

DAZHIJING DUNGOU SUIDAO
JISHU GONGCHENG SHIFAN

大直径盾构隧道技术 工程示范



主 编 吴世明
副主编 李宗梁 刘冠水



人民交通出版社
China Communications Press

013044896

U231

16

大直径盾构隧道技术工程示范

主 编 吴世明

副主编 李宗梁 刘冠水



人民交通出版社



北航

C1653185

U231
16

内 容 提 要

本书以杭州庆春路钱塘江过江隧道为背景,主要介绍了盾构隧道技术方案、初步设计、初步设计变更、施工图设计及优化,施工组织实施、特别是关键技术实施、安全措施、质量保证等各个阶段的重要节点,既有方案论证,也有初步设计和设计变更、施工图设计和设计优化,又有事故隐患和故障的处理;既有工程技术,也有工程管理;既有成熟的工程技术,也有技术研究和创新。

本书可作为盾构隧道工程设计、施工、监理等人员的工作指导书和培训教材,也可作为高等学校隧道工程及相关专业师生的参考书。

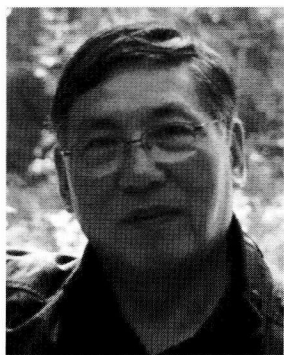
图书在版编目(CIP)数据

大直径盾构隧道技术工程示范 / 吴世明主编. — 北京:人民交通出版社, 2013.4
ISBN 978-7-114-10462-6

I. ①大… II. ①吴… III. ①隧道施工-盾构法
IV. ①U455.43

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 051438 号

书 名: 大直径盾构隧道技术工程示范
著 作 者: 吴世明 李宗梁 刘冠水
责任编辑: 曲 乐 李 喆
出版发行: 人民交通出版社
地 址: (100011) 北京市朝阳区安定门外外馆斜街 3 号
网 址: <http://www.ccpres.com.cn>
销售电话: (010) 59757973
总 经 销: 各地新华书店
印 刷: 北京市密东印刷有限公司
开 本: 787×1092 1/16
印 张: 25.75
字 数: 602 千
插 页: 1
版 次: 2013 年 4 月 第 1 版
印 次: 2013 年 4 月 第 1 次印刷
书 号: ISBN 978-7-114-10462-6
定 价: 65.00 元
(有印刷、装订质量问题的图书由本社负责调换)



作者简介

吴世明，男，1945年生，教授，美国密歇根大学博士。1999年曾获国家级有突出贡献的中青年专家称号；曾获国家科技进步二等奖和国家科技进步三等奖各一项，省、部级科技进步一、二等奖多项；曾出版专著多部，其中《大型地基基础工程技术》获中国图书奖；现任浙大网新集团总工程师，杭州庆春路过江隧道有限公司总工程师，杭州市钱江特聘专家。

《大直径盾构隧道技术工程示范》

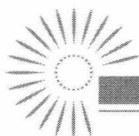
编 委 会

主 编：吴世明

副主编：李宗梁 刘冠水

编 委：（以姓氏笔画排序）

王承山	王 博	刘冠水	吴世明	李宗梁
何书壮	何天铭	杜 英	张 迪	张 彪
赵 博	赵新合	桑俊阳	焦齐柱	谢文斌



前言

PREFACE

城市化是我国当前经济和社会发展最具特色的表现形式,解决跨越城市大江大河两岸市内交通的方式主要有桥梁和隧道,在城市核心区或中央商务区(CBD)可能更多是隧道。隧道在保持自然生态和城市自然景观等方面更有优势,虽然建造隧道的造价高于桥梁,但综合各方面因素,特别是在节省用地和可持续发展方面,建造隧道比桥梁更为合理。

