



全国铁道职业教育教学指导委员会规划教材
高等职业教育城市轨道交通工程技术专业“十二五”规划教材
国家骨干高等职业院校建设成果

城市轨道交通 工程施工 (第二版)

CHENGSHI GUIDAO JIAOTONG GONGCHENG SHIGONG

张冰 于景臣 刘巧静 主 编 ■
韩仁海 吴精义 主 审 ■

中国铁道出版社
CHINA RAILWAY PUBLISHING HOUSE

CHINA RAILWAY PUBLISHING HOUSE

全国铁道职业教育教学指导委员会规划教材
高等职业教育城市轨道交通工程技术专业“十二五”规划教材
国家骨干高等职业院校建设成果

城市轨道交通工程施工

(第二版)

张 冰 于景臣 刘巧静 主 编
孙 霞 副主编
韩仁海 吴精义 主 审



中国铁道出版社

2014年·北京

内 容 简 介

本书主要内容包括城市轨道交通明(盖)挖法施工、浅埋暗挖法施工、盾构法施工、沉管法施工,高架结构、无砟轨道和无缝线路的施工技术,并对单轨交通和磁悬浮交通作了简单介绍。

本书内容简明扼要,适用性强,可作为高职高专城市轨道交通工程专业教材使用,也可作为施工现场技术人员的参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

城市轨道交通工程施工/张冰,于景臣,刘巧静主编.—2版.—北京:
中国铁道出版社,2014.8

全国铁道职业教育教学指导委员会规划教材 高等职业教育城市轨道交通
交通工程专业“十二五”规划教材 国家骨干高等职业院校建设成果
ISBN 978-7-113-18893-1

I. ①城… II. ①张… ②于… ③刘… III. ①城市铁路-铁路施工-高等
职业教育-教材 IV. ①U239.5

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 146734 号

书 名:城市轨道交通工程施工(第二版)

作 者:张冰 于景臣 刘巧静 主编

责任编辑:李丽娟

编辑部电话:(010) 51873135

读者热线:400-668-0820

封面设计:崔丽芳

责任校对:龚长江

责任印制:李 佳

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:2009年8月第1版 2014年8月第2版 2014年8月第1次印刷

开 本:787 mm×1 092 mm 1/16 印张:13.75 字数:342 千

书 号:ISBN 978-7-113-18893-1

定 价:30.00 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



第二版前言

本教材第一版是普通高等教育“十一五”国家级规划教材。该书具有专业性强、实践性强、技术性强的特点,同时结合高等职业教育培养高技能型人才的目标,注重理论联系实际,强调解决实际问题,既保证知识的系统性和完整性,又体现内容的实用性和可操作性,便于实践教学和案例教学。

本教材第二版以城轨工程施工法实际工作任务为核心,将专业能力与关键能力培养、学习过程与工作过程融为一体,以此开展相关联部分的城市轨道交通工程结构、施工原理、施工技术操作、技术资料查阅等内容的“理实”一体化教学,引入行业企业的课程标准,符合高等职业教育推行工学结合人才培养模式的发展需要。本教材借鉴国际当代职业教育发展的最新理论与方法技术,反映“城市轨道交通工程”技术领域的专业要求和发展水平;同时结合职业院校学生的特点,全面落实“生产一线高端技能型专门人才”的职业教育办学指导思想,着力提高学生的综合职业能力。

本书由哈尔滨铁道职业技术学院张冰、于景臣、刘巧静任主编,哈尔滨铁道职业技术学院孙霞任副主编,哈尔滨铁道职业技术学院韩仁海和北京市轨道交通建设管理有限公司吴精义担任主审。

参加本书编写的人员有哈尔滨铁道职业技术学院张冰(课程导论、项目7、项目9),于景臣(项目1),刘巧静(项目2、项目6),孙霞(项目3),李迎春(项目4、项目5);西安铁路工程职工大学徐玥(项目8);中铁三局集团有限公司徐常福(项目1、项目2的相关案例)、高生伟(项目3、项目4的相关案例)。

本书在编写过程中,吸取了有关书籍和论文的最新观点和技术。哈尔滨铁道职业技术学院刘慧玲、郑晓燕、夏芳等同志也一起参加了校正工作,在此一并表示感谢。

编者

2014年2月于哈尔滨



第一版前言

随着城市化的快速发展,城市道路拥挤、交通事故以及燃油车尾气排放引起的环境污染已经成为备受瞩目的问题。作为发展中国家,我国人均资源稀缺,交通需求总量巨大,探讨一种满足我国经济建设与城市交通可持续发展的交通运输方案具有重要的战略意义,而城市轨道交通已逐渐成为公共交通系统的主干交通工具。

城市轨道交通具有运量大、安全、准时、环保等特点,受到发达国家和发展中国家许多大城市的青睐。我国近二十个大城市的轨道交通正在运营和建设中,而且城际轨道交通也在我国大力发展和建设中,例如广州与深圳、北京与天津等城际轨道交通已正式通车运营。随着国家对城市轨道交通投入力度加大,使得该行业专业人才的需求量缺口很大。

本书具有专业性强、实践性强、技术性强的特点,同时结合高等职业教育培养高技能型人才的目标,注重理论联系实际,强调解决实际问题,既保证知识的系统性和完整性,又体现内容的实用性和可操作性,便于实践教学和案例教学。

