

普通高校土木工程专业系列精品规划教材
PUTONGGAOXIAOTUMUGONGCHENGZHUYANYEXILIEJINGPINGUIHUAJIAOCAI



城市地铁 施工技术

CHENGSHI DITIE SHIGONG JISHU
CHENGSHI DITIE SHIGONG JISHU

◎ 李明华 编著



中南大学出版社
www.csupress.com.cn

城市地铁施工技术

李明华 编著



中南大学出版社
www.csupress.com.cn

图书在版编目(CIP)数据

城市地铁施工技术/李明华编著. —长沙:中南大学出版社,2015.7
ISBN 978-7-5487-1590-0

I. 城... II. 李... III. 地下铁道-工程施工
IV. U231

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 164168 号

城市地铁施工技术

李明华 编著

-
- 责任编辑 刘 辉
责任印制 易红卫
出版发行 中南大学出版社
社址:长沙市麓山南路 邮编:410083
发行科电话:0731-88876770 传真:0731-88710482
印 装 长沙印通印刷有限公司
-

- 开 本 787 × 1092 1/16 印张 23 字数 569 千字
版 次 2015 年 7 月第 1 版 印次 2015 年 7 月第 1 次印刷
书 号 ISBN 978-7-5487-1590-0
定 价 50.00 元
-

图书出现印装问题,请与经销商调换

内容提要

《城市地铁施工技术》是为高等学校土木工程专业及其相关专业方向编写的教材，主要讲述城市地铁工程的施工准备、地铁车站、地铁区间隧道及轨道铺设相关施工技术。全书共分9章，内容主要有：第1章 绪论；第2章 混凝土及相关工程施工；第3章 常用机具与设备；第4章 施工前期准备工作；第5章 围护结构施工；第6章 地铁车站施工；第7章 区间隧道施工；第8章 地铁轨道施工；第9章 地铁施工风险分析。主要介绍各项工程的基本施工程序、施工方法及工艺操作要点。

本书除作为高等学校相关专业教学用书之外，也可作为从事地铁工程施工相关技术人员及监理工程师参考用书。

普通高校土木工程专业系列精品规划教材

编审委员会

主 任 余志武

常务副主任 雷晓燕

副主任(按姓氏笔画排序)

王卫东 王有凯 龙志林 刘哲锋 祁 皓 杨 斌

吴国雄 陈振富 陈 淮 胡习兵 祝明桥 徐长节

崔 杰 彭立敏

委 员(按姓氏笔画排序)

刁心宏 于向东 马飞虎 王 英 王星华 王晓光

王 薇 方 焘 甘元初 白明洲 朱 勇 乔建东

刘小明 刘 坚 刘根强 刘 靖 宇德明 孙 晓

孙翠羽 李明华 杨伟军 杨仲轩 杨建军 杨春霞

李长春 李东平 李任平 肖 潇 张 健 张维锦

张鹏飞 张燕茹 陈友兰 陈长坤 陈汉利 陈锐林

罗小勇 周小林 周书葵 周凌宇 周智辉 周德泉

郑明新 赵小平 赵国宇 胡文韬 胡晓波 耿大新

徐林荣 郭文华 黄海林 蒋丽忠 傅 纯 戴公连

总序

土木工程是促进我国国民经济发展的重要支柱产业。近30年来,我国公路、铁路、城市轨道交通等基础设施以及城市建筑进入了高速发展阶段,以高速、重载和超高层为特征的建设工程的安全性、经济性和耐久性等高标准要求向传统的土木工程设计、施工技术提出了严峻挑战。面对新挑战,国内、外土木工程行业的设计、施工、养护技术人员和科研工作者在工程实践和科学研究工作中,不断提出创新理念,积极开展基础理论和技术创新,研发了大量的新技术、新材料和新设备,形成了成套设计、施工和养护的新规范和技术手册,并在工程实践中大范围应用。

土木工程行业日新月异的发展,对现代土木工程专业人才培养提出了迫切需求。教材建设和教学内容是人才培养的重要环节。为面向普通高校本科生全面、系统和深入阐述公路、铁路、城市轨道交通以及建筑结构等土木工程领域的基础理论和工程技术成果,由中南大学出版社、中南大学土木工程学院组织国内土木工程领域一批专家学者组成“普通高校土木工程专业系列精品规划教材”编审委员会,共同编写这套系列教材。通过多次研讨,确定了这套土木工程专业系列教材的编写原则:

