

# 钱江隧道 工程管理 创新与实践

QIANJIANG SUIDAO GONGCHENG  
GUANLICHUANGXIN YU SHIJIAN

主编◎李宏伟

中国建筑工业出版社



# 钱江隧道工程管理创新与实践

主 编 李宏伟

副主编 张立寒 潘学政 高 兴 周益峰

中国建筑工业出版社

## 图书在版编目 (CIP) 数据

钱江隧道工程管理创新与实践/李宏伟主编. —北京: 中国建筑工业出版社, 2013. 12  
ISBN 978-7-112-16154-6

I. ①钱… II. ①李… III. ①钱塘江-水下隧道-隧道施工-盾构法-工程管理 IV. ①U459.5

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2013) 第 285400 号

本书是一本可读性很强的大型盾构工程管理技术著作, 向读者展示了大型盾构隧道管理技术的显著成就。理论与实践紧密结合是本书的一大特色, 本书共分 11 章, 全面介绍了钱江隧道工程概况、建设管理体系、决策体系、设计管理体系、技术创新管理、工程风险管理、信息化管理、安全控制管理以及运营管理等内容。特别是依托钱江隧道工程, 阐述了盾构法管理技术重点: 自动化、智能化和信息化。

本书可作为隧道建设和管理人员的参考用书, 也可供大专院校相关专业的师生参考使用。

\* \* \*

责任编辑: 王 跃 吉万旺  
责任校对: 刘梦然 党 蕾

## 钱江隧道工程管理创新与实践

主 编 李宏伟

副主编 张立寒 潘学政 高 兴 周益峰

\*

中国建筑工业出版社出版、发行 (北京西郊百万庄)

各地新华书店、建筑书店经销

北京科地亚盟排版公司制版

北京画中画印刷有限公司印刷

\*

开本: 880×1230 毫米 1/16 印张: 20 插页: 2 字数: 600 千字

2013 年 12 月第一版 2013 年 12 月第一次印刷

定价: 68.00 元

ISBN 978-7-112-16154-6

(24859)

版权所有 翻印必究

如有印装质量问题, 可寄本社退换

(邮政编码 100037)