本书由哈尔滨铁道职业技术学院于景臣、张冰、夏芳主编,哈尔滨铁道职业技术学院韩仁海和北京市轨道交通建设管理有限公司吴精义主审。

参加本书编写的人员有哈尔滨铁道职业技术学院于景臣(第一章、第六章),刘慧玲(第二章第一至第三节),张冰(第二章第四至第六节、第三章、第四章、第九章),杜晓波(第五章、第七章第三节、第十章),夏芳(第七章第一、二节),北京交通大学白雁(第八章)。

本书在编写过程中得到了北京交通大学土木建筑工程学院院长魏庆朝及刘维宁等专家的指导与大力支持。哈尔滨铁道职业技术学院张智韬、蔡英利、郑晓燕等同志也一起参加了校正工作,在此一并表示感谢。

由于水平有限,时间仓促,本书难免有错误和不足之处,恳请专家和读者批评指正。

编者

2009年3月于哈尔滨



目录

课程导论	1
项目 1 明(盖)挖法施工	6
工作任务 1.1 掌握明(盖)挖法的特点与施工工序	6
工作任务 1.2 掌握基坑种类及其对土质的适应性	10
工作任务 1.3 地下连续墙围护结构施工	13
工作任务 1.4 基坑土钉墙围护结构施工	22
工作任务 1.5 排桩围护结构施工	26
复习思考题	41
项目 2 浅埋暗挖法施工	42
工作任务 2.1 了解浅埋暗挖法的基本原理及特点	42
工作任务 2.2 浅埋暗挖法施工	43
工作任务 2.3 浅埋暗挖法的初期支护	56
工作任务 2.4 浅埋暗挖的二次支护	59
工作任务 2.5 超前支护施工	61
工作任务 2.6 监控量测	64
复习思考题	73
项目 3 盾构法施工	74
工作任务 3.1 了解盾构机类型及特点	74
工作任务 3.2 盾构法的隧道衬砌	79
工作任务 3.3 盾构法施工	83
工作任务 3.4 掌握泥水加压盾构机与土压平衡盾构机的构造	102
工作任务 3.5 盾构机的保养与维修	108
复习思考题	116
项目 4 沉管法施工	117
工作任务 4.1 沉管法的基础施工	117
工作任务 4.2 管节施工	127
复习思考题	141

项目 5 高架结构施工	142
工作任务 5.1 施工准备	142
工作任务 5.2 高架桥施工	145
复习思考题	155
项目 6 无砟轨道施工	156
工作任务 6.1 了解无砟轨道的类型及特点	156
工作任务 6.2 掌握无砟轨道的构造	158
工作任务 6.3 无砟轨道的施工	164
复习思考题	177
项目 7 无缝线路施工	178
工作任务 7.1 掌握无缝线路的构造及特点	178
工作任务 7.2 无缝线路长钢轨焊接	181
工作任务 7.3 无缝线路铺设	184
工作任务 7.4 无缝线路应力放散与调整	186
工作任务 7.5 特殊地段无缝线路	193
复习思考题	198
项目 8 单轨交通及磁悬浮交通	199
工作任务 8.1 单轨交通的特点	199
工作任务 8.2 了解磁悬浮技术	204
复习思考题	211
参考文献	212

课程导论

1. 城市轨道交通的发展概况

人类社会发展到近代,出现了工业化、市场化和城市化三大趋势,通过三者完美的结合,使人类踏上了通向文明发展的大道。三者当中,城市化最具有时代意义,它是社会经济发展的最主要标志。可以说,没有城市化,便没有现代化,城市化正成为当今世界发展的重要趋势。在城市化的历程中,不同规模与发展阶段的城市产生了不同的交通需求,需要通过相应的运输工具及技术装备水平来满足。从各国城市化发展的经验来看,轨道交通以其运量大、速度快的优势正在成为城市交通结构中不可缺少的组成部分,较好地解决了大、中城市交通日益增长的供需矛盾。同时,城市轨道交通的建设与发展,已成为城市建设规模化和现代化程度的重要标志。

(1) 城市轨道交通的发展阶段

1863年伦敦开始建设世界上第一条地铁,其根本原因就是地面道路系统受城市空间限制不能无休止地建设,无法承担交通需求的增长,因此需要构建一种摆脱地面空间限制的新型交通方式。但是,脱离地面的新交通建设意味着高成本,因此要求这种交通方式必须是集约化、高效率的,比如运量大、高速度和优越的服务水平等。城市轨道交通就是在这样的背景下诞生的。

城市轨道交通的发展经历了一个曲折的过程,大致可分为以下几个阶段。

① 初步发展阶段(1863~1924年)

在这一阶段,欧美的城市轨道交通发展较快,期间13个城市建成了地铁,还有许多城市建设了有轨电车。20世纪20年代,美国、日本、印度和中国的有轨电车有了很大发展。这种旧式有轨电车行驶在城市道路中间,运行速度慢,正点率低,而且噪声大,加速性能差,乘坐舒适度差,但在当时仍然是公共交通的骨干。

② 停滞萎缩阶段(1924~1949年)

