



“十三五”国家重点图书出版规划项目

中国隧道及地下工程修建关键技术研究书系

硬岩地层地铁修建 关键技术（一）

刘泉维



Key Technologies of
Metro Construction
in Hard Rock Stratum



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

“十三五”国家重点图书出版规划项目

隧道及地下工程修建关键技术研究书系

硬岩地层地铁修建 关键技术（一）

刘泉维

编著

Technologies of
Construction



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

内 容 提 要

本书以硬岩地层地铁修建为基础,以青岛地铁施工建设为载体,以施工建设中的技术数据和经验为素材,全面客观地对硬岩地层地铁修建技术理论和施工方法进行研究、总结和提升,归纳出一套硬岩地层地铁修建关键技术,并加以系统阐述。

本书分为6章,涵盖硬岩地层钻爆法隧道施工技术、明挖车站施工技术、暗挖车站施工技术、不良地质段注浆加固技术、地铁标准化施工等内容。本书内容全面、系统,具有创新性,提出了诸多宝贵的理念、原则和经验,全面展现了我国硬岩地层地铁修建关键技术,对后续我国其他硬岩地层地铁修建具有很好的指导意义。

本书可供从事城市地铁及地下工程修建的设计、施工、监测、监理以及广大师生学习和参考,亦可作为国内外同行交流的材料。

图书在版编目(CIP)数据

硬岩地层地铁修建关键技术. 一 / 刘泉维编著. — 北京:
人民交通出版社股份有限公司, 2017.8

ISBN 978-7-114-14074-7

I. ①硬… II. ①刘… III. ①地下铁道—工程施工—
研究 IV. ①U231.3

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2017)第 184632 号

书 名: 硬岩地层地铁修建关键技术(一)

著 作 者: 刘泉维

责任编辑: 王 霞 谢海龙

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内大街斜街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: 18.25

字 数: 467 千

版 次: 2017 年 8 月 第 1 版

印 次: 2017 年 12 月 第 2 次印刷

书 号: ISBN 978-7-114-14074-7

定 价: 90.00 元

(有印刷、装订质量问题的图书由本公司负责调换)

编委会

主任委员：刘泉维

编委：王云龙 王洪波 杨忠年 刘松旺

刘林胜

顾问：贾福宁 王永亮 张君 迟建平

王守慧 黄舰 王者永 赵继增

钱宝岚 刘红军 何文胜 张庆松

作者简介

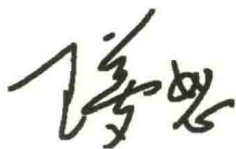
刘泉维,1977 年出生,博士,高级工程师,主要研究方向为城市地铁规划建设与安全质量管理。在北京交通大学师从王梦恕院士,系统学习隧道与地下工程专业,取得工学博士学位,山东大学博士后在读。先后在中铁十四局集团有限公司从事施工技术管理,参加过青藏铁路和南京长江隧道等重大工程建设;2010 年调入青岛市城乡建设市政工程管理处,任轨道工程管理部负责人,建立了硬岩地质地铁安全监管体系;2014 年加入青岛地铁,任青岛市西海岸轨道交通有限公司副总经理,从事地铁施工生产和安全、质量管控工作。长期致力于推进硬岩地层地铁修建技术的理论研究与技术创新和标准化建设,针对青岛地铁上软下硬地层及复杂地质特点,总结出一整套较成熟的施工工艺工法,推动了暗挖车站拱盖法等系列技术成果的应用与推广,建立了地铁安全文明施工的标准化体系,主持编写青岛市地方标准规范《青岛市城市轨道交通工程安全文明施工管理标准》和《青岛市城市轨道交通工程安全文明施工标准化图集》。

自1965年我国修建第一条城市地铁——北京地铁1号线,至今,已有五十多年的历史。截至2016年,全国已有43个城市在修建地铁,运营里程达4000多公里,尤其近年来,城市地铁建设速度之快、规模之大令世人瞩目。五十多年来,广大地铁建设者筚路蓝缕,在实战中不断总结经验形成较完善的设计、施工标准体系,为我国开展大规模的地铁建设提供了技术支撑。但这些标准、规范大都是在北京、上海等大城市地铁建设的经验上建立起来的,而这些城市地质多以第四系软土为主。随着我国地铁建设规模的不断增长,像青岛、重庆、大连等城市多以硬岩地质为主,原有的标准、规范、工法等难以适应这样的地质环境,亟须新的技术、方案、标准来指导这些城市的地铁建设。