1. 系统性

本系列教材以《土木工程指导性专业规范》为指导,教材内容满足城乡建筑、公路、铁路以及城市轨道交通等领域的建筑工程、桥梁工程、道路工程、铁道工程、隧道与地下工程和土木工程管理等方向的需求。

2. 先进性

本系列教材与21世纪土木工程专业人才培养模式的研究成果紧密结合,既突出土木工程专业理论知识的传承,又尽可能全面反映土木工程领域的新理论、新技术和新方法,注重各门内容的充实与更新。

3. 实用性

本系列教材针对90后学生的知识与素质特点,以应用性人才培养为目标,注重理论知识与案例分析相结合,传统教学方式与基于现代信息技术的教学手段相结合,重点培养学生的工程实践能力,提高学生的创新素质。这套教材不仅是面向普通高校土木工程专业本科生的课程教材,还可作为其他层次学历教育和短期培训的教材和广大土木工程技术人员的专业参考书。

4. 严谨性

本系列教材的编写出版要求严格按国家相关规范和标准执行,认真把好编写人员遴选关、教材大纲评审关、教材内容主审关和教材编辑出版关,尽最大努力提高教材编写质量,力求出精品教材。

根据本套系列教材的编写原则,我们邀请了一批长期从事土木工程专业教学的一线教师负责本系列教材的编写工作。但是,由于我们的水平和经验有限,这套教材的编写肯定有不尽人意的地方,敬请读者朋友们不吝赐教。编委会将根据读者意见、土木工程发展趋势和教学手段的提升,对教材进行认真修订,以期保持这套教材的时代性和实用性。

最后,衷心感谢全套教材的参编同仁,由于他们的辛勤劳动,编撰工作才能顺利完成。真诚感谢中南大学学校领导、中南大学出版社领导的大力支持和编辑们的辛勤工作,本套教材才能够如期与读者见面。



2014年7月

前 言

地铁具有高效、节能、环保、运量大、速度快、安全性好、占用城市道路面积少、防空好等优点,对解决城市交通堵塞,改变城市布局,实现城市环境和交通综合治理,引导城市走可持续发展之路。地铁所到之处交通压力缓解、楼宇兴旺、土地增值。随着经济的发展,地铁必将有着越来越广阔的发展空间。进入21世纪,我国地铁建设步入了快速发展的阶段,各大城市地铁建设项目竞相开工。

随着城市地铁工程在基建工程中所占比重的与日俱增,这就要求从业人员特别是工程技术人员应尽快掌握城市地铁技术,以满足城市地铁工程建设的需要。同时只有深刻理解城市地铁工程的施工程序、施工方法和工艺要求,才能在地铁建设过程中更好地组织施工,高效而优质地完成地铁建设。

城市地铁工程主要由土建工程和系统工程两大部分构成。其中土建工程又分为车站和区间土建工程以及物业开发等;单就土建工程而言,其施工技术所涉及的内容也极为广泛,加之各专业之间互相渗透,新技术、新工法不断出现,对从业人员提出了更高要求。为适应应用型人才培养需要,本书在编写过程中以土木工程通用施工技术知识为基础,以地铁工程主体结构为对象,适当考虑篇幅与学时要求,重点介绍地铁车站与区间施工的常用方法、基本程序操作要点,力求全面而系统地了解地铁施工基本过程与基本操作。

本书结合作者多年的现场施工经验和教学体会编写,可作为高等学校土木工程专业相关方向(如道路与铁道工程、隧道与地下建筑、城市轨道交通工程等)的教学用书,也可供地铁工程相关工作人员及监理工程师参考。

本书在编写时,素材选用上主要以常用方法为主,尽可能反映国内外先进水平,力求知识的系统性与简明性。全书共分9章,第1章绪论,对城市轨道交通进行概述,扼要介绍城市地铁施工方法;第2章介绍混凝土及相关工程施工,包括钢筋、模板、脚手架、混凝土等;第3章介绍地铁施工常用的机具与设备;第4章介绍施工前期准备工作,包括施工现场布置与文明施工及交通疏解;第5章介绍围护结构施工,包括基坑围护体系及常用围护结构技术;第6章介绍地铁车站施工,包括明挖顺作法、盖挖逆作法、附属建筑及防水施工、基坑开挖施工监测等;第7章介绍区间隧道施工,包括盾构法、浅埋暗挖法、盾构区间附属结构施工、

