

轨道交通建造关键技术研究丛书

地铁区间隧道零距离下穿运营 车站矿山法施工关键技术

和孙文 惠世前 胡德华 刘永波 著

中国铁道出版社

2018年·北京

内 容 简 介

本书主要研究了全断面深孔注浆加固技术、地连墙拆除技术和开挖与支护技术,在分析零距离下穿对运营车站结构的影响基础上提出了“先右线后左线”的施工顺序,采用自动化实时监测技术分析了零距离下穿引起运营车站铁轨道床和隧道腰拱竖向、水平变形,腰拱与道床的竖向差异变形规律,形成了地铁区间隧道零距离下穿运营车站矿山法施工关键技术。

本书为城市轨道交通土建工程专业书籍,可作为从事轨道交通工程施工、设计、监理和建设管理技术人员的指导用书和继续教育用书,也可作为高校教师和研究生的参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

地铁区间隧道零距离下穿运营车站矿山法施工关键技术 / 和孙文等著. —北京:中国铁道出版社, 2018. 6

(轨道交通建造关键技术研究丛书)

ISBN 978-7-113-24520-7

I. ①地… II. ①和… III. ①地铁隧道-隧道施工
IV. ①U231. 3

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2018)第 103210 号

书 名: 轨道交通建造关键技术研究丛书
地铁区间隧道零距离下穿运营车站矿山法施工关键技术
作 者: 和孙文 惠世前 胡德华 刘永波

策 划: 傅希刚
责任编辑: 陈小刚
编辑助理: 梁 雪
封面设计: 郑春鹏
责任校对: 苗 丹
责任印制: 高春晓

编辑部电话: 010-51873065

出版发行: 中国铁道出版社(100054,北京市西城区右安门西街8号)

网 址: <http://www.tdpress.com>

印 刷: 中国铁道出版社印刷厂

版 次: 2018年6月第1版 2018年6月第1次印刷

开 本: 880 mm×1 230 mm 1/32 印张: 5.5 字数: 142 千

书 号: ISBN 978-7-113-24520-7

定 价: 26.00 元

版权所有 侵权必究

凡购买铁道版图书,如有印制质量问题,请与本社读者服务部联系调换。

电话:(010) 51873174(发行部)

打击盗版举报电话:市电(010) 51873659,路电(021) 73659,传真(010) 63549480

丛书编委会名单

(按姓名拼音字母排序)

主任: 范富国	李 围	任立志	
副主任: 和孙文	蒋宗全	孟庆明	王 成
张业勤	赵春生	朱瑞喜	
委员: 白 伟	陈 娇	陈克强	陈天平
刁目国	董发俊	段景川	段汝健
段志宏	房俊凯	房师涛	付艳军
高 朗	高玉生	郭建光	郭振华
胡德华	胡卫国	胡志华	黄 胜
黄 武	惠世前	蒋 俊	靳方罗
靳利安	柯昌喜	李 博	李光耀
李金武	李彦臣	李 泽	梁高峰
刘才平	刘福贵	刘琨阳	刘学生
刘雪峰	刘永波	马健军	马克乾
毛宇飞	梅伏明	庞林军	祁海峰
秦 俊	任晓龙	任彦顺	沈国成
孙成山	孙宏江	魏百术	徐有亮
薛清伟	杨光武	杨国忠	杨永杰
耶律根迪	张虎成	张 磊	张书起
张述毕	张 涛	张 陶	张应盛
赵新杰	周建伟		

作者简介

和孙文,男,1966年11月出生,云南丽江人,纳西族,中共党员,武汉大学水利水电工程建筑专业学士,教授级高级工程师。现任中国水利水电第十四工程局有限公司总工程师、中国土木工程学会隧道及地下工程分会常务理事、中国大坝协会理事、中国工程爆破协会理事、云南省岩土力学与工程学会副理事长、云南省水力发电工程学会常务理事,享受国务院特殊津贴。自1988年7月参加工作以来,先后主持了广西龙滩电站等水利水电工程建设工作,对复杂地质条件下复杂地下洞室群的施工技术有深入的研究,工程实践经验丰富。主编《中国水利水电地下工程施工》一书,在《水利学报》等核心期刊发表学术论文20余篇,参与的项目获各级科技进步奖20余项,获得专利50余项,获“十一五”全国建筑业企业优秀总工程师、中国爆破行业有突出贡献科技专家等10余项荣誉称号。

