



上海大型市政工程设计施工丛书

SHANGHAI

# 复兴东路 双层越江隧道工程

SHUANGCENG YUEJIANG SUIDAO GONGCHENG

上海市建设和交通委员会科学技术委员会  
上海城建(集团)公司  
上海黄浦江大桥建设有限公司

上海科学技术出版社

上海大型市政工程设计施工丛书

# 复兴东路 双层越江隧道工程

上海市建设和交通委员会科学技术委员会

上海城建(集团)公司

上海黄浦江大桥建设有限公司

上海科学技术出版社

### 图书在版编目(CIP)数据

复兴东路双层越江隧道工程 / 上海市建设和交通委员会科学技术委员会等编. — 上海: 上海科学技术出版社, 2006.8

(上海大型市政工程设计施工丛书)

ISBN 7-5323-8515-9

I. 复... II. 上... III. 水下隧道 - 隧道工程 - 简介 - 上海市 IV. U459.5

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 061674 号

上海世纪出版股份有限公司 出版、发行  
上海科学技术出版社

(上海钦州南路 71 号 邮政编码 200235)

新华书店上海发行所经销

上海江杨印刷装订厂印刷装订

开本 889 × 1194 1/16 印张 20 字数 600 千 插页 8

2006 年 8 月第 1 版 2006 年 8 月第 1 次印刷

印数 1-1550

定价: 180.00 元

---

本书如有缺页、错装或坏损等严重质量问题,  
请向本社出版科联系调换

## 内 容 提 要

上海市复兴东路越江隧道是中国第一条已建成的双层双管盾构法越江隧道,也是世界上首条运营的同类型隧道。该工程总投资15.9亿元,隧道全长2 785m,设6条车道。上层通行小车,限高为2.4m,设二来二去四车道,每条车道宽3m。下层通行大车,限高为3.8m,设一来一去两条车道,每条车道宽3.5m,车道两旁另设一条2.5m宽的紧急停车道。设计车速为40km/h。复兴东路越江隧道首次实现圆隧道内设置两层车道的构想,并在盾构推进中第一次高精度地拼装薄壁带牛腿管片,此为隧道建设史上的创举。复兴东路越江隧道高效地利用空间成为上海越江隧道建设的亮点。

本书对上海复兴东路越江隧道工程的设计、施工、科研、建设管理等方面作了系统、全面的总结和阐述,可供隧道工程建设的广大科技人员及工程管理人员参考,也可供从事土建工程的技术人员和高等院校相关专业的师生参考。

## 《上海大型市政工程设计施工》丛书

### 编辑委员会

(以姓氏笔画为序)

|     |     |     |     |     |
|-----|-----|-----|-----|-----|
| 丁 仪 | 五 一 | 叶可明 | 白 云 | 白廷辉 |
| 冯健理 | 匡桂云 | 邢同和 | 朱 俊 | 朱剑豪 |
| 刘建航 | 江欢成 | 江绵康 | 汤 伟 | 许解良 |
| 李怀正 | 吴根祥 | 张 辰 | 张效国 | 陈美发 |
| 陈 康 | 范庆国 | 林元培 | 周 冰 | 项海帆 |
| 赵 俊 | 姚金华 | 袁嘉蓉 | 顾伟华 | 顾金山 |
| 钱寅泉 | 徐建群 | 高永善 | 席群峰 | 黄兴华 |
| 龚汇汇 | 董守勤 | 蔡忠明 | 戴瑞同 | 戴复东 |

## 复兴东路双层越江隧道工程

### 编辑委员会

(以姓氏笔画为序)

|     |     |     |     |     |
|-----|-----|-----|-----|-----|
| 叶国强 | 白云  | 朱人畏 | 乔宗昭 | 华学新 |
| 杨俊龙 | 杨晓东 | 邹长中 | 沈秀芳 | 陈佳璋 |
| 陈鸿  | 范明星 | 岳秀平 | 周松  | 赵强  |
| 黄忠辉 | 蔡凤琴 | 戴阿幸 |     |     |

## 复兴东路双层越江隧道工程

### 撰稿人 名录

(不分先后)