浙江省副省长王建满到工地视察



杭州市市委书记黄坤明到工地视察



杭州市市长蔡奇到工地视察



浙江省交通运输厅厅长郭剑彪到工地慰问





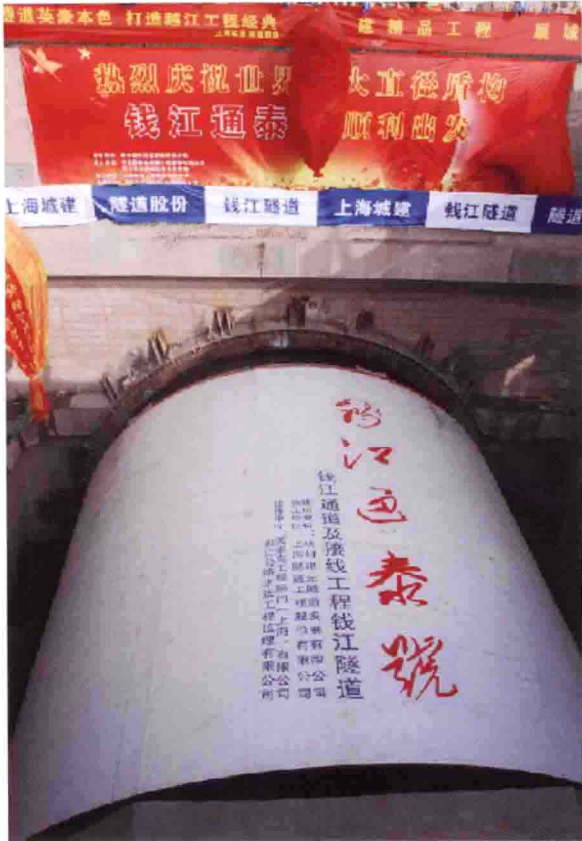
钱江隧道通泰号世界最大盾构机之一



钱江隧道工地全景



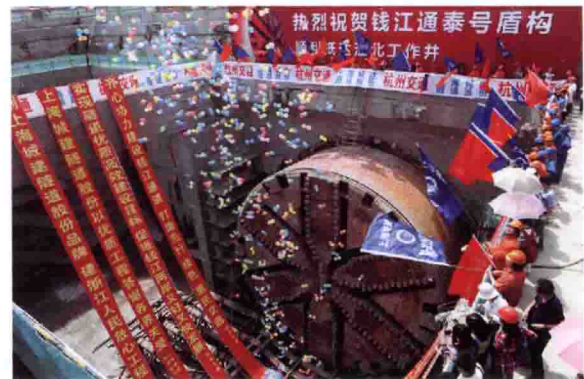
钱江隧道盾构机吊装



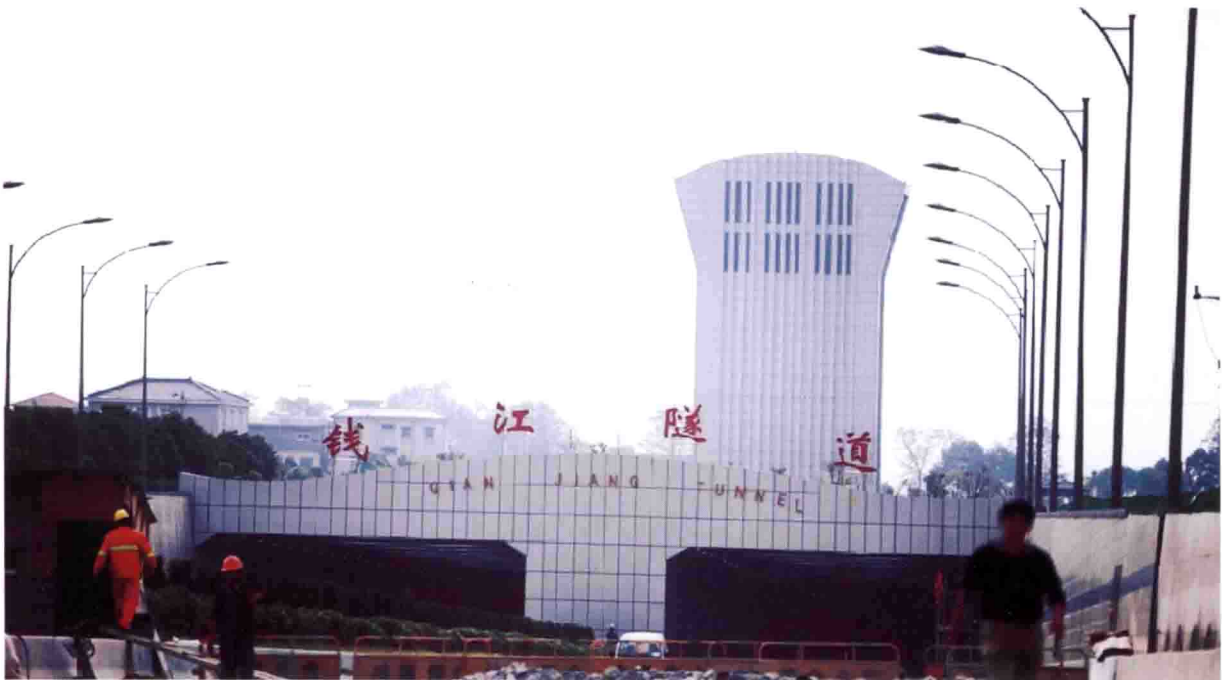
钱江隧道世界最大直径盾构机始发



钱江隧道内部施工



钱江隧道盾构机抵达江北工作井



钱江隧道入口外景

## 本书编委会

顾 问：孙 钧 徐纪平 卞钧霏 杨我清 杨国祥 吴世明  
陈韶章 张金荣 肖龙鸽 朱合华 郭信君 寇秉厚  
吴惠明 曹国银 杨武厂 蒋瑞钦

主 编：李宏伟

副主编：张立寒 潘学政 高 兴 周益峰

编 委（按姓氏笔画排序）：

石振明 叶再霖 成 晨 吕颖钊 朱楚荣 汤忠平  
李荣顺 李伟平 吴敏慧 宋 茜 张子新 张 迪  
张利慧 张 敏 陆 伟 陈国强 金 磊 柳崇敏  
侯 健 顾国兴 柴剑颖 徐岱松 翁 洋 郭玉军  
梅云峰 盛寿桥 储晓文 薛卫新