惠世前,男,1974年2月出生,中共党员,籍贯云南省曲靖市,高级工程师。现任中国水利水电第十四工程局有限公司轨道工程事业部书记兼深圳地铁10号线1013-3工区项目部项目经理,主要从事城市轨道交通、铁路工程、城市水环境工程、公路工程等行业建设投资管理、党建管理工作,先后参与了天生桥一级和二级水电站、郑雄大水沟水电站、掌鸠河饮水工程首部枢纽、泗南水电站、马鹿塘水电站、厄瓜多尔CCS项目、深圳地铁7306标工程建设、深圳地铁10号线1013标-3工区等项目建设管理工作,历任技术员、

副主任、主任、副经理、常务副经理、项目经理、党委书记等职务。截至目前,发表论文 11 余篇,申报专利 9 项,获省部级科技进步奖 2 项,以及荣获电建集团优秀项目经理称号。

胡德华,男,1967 年 3 月出生,河南信阳人,汉族,中共党员,南京建筑工程学院测量工程专业学士,高级工程师。现任中电建南方建设投资有限公司副总经理、深圳市建筑业协会重大项目评审专家。自 1993 年 7 月参加工作以来,先后参加或主持了北京地铁、湖北秭归吕家坪公路隧道、深圳地铁 1 号线、深圳地铁 4 号线、深圳水库污水截排隧道、深圳湖贝路地下通道、深港西部通道、深圳地铁 2 号线、深圳地铁 5 号线、湖北恩施许家坪隧道、深圳地铁 7 号线、深圳地铁 4 号线三期、深圳地铁 5 号线南延线、深圳地铁 9 号线支线、深圳地铁 10 号线等工程的建设,对隧道及地下工程施工技术有深入的研究,取得了许多研究成果。获得各级科学技术奖 11 项,获得专利 28 项,出版专著 3 部,发表论文 11 篇,获得中国电建铁路建设有限公司 2015、2017 年度优秀科技先进个人称号。

刘永波,男,1979 年 8 月出生,山东滨州人,汉族,中共党员,东北财经大学工程管理专业,高级工程师。现任中电建南方建设投资有限公司工程管理部主任。自 2002 年 7 月参加工作以来,先后参加了吉林省舒兰市小城水库除险加固工程、四川省洪雅市高凤山电站高喷钻孔工程、湖北省麻城市浮桥河水库除险加固工程、湖北省富水水库除险加固工程、四川省向家坝电站一期围堰灌浆工程、四川长河坝水电站防渗墙试验工程、四川沙湾电站尾水渠防渗墙工程、京沪高速铁路土建工程三标段桥梁钻孔桩工程、山西太原平阳景苑桩基及基坑支护工程、山西太原御祥苑 C 座桩基

及基坑支护工程等十数个大中型地基处理工程、深圳地铁(7、4、5、9、10、12号线)、洛阳地铁(1、2号线)等多个大型地铁项目建设管理工作,对地基处理、深基坑、地铁建造的施工方法与技术应用有较深入的研究与见解,成功解决了多项施工技术难题。在《城市建设理论研究》、《基础工程技术》等刊物发表论文10余篇,参与的科技项目获得天津市、中施企协、集团公司等各级科技进步奖10余项,获得发明专利2项。

前 言

随着我国城市人口的不断增长,网络化运营地铁是解决交通堵塞的首选方法。目前,我国城市地铁建设正处于高速发展期,北京、上海、南京、深圳和广州等城市地铁已经成网,成都、沈阳、杭州、苏州、武汉和青岛等城市的地铁网已初步形成。地铁网中必然会有很多线路相互交叉,即上跨下穿,包括区间与区间的交叉,车站与区间的交叉,车站与车站的交叉等。如果地铁未一次规划到位,在先期建设的地铁线路中未给后期线路的建设预留上跨下穿条件,则新建地铁工程施工时不仅要确保自身的安全,还要确保穿越的运营线的安全,特别是超净距离条件下,设计和施工难度非常大。因此,新建地铁工程近距离穿越既有运营线施工时,必须采取适当的施工方法和辅助工法最大限度地减少对既有线的不利影响,确保线路的运营和结构的安全,已成为当前急需研究解决的技术难题。

深圳地铁7号线皇岗村站—福民站区间隧道与运营4号线福民站为零距离施工,且在空间上为立体交叉施工,施工过程运营车站结构受力复杂,且软弱地层零距离斜向下穿矩形小间距隧道矿山法施工引起运营车站结构沉降大,变形难以控制,从而对列车安全运行构成严重影响,施工风险较大。因此,进行地铁区间隧道零距离下穿运营车站矿山法施工关键技术研究有其重要意义。

