉县三江片区，施工场地位于瓯江两岸，陆运、水运交通便捷，施工场地周边均有市政配套供电、供水等设施，施工供给条件较好。

本工程周边环境施工条件较简单，北岸现状为江滩、西侧为瓯江印象小区，东侧为公园用地，周边环境条件简单;南岸西侧为上陡门浦公园，东侧为已建成小区。



图　9.1-1 北岸环境



图　9.1-2 南岸环境

施工前应充分掌握、了解施工区影响范围内的相关地下管线设施、建（构）筑物基础型式等情况，做好防护措施。同时应提前筹划好征地拆迁，管线综合改造，施工区交通组织及水、电连通等协调工作。

9.2 总体施工方案部署

为减少对 G104 国道、府东路、江滨东路、瓯江路交通的影响，本工程施工以两端盾构工作井施工、盾构机现场安装调试、盾构隧道掘进、道路结构施工和机电安装调试为主线，辅以两侧暗埋段、敞开段、地面道路、附属构筑物等项目为次线组织展开。

隧道段施工初步划分为三大施工区段：①北岸施工段；②江域施工段；③南岸施工段。

北岸施工段：北岸作为盾构始发场地，施工的主线主要是北岸围堰、始发工作井及后配套段围护、主体施工。北岸其他明挖段作为施工的次线。

江域段盾构段：隧道盾构段长度约 1.94km，采用 14.5m 超大直径泥水平衡盾构机掘进施工。根据南、北岸现场场地情况及泥水平衡盾构施工场地布置要求，北岸江滩围堰内设置盾构始发场地，南岸上陡门公园范围西侧的府东路为盾构接收场地。

南岸施工段：南岸作为盾构接收场地，盾构井设置在府东路上，施工主线主要是接收井明挖段，接收井以南明挖段为施工的次线。

北岸始发井及后配套明挖段、南岸接收井明挖段控制着盾构段的施工，所以在工程总体施工安排时以北岸始发井及后配套明挖段、南岸接收井明挖段地下连续墙结构、基坑开挖、围护结构施工、井内主体结构施工为主线，其余明挖段、隧道附属结构等为次线组织施工。

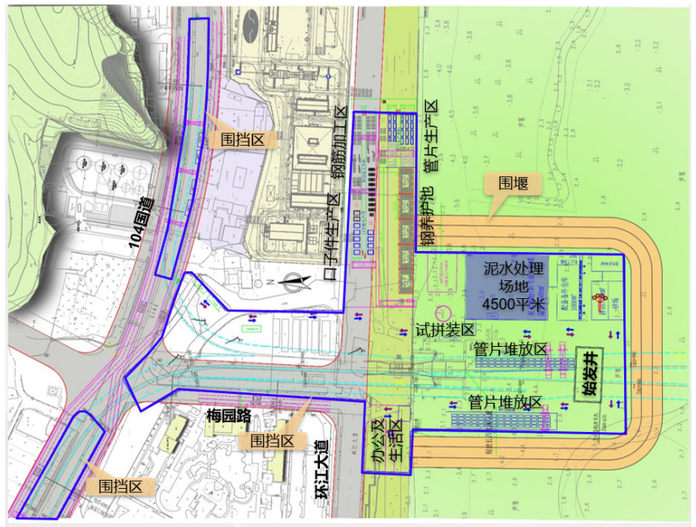
9.3 临时施工场地布置

本工程临时施工场地包括北岸及南岸项目部、北岸盾构施工配套场地、两岸明挖法场地，利用北岸环江大道、104 国道，供盾构运输、泥浆土石方外运、材料运输等。

9.3.1 盾构施工临时配套场地

北岸盾构施工临时配套场地主要包括:预制构件生产场地（含混凝土拌站、管片堆场）、泥浆处理场地（含土建及设备）、泥浆管堆场、备品备件仓库、高压配电间、空压机房等，合计约 87500㎡。

北岸污水处理厂南侧存在空地，可布置预制构件生产场地,其他设施布置可放置在北岸围堰与环江大道合围区 37000 ㎡（其中管片临时堆放场地不小于 2500 ㎡）。



北岸盾构始发场地布置图

9.3.2 项目部场地布置

本项目工程体量大，为温州市 1 号工程，且施工周期长，因此项目部应以宏观、大气、简约而不简单的理念，进行规划、设计和施工。考虑温州台风暴雨频发的气候特性及濒临瓯江，项目部主要建构筑物应采取砖混结构形式。项目部与施工现场应隔离开，主要布置办公楼、展厅、管理人员宿舍楼、工人宿舍区、食堂、厕所、洗浴间、活动区域及相关绿化、道路等。

两岸项目部占地面积各约 7500 ㎡。北岸项目部建议布置在 104 国道北侧空地范围，南岸项目部建议布置在府东路西侧临建用地范围。具体布置及选址由施工单位自行考虑。

9.3.3 施工场地布置及交通疏解

本项目工程体量大，周边环境复杂，施工周期长，施工场地布置与交通疏解需结合管线迁改、盾构筹划、百姓出行需求等进行缜密考量，整体布局。场地布置与交通疏解方案的合理性直接关系着工程造价的投入与工期的保证。具体布置方案如下：

1.北岸施工场地及交通疏解

（1）场地施工条件分析

府东路隧道在瓯江北岸主要沿梅园路及 104 国道敷设。其中，104 国道为双向 4 条机动车道+2 条应急车道，现状道路红线宽度为 26.8m，平时车流量较大，呈东西向布置；梅园路为双向两车道，呈南北向布置，现状道路宽 18m，平时车流量较小，主要为道路西侧瓯江印象住宅小区进、出车库的车流。施工时需采取合理的交通组织，以保证施工期间 104 国道和梅园路车流的正常通行，同时减少对周边环境、交通的影响。隧道周边建构筑物众多，施工期间应注意对邻近建构筑物的保护和监测，同时应加强重要管线的改迁和保护，尽量做到永临结合，减少迁改次数。

（2）施工场地布置及交通疏解

根据现场周边条件及施工场地、施工便道的需要，北岸共分以下两个阶段进行施工围挡。

1）北岸一期施工围挡及交通疏解

施工开挖前在 104 国道与梅园路交叉路口西侧（梅园路左拐进入 104 国道段）主线范围设置两堵封堵墙，对两堵封堵墙之间范围的隧道进行围挡施工， 104 国道的地面交通往围挡区南北两侧进行倒改，保证地面道路双向 4 条机动车道+2 条应急车道的原状通行能力，围挡面积约 1520m2，围挡时间约 3 个月；同时，在 B 匝道与主线分叉处及 B 匝道刚进入 104 国道处分别设置两堵封堵墙，对两堵封堵墙之间隧道区域进行围挡施工，对原状地面道路交通影响较小，可保证按原交通的通行能力，围挡面积约 3375m2，围挡时间约 3 个月；本阶段主要进行围挡范围内隧道基坑及主体结构的施工，施工完成后便于二期交通的导改，具体详见下图。

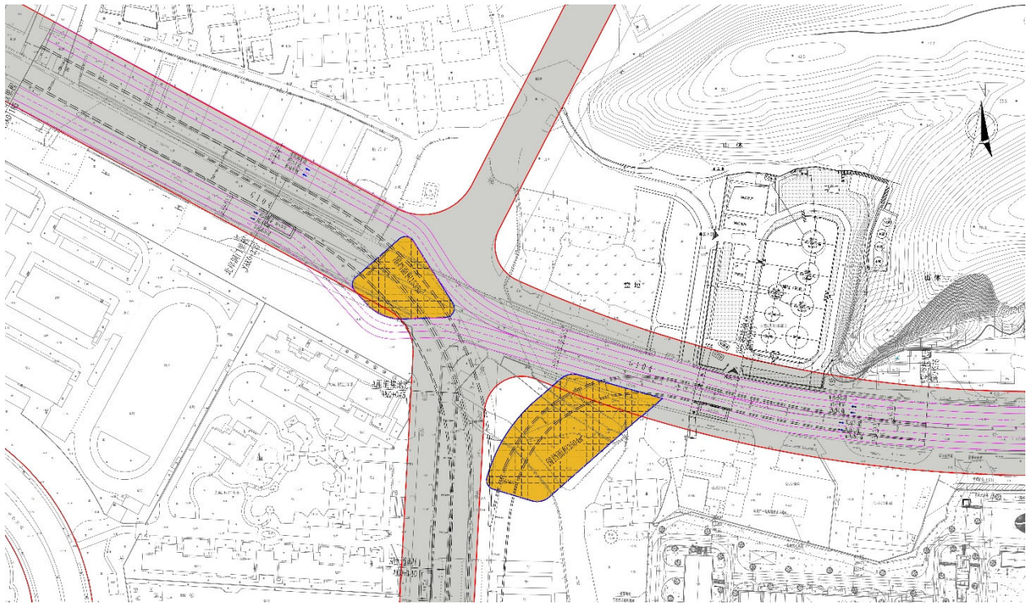


图 9.3.3-1　北岸一期施工围挡及交通疏解图

2）北岸二期施工围挡及交通疏解

二期施工围挡时将一期围挡范围内的隧道主体结构回填并恢复为道路，将 104 国道由西向东的地面交通倒改至已完成隧道上方的范围内，由东向西的交通保持不变，仍保证 104 国道地面交通双向 4 条机动车道+2 条应急车道的原状通行能力；同时，对梅园路东半幅及外侧规划绿化用地进行围挡，围挡时需拆除规划绿化用地范围的临时项目部板房。梅园路西半幅

则留置 2 条机动车道，保证道路西侧瓯江印象住宅小区居民车辆可正常进出车库。本阶段主要进行围挡范围内及江中段的隧道基坑及主体结构的施工。该期 104 国道施工围挡总面积约 13222m2，围挡时间约 18 个月；梅园路围挡面积约 30900m2，围挡时间约 35 个月，具体详见下图。