# 序

《钱江隧道工程管理创新与实践》是一本可读性很强的大型盾构工程管理技术著作。

如果说 20 世纪是桥梁建设的世纪，那么 21 世纪就是地下空间开发的世纪。21 世纪以来，跨江越海隧道的建设日益与人文、自然环境相融合，大型越江盾构隧道的建设进入了一个前所未有的发展阶段。盾构法作为跨江越海的核心技术，已在国内外交通领域得到了广泛应用，它以安全、可靠、劳动强度低及环境影响小等显著优点，受到地下工程和交通工程领域越来越多的关注。在大型盾构施工技术不断提升的今天，管理技术也得到了质的发展。本著作正是适应这一形势而编写的。

通览全书，《钱江隧道工程管理创新与实践》不仅再现了盾构法隧道无与伦比的技术发展，而且还向人们展示了大型盾构隧道管理技术的显著成就。它告诉读者，盾构法隧道的关键成功因素，不仅是施工技术的突破，更是致力于追求现代隧道管理技术的有机结合，这一点我们在本书的各个章节都能看到。该书的作者均是隧道工程的直接实践者，有着丰富的隧道工程管理经验。因此，理论与实践紧密结合是本书的一大特色，本书重点论述了钱江隧道工程的建设背景、管理体系、决策机制、设计和施工管理、质量管理和创新体系以及风险和数字化管理等。

本书对大型盾构法隧道工程的管理具有重要的参考价值，是作序如上，并推荐此书给盾构工程建设技术人员、管理人员和大专院校师生。



2013 年 12 月 18 日

# 前 言

钱江隧道工程长 4.45km，其中江北明挖段 559m，隧道段 3251m，江南明挖段 600m。位于著名的观潮胜地——海宁盐官镇上游约 2.5km，北岸位于海宁市辖区，南岸位于杭州萧山辖区。工程包括江南工作井及明挖段、江北工作井及明挖段及两条过江隧道段。钱江隧道与钱塘江河道呈垂直相交，采用直径 15.43m 超大直径盾构，进行一次折返式长距离掘进，叠次穿越百年历史的防洪大堤，隧道施工过程中面临立体化交叉施工的难题，给大型盾构隧道的管理提出了巨大的挑战。在工程建设的五年期间内，通过管理创新，克服了复杂的地质条件、长距离折返掘进、穿越明清大堤及环境保护等诸多难点，未发生一起重大安全责任事故和质量事故，工程造价控制在预算之内，按期建成通车，再一次诠释了隧道人无私奉献的高尚品德和精湛技术。

本书还用一定的篇幅论述了盾构法隧道安全运营的数字化管理技术，阐明了盾构法隧道技术由自动化向智能化、信息化发展的趋势。

本书各章节均由参与钱江隧道工程的一线管理技术人员编写，其中：第 1 章由李宏伟、张立寒编写；第 2 章由周益峰、顾国兴编写；第 3 章由郭玉军、宋茜编写；第 4 章由潘学政、高兴、张迪编写；第 5 章由吴敏慧、张利慧编写；第 6 章由陈国强、薛卫新、李伟平编写；第 7 章由高兴、柳崇敏、翁洋编写；第 8 章由梅云峰、侯健、张敏编写；第 9 章由朱楚荣、李荣顺、金磊编写；第 10 章由吕颖钊、储晓文、成晨编写；第 11 章由陆伟、柴剑颖、汤忠平编写；附录由吴敏慧编写。在编写过程中参考了国内外大量的技术文献和课题研究成果，并得到了杭州市公路管理局、上海隧道工程股份有限公司、杭州建元隧道发展有限公司、同济大学、中铁第四勘察设计院集团有限公司、浙江省交通规划设计研究院等单位的大力支持和帮助，在此作者一并表示诚挚谢意，并向支持本书出版的各级领导和专家表示衷心感谢。