本书主要研究了全断面深孔注浆加固技术、地连墙拆除技术和开挖与支护技术,在分析零距离下穿对运营车站

结构的影响基础上提出了“先右线后左线”的施工顺序,采用自动化实时监测技术分析了零距离下穿引起运营车站铁轨道床和隧道腰拱竖向、水平变形,腰拱与道床的竖向差异变形规律,形成了地铁区间隧道零距离下穿运营车站矿山法施工关键技术。地铁富水复杂地层区间注浆加固施工工法和富水软弱地层零距离下穿既有地铁车站暗挖隧道施工工法获批中国电力建设集团工法。

本书第1章、第5章和第7章由和孙文撰写,第2章、第3章由惠世前撰写,第4章由胡德华撰写,第6章由刘永波撰写,全书由胡德华统稿。

本书在撰写过程中,参阅了许多专家学者发表的论文,在此向他们表示真诚的谢意!

本书在整理过程中,得到了李围、付艳军、杨光武、申鹏的帮助。中国铁道出版社的傅希刚、陈小刚和梁雪等编辑对本书的修改与完善提出了大量宝贵意见和建议。在此向他们一并表示感谢!

由于时间仓促,加之作者水平有限,书中如有不妥之处,恳请同行专家及读者给予批评和指正。

作 者

2018年5月

出版说明

截至 2017 年,我国城市轨道交通开通运营线路总长度达 3 862 km(118 条),开通城市 29 个,其中步入网络化运营的城市共有 13 个,客运量达 176.8 亿乘次,全国共有 9 个城市网络日均进站量超过 100 万人次,共有运营员工 20.8 万人,平均每公里线路 54 人。

我国城市轨道交通占公共交通比例还很小(见表 1),与国际化大都市差距大,轨道交通发展潜力还很大。例如,尽管上海运营里程突破了 680 km,为世界上轨道交通运营里程最多的城市,但其轨道交通占公共交通比例仅刚过 50%,其中多条线路已经超负荷运营,上下班时间拥挤不堪。而深圳已经完成了三期建设运营,轨道交通仅占公共交通的三分之一还不到。

表 1 世界各国大都市轨道交通占公共交通的比例

东京	伦敦	巴黎	莫斯科	上海	北京	深圳
86%	70%	70%	55%	54.6%	45%	32%

当前,我国轨道交通还处于高速发展期,特别是由于我国幅员辽阔,各区域地质差异较大,导致地铁的施工难易也不相同,因此,需要解决不同城市地质环境条件下地铁施工技术问题。

我国城市地质条件主要有:以上海、杭州等为代表的深厚软土层,以西安为代表的黄土地层,以成都为代表的砂卵

石和漂石地层,以深圳、广州为代表的不同风化花岗岩组成的混合地层,以重庆、青岛为代表的岩石地层,以贵阳为代表的岩溶地层。其中,深圳混合地层主要为第四系全新统人工堆积层、海积层、海冲积层、冲洪积层、洪积层、上统更新坡积层、残积层震旦系混合岩和花岗片麻岩、震旦系混合岩和花岗片麻、燕山期花岗岩和加里东期混合花岗岩,地下水位位于地面以下 0.7~12.1 m。混合地层地铁施工难度最大,其主要地质问题如下:

1. 车站

范围内岩面高,基岩侵入车站范围内最大厚度达 14 m,地下连续墙入岩最大深度为 17.5 m,强度最高达 132 MPa,大倾角陡坡硬岩(45°)分布广泛。基坑控制爆破困难,成槽困难。

2. 盾构区间隧道

穿越地段基岩面起伏大、变化剧烈,硬岩、上软下硬、富水砂层、孤石、掘进中存在盾构机姿态难以控制、坍塌、涌水,地面沉降难以控制而造成地面建筑物开裂损坏、盾构机易被卡住等。

3. 矿山法区间隧道

位于全强风化花岗岩中,顶部主要为砂质黏性土、素填土、中砂、粗砂等富水软土层,施工失水极易引起隧道变形、地面塌方等风险。再加上在深圳主城区修建地铁地上地下环境条件复杂,例如三期重大工程 7 号线穿越深圳主城区,全线正下穿既有建筑物 20 余栋,5 次下穿河流和湖泊,1 次上穿高速铁路,2 次下穿既有铁路,4 次下穿已运营地铁线,8 次下穿(或侧穿)既有桥梁,在华强北商圈核心地段与 7 号