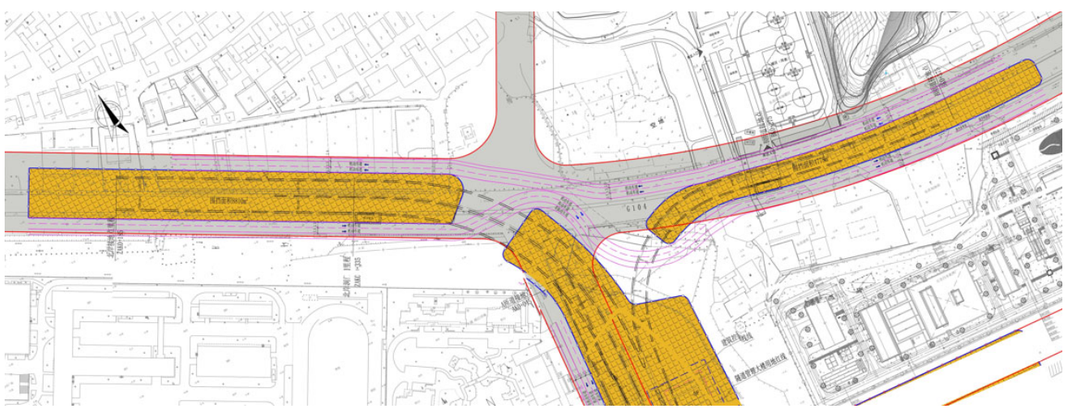


图 9.3.3-2　北岸二期施工围挡及交通疏解图（一）

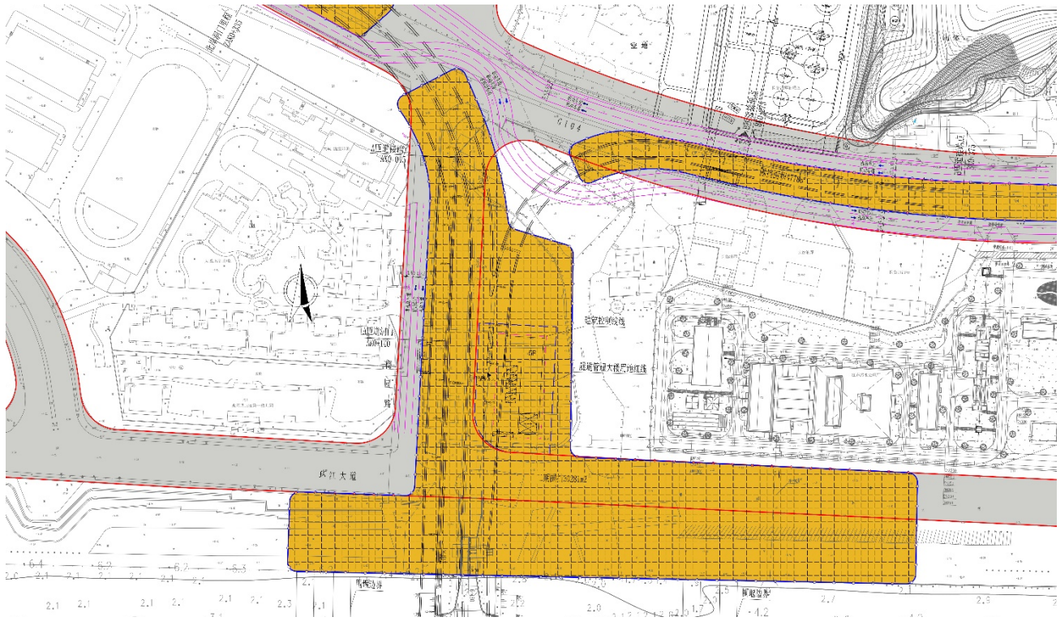


图 9.3.3-3　北岸二期施工围挡及交通疏解图（二）

2、南岸施工场地及交通疏解

（1）南岸场地施工条件分析

隧道南岸施工主要影响的道路有：瓯江路、江滨路、府东路，隧道沿府东路铺设，先后下穿瓯江路、江滨路，并在江滨路交叉口以南接地。瓯江路为城市次干路，平时车流量一般，呈东西向布置，现状道路红线宽约 33m，双向四车道；江滨路为城市主干路，平时车流量较大，呈东西向布置，现状道路红线宽度 50m，双向八车道；府东路为城市主干路，江滨路以北车流量较小，江滨路以南车流量较大，呈南北向布置，现状道路红线宽度 40m，双向 6 车道。府东路西侧在江滨路以北为公园绿化用地，江滨路以南主要为伟宁环卫公司，根据旧改要求将进行集中拆迁，工程沿线府东路以东为成熟密集住宅小区。

施工期间通过采取合理的交通组织，可维持瓯江路、江滨路以府东路的交通正常通行，尽量减少对周边环境及交通的影响。同时，隧道周边市政管线及建构筑物众多，施工期间应注意对邻近建构筑物的保护和监测，加强重要管线的保护及改迁，尽量做到永临结合，减少迁改次数，节省工程投资。

（2）施工场地布置及交通疏解

根据现状周边条件及施工场地、便道的需求，南岸共分以下两个阶段施工。

1）一期施工围挡及交通疏解

该期施工围挡涉及府东路的多个路口及节点，需分别采取针对性的交通疏解措施以解决围挡施工问题。

南岸大堤范围：先围挡对大堤内侧既有驳岸进行加高处理，满足城市百年防洪要求后再破除外侧观景平台及防洪堤进行拔桩处理，该处围挡不影响城市道路地面交通，沿江观景人流可沿围挡绕行，直达东西侧观景平台，待盾构掘进通过后恢复大堤及观景平台，围挡时间为 8 个月。

府东路与瓯江路交叉路口范围：上陡门浦河桥最后一跨桩基与盾构隧道冲突，需进行拆除改造，将对瓯江路交通产生局部影响。因需保证瓯江路车流通行，故施工时考虑对该路口分两期进行局部围挡并倒边施工。一期施工时先围挡拆除北面半幅桥梁、拔除有冲突桩基、

回填拔桩空隙，再对盾构穿越区域进行地层加固处理，施做混凝土挡墙及搭板，最后回填原桥下净空作为路基，即冲突区域的桥梁拆除后改造为路基段，最后恢复该区域地面道路并开放交通。施工期间保证瓯江路双向 2 个机动车道+2 个非机动车道的通行能力，围挡时间为 2 个月。

江滨路北侧至盾构井区域隧道范围：江滨路以北府东路以东为新建的瓯江上品住宅小区，尚未成熟，交通流量小，故施工时江滨路以北的府东路考虑基本中断交通，进行整体封闭围挡施工，仅待盾构端头井处地层加固完成后在规划的住宅小区道路出口处收缩围挡，留置一条 7 米宽的人行道，同时也可作为消防车道。收缩围挡处围挡时间约为 1 个月，围挡收缩后其余区域围挡时间约为 34 个月，先后总围挡时间约为 35 个月。

江滨路以南的隧道范围：江滨路以南的府东路在完成旧改拆迁后具备道路拓宽条件，故该范围隧道可一次性整体围挡施工，并保证府东路地面道路双向 6 个机动车道+2 个非机动车道，维持既有交通通行能力，江滨路以南区域围挡约 18 个月。



图 9.3.3-4　南岸一期施工围挡及交通疏解图

2）二期施工围挡及交通疏解

府东路与瓯江路交叉路口范围：二期施工时上陡门浦河桥北半幅已改造完成并开放交通，此期围挡施工桥梁最后一跨南半幅，先拆除南半幅桥梁、拔除有冲突桩基、回填拔桩空隙，再对盾构穿越区域进行地层加固处理，施做混凝土挡墙及搭板，最后回填原桥下净空作为路基，即冲突区域的桥梁拆除后改造为路基段，最后恢复该区域地面道路并开放交通。施工期间也是保证瓯江路双向 2 个机动车道+2 个非机动车道的通行能力，围挡时间约 2 个月。

江滨路节点范围隧道：该范围管线众多，为减小对江滨路交通的影响，该段范围最后施工。围挡期间将江滨路交通往江滨路两侧一期围挡施工已完成的隧道区域导改，左拐弯车流均采取环岛绕行的方式，仍可保证江滨路双向 8 个机动车道+2 个非机动车道以及府东路原状交通的既有通行能力。该围挡面积约 1800m2，围挡时间约 6 个月。

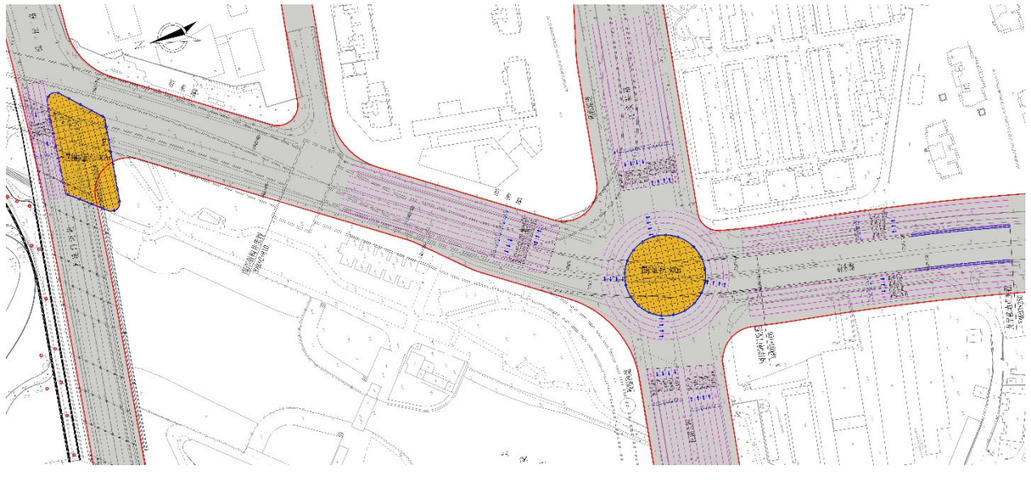


图 9.3.3-5　南岸二期施工围挡及交通疏解图

9.4 施工流程及施工进度计划

9.4.1 施工流程

根据施工工期和不同的地形、地貌、工程地质、水文地质及周边环境条件，盾构隧道总体的施工方案为：先开挖位于北岸的始发井，然后采用两台盾构从始发井出发进行掘进，在盾构掘进的过程中开挖位于南岸府东路上的接收井，最后盾构到达接收井，在接收井内进行拆卸和搬运。

9.4.2 施工内容

根据隧道沿线周边环境、地形、地物等情况，结合隧道施工特点，与整个隧道工程进度计划相协调，满足隧道自身使用要求，并做有序施工，合理组织，尽量减少对周边环境及市民生活的影响。工程施工总体筹划安排如下:

表 9.4.2-1 施工总体筹划表

序号	施工项目	主要施工内容
1	征地拆迁、管线改迁、交通组织实施	
2	施工场地、便道及弃渣场地布置	
3	北岸围堰	
4	满足盾构始发、接收井及后配套明挖段施工	始发、接收井及后配套明挖段围护结构、基坑开挖、主体结构施工
5	盾构法隧道施工	盾构下井安装、盾构掘进及管片拼装
6	明挖段施工	始发、接收井及后配套以外明挖段施工，可与盾构法隧道施工同期
7	设备房、管理用房等附属施工	与主体结构同期施工
8	路基、路面结构、隧道内装饰、绿化等施工	
9	设备安装及联动调试	

9.4.3 施工进度计划

本工程主线盾构段计划采用 2 台盾构机进行掘进，分别先后从北岸盾构井始发，下穿瓯江及南岸大堤后，最终在南岸接收井吊出，两岸明挖段与主线盾构段同步施工，隧道内机电安装及装修工程可同步实施，计划工期约 38 个月。

本施工进度计划按照如下原则制定：

1）为保证工程总工期控制在 38 个月内，盾构机应在北岸始发工作井施工完成前准备就绪；

2）盾构掘进指标：淤泥、砂层平均 180m/月，盾构始发段、到达段平均 120m/月。

3）开工后，围堰 4 个月施工完成，南岸盾构始发井与后配套在第 17 个月具备盾构进场条件。

4）综合考虑施工阶段两隧道间的相互影响、盾构制造周期等因素，同一方向施工的两盾构始发时间间隔不小于 3 个月。

工程总体筹划见下图。

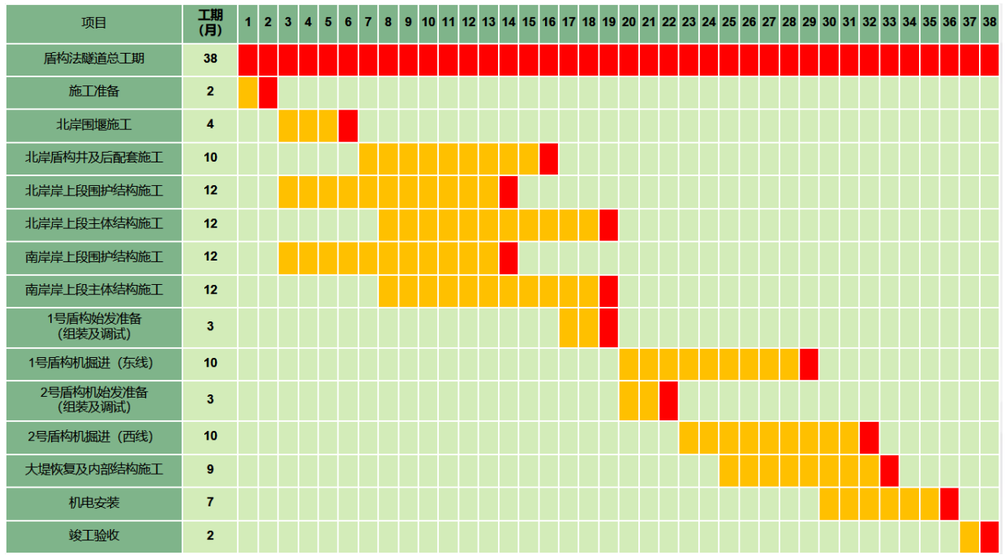


图 9.4.3-1 工程筹划图

9.5 盾构掘进机选型

9.5.1 盾构机

盾构机选型是盾构施工的关键环节，直接影响盾构法隧道工程的施工安全、质量和成本。盾构选型应以工程地质、水文地质为主要依据，综合考虑周围环境条件、断面尺寸、施工长度、埋深、线路的曲线半径、沿线地形及构筑物等环境条件，并参考国内外已有盾构工程实例，对盾构类型、功能需求、主要技术参数等进行研究。