本书以青岛地铁建设的技术和工程管理经验为基础,系统地介绍了在城市硬岩地质条件下地铁修建的关键技术。每一种工法从其技术发展的历史、施工原理、技术方案到工艺措施,辅以典型案例,最后形成小结,内容完备,突出实战性、可操作性,可以为广大一线施工、监理、建设、设计人员提供技术帮助,指导地铁建设。本书在写作上去繁就简,略去繁琐的公式推导和理论计算,只阐明其理论原理,写作思路清晰,语言质朴清新,数据翔实,图表准确,并配有大量图片,技术信息量大。数据均从工程实践中来,可信度高,可操作性强。尤其是每章节的小结,源自作者多年地铁施工管理的经验总结,言简意赅,内容丰富是点睛之笔。例如,提出硬岩地质条件下,地铁隧道选线应尽量避免避开上软下硬地层,应采用深埋方案;地铁车站周边环境复杂,应采用暗挖技术,对周边交通影响少,施工速度快,工程效益好。这些概念都是正确的,应得到认识推广,并应用于建设。通过青岛地铁3号线、2号线、1号线建设来看,随着车站埋深的不断增加,建设的安全性和速度都得到明显的提升。

本书作者是我的博士毕业生,理论功底好,长期在施工一线工作,参加过南京长江隧道等工程的建设,施工技术扎实、工程管理经验丰富。其他参与编写的作者也大都是施工一线、科研一线的技术工作者,都很年轻,有实战经验,体现了年轻一代的创新和进取精神。本书的内容很实用,相信对推动我国地铁工程建设技术的发展很有帮助,希望推荐给更多的工程技术人员。

中国工程院院士



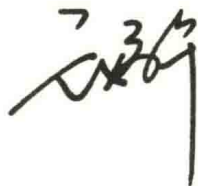
2017年夏

青岛作为国家东部沿海重要的中心城市,为解决城市拥堵问题正紧锣密鼓地推进城市轨道交通建设。青岛远景规划了 18 条地铁线路,总里程达 814.5km,当前在建 6 条线路,在建里程 305.8km,居全国前列。2009 年,青岛地铁 3 号线试验段开建,2015 年 12 月 16 日,3 号线北段通车试运营,标志着青岛这座百年城市正式迈入地铁时代;预计 2021 年,还将有 300km 以上的地铁线建成,初步形成覆盖全城的地铁网。

青岛是一座美丽的海滨城市,国家历史文化名城,山海相依,地形起伏,红瓦绿树,碧海蓝天。在大规模建设地铁的同时,保护环境,减少对城市运行的影响同等重要。青岛又是一座以硬岩(花岗岩)为主,上软下硬,地质特点非常鲜明的城市,对特殊地质环境,必须要求相应的设计、施工方案与之适应。施工中不可避免会面临大量的爆破施工,同时沿海地区丰富的地下水对施工和将来运营造成很多麻烦,因此,为适应硬岩地质地铁建设的需要,需尽快总结出施工建设的核心理念,更好的指导设计、施工。

本书作者经历了青岛地铁第一条地铁线的建造,以自己七年的建设经验,总结提炼了硬岩地质地铁建设的关键技术及建设理念,正面回答了不同地质和环境适用什么样的工法,并且每一种工法都有其设计、施工要点,配有案例。观点鲜明,有说服力。这些思路大都从实践中来的,很有参考价值和指导意义。该书的出版对广大地铁建设者,尤其是硬岩地质的城市建设者有很大的参考价值,有利于推进我国地铁工程建设的健康、良性、有序发展。