#### 上海城建(集团)公司

白 云 叶国强 蔡凤琴 程华清 严佐人

#### 上海市隧道工程轨道交通设计研究院

乔宗昭 陈 鸿 周国甫 黄 巍 张 毅 王 曦  
彭子晖 曹伟飙 李美玲 叶 蓉 邵 臻 劳衡生  
蒋卫艇 虞 锋 冯 爽 范士森 沈 蓉 洪 翔  
孟 静 汤锁庚 金秋雯

#### 上海市第二市政工程有限公司

岳秀平 杨继范 邹长中 朱建华 崔宏波 王仲平  
李怀洪 王肖云 杨军峰 蒋洪进 黄 勇 陈剑敏  
孙 威 陈佳璋 冯崇翊 傅明华 欧立成 戴阿幸  
王选锦 曾 剑 杨晓东 戴菊生 颜晓芳 蔡耀放  
孙 强

#### 上海黄浦江大桥建设有限公司

王晶华

#### 上海中鑫建设咨询有限公司

孙建萍

# 目 录

|            |                                   |    |
|------------|-----------------------------------|----|
| <b>第一篇</b> | <b>综 述</b> .....                  | 1  |
| <b>第二篇</b> | <b>工程概况及工程建设条件</b> .....          | 11 |
|            | 一、工程功能定位和作用 .....                 | 13 |
|            | 二、工程规模 .....                      | 14 |
|            | (一) 预测交通流量 .....                  | 14 |
|            | (二) 设计标准 .....                    | 15 |
|            | (三) 设计规模 .....                    | 15 |
|            | 三、工程主要技术特征 .....                  | 16 |
|            | 四、工程试验与决策 .....                   | 17 |
|            | (一) 工程试验 .....                    | 17 |
|            | (二) 决策 .....                      | 19 |
|            | 五、工程建设条件 .....                    | 19 |
|            | (一) 工程周边地区现状及规划 .....             | 19 |
|            | (二) 水文条件 .....                    | 20 |
|            | (三) 航道条件及河势演变分析 .....             | 20 |
|            | (四) 沿线建构筑物及地下管线 .....             | 21 |
|            | (五) 工程地质、水文地质 .....               | 22 |
| <b>第三篇</b> | <b>工程管理模式和经验</b> .....            | 25 |
|            | 一、招标管理 .....                      | 27 |
|            | (一) 招标方式的选择 .....                 | 27 |
|            | (二) 招标文件的编制 .....                 | 28 |
|            | (三) 评标规则的制定与评标专家的选择 .....         | 29 |
|            | 二、代建制项目管理 .....                   | 29 |
|            | (一) 工程项目代建制管理主要职责 .....           | 30 |
|            | (二) 工程项目代建制管理工作程序 .....           | 30 |
|            | (三) 工程项目代建制管理控制 .....             | 30 |
|            | 三、设计施工总承包管理 .....                 | 34 |
|            | (一) 设计施工总承包管理的模式 .....            | 34 |
|            | (二) 设计施工(采购)总承包管理的优势 .....        | 36 |
|            | (三) 设计施工(采购)总承包模式下项目设计的组织管理 ..... | 36 |
|            | (四) 设计施工总承包的管理改进建议 .....          | 37 |

|                       |           |
|-----------------------|-----------|
| 四、施工管理体系实施经验及成果       | 37        |
| (一) 两层式施工管理体系         | 37        |
| (二) 施工组织设计和技术方案的编制与审定 | 38        |
| (三) 成本控制的方法与重点        | 38        |
| (四) 进度计划和节点目标的控制      | 38        |
| <b>第四篇 工程设计</b>       | <b>41</b> |
| 一、总体设计                | 43        |
| (一) 双层隧道的特点           | 43        |
| (二) 通行限界的取用           | 43        |
| (三) 工程的总体布置           | 45        |
| 二、线路设计                | 46        |
| (一) 线路总平面设计           | 46        |
| (二) 线路纵断面设计           | 49        |
| 三、建筑设计                | 50        |
| (一) 建筑总平面设计           | 50        |
| (二) 隧道横断面布置           | 50        |
| (三) 工作井与风塔设计          | 54        |
| (四) 泵房设计              | 55        |
| (五) 洞口建筑和装修设计         | 55        |
| (六) 隧道管理中心设计          | 56        |
| 四、结构设计                | 56        |
| (一) 圆隧道结构设计           | 56        |
| (二) 工作井结构设计           | 63        |
| (三) 浦东工作井结构设计         | 67        |
| (四) 岸边段结构设计           | 70        |
| 五、防水设计                | 77        |
| (一) 圆隧道防水设计           | 77        |
| (二) 岸边段               | 81        |
| 六、通风系统设计              | 83        |
| (一) 设计标准和参数           | 83        |
| (二) 隧道的通风模式           | 84        |
| (三) 隧道通风量计算及风机配置      | 85        |
| (四) 火灾工况的通风控制         | 85        |
| (五) 通风系统的数值模拟         | 86        |
| (六) 总结                | 98        |
| 七、给排水、消防系统设计          | 99        |
| (一) 设计标准和参数           | 99        |
| (二) 生产给水系统            | 99        |

|            |                     |     |
|------------|---------------------|-----|
|            | (三) 排水系统            | 99  |
|            | (四) 消防系统            | 100 |
|            | (五) 管材的选用           | 101 |
|            | (六) 控制方式及显示要求       | 101 |
|            | <b>八、照明系统设计</b>     | 102 |
|            | (一) 设计标准和参数         | 102 |
|            | (二) 光源选择            | 102 |
|            | (三) 照明布置方式          | 103 |
|            | (四) 照明供电系统          | 103 |
|            | (五) 照明控制            | 104 |
|            | <b>九、监控系统设计</b>     | 104 |
|            | (一) 设计参数            | 104 |
|            | (二) 监控系统组成          | 104 |
|            | (三) 各分系统功能及组成       | 104 |
|            | (四) 系统集成的实现         | 107 |
|            | <b>十、供电系统设计</b>     | 108 |
|            | (一) 电源与变电所设计        | 108 |
|            | (二) 控制与信号           | 108 |
|            | (三) 继电保护            | 108 |
|            | (四) 直流电源系统          | 108 |
|            | (五) 主要设备的选择         | 108 |
|            | <b>十一、道路、交通组织设计</b> | 110 |
|            | (一) 接线道路设计          | 110 |
|            | (二) 交通组织设计          | 111 |
|            | (三) 交通设施设计          | 115 |
|            | <b>十二、隧道防灾系统设计</b>  | 116 |
|            | (一) 总体防灾设计原则        | 116 |
|            | (二) 建筑结构防灾设计        | 117 |
|            | (三) 设备系统防灾设计        | 117 |
| <b>第五篇</b> | <b>工程施工</b>         | 119 |
|            | <b>一、工程施工难点</b>     | 121 |
|            | (一) 岸边段深基坑          | 121 |
|            | (二) 隧道双层结构施工        | 123 |
|            | (三) 盾构推进            | 123 |
|            | (四) 联络通道冻结法         | 125 |

|                        |     |
|------------------------|-----|
| (五) 隧道内沥青铺装层           | 126 |
| 二、岸边段基坑和混凝土结构施工        | 127 |
| (一) 概况                 | 127 |
| (二) 地下连续墙              | 128 |
| (三) SMW 工法围护           | 138 |
| (四) 复合结构围护墙            | 141 |
| (五) 深基坑降水(工作井~PX15段)   | 143 |
| (六) 深基坑开挖、支撑           | 144 |
| (七) 深基坑施工风险防范和应急预案     | 148 |
| (八) 管线保护               | 151 |
| (九) 深基坑工程信息化施工管理       | 155 |
| (十) 暗埋段结构施工            | 156 |
| (十一) 深基坑无便道施工          | 162 |
| (十二) 基坑封端墙翻交施工措施       | 163 |
| (十三) 下立交结构施工           | 165 |
| (十四) 爆破拆除支撑            | 165 |
| (十五) 施工管理小结            | 167 |
| 三、隧道江中段施工技术            | 168 |
| (一) 盾构机选型及改造           | 168 |
| (二) 带牛腿的双层隧道大直径管片高精度钢模 | 172 |
| (三) 盾构进出洞口土体加固         | 178 |
| (四) 盾构掘进               | 179 |
| (五) 江中段应急预案及处理         | 185 |
| 四、上下层道路施工              | 186 |
| (一) 盾构与上层道路同步施工的试验     | 186 |
| (二) 上层道路施工             | 187 |
| (三) 下层道路施工             | 190 |
| 五、隧道旁通道施工              | 192 |
| (一) 冻结方案设计             | 192 |
| (二) 隧道联络通道冻结施工         | 198 |
| (三) 开挖及混凝土结构施工         | 202 |
| (四) 封孔及防融沉             | 203 |
| (五) 信息化施工系统应用          | 205 |
| (六) 施工风险防范与应急预案        | 206 |
| (七) 江中泵房施工             | 207 |
| 六、机电安装施工               | 209 |
| (一) 供电系统               | 210 |

