

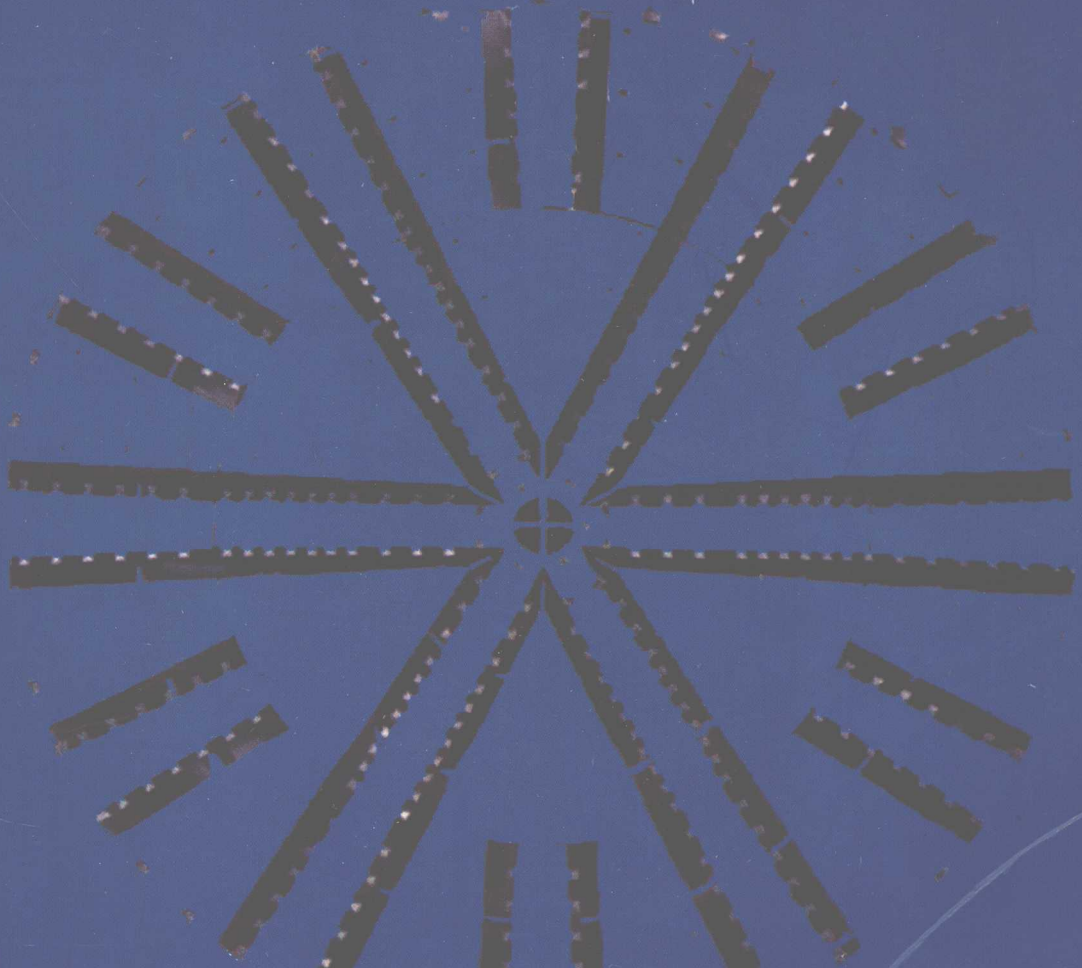
上海市土木工程学会 主编  
上海隧道工程股份有限公司



# 大直径隧道与城市轨道交通工程技术

## —2005上海国际隧道工程研讨会文集

Proceedings of  
2005 Shanghai International Forum on Tunnelling



同济大学出版社

# 大直径隧道与城市轨道交通工程技术

——2005 上海国际隧道工程研讨会文集

Proceedings of  
2005 Shanghai International Forum on Tunnelling

上海市土木工程学会 主编  
上海隧道工程股份有限公司

同济大学出版社

## 图书在版编目(CIP)数据

大直径隧道与城市轨道交通工程技术:2005 上海国际隧道工程研讨会文集/上海市土木工程学会,上海隧道工程股份有限公司 主编. —上海:同济大学出版社,2005.10  
ISBN 7-5608-3117-6

I. 越... II. ①上...②上... III. 隧道工程—工程技术—文集 IV. U45-53

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2005)第 076006 号

## 大直径隧道与城市轨道交通工程技术——2005 上海国际隧道工程研讨会文集

上海市土木工程学会 主编  
上海隧道工程股份有限公司

责任编辑 李炳钊 特约编辑 楼如岳 詹佳 责任校对 徐栩 封面设计 李志云

出 版  
发 行

同济大学出版社

(上海四平路 1239 号 邮编 200092 电话 021-65985622)

经 销

全国各地新华书店

印 刷

上海展强印刷有限公司

开 本

787mm×1092mm 1/16

印 张

57

字 数

1459200

印 数

1-1200

版 次

2005 年 10 月第 1 版 2005 年 10 月第 1 次印刷

书 号

ISBN 7-5608-3117-6/U·52

定 价

200.00 元

本书若有印装质量问题,请向本社发行部调换

## 内 容 提 要

本书收录了来自中国、日本、英国、荷兰、奥地利、瑞士、新加坡等国和地区的学术论文 125 篇,包括大直径越江跨海隧道工程技术、轨道交通工程技术、盾构隧道施工技术、岩石隧道工程技术、盾构掘进机设计制造、隧道工程试验研究、隧道控制、监测技术等内容。这些论文涉及近年来国内外著名隧道工程,如上海长江隧道工程、南京长江隧道工程、武汉长江隧道工程、上海上中路隧道工程、上海翔殷路隧道工程、天津东中环跨海河工程、厦门市东通道海底隧道工程、西气东输长江隧道工程以及世界著名隧道工程,这些案例反映了上海和国际隧道工程的技术发展的现状和水平。

本书作者大多是隧道工程第一线的工程技术负责人,他们所撰写的都是亲身经历的隧道工程技术论文,文中给出的实例均为现场施工的成功经验总结,条理清楚、数据齐全、结果置信度高,对隧道工程的设计、施工都有较好的借鉴价值。本书可作为城市地铁隧道、大型沉管工程、深基坑工程等领域设计与施工的工程技术人员、科研人员以及大专院校有关专业师生的技术参考资料。

## 序

进入 21 世纪的中国,随着城市地铁隧道、越江跨海交通隧道、水利水电隧道、市政公用隧道的陆续建设,盾构法隧道工程技术已经得到了广泛的应用和长足的发展。

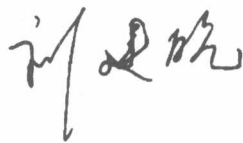
目前,上海、广州、北京等城市 10 余条地铁线路使用 70 余台盾构掘进施工,成为世界上在建地铁隧道最多的国家。上海地铁工程采用了 DOT 双圆盾构和矩形盾构新技术;广州地铁解决了盾构穿越风化岩混合地层的难题;北京地铁解决了盾构穿越砂砾混合地层的难题。

2004 年以来,举世瞩目的武汉长江隧道、南京长江隧道、上海长江隧道工程相继开工建设,并有一大批越江跨海交通隧道工程列入规划,中国已成为大直径长距离盾构隧道在建工程最多的国家。

为了进一步推动中外隧道技术的发展,上海隧道工程股份有限公司主办“2005 上海国际隧道工程研讨会”。大会文集收录论文 125 篇,共计 145 万字。文集主题为“大直径隧道与城市轨道交通工程技术”,涵盖了软土与硬岩隧道设计施工、掘进机开发研制、隧道试验研究、隧道监测控制、深基坑工程技术等诸多领域,同时还有为数众多的英文论文,可谓中外隧道技术最新成果的荟萃和集锦。因此,“海纳百川”是本论文集的一大特色。

本文集反映了当代隧道工程的进展和最新技术成就,既有实用经验的提炼和融合,也有前沿课题的思索和研考。

祝“2005 上海国际隧道工程研讨会”成功举办!



2005 年 10 月

# 目 录

## 序

### 大直径越江隧道工程技术

- 中国越江隧道工程的建设和大直径盾构掘进技术的应用 ..... 周文波 杨国祥 傅德明(3)
- 超大直径超长距离隧道盾构施工技术初探  
——上海长江隧道工程盾构施工方案研究 .....  
..... 余暄平 沈永东 凌宇峰 王吉云 Pierre Longchamp(12)
- 厦门市东通道海底隧道工程设计施工若干技术关键的思考 ..... 孙 钧(25)
- 上海长江隧道试验段工程技术 ..... 沈永东 王吉云(33)
- 南京长江隧道盾构选型 ..... 沙明远(41)
- √武汉长江隧道工程综述 ..... 谭顺辉 李勇军(49)
- √武汉长江隧道技术难点及风险研究 ..... 陈 斌 翟世鸿(58)
- 上海上中路越江隧道工程 ..... 王德中 傅德明 丁志诚(67)
- 上海翔殷路隧道工程设计 ..... 杨志豪 乔宗昭 王 曦 贺春宁(74)
- 上海翔殷路越江隧道工程 ..... 丁光莹 章仁财 杨国祥(80)
- 天津东中环跨海河工程桥隧方案设计 ..... 井润胜 汤洪雁 王新歧(91)

### 轨道交通工程技术

- 国产地铁盾构在轨道交通区间隧道施工中的应用 ..... 周文波 吴惠明(101)
- 上海轨道交通网络化建设与地下空间的开发利用 ..... 白廷辉 毕湘利(112)
- 上海轨道交通 7 号线工程规划与建设 ..... 王益群(121)
- 上海市轨道交通 11 号线北段工程总体设计 ..... 徐正良 崔 勤 张中杰(127)

上海市轨道交通徐家汇枢纽“环港汇”方案设计 .....	徐正良 马仕明 崔勤 王卓瑛 张中杰(135)
双圆盾构隧道衬砌结构设计及参数研究 .....	袁金荣 刘学增(142)
轨道交通工程风险远程控制浅析 .....	刘朝明(149)
天津地铁盾构法掘进施工 .....	胡灿辉 贾明浩 贾利亨 诸丽萍(156)
广州复合地层与盾构施工技术 .....	竺维彬 鞠世健(165)
双层隧道管片拼装技术 .....	张轶 凌宇峰 宋兴宝 顾莹辉(174)
双圆盾构过站施工技术 .....	邓喜 陶育 王旋东(183)
广州地铁复合地层盾构技术的探索和突破 .....	许少辉 竺维彬 袁敏正(189)
广州地铁3号线大-汉区间隧道盾构换刀环境的选择 .....	陈跃进 鞠世健(198)
复合地层盾构始发施工 .....	王虹(203)
广州地铁3号线盾构穿越断裂层的掘进施工 .....	刘乐元 竺维彬(211)
泥水盾构越江施工塌方处理 .....	黄威然 竺维彬(219)

## 盾构隧道施工技术

西气东输黄石长江穿越盾构隧道工程设计 .....	鄢双红 马永锋 李勤军(227)
复杂地段盾构穿越施工技术 .....	李胜新 刘广仁(234)
隧道断面内桩基处理及盾构穿越施工技术 .....	吴列成 卢鸣 徐耀斌 吴义明(240)
土压平衡盾构各主要参数的统计分析 .....	王洪新 傅德明 李向红(248)
地铁隧道穿越溶洞的施工处理技术探讨 .....	陈建(256)
盾构掘进处理孤石施工技术 .....	米晋生 鞠世健(262)
软土隧道中大漂石的处理与行为预测 .....	管会生 高波 陆建新(268)
盾构法隧道轴线测量及控制技术 .....	徐伟忠 岳秀平(272)

## 岩石隧道工程技术

TBM技术在当代岩石隧道工程中的应用 .....	陈彬 刘计山(281)
新疆八十一大坂隧道TBM施工方案 .....	侯保俊(290)
敞开式TBM快速掘进施工技术 .....	王坤 王树勋(299)

硬岩隧道掘进机在引黄工程南干线国际 II,III 标中的应用 .....	肖晓春(305)
TBM 隧道工程地质条件评价和问题研究 .....	尚彦军 史永跃 曾庆利 薛继洪(313)
岩石隧道 TBM 施工缺陷修复技术 .....	刘计山(318)
复杂地质条件下深埋长隧洞施工综合技术研究 .....	苏利军 倪锦初(323)
南水北调西线一期工程深埋长隧洞设计的进展 .....	谈英武 杨维九(328)
盾构隧洞施工进出洞地基加固技术研究 .....	赵 峰 倪锦初 熊新宇(336)
锦屏深埋引水隧洞布设方案比较研究 .....	王志良 阮怀宁 梁精华 谷令强(342)
欧洲交通枢纽——瑞士圣哥达高速铁路隧道工程 .....	林 立(347)
香港地铁鲗鱼涌站延伸段隧道工程设计和施工 .....	杨文武 卢耀宗 吴浩然(356)
工程类比法确定厦门海底隧道最下岩石覆盖厚度 .....	李术才 李树忱 曾 超 朱光议(365)
山岭隧道渗涌水影响因素分析 .....	杨会军(373)

## 盾构掘进机设计制造

$\Phi 6.34\text{m}$ 土压平衡盾构掘进机的研制 .....	黄 健(381)
$\Phi 4.95\text{m}$ 铰接式土压平衡盾构设计分析 .....	闵 锐(387)
$\Phi 6.34\text{m}$ 地铁盾构电气系统研制 .....	张东星(394)
$\Phi 6.25\text{m}$ 复合型盾构电气设计研究 .....	顾德焜(402)
上中路越江隧道 $\Phi 14.87\text{m}$ 盾构修复 .....	石元奇(410)
$\Phi 11.58\text{m}$ 泥水平衡盾构改制技术 .....	周 松 彭少杰 李怀洪(417)
复兴东路隧道盾构管片拼装机及拼装辅助设备的研制 .....	翟一欣 顾永辉 林根荣(424)
$\Phi 11.58\text{m}$ 泥水平衡盾构泥水输送系统设计 .....	李怀洪 彭少杰(432)
泥水盾构泥水处理模式 .....	刘豫东(439)
大断面矩形盾构及现浇衬砌同步施工技术 .....	张冠军 王强华(444)
土压平衡盾构掘进机刀盘扭矩研究 .....	吕 强 王鹤林 傅德明(452)
复合地层中盾构刀具磨损的检测方法研究 .....	张厚美(461)
自行进式隧道掘进机急转弯机理 .....	卢清国(472)
浅析变频器在盾构中的应用 .....	陆晓华(476)



## 隧道工程试验研究

- Φ1800mm 土压平衡盾构掘进试验研究 ..... 李向红 巴雅吉呼(485)
- 大型多功能盾构掘进模拟试验平台的研制 ..... 傅德明 李向红 杨 磊 吴兆宇(493)
- 盾构模拟掘进试验平台电气监控技术 ..... 吴兆宇(499)
- 改性膨润土注浆对砂砾层中盾构推进影响的研究 ..... 商涛平(506)
- 盾构法隧道施工管片错缝拼装的动态优化 ..... 胡 珉 吴惠明 李 霞(513)
- 外环沉管隧道地震响应的三维数值模拟 ..... 曹文宏 乔宗昭 金先龙 陈 鸿(519)
- 相邻隧道长距离叠交模拟试验技术 ..... 吴惠明 胡 珉 郭 平(527)
- 叠交隧道施工的力学响应 ..... 杨洪杰 吴惠明(533)
- 大变形隧道力学效应及施工对策 ..... 张永胜 焦 苍(539)
- 盾构法隧道衬砌设计中土弹簧单元研究 ..... 黄正荣 朱 伟 梁精华(544)

## 隧道监测、控制技术

- 地铁隧道穿越地面建筑物施工监测 ..... 诸丽萍 胡灿辉 蒋冰玉 王 峰(555)
- 盾构施工中的地面建筑物沉降分析与控制 ..... 莫暖娇(560)
- 双圆盾构推进引起地表变形理论分析及试验研究 ..... 滕 丽(567)
- 双圆盾构隧道施工过程中管片力学性状的原位测试研究 .....  
..... 周文波 郑宜枫 滕 丽 商涛平(573)
- 运营中地铁隧道受紧邻基坑开挖影响的动态监测 ..... 郑宜枫 周拥军(578)
- 不同开挖步骤引起浅埋隧道地表沉降的数值分析 .....  
..... 丁 锐 范 鹏 焦 苍 徐成家 张文强(584)
- 红粘土浅埋隧道施工沉降分析及处治措施 ..... 杨明举(590)
- 新加坡地铁隧道保护工程中的自动化实时三维监测系统 ..... 黄明智 文 兵(595)
- 激光法盾构自动导向系统测量数学模型分析 ..... 王 浩(600)
- 盾构姿态实时监控原理与方法 ..... 沈 斌(607)
- 小半径三维曲线顶管轴线控制技术 ..... 徐智华(614)
- 常用隧道火灾探测器:原理、应用及研究动态 ..... 张 杨 陈启军(619)

TSP 系统在隧道工程施工地质预报中的应用和发展…………… 吴世林 肖书安(626)

## 深基坑工程技术

上中路隧道浦东工作井深基坑施工…………… 张叶青(635)

天津地铁 1 号线洪湖里车站施工工艺研究与应用…………… 赵明好 张显杰 崔志刚(642)

软土深基坑考虑时空效应的空间计算模型预测分析……………

…………… 范益群 孙 巍 刘国彬 刘建航(647)

深大基坑施工导致周围土体变形的可视化分析…………… 郑宜枫(657)

地铁超宽基坑围护结构设计受温度变化影响分析…………… 王 宝 范 鹏 焦 苍(662)

## 其他地下工程技术

台北市中正路次干管建设计划及其规划设计探讨…………… 倪至宽 杨健飞(669)

嘉兴电厂二期取水工程沉管法施工技术应用…………… 杨国祥 何拥军 林家祥 肖晓春(681)

软土地层管幕一箱涵顶进施工新技术…………… 葛金科 李向阳(692)

南京地铁联络通道顶进法施工技术应用…………… 陈向科 何雨保 王 祎(702)

上海地铁体育场换乘站立交穿越段冻结法施工…………… 余志松(708)

浅埋暗挖法在天津地铁的应用…………… 徐成家 潘海洋 焦 苍 范 鹏(716)

CCG 注浆材料研究与应用…………… 谢 彬 黄均龙 张冠军(724)

上海外环沉管隧道防水设计…………… 陆 明 张 勇 陈心茹 邵 臻 朱祖熹(732)

城市道路隧道的建筑防火设计…………… 王 曦(740)

特长隧道通风系统…………… 李耀华 祝立华(747)

## 英文论文

Tunnel System Engineering Approach of TBM Tunneling Decision Aids……………

…………… Bai Yun Hu Xian Dong(759)

Double-O-Tube Shield Tunneling Technology in the Shanghai Rail Transit Project……………

…………… Bob-Chow(772)

Cross River Tunnels-Risk-Management Practices of Immersed and TBM Driven Tunnels .....	Harald Wagner(782)
Visualizing Excavated Soil Flow in the Cutter Chamber of a Large Earth Pressure Balanced Shield .....	Kazuhiro Kumasaka(794)
Deep and Long Distance Shield Excavation under the YODO River .....	Tohimasa KAMADA Masatomi OKUNO Kazuaki UENO Tadashi HASHIMOTO(803)
Development of the Double-track Composite Circular Shield Tunnel for the Subway .....	S. Yahagi K. Irie T. Ohtsuka K. Numazawa(818)
Ground Freezing to Form Cross Passages Beneath a Sensitive Ecological Area in Hong Kong .....	Roger B. Storry Olivier Martin Ronan Hasle(826)
Risk Reduction and Waterproofing of Rescue Shafts in Zimmerberg Base Railway Tunnel, Switzerland .....	Jan Dirk CHABOT(836)
Modern Hyperbaric, Safety & Medical Management of Tunnelling Operations & TBM Intervention in Compressed Air .....	A. R. RIDLEY Tony Ridley(845)
Technique of Pre-geological Prediction (PGP) in Tunnel Construction .....	Yang Huijun Wang Mengshua Zhang Jingke(855)
Tunnel Construction in Soft Ground Using Temporary Shotcrete in Singapore's Old Alluvium .....	Lee Y K Pu Zhao Hui Wang Yang(862)
Breakthrough Survey in Long Distance Tunneling (TOI SINGAPORE) .....	Qi Hui Rong(874)
TBM Tunneling in Downtown Area of Singapore .....	Jin Ai ping Liu Feng Hua(879)
Improving Road and Tunnel Safety via Incident Management: Implementing a Video Image Processing System .....	Nico Verstraete Jo Versavel(889)

# 大直径越江隧道工程技术



# 中国越江隧道工程的建设和大直径盾构掘进技术的应用

周文波 杨国祥 傅德明

(上海隧道工程股份有限公司 上海 200082)

**摘要** 本文阐述了中国越江隧道工程的建设概况和大直径盾构掘进技术的发展,主要介绍了在上海黄浦江底软弱地层越江交通隧道工程采用盾构掘进施工技术的应用和发展过程,并介绍了正在建设和施工的三大长江越江隧道工程的概况,其中崇明和南京越江隧道为世界上直径最大的盾构隧道。

**关键词** 越江隧道;盾构;掘进;施工

**Abstract** This article presents an overview of cross-river tunnel projects in China and the development of large diameter shield tunnelling technology. Chiefly introduced are the application and development process of shield tunnelling technology adopted in cross-river traffic tunnels in soft and weak soils underneath the Huangpu in Shanghai, together with a glimpse of currently under implementation of the three Cross-Yangzi tunnels, of which those at Chongming and Nanjing will be, in terms of diameter, among the largest shield driven ones in the world.

**Keywords** cross-river tunnel; shield; tunnelling; construction

## 1 中国越江隧道工程建设概况

2004年10月,2来2去的武汉长江越江隧道工程已开工兴建,其中两条长2338m  $\Phi 11.2\text{m}$ 的圆形主隧道采用2台 $\Phi 11.5\text{m}$ 泥水加压盾构掘进施工;2004年12月,3来3去的上海长江口越江隧道开工兴建,其中两条长7.9km $\Phi 15\text{m}$ 的圆形主隧道采用2台 $\Phi 15.44\text{m}$ 泥水加压盾构掘进施工,为目前世界上最大断面的盾构隧道;2005年初,3来3去的南京长江越江隧道计划年内动工,两条长3825m $\Phi 14.5\text{m}$ 的圆形主隧道采用2台泥水加压盾构掘进施工;南水北调中线穿越黄河的两条 $\Phi 8.7\text{m}$ 长4300m隧道,计划年内动工。这样,中国将在长江底有六条大直径长距离的越江隧道同时掘进施工,加上正在上海黄浦江底掘进施工的两条4来4去的上中路越江隧道,已成为世界上大直径长距离盾构隧道在建工程最多的国家。

## 2 上海黄浦江越江交通隧道工程盾构掘进施工技术的应用和发展

上海城市人口1450万,流动人口300万,面积6340km<sup>2</sup>。黄浦江从西南至东北流经上海地区,把上海分为浦东、浦西两部分。江面宽500~700m,主航道深14~16m。

过江交通采用桥梁和隧道,规划19处,已建10处,其中隧道4处;在建2处,拟建7处,全部采用隧道方式,如图1所示。越江隧道工程除外环隧道采用沉管法施工外主要采用大

直径盾构掘进施工。



图1 上海黄浦江越江交通隧道一览

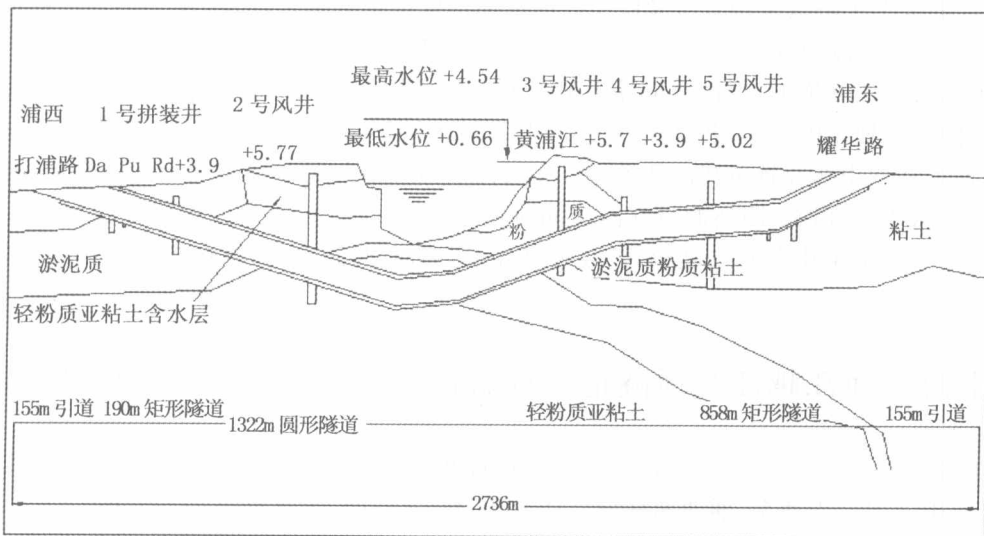


图2 打浦路隧道纵剖面图

## 2.1 上海打浦路隧道和延安东路隧道工程

### (1) 打浦路隧道工程

1965年,上海第一条穿越黄浦江底的2车道车行隧道——打浦路隧道,全长2761m,主隧道1324m,采用 $\Phi 10.2\text{m}$ 网格挤压式盾构掘进施工,黄浦江宽约600m,水深16m。隧道纵剖面如图2所示。

隧道采用自主设计制造的 $\Phi 10.2\text{m}$ 网格挤压盾构掘进施工,盾构总推力达78400kN,为稳定开挖面土体,采用气压辅助施工方法。盾构穿越的地层为淤泥质粘土和粉砂层,在岸边采用降水辅助工法和气压辅助工法,在江中段采用全气压局部挤压出土法施工。

圆隧道外径10m,由8块钢筋混凝土管片拼装而成。管片环宽90cm,厚60cm。管片环向接头采用双排钢螺栓联接。衬砌接缝防水采用环氧树脂,如图3所示。打浦路隧道于1970年底建成通车,至今已运营34年。

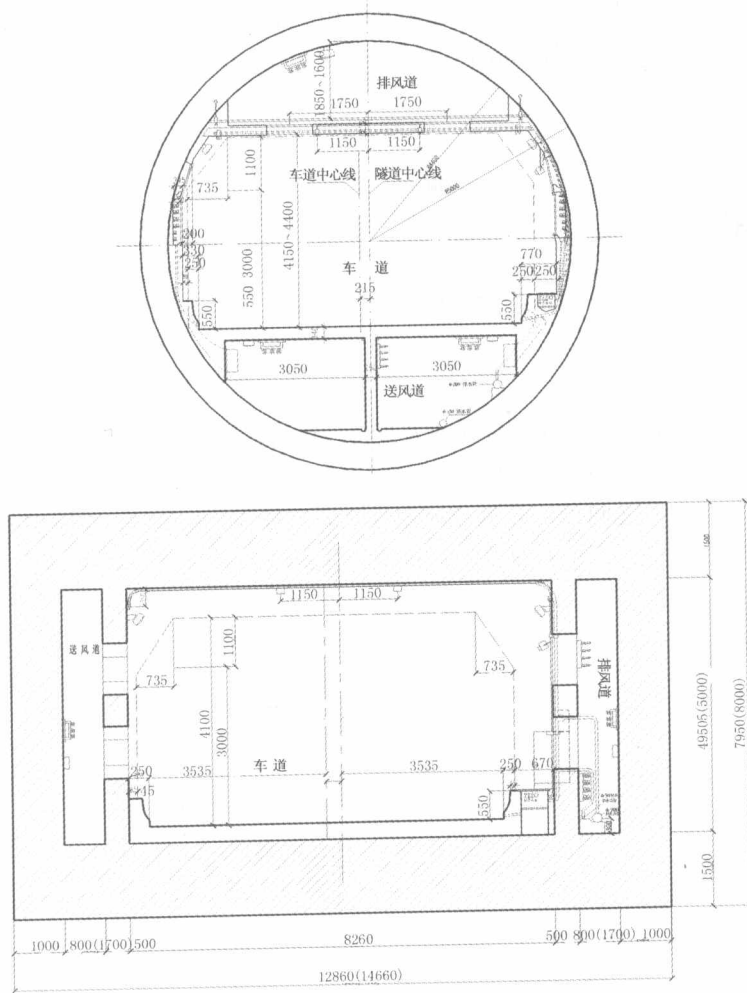


图3 打浦路隧道结构图

### (2) 延安东路隧道工程

1983年,位于上海外滩的延安东路隧道北线工程开工建设,隧道全长2261m,其中



1310m 为圆形主隧道,采用盾构法施工,隧道外径 11m,管片环宽 100cm,厚 55cm,接缝防水采用氯丁橡胶防水条。

圆形主隧道采用了上海隧道工程公司自行设计研制的  $\Phi 11.3\text{m}$  网格型水力出土盾构。在密封舱内采用高压水枪冲切开挖面,挤压进网格的土体,搅拌成泥浆后通过泥浆泵接力输送,实现了掘进、出土运输自动化。盾构最大推力可达  $1.08 \times 10^5 \text{ kN}$ 。

1995 年,上海延安东路隧道南线开工建设,为缩短工期和保护隧道沿线建筑物的需求,引进日本三菱重工制造的  $\Phi 11.22\text{m}$  泥水加压盾构掘进施工。

延安东路隧道的建成为上海浦东新区的开发开放提供了便捷的越江通道。

## 2.2 大连路隧道工程

上海大连路隧道位于延安东路隧道和杨浦大桥之间,全长 2565m,为 2 来 2 去的两条双车道隧道,工程总投资 16.55 亿元。工程于 2001 年 5 月 25 日开工,2003 年 9 月 28 日建成通车,总工期 28 个月。其中 1258m 圆形隧道采用 2 台  $\Phi 11.22\text{m}$  泥水加压盾构同向掘进施工。大连路越江隧道工程平剖面如图 4 所示。

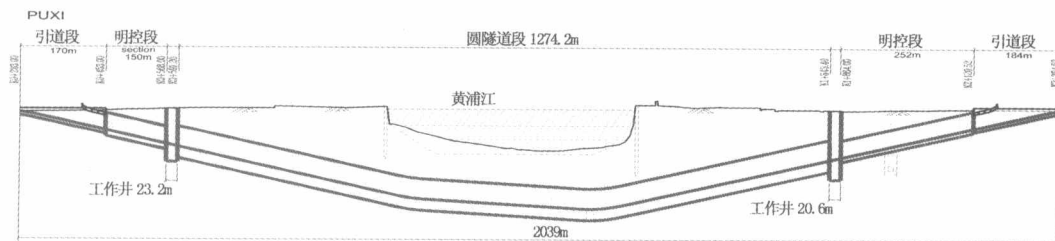


图 4 大连路越江隧道工程纵剖面示意图

圆隧道外径 11m,内径 10.04m,管片宽度 1.5m,管片厚度 0.48m,衬砌分块 8 块,错缝拼装,弯螺栓联接。隧道内双车道宽度  $3.75\text{m} \times 2$ ,净高 4.5m,隧道通风采用轴流风机(图 5)。江中段 2 条圆隧道之间设 2 条联络通道,位于黄浦江底,2 条联络通道相距 400m,通道宽通道 1.4m、高 2.1m。

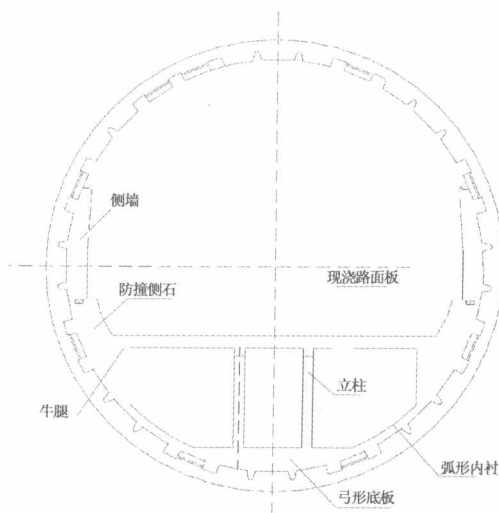


图 5 大连路隧道结构图