青岛市地铁工程建设指挥部常务副总指挥
青岛地铁集团党委书记、董事长



2017 年 7 月

随着我国城市现代化进程的加快,城市地铁建设如火如荼。截至 2016 年,全国 30 个城市开通轨道交通,共计 133 条线路,运营里程达到 4152.8km,预计到 2020 年,全国城市轨道交通运营里程将达到 8000km 以上。全国大中城市地质情况千差万别,但大致可分为两类,一类为软土地层(以第四系为主),如北京、上海、成都等,此类地层城市地铁修建时间久,例如北京地铁始建于 1965 年,经过五十多年的建设,积累了丰富的技术和管理经验,形成较成熟的技术标准和施工工艺工法,并指导全国类似地质条件的城市大规模建设地铁;一类以硬岩地层为主,如青岛、重庆、大连等,近几年地铁建设刚刚起步并发展迅猛,但修建技术多参考软土地层修建经验,设计方案、施工工艺工法均在探索,尚未形成统一的设计标准和成熟的施工工艺,亟须尽快总结出相关技术标准和施工工法,指导硬岩地质条件下的地铁建设。本文作者从事硬岩地层地铁修建工作七年,遭遇硬岩地层地铁修建过程的扰民、爆破、构筑物受损、上软下硬地层、不良地质处理等诸多难题,在系统总结近年来研究成果的基础上,归纳出一套硬岩地层城市地铁修建关键技术,希望为硬岩地层城市地铁修建提供借鉴。

全书共分为 6 章。第 1 章阐述我国地铁发展的历史及现状,总结国内地铁代表性城市的地层特征,分析了硬岩地层钻爆法施工技术的发展情况,介绍了青岛地区典型硬岩地层特点。第 2 章阐述硬岩地层钻爆法隧道施工技术,从竖斜井设计施工、隧道开挖与支护、隧道防水施工技术及隧道二次衬砌施工技术等方面进行分析,着重总结钻爆法在硬岩地层城市地铁中应用的关键技术。第 3 章阐述明挖车站施工技术,依托青岛硬岩地层地质条件,研究相应的深基坑支护形式及防水措施,特别提出土钉墙和桩锚支护,分析其应用范围、施工要点及工程应用,总结硬岩地层明挖车站施工关键技术。第 4 章阐述暗挖车站施工技术,根据青岛地区暗挖车站施工特点,明确硬岩地层条件下暗挖车站施工方法及防排水系统,提出硬岩地层暗挖车站施工关键技术。第 5 章阐述不良地质段加固技术,归纳青岛硬岩地层地表加固及洞内加固方法,研究不同加固工法的适用性和可行性,提出硬岩地层不良地质加固关键技术。第 6 章绿色施工及标准化工地建设,阐述绿色施工发展历程和“四节一环保”管理要点,从施工准备阶段场地、场内布设、场地主要设施、办公生活区及临时用电等方面进行标准化设计,明确提出暗挖施

工与明挖施工标准化建设。

本书由刘泉维编著,具体分工如下:第1章主要由刘泉维、王云龙编写,第2章主要由刘泉维、刘松旺编写,第3章主要由杨忠年、黄习习编写,第4章主要由刘泉维、刘松旺编写,第5章主要由王洪波、刘衍凯编写,第6章主要由刘泉维、刘林胜编写。全书由刘泉维负责统稿审校。

本书涉及的多项研究成果的应用得益于王梦恕院士的悉心指导,王院士多次到青岛地铁调研,深入施工一线帮助解决施工难题,对本项研究给予了很多的帮助,就硬岩地层城市地铁修建的重大理论和方案进行指导,提出硬岩地质地铁应采用深埋方案,要学习莫斯科地铁等。在此,谨向院士给予的关怀与帮助表示衷心的感谢。同时,本书的编写还得到青岛地铁集团有限公司、山东大学、青岛理工大学、中交第一航务工程局有限公司、中交第三航务工程局有限公司等专家同行们的大力支持,在此深表感谢。