区间施工监测等；第8章介绍地铁轨道施工，包括铺轨基地建设、铺轨基标测设、常用地铁道床施工及洞内长轨焊接施工；第9章对地铁施工风险进行分析、风险源辨识等。实际教学中可根据大纲要求侧重选用相关章节。

由于地铁自成体系的规范不多，加之地铁建设大多由所在城市地铁建设主管部门进行管理，因而，所采用的规范存在较大差异，如相关术语与当地现行规范不相符时请以当地现行规范为准。

编写过程中除参看参考文献中所列资料外，还参看了部分作者论文及网络资料，恕不一一例举。由于作者水平有限，错漏之处在所难免，敬请读者批评指正。

李明华

2015年7月于华东交通大学

目 录

第1章 绪论	(1)
1.1 城市轨道交通概述	(1)
1.2 城市地铁施工方法	(4)
复习思考题	(8)
第2章 混凝土及相关工程施工	(9)
2.1 模板工程	(9)
2.2 钢筋工程	(19)
2.3 脚手架工程	(29)
2.4 普通混凝土施工	(34)
2.5 大体积混凝土施工	(45)
2.6 水下混凝土施工	(49)
2.7 预应力混凝土工程	(55)
2.8 砌体工程	(70)
复习思考题	(72)
第3章 常用机具与设备	(74)
3.1 概述	(74)
3.2 主要机械介绍	(75)
复习思考题	(83)
第4章 施工前期准备工作	(84)
4.1 施工准备	(84)
4.2 施工现场布置与文明施工	(86)
4.3 交通疏解	(89)
复习思考题	(91)
第5章 围护结构施工	(92)
5.1 基坑围护体系	(92)
5.2 工字钢桩围护结构施工	(97)
5.3 钢板桩围护结构	(99)
5.4 钻孔灌注桩围护结构	(102)

5.5	深层搅拌桩挡土结构	(117)
5.6	SMW 工法桩	(119)
5.7	地下连续墙	(124)
5.8	高压旋喷桩	(135)
5.9	注浆技术	(142)
	复习思考题	(150)
第6章	地铁车站施工	(152)
6.1	明挖顺作法	(153)
6.2	盖挖逆作法	(179)
6.3	附属建筑及防水施工	(185)
6.4	基坑开挖施工监测	(193)
	复习思考题	(199)
第7章	区间隧道施工	(200)
7.1	盾构法	(203)
7.2	浅埋暗挖法	(251)
7.3	盾构区间附属结构施工	(272)
7.4	区间施工监测	(287)
	复习思考题	(293)
第8章	地铁轨道施工	(295)
8.1	铺轨基地建设	(295)
8.2	铺轨基标测设	(297)
8.3	地铁道床及其种类	(300)
8.4	普通整体道床施工	(303)
8.5	浮置板道床施工	(312)
8.6	道岔道床施工	(318)
8.7	洞内长轨焊接施工	(322)
	复习思考题	(328)
第9章	地铁施工风险分析	(329)
9.1	地铁施工风险分析	(329)
9.2	风险源辨识	(338)
9.3	地铁施工常见风险源辨识	(341)
	复习思考题	(355)
	参考文献	(356)

第1章 绪论

1.1 城市轨道交通概述

1.1.1 城市轨道交通的定义

城市中使用车辆在固定轨道上运行并主要用于城市客运的交通系统称为城市轨道交通。在中国国家标准《城市公共交通常用名词术语》中,将城市轨道交通定义为“通常以电能为动力,采取轮轨运输方式的快速大运量公共交通的总称”。

城市轨道交通是指具有固定线路,铺设固定轨道,配备运输车辆及服务设施等的公共交通设施。“城市轨道交通”是一个包含范围较大的概念,在国际上没有统一的定义。一般而言,广义的城市轨道交通是指以轨道运输方式为主要技术特征,是城市公共客运交通系统中具有中等以上运量的轨道交通系统(有别于道路交通)。根据城镇建设行业标准《城市公共交通分类标准》CJJ/114—2007的规定,城市轨道交通系统分为地铁系统、轻轨系统、单轨系统、有轨电车、磁浮系统、自动导向轨道系统、市域快速轨道系统七个种类,是一种在城市公共客运交通中起骨干作用的现代化立体交通系统。

