

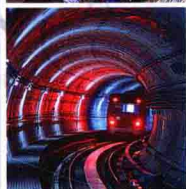


“十二五”国家重点图书出版规划项目
复合地层盾构工程技术系列丛书

丛书主编：竺维彬 鞠世健
丛书主审：王 晖

广州地铁六号线**首通段** 盾构隧道工程施工技术研究

主 编：王洪东 魏康林
副主编：陈丹莲 梁红兵



Research on Shield Tunnelling
in Guangzhou Line 6
(First Opening Section)



人民交通出版社股份有限公司
China Communications Press Co., Ltd.



“十二五”国家重点图书出版规划项目
复合地层盾构工程技术系列丛书

丛书主编：竺维彬 鞠世健
丛书主审：王 晖

Research on Shield Tunnelling
in Guangzhou Line 6
(First Opening Section)

广州地铁六号线首通段 盾构隧道工程施工技术研究

主 编：王洪东 魏康林
副主编：陈丹莲 梁红兵



人民交通出版社股份有限公司
China Communications Press Co., Ltd.

内 容 提 要

本书对广州地铁六号线首通段盾构施工进行了全面的技术总结。浔峰岗站至长湴站共 8 个盾构施工标段,采用 17 台盾构机施工,本书详尽记录了每个标段的工程概况、施工环境、盾构机选型和适应性评价、盾构施工技术、施工过程安全和质量控制,真实再现施工现场,资料翔实、数据丰富,可参考性强。

本书可供盾构施工、工程管理及教学、科研等相关人员参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

广州地铁六号线首通段盾构隧道工程施工技术研究 / 王洪东,魏康林主编. —北京:人民交通出版社股份有限公司,2016.6

ISBN 978-7-114-12996-4

I. ①广… II. ①王… ②魏… III. ①地下铁道—铁路工程—隧道工程—盾构法—工程施工—研究—广州市 IV. ①U231

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2016)第 096789 号

书 名: 广州地铁六号线首通段盾构隧道工程施工技术研究

著 者: 王洪东 魏康林

责任编辑: 刘彩云

出版发行: 人民交通出版社股份有限公司

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: 人民交通出版社股份有限公司发行部

经 销: 各地新华书店

印 刷: 北京盛通印刷股份有限公司

开 本: 787 × 1092 1/16

印 张: 21.5

字 数: 498 千

版 次: 2016 年 8 月 第 1 版

印 次: 2016 年 8 月 第 1 次印刷

书 号: ISBN 978-7-114-12996-4

定 价: 118.00 元

(有印刷、装订质量问题的图书由本公司负责调换)

复合地层盾构工程技术系列丛书

编审委员会

丛书主编：竺维彬 鞠世健

丛书主审：王 晖

本书编委会

主 编：王洪东 魏康林

副主编：陈丹莲 梁红兵

编 委：（按姓氏笔画排序）

王学龙 丘 鹏 刘 坤 刘 涛 吕征舟

汪 飞 李世佳 李瀚霆 张义龙 张伟东

陈志洪 陆志生 欧阳晨光 赵炳文 铁 强

梁怡星 辜思达 熊 燕

主要参编单位：广州轨道交通建设监理有限公司

广州地铁集团有限公司 建设事业总部

广州地铁设计研究院有限公司 盾构技术研究所

丛书著者简介

■ 竺维彬

丛书主编

教授级高级工程师,广州地铁集团有限公司副总经理,长期从事广州地铁建设管理工作。曾获国家科技进步奖、詹天佑土木工程大奖、中国煤田地质总局科技进步一等奖等奖项



■ 鞠世健

丛书主编

高级工程师,广州地铁设计院有限公司盾构技术研究所、广州轨道交通建设监理有限公司顾问。长期从事盾构工程技术研究



■ 王 晖

丛书主审

教授级高级工程师,广州轨道交通建设监理有限公司副总经理兼总工程师、广州地铁设计院有限公司盾构技术研究所副所长、广东省土木建筑学会地下工程专业委员会秘书长。曾获国家科技进步奖