1）泥水式平衡盾构

工作原理是通过向密封舱内加入泥浆水来平衡开挖面的水、土压力，其特点是能精确、快速调节工作压力以保持工作面稳定，因此控制地面沉降性能较好。该盾构机内部空间较大，但弃土需进行泥水分离处理后才能丢弃，其分离设备庞大，并需放置于地面。只有当盾构直径较大时才能将部分分离设备置于盾构车架中，因而占地面积多，且价格昂贵。因此，若采用泥水式平衡盾构，将占用城市中心宝贵的土地资源，影响城市交通及城市环境，还会产生

一定的社会风险。

2）土压平衡盾构

工作原理则是向密封舱内加入塑流化改性材料，与开挖出的废土经过充分搅拌，形成具有一定塑流性和透水性低的塑流体，同时通过控制推进千斤顶速度与螺旋机向外排土的速度来调节平衡压力，实现工作面的压力平衡。由于土压平衡盾构机可以根据不同地层的地质条件，设计和配制出与之相适应的塑流化改性剂，极大地拓宽了该类机型的施工领域，且无需弃土分离设备，地面占用空间很小，非常适合经过城市中心区的区间隧道建设中采用。

不同类型的盾构机械对地层条件有一定的适应范围，土压平衡盾构最适应于细颗粒地层，切削的渣土易获得塑性、流动性和不透水性。而泥水压力平衡型盾构既适应于细颗粒地层，也适应于较粗颗粒地层，在砂土地层中易形成泥膜，泥水压力作用于工作面，以防止地下水喷出。

本工程盾构段隧道管片外径 14.5m，隧道底埋深 24m~46.7m，穿越地层属于浙江地区典型的软土地层。盾构均穿越了淤泥质黏土、含粉砂淤泥、粉砂夹淤泥、淤泥质粘土夹中砂、粉砂。

地层渗透系数对于盾构选型是一个很重要的因素，地下水在地层中渗透作用会导致土体中的应力变化，可能引起流土、流沙或管涌等渗透变形，因此地下水渗透作用是影响工作面稳定的主要因素。根据施工经验：

（1）地层渗透系数 $K<10^{-7}m/s$ 时，宜选用土压平衡盾构；

（2）地层渗透系数 $10^{-7}<K<10^{-4}m/s$ 时，土压平衡盾构与泥水平衡型盾构均适用；

（3）地层渗透系数 $K>10^{-4}m/s$ 时，宜选用泥水压力平衡型盾构。

根据勘察报告，本工程段隧道通过范围地层的水平渗透系数范围在 $10^{-4}cm/s\sim10^{-7}cm/s$ 之间，土压平衡盾构与泥水平衡型盾构均适用。

3）综合比选

综合两种盾构的工作原理及适应性分析，并总结两种盾构在工作状况、配套出渣设备、施工场地、效率、经济性、环境等多方面的特点，列入表 5.3.4-1。

表 5.3.4-1　盾构类型特点对比表

项目	泥水平衡盾构	土压平衡盾构
地层适应性	砂、粉砂、粘土等各类土质地层	砂、粉砂、粘土等各类软土地层
土压平衡建立方式	通过向土舱注入一定配比的泥浆建立压力，来平衡开挖面的土压力和水压力	向土舱内加泥或泡沫，既可改善土舱内土体的成分，又可使之保持一定的压力，来平衡开挖面的土压力和水压力
抵抗水土压力	靠泥水在开挖面形成的泥膜抵抗水土压力，更能适应高水压地层	靠泥土的不透水性在螺旋机内形成土塞效应抵抗水土压力，不适应高水压地层。
土压力波动程度	泥水平衡方式的压力传递速度快而均匀，即土压力波动较小	对中、小直径的盾构，可通过改善土的流动性，并利用刀盘的充分搅拌，来提高土舱压力均匀性，所以土压力波动较小，对于大直径的盾构土压力波动控制较难
弃土方式	向土舱内注入大量泥浆水，再利用进、排泥泵和预设管道进行连续输送，并在地面进行泥水分离后弃土，效率高	螺旋机+皮带机+电瓶车+行车运至地面后即可直接进行弃土作业
盾构进出洞要求	在盾构进出洞时，为建立压力平衡，需向土舱内注入大量的泥浆水，所以对洞壁和洞圈止水密封的要求较高。	在盾构进出洞时，为建立压力平衡，需向土舱内注入的是原状土而不是泥浆水，所以对洞壁的密封要求较低。
刀盘及刀具寿命刀盘扭矩	切削面及土舱中充满泥水，对刀具、刀盘起到润滑冷却作用，摩擦阻力与土压平衡盾构相比要小，泥浆搅拌阻力小，相对土压盾构而言，其大举、刀盘的寿命要长，刀盘驱动扭矩小	刀盘与开挖面的摩擦力大，土舱中土渣与添加材料搅拌阻力也大，故其刀具，刀盘的寿命比泥水平衡盾构要短，刀盘驱动扭矩比泥水平衡盾构大

项目	泥水平衡盾构	土压平衡盾构
隧道内环境	采用流体输送方式出渣，不需要矿车，隧道内施工环境良好	需矿车运送渣土，渣土有可能撒落，相对而言，环境较差
施工场地	在施工地面需配置必要的泥水处理设备，占地面积较大	呈泥状，无需进行任何处理即可运送，所以占地面积较小
施工安全	注入的泥浆水可能会发生渗透，在盾构外围充满了高压泥浆、对盾构的土砂密封和盾尾密封的要求较高	对盾构的土砂密封和盾尾密封的要求要低于泥水盾构，安全性高
施工速度	由于采用管道连续输送方式，所以施工速度较快，且与隧道长度基本无关，而与接管速度有关	电瓶车运转弃土，随着隧道长度的增加，施工速度有所降低，但轨道交通的区间长度有效，所以对实际施工速度影响较小
施工经验	目前在轨道交通项目中，很少使用泥水加压盾构，在过江隧道（特别是大型隧道）等项目中应用较多	目前，极大多数的轨道交通盾构采用土压盾构，施工经验较成熟，能进行土压平衡盾构施工的队伍比较多
施工质量	可实现泥水平衡，对开挖面周边土体的干扰较小，地面沉降可控制在+10mm～-30mm 内，但会有一定的泥浆渗透。	可实现土压平衡，对开挖面周边土体的干扰较少，地面沉降可控制在+10mm～-30mm 内。
施工费用	弃土前需进行泥水分离作业，因此施工费用相对较高。	将开挖出来的原状土运至地面后可直接进行弃土作业，施工费用相对较低
设备费用	由于需要增加接管机等管道输送设备，再加上地面泥水分离设备，所以设备费用高	利用原有的电瓶车和行车等设备，所以设备费用相对要低很多

根据本工程的实际情况，以及当前世界和国内盾构技术发展的现状和已有经验，本工程盾构宜选用泥水平衡型盾构施工，其主要理由如下：

1）本工程盾构隧道管片外径 14.5m，盾构段最大覆土深度约为 24.7m，隧道底最大埋深 46.7m，需要长距离穿越水系，属大型盾构机。当掘进区段地层及环境条件较复杂且隧道直径较大、地层透水性较好且地下水压力大于 250kPa 或需精确控制开挖面压力时，适宜采用泥水平衡盾构。若采用土压平衡盾构，螺旋输送机难以形成有效的土塞效应，在螺旋输送机排土闸门处易发生喷涌现象，引起土仓中压力波动，导致开挖面坍塌。

2）虽然泥水平衡盾构较土压平衡盾构对地面施工占地较大。但本工程北岸存在 450m 江滩，并施做了 210m 临时围堰，临时围堰范围场地能够满足泥水平衡盾构机的始发。

3）泥水平衡盾构施工能有效地控制施工环境施工噪音小。

4）靠泥水在开挖面形成的泥膜抵抗水土压力，更能适应高水压地层，更易控制涌气、涌水、涌砂事件的发生。

5）目前，国内大型水下隧道施工中泥水平衡型盾构运用广泛，施工技术、经验成熟，施工队伍众多。

9.5.2 刀具配置

刀具是盾构机重要的部件，其直接影响着盾构施工进度。所以必须根据工程地段岩石的不同强度和地质特点以及刀具在不同岩石中表现出的破岩机理来对刀具进行设计和选择。为了适应从软土到硬岩不同地层的开挖，目前设计出多种刀具与之适应。盾构机刀具类型分为两大类：滚刀和切削刀。而切削刀的种类繁多，包括：切刀、齿刀、边刮刀、先行刀、仿形刀、鱼尾刀。其中，滚刀和齿刀的刀座形式相同，根据不同的地质类型，两种刀具可以互换。

（1）滚刀：滚刀用于掘进纯岩地层；伴有大粒径的砾石（粒径大于 400mm）并且含量达到一定比例的松散地层；岩石（强度不是太高）与一般土体（松土或砂土）交错频繁出现的复杂地层。采用滚刀破岩时，其破岩原理是：刀盘旋转带动刀具扫过开挖面，此时滚刀挤压周边的岩石，使其表面形成裂纹继而与开挖面脱落，使得岩石成功破碎。滚刀按刀具形状的不同分为：盘形滚刀和齿形滚刀；而根据安装位置不同分为：正滚刀、中心滚刀、边滚刀、扩孔滚刀；按照刀圈的数量分为单刃滚刀、双刃滚刀和三刃滚刀。在风化的砂岩和泥岩等软岩地层时，一般采用双刃滚刀；在较硬岩中采用单刃滚刀。

（2）切刀：切刀是盾构机切削开挖面上体的主刀具。切刀用于开挖非岩质或软土地层；

粒径小于 400mm 的砂、卵石、粘土等松散体地层。切刀在切削和剥离土体时，其切削原理是：盾构机向前推进的同时，切刀随刀盘旋转对开挖面土体产生轴向（沿隧道前进方向）剪切力和径向（刀盘旋转切线方向）切削力，使得切刀的刀刃和刀头插入到地层内部，从而不断将土体切削下来。

（3）先行刀（超前刀）：先行刀是先行切削土地的刀具。先行刀在主要是协同其他刀具进行开挖。先行刀顾名思义是先行，所以它先于切刀切削土体，将土体切割分块，避免切刀先行切削到地层，起到保护作用。先行刀一般位于面板上，切削宽度一般比切刀窄，能够增加土体的流动性，从而大大降低切削刀的扭矩，提高切削效率。先行刀分为贝壳刀和撕裂刀。

（4）仿形刀（超挖刀）：土压平衡的盾构机一般会在刀盘的边缘布置一至两把仿形刀，其作用是：当施工进行时，通过仿形刀为切削土体创造所需空间，保证盾构机在超挖少，对周边土体干扰小的条件下，实现曲线推进和转弯及纠偏。根据超挖范围的要求，从边缘径向伸出和缩回仿形刀。仿形刀伸出范围在 70mm～150mm 之间。

（5）鱼尾刀：鱼尾刀用于软土地层掘进时，改善中心部分土地的切削问题和搅拌效果。它被安装在刀盘中心部位，并高于切刀，保证鱼尾刀最先切削土体。将鱼尾刀根部设计成锥形，使刀盘旋转时随鱼尾刀切削下来的土体，在径向运动的基础上以增加一项翻转运动。

刀具在施工过程中能否达到最佳的切削效果和掘进速度，这与刀具的配置方式正确与否密切相关。在选择刀具的配置方案时，需先了解工程地质地层的实际情况，对其岩石、土层进行详细的分析，从而得出最佳刀具配置方式。

根据本项目目前的地质情况，盾构穿越地层以软弱淤泥质软土为主。借鉴华东地区上海、南京、杭州等地以淤泥、粉质粘土和小颗粒泥土为主的地层相关工程经验。本项目盾构机刀具配置采用切刀、中心刀、周边刮刀、先行刀和超挖刀等切削刀具。切刀安装在开口槽的两侧，覆盖整个进碴口的长度；为配合刀盘正反旋转，采用正反方向布置；为了进一步提高切刀的可靠性，要求在每个轨迹上至少布置两把切刀。由于刀盘边缘是最先接触到土层，为了减少土层对刀盘切口环尺寸的影响，需在刀盘边缘处正反方向各布置了八把刮刀。考虑到刀盘的受力均匀性，刀具布置具有对称性，刀具安装采用螺栓固定，便于更换。



图 9.5.2-1 泥水平衡盾构机

本工程掘进距离长，水土压力大，地质条件复杂，换刀作业不可避免。因水压大，传统的带压换刀作业风险大，成本高。为解决这一难题，可采用常压换刀这一特殊的装置和技术。可常压换刀的盾构，其刀盘由几个空心辐臂组成，根据刀盘刀具分布位置不同，将部分刀座采用背装式。背装式刀具刀腔内设置闸板，人员可直接进去辐臂内，从刀腔内抽出刀具，然后关闭刀腔闸板，将刀盘前方高压舱与刀臂常压舱隔开，带刀具检查或更换后，打开闸板，装回刀具，实现刀具的常压检查与更换。



图 9.5.2-2 常压换刀人闸舱装置

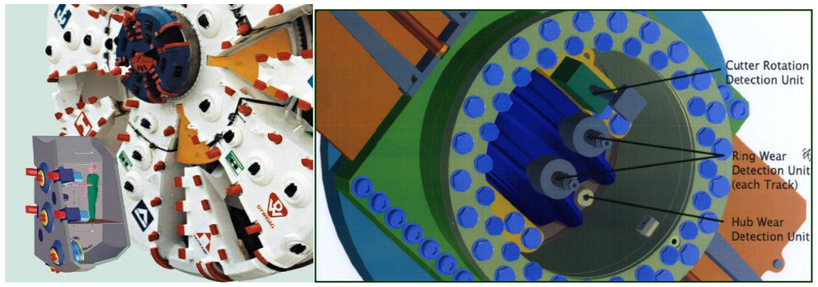


图 9.5.2-3 辐条内刀具更换作业、刀具刀盘磨损检测装置

结合本工程的建设条件，综合考虑环保、地质和安全等因素，项目采用泥水平衡盾构进行隧道施工，盾构道具配置以切削刀为主，根据地质详勘资料确定是否需配置常压换刀装置。

9.6 盾构隧道施工

本项目盾构采用一次性整机始发。在盾构完成试验段 100m 掘进后，拆除盾构工作井内的负环管片、反力架等，安装后配套拖车上的风管、风机。

1）试掘进目的

（1）用最短的时间对盾构机的操作方法、机械性能进行熟悉，较好的控制隧道轴线及地面 沉降；

（2）加强地面沉降的监控，及时获取监测结果，调整施工参数，进行泥水参数的优化；

（3）逐步熟悉掌握盾构掘进、管片拼装的操作工序，并提高管片拼装质量，加快施工进度；

（4）加强对盾构施工参数的采集，取得各种数据，并结合监测资料进行综合分析研究，掌握盾构在控制地面沉降、纠正轴线偏差等方面的特性，为此后的江底施工参数设定累积经验。

2）地面沉降控制

（1）每环推进过程中，严格控制切口泥水压，波动范围控制在±0.02kg/cm2 以内，使切 口正面土体保持稳定状态，以减少对土体扰动的程度；

（2）采取信息反馈的施工方法沿隧道纵向轴线位置补设沉降观测点。在盾构推进过程中进 行跟踪沉降观测，并将所测沉降数据进行分析并及时反馈，为调整下阶段的施工参数提供依据。

（3）及时填充盾尾建筑空隙，一般可采用同步注浆及二次补强注浆工艺，对沉降量控制较小的范围可根据监控量测结果作跟踪注浆，补强注浆材料可采用水硬性浆液。

（4）通过对实测数据与施工参数的收集和整理，形成一套较为完整的泥水平衡盾构施工智 能数据库。

3）盾构掘进控制标准

（1）在正常推进条件下，地面沉降值控制范围在 30mm，盾构推进引起的地面沉降不能影 响周围建筑物和地下管线的安全和正常使用；

（2）轴线允许偏差：高程偏差±100mm，平面偏差±100mm；

（3）管片错台＜3mm，管片拼装无贯穿裂缝，无大于 0.2mm 宽的裂缝及剥落现象；

（4）水平直径和垂直直径允许偏差＜40mm（近似于直径的 3‰）。

4）掘进管理

盾构机在完成前 100mm 的试掘进后，根据试掘进段的施工参数的分析总结，确定正常掘进施工参数选取。为保证工程施工的顺利进行，加强盾构在正常段的掘进管理，主要内容包括：

（1）根据地质条件、覆土厚度和试掘进过程中的经验结果进一步优化掘进参数；

（2）推进过程中，严格控制好推进方向，将施工测量结果不断地与计算的三维坐标相校核，及时调整；

（3）盾构操作人员应根据当班工程师指令设定的参数推进，推进与管片背后注浆同步进行。不断完善施工工艺，控制施工后地表最大变形量在 30mm 之内；

（4）盾构掘进过程中，坡度不能突变，隧道轴线和折角变化不能超过 0.4%；

（5）盾构掘进施工全过程须严格受控，工程技术人员根据地质变化、隧道埋深、地面荷载、地表沉降、盾构机姿态、刀盘扭矩、千斤顶推力等各种勘察、测量数据信息，正确下达每班掘进指令，并即时跟踪调整。盾构机操作人员须严格执行指令，谨慎操作，对初始出现

的小偏差应及时纠正，应尽量避免盾构机走“蛇”形，盾构机一次纠偏量不超过 4mm/环，以减少对地层的扰动；

（5）做好施工记录：盾构推进压力、盾构掘进速度、盾构刀盘压力、刀盘转速、泥水舱压力、泥浆流量、注脂压力、注浆压力、盾构竖直及水平偏差及盾构机各设备运行状态。

5）盾构到达施工

盾构到达施工是指盾构机掘进到达接收井之前 50m 到盾构机掘进贯通区间隧道进入接收井被推上盾构接收基座的整个施工过程。因此，盾构的到达相对区间隧道的施工有其特殊性与重要性。到达施工主要内容包括：

（1）到达端头加固

（2）盾构机定位及到达端洞口位置复核测量

（3）洞口处理

（4）盾构到达段掘进

（5）渣土清理及洞门临时密封

（6）接收基座安装及盾构机步上接收基座

（7）灌水

（8）洞门圈封堵

6）盾构机拆卸

根据施工进度要求，盾构机到达南岸工作井端头，开始实施拆机工作。

（1）盾构机拆卸技术措施

①盾构拆卸前必须制定详细的拆卸方案与计划，同时组织有经验的经过技术培训的人员组成拆卸班组。

②汽车吊机工作区应铺设钢板，防止地层不均匀沉陷。

③大件拆卸时应对竖井端头墙进行严密的观测，掌握其变形与受力状态。

④大件吊装时必须有 300t 以上的吊车辅助翻转。

⑤拆卸前必须对所有的管线接口进行标识（机、液、电）。

⑥所有管线接头必须做好相应密封和保护，特别是液压系统管路、传感器接口等。

⑦盾构机主机吊耳的布置必须使得吊装时的受力平衡，吊耳的焊接必须由专业技术工人操 作，同时必须有专业技术人员进行检查监督。

7）拆机步骤

（1）安装接收架（始发基座）。

（2）盾构机推出至接收架上。

（3）盾构机主机与后配套脱离。

（4）将主机电器、液压系统进行拆卸。

（5）将主机各大件连接螺栓进行拆卸。

（6）利用汽车吊将盾构机的大件吊卸，同时用汽车吊辅助翻身并运出退场。

（7）将后配套依次顺序拆卸并同时吊装，用汽车运输退场。清理现场，完成盾构机的拆卸工作。

9.7 机电设备安装

1）机电设备施工应首先对土建预留预埋及基础进行检查和完善，符合要求后进行安装可以根据到货情况对施工顺序进行适当调整。

2）机电设备开箱后检查风机的型号和规格是否与定货及设计相符，检查合格后可进行下步工序。

3）电缆支架采用沿沟靠墙安装，在转角、分歧、接口、升高或降低处另增设以减少原支架的承受力，以确保承重要求。

4）机电设备安装施工前须做好施工技术交底。

5）照明系统安装后需检查各灯具接线是否牢固、正确，灯具内元器件是否良好；暗装配电箱箱体时，安装箱体墙面的抹灰应全部完成。暗装配电箱盘芯及贴脸时，土建装修的抹灰、喷浆及油漆应全部完成；明装配电箱时，土建装修的抹灰、喷浆及油漆应全部完成。

6）给排水管型号规格、质量必须符合设计要求，排水的出口与排水管承口连接处必须严密不漏。

7）严格执行质量保证体系规定的工作程序，坚持对施工现场及施工全过程严密控制，坚持科学施工、动态管理、灵活调度的原则。

9.8 其它工程施工

1）防雷接地系统施工完成，经系统调试及接地电阻测量合格后，对所有的焊连接点按规定做除锈、涂红色防锈漆两道的防腐处理，并恢复所损坏的墙面、地面。在所有外露接地点、测试点涂红色油漆标志，写明用途。

2）管道安装前应清理管内污物，工作有间断时，应及时封闭敞开的管口。管道安装合格后，不得承受设计以外的附加载荷；管道经压力试验、吹扫合格后，应对该管道及机器的接口进行复位检验。

3）隧道内消火设备应设置明显的电光标志。

10 环保与节能

10.1 环保设计

10.1.1 主要设计原则

要减缓工程建设对周围环境产生的不良影响，必须严格遵守“三同时”原则，从路线设计阶段开始，到隧道施工阶段和隧道营运期，分阶段采取相应措施，做到“预防为主、防治结合”，以改善工程环境的不良影响。

1）环保选线原则

隧道选线设计时应进行各种调查研究，如气象、生物种类、数量、占地、城市规划、文化、资源、遗址、居住人口以及旅游资源等，以了解隧道沿线的现状及其环境。选线设计应尽量减少毁坏水利设施，少占农田，避免大规模的拆迁，同时避开学校、医院、名胜古迹等，紧密结合城市发展规划和国土开发计划。在选线设计中应考虑不同的土地利用形态所产生的交通需求，通过协调交通与土地使用的关系，降低敏感区域内的交通流量，减少污染产生的源头。在隧道总体设计中，应进行空间敏感性调查和分析，使路线走向尽量避开高敏感区。

2）降噪设计原则

对噪声超标敏感点，依据敏感点规模和超标量分别采取相应措施：对集中敏感目标一般采取声屏障的防治措施，对规模较小的敏感目标一般采取设置隔声窗或功能置换等治理措施。

3）污水处理原则

针对不同性质废水，采用相应的污水处理工艺，污废水处理达标后排放，保护沿线水环境。

4）水土保持设计原则

工程建设过程中必须采取措施保护水土资源，并尽量减少对植被的破坏；弃土（渣）应有专门存放场地，并采取拦挡治理措施；开挖、回填等场地必须进行护坡和土地整治；施工结束后，临时用地应进行复垦或绿化。水土保持防护措施应优先采用植物措施，并辅以必要的工程措施；取弃土场的恢复应优先考虑复垦措施。

10.1.2 主要污染源及主要污染物

1）噪声

隧道施工的噪音具有突发性，无规则、不连续、高强度的特点，可能影响沿线居民的正常生活。

2）振动

工程施工中，空压机、挖掘机、推土机、钻孔或打桩机、压路机等施工机械以及运输、装卸作业均对周围环境产生一定的振动影响。距振源水平距离 10m 处 Z 振级为 74～85dB，一般施工机械振动影响范围基本在距振源 20m 范围内。

3）污水

砂石材料冲洗、混凝土搅拌等排放的生产废水和施工队伍的生活废水，分散排入沿线施工场地附近的河渠、草场及农田，影响农田和草场灌溉水源。采用盾构法开挖隧道时产生大量的泥浆，经过沉淀后将水排入附近的沟渠，影响局部水域。路面施工过程中产生的废水量小，但排放点多，主要是混凝土搅拌产生的水泥浆水，分散排入附近的沟渠，影响了局部水域。

工程运营后，污水主要来自施工期间施工人员的生产污水；服务设施的污水排放对水体的影响雨水径流路面冲刷污染物对水体的影响；由于因交通事故造成有害、易燃物质泄漏，造成水体的污染。重金属元素在土壤的分布和合金与土壤的机械密切相关，当土质比较粘重、表面吸附能力较粘重土壤，大气中被土壤吸附的铅比较难以被作物吸收，但过于粘重的土壤透性差，重金属污染又往往集聚于耕作层的表面。

4）空气环境

施工期内有扬尘对天气的污染，这种污染主要是由挖土、填方、材料运输、卸载、搅拌等工序产生，这类扬尘粒径在 3～80μm 之间，大多成球形，比重在 1.3～1.2 之间。扬尘在大气中受重力、浮力和气流运动作用，可以发生沉降、上升和扩散。据有关资料介绍，施工工地的扬尘 50%以上是汽车运输材料引起的道路扬尘，且风向、风速对道路扬尘均有一定的

影响，尤其是风速对扬尘浓度有双重影响。

10.1.3 环境污染防治方案

1）施工噪声处理

工程施工中使用了许多施工机械，如挖掘机、振动压路机、拌和机、摊铺机、装载机、发电机、刨木机等。同时由于施工阶段，大量的建筑材料将用汽车运输来完成，就会造成运输工具频繁行驶，产生了工程施工噪声。尽可能减少夜间施工，在 22:00～6:00 这一时间段应中断机械作业；各种施工机械作业地点，应远离居民集中点 50m 以上，给施工点附近的人们创造一个夜间入睡的环境。

另外，稳定土搅拌站、水泥混凝土拌和站和沥青混凝土搅拌站，站址选址时要远离居住区人群集中的地方，距居民点的最小间距为 300m，且应设在当地主导风向的下风向一侧，以减少施工作业噪声可能产生的污染影响。

2）营运期交通噪声、大气和水环境的影响处理

项目建成投入营运期后，随着交通量的不断增长，交通噪声污染的可能性会逐渐增大。噪声影响的程度直接与汽车类型、汽车行驶状态、工况、路面结构、车辆鸣笛及交通量密切相关，为降低噪声的影响，建议加强交通管理，降低行车速度，禁止鸣气喇叭或喇叭，在条件许可时，可加高加宽两侧绿化林带用地，兼做隔音带，并搞好绿化林带降噪，选种树种能净化吸收车辆尾气中的污染物，衰减大气中的总悬浮物（TSP）减少汽车尾气对周围环境的污染。隧道工程运营期的噪声，主要来源于地面段及出口敞开段车辆交通噪声、隧道通风风机及两端排风塔风机噪声和雨水泵房产生的噪声。隧道内射流风机运行时，隧道内噪声较大，风机正下方达到 80～90dB。

可在汽车上安装尾气净化装置，要求汽车采用无铅汽油；也可改进汽车性能，提高技术含量，减少汽车向空气中排放 NOx；将来发展混和动力汽车，车用燃料的不断清洁化和开发使用替代燃料(潜气或乙醇等)，通过清洁燃料减少汽车尾气中的有害物质排放等措施。

3）施工期大气的影响处理

施工过程中采取降尘措施，在施工车辆途经的居民区道路上洒水或采取硬化施工便道，在道口设置值班岗、调整作业时间，运筑路材料车辆加盖蓬布来减少跑漏，减少粉尘污染。

另外，施工现场的料堆和贮料场离居民区 200m 以外，料堆和贮料场须遮盖或洒水以防尘埃污染。如水泥，可采用散装水泥或商品混凝土能减少扬尘及雨水冲刷等造成的损失，搅拌设备需良好密封并将安装除尘装置，减轻污染。桥梁施工过程中，要防止废土和石渣的远运造成的尘埃污染。

10.1.4 生态环境保护及水土保持措施

1）在满足使用的前提下，本工程在选线时尽量避开敏感目标，为缓解项目建设对环境敏感目标的影响，施工期将严格控制施工行为，合理布置施工营地、取土弃土区以及物资运输路线，不在敏感区保护范围内设置施工营地、取弃土场等临时工程，同时增强施工队伍的环保意识，文明施工，实施施工期环境监控等措施。

2）对于取弃土（渣）场等临时用地对土地资源的可逆影响，尽可能结合永久性设施统筹考虑，工程除尽量利用荒山、灌草丛等生产力较小的土地外，对于路基等工程土石方尽量利用，移挖作填，以减少取弃土（碴）用地；对于占用农田的取、弃土（碴）场等临时用地尽量复耕还田；在工程取弃土（碴）前，将表层熟土取出，待土石方工程完毕后，将表层熟土覆盖在取、弃土（碴）场裸露面上，以减少工程造成的潜在影响。本工程隧道开挖泥土，主要用于工程范围内的绿化造型或在采取技术措施对弃土改良符合路基填料后，可直接用于路基填料。施工将会产生大量泥水，拟采用机械分离的方法，设置泥水沉淀分离池，将泥土和水份分离，水再生后循环使用，稀泥排放到泥浆池，采取技术措施后对渣土进行改良，使其达到路基填料要求后，可直接用作路基填料。

10.2 节能设计

节约能源、保护环境是我国建设节约型社会的具体要求，建设节约型交通是建设节约型社会的重要内容，是转变交通增长方式的基本要求，也是缓解交通资源供需矛盾的有效途径。道路建设项目涉及规划、设计、施工、运营、管理等环节，关系着车辆行驶里程的长短和效

率的高低，从而带来能源消耗水平的高低、为了建设项目做到“低投入、高产出、低消耗、少排放、能循环”的目的，在设计的全过程中，从道路等级的确定到选线、平纵面线形设计、路面结构设计及安保工程设计等各个方面，要始终将环境保护和节约能源的原则贯穿其中。降低能耗的主要措施：改进汽车技术性能、研制和推广混合动力车、重视开发和使用汽车代用燃料、提高汽车运用技术、提高交通设施水平。

本项目的节能主要体现在对节约土地、优化设计和施工中的高效管理和“新材料、新工艺、新技术”的应用等方面。

10.2.1 节约土地

我国的土地资源十分匮乏，而道路工程的建设必将占用大量土地，如何解决两者之间的矛盾至关重要，所以必须严格执行以下规定：

（1）实行严格的土地保护政策制度，研究提出节约用地的政策措施；重点研究建设节约利用土地的政策措施，以及交通基础设施建设集约利用土地的意见。

（2）尽可能依据总体规划，合理高效利用土地，若需增加项目用地，应做好土地规划的充分论证，同时应做好土地的丈量、计算等工作，尽量避免土地浪费现象发生。

10.2.2 优化设计

在本次设计阶段，设计人员根据现有资源充分利用的原则，对路面结构要在整体刚度、各层强度、水稳性、抗滑性、耐久性方面做多方案比较；对必要的边沟、防护、桥涵、安全设施等方面进行了优化。取土场、弃土堆设置应因地制宜，避免造成不必要的浪费。

1）通风系统节能

（1）隧道通风消耗的能量为风机运行时消耗的电能，而隧道配备的风机功率从大的方面主要与通风方案有关，从小的方面主要与隧道所处位置的常年风向以及隧道壁面的光滑程度有关。一个对通风存在较大影响的是外界自然风。外界自然风风向与隧道内设计气流方向一致时产生推力，反之产生阻力。由于在实际情况下，自然风向经常变化，难以完全保持一致，一般在设计时作为阻力考虑。但本隧道处在江边，掌握常年风向的规律后可以灵活开启运营风机和火灾备用风机顺风换气，同时最大限度地利用同向行车隧道车辆活塞效应诱导的自然通风，采用全纵向通风方式，不须开启射流风机，节省能耗。。在隧道设计中主要的阻力除了自然风阻力外，就是通风阻抗力，隧道壁面的光滑程度决定了阻力的大小，通过增加壁面光滑程度，可以减小通风阻抗力，从而降低需要的风机压力，达到降低需要的风机功率的目的。

（2）采用计算机系统，根据隧道内空气污染状况（如 CO 浓度和空气清晰度等），自动调节风机运行台数，降低通风系统运行能耗。

（3）选择高效率射流风机。

2）供电照明系统节能

（1）隧道入口段照明采用天然光过渡与人工光过渡相结合的混合光过渡形式，以构筑物形式降低驾驶员进入隧道时的视野亮度，由此可以降低人工光过渡照明的入口起点照明亮度。

（2）采用高光效的灯具和照明线路及元器件，在确保行车安全的条件下，降低照明线路的无功损耗，以提高照明光效。

（3）采用“照明控制仪”对入口及出口的加强照明灯具的点、面进行自动控制，以降低非必需时段开启照明所带来的不必要的照明能耗。

（4）电力变压器均选用低损耗节能性变压器，并在设计上尽量保证变压器在经济负载率附近运行；在其它电气设备的选用上采用高效、低耗、长寿命的设备。

（5）合理设置变、配电所的位置，新建的变、配电所位置尽量接近负荷中心，缩短供电线路半径，以减少电能损耗，提高供电质量。

10.2.3 施工中的高效管理

根据当地气候状况，本着合理安排、分期分段的原则，主体工期的安排尽量避开雨季，增加施工效率。在工程管理上设立机构分管，并配备有一定专业知识、业务能力的人员具体负责，重点控制工程施工用电、用水、燃油和工程材料。编制节能规划年度计划，组织指导节能技术推广，开展节能宣传教育和培训工作，组织实施节能管理措施。加强能源计量管理，

配备必要的能源计量器具。实施沥青摊铺机、拌合楼等重点耗能设备用能管理制度，建立设备能耗档案，同时要合理组织施工，减少设备的非生产运转，按施工生产任务和耗能定额分配指标用能。具体如下：

（1）按照上级节能管理部门的规定和要求，制定并实施节能管理工作规章制度，编制节能规划、计划，组织开展节能宣传及培训工作。

（2）对施工机械的能源消耗要实行定额管理。应根据工程规范中的燃料消耗定额规定，结合本地区的特点，按先计划后进料的原则，制定出设备能源消耗定额。严格按定额实行逐级考核，定期向上一级节能主管部门报送能源消耗报表。

（3）建立健全能源消耗原始记录和设备能耗台账，按照交通部《原材、能源统计报表制度》的规定，向上级报送能源消耗报表，并同时报送统计分析报表。

（4）加强机械施工组织及设备管理，提高能源效率。

11 新技术采用及拟立项的科研项目

11.1 本项目 BIM 技术应用

1.BIM 应用工作范围

（1）隧道工程 BIM 工作范围

1）隧道主体及其附属部分，包括隧道主线与匝道、附属设施（附属设备用房、雨水泵房、消防泵房、废水泵房、疏散通道等）；

2）隧道周边环境，包括工程范围内的地面建构筑物、市政管网、绿化景观、地面交通系统（道路标志线、指示牌、信号灯、路灯、监控、电子警察等）；

3）获取隧道工程范围内的无人机航拍倾斜摄影模型数据，并进行倾斜模型精细化修复。

（2）地面道路工程 BIM 工作范围

1）改造道路主体及其附属部分，包括道路主体（道路面、路基、路沿石等）、附属设施（道路排水系统、防护栏杆、照明系统等）等。

2）改造道路周边环境，包工程范围内的地面建构筑物、市政管网、绿化景观、地面交通系统（道路标志线、指示牌、信号灯、路灯、监控、电子警察等）；

3）获取改造道路工程范围内的无人机航拍倾斜摄影模型数据，并进行倾斜模型精细化修复。

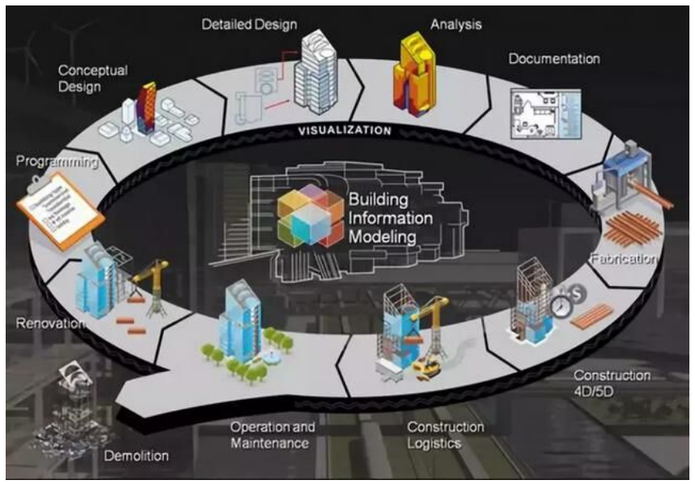


图　11.1-1BIM 应用范围

2.BIM 模型创建要求

（1）模型定位

模型创建宜采用统一的温州 2000 坐标系、模型度量单位统一采用“mm”；

（2）构件命名

为避免各标段模型采用命名相同的单元合并时出现构件缺失现象发生，规范单元命名，建议单元命名以“府东路隧道工程-构件名称”形式进行。

（3）颜色定义

为方便区分和识别模型构件类型，对所有构件进行颜色定义。

（4）模型整合

模型整合前应注意模型压缩，清除未使用元素，在保证构建完整的前提下尽量减小模型大小。

（5）建模软件

初步设计阶段 BIM 模型拟采用 Autodesk 软件技术解决方案。隧道、道路、交通等 BIM 模型采用 Revit2017；周边环境模型创建，拟采用 3DMax、SketchUp 等软件；倾斜模型创建，采用 ContextCapture 三维实景建模软件。

3.BIM 模型创建

（1）隧道 BIM 模型，包括隧道主体与附属工程的土建、围护、机电（给排水与消防、环控、供电、照明、监控等）、装修、隧道路面交通系统及其他系统工程等模型；

（2）改造道路 BIM 模型，包括道路系统（道路路面、路基、垫层、桩基等）、道路排水系统、道路照明系统及其他道路系统工程等模型；

（3）周边环境 BIM 模型，包括但不限于工程范围内的地面建构筑物、市政管网、绿化景观、地面交通系统（道路标志线、指示牌、信号灯、路灯、监控、电子警察等）、既有设施（桥梁、隧道或通道、轨道交通）等。

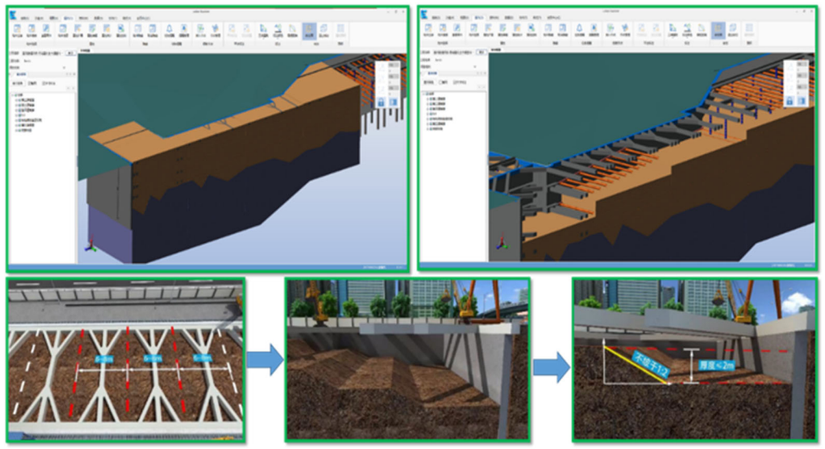


图　11.1-2 明挖基坑模型

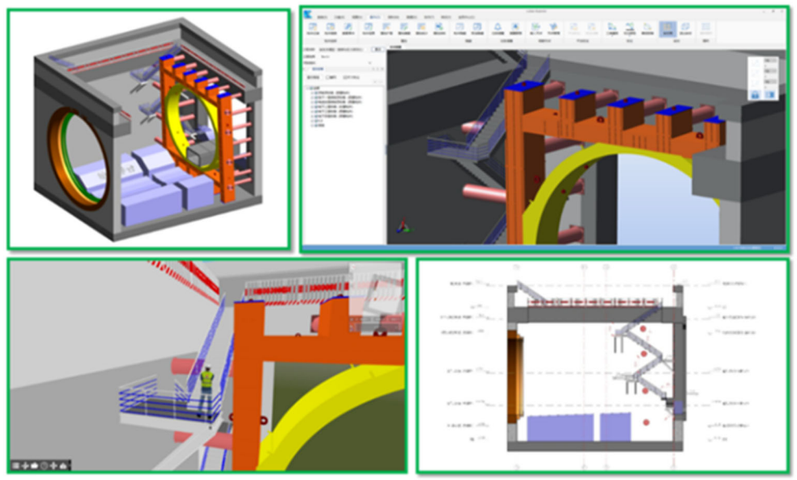


图　11.1-3 盾构井模型

4.施工图设计阶段 BIM 应用

本工程北岸均为高端居住小区、会前山及瓯江边慢行步道系统，南岸有杨府山 1 号码头、外滩酒店、江边漫步道、上陡门浦公园及滨江上品高档住宅小区等，江两岸景观设计要求高，地下市政管网极其复杂，结合工程建设特点，策划初步设计阶段 BIM 应用加指点，结合倾斜摄影技术、虚拟现实技术等，开展项目设计方案可视化表现、景观绿化方案表现等 BIM 应用，从而能够优化设计方案，减少设计变更，提高设计质量。

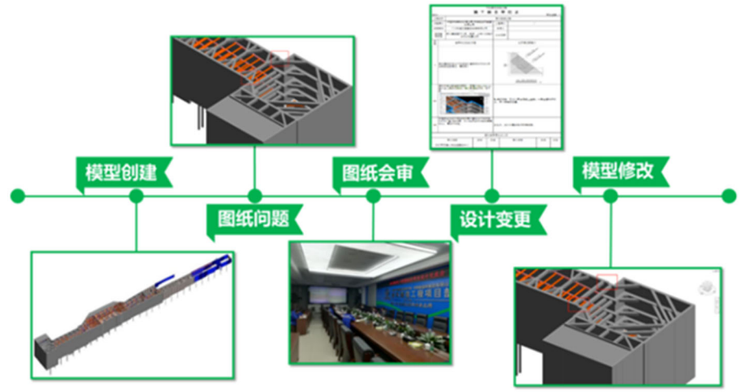


图　11.1-4BIM 模型应用流程

5.施工图阶段 BIM 应用成果交付

由设计单位负责完成初步设计阶段 BIM 模型创建以及相关 BIM 应用，其 BIM 成果交付清单。

表　11.1-1 施工图设计阶段 BIM 成果交付清单

序号	工作范畴	BIM 交付成果	成果格式	备注
1	BIM 模型创建	主体与附属土建 BIM 模型	*.rvt	
2		机电 BIM 模型	*.rvt	
3		围护结构 BIM 模型	*.rvt	
4		周边环境 BIM 模型	*.rvt	
5		各专业整合 BIM 模型	*.rvt、*.nwd	
6		倾斜摄影模型	*.osgb、*.obj/*.fbx	提供当地坐标系统倾斜摄影模型
7	BIM 模型应用	设计方案可视化表现	*.rvt、*.nwd	
8		景观绿化方案表现	*.rvt、*.nwd、*.wmv	提供景观绿化漫游
9	其他	文本制作	*.pdf、*.doc	实施策划方案、成果报告等

6.BIM 与信息化管理平台融合

在项目中将 BIM 技术与智能化管理平台结合，形成基于 BIM 的智能化管理平台，对于 BIM

应用的可视化表现、模拟、优化等进行深层次的价值挖掘。因此，建议本项目将 BIM 技术应用应延伸到项目管理层面，以先进的管理理念和方法为指导，以信息化应用重塑项目管理流程为核心，依托 BIM 技术建立各管理层级、各部门、全员实时参与，信息共享、相互协作的一体化的业务管理平台，实现由传统的经验管理向科学管理、流程化管理的转变，有效增强建设单位核心业务管理能力。围绕项目建设全过程与后期运营管理需求，以标准化 BIM 模型为数据载体，全面整合施工及运维阶段动态数据，形成各阶段 BIM 应用数据库，搭建面向各层级的建设 BIM 应用、管理与集成平台，包括：基于 BIM+GIS 的建设可视化协同管理平台、基于 BIM+GIS 的智慧运维管理平台、数据管理平台，实现项目建设的设计方案和成果优化，有效控制施工进度，减少工期，降低成本投入，提高设计质量和施工管理水平，促进项目运维管理和公共服务水平提升。



图　11.1-5 信息化管理平台融合

11.2 科研项目建议

府东路隧道工程建设条件复杂，周边已建、在建和规划项目较多，其中隧道北岸与已建长岙水闸、三江防洪堤、长岙油库箱涵及规划的环河、横河及长岙浦水下冲突，冲突部位需进行同步实施。隧道南岸与已建的南岸防洪堤、上陡门浦河桥存在冲突，需提前进行采取措施处理；隧道南岸江滨路节点与规划的沿江快速路隧道及地铁 M2 号线存在立体交叉，本隧道实施需预留沿江快速路隧道及地铁 M2 号线后期下穿条件。同时，本工程地质主要为深厚淤泥层、砂卵石层，岩面埋深较深，约 90m，地下水主要为孔隙潜水、孔隙承压水，水位埋深较浅，孔隙水具承压性，工程地质差、地下水丰富且有承压性。工程建设、运营期的难点、风险多，亟需通过科技创新来引导工程的建设。

根据本项目特点，建议开展《流塑性淤泥质地层大直径市政越江盾构隧道关键技术研究》课题研究，对项目涉及的重难点工程开展关键技术研究，拟开展以下子课题研究：

（1）大型水下市政隧道流塑性淤泥质地层地基处理关键技术研究；

（2）强潮区大直径盾构隧道江中始发关键技术研究；

（3）大直径盾构隧道装配式内部结构关键技术研究；

（4）大型水下市政隧道与智慧城市融合关键技术研究；

（5）大型水下市政隧道与防洪堤合建关键技术研究；

（6）大型水下市政隧道地下设备房与运营管理中心合建关键技术研究；

（7）强潮区江中大型临时围堰关键技术研究。

12 问题与建议

1.应尽快完成剩余专题研究，为下阶段工作提供依据。

2.本项目北岸主线与现有 104 国道西侧衔接，104 国道与三塘线交叉口面临三股主线车流汇集，如采用平面信控交叉口，存在信控延误过大、排队车辆过长等问题，严重阻碍现 104 国道和府东路隧道北延线交通通行效率。建议对 104 国道与三塘线交叉口进行同步改造。

3.北岸 104 国道段交通疏解难度较大，下阶段应尽快与相关部门对接，尽快稳定施工期间交通疏解方案。

4.南岸江滨路与府东路交叉路口地下管线众多，下阶段应与产权单位充分对接，结合施工方案和交通疏解方案进一步优化管线改迁方案。

5.本工程南北岸涉水工程较多，下阶段应尽快完成水利部门审批手续，为项目开工创造有利条件。

6.隧道下穿梅园锚地，受隧道埋深影响，需对规划梅园二期锚地进行调整，应尽快完成锚地调整事宜。

13 附件

13.1 项目委托书、前一阶段的项目批复文件

13.1.1 预工可会议纪要

温州市发展和改革委员会

会 议 纪 要

〔2022〕1号

温州市发展和改革委员会办公室　　二〇二二年五月五日

2022年4月21日，市发改委主持召开温州市府东路过江通道工程预工可审查会议。参加会议的单位有市住建局、市财政局、市资规局、市交通运输局、市水利局、温州海事局、市文广旅局、市人防办、市综合行政执法局、市大数据局、市政务局、市交管局、市铁管中心、市铁投集团，永嘉县住建局、永嘉县财政局、永嘉县资规局、永嘉县交通局、永嘉县水利局、永嘉县农业农村局、永嘉县文广旅局、永嘉县综合行政执法局、永嘉县交警大队。与会人员听取了项目业主单位市城发集团和工可文本编制单位中铁第六勘察设计院集团有限公司对项目情况的介绍，经认真审议，形成审查意见纪要如下：

一、项目概况

温州市府东路过江通道工程位于城市核心区滨江商务区与永嘉三江片区之间，纵向串联温州北站-三江组团-温州市区，服务交通枢纽和组团地块纵向交通流量，是永嘉与市区间瓯江两岸重要的过江通道之一。

工程北起G104，向南沿梅园路布设，下穿瓯江主航道，南接府东路，终点止于江滨东路与府东路交汇处南侧约200米位置。北岸设置出口A匝道接G104东向，南岸设置一组右进右出匝道与规划中的江滨东路地下道路衔接，出口B匝道为双车道，入口C匝道为单车道（B、C匝道暂按预留考虑）。

隧道主线总长度3.05公里，过江段采用盾构法施工，其中江中盾构段长1895米，采用两台盾构同向掘进。盾构工作井及以外区段采用明挖法施工。主线采用双向六车道，标准为城市主干路。主线设计时速60公里/小时，匝道设计时速30-40公里/小时。主要建设内容包括过江通道主线工程及两岸接线工程和相关路段综合管线、道路绿化、交通和附属工程等。

项目总投资估算47.5亿元，建设资金由市城发集团、永嘉县政府各承担50%。

二、项目必要性

杭温高铁将在2023年通车，温州市区往杭州方向的乘客将主要从温州北站上下客，客流将会激增，北站和市区方向的交通联系强度会大大增加。目前，温州北站与市区方向最便捷的通道-瓯越大桥已较为饱和，将无法满足温州北站未来客流量需求。项目的建设有助于完善鹿城区、永嘉县、瓯北三江口及温州北站路网，缓解瓯越大桥的交通压力、提高瓯江南北交通通

行能力，方便沿线广大居民日常出行。根据市领导批示和市政府专题会议纪要（〔2022〕1号）精神、市政府办公室《关于印发瓯江过江通道近期实施计划（2022-2027年）的通知》（温政办〔2022〕16号），建设该项目是必要和紧迫的。

三、项目审查意见

根据瓯江过江通道建设指挥部工作专班重点工作任务清单和温州市发改委《关于同意温州市府东路过江通道工程开展前期工作的通知》（温发改投[2022] 42号）要求，项目业主单位和工可文本编制单位下一步应根据以下意见完善，并在相应时间节点完成相关任务。

（一）对接住建、资规、铁管、电力、园林部门

过江通道南岸线与轨道交通M2线、沿江快速路交叉，请尽快专题研究论证府东路过江通道与轨道M2线及沿江快速路的关系，形成专题报告报市政府决策，稳定三者方案，预留好沿江快速路及M2线的实施条件，保证本项目节点方案实施的可行性。

做好工程竖向研究，因工程原因引起原敷设管线变化的，应提出相应解决方案报资规部门审批。项目的市政综合管线设计应与周边管线相衔接，所有管线要同步设计、同步施工，并加强对现有管线的保护和利用。

工程方案以过江隧道形式连接瓯江两岸，主线标准为城市地下主干路，其城市道路使用功能应尽可能齐全。下一步请及时与资规部门对接，项目工可审批前应取得《建设项目用地预审与选址意见书》，并附设计条件和红线图；尽快开展设置隧道

公交系统、慢行系统专题论证，并于2022年5月中旬前明确。

论证隧道工程面临超强台风、暴雨积水等恶劣情况下百年一遇的技术处理手段，要有防范特别重大自然灾害措施。做好与已建道路的断面衔接，补充地下管线平面图，管线管位布置应在道路横断面中明确，排水、雨水系统采用最新的设计规范，设计排水管线应与规划排水管网及现状排水管网做好衔接。

做好沿线地块、道路以及河道蓝线的规划衔接，做好维养中心、风塔等附属设施规划选址论证工作；涉及用地功能调整的，请及时启动规划修改。请于2022年5底前明确调整后道路红线和河道蓝线以及维养中心和风塔选址、110KV长岙变电力布点规划；并专题论证南堤人行桥、上陡门浦桥、上陡门浦110KV管线桥部分拆除重建方案。

做好古树保护和绿化占补平衡工作。

（二）对接水利、海事、应急、文物部门

鉴于长岙水闸为新完工项目，文本中须论证其拆除重建的必要性、可行性和经济性；因长岙水闸迁改引起三江片区规划河道布局变化的，应纳入本工程建设内容同步实施，并做好三江标准提设计变更审批事宜；项目建设须与《永嘉县三江商务区排涝规划报告（2016年-2030年）》做好有序衔接，确保规划实施与行洪排涝不受影响。

对防洪影响进行专题分析论证，并于2022年6月上旬前取得省水利厅涉河涉堤建设方案审批。

地下水不但影响隧道工程的施工和建成后的结构稳定，也

是城市隧道事故的主要诱因。请于2022年6月中旬前专题论证地下水对本隧道工程的安全性影响分析，杜绝因地下水产生相应的隧道病害，防止影响隧道正常使用时的安全。

南、北两岸破堤施工后，堤防重建工程要满足规划防洪标准要求；论证在河道中设置北盾构井的必要性，并减少临时围堰的实施长度和时间，以降低对瓯江的防洪影响和冲淤变化。文本需补充完善工程北岸围堰的规模及位置，分析对船舶通航产生的影响；补充施工及运营期间对梅园锚地功能产生的影响。

根据《中华人民共和国水下文物保护管理条例》（国务院令第751号），做好地下文物考古、勘探工作。

（三）对接交警、交通、大数据部门

文本中应明确过江隧道服务对象和服务车型，同时补充完善本项目所在区域预测设计交通量，为过江隧道连接的地面道路改扩建提供有力的数据支撑。进一步核查地下通道断面布置的车道宽度、路缘带宽度和侧向净距是否满足车辆安全通行条件；隧道净空高度应满足特种车辆（如消防车、急救车等）最低通行高度要求。

文本仅研究隧道两岸接线内容，范围过小。文本应扩展到隧道两岸连接道路的主要交叉口范围（如南岸的府东路和黎明路交叉口、北岸的104国道和美人岗隧道交叉口），并增加隧道涉及地面道路所有交叉口通行能力和服务水平对比分析研究内容；同步启动隧道连接的地面道路网优化研究，包括本项目所在片区规划道路红线调整和已建道路渠化拓宽改建，尤其是

交叉口的渠化拓宽，如梅园路与104国道交叉口、梅园路与环江大道交叉口、府东路黎明路交叉口等；隧道北岸主线渐变段约161米，与现状104国道衔接。应优化调整该渐变段长度至少200米以上，以保证过江隧道主线通畅和104国道衔接顺畅；隧道南岸紧靠府东路隧道主线双向4车道连接地面道路，其连接的府东路与黎明路通行能力、交叉口通行能力和服务水平均无法满足预测设计交通量通行需求，建议与主线一致，采用双向六车道。江滨东路预留2个“右进右出”地下匝道应同步完成建设。请项目业主单位编制交通影响评价报告，并于2022年5月20日前通过评审。

进一步优化施工期间两岸交通组织方案。

及时与市大数据局和市交管局做好衔接，文本中增加智能化研究内容，并于2022年5月中旬取得智能化工程审查意见。

（四）对接人防、环保部门

根据《浙江省人民防空工程管理办法》（浙江省人民政府令第391号），补充人防可研设计专篇，并组织专家论证，确定经济合理的人防设计方案，明确本项目人防工程的配建标准，并于2022年5月底取得主管部门批准。

项目开工前做好环评审批工作，按要求落实敏感地点噪音防治工作，必要时设置隔声屏。

（五）对接属地政府、中石化集团

文本需补充、完善、拆迁章节，进一步对接属地政府，做好红线范围内房屋征收、调查、摸底统计工作，提供具体的拆

迁门牌号；拆迁安置按国家和地方有关政策法规执行，保护被拆迁户的合法权益。

与中石化集团公司做好对接，确保长岙油库、加油站安全运营。

（六）对接市委政法委

完善项目社会稳定风险评估篇章，做好社会稳定工作，创造和谐稳定的社会环境。

（七）结合滨海沉积软土地质地貌特征，隧道两岸请根据地质勘察报告，做好基坑边坡支护和桩基础工作，确保工程安全建设，保障项目建成后安全运行；工程防火分隔和安全疏散严格按照《建筑设计防火规范》（GB50016-2014）执行。

（八）依据项目所在位置河势、水文、地质、通航、工程条件、经济、环境等多方面因素，于2022年5月底前完成工程地质灾害危险性评估、河床极限冲刷、防洪影响评价、通航尺度、水下地形测量及河势演变、环境影响评价等前期专题研究，以最新的成果数据完善工程相关设计方案。

（九）规范投资估算编制，估算中应充分考虑交叉工程引起的加固费用，对水利规划实施、防洪大堤拆建和水闸拆建的影响及工程地质特征采取的补救措施等费用；与市、县两级财政部门对接工程造价审核事宜；投资估算按国家发改委估算管理办法执行，严格控制工程总投资。

请项目业主单位市城发集团务必于2022年5月20日前提供修改完善后的预工可文本，市发改委将根据《温州市市级政

府投资项目前期生成决策机制实施办法（试行）的通知》（温政办[2021]70号）要求，按程序报市政府常务副市长审核后，报市长决策审定，作为办理立项审批手续的依据。

抄送：各有关单位

13.1.2 极限冲刷深度研究评审意见

《府东路过江通道工程（暂定名）极限冲刷深度研究》评审会专家组意见

2022 年 5 月 6 日，温州市公共建筑建设投资有限公司在温州组织召开了《府东路过江通道工程（暂定名）极限冲刷深度研究》报告（以下简称《报告》)视频评审会。中铁第六勘察设计院集团有限公司等代表参加了会议。会议邀请 5 位专家(名单附后)对《报告》进行评审。与会专家和代表听取了项目承担单位南京水利科学研究院的汇报，经质询和讨论，形成评审意见如下：

一、府东路过江通道采用隧道形式下穿瓯江，预测隧道轴线断面河床极限冲刷深度是该项工程关键问题之一。《报告》采用河床演变分析、水文计算分析、数学模型计算和物理模型试验等技术方法，系统地进行隧道断面冲刷深度研究，技术路线正确，研究方法符合规范要求。

二、“河床演变分析”收集大量资料，分析了瓯江杨府山河段地形变化特征，总结了河床演变规律，预测了隧道断面水下地形变化趋势及平衡态冲刷深度，为研究极限冲刷深度提供了重要参数。

三、“水文计算分析”收集大量的瓯江、楠溪江代表站洪峰流量和潮汐资料等，分别进行了洪水频率分析、遭遇流量组合及设计潮差分析，提出了最大冲刷研究采用的水文组合工况，为研究极限冲刷深度提供了水文条件。

四、“极限冲刷深度研究”在二维潮流泥沙数学模型、整体物理模型试验和正态系列物理模型试验分析的基础上，结合河床演变分析的下切趋势，给出了隧道断面最低高程分布，可供工程设计参考。

《报告》资料翔实、内容丰富，结论可信，专家组同意通过评审。

根据与会专家和代表的意见修改完善《报告》。

专家组组长：

二 0 二二年五月六日

13.1.3 人防专项论证意见及回复

温州市府东路过江通道工程人防专项可研方案论证会专家评审意见

2022 年 5 月 17 日，浙江省温州市人防办在市城发集团公建公司会议室组织召开了《温州市府东路过江通道工程人防专项可研方案论证会》。参加会议的有市人防办、永嘉县住建局、永嘉县人防办、城发集团、公建公司以及报告编制单位中铁第六勘察设计院集团有限公司等单位的领导、代表和特邀专家。会议组成了专家组（名单附后）。与会人员听取了有关单位的汇报，并进行了认真讨论。经研究，会议基本同意《温州市府东路过江通道工程人防专篇》报告，主要评审意见如下：

一、拟建项目基本情况

拟建的温州市府东路过江通道工程，位于温州主城区瓯越大桥下游约 2.0km 处的瓯江干流河段，起点位于 G104 国道，全长约 3050m，江中盾构段长 1895m。主线采用双向六车道，标准为城市主干路。主线设计时速 60km/h，匝道设计时速 30-40km/h。人防抗力等级拟按照常 6、核 6 设计，战时功能为兼顾人防疏散通道。

二、意见与建议

1、根据《浙江省人民防空工程管理办法》，本项目为地下交通干线，应按照兼顾人民防空进行设计。

2、战时按照《人民防空工程设计规范》GB50225-2005、《单建掘开式地下空间开发利用工程兼顾人防需要设计导则（试行）》完善设计。

3、建议咨询当地防灾主管部门，落实防淹防洪措施及预案。

专家签名：

13.1.4 交通预测及影响评价

府东路过江通道交通需求预测及交通影响评价报告专家审查意见

《府东路过江通道交通需求预测及交通影响评价报告》（以下简称《交评报告》）审查会于2022年5月18日下午在宏国大厦9楼10号会议室召开。会议由温州市公共建筑建设投资有限公司组织，参加会议的有市自然资源和规划局、市交通运输局、市住建局、市公安局交通管理局、市城发集团、永嘉县自然资源和规划局、永嘉县交通运输局、永嘉县公安局交警大队以及中铁六院、市城规院，并邀请了特邀专家(名单附后)。专家组及与会部门听取了编制单位（温州市城市规划设计研究院有限公司）对《交评报告》的汇报，经讨论形成评审意见如下：

一、《交评报告》编制依据比较充分，编制内容比较齐全，交通需求预测结果基本可信，交通影响评价及改善建议基本合理，对于府东路过江通道工程后续的建设实施及运行管理具有参考意义，基本达到项目预期目的。

二、建议对以下几个方面进行补充和完善：

1、补充完善交通需求预测的基础（如土地利用、人口发展等）。

2、补充交通影响评价的依据，进一步深化交通影响评价的内容，更好的支撑下一步工程方案的深化。

3、进一步梳理道路网络，补充分析各主要通道的交通功能、等级结构等内容，进一步深化104国道-梅园路交叉口、府东路-黎明东路交叉口、104国道美人岗隧道交叉口、主线出口等关键节点的交通影响评价。

4、基于江滨路B、C匝道受制于轨道交通M2线、沿江快速路的影响暂时无法建设，建议加快推进以上工程设计方案的稳定及建设实施。

5、结合与会部门及专家的其他意见进行修改完善。

专家组签字：

2022.5.18

13.1.5 工可审查会议纪要

温州市发展和改革委员会

会 议 纪 要

〔2022〕25 号

温州市发展和改革委员会办公室　　二〇二二年七月二十五日

2022 年 7 月 14 日，市发改委主持召开温州市府东路过江通道工程可行性研究报告审查会议。参加会议的有市住建局、市财政局、市资规局、市交通局、市水利局、市生态环境局、温州海事局、市文广旅局、市人防办、市综合行政执法局、市大数据局、市政务局、市公安交管中心、市铁管中心、市铁投集团、市电力局，永嘉县发改局、永嘉县住建局、永嘉县财政局、永嘉县资规局、永嘉县交通局、永嘉县水利局、永嘉县生态环境局、永嘉县应急局、永嘉县综合行政执法局、永嘉县公安交管中心、永嘉县电力局等单位和特邀专家。市委政法委，市应急局缺席。与会人员听取了项目业主单位市城发集团和工可文本编制单位中铁第六勘察设计院集团有限公司对项目情况的介绍，经认真审议，形成审查意见纪要如下：

一、项目背景

温州市府东路过江通道工程位于城市核心区滨江商务区与永嘉三江片区之间，纵向串联温州北站-三江组团-温州市区，是融汇永嘉与市区、贯通瓯江两岸的重大民生工程。

杭温高铁将在 2023 年通车，温州市区往杭州方向的乘客将主要从温州北站上下客，客流量将会激增，北站和市区方向的交通联系会大大增强。目前，温州北站与市区方向最便捷的通道——瓯越大桥已接近饱和，将无法满足温州北站未来客流疏通需求。府东路过江通道工程项目的建设有助于完善鹿城区、永嘉县、瓯北三江口及温州北站路网，有效缓解瓯越大桥的交通压力、提高瓯江南北交通通行能力，方便沿线广大居民日常出行。建设该项目是必要和紧迫的。

二、项目概况

工程北起 G104，向南沿梅园路布设，下穿瓯江主航道，南接府东路，终点止于江滨东路与府东路交汇处南侧约 200 米位置。北岸设置单车道入口 A 匝道接梅园路，单车道出口 B 匝道接 104 国道东向，南岸设置单车道出口 C 匝道接远期沿江快速路，单车道入口 D 匝道接江滨路（C、D 匝道按预留考虑）。隧道主线总长度 3065 米，江中盾构段长 1940 米。过江段采用盾构法施工，采用两台盾构同向掘进。盾构工作井及以外区段采用明挖法施工。设置临时围堰长度约 210 米。主线采用双向六车

道，标准为城市主干路。主线设计时速 60 公里/小时，匝道设计时速 30-40 公里/小时。

隧道北岸设置隧道管理中心用房，总用地面积 2500 平方米，建筑面积 3500 平方米。主要功能包括中央控制室、养护办公用房、停车场等。隧道南岸设置设备用房用地面积 700 平方米，建筑面积 400 平方米。

工程主要建设内容包括过江通道主线工程及两岸接线工程和相关路段综合管线、道路绿化、交通和附属工程等。

项目总投资估算 47.5 亿元，建设资金由市城发集团、永嘉县政府各承担 50%。

三、项目审查意见

会议认为，项目业主单位和工可文本编制单位已根据项目预工可审查意见对项目可行性研究报告进行了优化，工程总体方案基本可行。下一步请根据以下意见进一步研究深化，完善项目可行性研究报告，以利于加快推进工程初步设计工作的开展。

（一）请项目业主单位于 2022 年 8 月底前将工程建设方案向永嘉县政府作专题汇报。

（二）结合河床演变及极限冲刷专题报告结论、工程地质及水文地质资料，对江中隧道埋深及线路纵坡方案进一步优化；加强地质勘探，详细调查承压水的分布与影响，为基坑设计提供详实依据；加强地下障碍物调查，特别是过大堤段。优化明

挖支护方案，并核实明挖段建安费用。

（三）南、北岸涉及水利工程的拆除和恢复方案以及围堰方案和改渠方案须取得水利部门行政许可批复，为顺利推进本项目工程建设奠定基础。

（四）借鉴其他城市已建隧道工程先进经验，结合本项目实际，充分利用隧道下层空间布置市政管线，并预留实施条件；根据物探资料，结合资规部门意见，进一步细化、稳定工程管线迁改方案，并核实管线迁改费用。

（五）优化隧道平面布置，加大江中段左右洞间距，尽量减少左右洞掘进不利因素影响。

（六）由于项目南岸江滨路节点规划沿江快速路及地铁 M2 线方案尚未稳定，建议 C、D 匝道按远期预留考虑，待沿江快速路和地铁 M2 线建设方案稳定后再实施 C、D 匝道，提高容错性。

（七）充分考虑瓯江新城一体化、交通一体化、市政一体化的要求预留公交、市政设计通道条件；明确隧道通行车辆要求及消防设计标准；优化通道出入口与周边现状的已建地块、地下空间的衔接设计，加强通道的立体绿化种植，减少对周边敏感环境的影响，并结合绿化带设置散排风口；下一步尽快编制环评报告并报批；加强通道夜景照明、入口设计等内容。

（八）本项目电力迁改方案须报电力部门组织专题审查。

（九）进一步深入研究道路网的渠化拓宽及已建道路规划红线调整工作，避免过江通道建成投入使用后，因衔接道路未进行同步改造提升而影响正常交通通行。

（十）加强与应急、人防部门沟通，制订工程施工期间和工程投入运行后防淹、防洪以及救援、逃生等安全措施预案。要紧盯工程建设施工安全，切实加强施工安全管理；做到隧道运行监控系统全覆盖，全面做好防汛防台各项准备工作。坚决遏制各类事故发生，确保隧道运行安全。

抄送：各有关单位