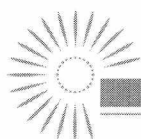
浙大网新集团有限公司于2006年获得杭州庆春路过江(钱塘江)隧道投资、建设、营运(即BOT)权之日便开始酝酿出版一部系统介绍大直径盾构隧道工程技术的专著,这一设想从一开始就得到了人民交通出版社的支持。为此,杭州庆春路过江隧道有限公司工程部和中國中铁隧道集团有限公司杭州庆春路过江隧道项目部、中铁第四勘察设计院集团有限公司杭州庆春路过江隧道工程项目组联合组成编写组,不仅把杭州庆春路过江隧道工程做成精品工程,同时也把它做成示范工程。为便于理解,本书基本以隧道建造过程为顺序,关键技术描述在相关章节中展开,并真实地记录了方案的选用,创新技术的研究以及工程问题的解决和工程经验的总结。在真实记录杭州庆春路过江隧道设计施工建设的全过程中力求具有示范意义,也就是在杭州庆春路过江隧道这个个性化工程的描述中体现出大直径盾构隧道工程的共性。

本书工程技术的描述包括技术方案、初步设计、初步设计变更、施工图设计及优化、施工组织设计,特别是关键技术实施、安全措施、质量保证等各个阶段的重要节点,既有方案论证,也有初步设计和设计变更、施工图设计和设计优化,又有事故隐患和故障的处理;既有工程技术,也有工程管理;既有成熟的工程技术,也有技术创新。本书是杭州庆春路过江隧道工程设计、施工、监理、建设管理人员辛勤劳动和智慧的结晶,是一部不可多得的适用于盾构隧道工程设计、施工、监理人员的工作指导书和培训教材,也可作为高等学校隧道工程及相关专业本科生、研究生的教学参考书。

感谢浙大网新集团有限公司和浙大网新建设投资有限公司对本书编著出版的大力支持。

浙大网新集团有限公司总工程师
杭州市钱江特聘专家
二〇一二年十二月一日

吴世明



目 录

CONTENTS

第一章 概述	1
第二章 工程概况	5
第一节 初步设计及主要技术指标	5
第二节 工程水文地质简介	22
第三节 初步设计修改	44
第四节 隧道内通行净空高度的调整	47
第三章 工作井	54
第一节 江北工作井设计与施工	54
第二节 江南工作井的设计与施工	66
第三节 江南工作井加固	78
第四章 江北明挖段隧道工程	89
第一节 管线迁改	89
第二节 110kV 和 220kV 管沟专项保护方案	93
第三节 江北基坑支护设计	100
第四节 围护结构施工	105
第五节 江北主体结构设计与施工	110
第六节 新塘河改道及围堰设计与施工	114
第五章 江南明挖段隧道工程	118
第一节 江南明挖段基坑支护设计	118
第二节 江南基坑降水	122
第三节 江南基坑施工	134
第四节 盾构始发工作井洞门偏差处理	147
第五节 江南 A、B 匝道设计施工及废弃处理	150
第六节 隧道南延长段	152
第七节 江南基坑工程监测	157
第六章 江中盾构段隧道工程实施准备	163
第一节 盾构机及其配套设备	163
第二节 盾构隧道段衬砌设计	184
第三节 管片钢模与管片生产	192
第四节 盾构始发前准备	197

第七章 江中盾构段隧道工程实施	215
第一节 盾构机穿越止水帷幕方案	215
第二节 盾构穿越钱塘江大堤	218
第三节 盾构施工	229
第四节 盾构施工监测	253
第五节 江底盾尾刷原位冷冻修复	260
第六节 盾构机到达	272
第八章 附属工程与健康监测	275
第一节 风塔与管理中心	275
第二节 隧道洞口及内装修	279
第三节 隧道健康监测	282
第四节 盾构段车道结构同步施工方案研究	293
第五节 盾构段排烟方式研究	300
第九章 隧道机电系统	318
第一节 供变电与电力监控系统	318
第二节 隧道通风系统	329
第三节 给排水与消防系统	338
第四节 照明系统	347
第五节 监控与通信系统	354
第十章 隧道建设管理	365
第一节 建设管理模式	365
第二节 建设管理内容	367
第三节 建设质量管理体系	372
第四节 建设安全管理体系	378
第五节 建设投资管理	387
第六节 建设协调及问题探讨	392
附录 1:杭州庆春路过江隧道碑记	396
附录 2:已发表的论文	397
参考文献	401