1.1.2 地位与作用

(1)城市轨道交通是城市公共交通的主干线,客流运送的大动脉,是城市的生命线工程。建成运营后,将直接关系到城市居民的出行、工作、购物和生活。

(2)城市轨道交通是世界公认的低能耗、少污染的“绿色交通”,是解决“城市病”的一把金钥匙,对于实现城市的可持续发展具有非常重要的意义。

(3)城市轨道交通是城市建设史上最大的公益性基础设施,对城市的全局和发展模式将产生深远的影响。为了建设生态城市,应把摊大饼式的城市发展模式改变为伸开的手掌形模式,而手掌状城市发展的骨架就是城市轨道交通。城市轨道交通的建设可以带动城市沿轨道交通廊道的发展,促进城市繁荣,形成郊区卫星城和多个副部中心,从而缓解城市中心人口密集、住房紧张、绿化面积小、空气污染严重等城市通病。

(4)城市轨道交通的建设与发展有利于提高市民出行的效率,节省时间,改善生活质量。国际知名的大都市由于轨道交通事业十分发达方便,人们出行很少乘私人车辆,主要依靠地铁轻轨等轨道交通,故城市交通秩序井然,市民出行方便、省时。

1.1.3 技术特性

1. 较大的运输能力

城市轨道交通由于高密度运转,列车行车时间间隔短,行车速度高,列车编组辆数多而

具有较大的运输能力。单向高峰每小时的运输能力最大可达到6万~8万人次(市郊铁道);地铁达到3万~6万人次,甚至达到8万人次;轻轨1万~3万人次,有轨电车能达到1万人次,城市轨道交通的运输能力远远超过公共汽车。据文献统计,地下铁道每公里线路年客运量可达100万人次以上,最高达到1200万人次,如莫斯科地铁、东京地铁、北京地铁等。城市轨道交通能在短时间内输送较大的客流,据统计,地铁在早高峰时1小时能通过全日客流的17%~20%,3小时能通过全日客流的31%。

2. 较高的准时性

城市轨道交通由于在专用行车道上运行,不受其他交通工具干扰,不产生线路堵塞现象并且不受气候影响,是全天候的交通工具,列车能按运行图运行,具有可信赖的准时性。

3. 较高的速达性

与常规公共交通相比,城市轨道交通由于运行在专用行车道上,不受其他交通工具干扰,车辆有较高的运行速度,有较高的启、制动加速度,多数采用高站台,列车停站时间短,上下车迅速方便,而且换乘方便,从而可以使乘客较快地到达目的地,缩短了出行时间。

4. 较高的舒适性

与常规公共交通相比,城市轨道交通由于运行在不受其他交通工具干扰的线路上,城市轨道交通车辆具有较好的运行特性,车辆、车站等装有空调、引导装置、自动售票等直接为乘客服务的设备,城市轨道交通具有较好的乘车条件,其舒适性优于公共电车、公共汽车。

5. 较高的安全性

城市轨道交通由于运行在专用轨道上,没有平交道口,不受其他交通工具干扰,并且有先进的通信信号设备,极少发生交通事故。

6. 能充分利用地下和地上空间

大城市地面拥挤、土地费用昂贵。城市轨道交通由于充分利用了地下和地上空间的开发,不占用地面街道,能有效缓解由于汽车大量发展而造成道路拥挤、堵塞,有利于城市空间合理利用,特别有利于缓解大城市中心区过于拥挤的状态,提高了土地利用价值,并能改善城市景观。

7. 运营费用较低

城市轨道交通由于主要采用电气牵引,而且轮轨摩擦阻力较小,与公共电车、公共汽车相比节省能源,运营费用较低。

8. 环境污染低

城市轨道交通由于采用电气牵引,与公共汽车相比不产生废气污染。城市轨道交通的发展,还能减少公共汽车的数量,进一步减少了汽车的废气污染。轨道交通在线路和车辆上采用了各种降噪措施,一般不会对城市环境产生严重的噪声污染。

1.1.4 技术等级

城市轨道交通种类繁多,技术指标差异较大,世界各国评价标准不一,并无严格的分类。由于城市轨道交通在世界范围内发展较快,地区、国家、城市的不同,服务对象的不同等,使城市轨道交通发展成为多种类型。其技术等级可参看表1-1。