本书著者简介

■ 王洪东

本书主编

高级工程师,广州轨道交通建设监理有限公司副总经理,国家注册监理工程师、注册咨询工程师、注册造价工程师、注册一级建造师



■ 魏康林

本书主编

高级工程师,广州轨道交通建设监理有限公司副总工程师兼总工程师室主任,国家注册监理工程师、注册咨询工程师



■ 陈丹莲

本书副主编

工程师,广州轨道交通建设监理有限公司总工程师室技术管理专员



■ 梁红兵

本书副主编

高级工程师,广州轨道交通建设监理有限公司总监代表,国家注册监理工程师,广州地铁六号线施工7标总监代表



序

欣闻广州地铁为迎亚运会,将在原开通线路的基础上,相继开通四号线北延段、三号线北延段、二/八号线拆解段、二号线北延段和广佛线首通段等六条线路,广州地铁累计开通 236 公里的惊世之举时,陆续收到广州地铁同仁们对其中的三号线北延段、二/八号线拆解段和广佛线盾构工程的研究成果初稿,令我们这些早期指导过广州地铁建设的老一辈专家感动。广州地铁在地质环境非常复杂的条件下,顺利地实现了既定的地铁建设目标,说明他们在盾构工程管理和技术上已走上成熟的道路,他们踏踏实实的科学精神值得学习和推广。



中国工程院院士 施仲衡

广州地铁经过十几年的积累和沉淀,培养了一批人才,并以老带新,不断壮大。在出版《复合地层中的盾构施工技术》、《盾构施工监理指南》、《广州地铁三号线盾构隧道工程施工技术研究》及《地铁盾构施工风险源及典型事故的研究》几本专著的基础上,建设一条线,总结一条线,提升一条线,坚持不懈、持之以恒地使他们总结出来的盾构施工理论——地质是基础,盾构机是关键,人是根本——经过在新线建设中的应用和创新,更加完善和充实。

广州地铁自 20 世纪 90 年代使用盾构工法以来,为在全国推广和使用该工法做出了特殊贡献。本书是作者编著“复合地层盾构工程技术系列丛书”的组成部分,为广大科技人员提供了可贵的参考资料和类似工程经验。

深表祝贺,并祝不断进步!

施仲衡

2016 年 2 月

前 言

广州地铁六号线首期工程盾构段全长约 16.5km(单线 33km),分为 8 个施工标段,2 个监理标段,采用了 17 台盾构机掘进。工程始建于 2005 年 6 月 28 日,于 2013 年 12 月 28 日开通试运营。期间,为了配合广州市亚运工程的建设,于 2008 年元旦前后暂停了盾构施工,直到 2010 年初恢复掘进,故全线工程持续了八年半的时间。

该工程建设时间之长、地质条件之复杂、施工难度之大是广州地铁建设历程中极为罕见的。广州地区复合地层所有的施工难题几乎都遇到过,包括富水砂层、淤泥地层、石灰岩溶洞、花岗岩分化残积层(俗称“孤石”)、坚硬花岗岩、富水断裂带、软硬不均等不良地层。盾构区间隧道大部分要穿越老城区及大量民房,而且存在建(构)筑物资料不全、施工场地狭小、周边环境复杂等诸多不利因素。虽然在施工过程中遇到各种各样的难题和风险,也发生了一些险情和事故,但在建设者们齐心协力、群策群力、艰苦卓绝的努力之下,最终还是圆满实现贯通。

本书对广州地铁六号线首期工程盾构段工程技术及案例进行了系统归纳和总结,对使用的盾构机、在施工期间遇到的各种困难的解决方法做了重点介绍,可为类似复合地层中的盾构施工提供借鉴。总体来看,本项目具有以下几项特点:

线路呈“U”形从广州市西部向南绕行中心市区到达广州市东部,通过了第四系地层到泥盆系地层,地质年代跨越了四亿年。遇到了未固结的淤泥、黏土、砂等软弱地层,穿越了沉积岩、岩浆岩和变质岩三大类岩石。其中,大面积的富水石灰岩和完整性好的坚硬花岗岩复合地层给盾构施工带来了许多前所未有的新问题。工程地质和水文地质施工风险大是本项目的特点之一。

本工程共使用 17 台盾构机,分为所谓的“德系”和“日系”两种装备。有些区段在工程地质和水文地质以及周边环境大体相同的情况下,分别在左、右线使用不同的盾构机,为研究不同盾构机在复合地层中的适应性提供了许多真实、具体的数据和参数,给复合地层盾构机选型提供了可靠的依据,这是本项目的特点之二。

盾构机长时间停滞在隧道中,涉及停机位置的选择,地层稳定性的处理,停机过程中对盾构机的维护和保养,盾构机重新启动的方法等技术上的安排,不仅给盾构施工技术本身,同时也给施工管理带来了许多以前没有遇到的新问题,成为本项目的特点之三。

回想整个建设历程,我们既有成功的经验,也有失败的教训,我们深知之所以能够最终解决问题并战胜困难,是因为我们已经站在了巨人的肩膀上,借鉴和吸收了工程界

同行和前辈们总结的工程理论与实践经验、完成的一系列盾构技术方面的专著以及积攒下来的丰富的工程案例。其实在本项目实施过程中,我们就在思考可否把我们遇到的困难和问题以及解决过程中积累的经验教训记录并归纳、总结下来,在验证前辈同行的理论基础上提出一些新的思考和认识,同时把我们经历过的工程案例完整记录下来供业内同行参考与研究。

全书共分9章,其中第二、三、四、五、六、七、八、九章分别对应盾构施工1、2、3、4、5、6、7、8标段。

由于本项目施工的时间很长,前后期人员变化很大,给本书的编写带来了许多困难。幸而在工程伊始,负责该工程监理工作的项目监理部技术人员就为最终总结制订了详细的编制章节和内容要求,故能把很多关键的资料和工程信息保存下来。经过大家持续不断的收集施工过程中的各类资料和数据,加上深入的思考和分析,日积月累、持续不断并最终形成此书。如果本书能够为地铁盾构技术与管理人员在解决类似技术问题提供一点借鉴和帮助,我们将会感到非常欣慰。

特别感激参与本书编写的各位编委和工作人员,由于本工程历时较长,人员变动频繁、资料交接遗失严重,技术数据收集很困难,但他们能够不计个人得失,在做好自身繁忙工作之余想尽办法收集并整理提交,为本书顺利交稿做出了很大贡献,向他们表示崇高的敬意和感谢!

感谢参与本项目的全体监理人员,是他们在工作之余、利用休息时间收集资料、分析数据、编写总结,付出了非常艰辛的劳动,他们的钻研和敬业精神值得称赞!

感谢广州地铁集团有限公司建设事业总部及各参建施工单位的无私支持和帮助!应该说,是全体参建人员的共同努力才有了这本书的编写和出版!



2016年2月

目 录

第一章 工程概况和施工环境 / 3	
第一节 线路和盾构区间	3
第二节 工程地质和水文地质环境	7
第三节 全线盾构机主要参数对比	18
第四节 广州地铁六号线首通段各参建单位及工点负责人名单	26
第二章 高架线入洞口—大坦沙站区间盾构工程技术 / 31	
第一节 工程概况	31
第二节 盾构机	37
第三节 主要施工技术和案例	43
第三章 大坦沙站—黄沙站区间盾构工程技术 / 75	
第一节 工程概况	75
第二节 盾构机配置及其适应性评价	81
第三节 主要施工技术和案例	84
第四章 黄沙站—海珠广场站区间盾构工程技术 / 119	
第一节 工程概况	119
第二节 盾构机配置及其适应性评价	125
第三节 主要施工技术和案例	127
第五章 海珠广场站—北京路站—越秀南站—东湖吊出井区间盾构工程技术 / 147	
第一节 工程概况	147
第二节 盾构机配置及其适应性评价	154
第三节 主要施工技术和案例	158
第六章 东湖站—黄花岗站区间盾构工程技术 / 185	
第一节 工程概况	185
第二节 盾构机	192
第三节 工程案例及主要施工技术	198
第七章 沙河顶站—天平架站区间盾构工程技术 / 219	
第一节 工程概况	219