|            |                           |     |
|------------|---------------------------|-----|
|            | (二) 通风系统                  | 216 |
|            | (三) 隧道通风系统                | 218 |
|            | (四) 给排水系统                 | 219 |
|            | (五) 消防系统                  | 220 |
|            | (六) 监控、通信系统               | 226 |
|            | (七) 工程主要施工难点、特点和采取的技术措施   | 230 |
|            | (八) 质量控制及工程资料体系           | 232 |
|            | 七、建筑装饰施工                  | 233 |
|            | (一) 隧道建筑装饰                | 233 |
|            | (二) 隧道科技馆                 | 241 |
|            | 八、工程施工测量与监测               | 246 |
|            | (一) 工程施工测量                | 246 |
|            | (二) 工程施工监测                | 248 |
|            | (三) 岸上段施工监测               | 248 |
|            | (四) 圆隧道施工监测               | 255 |
|            | (五) 冰冻法联络通道施工监测           | 259 |
|            | 九、安全、质量、进度管理              | 262 |
|            | (一) 进度计划控制                | 262 |
|            | (二) 安全生产管理                | 263 |
|            | (三) 工程质量控制                | 264 |
| <b>第六篇</b> | <b>工程科研</b>               | 267 |
|            | 一、科研项目的组织                 | 269 |
|            | (一) 课题研究的立项背景、目的意义        | 269 |
|            | (二) 国内外同类技术的现状及发展趋势       | 269 |
|            | (三) 科研力量的组织               | 270 |
|            | (四) 项目研究时间的安排             | 270 |
|            | 二、科研项目研究内容                | 270 |
|            | (一) 研究内容和技术路线             | 270 |
|            | (二) 研究项目和国内外同类研究(技术)的综合比较 | 288 |
|            | 三、科技成果                    | 290 |
|            | (一) 主要科研成果及应用情况           | 290 |
|            | (二) 科技成果的创新性和先进性          | 291 |
|            | (三) 自主知识产权                | 293 |
| <b>附录</b>  | <b>大事记</b>                | 295 |



复兴东路双层越江隧道工程

# 第一篇 综述



上海市复兴东路双层越江隧道是我国第一条建成、也是世界上率先投入运营的双层盾构法隧道。虽然早在 1996 年就开始了工程预可行性研究,但直至 2001 年 8 月调整初步设计时,才将原双向四车道的建设规模调整为双层双向六车道。工程在 2002 年 1 月 28 日正式开始施工,2004 年 9 月 29 日竣工通车。它的建成不仅缓和了过江难的矛盾,适应了浦江两岸建设和越江交通的需求,还为城市道路隧道的建设提供了一种崭新的模式。

## (一) 立项筹划、建设程序

### 1. 工程预可行性研究、工程立项

根据市总体规划和浦东新区社会经济发展的需要,早在 1996 年 7 月 17 日,上海市市政管理局的沪市政计(96)625 号文,就向黄浦江大桥工程建设处下达了“关于组织复兴东路越江工程预可行性研究的通知”,要求由上海市隧道工程轨道交通设计研究院在 1997 年完成报告。接着上海市城市规划管理局沪根据规划(1996)第 513 号文及时给上海市市政管理局发来了“关于同意复兴东路拓宽工程调整部分规划红线的函”。1997 年 1 月,上海城市综合交通规划研究所提供了“复兴东路越江工程交通流量预测报告”;上海航道勘察设计研究院完成了“上海市复兴东路越江工程预可行性研究水运、航运、航道咨询报告”;上海市环境科学研究院提出的“环保报告”也构成了预可行性研究报告的编制依据。

上海市隧道工程轨道交通设计研究院在 1998 年 3 月完成了预可行性研究报告编制,研究的主要结论有:

(1) 复兴东路越江工程连接浦西的中心城区、南市老城区和浦东陆家嘴金融区、张杨路商业街,它的建设将密切浦东、浦西间的交通联系,大大改善浦东新区黄浦江投资环境,因此该工程的建设是必要的、迫切的。

(2) 根据复兴东路隧道预测年限内的单向高峰

小时最大流量 2 226pcu/h,推荐采用双向四车道隧道,设计流量为 2 500pcu/h,服务水平为“中”。

(3) 根据工程条件,经沉管法、盾构法两种建设方案综合比选,推荐采用盾构法。

(4) 研究推荐隧道内径为  $\phi 9.9\text{m}$ ,外径为  $\phi 11.0\text{m}$ ,单管隧道总长 2 058m,投资估算 14.68 亿元,技术经济指标 71.35 万元/m。

(5) 经财务评价、经济评价,该项目的国民经济效益和社会效益良好,项目可行。

1998 年 9 月 29 日,《复兴东路隧道预可行性研究》研讨报告经上海市建设和交通委员会科学技术委员会评审通过。

### 2. 工程可行性研究

受委托,上海市隧道工程轨道交通设计研究院负责进行了工程可行性研究工作。上海市城市综合交通规划研究所、上海市环境科学研究院等提供了工作中的相关基础资料。

工程可行性研究的主要结论有:

(1) 采用盾构法来建造该工程,可保证工程实施的可行性、技术先进性、经济合理性。

(2) 根据上海市城市综合交通规划研究所 2000 年 8 月的“复兴东路隧道新建工程交通流量预测与分析”,2004 年高峰小时流量为 3 969pcu/h,由于周边路网疏解能力有限,仍推荐采用双向四车道的建设规模。当计算行车速度为 50km/h,远期服务水平为“C”级(相当于“低”)。

(3) 南线隧道上层总长为 2 296.05m,工程静态投资:13.430 1 亿元,动态投资:14.542 4 亿元。

(4) 复兴东路隧道作为上海城市的主要越江隧道,运量有保证,财务经济效益、社会效益良好。

2001 年 3 月 19 日,工程可行性研究报告经上海投资咨询公司评审通过。

### 3. 设计、施工总承包招投标

2000 年 9 月底,上海市复兴东路越江隧道工程

实行了设计、施工总承包有限国际招标。2001年2月,上海城建(集团)公司、上海市隧道工程轨道交通设计研究院联合体中标。

#### 4. 初步设计

上海市建设和交通委员会科学技术委员会于2001年6月8~9日组织专家,并邀请了市计委、市建委、市规划局、市交通局等单位代表,对上海市隧道工程轨道交通设计研究院编制的《上海复兴东路隧道工程初步设计》(简称“初设”),从规划、道路交通、航道、航务、港务、结构、建筑、排水、消防、通风、照明、监控及经济方面进行了评审,并同意通过“初设”。8月14日工程经济部分经再次组织的有关专家评审,建设费由124 490.99万元改为112 852.01万元,概算总金额由135 919.99万元改为123 460.83万元。

#### 5. 调整初步设计——从单层双向四车道调整为双层双向六车道

2001年8月,有关专家向市领导提出了充分利用现有越江规划资源的建议。上海市隧道工程轨道交通设计研究院随即开展了双层隧道建设方案的研究。根据上级主管部门的精神,并借鉴法国A86隧道的设计思想,提出了在圆隧道断面内布置双层车道的新的设计方案。由于当时复兴东路隧道盾构机械已订购并制造,故调整初步设计的双层六车道方案是以已确定的圆隧道衬砌外径11.0m、内径10.04m为前提进行的。在双层车道的布置上,经多方案比选,从满足公交车通行,便于接线路网的交通疏解和提高隧道内空间利用效率的角度出发,确定采用了上层布置2条小车道,下层布置1条大车道和1条紧急停车带的方案,有利于实现公交优化的交通管理。