第一章 概述

随着我国城市化进程的加快,解决跨越城市大江大河两岸市内交通的方式主要有桥梁和隧道,为了保持自然生态和城市自然景观,当前的趋势更倾向于建造隧道,如上海自 20 世纪 90 年代初建造了南浦大桥、杨浦大桥之后,市区内穿越黄浦江的交通方式都是隧道。上海市内建造大桥不仅影响城市景观,而且占用了大量非常宝贵的土地资源。杭州市区内自建造钱塘江三桥和四桥之后,也基本上不再有建造大桥的计划,规划建造的三堡运河大桥也改为隧道,杭州市规划中还将建造望江路隧道和青年路隧道。虽然建造隧道的造价高于建造桥梁,但综合各方面因素,特别是在节省用地、可持续发展方面,建造隧道远比建造桥梁更为合理。杭州庆春路过江(钱塘江)隧道工程就是我国加快城市化进程的大时代背景下的产物。

杭州自本世纪初开始规划建设钱塘江北岸钱江新城和南岸的钱江世纪城,这是杭州市城市发展从“西湖时代”走向“钱塘江时代”的重要标志,而杭州庆春路过江(钱塘江)隧道工程是连接这两个城市 CBD(中央商务区)的重要纽带,对形成杭州湾 CBD 起到不可替代的作用。过江隧道的建成将在杭州、萧山间构筑起一条安全、方便、快捷的市区通道,对于有效缓解交通紧张状况,推动杭州与萧山同城一体化、经济一体化进程发挥着重要的作用。

杭州庆春路过江隧道北起江干区庆春东路与新塘路交叉口,向东略偏南直至江边,穿越钱塘江,过江后下穿钱江二路,升出地面与市中心北路相接。隧道线路总长 4 180m,为城市主干道,双向四车道,设计速度 60km/h。杭州庆春路过江隧道为杭州市第一个试行 BOT 建设的基础设施项目,浙江浙大网新集团有限公司通过省公共资源交易中心公开招标方式取得项目投资建设权,建成后营运 20 年,然后移交给杭州市政府。

工程自 2008 年 5 月 18 日开工建设,2010 年 12 月 28 日开通试运营,2011 年 6 月 27 日正式运营。她是穿越具有举世瞩目的钱江大潮的钱塘江的第一条隧道,俗称“钱江第一隧”。她已成为杭州钱江新城一道新的人文景观,著名词赋学家王翼奇为钱江第一隧作“杭州庆春路过江隧道碑记”(见本书附录 1)。

市政隧道绝大多数为双向四车道,采用 11m 外径大直径泥水平衡式盾构施工,泥水平衡式盾构是通过在支护环前面装配隔板的密封舱中,注入适当压力的泥水,使其在开挖面形成泥膜以平衡正面的土体压力,并由安装在正面的大刀盘切削土体表面泥膜,进而与泥水混合后,形成较高密度的泥浆,并由排泥泵抽吸,经管道输送至地面,送至地面的泥浆经分离和二次调整后可再次利用。盾构隧道技术已成为城市地下交通的首选工法。杭州庆春路过江隧道正是采用盾构法施工技术。穿越大江大河的大直径泥水平衡式盾构隧道工程一般都被列为省市重点工程,不仅因为它投资大,同时工程风险也很大。在过去 20 年内,隧道工程事故时有发生,我国在 20 世纪 90 年代上海穿越黄浦江隧道和北京地铁隧道施工中发生两起



重大事故,人们还记忆犹新。大直径过江隧道工程通常包括富含水土层的超大超深基坑开挖、盾构机出入工作井(通常称进出洞)、穿越江河堤防、穿越管线(水、电、通信和燃气等)和既有构筑物、去除掘进过程中的障碍物或其他异常等重要工序,都有可能发生意外险情,处置不当就会造成事故。由于当前大直径隧道工程建设中的一些技术难点还未解决,在很大程度上还凭借经验,因此,不断探索、研究和总结穿越大直径泥水平衡式盾构隧道工程在各个施工阶段的关键技术,不仅有助于本工程建设,同时也为今后类似工程提供了指导和借鉴。

浙江浙大网新集团有限公司为投资建设杭州庆春路过江隧道专门成立了项目公司——杭州庆春路过江隧道有限公司,公司一开始就与勘测、设计、施工、监理等各参建单位一起共同设定,以把杭州庆春路过江隧道建成安全工程、精品工程和示范工程为目标,精心设计、精心施工,确保建成具有一流水平的过江隧道,杭州庆春路过江隧道的建成和通车是我国隧道建设史上的一个成功范例。