尽管我们尽了最大努力,但书中疏漏和不当之处仍在所难免,恳请广大专家与读者批评指正。

作 者
2017 年 7 月

第1章 概况..... 1

1.1 地铁发展概况 1

1.2 地铁修建技术概况 6

1.3 国内主要城市的地质特点..... 16

第2章 硬岩地层钻爆法隧道施工技术 22

2.1 硬岩地层钻爆法隧道设计与施工方法..... 22

2.2 竖井、斜井的设计与施工 26

2.3 钻爆法隧道开挖与支护..... 40

2.4 钻爆法隧道防水施工技术..... 72

2.5 隧道二次衬砌施工技术..... 80

2.6 典型工程案例..... 89

本章参考文献 99

第3章 明挖车站施工技术..... 100

3.1 明挖车站施工技术概况 100

3.2 明挖车站基坑开挖施工 101

3.3 明挖车站基坑支护形式 111

3.4 明挖车站主体结构施工 131

3.5 明挖车站防排水施工 138

本章参考文献..... 149

第4章 暗挖车站施工技术..... 151

4.1 暗挖车站施工技术概况 151

4.2 青岛地区暗挖车站施工工艺的演变 155

4.3 硬岩地层暗挖车站施工技术 160

4.4 暗挖车站防排水 186

本章参考文献..... 189

第5章 不良地质段注浆加固技术..... 191

5.1 不良地质段注浆加固概况 191

5.2 常规注浆材料 194

5.3 地表旋喷加固技术 200

5.4 地表注浆加固技术 205

5.5 洞内帷幕注浆技术 215

5.6 典型工程案例 219

5.7 小结 228

本章参考文献..... 229

第6章 绿色施工及标准化工地建设..... 230

6.1 绿色施工概况 230

6.2 地铁工程绿色施工管理要点和工程实践 231

6.3 场地选址及布设 246

6.4 标准化工地建设 253

本章参考文献..... 277



第1章 概 况

随着我国经济和社会发展,人们对交通出行也提出了更高的要求,而城市地铁是贯彻国家节能减排政策、发展低碳经济、节约能源和改善人居环境的最优交通方式。近二十年是我国城市轨道交通建设的大发展时期,截至 2016 年,全国已有 30 个城市开通轨道交通,预计到 2020 年我国将有 45 座以上城市修建地铁,国内城市轨道交通运营总里程将达到 8000km。而地铁对支持城市发展的作用巨大,不仅在于解决城市交通问题,还能从源头上拉动经济增长,有利于加速形成新的经济增长带,吸引人口、产业向沿线聚集,引导城市空间拓展,完善城市整体经济布局。因此,轨道交通的发展建设对实现城市“转方式、调结构、上水平”具有不可忽视的促进作用。

城市地铁建设呈迅猛发展之势,这对地铁修建技术提出了更高的要求。我国地铁修建始于北京地铁、上海地铁等一线城市,形成了较为成熟的地铁修建施工技术。但是,地铁施工技术具有显著的地域性,与各地区地质情况密切相关,当前地铁修建技术主要针对软岩地层,硬岩地层地铁施工表面上看似和山岭隧道相同,但因其施工环境的特殊性,尚缺乏可以借鉴的相关工程经验,本书以青岛地区硬岩地层地铁修建为实例,详细归纳了硬岩地层钻爆法隧道施工技术、明挖车站施工技术、暗挖车站施工技术、硬岩地质不良地质段注浆加固技术及地铁标准化施工等内容。

1.1 地铁发展概况

1.1.1 世界地铁的发展概况

1843 年英国人 C·皮尔逊提出在英国修建地下铁道的建议,1860 年英国伦敦开始修建世界上第一条地铁,采用明挖法施工,为单拱砖砌结构。该地铁于 1863 年 1 月 10 日建成通车,线路总长 6.4km,用蒸汽机车牵引。

世界第一条地下铁道的诞生,为人口密集的大都市发展公共交通提供了宝贵的经验,特别是随着 1879 年电力驱动机车的研究成功,地下客运环境和服务条件得到了空前的改善,地铁建设得以蓬勃发展,一些大都市相继建造地下铁道。1863—1899 年,有英国的伦敦和格拉

斯哥、美国的纽约和波士顿、匈牙利的布达佩斯、奥地利的维也纳以及法国的巴黎共 5 个国家的 7 座城市建成了地下铁道。

伦敦自 1863 年建设世界上第一条地下铁道以来(图 1-1), 历经 150 多年的发展, 技术水平不断提升, 其地铁系统已成为当今世界上最先进的线网之一, 尤其是地铁实现了电气化后, 伦敦的地铁几乎每年都有新进展。目前, 伦敦地铁已有 12 条线路, 总长度约 410km, 其中地下隧道 171km, 共设置车站 275 座, 车辆保有量总数约 419 辆, 年客运总量已突破 8.5 亿人次。

纽约第一条地铁于 1867 年建成。随着纽约城市规模的扩大, 城市人口不断增加, 地铁建设也在持续发展(图 1-2)。纽约地铁现有线路共 31 条, 总长度约 443.2km, 其中地下隧道 258km, 共设置车站 504 座, 车辆保有总数约 6561 辆, 年客运总量已突破 10 亿人次。