由于时间仓促，水平有限，书中难免有不妥之处，恳请读者批评指正！

编 者

2013 年 12 月于杭州

# 目 录

<b>第 1 章 工程总体概况</b> .....	1
1.1 工程建设背景 .....	1
1.2 钱江隧道的科学决策 .....	1
1.3 钱江隧道建设的挑战和使命 .....	2
1.4 钱江通道对经济社会发展的意义 .....	5
<b>第 2 章 国内外跨江海隧道管理体系</b> .....	6
2.1 概述 .....	6
2.2 国内外典型隧道工程概况 .....	9
2.3 国内外隧道管理体系分析.....	22
<b>第 3 章 钱江隧道工程建设管理体系</b> .....	32
3.1 钱江隧道建设管理体系基本考虑.....	32
3.2 钱江隧道建设管理体系.....	33
3.3 钱江隧道建设管理体系组织模式.....	43
3.4 钱江隧道工程管理组织体系和运行机制.....	44
3.5 钱江隧道组织管理经验总结.....	49
<b>第 4 章 钱江隧道工程决策管理</b> .....	51
4.1 钱江隧道决策概述.....	51
4.2 决策管理机制.....	55
4.3 钱江隧道项目的重大决策.....	59
4.4 钱江隧道工程决策总结.....	90
<b>第 5 章 钱江隧道工程设计管理</b> .....	92
5.1 钱江隧道设计管理的难点和目标.....	92
5.2 钱江隧道设计管理的理念和原则.....	94
5.3 钱江隧道设计管理的实践与应用.....	95
5.4 钱江隧道设计的质量控制.....	97
5.5 钱江隧道设计管理的经验和总结 .....	105
<b>第 6 章 钱江隧道工程技术创新管理</b> .....	109
6.1 钱江隧道技术创新的背景 .....	109
6.2 钱江隧道技术创新的战略选择 .....	110
6.3 钱江隧道技术创新 .....	112
6.4 钱江隧道技术创新经验总结 .....	139
<b>第 7 章 钱江隧道工程技术风险管理</b> .....	142
7.1 钱江隧道风险管理概述 .....	142
7.2 钱江隧道风险管理体系 .....	142
7.3 钱江隧道风险管理 .....	145

7.4	钱江隧道风险管理经验总结 .....	181
<b>第 8 章</b>	<b>钱江隧道工程信息化管理</b> .....	<b>189</b>
8.1	概述 .....	189
8.2	工程建设期信息系统 .....	189
8.3	工程运营期管理系统和数字化平台 .....	194
8.4	钱江通道信息化管理经验总结 .....	218
<b>第 9 章</b>	<b>钱江隧道工程安全控制管理</b> .....	<b>220</b>
9.1	钱江隧道安全控制面临的挑战 .....	220
9.2	钱江隧道安全控制理念与体系设计 .....	220
9.3	钱江隧道安全防范和控制措施 .....	224
9.4	施工期应急救援预案 .....	240
9.5	钱江隧道安全控制经验总结 .....	244
<b>第 10 章</b>	<b>钱江隧道质量管理与控制</b> .....	<b>245</b>
10.1	钱江隧道质量控制的挑战 .....	246
10.2	钱江隧道质量控制理念和体系 .....	248
10.3	钱江隧道质量控制组织和协调 .....	255
10.4	钱江隧道质量控制和保障 .....	256
10.5	钱江隧道质量控制研究与创新 .....	270
10.6	钱江隧道质量管理基本经验 .....	271
<b>第 11 章</b>	<b>钱江隧道工程运营安全管理</b> .....	<b>276</b>
11.1	概述 .....	276
11.2	隧道运营期日常管理 .....	276
11.3	应急预案机制和理念 .....	280
11.4	钱江隧道应急预案 .....	285
11.5	安全宣传 .....	302
11.6	运营环保与节能 .....	303
<b>附录</b>	<b>工程大事记</b> .....	<b>306</b>
<b>参考文献</b>	.....	<b>308</b>

# 第 1 章 工程总体概况

## 1.1 工程建设背景

钱江通道及接线工程沿线经过的地区有嘉兴市、杭州市和绍兴市，是浙江省公路水路交通建设规划中“两纵两横十八连三绕三通道”高速公路主骨架的“一通道”，是长三角都市圈高速公路网规划中“七纵之一”江苏盐城至绍兴高速公路的组成部分，在区域公路网中有着极其重要的作用。它的建成将沟通钱塘江南北两岸三市（嘉兴、杭州、绍兴），连接申嘉湖杭高速、沪杭高速、杭浦高速、杭甬高速、杭绍甬高速五条高速公路，为各条高速公路之间的相互连接提供一条快速通道，是环杭州湾地区接轨上海市，北通苏州市及苏州、嘉兴到达萧山国际机场及绍兴市的最快捷通道，将桐乡经济开发区、海宁经济开发区、杭州江东工业园区、临江工业园区及绍兴的柯桥组团连为一体，对于加速环杭州湾产业带的形成、加快“接轨上海、融入长三角”步伐和促进三地社会经济发展都具有十分重要的作用。同时，该项目的建设对加强沿线地区于周边省市间的经济联系和物资、人员交流也具有十分重要的意义。

由于过江隧道直径大、里程长、技术难度大，且地质条件复杂，因此钱江隧道是钱江通道及接线工程项目的控制性工程、关键性工程。钱江隧道的建成将沟通钱塘江南北两岸，对加强钱塘江南北两岸各重要城市的相互联系和经济往来具有十分重要的意义。

钱江隧道工程长 4.45km，其中江北明挖段 605m，隧道段 3245m，江南明挖段 600m。位于著名的观潮胜地——海宁盐官镇上游约 2.5km，北岸位于嘉兴海宁，南岸位于杭州萧山。工程包括江南工作井及明挖段隧道、江北工作井及明挖段隧道及两条过江盾构隧道（见图 1.1）。



图 1.1 钱江隧道地理位置图

## 1.2 钱江隧道的科学决策

钱江通道及接线工程是联系嘉兴市、杭州市和绍兴市的主要干线之一，可完善区域高速公路网络结构，也是推动整个长三角区域发展和提高上海作为经济中心辐射范围的关键性工程。该工程的建设将成为长三角地区乃至整个东部沿海经济区发展的助推剂，具有无可比拟的重大意义。因此本工程的建设无论在路网规划方面还是区域经济需求方面，均为兼具必要性和紧迫性的科学决策。



本工程越江方案主要有桥梁方案和盾构隧道方案。工程建设场址自古以来就是观潮胜地，水面结构物的建造必然对“钱江潮”奇观造成很大影响，从文化角度上考虑，则是破坏了上千年的观潮风俗；另一方面，钱塘江作为通航江河，江面上航道密集，桥梁越江方案在经济、安全和风险等方面均面临很多问题，运营期间也易受气象条件限制。同时，桥梁作为人工建筑物，也会对钱塘江的自然风貌造成一定的破坏。

相比之下，如采用盾构隧道越江方案，盾构可从钱塘江一侧岸边出发，在地下推进至对岸，整个施工期对江面产生的影响非常小，不会影响钱江潮和水面通航。隧道运营期间，同样不会影响观潮盛事和正常的船舶通行，而且不受气象条件影响。国内外在大直径越江（海）隧道方面也积累了非常多的经验，尤其是我国近年完成的上海长江隧道工程，更是给本工程越江方案提供了优秀的示范和宝贵的经验。因此，本工程越江方案最终确定为江底隧道。

### 1.3 钱江隧道建设的挑战和使命

#### 1.3.1 工程重点、难点及对策

钱江隧道工程是一项大型的交通工程，其规模宏大、施工工期紧、涉及领域多、综合性强、工程质量要求高、工程结构复杂、施工技术难度大、施工困难较多。

##### 1.3.1.1 施工条件复杂

###### (1) 防洪堤保护

本工程盾构将两次穿越钱塘江防洪堤，因此对于防洪堤都是两次扰动的过程。同时，隧道掘进引起的地面沉降会对大堤产生一定的影响，如沉降过大会导致大堤的破坏。因此，必须采取措施确保大堤的安全。

###### (2) 交通运输条件较差、盾构大件运输困难

拟建工程虽然周边区域有杭州绕城公路、沪杭甬高速公路、沪杭铁路和钱塘江航道等重要的交通干线，为工程的建设提供了良好的交通运输条件；但是在进场的道路上有满足施工的要求还有一定的困难。施工场地为围垦的土地，沿线有许多小水闸和桥梁，无论从盾构大件的运输还是重型机械及设备到场沿线的道路状况均不满足要求。需要对其运行能力进行评估，然后对不符合要求的水闸和桥梁进行加固和改造。

###### (3) 施工场地多处于河塘低洼地带

拟建工程岸边段施工场地为农田和水塘，给工程带来了很大的困难，施工前必须对施工场地范围的河塘进行整平以满足施工的要求。

###### (4) 施工用水、用电比较困难

沿线水源丰富，但是水质不满足施工和生活用水的要求；由于盾构施工用电量比较大，必须从7km以外的地方接专线到现场。关于施工用水，由于施工场地位于沿海地带，水质的含盐量和矿物质的含量较高，不适合饮用和施工，必须从6km以外接水到施工现场满足施工和生活用水的要求。

##### 1.3.1.2 盾构掘进难点

本工程的过江隧道段采用大型的泥水平衡盾构法掘进，直径大、距离长，在国内建成的越江隧道中无先例可循。根据工程可行性研究报告和岩土工程勘察报告，本工程盾构推进施工存在以下施工技术重点、难点。

###### (1) 大型泥水平衡盾构进出洞

进出洞施工技术是大型泥水平衡盾构最关键的技术之一。其中，止水装置是盾构进出洞顺利与否的关键。止水装置设置不当，泥水平衡体系将无法建立，从而会对前方土体带来较大扰动，地表因此会有较大的沉降甚至坍塌；另一方面，严重的漏浆会造成工作井内泥水大量淤积，正常施工无法得到保证。

###### (2) 不良地质条件和地质勘探孔

本工程将穿越②1粉土层，②2粉砂层，③1、③2淤泥质粉质黏土层，⑤1层状粉土层，⑤2淤泥

质粉质黏土层, ⑤4 粉质黏土层, ⑥1、⑥2 粉质黏土层, ⑦2 粉砂层和⑧1 粉质黏土夹薄层粉砂层等土层, 在一定的水力作用下易产生流砂和管涌等现象, 会导致开挖面不稳, 且土层突发性的涌水和流砂易引起地面沉降, 严重时会随着地层空洞的扩大引起地面的突然塌陷。

工程地质范围内⑦层、⑨层为承压水含水层, 水量较丰富。由于本工程部分隧道直接埋藏于各土层中, 若盾构推进参数控制不当, 极易造成盾尾大量漏水、漏浆或严重超挖造成前方土体坍塌, 直接威胁盾构施工人员及已建隧道的安全。

根据工程物探报告, 据 ZK21 孔 (桩号 K15+150) 钻探揭露, 有沼气呈气泡状逸出, 深度为 27.20~27.70m, 该处土层为⑤2 层淤泥质粉质黏土, 其中夹有大量贝壳, 为浅部储气带。该气体为有毒气体, 对盾构机内人体有危害。在盾构掘进施工过程中, 沼气会从盾尾与周围土体间的建筑空隙涌入盾构, 对盾构的正常施工产生不利影响, 同时会引起盾构偏移。

此外, 同时根据地质勘探资料中的勘探孔布点与隧道的相对位置可知, 有相当多的地质勘探孔位于盾构推进断面内。虽然勘探孔均已进行过填充, 但较周边原状土而言仍比较薄弱。在盾构推进至勘探孔位置时, 容易通过该薄弱点发生泥水冒顶等不利工况。

### (3) 钱塘江下长距离掘进

本工程采用大型泥水平衡盾构掘进施工, 两条隧道均为 3251m。盾构推进施工绝大部分在钱塘江底进行, 存在的风险因素相当多, 如由于长距离引起的测量偏差问题、盾尾钢丝刷磨损更换问题等, 因此, 在盾构推进过程中, 如不采取多种风险防范措施, 轻则耽误工期, 重则可能危害整个工程的安全。

### (4) 浅覆土施工

本工程在盾构进出洞段覆土浅, 江南抢险河南侧的鱼塘最小覆土仅为 5.6m; 另外, 江南抢险河处的覆土厚度也仅为 7.5m; 江中段的覆土也较浅并伴随潮汐对覆土厚度减小的影响; 在这些浅覆土地段, 若盾构推进施工中的切口水压、轴线控制、泥水质量、同步注浆、盾构姿态以及地面沉降等参数稍有控制不当, 就会导致超挖从而造成前方土体坍塌, 给施工带来相当大的难度。因此必须采用相应的措施以保证盾构穿越的安全: 对抢险河南侧的鱼塘进行回填, 并在上面浇筑混凝土板保证覆土厚度的要求; 对抢险河采取水中高压旋喷加固或采用钻孔灌注桩加盖混凝土盖板的方案处理。

### (5) 两隧道间净距小

盾构推进施工时, 东线隧道与西线隧道轴线基本平行, 两隧道间的净距较小, 仅有约 20m, 特别是进出洞段, 两隧道净距仅有不到 10m, 受先行施工的隧道穿越扰动, 尚处于非稳定状态, 两条隧道的先后施工时相互影响大。

### (6) 隧道断面大

隧道外径为 15m, 内径为 13.7m, 为世界上断面最大的软土隧道 (与上海长江隧道工程相同); 盾构机外径达到 15.43m, 为世界最大直径的超大型泥水平衡盾构机 (与上海长江隧道工程相同)。这给施工中的水平运输、地面沉降控制、隧道稳定性控制、隧道安全保证等方面带来了极高的难度。

### (7) 大直径隧道通用楔形管片错缝拼装

对于大断面管片拼装, 特别是采用通用楔形环管片, 有几个关键因素必须引起相当重视: 一是管片本身的制作精度; 二是管片的环纵向拼装精度; 三是管片在不同工况下的受力状况; 四是管片符合曲线拟合的最佳选型; 五是成型隧道走势与盾构姿态的吻合状况。在这几方面都能保证的情况下, 管片的拼装质量、渗漏水状况及轴线控制才能得到有效的保证。

### (8) 长距离泥水输送

对于大断面泥水盾构, 长距离泥水输送是制约盾构正常推进的另一关键保证因素。由于实际泥水输送指标有较大差异, 而泥水输送计算是按照预设指标进行的, 势必要在盾构推进过程中对接力泵的位置按照即时情况进行重新计算, 每次都要根据大量经验性公式进行繁琐的人工计算。计算不准确常会造成爆泵或输送能力不足等严重制约盾构推进的危害。

### (9) 大断面隧道施工期间抗浮问题

根据大型泥水平衡盾构施工经验,施工过程中将使临近盾构工作面的隧道产生“上浮”现象。本工程隧道设计断面尺寸达到15m,在施工中如不采取相应措施的话,隧道管片上浮现象将直接关系到工程的整体质量和安全,必须在施工过程中给予高度的重视。

### (10) 盾构推进与道路结构同步施工

为确保本工程按要求完成,必须进行盾构推进与道路结构的同步施工。这就带来了交叉作业方面的一系列问题,这也就要求在实际施工中必须全面优化作业流程、合理安排各道工序进行的时间与空间、统一协调指挥、减少两者之间的相互冲突,保证盾构推进与道路结构施工能够高效、优质、安全、顺利的齐头并进。

#### 1.3.1.3 岸边段施工难点

##### (1) 承压水处理

根据本工程岩土工程勘察报告,场区内粉性土层厚、地下水位高、富含潜水和地下承压水。粉性土在饱和状态下具有明显的触变性,施工过程中受机械设备等人为振动影响,易形成液化现象,基坑降水造成的水头差易引起管涌、流砂等不良地质现象;另外,场地多为鱼塘,须填方整平方可施工,这些不利因素给连续墙及开挖施工带来了很大困难,必须制定周密的地下水治理方案,尤其要妥善处理地下水,做到既要适度抽降承压水,防止深基坑施工出现灾害性事故,同时又要防止降水不当引起坑外地面过量沉降。

##### (2) 地下连续墙施工

本工程江南工作井地下连续墙最深达49.5m,江北工作井地下连续墙最深达54m,属于较深的地下墙,技术难度较大,且土层地质复杂。由于软黏土的流变、触变特性和回弹变形,粉性土、砂土可能发生的塌方、流砂及承压水的突涌因素等,给地下连续墙的施工带来风险,为了能克服上述工程难点,必须采取井点降水、深导墙施工、改善泥浆性能、钢笼起吊措施、转角幅钢筋笼吊装措施、地下墙渗漏水预防措施等针对性措施,确保地下连续墙的施工质量。

##### (3) 基坑的开挖稳定

本工程的江南工作井的开挖尺寸为46.5m×23m,而且深度达到28.3m,江北工作井与江南工作井相近,都属于超深基坑工程。通过现场的地质条件分析,江南工作井下存在承压水,必须采取有效的措施,否则工程开挖过程中可能会出现下列风险:

- ① 深挖过程中发生突涌和坑底隆起现象;
- ② 支撑失稳;
- ③ 围护结构变形过大。

必须采取措施,在基坑内进行疏干降潜水,同时对基坑外降承压水,降低基坑发生突涌和坑底隆起的危险;另外,做好坑底土层的保护、实行分层分段开挖法、加强支撑保护和监测等措施确保基坑开挖的稳定。

##### (4) 结构防渗、防腐蚀

由于本工程结构埋深最深达28.3m,地下水对地下混凝土结构的压力很大,结构施工时,不但要确保自防水混凝土的材料质量和搅拌质量,严格把好混凝土分层振捣和保温养护的质量关,使结构混凝土的抗渗指标达到设计要求,还要精心施工变形缝、防水卷材与涂料,力求做到结构混凝土内实外光,墙板与接缝滴水不漏。另外,还要立项研究混凝土的防腐蚀特性以确保混凝土对钱塘江特殊水质的腐蚀性要求。

#### 1.3.2 钱江隧道施工技术创新及挑战

为了顺利完成钱江隧道的建设任务,进一步提升我国在大断面盾构隧道领域的施工水平,钱江隧道共开展了施工、环保和运管等领域多个子课题的研究。

(一) 钱江流域大型隧道工程施工综合技术及风险控制研究:

- (1) 开挖面失稳破坏宏、微观机理和强度特征实验研究；
  - (2) 开挖面变形与失稳破坏的颗粒流数值模拟研究；
  - (3) 复杂地层盾构隧道开挖面宏观稳定性研究；
  - (4) 钱江涌潮对盾构隧道开挖面稳定性的影响研究；
  - (5) 钱江隧道盾构掘进全过程前摄性隧道法及工程应用研究；
  - (6) 大型盾构隧道精益施工理论方法和应用研究。
- (二) 钱江流域大直径盾构泥水处理及环境保护技术：
- (1) 泥浆三级压滤处理零排放工艺技术研究；
  - (2) 盾构废浆弃土的生态处置和资源化利用。
- (三) 钱江流域特殊水文地质条件下隧道结构设计及防灾技术研究：
- (1) 钱江通道盾构对隧道结构的施工力学行为和控制；
  - (2) 钱江涌潮对长大越江隧道结构及施工的影响研究；
  - (3) 钱江隧道火灾排烟及疏散救援技术。
- (四) 钱江流域大型隧道数值化监控和安全运营管理综合技术研究：
- (1) 隧道全数字化监控平台研究；
  - (2) 隧道运营综合安全管理研究。
- (五) 钱江隧道疏散通道设置专题研究。

#### 1.4 钱江通道对经济社会发展的意义

钱江通道及接线工程是萧山接轨上海市，联系江苏苏锡常地区的最快捷通道，未来有望成为萧山又一条新的经济“大动脉”。

钱江通道及接线工程起点接沪杭高速公路，经海宁市周王庙东、郭店西、盐官，穿越钱塘江后进入萧山，经六工段东，跨江东大桥延伸线，经新湾、党湾、益农，在马鞍镇西进入绍兴，终于齐贤北与杭甬高速公路相接，全长约43.6km。

钱江隧道北端进出口在海宁盐官西约2.5km，南端进出口在萧山的临江工业园区，两端各建连接线与沪杭、杭甬高速公路相接。届时，从萧山开车走钱江隧道穿过钱塘江，如果用设计速度80km/h行车，只需5min左右，就可以到达对岸的海宁。

南连接线按双向六车道高速公路标准建设，设计速度为100km/h，共设有六工段、党湾、益农3处互通和新湾、齐贤两处枢纽，彻底改变了萧山东部只有瓜沥一个高速进出口的历史。

钱江通道及接线工程沿线经过众多的经济开发区，特别是嘉兴的桐乡经济开发区和海宁经济开发区、杭州的临江工业园区和江东工业园区，以及绍兴的柯桥组团，不仅保证各经济开发区之间的快速连接，而且可通过高速公路网络快速连接上海、江苏和宁波等地区。项目建设对于强化城市服务功能、改善投资环境、加快沿线各开发区的建设，推动长三角一体化进程，保障区域经济持续、稳定、高速发展具有极其重要的意义。

同时，杭州市、嘉兴市和绍兴市处于浙、沪、苏区域快速旅游圈的主要位置，其自身的旅游资源极其丰富。钱江通道及接线工程的实施，可更为方便和快捷地将上述三市纳入长三角快速旅游圈之中，并将进一步促进区域内旅游一体化的形成，使杭州市、嘉兴市和绍兴市的旅游资源得以充分挖掘，吸引更多的中外游客观光旅游，从而带动旅游这一绿色经济产业的快速发展。