本书作为工程示范,涵盖了杭州庆春路过江隧道建设的全过程,全面、系统、具体地总结了庆春路过江隧道工程完整的建造技术,同时也介绍了技术创新的思索过程和研究成果,以及行之有效的工程建设管理理论与实践。

本书以隧道建设进程为线索,按工作井、江北明挖暗埋段和江南明挖暗埋段、江中盾构段、风塔和管理中心、隧道机电和监控系统、健康监测、附属工程等各个分项工程,从方案、初步设计、初步设计变更、施工图设计及优化、施工组织、施工,特别是关键技术实施、安全措施、质量保证等各个阶段或各个方面论述,力求做到目的明确、思路清晰、途径合理、方法科学、结论可靠,深入浅出,通俗易懂,便于实践。

庆春路过江隧道的建设过程是产学研结合、理论联系实际的过程,也是思想创新、技术创新和管理创新的过程,在一道道技术难题的解决过程中加深了对理论的认识,增强了分析问题的洞察力,提高了技术创新的能力和团队协作闯关的凝聚力。

大直径泥水平衡式盾构隧道的设计施工有它的共性,但是由于所处的自然地理环境、水文地质环境、城市交通环境和社会人文环境不同,每一个隧道又有各自的个性化问题和风险。本书通过杭州庆春路过江隧道个性问题的解剖,认识大直径盾构隧道的共性和相关技术难点的解决思路和方法,希望能给类似工程出现的问题一些启示。下面列举杭州庆春路过江隧道建设过程中所遇到的问题和风险。

(1)隧道线路设计纵坡控制。庆春路过江隧道处于动力条件较为复杂的河口段的上段,受径流、潮汐共同作用,钱塘江河床主槽变化大,因此,隧道线路设计纵坡控制点(河床最低冲刷点)选择显得尤为重要。

(2)深基坑降水。江南岸区段地下水位随季节气候及钱塘江水位动态变化明显,动态变幅一般在 $1\sim 3\text{m}$ 。场地地下水分为潜水和承压水两种类型。承压水含水层顶板高程为 $-32.67\sim -24.10\text{m}$,透水性良好,沿线全场均有分布,为钱塘江古河道。承压水受上游侧向径流补给,水量充沛,富水性好,具有明显的埋藏深、污染少、水量大的特点。承压水位较高,承压水位在 1m 左右,施工开挖时易发生突涌、管涌等危害,施工降水方案是施工成败的关键。江南段施工分别采用了施工场地减压降水和基坑内疏干降水措施,降水措施的综合应用保障了江南段明挖结构施工的顺利完成。



(3)盾构机改造。本工程施工中标单位既有盾构机外径为11m,而本工程盾构设计外径为11.65m,虽只有数十公分的差异,但整个盾壳以及相连的管路系统都将改动。本工程盾构主要穿越砂土地层、粉质黏土、粉土、粉细砂、卵石层、砂层等地层,盾构设计需重点对砂石及卵石地层的适应性加以考虑。盾构在砂土及卵石地段施工时,重点考虑了具备平衡掌子面水土压力的能力;足够的刀盘驱动转矩和盾构推力;合理的刀盘及刀具设计,恰当的刀盘开口率,合理的开口位置;盾构本体在压力状态下的防水密封性能;防止流沙流入盾体、人仓设计符合江底换刀要求;管片壁后同步注浆系统满足控制地表沉降要求;能够对较大的卵石进行破碎,有效防止堵管情况的发生;适应高水压的要求。盾构通过针对工程地质、水文地质和隧道断面的适应性改造,以每天平均3.3环的掘进速度,实现了隧道在2010年3月18日双线贯通。

(4)泥水分离系统的改进。与德国沙堡合作对MAB750型泥水分离处理系统作了针对本工程既有砂土、砾石,又有硬质黏土的地质状况的改进,原系统盾构机刀盘进入粉质黏土层后,由于该层黏土具有较强的黏性和塑性,造成泥水管路堵塞且泥水无法实现分离,大量黏土淤积在泥水分离系统的筛板上。改进后,在采取加大泥水循环流量、调整泥浆密度等技术措施的同时,将塑料筛板改造为棒条筛,通过技术改进使得盾构顺利穿越了黏土层,为盾构持续平稳掘进提供了重要技术保障。