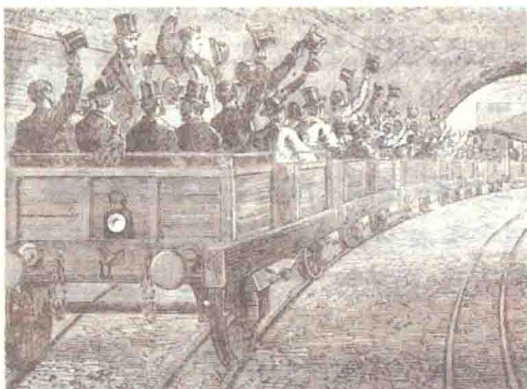


图 1-1 伦敦第一条地铁



图 1-2 纽约地铁

1900 年法国巴黎为举办“凡尔赛展览会”而修建的巴黎第一条地下铁道从巴士底通往马约门, 全长约 10km, 它为巴黎地铁网络的不断发展和完善打下了基础。时至今日, 巴黎市区已拥有地铁线路 14 条主线和 2 条支线, 其中 2 条为环线, 有 4 条地铁采用橡胶轮体系的 VAL 车辆。地铁线路总长度约 221.6km, 其中地下隧道约 175km, 共设置车站 380 座(图 1-3), 车辆保有总数约 347 辆, 年客运量总数也已突破 12 亿人次。巴黎的地区快速地铁(RER)非常发达, 运营线路共有 363km, 其中 14km 与地铁共线, 249km 为城市快速铁路 SNCF。RER 的年客运量约 4 亿人次。



图 1-3 巴黎地铁站

1900—1924 年, 在欧洲和北美洲又有 9 座大城市相继修建了地下铁道, 如德国的柏林、汉堡, 美国的费城, 以及西班牙的马德里等。

柏林的第一条地铁开通于 1902 年。发展至今, 市区地铁已四通八达(图 1-4), 有的线路

已采用自动化运行技术。目前,柏林已有 10 条地铁线路,线路总长度约 146km,其中地下隧道约 131km,共设置车站 173 座,车辆保有量约 2410 辆,年客运总量约 6.6 亿人次。

西班牙也是欧洲较早修建地下铁道的国家之一(图 1-5)。1919 年,马德里的第一条地铁线路开始运行,现在已发展到 12 条地铁主线和 1 条支线,线路总长度约 281.58 km,共设车站 281 座,车辆保有总数约 1012 辆,年客运总量约 4 亿人次。



图 1-4 柏林地铁



图 1-5 马德里地铁

1925—1949 年,其间经历了第二次世界大战,各国都着眼于自身的安危,地铁建设处于低潮,但仍有日本的东京、大阪,苏联的莫斯科等少数城市在此期间修建了地铁。日本东京的第一条地铁线路于 1927 年建成通车(图 1-6)。虽然日本的地铁也是效法欧洲技术建设而成,但他们在修建地铁的同时,着重开发主要车站及其邻近的公众聚集场所,这些场所能促进地下商业中心的建设,而且商业中心与地下车站连成一片,使地铁这一公益性基础设施获得了新的活力,取得了较好的经济效益和社会效益。



a)



b)

图 1-6 东京地铁

1927 年 12 月东京第一条也是亚洲第一条地铁建成通车。目前,东京地铁已拥有 13 条地铁线路,线路总长度约 312.6km,共设置车站 230 座,车辆保有总数约 2450 辆,年客运总量已突破 25 亿人次。东京已成为当今世界上地铁客运量最大的城市之一。

1932 年莫斯科的第一条地铁开始动工,线路全长约 11.6km,共设置车站 13 座,1935 年 5

月建成通车运营。其建设速度之快,在当时是空前的。以后莫斯科的地铁建设就一直没有中断过,即使在第二次世界大战期间也没有停顿。发展至今,莫斯科已拥有地铁线路 12 条,线路总长度约 277.9km,地铁车站总数为 171 座。其地铁一直被公认为世界上最漂亮的地铁之一,地铁站的建筑造型各异、华丽典雅,享有“地下的艺术殿堂”之美称(图 1-7)。而所有地铁的终点站都与公共汽车、无轨电车和轻轨系统相衔接,有几个车站还与铁路火车站相连接,为旅客提供了方便的换乘条件。目前,莫斯科地铁系统保有车辆总数约 4000 辆,年客运量已突破 26 亿人次。