线同步实施华强北地下空间工程。

本套丛书结合我国目前正在大力修建的城市地铁重大工程,及时总结施工中研究形成的新技术并出版,为同城后期地铁工程的建设提供技术支撑和其他城市类似工程提供技术参考有其重要意义。

因此,中国铁道出版社与地铁建设相关单位合作,出版《轨道交通建造关键技术研究丛书》,期待为我国地铁工程新技术的进步贡献一份力量。

丛书策划:李围、傅希刚

2018年1月1日

目 录

第 1 章 绪 论	1
1.1 立项背景	1
1.2 研究内容	4
1.3 研究方法和技术路线	5
1.4 研究现状	5
第 2 章 依托工程概况	11
2.1 设计概况	11
2.2 位置关系	12
2.3 周边环境	14
2.4 工程地质与水文地质	15
第 3 章 富水强风化花岗岩全断面深孔注浆与渗流特性分析	19
3.1 注浆材料、参数及工艺	19
3.2 注浆效果检查方法	24
3.3 多孔介质注浆扩散数值计算	24
3.4 注浆范围二维数值模拟	29
3.5 三维注浆数值模拟	32
3.6 二维渗流场分析	37
3.7 三维渗流分析	43
第 4 章 零距离下穿运营车站矿山法施工技术	56
4.1 全断面深孔注浆加固技术	56
4.2 零距离下穿开挖与支护技术	71

4.3	零距离下穿二次衬砌施工技术·····	82
4.4	临时支撑拆除技术·····	103
4.5	下穿对运营车站的保护·····	108
4.6	小结·····	109
第5章	零距离下穿对运营车站结构的影响分析·····	111
5.1	数值计算原理和方法·····	111
5.2	数值模型建立·····	115
5.3	不同下穿施工对运营车站结构的影响分析·····	125
5.4	小结·····	132
第6章	零距离下穿运营车站监控量测技术·····	134
6.1	监测技术与方法·····	134
6.2	测点布置与控制值·····	143
6.3	零距离下穿运营车站监测分析·····	144
6.4	监测与数值模拟结果对比分析·····	150
6.5	小结·····	152
第7章	主要结论·····	154
7.1	研究结论·····	154
7.2	经济社会效益·····	158
	参考文献·····	159

第 1 章 绪 论

1.1 立项背景

深圳地铁 7 号线皇岗村站至福民站矿山法区间(皇福区间)左右线隧道零距离下穿运营 4 号线福民站,福民站为地铁 7 号线的第十五站,为换乘车站。在建深圳市城市轨道交通 7 号线工程福民站位于福民路与金田路交叉口的东侧,车站主体沿福民路呈东西走向,西接皇岗村站,东接皇岗口岸站,车站西端与运营 4 号线福民站呈 T 形换乘,车站东端设置盾构接收井。所在地区所处的地貌单元为海冲积平原,场地为现状道路,地势平坦,地面高程为 4.96~5.30 m。车站具体平面布置如图 1.1-1 所示。

隧道下穿运营 4 号线福民站段为矩形断面,隧道宽为 6.6 m,高为 7.665 m,右线长 28.077 m,左线长 28.877 m,左右线隧道平行布置,两隧道之间净距为 8.9 m,隧道轴线与运营 4 号线福民站轴线呈 75° 夹角。新建车站地下连续墙与运营福民站地下连续墙之间的距离为 3.0 m。运营 4 号线福民车站结构为两层两跨现浇钢筋混凝土框架结构,车站总长度为 215.6 m,宽度为 20.0 m。车站具体区间隧道工程布置如图 1.1-2~图 1.1-4 所示。

皇福区间矿山法隧道采用顶板紧贴 4 号线福民站底板的“直墙暗挖”工艺,由于隧道断面内地质及拱顶地质为全一强风化花岗岩及砾质黏性土,围岩条件为富水软弱地层,矿山法暗挖施工对运营车站的沉降控制难度大、风险高。因此,开展地铁区间隧道零距离下穿运营车站矿山法施工关键技术研究具有重要意义。



图 1.1-1 平面布置图

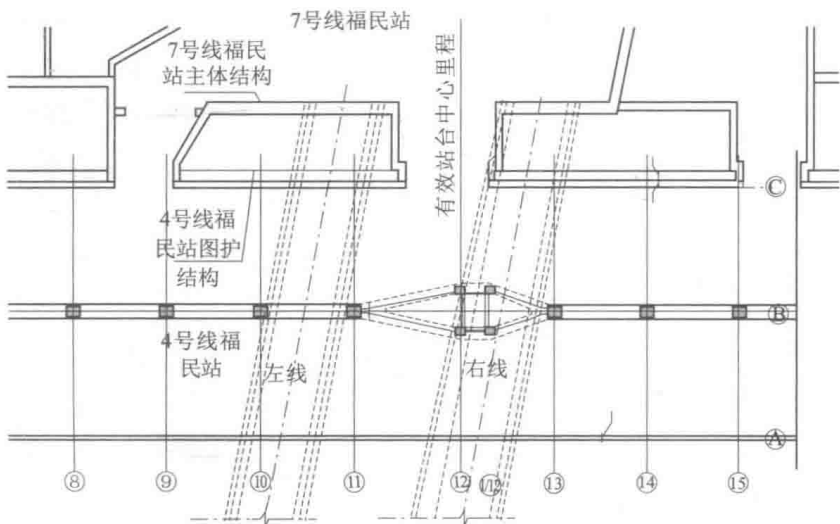


图 1.1-2 皇岗村站至福民站区间隧道工程平面布置图

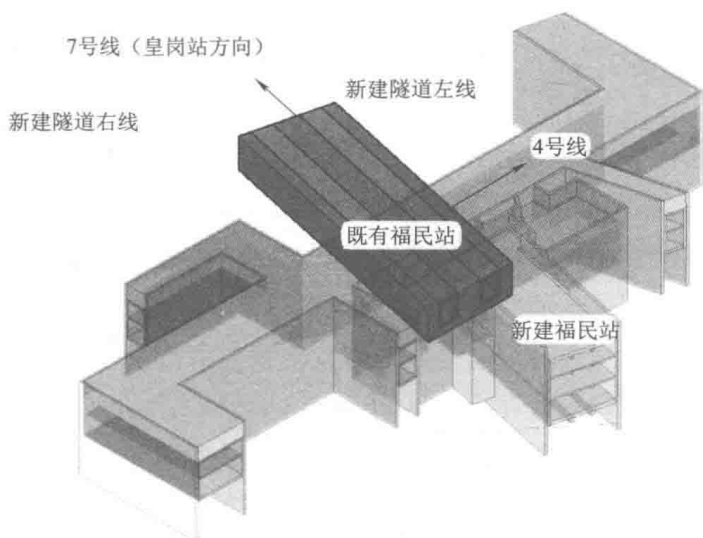


图 1.1-3 皇岗村站至福民站区间隧道工程三维透视图

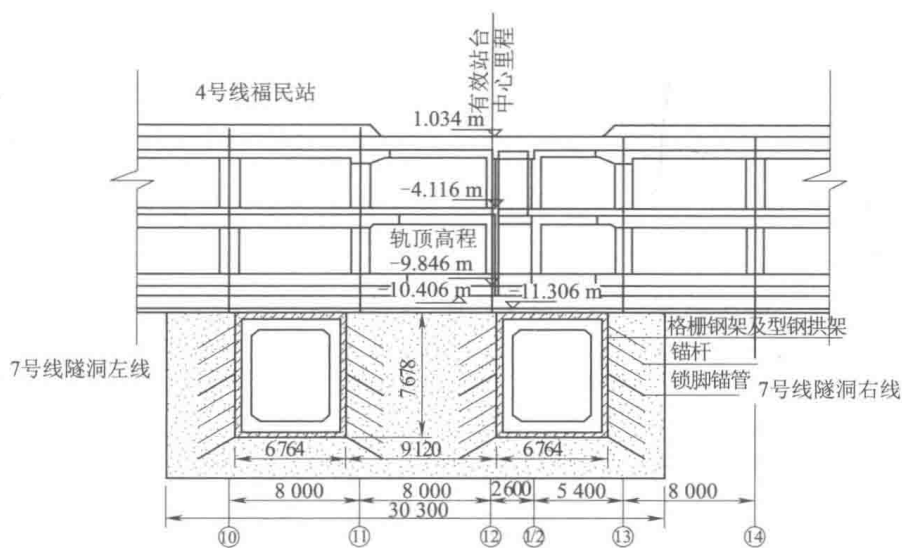


图 1.1-4 皇岗村站至福民站区间隧道工程二维横剖面图(单位: mm)