(5)健康监测。采用了国外精密监测设备,在对杭州庆春路过江隧道结构进行长期健康监测基础上,得到了穿越砂性土层大断面隧道在运营期横断面的受力和变形特性,细致分析了隧道上部潮位变化和河床冲刷对隧道钢筋内力、界面压力、隧底沉降等影响。实测数据表明,在运营期车辆荷载和潮水荷载作用下,由于施工期土体扰动影响,隧道纵断面沉降及管片与土体界面压力随着时间的推移而逐渐累增,大约半年后到达稳定;而内外弧钢筋受力变化情况和隧道直径变形则基本不变。这一结论对隧道运营养护具有一定的指导作用。

(6)基坑围护结构。江南主线段采用了放坡开挖+地连墙、放坡开挖+SMW工法、放坡开挖+地基加固、全放坡开挖+坡面锚喷网防护的围护体系;江北基坑设计采用1:0.75坡度放坡2m后,再采用SMW加钢支撑的围护结构形式或全放坡开挖的形式。对于周边相对空旷的粉性土基坑,采用此围护体系可缩短施工周期、降低工程造价和提高基坑开挖安全。

(7)盾构掘进沉降。对泥水盾构掘进引起的地面位移展开了大量的现场试验及理论研究,通过分析盾构掘进横断面地面位移特征、纵向地面位移的预测、固结沉降的特征及影响因素、泥水盾构掘进参数,尤其是盾构掘进速度和非正常停机地对地面沉降的影响,并在大量实测数据基础之上,提出了考虑盾构注浆作用在内的适用于盾构隧道施工的地面位移预测公式,用以指导施工和控制沉降。

(8)盾构尾刷更换。在盾构施工过程中,盾构的盾尾密封性能状态的良好情况,是决定盾构施工人员、机械设备及隧道安全的关键环节。因此,在盾尾密封出现失效的情况下,特别是在水底隧道,安全可靠的更换盾尾密封,保证盾尾密封更换时周围地层固结封水的可靠性,是一项迫切需要解决的问题。这不仅仅涉及盾尾密封更换的安全,也是保障已成型隧道安全和施工人员人身安全的需要。杭州庆春路过江隧道工程使用 $\phi 11.65\text{m}$ 的大直径泥水盾构机下穿钱塘江,在下穿江底的过程中出现了盾尾密封失效的意外情况,为了保证隧道的安全,被迫停机对失效的盾尾密封进行更换。由于盾构机被迫停机位置地质条件复杂,地



下水丰富且具有较强的承压性,因此采用液氮冻结封堵地下水的方法来防止地下承压水进入盾尾,保证盾尾密封检修的安全,保证作业人员、盾构设备和隧道的安全。此外,防灾监控系统、集成平台系统等技术方面也有许多开拓创新。

浙江浙大网新集团有限公司、杭州庆春路过江隧道有限公司还联合了中铁隧道集团有限公司、中铁第四勘察设计院集团有限公司、浙江大学和同济大学等开展大直径泥水平衡式盾构隧道工程建设关键技术研究,研究项目分别为:①粉土粉砂地基超长超深基坑综合围护技术;②大直径泥水盾构机安全进出洞及平稳掘进技术;③大直径泥水盾构施工地面沉降分析及预测;④大直径泥水盾构隧道安全穿越江堤的监测和控制;⑤大型盾构过江隧道运营发生火灾的排烟逃生分析;⑥大直径泥水盾构尾刷密封失效的冷冻法原位修复;⑦大直径盾构隧道建养合一及健康监测技术;⑧大型岩土工程风险分析与管理;⑨过江隧道工程建设 BOT 管理。共发表学术论文 50 余篇,详见本书附录 2。

第二章 工程概况

第一节 初步设计及主要技术指标^[1]

一、隧道线路方案^[1]

1. 线路平面设计

隧道线路走向基本按规划确定,隧道起点为杭州庆春东路与新塘路交叉口,向东略偏南直至江边,过江后继续沿线路方向,接江南萧山区市心路,主线于滨江一路交叉口北侧(K3+440)处预留与钱江世纪城综合地下空间接口。