二次世界大战的爆发和汽车工业的发展,导致了城市轨道交通的停滞和萎缩。汽车的便捷及可达性,一度成为城市交通的宠儿,得到飞速发展。而轨道交通因投资大、建设周期长等原因曾一度失宠。这一阶段中只有五个城市发展了城市地铁,而有轨电车的发展则停滞不前,有些线路甚至被拆除。

③ 再度发展阶段(1949~1969年)

汽车过度增加,使城市道路异常拥堵,行车速度下降,严重时还会导致交通瘫痪。加之污染、噪声严重和大量耗费石油资源以及市区汽车有时甚至难以找到停车位置,于是人们又重新认识到解决城市客运交通必须依靠电力驱动的轨道交通。因此,轨道交通再次得到了重视,而且从欧美扩展到亚洲的日本、中国、韩国、伊朗等国家,这期间有17个城市新建了地铁。

④ 高速发展阶段(1970~2000年)

世界上许多国家都确立了有限发展轨道交通的方针,立法解决城市轨道交通的资金来源。世界各国城市化的趋势,导致人口高度集中,要求轨道交通高速发展以适应日益加重的交通压

力,各种技术的发展也为轨道交通奠定了良好基础。2000年后又有众多城市新建了地铁、轻轨或其他轨道交通,而且有些城市正在处于规划和开工建设的准备阶段。

⑤ 21世纪的城市轨道交通

21世纪的轨道交通以高速、正点、低能耗、少污染、安全、舒适等特点吸引城市的客流量。美国、日本、德国、法国等经济发达国家不断加大对轨道交通的资金投入,把许多新材料、新技术和新工艺应用在工程建设和运营中。

(2)我国城市轨道交通的发展状况及前景

截至2012年年底,我国内地已有北京、上海、天津、重庆、广州、深圳、武汉、南京、沈阳、长春、大连、成都、西安、昆明、苏州、杭州、佛山等17个城市累计开通70条城市轨道交通运营线路(含试运营线路),总运营里程达2064 km。其中地铁1726 km,占84%;轻轨267 km,占13%;现代有轨电车41 km,占2%;磁悬浮30 km,占1%。2012年新增运营里程335 km,同比新增里程288 km,增长16.3%。线路总长度位居全球第四位。2013年全国城市轨道交通行业共完成固定资产投资2200多亿元,在交通领域中仅次于铁路和公路,比2012年增加400亿元,2013年投产的里程达到290 km,到2013年年底,我国已有19个城市拥有地铁,总里程达到2366 km。

目前,我国地铁的工程造价是6~10亿元/km,轻轨的工程造价为1.5~2.5亿元/km,轨道交通平均造价在6亿元/km左右。2012年,我国城市轨道交通建设完成投资1914亿元,同比增加286亿元,增长17.6%。预计“十二五”期间,将完成投资超过万亿元。城市轨道交通建设正在成长为带动经济稳步发展的生力军。我国城市轨道交通已获批复的城市已达36个,在建里程超过2000 km,“十二五”末,我国轨道交通运营里程将超过3000 km。根据统计的36个计划建设城市轨道交通项目城市的规划,2009~2020年,城市轨道交通新增营业里程将达到6560 km,截至2020年,我国城市轨道交通累计营业里程将达到7395 km。以每公里5亿元造价计算,2009~2020年将投入3.3万亿,年均达2700亿元。

(3)城市轨道交通对城市发展的作用

城市轨道交通系统发展的历史表明,随着城市轨道交通系统网络的逐步形成,城市轨道交通可以兼顾中短途客流,最后达到负担城市公共交通客流运量的50%以上。围绕城市轨道交通骨干网络,可以促使其他个人交通成为辅助方式,从而提高城市公共交通的客运量,使“公交优先”的政策得到充分的体现,进而缓解城市交通拥挤问题。

城市轨道交通还有一个活跃城市经济、拉动城市发展、提高城市形象的功能。

优先发展城市公共交通,是城市公共交通战略的重要内容,更是促进我国城市健康发展的重要战略。轨道交通将成为特大城市公共交通的骨干、大中城市的主要公共交通方式,不仅为改善群众出行作出重大贡献,其建设也是拉动内需的重要举措。据统计,每投资1亿元的轨道交通项目,可带动GDP增长2.63亿元,增加8000个以上的就业岗位。城市轨道交通每百人公里的人均能耗是小汽车的1/20,在占用土地资源方面,城市轨道交通每百人公里占地面积小于0.1 m²,而公共电汽车、小型轿车、摩托车、自行车分别是它的4.6倍、115倍、100倍和50倍。根据2008年国家统计年鉴,全国400万人口以上的城市有13个,200万~400万人口的城市有26个,100万~200万人口的城市有79个,50万~100万人口的城市有111个,可见城市轨道交通的发展前景广阔。资料表明,上海地铁1号线开通运行以后,淮海路的商业零售额增加了25%左右,个别商店增加了30%以上。香港地铁在节日期间24小时持续运行,为广大乘客提供了非常宽松便利的交通条件。

一条城市轨道交通线路通车后,原来沿线不发达的街区,会由于交通的方便而逐步发展起来,随之带来沿线土地的升值、房产的涨价、各种商业活动的逐渐活跃。例如,北京地铁1号线开通后拉动了北京西部地区的发展;上海地铁1号线1995年通车后,沿线发展很快,住宅区快速落成,商业服务业迅速发展,目前在莲花站已经初步形成了地区性的商业中心。