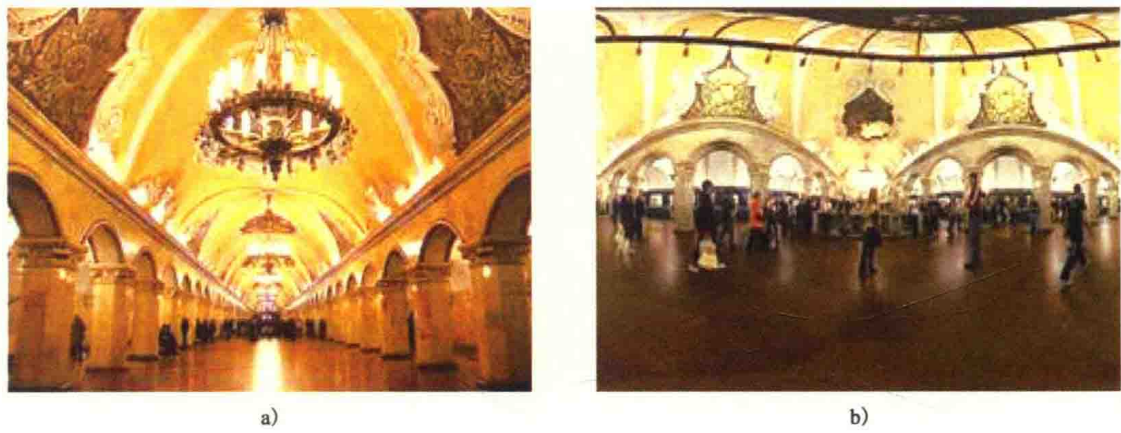


图 1-7 莫斯科地铁

第二次世界大战以后,1950—1974 年的 24 年间,世界上地铁建设蓬勃发展。在此期间,有加拿大的多伦多、蒙特利尔,意大利的罗马、米兰,美国的费城、旧金山,苏联的列宁格勒、基辅,日本的名古屋、横滨,韩国的首尔以及中国的北京等约 30 座城市相继建成了地铁。

世界地铁的发展史同时也是地下工程修建技术的进步史,从伦敦第一条地铁线全部采用的明挖法到现在普遍存在的暗挖工程;从传统围岩松弛理论指导的强支护施工方法到围岩支护共同作用理论指导的新奥法;从平均埋深 100m 的平壤地铁、最大埋深达 90m 的莫斯科地铁到最小埋深不足 6m 的天津、北京地铁;从爆破开挖到机械掘进,地铁工程的修建技术也在发生着诸多革命性的变化。

1.1.2 我国地铁的发展概况

北京在 20 世纪 60 年代开始兴建具有交通和人防双重功能的中国第一条地铁线路,并于 1969 年 1 月投入运营,从而开创了我国地铁建设的先河。但这一阶段地铁建设基本处于起步阶段,形式比较单一,贯彻“以战备为主、兼顾交通”的指导思想,建设以人防设施为主的地铁。进入 20 世纪 80 年代,北京建设了第二条地铁线,运营里程达到 54km;天津建设了地铁 1 号线,运营里程 7.4km,于 1980 年 8 月投入运营,在一定程度上缓解了城市道路交通的拥堵,但尚未形成城市轨道交通网络。

在改革开放以来的快速发展期,我国城市轨道交通发展大致经历了三个阶段:

- (1) 第一阶段为开始建设阶段,20 世纪 80 年代末—20 世纪 90 年代中期

以上海地铁1号线(21km)、北京地铁复八线(13.6km)、北京地铁1号线改造、广州地铁1号线(18.5km)建设为标志,我国真正以交通为目的的地铁项目开始建设,随着上海、广州地铁项目的建设,包括沈阳、天津、南京、重庆、武汉、深圳、成都、青岛等在内的大批城市开始上报建设轨道交通项目,上报政府主管部门进行审批。

(2)第二阶段为调整整顿阶段,1995—1998年

我国的城市轨道交通在20世纪60年代起步后,由于种种原因,中间停顿了很久一段时间,因此我国城市轨道交通的有关技术发展缓慢,离世界先进水平有相当距离,特别在车辆、信号以及自动售检票等专业领域尤其明显。因此,20世纪90年代初期,上海、广州等地开始修建地铁时,技术装备基本依赖进口,产生了造价高(初期估算地铁每公里造价达8亿元,工程实际核算为6.7亿元/km)、建设周期长,维护费用高等负面影响。