隧道在江北、江南各布置一对匝道,江北匝道与主线并行,接点前方为庆春路与钱江路交叉口;江南东西线匝道接规划公园东路、公园西路,近期承担主线进出口功能。为保证本工程近期交通功能的合理性和完整性,江南匝道接线道路向南延伸至规划内环路为止,工程终点位于内环路与市心路交叉口。隧道平面示意图见图 2-1。

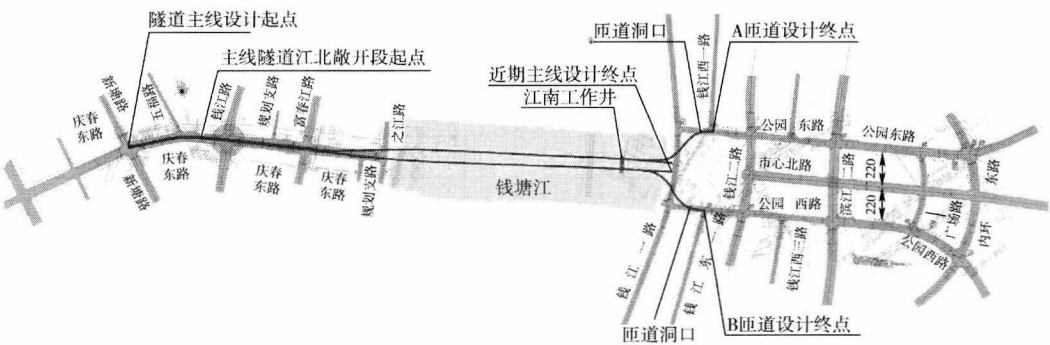


图 2-1 隧道平面示意图

隧道建设规模如表 2-1 所示。

2. 线路纵断面设计

根据河演分析及河工模型试验得出河床冲刷深度及摆动范围。纵断面设计的主要特征为：



隧道建设规模表

表 2-1

名 称	分段 里 程	长 度(m)
江北地面道路	左线 LK0 + 000 ~ LK0 + 415	415
	右线 RK0 + 000 ~ RK0 + 412. 37	412. 37
江北敞开段	左线 LK0 + 415 ~ LK0 + 525	110
	右线 RK0 + 412. 37 ~ RK0 + 521. 23	108. 86
江北光过渡段	左线 LK0 + 525 ~ LK0 + 565	40
	右线 RK0 + 521. 23 ~ RK0 + 561. 23	40
江北明挖暗埋段	左线 LK0 + 565 ~ LK1 + 320	755
	右线 RK0 + 561. 23 ~ RK1 + 317. 3	756. 07
江北 Z(东)匝道	地面段: ZK0 + 660 ~ ZK0 + 889	229
	敞开段: ZK0 + 889 ~ ZK1 + 965	76
	光过渡段 ZK0 + 965 ~ ZK1 + 000	35
	明挖暗埋段: ZK1 + 000 ~ ZK1 + 180	180
江北 Y(西)匝道	地面段: YK0 + 660 ~ YK0 + 813. 73	153. 73
	敞开段: YK0 + 813. 73 ~ YK0 + 889. 23	75. 5
	光过渡段 YK0 + 889. 23 ~ YK0 + 924. 23	35
	明挖暗埋段: YK0 + 924. 23 ~ YK1 + 105	180. 77
江北工作井	左线 LK1 + 320 ~ LK1 + 344. 4	24. 4
	右线 RK1 + 317. 3 ~ RK1 + 341. 7	24. 4
盾构隧道段	东(左)线: LK1 + 344. 4 ~ LK3 + 108	1 763. 6
	西(右)线: RK1 + 341. 7 ~ RK3 + 104. 09	1 762. 39
江南工作井	东(左)线: LK3 + 108 ~ LK3 + 133	25
	西(右)线: RK3 + 104. 09 ~ RK3 + 129. 09	25
江南主线明挖暗埋段	东线: LK3 + 133 ~ LK3 + 440	307
	西线: RK3 + 129. 09 ~ RK3 + 434. 084	304. 994
江南 A(东)匝道	敞开段: AK0 + 460 ~ AK0 + 518	58
	光过渡段: AK0 + 425 ~ AK0 + 460	35
	明挖暗埋段: AK0 + 147. 81 ~ AK0 + 425	277. 19
江南 B(西)匝道	明挖暗埋段: BK0 + 103. 25 ~ BK0 + 400	296. 75
	光过渡段: BK0 + 400 ~ BK0 + 435	35
	地面段: BK0 + 435 ~ BK0 + 499	64
近期东主线隧道建筑长度(含江北引道段至江南主线终点)		3 025
近期西主线隧道建筑长度(含江北引道段至江南主线终点)		3 021. 714
Z 匝道建筑长度		291
Y 匝道建筑长度		291. 27
A 匝道建筑长度		370. 19
B 匝道建筑长度		395. 75
主线工程范围长度		5 352. 55



(1)隧道下穿钱江路、富春江路及新塘河,在满足管线及规划河底高程要求的情况下,尽量减小覆土厚度,降低工程造价。

(2)隧道顶位于历年实测河床最低冲刷线以下不小于 $0.7D$ (D 为隧道外径,下同),满足施工期覆土厚度要求(抗浮安全系数为 1.35);同时满足百年一遇冲刷线摆动范围下运营期抗浮安全系数不小于 1.1 的要求(抗浮安全系数为 1.20);百年一遇最低冲刷线下盾构段最小覆土厚度为 4m。

(3)隧道纵坡主线最大为 4.25%,引道坡段最大为 4.85%。

盾构段横断面如图 2-2 所示。

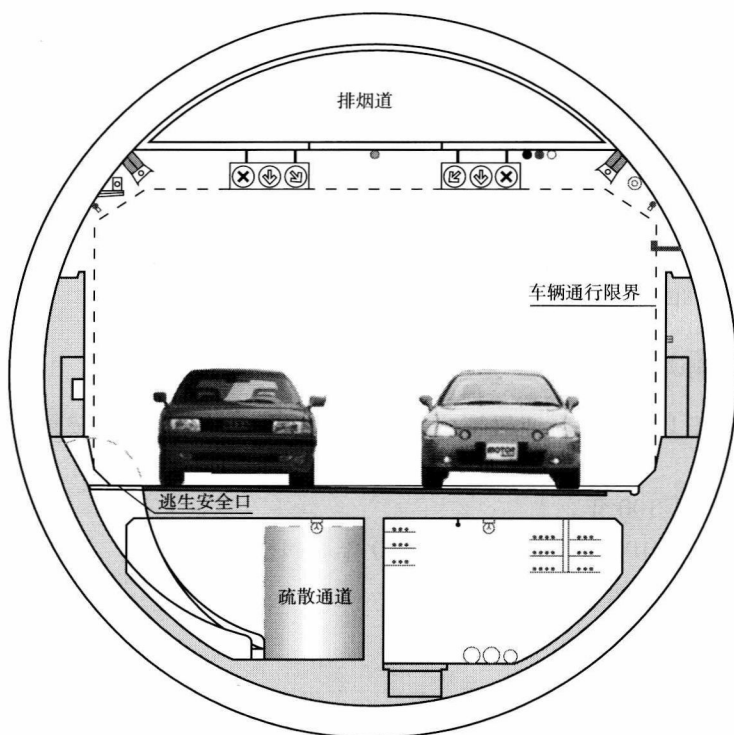


图 2-2 盾构段横断面示意图

二、隧道总体布置

(1)江南隧道主线轴线与规划市心路轴线一致,设计高程按规划钱江世纪城地下通道高程 -10m 控制。隧道机电设计部分均考虑了与地下城的衔接,尤其是通风排烟设计分析了隧道与地下城的相互影响并提出了解决方案;其余机电设计考虑了设备容量的预留或预留扩容的接口,使隧道地下城段建成后能与先期建设段统一管理。