如果说发达的高速铁路和航空网是一个国家现代化标志的话,那么一个发达的城市轨道交通网络就是一个现代化城市不可缺少的标志。修建城市轨道交通,需要城市在经济发展的基础上筹措可观的资金和具备相应的客流,需以城市的经济实力作为后盾。要使城市轨道交通真正成为一个现代化城市交通畅通的支撑,还必须尽快形成城市轨道交通网络,包括配套建设换乘系统、行车保障系统、客运服务系统和运营指挥系统。城市轨道交通已经成为城市生活中不可缺少的一部分,同时也是城市进入现代化行列的鲜明标志。

2. 城市轨道交通的组成及特点

在我国《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,采取轮轨运转方式的快速大运量城市公共交通之总称”。目前城市轨道交通有地铁、轻轨、单轨、有轨电车、城际轨道、磁悬浮列车和新交通系统等多种类型,号称“城市交通的主动脉”。

(1) 城市轨道交通的组成

城市轨道交通主要由地铁、轻轨、单轨、有轨电车、城际轨道、磁悬浮列车和新交通系统等组成。

① 地铁

地下铁道是由电气牵引、轮轨导向、车辆编组运行在全封闭的地下隧道内,或根据城市的具体条件运行在地面、高架线路上的大容量快速轨道交通系统,简称地铁。

② 轻轨

公共交通国际联合会关于轻轨运输系统(Light Rail Transit)的解释文件中提到:轻轨铁路是一种使用电力牵引、介于标准有轨电车和快运交通系统(包括地铁和城市铁路)中间,用于城市旅客运输的轨道交通系统。

③ 单轨

单轨系统是指通过单一轨道梁支撑车厢并提供引导作用而运行的轨道交通系统,其最大特点是车体比承载轨道要宽。根据支撑方式的不同,单轨一般包括跨座式单轨和悬挂式单轨两种类型。

④ 有轨电车

有轨电车是使用电力牵引、轮轨导向、单辆或两辆编组运行在城市路面线路上的低运量轨道交通系统。

⑤ 城际轨道

城市铁路是由电气或者内燃机车牵引、轮轨导向、车辆编组运行在城市及卫星城之间,以地面专用线路为主的大运量快速轨道交通系统。

⑥ 磁悬浮列车

磁悬浮列车是一种运用“同性相斥、异性相吸”的电磁原理,依靠电磁力来使列车悬浮并行走的轨道运输方式。它是一种新型的没有车轮、采用无接触行进的轨道交通系统。

⑦ 线性电机车辆系统

线性电机车辆轨道交通系统(Linear Motor Car)是由线性电机牵引,轮轨导向,车辆编组运行在小断面隧道、地面和高架专用线路上的中运量轨道交通系统。之所以将线性电机牵引

的轨道交通系统列为独立的系统,是因为该系统与地下铁道、城际轨道、轻轨等有明显区别。

⑧ 新交通系统

新交通系统目前还没有统一和严格的定义,从广义上来讲,是指那些与现有运输模式不同的各种短距离新交通方式的总称。狭义的新交通系统则定义为由电力牵引、具有特殊导向、操纵和转折方式的胶轮车辆,单车或数辆编组运行在专用轨道梁上的中小运量轨道运输系统。

(2)城市轨道交通的特点

城市轨道交通和其他公共交通相比,具有以下特点:用地省,运能大,轨道线路的输送能力约是公路交通输送能力的10倍;每一单位运输量的能源消耗量少,因而节约能源;采用电力牵引,对环境污染小;噪声属集中型,人均噪声小,易于治理;乘客乘坐安全、舒适、方便、快捷。

纵观城市轨道交通,它们具有以下共同特点:

① 运输能力大。城市铁路站台长,车辆能够多节编组运行,输送旅客能力大。客流高峰时可按10~12辆编组,客流少时可按2~4辆编组运行,单向客运量可达4万人~10万人/小时。

② 运行速度高。公共汽车与其他车辆混杂行驶,目前我国大城市运行速度仅为12~18 km/h;地铁完全与其他线路隔离,运营速度较高,速度为40~50 km/h,最高可达72 km/h。轻轨系统因有不同程度的交叉,运行速度介于上述两者之间,一般为25~30 km/h。

③ 乘坐舒适。随着一些高新技术在线路、轨道和车辆方面的应用,提高了旅客乘车的舒适性。

④ 环境污染小。城市轨道交通一般采用电力机车牵引或动车牵引,具有不污染空气、噪声小、载客量大等特点,分流了公共汽车客运量,降低了汽车尾气排放量,有利于市区环境的改善。