第二节	盾构机配置及其适应性评价	227
第三节	主要施工技术和案例	234
第四节	掘进施工中管片质量问题与拼装问题及其处理	247

第八章 天平架站—天河客运站区间盾构工程技术 / 257

第一节	工程概况	257
第二节	盾构机配置及其适应性评价	263
第三节	主要施工技术和案例	266

第九章 长湴站—洒水车队吊出井区间盾构工程技术 / 295

第一节	工程概况	295
第二节	盾构机配置及盾构机适应性评价	300
第三节	主要施工技术和案例	304

Chapter

工程概况和施工环境

1

执笔人 The Author

陈丹莲 ▶

工程师

广州轨道交通建设监理有限公司总工程师室技术专员



第一章 工程概况和施工环境

第一节 线路和盾构区间

一、线路情况

广州地铁六号线首期工程线路大致呈“U”形走向,起点为广州金沙洲的浔峰岗,高架跨过北环高速公路后沿金沙洲路中央往东南方向前进,于沙凤村东侧以白沙河大桥横跨珠江支流,连接到大坦沙岛之沙头顶。之后线路转向正南,由高架转入地下隧道,往南至双桥路侧坦尾站与五号线换乘。线路下穿广茂铁路后,斜穿珠江支流,于旧广州南站大地冲范围内多宝路处设如意坊站。线路沿黄沙大道往南抵达大同路处的黄沙站,与一号线换乘。之后线路沿六二三路,穿过文化公园、人民南路,沿一德路抵达海珠广场与二号线换乘。绕过广州解放纪念碑后,依次经过泰康路、万福路、越秀南路后,穿过东华南路及大沙头路附近的一大片建筑物,抵达东湖站。隧道下穿东山湖,折往东北方向,沿东山大街、龟岗大马路、署前路,在东山口站与一号线再次换乘。随后线路辗转沿农林下路往北,于区庄站与五号线再次换乘。之后线路以小半径曲线转入先烈中路,再转入广州大道北、兴华路,与三号线支线在燕塘站换乘。线路沿燕岭路往东北行进,于天河客运站与三号线换乘,最后沿天源路抵达终点长湴站。

本工程浔峰岗—长湴段线路长 24.51km,其中地下线长 21.31km,高架线长 2.9km,过渡段长 0.3km。共设 22 座车站(依次为浔峰岗站、横沙站、沙贝站、河沙站、坦尾站、如意坊站、黄沙站、文化公园站、一德路站、海珠广场站、北京路站、团一大广场站、东湖站、东山口站、区庄站、黄花岗站、沙河顶站、沙河站、天平架站、燕塘站、天河客运站和长湴站),其中 3 座高架站,19 座地下站,共有 10 座换乘车站分别与其他轨道交通线路换乘(坦尾站与五号线换乘、如意坊站与十一号线换乘、黄沙站与一号线换乘、文化公园站与八号线换乘、海珠广场站与二号线换乘、东山口站与一号线换乘、区庄站与五号线换乘、沙河站与十一号线换乘、燕塘站与三号线换乘、天河客运站与三号线换乘)。线路平面示意图如图 1-1 所示。本书内容不包括浔峰岗—沙贝高架段工程,主要总结的是地下隧道盾构段的工程。

广州地铁六号线首期工程地下隧道工程共有 8 个盾构施工标段,分别为盾构施工 1 标(高架入线洞口—大坦沙站区间)、盾构施工 2 标(大坦沙站—如意坊站区间)、盾构施工 3 标(黄沙站—海珠广场站区间)、盾构施工 4 标(海珠广场站—北京路站—越秀南站—东湖吊出井盾构区间)、盾构施工 5 标(东湖站—黄花岗站区间)、盾构施工 6 标[沙河顶站(原水荫路站)—天平架站盾构区间]、盾构施工 7 标(天平架站—天河客运站区间)、盾构施工 8 标(长湴站—洒水车队吊出井区间),共采用 17 台盾构机施工。

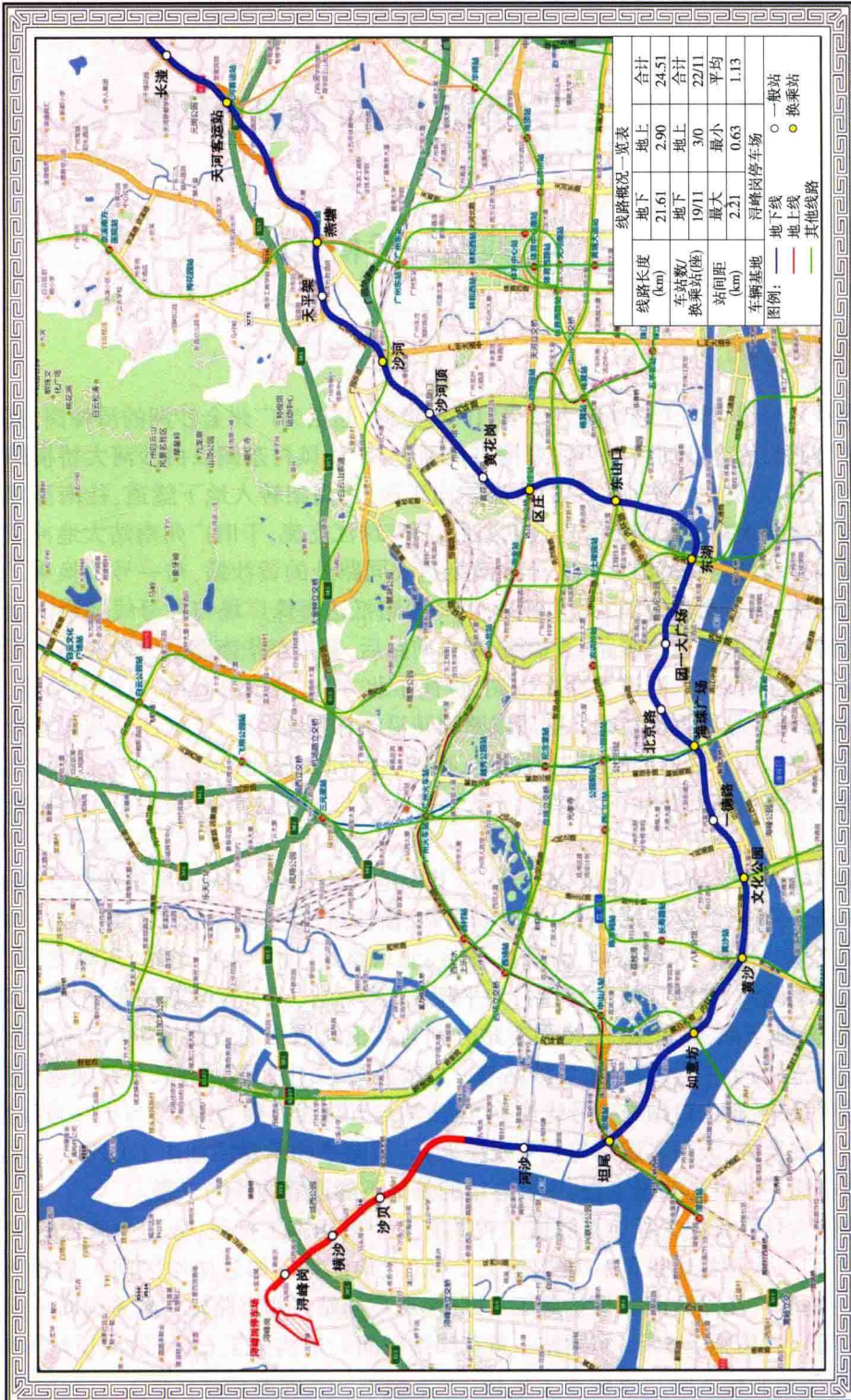


图 1-1 广州地铁六号线首期工程线路示意图

二、项目历程

广州地铁六号线首期工程于 2005 年 6 月 28 日开始建造,于 2013 年 12 月 28 日下午 2:00 开通试运营。期间,为了配合广州市亚运工程的建设,于 2008 年元旦前后暂停了盾构施工,直到 2010 年初恢复掘进,故全线工程持续了八年半的时间。

早在 2003 年,广州市政府就提出通过“南拓北优、东进西联”,城市空间布局由传统的“云山珠水”的城市格局跃升为“山、城、田、海”为特色的多中心组团式网络型城市结构的发展模式。2005 年 7 月 25 日,中华人民共和国国家发展和改革委员会以《国家发展改革委关于广州市城市快速轨道交通近期建设规划的批复》(发改投资[2005]1308 号文)批复了广州市城市快速轨道交通近期建设规划,其中包含了六号线首期工程,标志着六号线首期工程立项获批。此时,给六号线的功能定位是加强城市东北区域、西北区域与城市中心区域客流联系的轨道交通线,在广州市轨道交通线网中的功能定位是一条集散客流的辅助线。

2005 年 6 月 28 日,六号线首期工程黄沙站作为试验性工点先期开工,标志着六号线首期开工建造。2006 年 3 月 28 日,六号线首期工程首个盾构区间(东湖站—黄花岗站盾构区间)正式进场。一条穿越老城区建筑丛林的广州地铁六号线盾构隧道工程开始谱写着她五味杂陈的艰辛故事。

2013 年 12 月 28 日 14:00,随着六号线四节编组列车一声鸣笛,六号线长达八载的艰辛建设终于圆满成功!

三、各施工标段工程情况统计

各施工标段工程情况统计见表 1-1。

表 1-1

工程情况一览表

标段名称	工程 量				工 期		工程 投资	隧道主要技术指标								
	盾构法 施工长度 (m)	盾构机 类型	盾构机 数量 (台)	盾构机 制造商	计划工期 (起止时间)	实际工期 (起止时间)		合同价 (亿元)	隧道 内径 (mm)	管片 厚度 (mm)	管片 宽度 (mm)	管片所 用钢筋 混凝土	施工 限界 (mm)	最小曲 线半径 (m)	最大 纵坡 (%)	隧道埋深 (m)
六号线盾构 1 标(高架 线入洞口—大坦沙站盾 构区间)	2672.72	泥水	2	三菱	2005.12.28— 2008.6.28	2006.3.27— 2012.5.15	1.7	5400	300	1500 和 1200	C50	100	300	24	12	4.8
六号线盾构 2 标(大坦沙 站—如意坊站盾构区间)	5115.5	土压	2	海瑞克	2006.04.28— 2008.12.28	2006.10.01— 2013.09.04	2.5	5400	300	1500	C50	100	250	27.303	31.6	4.6
六号线盾构 3 标(黄沙 站—海珠广场站盾构 区间)	4900.726	土压	2	海瑞克	2006.06.28— 2008.06.28	2007.03.18— 2011.03.07	2.13	540	300	1500 和 1200	C50/ HPB235、 HRB335	100	250	30.00	15.3	28.6
六号线盾构 4 标(海珠 广场站—北京路站—越 秀南站—东湖吊出井盾 构区间)	3564.21	土压	2	海瑞 克三菱	2007.08.30— 2010.02.28	2008.01.16— 2013.06.13	1.5938	5400	300	1500 和 1200	C50/ P12	100	250	40	27.5	15.3
六号线盾构 5 标(东湖 站—黄花岗站盾构区间)	5866.725	土压	2	海瑞克	2005.12.28— 2008.10.23	2006.06.08— 2012.05.01	2.7407	5400	300	1500	C50	100	300	43.4	23	19
六号线盾构 6 标[沙河 顶站(原水荫路站)—天 平架站盾构区间]	3702.3	土压	2	海瑞克	2006.12.28— 2008.12.31	2007.12.18— 2013.01.09	1.5898	5400	300	1500	C50	100	300	39.569	25.8	9.62
六号线盾构 7 标(天平 架站—天河客运站盾构 区间)	3846.86	土压	2	海瑞克	2008.10.03— 2009.10.18	2010.03.15— 2012.09.26	1.78	5400	300	1500 和 1200	C50	100	300	30	6.5	30
六号线盾构 8 标(长湴 站—洒水车队吊出井盾 构区间)	3261.783	土压	2	海瑞克	2007.01.18— 2009.02.28	2010.06.23— 2012.07.31	1.4655	5400	300	1500	C50	100	350	39.782	27.15	12.5