(2)在江中圆形盾构隧道段车道板下方设置安全逃生通道,车道板左侧每隔 80m 设置一个逃生口和逃生滑梯。隧道两端明挖暗埋段每隔 250m 设置一处横通道。

(3)江北排风塔设置在庆春路东侧富春江南侧的规划绿地中。江南排风塔紧邻盾构工作井,管理中心结合江南工作井采用半地下方式,位于钱江世纪城滨江广场公园绿地内。



(4) 防淹门与人防门合并设置, 设置于工作井附近的明挖段内, 采用下落式。防淹门具有双向防淹功能, 既防止隧道破坏江水涌入城市, 又防止因城市内涝而淹没隧道。

三、几何设计标准

- (1) 道路等级: 大城市主干道。
- (2) 主线设计车速: 60km/h。
- (3) 车道数: 双向四车道。
- (4) 车道宽度: 3.75m + 3.50m。
- (5) 车道净高: 4.5m。
- (6) 路缘带宽度: 0.5m。
- (7) 侧向净宽: 0.75m。
- (8) 道路最小平曲线半径: 600m (不设超高)。
- (9) 最大纵坡: 主线不超过 4.5%, 匝道不超过 6%。
- (10) 竖曲线最小半径: 凸形竖曲线最小半径为 1800m, 凹形竖曲线最小半径为 1500m。
- (11) 坐标与高程系统: 除江南萧山征地红线坐标采用萧山坐标系外, 其余均采用杭州坐标系, 高程采用 1985 年国家高程系统。

四、结构设计标准

- (1) 抗震设防: 按 100 年基准期超越概率 10% 的地震动参数设防, 按超越概率 3% 的地震动参数验算。
- (2) 设计使用年限: 100 年。
- (3) 设计洪水位: 按 100 年一遇设计, 按 300 年一遇校核。
- (4) 道路荷载: 城—A 级。
- (5) 道路路面: 沥青混凝土。
- (6) 人防等级: 六级。
- (7) 隧道施工及运营期结构抗浮安全系数 $K \geq 1.1$, 并应保证施工期间的安全。
- (8) 两岸防洪设施应满足杭州市防洪设计标准。

五、主要设计原则^[2]

1. 路线设计

(1) 在遵循总体规划的基础上, 根据隧道的特点和要求, 各项技术标准和指标选用恰当、合理, 平纵指标均衡连续, 行车舒适。

(2) 本工程地处杭州市中心地区, 路线设计综合考虑路网条件、交通功能、重要节点的处理和工程实施性等因素, 结合两岸地块、道路、总体规划, 做到方案合理, 节省投资。

(3) 通过多方案比选, 寻求功能、风险、造价和工程建设条件之间最佳结合方案, 以充分发挥工程最大的社会、环境和经济效益。

(4) 路线设计应满足两端匝道设置的要求, 应妥善处理隧道进出口和接线道路、周边路网的交通组织, 满足交通疏解的要求。



(5)根据两岸的总体规划,设计遵循“以人为本”,做到隧道与周边环境的自然协调、和谐统一。

隧道设计技术标准和技术指标如表 2-2 ~ 表 2-4 所示。

平面主要技术标准 表 2-2

序 号	项 目		单 位	隧 道 主 线	江 南 匝 道
				规 范 值	规 范 值
1	计算行车速度		km/h	60	40
2	圆曲线半径	不设缓和曲线最小半径	m	1 000	500
3		不设超高最小半径	m	600	300
4		设超高推荐半径	m	300	150
5		设超高最小半径	m	150	70
6	平曲线最小长度		m	100	70
7	圆曲线最小长度		m	50	35
8	缓和曲线最小长度		m	50	35
9	停车视距		m	70	40

平面线形设计技术指标表 表 2-3

序 号	项 目		单 位	隧 道 主 线	江 南 匝 道
				采 用 值	采 用 值
1	计算行车速度		km/h	60	40
2	圆曲线最大半径		m	6 000	180
3	圆曲线最小半径		m	694. 3	180
4	圆曲线最小长度		m	169. 62	75. 229
5	平曲线最小长度		m	193. 369	233. 014
6	缓和曲线最小长度		m	59. 755	60
7	停车视距		m	70	40

纵断面设计时应充分考虑平纵结合。

2. 建筑设计

(1)隧道横断面设计应根据道路类别、级别确定合理而经济的建筑限界。

(2)隧道设计需考虑建筑消防及安全疏散。

(3)隧道洞口应设置光过渡设施,以确保行车安全。光过渡段设施以天然光过渡为主,并结合人工光过渡,以节约能源和投资。

(4)隧道装修应简洁明快、线条流畅、庄重美观,并具有现代感。装修材料应具有防火、防水、耐腐蚀、易清洁、有足够的漫反射系数等基本特性。

(5)建筑设计应注重以人为本,保护城市环境及人文景观。管理中心大楼、风亭等附属建筑设计在满足适用的前提下,应与周围环境相结合,同时体现出各建筑的独特个性,展现杭州市的时代风貌。

(6)设计中充分考虑应用环保节能材料。