表 1-1 城市轨道交通技术等级表

等级	I 级	II 级	III 级	IV 级	V 级	
系统类型	高运量地铁	大运量地铁	中运量轻轨	次中量轻轨	低运量轻轨	
使用车辆类型	A 型车	B 型车	C-I, C-II 型车	C-II 型车	现代有轨电车	
最大客运量(单向万人次/h)	4.5~7.5	3.0~5.5	1.0~3.0	0.8~2.5	0.6~1.0	
线路	线路形态	隧道为主	隧道为主	地面或高架	地面为主	地面
	路由情况	专用	专用	专用	隔离或少量混用	混用为主
项目\等级	I 级	II 级	III 级	IV 级	V 级	
站台	平均站距(m)	800~1500	800~1200	600~1000	600~1000	600~800
	站台长度(m)	200	200	120	<100	<60
	站台高低	高	高	高	低(高)	低
车辆	车辆宽度(m)	3.0	2.8	2.6	2.6	2.6
	车辆定员(人)	310	240	320	220	104~202
	最大轴重	16	14	11	10	9
	最大时速(km/h)	80~100	80	80	70	45~60
	平均运行速度(km/h)	34~40	32~40	30~40	25~35	15~25
	轨距(mm)	1435	1435	1435	1435	1435
供电	额定电压(V)	DC1500	DC750	DC750	DC750(600)	DC750(600)
	受电方式	架空线	第三轨	架空线/第三轨	架空线	架空线
信号	列车自动保护	有	有	有	有/无	无
	列车运行方式	ATO/司机驾驶	ATO/司机驾驶	ATO/司机驾驶	司机驾驶	司机驾驶
	行车控制技术	ATC	ATC	ATP/ATS	ATP/ATS	ATS/CTC
运营	列车最大车辆编组	6~8	6~8	4~6	2~4	2
	列车最小行车间隔(s)	120	120	120	150	300

1.1.5 体系构成

城市轨道交通是属于集多专业、多工种于一身的复杂系统,通常由轨道线路、车站、车辆、维护检修基地、供变电、通信信号、指挥控制中心等组成。城市轨道交通的运输组织、功能实现、安全保证均应遵循有轨道的客观规律。在运输组织上要实行集中调度、统一指挥、按运行图组织行车。在功能实现方面,各有关专业如线路、车站、隧道、车辆、供电、通信、信号、机电设备及消防系统均应保证状态良好,运行正常。在安全保证方面,主要依靠行车组织和设备正常运行,来保证必要的行车间隔和正确的行车线路。

1.1.6 规划及发展前景

城市轨道交通是城市公共交通的一个重要组成部分,包括地铁、轻轨、有轨电车和磁悬浮列车等。在中国,随着区域经济和城市群的发展,人们又把连接这些地区的城际铁路和铁路客运专线也称为轨道交通。新中国成立 60 多年来,我国的城市轨道交通从无到有,从单一线路到四通八达,实现了跨越式发展。由于经济实力和技术水平的限制,我国的城市轨道交

通建设起步较晚。在 2000 年之前,内地仅有北京、上海、广州 3 个城市拥有轨道交通线路。进入 21 世纪以来,随着国家经济的飞速发展和城市化进程的加快,城市轨道交通也进入大发展时期。

轨道交通很早就作为公共交通在城市中出现。随着公共交通的发展,轨道交通起着越来越重要的作用。经济发达国家城市的交通发展历史告诉我们:只有采用大客运量的城市轨道交通(地铁和轻轨)系统,才是从根本上改善城市公共交通状况的有效途径。

从历史上来看,单位城市轨道交通的投资拉动效应为 1:2.87,即 1 亿元的投资会带来 2.87 亿元的产出。在就业拉动上,1 亿元的投资会带来 8000 个就业岗位。2012 年,全国城市轨道交通行业共完成固定资产投资近 1900 亿元,比 2011 年增长 17%,在交通领域仅次于铁路和公路。

据中国城市轨道交通协会统计:2013 年末,中国累计有 19 个城市建成投入运营城轨线路 87 条,运营里程 2539 km。2013 年实际新增 2 个运营城市、16 条运营线路、395 km 运营里程。在 2539 km 运营里程中,地铁 2074 km,占总里程的 81.7%;轻轨 192 km,占总里程的 7.6%;单轨 75 km,占总里程的 3.0%;现代有轨电车 100 km,占总里程的 3.9%;磁浮交通 30 km,占总里程的 1.2%;市域快轨 67 km,占总里程的 2.6%。

到 2015 年前后,我国建成和在建轨道交通线路将达到 158 条,总里程将超过 4189 km。至 2020 年,京、沪、穗三地的城市轨道交通运营里程都将超过 500 km,其中上海将以 877 km 的总长度处于领先地位。目前全国有将近 50 个城市具备了轨道交通的建设需求和条件。

1.2 城市地铁施工方法

地下铁道:简称地铁,也简称为地下铁。狭义上专指在地下运行为主的城市轨道交通系统。是沿着地面铁路系统的形式逐步发展形成的一种用电力牵引的快速大运量城市轨道交通模式,是一种独立的有轨交通系统,不受地面道路情况的影响,能够按照设计的能力正常运行,从而快速、安全、舒适地运送乘客。地铁效率高,无污染,能够实现大运量的要求,具有良好的社会效益。

1.2.1 地下铁道建筑物的组成

地铁根据其功能、使用要求、设置位置的不同划分成车站、区间和车辆段三个部分。

地铁线路由三部分组成:

(1)区间隧道:区间是连接相邻两个车站的行车通道,它直接关系到列车的安全运行。内铺轨道,并设有排水沟、接触轨、各种管线及信集闭设备。

(2)车站及其附属建筑物:旅客上、下车及换乘的地点,主要由车站主体(站台、站厅、生产、生活用房)、出入口及通道、通风道及地面风亭等。

(3)车辆段:是地铁列车停放和进行日常检修维修的场所,它又是技术培训的基地。

1.2.2 地铁施工的主要方法

我国地铁的研究是从 1956 年由北京开始的,目前已在地下工程施工技术与方法上取得了较大发展,先后采用了明挖法、逆作法、暗挖法、沉井法、盾构法、顶管法及沉管法以及许

多辅助工法等施工技术方法,这些技术的研究与应用有的已达到国际先进水平。

1. 明挖法

先将隧道部位的岩(土)体全部挖除,然后修建洞身、洞门,再进行回填。具有施工简单、快捷、经济、安全等优点,但也存在对周围环境的影响较大的缺点,适用于地面开阔和地下地质条件较好的情况。明挖法主要用深基坑工程,并形成了种类齐全的多种基坑围护开挖技术。20世纪90年代以来,基坑工程规模不断加大,深度不断加深,与建筑物等已有设施距离越来越远,推动了深基坑工程的设计向更高水平迈进。

2. 盖挖法

当地下工程明做时需要穿越公路、建筑等障碍物附采取的方法,即由地面向下开挖至一定深度后,将顶部封闭,其余的下部工程在封闭的顶盖板下进行施工。主体结构可以顺作,也可以逆作。其特点是:根据不同的地质和水文地质条件,设计以连续墙、混凝土灌注桩作为边坡支护结构,然后施作盖板,形成框架结构后,在其保护下开挖土方,并完成结构施工。盖挖法是一种快速、经济、安全的施工方法,对人们生活干扰少,采取措施后可以做到基本不影响交通,较暗挖法要经济。

3. 暗挖法

暗挖法即不挖开地面,采用在地下挖洞的方式施工。优点是对人们生活无干扰,但技术要求 and 造价较高。主要有新奥法、浅埋暗挖法、管幕法3种工法。

(1)新奥法:即“新奥地利隧道施工法”(New Austrian Tunneling Method),国际上简称为NATM,是一种在岩质、土砂质介质中开挖隧道,以使围岩形成一个中空筒状支撑环结构为目的的隧道设计施工方法。其优点主要有:①可适用于各种地质条件下的大跨度及深埋的地下工程;②可成功地控制地表下陷;③由于它使围岩与支护结构共同工作,最大限度地发挥了围岩本身的支承能力;④由于支护结构是永久性的,不用拆除,不占据有效空间,作业面宽阔,便于组织大型机械化施工,但同时要求有良好的施工组织和管理。

(2)浅埋暗挖法:该法以加固和处理软弱地层为前提,采用足够刚性复合衬砌(由初期支护和二次衬砌及中间防水层所组成)为基本支护结构的一种用于软土地层近地表修建各种类型地下洞室的暗挖施工方法。该法具有造价低、拆迁少、灵活多变、无须太多专用设备及不干扰地面交通和周围环境等优点,但风险管理难度大,只适用于第四纪地层、无水、地面建筑物较少等简单条件,现已拓展到非第四纪地层、超浅埋(埋深已缩小到0.8 m)、大跨度、上软下硬、高水位等复杂地层及环境条件下的地下工程中。

(3)管幕法:该法以单管顶进为基础,各单管间依靠锁口在钢管侧面相接形成管排,并在锁口间注浆,形成密封的止水管幕,然后对管幕内的土体进行加固处理,随后边内部开挖边支撑,直到管幕段贯通再浇筑结构体。优点是:施工无噪音、振动,对周围影响小;不必大开挖,不影响道路正常交通;不需降低地下水,地面沉降小;无须加固附近建筑物地基和桩基。缺点是:要求顶管精度高、速度快;钢管不能回收,成本高;适用范围较广,适用于回填土、砂土、黏土、岩层等各种地层。管幕法作为穿越道路、铁路、机场等非开挖技术,在日本、美国等国家都取得了较好的效果。

4. 沉井法

全称沉箱凿井法,是适用于不稳定含水地层中建造竖井的一种特殊施工方法。在不稳定含水地层掘进竖井时,在设计井筒位置上预先制作一段井筒,井筒下端有刃脚,借井筒自

重或略施外力使之下沉,将井筒内的岩石挖掘出的施工方法。其优点是:技术简单、无须特殊设备,挖土量及占地面积较小、造价低,沉井结构又可作为地下构筑物的围护结构、其内部空间可得到充分利用,但地铁施工中较少采用。

5. 盾构法

利用盾构机进行隧道开挖、衬砌等作业的施工方法。盾构是一种带有护罩的专用设备,利用尾部已装好的衬砌块作为支点向前推进,用刀盘切割土体,同时排土和拼装后面的预制混凝土衬砌块。盾构是1874年发明,首先用的是气压盾构。开挖英国伦敦泰晤士河水底隧道。盾构机掘进的出渣方式有机械式和水力式,以水力式居多。水力盾构在工作面处有一个注满膨润土液的密封室。膨润土液既用于平衡土压力和地下水压力,又用作输送排出土体的介质。

6. 顶管法

采用液压千斤顶或是具有顶进、牵引功能设备,以顶管工作井作承压壁,在地层土体开挖的同时,将预制好的地下管道(或隧道)一起沿着设计路线分节向前推进,直达目的地。它是隧道或地下管道穿越铁路、道路、河流或建筑物等各种障碍物时采用的一种暗挖式施工方法。其优点是:地面作业少;因振动、噪声引起的环境影响较小;施工不影响地面交通和水面航道,也不受气候影响等,同时大大加快施工进度与节约造价。缺点是:需注意接缝防水处理、地表沉降控制等问题。适用于铁路、公路及不易或不宜开挖沟槽的地下管道施工。其独特的优点使该法在世界各国得到广泛应用。

7. 沉管法

沉管法也称预制管段沉放法,即在船坞内预制钢筋混凝土结构,然后放水浮运,沉埋到设计位置,建成水下工程。其优点是:①容易保证隧道施工质量;②工程造价较低;③在隧道现场的施工期短;④操作条件好、施工安全;⑤适用水深范围较大;⑥断面形状、大小可自由选择,断面空间可充分利用。但缺点在于技术要求高,施工的主要条件是:水道河床稳定和水流并不过急,前者便于顺利开挖沟槽,并能减少土方量;后者便于管段浮运、定位和沉放,特别适用于软弱地层。

1.2.3 地铁施工中的辅助工法

城市地铁施工中,辅助工法是一项必不可少的重要技术,有时甚至涉及工程的成败。采用辅助工法的主要目的是为工程主体顺利施工创造条件,或出于工程安全考虑,或为保护建、构筑物等。目前采用的辅助工法主要有:

(1)降水:有井管降水、真空降水、电渗降水等,北京及北方地区多采用基坑外地面深井降水和回灌,也有采用洞内轻型井点降水;上海及南方地区则多采用基坑内井管降水,也有采用真空或电渗降水。

(2)注浆:主要用于止水或加固地层,以防坍塌或结构治水。注浆方式主要有软土分层注浆、小导管注浆、TSS管注浆、帷幕注浆等,注浆材料有普通水泥、超细水泥、水泥水玻璃、改性水玻璃、化学浆等。

(3)高压旋喷或搅拌加固:主要用于地层加固,如采用浅埋暗挖法或矿山法施工的隧道局部特别软弱的地层或有重要建、构筑物需要特殊保护时采用,盾构法隧道的始发到到达端头常用高压旋喷或搅拌加固,联络通道也常用此法加固地层。近年来也开发了隧道内施作的