2001年12月4日,上海市建设和交通委员会科学技术委员会根据市建委的指示,受上海城建(集团)公司的委托,邀请了规划、交通、道路、地下结构、消防、排水、供电、监控、通风、经济等方面专家及市计委、市建委、市规划局、市政局、上海航道局、上海海事局、上海港务局、浦东新区发展计划局及建设局、黄浦区建委、市交巡警总队等代表,对《上海市复兴东路隧道工程调整初步设计》进行了评审。评审认为调整初步设计构思有所创新,能充分利用隧道空间和有效岸线,在增加投资不多的情况下,明显提高隧道自身通行能力,具有一定的开拓性、前瞻性和实用价值,表示

支持和赞同。但建议再作进一步的论证、优化后,进行施工图设计及工程建设。

调整初步设计的工程概算也在2003年12月22日通过评审。工程建设费用由162 295.27万元改为146 854.71万元,工程总投资由177 121.88万元改为159 109.76万元。

### (二) 功能定位、设计标准

#### 1. 功能定位

复兴东路隧道是上海城市规划越江工程之一。它浦西连复兴东路,浦东接张杨路,与两侧城市道路网衔接,沟通了浦西、浦东腹地间的客运交通,缓解了市中心区的越江交通压力。其工程功能定位为黄浦江城市道路隧道。

#### 2. 关于“道路净空”突破现行规范问题的论证

当计算行车速度为40km/h时,按《城市道路设计规范》(CJJ37—90)车道宽度应为3.75m,通行净高为4.0m,但针对复兴东路隧道具体情况——盾构、圆隧道断面尺寸不变的前提下,将隧道由双向四车道改为双层双向六车道后,道路净空标准不得不有所突破。为此设计单位收集了大量车辆有关资料,并借鉴国外有关设计规范和相关工程作为设计依据,提出了上层小车道每条净宽3.0m,净高2.6m。2001年12月4日《上海市复兴东路隧道工程调整初步设计》的评审认为采用的标准是妥当的,建议有关部门给予认可,虽然车道净宽及净高上突破了现行规范,但还是可以接受的。为此,上海市建设和交通委员会科学技术委员会受市建委规划科教处委托,在2002年1月8日组织京沪两地规划、交通、道路及规范编制等方面的专家、教授,以及市计委、市建委、市规划局、市交通局、市政局、市标办、市交巡警总队等单位代表,对《复兴东路隧道技术标准变更的报告》中调整道路净空的意见进行了论证,并取得了共识。评审认为,“调整净空”是针对复兴东路隧道工程的具体情况提出的一个非常有意义的措施,为今后进一步扩大盾构隧道的应用范围,以及结合工程的具体情况科学、合理地采用技术标准拓宽了思路。从技术方面分析标准虽有差距,但还是可行的。另从行车安全角度和公路工程及其他有关标准规范的规定角度论证也是可行的。具体理由如下:

(1) “调整净空”的前提是隧道分层专用,即上层车道专门用于小型车辆,并且在运营阶段限高 2.2m;下层主要用于大型客车,并禁止货运及危险品车辆通行。这不同于现行规范标准制定时,要最大限度地考虑各种车辆的要求。

(2) 《公路工程技术标准》(JTJ001—97)规定当计算行车速度为 40km/h 时,车道宽度采用 3.5m。以此来衡量,下层车道宽度采用 3.5m 是符合标准的,且隧道内还有 2.5m 的紧急停车带。

(3) 《城市道路设计规范》(CJJ37—90)和《公路工程技术标准》(JTJ001—97)中规定的设计车辆外廊尺寸,小型(客)车的总宽为 1.8m(调查资料最大小型车总宽为 1.98m)。在考虑两侧余宽 $\geq 1.0\text{m}$ 的情况下,上层小型车专用道宽度 3.0m 时,所提供的行驶条件并不低于标准的规定。

(4) 调查资料表明小型车辆高度绝大部分在 2.0m 以下(15 座以上的小型客车可以禁入),载重车和鞍式列车为 4.0m。对上层车道,采用净高 2.6m,车辆限高 2.2m,安全高度 0.4m;对下层车道,采用净高 4.0m,车辆限高 3.6m,安全高度也是 0.4m,与《公路工程技术标准》推算要求的高度 0.5m 相比,仅小了 0.1m,可以认为基本符合标准要求。

(5) 从国内及本市工程实践看,如上海内环高架车道数 4 改 5 时,实际每个车道宽仅 3.0m 左右,而车速也可达 60~80km/h;上海打浦路隧道净高 4.07m,通行限高 3.8m,长期处于安全运营状态。由此可以认为,复兴东路隧道“调整净空”是可接受的。

(6) 近年来,汽车的质量、性能都有了提高,市中心大车混入率较小。多年实践表明,在满足一定的设计车速和通行能力的需求下,车道宽度可以适当减窄,这对合理利用资源,提高总体运输能力是有利的。

### (三) 工程设计、优化创新

#### 1. 工程总体布置

隧道分设南线、北线。按隧道南线计,上层车道长 1 775m,下层车道长 2 568m,其中圆隧道段长 1 214.342m。工程总长:2 785m。

浦西上层、下层车道出口分别位于复兴东路、东街和复兴东路、四牌楼路口。浦东上、下层车道出口分别在张杨路、浦东南路和张杨路、崂山西路交叉口。

江中 2 条圆隧道间共设 4 条横向连接通道。上

层车道、下层车道各 2 条。全线共设 4 座雨水泵房,5 座废水泵房,2 座消防泵房;浦西、浦东工作井旁各设有隧道进、排风机房 1 座;浦东设 23.95m 高的排风塔;浦西风塔则附设于隧道管理中心暨上海隧道博物馆内;4 个引道口外各设 1 个检查亭及检测装置。

为配合越江交通疏解,在复兴东路河南路口设置了东西向双向四车道地道,张杨路、浦东南路交叉口设南北向双向四车道地道。另在复兴东路、中华路交叉口为规划中的轨道交通 R4 线预留了下穿通道。

#### 2. 线路设计

隧道线路平面沿规划红线进行,避开沿线各主要建、构筑物 and 地下管线。全线盾构段及部分暗埋段均按上、下叠置,中心线重合来布置,然后在纵剖面上逐渐分离(纵断面设计中,小车道最大纵坡 5.5%,大车道最大纵坡 4.7%),先后与地面接平,在浦西一共设置 5 进 4 出的地面道路与之相接。浦东为二级集散,小车道、大车道进出口沿张杨路分设于浦东南路前和过浦东南路,以满足地区交通需求。

#### 3. 结构与防水

##### 1) 圆隧道段

圆隧道段采用外径 11.0m,内径 10.04m,厚 48cm,C50 的单层钢筋混凝土衬砌。环宽 1.5m,全环由封顶块、邻接块、标准块共 8 块管片构成,环间错缝拼装,环面、纵缝面均设有凹凸榫槽,并以螺栓连接。上层为厚 400mm、C40 的预制车道板,采用与管片一起浇筑成型的牛腿结构支承,板下设球冠支座。下层车道板为钢筋混凝土现浇结构。在线路最低点下还设有江中废水泵房。

管片混凝土防水等级为 S10,氯离子扩散系数 $\leq 9 \times 10^{-9} \text{cm}^2/\text{s}$ 。管片环、纵缝内均设有三元乙丙多孔型弹性密封垫,其表面复合了遇水膨胀橡胶。经试验,它可保证相互间错位 15mm、最大张开 8mm、试验水压 0.8MPa 下不渗漏。

##### 2) 工作井

浦东、浦西工作井,在施工阶段分别为盾构的始发和接收井,其平面尺寸为 36.3m $\times$ 21.2m 和 35.9m $\times$ 20.6m;底板埋深 21.202m 和 23.352m。使用阶段井内除设有两层车道板外,还有消防泵房、降压变电所等。工作井均采用围护结构内的明挖施工。浦西工作井周边环境保护要求较高,设计中以厚 1 000mm