⑤ 运行安全。市区内城市轨道交通在半封闭和全封闭的专用线路上运行,与其他公交线路不形成交叉,互不干扰,安全系数高。

⑥ 准点停靠。由于不受其他线路的影响,城市轨道交通对运行时间的准点性高。

3. 城市轨道交通工程施工方法与选择

与公路、铁路等工程一样,城市轨道交通工程也有很多施工方法,常见的有明挖法、盖挖法、盾构法、浅埋暗挖法和其他特殊施工方法等。

(1)明挖法

明挖法包括敞口明挖法、基坑设置有支护结构的明挖法等。

① 敞口明挖法:在地面建筑物稀少、交通不繁忙、施工场地较大、结构物埋深较浅的地段及城市轨道交通干线出入地面的区段采用敞口明挖法。

② 基坑设置有支护结构的明挖法:在施工场地较小、土质自立性差、地下水丰富、建筑物密集、埋深大时采用基坑设置支护结构的明挖法。

(2)盖挖法

城市轨道交通线路在城市道路下面通过,当允许短期封闭地面交通时,可采用盖挖法施工。即在短期封闭地面交通期间,进行连续墙和钻孔灌注桩作业,开挖和修筑结构顶板,随即回填,恢复地面交通,然后转入地下作业,开挖基坑,修筑楼板和底板,利用隧道两侧的出入口和通风道出土、进料。

(3)盾构法

在城市轨道交通线路穿越古河道地段,围岩结构松散、饱水、呈流塑或软塑状态,以及工程

地质条件较差的地段,采用盾构机施工。盾构机是在钢壳体保护下掘进的一种设备,它由刀盘、刀具旋转切削地层,采用螺旋输送机或泥水管道运送渣土,在壳体内拼装预制管片,依靠液压千斤顶推进,是机电一体化的高科技设备。

(4) 浅埋暗挖法

浅埋暗挖法是在新奥法基础上发展起来的施工方法,一般应用于埋深较浅的隧道,施工时先用小导管注浆加固土层,分部开挖,架钢筋格栅拱、喷混凝土施工初次衬砌,然后做防水层,最后用模注混凝土做二次衬砌。

(5) 其他特殊施工方法

由于技术水平提高,设备不断完善,在一些特殊地段可采用冻结法、化学注浆等方法加固围岩,当隧道穿过建筑物时也可采用基底托换等方法,为处理好地下水问题可采用降水深层回灌等施工技术,这些技术都已在地铁施工中得到应用,并取得了一定的效果。

由于城市轨道交通工程施工有其自身的特殊性,所以在选择施工方法时,不仅要从工程地质、水利水文、地形地貌、沿线地下环境等处着眼,还要认真研究对地面建筑、道路、城市交通、环境保护的影响,确定施工队伍的施工机具、施工技术和施工能力能否保证按期、安全、高质量地完成建设任务。总的原则是所选用的工程施工方法应尽量减少对城市居民生活的干扰,施工成本低,能确保施工安全、质量和工期。

项目 1 明(盖)挖法施工



项目描述

明挖法是指在地铁施工时挖开地面,由上向下开挖土石方至设计高程后,自基底由下向上进行结构施工,当完成地下主体结构后回填基坑及恢复地面的施工方法。盖挖法是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下进行施工的一种方法。本项目主要介绍明(盖)挖法的特点、施工工序、基坑种类及适应性、围护结构施工等。



教学目标

1. 能力目标

- (1)能够利用明(盖)挖法进行基础施工;
- (2)能够组织实施地下连续墙施工;
- (3)知道各种围护结构的特点。

2. 知识目标

- (1)掌握明(盖)挖法的特点与施工工序;
- (2)掌握基坑种类及其对土质的适应性;
- (3)掌握地下连续墙的围护结构;
- (4)了解基坑土钉墙围护结构;
- (5)了解排桩围护结构。

工作任务 1.1 掌握明(盖)挖法的特点与施工工序

1.1.1 明挖法的特点

在地面建筑物少、拆迁少、地表干扰小的地区修建浅埋地下工程通常采用明挖法。明挖法按开挖方式分为放坡明挖和不放坡明挖两种。放坡明挖法主要适用于埋深较浅、地下水位较低的城郊地段,边坡通常进行坡面防护、锚喷支护或土钉墙支护。不放坡明挖是指在围护结构内开挖,主要适用于场地狭窄及地下水丰富的软弱围岩地区。围护结构形式主要有地下连续墙、人工挖孔桩、钻孔灌注桩、钻孔咬合桩、SMW工法、工字钢桩和钢板桩围堰等。

明挖法施工难度小,容易保证质量,工期短及造价低,因此在早期的地下工程施工中应用较多。但由于该法占地多、拆迁量大、影响交通及噪声污染严重,且随着浅埋暗挖法施工技术的进步和盾构法的引进,明挖法在地下工程修建中应用逐渐减少。目前在国内外地下工程修建中明挖法主要应用于大型浅埋地下建筑物和郊区地下建筑物的修建。明挖法已逐渐演化成

盖挖和明暗挖结合的施工方法,但总体来讲明挖法在地下工程建设中仍是主要施工方法。以北京地铁的修建为例,早期由于施工方法的限制,地铁一、二号线基本采用明挖法修建。随着地下工程修建技术的进步,明挖法主要应用于地铁车站的建设及郊区浅埋地下线路的修建。

1.1.2 明挖法的施工工序

明挖法施工技术简单、快速、经济,常被作为地铁施工的首选方案。根据地质情况,明挖法施工一般可分为四个步骤:围护结构施工→内部土方开挖→工程结构施工→管线恢复及覆土。而围护结构施工,是明挖法能否顺利实施的关键所在。

明挖法施工中围护结构的选择,应充分考虑地质条件的差异、围护结构的刚度以及对基坑防水的要求等来确定。围护结构可分为排桩围护结构(钢板桩、挖孔桩、钻孔桩、水泥土搅拌桩或劲性水泥土搅拌桩)、地下连续墙围护结构和土钉墙围护结构等。目前,地下铁道明挖基坑所采用的围护结构种类很多,其施工方法、工艺和所用施工机械也各异,因此应根据基坑深度、工程地质和水文地质条件、地面环境条件等,特别要考虑到城市施工的特点,经综合比较后确定。

围护结构及其支撑体系关系到明挖法实施的成败。常见的基坑内支撑结构形式有:现浇混凝土水平面结构、圆形钢管、H型钢等。支撑的总体结构形状取决于开挖工作面,根据支撑方向的不同,可将支撑分为对口撑、角撑、斜撑等,在特殊情况下,也有设置成环形梁的。当内支撑跨度较大时,还需在坑内设临时立柱,当临时立柱构造和位置恰当时,以后就将其变为结构的永久立柱。

当侧压力比较小、基坑较浅时可以不设支撑,对地下水位较高的地区,土方开挖应注意因水土流失引起支撑不平衡导致的基坑坍塌,或因水土流失引起对周围环境的不利影响。内部结构的施工由下至上分步实施,最后做防水层和完成上部覆土。

明挖法施工工序描述如下:围护结构施工→内井点降水(或基坑底土体加固)→第一层开挖→设置第一层支撑→第 n 层开挖→设置第 n 层支撑→最底层开挖→底板混凝土浇筑→最下层支撑拆除→混凝土内衬浇筑→自下而上逐步拆支撑→顶板混凝土浇筑。明挖法车站施工工序如图1.1所示。

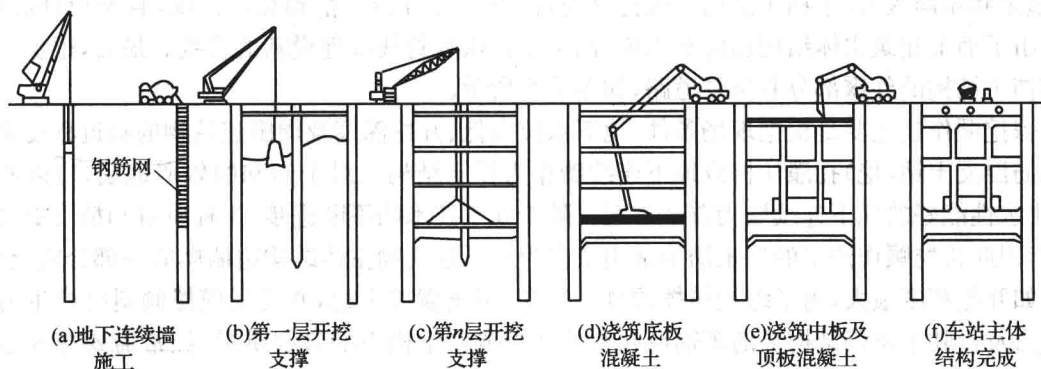


图 1.1 明挖法车站施工工序

1.1.3 盖挖法的特点

盖挖法施工技术是先用地下连续墙、钻孔桩等形式做围护结构和中间桩,然后做钢筋混凝土盖板,在盖板、围护墙、中间桩保护下进行土方开挖和结构施工。盖挖法有逆作、半逆作和顺

作三种施工方法。所谓逆作法是指按土方开挖顺序从上层开始往下进行主体结构施工;而顺作法则是指在土方全部开挖完成后,从底板开始做主体结构的施工方法。

盖挖法的主要特点:

(1)盖挖法的边墙既作为结构的永久性边墙又兼作基坑支护的双重作用,因而可以简化施工程序,降低工程造价。另外,边墙用混凝土等刚性材料修筑,其变形量极小,因而可靠近地面原有建筑物的基础施工,而不致对其产生不利的影晌。

(2)采用盖挖法施工,占地宽度比一般明挖法小,且无振动和噪声。

(3)盖挖法的顶盖一般均距地表面很近,这可缩短从破坏路面、修筑顶盖到恢复路面所需的时间,从而最大限度地减少对地面交通的干扰。对宽度较大的双跨或三跨结构尚可对顶盖进行横向分段施工,有利于地面交通的恢复。

(4)盖挖法由于是自上而下施工的,先修顶盖成为基坑内的一道横撑,如为多层结构,则盖板均起到支撑的作用,从而可免去或减少施工时的水平支撑系统。

(5)盖挖法是在松软地层中修筑地下多层建筑物的最好方法,与暗挖法和明挖法相比,暗挖法由于其断面形状和工艺特征,除岩石地层外,难以修筑多层结构;明挖法如基坑开挖过深,支护亦困难;而盖挖法只要将边墙修筑至一定深度,便可自上而下逐层开挖,逐层建筑,使修筑地下多层结构比较容易实现。

总之,盖挖法兼有明挖和暗挖法的优点,而其造价根据国内外经验,只比明挖法高约10%,大大低于暗挖法的造价。

1.1.4 盖挖法的施工工序

盖挖法按其主体结构的施工顺序,可分为盖挖顺作法、盖挖逆作法和盖挖半逆作法三种方法。

1. 盖挖顺作法

在路面交通不能长期中断的道路下修建地下建筑物时,则可采用盖挖顺作法。这种方法是在现有道路上,按所需宽度,由地表面完成挡土结构后,以定型的预制标准覆盖结构(包括纵、横梁和路面板)置于挡土结构上维持交通,往下反复进行开挖和加设横撑,直至设计高程。依序由下而上建筑主体结构和防水设施,回填土并恢复管线或埋设新的管线。最后,根据需要拆除挡土结构的外露部分并恢复道路,如图1.2所示。

盖挖顺作法主要是根据现场条件、地下水位高低、开挖深度及周围建筑物的临近程度来选择钢筋混凝土钻(挖)孔灌注桩或地下连续墙作为挡土结构。对于饱和的软弱地层,应以刚度大、止水性能好的地下连续墙为首选方案。随着施工技术的不断进步,工程质量和精度更易于掌握,因此盖挖顺作法中的挡土结构常用来作为地下建筑物主体结构边墙体的一部分或全部。

如开挖宽度很大,为了缩短横撑的自由长度,防止横撑失稳,并承受横撑倾斜时产生的垂直分力及行驶于覆盖结构上的车辆荷载和吊挂于覆盖结构下的管线重量,经常需要在建造挡土结构的同时建造中间桩柱以支撑横撑。中间桩柱可以是钢筋混凝土钻(挖)孔灌注桩,也可以采用预制的打入桩(钢或钢筋混凝土材料的)。中间桩柱一般为临时性结构,在主体结构完成时将其拆除。为了增加中间桩柱的承载力或减少其入土深度,可以采用底部扩孔桩或挤扩孔桩。

2. 盖挖逆作法

如果开挖面较大、覆土较浅、周围沿线建筑物过于靠近,为防止开挖基坑而引起临近建筑

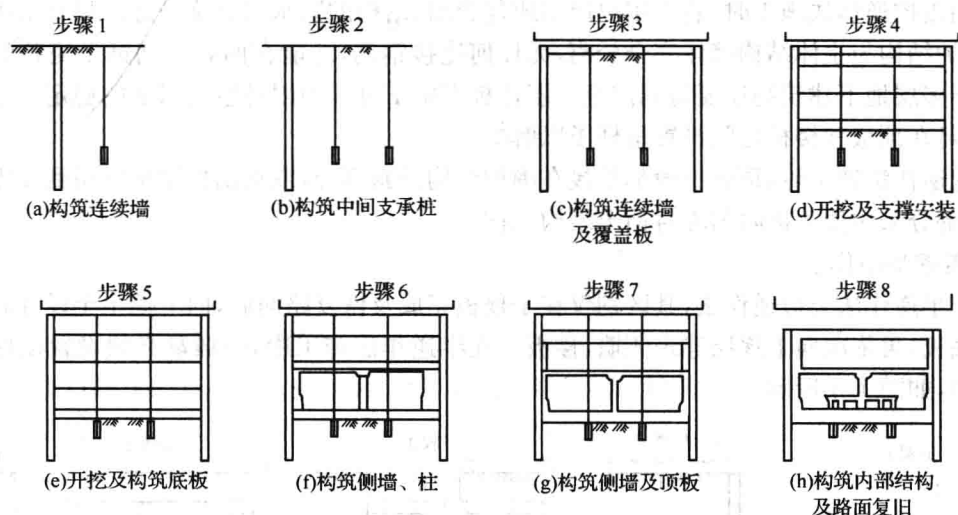


图 1.2 盖挖顺作法的一般步骤示意图

物沉陷,或需尽早恢复路面交通,但又缺乏定型覆盖结构时,可采用盖挖逆作法施工。其施工步骤是,先在地表面向下做基坑围护结构和中间桩柱,和盖挖顺作法一样,基坑围护结构多采用地下连续墙、钻孔灌注桩和人工挖孔桩,随后即可开挖表层土至主体结构顶板底面高程,利用未开挖的土体作为土模来浇筑顶板。此顶板还可以作为一道强有力的横撑,以防止围护结构向基坑内变形。待回填土后将道路复原,恢复交通。以后的工作都在顶板覆盖下进行,即自上而下逐层开挖并建造主体结构直至底板。在特别软弱的地层中,且邻近地面已有建筑物时,除以顶板(或楼板)作为围护结构的横撑外,还需设置一定数量的临时横撑,并施加不小于横撑设计轴力 70%~80%的预应力,如图 1.3 所示。

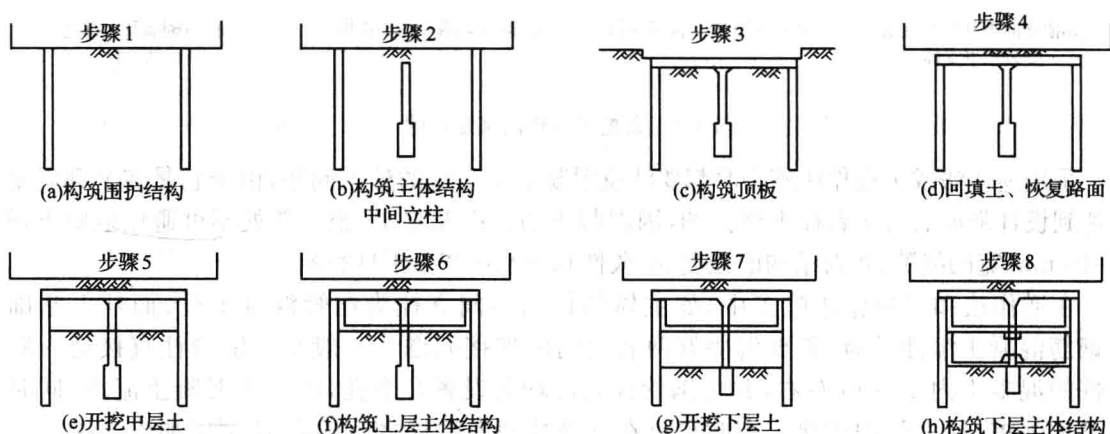


图 1.3 盖挖逆作法的一般步骤

为了减少围护结构及中间桩柱的入土深度,可以在做围护结构和中间桩柱之前,用暗挖法预先做好它们下面的底纵梁,以扩大承载面积。当然,这必须在工程地质条件允许暗挖施工时才可能实现,而且在开挖最下一层土和浇注底板前,由于围护结构和中间桩柱尚未入土,故必须采取措施,如设置横撑以增加它们的稳定性。

采用盖挖逆作法施工时,若采用单层墙或复合墙,结构的防水层较难做好。只有采用双层墙,即围护结构与主体结构墙体完全分离,无任何连接钢筋,才能在两者之间铺设完整的防水层。对于多层地下建筑物还要特别注意中层楼板在施工过程中因悬空而引起的稳定和强度问题,一般可在顶板和楼板之间设置吊杆予以解决。

盖挖逆作法施工时,顶板一般都搭接在围护结构外露部分,或将围护结构仅做到顶板搭接处,其余部分采用便于拆除的临时挡土结构围护。

3. 盖挖半逆作法

盖挖半逆作法类似逆作法,其区别仅在于顶板完成及恢复路面后,向下挖土至设计高程后先建筑底板,再依次向上逐层建筑侧墙、楼板。在半逆作法施工中,一般都必须设置横撑并施加预应力,如图 1.4 所示。

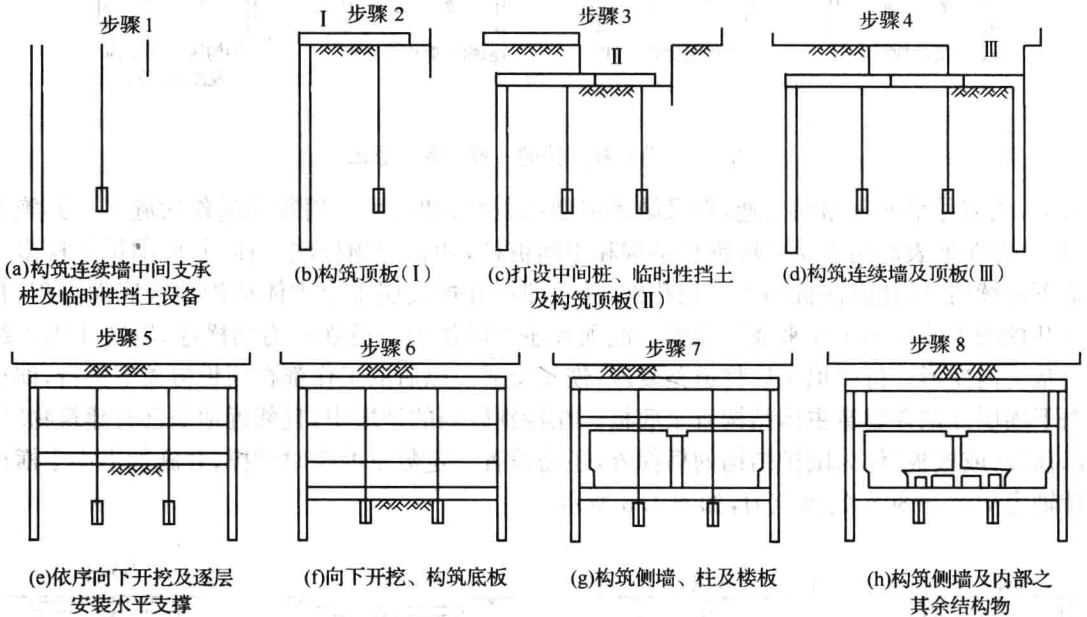


图 1.4 盖挖半逆作法施工步骤

采用逆作法或半逆作法施工时都要注意混凝土施工缝的处理问题,由于它是在上部混凝土达到设计强度后再接着往下浇注的,因混凝土的收缩及泌水,施工缝处不可避免地要出现 3~10 mm 宽的缝隙,将对结构的强度、耐久性和防水性产生不良影响。

在逆作法和半逆作法施工中,如主体结构的中立柱为钢管混凝土柱,而柱下基础为钢筋混凝土灌注桩时,需要解决好两者之间的连接问题。一般是将钢管柱直接插入灌注桩的混凝土内 1.0 m 左右,并在钢管柱底部均匀设置几个孔,以利于混凝土流动,同时也可加强桩、柱之间的连接。有时也可在钢管柱和灌注桩之间插入 H 型钢加以连接。

工作任务 1.2 掌握基坑种类及其对土质的适应性

根据基坑边坡稳定的技术措施和围护结构的不同,可将明(盖)挖法施工中的基坑分为敞口放坡基坑和有围护结构的基坑: