

广州市轨道交通三号线 土建施工技术研究

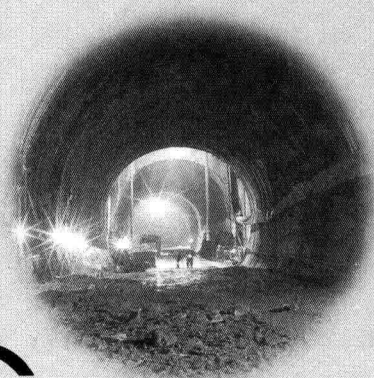
主 审 竺维彬 鞠世健 曾耀昌
主 编 林志元 孔少波 陈乔松 王文锋
副主编 许少辉 张宗贵 朱六兵

Guangzhoushi
guidao jiaotong sanhaoxian
tujian shigong jishu yanjiu

铁地州广
Guangzhou Metro

广州市轨道交通三号线 土建施工技术研究

主 审 竺维彬 鞠世健 曾耀昌
主 编 林志元 孔少波 陈乔松 王文锋
副主编 许少辉 张宗贵 朱六兵



Guangzhoushi
guidao jiaotong sanhaoxian
tujian shigong jishu yanjiu



暨南大学出版社
JINAN UNIVERSITY PRESS
中国·广州

图书在版编目 (CIP) 数据

广州市轨道交通三号线土建施工技术研究/林志元, 孔少波, 陈乔松, 王文锋主编; 许少辉, 张宗贵, 朱六兵副主编. —广州: 暨南大学出版社, 2010. 11

ISBN 978 - 7 - 81135 - 659 - 5

I. ①广… II. ①林… ②孔… ③陈… ④王… ⑤许… ⑥张… ⑦朱… III. ①城市铁路—铁路工程: 土木工程—工程施工—研究—广州市 IV. ①U239.5

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2010) 第 194212 号

出版发行: 暨南大学出版社

地 址: 中国广州暨南大学

电 话: 总编室 (8620) 85221601

营销部 (8620) 85225284 85228291 85228292 (邮购)

传 真: (8620) 85221583 (办公室) 85223774 (营销部)

邮 编: 510630

网 址: <http://www.jnupress.com> <http://press.jnu.edu.cn>

排 版: 广州市天河星辰文化发展部照排中心

印 刷: 佛山市浩文彩色印刷有限公司

开 本: 850mm × 1168mm 1/16

印 张: 15.75

字 数: 502 千

版 次: 2010 年 11 月第 1 版

印 次: 2010 年 11 月第 1 次

定 价: 320.00 元

(暨大版图书如有印装质量问题, 请与出版社总编室联系调换)

谨将此书献给为广州市轨道交通三号线付出辛勤劳动、奉献光辉岁月、发挥聪明才智的建设者们！

主编单位:

广州市地下铁道总公司建设事业总部

参编单位:

广州轨道交通建设监理有限公司

主 审: 竺维彬 鞠世健 曾耀昌

主 编: 林志元 孔少波 陈乔松 王文锋

副主编: 许少辉 张宗贵 朱六兵

编 委:

林志元	孔少波	陈乔松	王文锋	黄建华	许少辉	张宗贵	朱六兵	廖鸿雁
孙成伟	刘智勇	朱建华	杨军宁	李志东	陈建党	张干劲	林 朝	郑 达
高建国	刘乐元	谢 锋	汤文涛	刘德智	李 勇	彭剑锋	巫 环	雷江涛
王 晖	莫暖娇	韩 莉	罗凤霞	刘建新	陈 飞	朱克齐	周 罡	

序

2006年12月30日，广州市轨道交通三号线全线开通，标志着中国第一条时速120公里的城市轨道交通快线胜利建成。

广州市轨道交通三号线全长36.33km，呈“Y”字形走向，由北向南贯穿广州新城市中轴线珠江新城和“南拓”区域番禺，是连接繁华的天河商业区和新开发的南部城市组团的重要骨干线，并与已建成的一、二号线构成了广州市轨道交通线网的基本骨架。三号线的建成开通，对于实现广州城市战略发展规划有着非常重要的作用。

广州素有“地质博物馆”之称。三号线所经区域地质条件异常复杂。线路三过珠江水系，七过断裂带，穿越地层包括第四系土层和各种风化程度的沉积岩、岩浆岩、变质岩，以及由上述地层组合而成的复合地层，岩土均一性差，物理力学特性差异大。线路还穿越建筑物密集的商业区和住宅陈旧的居民区，沿途管线密布，地面道路交通车流量大，施工难度和风险极高。

面对困难和挑战，广州地铁建设者狠抓设计龙头，精心策划，通过科学管理和技术创新，在土建工程中针对不同地质条件采用不同施工工法，成功战胜塌方、涌水、顽石和流砂等施工困难，历尽艰辛，终于完成了三号线建设任务。

本书系统地总结了广州市轨道交通三号线各参建单位在极其复杂的地质条件下，采用盾构法、矿山法及明挖法等各类工法进行土建施工的实践经验，内容丰富，数据翔实。书中详细介绍了大量工程实例，例如，广州东站基坑施工如何在高大建筑群中成功实施4000多次爆破、天河客运站——华师站区间盾构隧道施工如何穿越花岗岩球状风化地层及花岗岩上软下硬地层、岗顶站——石牌桥站区间矿山法隧道施工如何穿越砂层、厦滘站如何在巨厚淤泥层中进行深基坑施工等。书中还介绍了三号线土建工程成功采用的新工法、新工艺和新设备，例如，天河客运站——华师站区间盾构实现压气换刀作业、沥滘站——大石站区间盾构机采用整体吊装运输技术、天河客运站折返线成功运用超长距离冷冻技术与非爆破悬臂掘进技术等。本书深入浅出，理论联系实际，对于广州市、广东省乃至全国城市轨道交通土建施工都具有一定的参考价值。

本书作者是广州市地下铁道总公司建设事业总部一群年轻的土建工程技术管理者。他们勤奋好学、务实严谨，在繁忙的建设管理过程中，注重收集、整理第一手资料，剖析、跟踪地质变化情况，抓住关键工法、关键设备进行科学分析，深究问题本质，提出解决方法，将丰富的施工技术和管理经验集结成书，实现了从实践到理论的升华。

当前，国内城市轨道交通建设方兴未艾，广州市城市轨道交通事业已步入大规模线网建设与运营的新时期。随着新线建设的全面铺开，轨道交通工程将向强度更大、范围更广、技术水平更高的方向发展，其面临的施工风险和管理难度也更大。只有不断思索与探求，总结经验和教训，把建设者的心血和汗水凝聚成有利于生产实践的智慧结晶，使先行者不重蹈覆辙，为后来者提供有益借鉴，方能在今后波涛汹涌的建设大潮中经受住考验，推动城市轨道交通建设事业平稳、健康、可持续发展。

感谢本书作者，以及一直以来为广州市轨道交通建设付出艰辛劳动的全体建设者，他们的不懈努力和无私奉献成就了广州市轨道交通事业今日的辉煌，也托起了明天的希望！



2010年7月于广州

前 言

《广州市轨道交通三号线土建施工技术研究》是一本专业性、针对性较强的地铁土建施工技术著作。本书在分析广州市轨道交通三号线沿线地质特征的基础上,对盾构法、矿山法及明挖法施工技术进行了深入细致的研究。全书由以下四部分构成:

第一篇主要介绍三号线沿线地质情况、周边环境、土建工程的难点和风险点、主要施工方法及施工效果的评价。

第二篇主要介绍三号线盾构机、盾构掘进技术和辅助工程施工技术。

第三篇主要介绍暗挖大跨断面及拱桥隧道施工技术、特殊地层矿山法隧道施工技术和矿山法隧道穿越既有有线及重要建筑物施工技术。

第四篇主要介绍普通地层明挖结构施工技术、特殊地层明挖施工技术和关于基坑支护结构在开挖过程中对变形的控制与周边建筑物的保护的研究与建议。

广州市轨道交通三号线是广州市继一、二号线开通后建成的一条呈“Y”字形走向的全地下线路,全长 36.33km。正线北起广州东站,南抵番禺广场;支线从体育西路站向东,直达天河客运站。全线共设车站 18 座,车辆段及综合基地 1 处,控制中心 1 座,主变电所 2 座,设计最高时速可达 120km。

在三号线土建设过程中,参建各方遇到了前所未有的困难:

难点一:沿线工程地质、水文地质条件复杂。例如,天河客运站——华师站和市桥站——番禺广场站盾构区间多处通过花岗岩球状风化地层,花岗岩球状风化体的单轴抗压强度高达 160MPa 左右,其四周岩土层主要为花岗岩强、全风化层,两者强度差异较大,且四周岩土层稳定性差,多属Ⅱ、Ⅲ类围岩,给刀具破除球状风化体带来极大困难,盾构施工非常艰难。

难点二:三号线与运营中的一、二号线连接工程。例如,三号线与一号线在体育西路站汇合,呈“十”字交叉状,采取南北明挖、中间暗挖的方法。由于暗挖顶层距离一号线车站底板只有 67cm,只能采取微震爆破方法,期间工序转换频繁,既要保证工期进度和工程质量,又要防止既有车站承受偏压,出现变形,施工难度很大。

难点三:征地拆迁困难,周边环境复杂,环境保护要求高。例如,广州东站暗挖主体大跨隧道须穿越地下军事设施、广园快速路及高架桥、铁路站场 19 股线路及铁路南站房、地下车库等建(构)筑物,周边建筑物安全保护要求高。

三号线建设中虽遇到诸多困难,但建设者们发挥聪明才智,合理利用先进科技,以百折不挠的精神,从管理、技术、设备等各方面想方设法,研究并采取最优的解决方案,攻坚克难,最终确保了 2006 年底全线顺利开通。

本书作者在实施工程管理和监督的过程中,深入现场,了解工程的每一个细节,认真记录和搜集了相关的施工环境、施工参数、施工工艺等第一手资料,并利用业余时间对资料进行了理论分析和归纳总结。2007 年 11 月,在广州市地下铁道总公司建设事业总部总工程师林志元的主持下,编辑写作人员多次召开会议,讨论并确定了本书的编写大纲,对收集的素材进行分析和取舍,分工写作。本书在编写的过程中,注重科学性、实用性和高质量。编者收集了上千张图片,从中筛选出 300 张左右用于本书,力求素材可靠、翔实、图文并茂。

2008 年 12 月和 2009 年 10 月,编写组两次组织专家审稿。与会专家张志良、莫庭斌、曾耀昌、谭文、张华、余哲夫、史海欧、廖景、王健、黄洪亮、谢明等对书稿进行了认真审核,提出了许多宝贵的修改意见。在组织专家评审过程中,广州市地下铁道总公司科技技改部李文球和陈龙给予了大力协助。

本书编写过程中得到了广州市地下铁道总公司与建设事业总部领导以及有关单位、部门的指导和帮助。广州市地下铁道总公司副总经理、建设事业总部总经理竺维彬一直对本书编写进行指导,并与盾构专家鞠世健为本书提供了颇有价值的盾构工法素材和资料。广州轨道交通建设监理有限公司多次组织专



家审稿,竺维彬、鞠世健、曾耀昌等专家牺牲了大量宝贵的业余时间,认真审稿,提出了宝贵、详细的修改意见,并多次与编写组共同研究探讨,亲自指导修改。广州市地下铁道总公司副总经理刘光武一直关心支持本书的编写和出版。在组织审稿和联系出版的过程中,广州轨道交通建设监理有限公司总经理米晋生、罗淑仪提供了帮助。

在本书完成过程中,参建的各施工、监理、设计单位给予了宝贵的毫无保留的支持,无私提供了许多原始施工和技术总结资料。没有他们的配合,我们无论如何都无法将这本书呈现在读者的面前。主要支持单位有:广州市盾建地下工程有限公司、中铁一局、中铁二局、中铁三局、中铁隧道局、中铁十三局、中铁十四局、中铁十六局、中国水电十四局、西安铁路工程总公司、中港四航局、广东省基础公司、广东省水电二局、广东省源天公司、广州市市政三公司、北京城建院、广州地铁设计院总体总包部等。

本书执笔人为林志元、孔少波、陈乔松、王文锋、黄建华、许少辉、张宗贵、朱六兵、廖鸿雁、孙成伟、刘智勇、朱建华、杨军宁、李志东、陈建党、张干劲、林朝、郑达、高建国、刘乐元、谢锋、汤文涛、刘德智、李勇、彭剑锋、巫环、雷江涛、王晖、莫暖娇、韩莉、罗凤霞、刘建新、陈飞、朱克齐、周罡。朱六兵负责本书的编辑、排版和校对工作。在本书编写的过程中,广州市地下铁道总公司建设事业总部陈玲、赵帅给予了帮助。

衷心地感谢上述领导、专家、同事以及同行们的支持和帮助!

由于编者水平有限,书中可能会有片面的认识甚至是错误之处,希望专家和读者批评指正,以便我们积累经验,更好地为中国地铁建设事业服务!

编 者

2010年7月

目 录

序	001
前 言	001

第一篇 工程概论

第一章 三号线工程概述	003
第一节 工程概述及周边环境	003
一、工程概述	003
二、穿越主要建筑物及周边环境	003
第二节 工程地质及水文地质	005
第三节 工程设计主要技术指标和结构形式	005
一、工程设计主要技术指标	005
二、工程主要结构形式	005
第四节 标段划分和参建单位	005
第五节 施工工期和工程投资	006
一、施工工期	006
二、工程投资	006
第六节 三号线工程建设的历史背景	006
一、工程建设大事记	006
二、工程建设环境	006
第二章 三号线施工技术总论	007
第一节 土建工程的特点、难点及风险点	007
一、土建工程的特点	007
二、土建工程的难点及风险点	007
三、土建工程主要工点的施工难点与风险点	007
第二节 主要施工方法及采取的施工技术措施	008
一、主要施工方法	008
二、主要采取的施工技术措施	009
第三节 三号线土建工程施工效果评价	010
一、明挖基坑施工效果评价	010
二、矿山法隧道施工效果评价	011
三、盾构隧道施工效果评价	011

第二篇 盾构法施工技术

第三章 盾构法施工工程概况	015
第一节 工程概述	015
第二节 工程地质及水文地质	015



一、地质概述	015
二、地质构造	016
三、主要地质特征及不良地质	016
第三节 盾构标段工程投资	018
第四章 三号线盾构机	019
第一节 盾构机选型	019
一、土压平衡盾构与泥水盾构的特点比较	019
二、盾构选型原则及需考虑的特殊地质因素	019
三、三号线盾构机类型	021
第二节 刀盘选型和刀具配置	021
一、刀盘功能及结构形式	021
二、刀盘选型时需考虑的因素	022
三、刀具类型及切削原理	022
四、三号线盾构刀盘布局及刀具配置	024
五、三号线盾构刀具配置差异	028
第三节 盾构机的主要系统配置	029
一、刀盘及刀具	030
二、刀盘驱动系统	030
三、盾体	030
四、密封系统	030
五、推进系统	031
六、管片安装系统	031
七、出渣系统	032
八、同步注浆系统	033
九、渣土改良系统	033
十、后配套台车系统	033
第四节 盾构机适应性总结	033
第五章 盾构施工的掘进技术	034
第一节 盾构穿越江河的掘进技术	034
一、盾构过江施工主要风险	034
二、盾构过江施工措施	034
三、工程实例	035
四、盾构过江施工技术经验教训总结	048
第二节 上软下硬地层中盾构掘进技术	049
一、花岗岩（混合岩）上软下硬地层中掘进技术	049
二、上部为砂层，下部为泥岩、砂砾岩的上软下硬地层中掘进技术	055
三、上软下硬地层中盾构掘进的经验教训总结	058
第三节 盾构通过花岗岩球状风化地层的掘进技术	058
一、花岗岩球状风化体形成机理与分布规律	059
二、盾构通过花岗岩球状风化体的难点及风险	059
三、破碎花岗岩球状风化体的主要方法	059
四、施工中采取的针对性措施	060



五、工程实例	060
六、盾构通过花岗岩球状风化地层的经验教训总结	064
第四节 全断面硬岩中盾构掘进技术	065
一、花岗岩、混合岩中盾构掘进施工的重难点	065
二、花岗岩、混合岩中盾构掘进施工的对策	066
三、工程实例	066
四、全断面硬岩中盾构掘进的经验教训总结	071
第五节 盾构穿越断裂带的掘进技术	072
一、在断裂带中盾构施工的风险	072
二、在断裂带中盾构掘进技术措施	072
三、工程实例	072
四、盾构穿越断裂带的经验教训总结	077
第六节 土压平衡盾构穿越富水砂层的掘进技术	077
一、盾构穿越富水砂层的风险	077
二、喷涌形成条件及防治方法	078
三、盾构穿越砂层的掘进技术措施	078
四、工程实例	078
五、盾构穿越砂层的经验教训总结	081
第七节 市桥站——番禺广场站区间盾构下穿 2.5km 密集建筑群	081
一、盾构穿越密集建筑群的风险	082
二、盾构穿越密集建筑群的防治措施	082
三、事故处理措施	082
四、工程实例	083
五、盾构穿越密集建筑群的经验教训总结	086
第八节 盾构机洞内调头技术	087
一、概况	087
二、调头方法	087
三、调头步骤	087
第九节 盾构机整体吊装运输技术	089
一、吊装运输设备	089
二、盾构机提升	090
三、盾构机运输	090
四、盾构机吊进始发井	091
五、实施效果	091
第六章 辅助工程施工技术	092
第一节 联络通道施工	092
一、工程重难点	092
二、工程对策	092
三、工程实例	092
第二节 中间风井施工	095
一、概况	096
二、出险过程	096
三、原因分析	096



四、施救措施	096
第三节 盾构始发和到达	097
一、盾构始发和到达的风险及常见问题	097
二、盾构始发和到达的技术措施	097
三、工程实例	098
四、盾构始发和到达的经验教训总结	102
第四节 压气作业技术	102
一、压气作业的作用	102
二、压气作业地质条件的选择	103
三、压气压力的设定	103
四、压气作业准备工作	103
五、压气作业过程	104
六、压气作业注意事项	105
七、工程实例	105
第五节 桩基托换与加固	108
一、桩基处理方案的种类	108
二、各桩基处理方案的优缺点	108
三、工程实例	109
第七章 盾构法施工技术总结	118
第一节 经验总结	118
一、新技术、新工艺应用方面	118
二、精心组织施工方面	118
第二节 不足与教训	119
第三节 改进建议	119
一、线路设计方面	119
二、招标方面	120
三、盾构机方面	120
四、隧道质量控制方面	120
五、施工方面	120

第三篇 矿山法施工技术

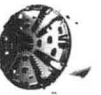
第八章 矿山法工程概述	123
第一节 工程概况	123
第二节 工程地质与水文地质	123
第三节 线路上方及周边环境	123
一、车站隧道上方及周边环境	123
二、区间隧道上方及周边环境	124
第四节 主要结构形式	124
一、车站隧道结构形式	124
二、区间隧道结构形式	124



第九章 暗挖大跨断面及联拱隧道施工技术	126
第一节 大跨断面隧道施工技术	126
一、大跨断面隧道施工摘要	126
二、大跨断面隧道施工难点及风险	126
三、针对施工难点及风险采取的主要施工技术措施	127
四、工程实例	127
五、经验教训总结	129
第二节 双联拱及三联拱隧道施工技术	130
一、双联拱及三联拱隧道施工摘要	130
二、双联拱及三联拱隧道施工难点及风险	130
三、采取的主要施工技术措施	130
四、工程实例	131
五、经验教训总结	142
第三节 双联拱改单洞施工技术	142
一、双联拱改单洞施工摘要	142
二、双联拱改单洞施工难点及风险	142
三、采取的主要施工技术措施	143
四、工程实例	143
五、经验教训总结	146
第十章 特殊地层矿山法隧道施工技术	147
第一节 矿山法隧道穿越砂层施工技术	147
一、矿山法隧道穿越砂层施工摘要	147
二、矿山法隧道过砂层难点及风险	147
三、针对施工难点及风险采取的施工技术措施	147
四、工程实例	148
五、经验教训总结	150
第二节 矿山法隧道穿越花岗岩残积土层	150
一、矿山法隧道穿越花岗岩残积土层施工摘要	150
二、矿山法隧道穿越花岗岩残积土层施工难点及风险	151
三、针对施工难点及风险采取的施工技术措施	151
四、工程实例	152
五、经验教训总结	158
第十一章 矿山法隧道穿越既有线及重要建（构）筑物施工技术	159
第一节 矿山法隧道穿越既有地铁线施工技术	159
一、矿山法隧道穿越既有地铁线施工摘要	159
二、矿山法隧道穿越既有地铁线施工难点及风险	159
三、针对施工难点及风险采取的施工技术措施	159
四、工程实例	160
五、经验教训总结	173
第二节 矿山法隧道穿越重要建（构）筑物施工技术	173
一、矿山法隧道穿越重要建（构）筑物施工摘要	173
二、矿山法隧道穿越重要建（构）筑物施工难点及风险	173



三、针对施工难点及风险采取的施工技术措施	173
四、工程实例	174
五、经验教训总结	185
第十二章 矿山法施工技术总结	186
第一节 经验总结	186
第二节 不足与教训	186
第三节 改进建议	186
 第四篇 明挖法施工技术	
第十三章 明挖法工程概述	191
第一节 工程概况	191
一、采用明挖法的车站及区间	191
二、采用明挖法的主要原因	191
第二节 工程地质与水文地质	191
一、工程地质	191
二、水文地质	191
第三节 基坑周边地理环境	191
一、主线广州东站——番禺广场站周边地理环境	191
二、支线天河客运站——石牌桥站周边地理环境	192
第四节 工程结构形式	192
一、主线广州东站——番禺广场站工程结构形式	192
二、支线天河客运站——石牌桥站工程结构形式	193
第十四章 普通地层明挖结构施工技术	194
第一节 多形式围护结构在普通地层明挖基坑的应用	194
一、多形式围护结构施工摘要	194
二、多形式围护结构设计特点与施工难点	194
三、针对多形式围护结构施工难点及出现的问题采取的主要施工技术措施	195
四、工程实例	195
五、经验教训总结	197
第二节 普通地层明挖基坑围护结构及周边建（构）筑物沉降变形的控制	198
一、普通地层明挖基坑围护结构及周边建（构）筑物沉降变形控制摘要	198
二、普通地层明挖基坑施工难点及风险	198
三、针对施工难点及风险采取的主要施工技术措施	198
四、工程实例	198
五、经验教训总结	204
第十五章 特殊地层明挖法施工技术	205
第一节 花岗岩残积土层明挖基坑施工技术	205
一、花岗岩残积土层明挖基坑施工摘要	205
二、花岗岩残积土层明挖基坑施工难点及安全风险	205



三、针对施工难点及风险采取的施工技术措施	205
四、工程实例	206
五、设计及施工方面的经验教训总结	208
第二节 巨厚淤泥层深基坑施工技术	209
一、巨厚淤泥层深基坑施工摘要	209
二、巨厚淤泥砂层明挖基坑施工难点及安全风险	209
三、针对地下连续墙接头渗水及连续墙变形侵限问题采取的施工技术措施	210
四、工程实例	210
第十六章 关于基坑支护结构在开挖过程中变形控制与周边建（构）筑物保护的研究 与建议	215
一、影响深基坑支护结构变形控制及周边建（构）筑物保护的主要因素	215
二、工程实例	217
三、经验教训总结	218
第十七章 明挖法施工技术总结	219
第一节 经验总结	219
第二节 不足与教训	219
第三节 改进建议	219
附录	221
附录 1 盾构区间基岩特性	221
附录 2 海瑞克盾构机的基本参数表	225
附录 3 维尔特盾构机的基本参数表	229
附录 4 三菱盾构机的基本参数表	232
附录 5 参建单位	234
参考文献	236

第一篇

工程概论