另一方面,由于地铁建设发展迅猛,许多地方不考虑经济的承受能力和社会发展的实际需要,城市轨道交通建设带有很大盲目性。针对工程造价高、轨道交通车辆全部引进、大部分设备大量引进等问题,1995年12月国务院办公厅发文,通知除北京、上海和广州的在建地铁外,所有地铁项目一律暂停审批,并要求做好轨道网络发展规划和高新技术装备的国产化工作。在这一期间的近3年时间内,国家暂停了对城市轨道交通项目的审批。

(3)第三阶段为蓬勃发展阶段,1999年至今

1997年年底,国家发展和改革委员会研究了城市轨道设备国产化实施方案,提出深圳地铁1号、4号线一期工程(19.5km),上海明珠线(即现在的3号线,24.5km),广州地铁2号线(23km),南京地铁1号线(17km)一期工程作为国产化的依托工程,于1998年批复上述4个项目立项,轨道交通项目重新开始启动。

在这一阶段,随着国家积极财政政策的实施,国家从资金上给予城市轨道交通建设以有力支持;同时通过技术引进,国际先进制造企业与国内企业合作,实现了城市轨道交通车辆与设备的本土化、国产化,使城市轨道交通工程的造价大为降低,国内城市轨道交通发展蒸蒸日上(表1-1)。

国内部分城市轨道交通发展概况(截至2016年底)

表 1-1

城市	现运营(条)	现运营(km)	规划至2020年(条)	规划至2020年(km)
北京	19	574	30	830
天津	5	166	14	513
上海	14	617	18	800
广州	10	308	17	677
深圳	8	285	16	596
重庆	4	213	10	500
南京	7	258	13	540
武汉	5	185	14	400
青岛	1	25.2	11	470

1.2 地铁修建技术概况

1.2.1 地下车站修建工法概况

1.2.1.1 明挖法

明挖法是各国地下铁道施工的首选方法,在地面交通和环境允许的地方通常采用明挖法施工。明挖法具有施工作业面多、速度快、工期短、易保证工程质量和工程造价低等优点,但因对城市生活干扰大,应用受到各种因素的限制,尤其是当地面交通和环境不允许时,只能采用盖挖法或新奥法。明挖法适用于浅埋车站、有宽阔的施工场地,可修建的空间比较大,如带有换乘站、地下商场、休息和娱乐场所及停车库等的地下综合体车站。

明挖法施工主要分为围护结构施工、站内土方开挖、车站主体结构施作和回填上覆土和恢复管线四个部分(图 1-8)。根据不同的地质条件和车站结构的大小以及基坑深度,明挖法的围护结构可采用地下连续墙、锚杆(索)、钻孔桩加旋喷桩止水、SMW 水泥土加型钢等,目前国内地下车站的施工中明挖法仍占最大比重。



图 1-8 地铁车站明挖法

1.2.1.2 盖挖法

盖挖法是在地面修筑维持地面交通的临时(或永久)路面系统后,构筑地铁车站的施工方法。盖挖法根据其临时路面系统的构成及修建顺序,可分为盖挖顺作法和盖挖逆作法。

(1) 盖挖顺作法

该方法是在地面修筑维持地面交通的临时路面及其支撑后,自上而下开挖土方至坑底设计标高,再自下而上修筑结构的方法。盖挖顺作法的路面系统由钢梁及路面盖板、围护结构组成,其中钢梁及路面盖板为临时结构,车站施工完成后需拆除。

当路面盖板根据需要仅铺设一部分时,为半盖挖顺作法。

除了临时路面系统外,盖挖顺作法的作业程序、结构方案与明挖法完全一致。其特点为:

①封闭道路时间比较短暂,而且允许分段实施,一旦路面先期恢复(或盖挖系统完成后),后续施工对地面交通几乎不再产生影响。

②盖挖系统的存在,使得工程造价较高;而且挖土是在顶部封闭(或半封闭的)状态下进行,大型机械应用受到限制,施工工期较明挖法长。

(2) 盖挖逆筑法

其作业顺序与明挖法相反,方法是开挖地面修筑结构顶板及其竖向支撑结构后,在顶板的下面自上而下分层开挖土方、分层修筑结构(图 1-9)。

盖挖逆筑法的路面系统由车站顶板、中间支承、围护结构组成,一般均为永久结构(图 1-9)。

盖挖逆筑法的特点为: