



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
高等职业教育测绘类专业“十二五”规划教材

城市轨道交通 工程施工测量

CHENGSHI GUIDAO JIAOTONG GONGCHENG SHIGONG CELIANG

杜晓波 张莉 主编 ■
刘伟楠 副主编 ■



中国铁道出版社
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
高等职业教育测绘类专业“十二五”规划教材

城市轨道交通工程施工测量

杜晓波 张 莉 主 编
刘伟楠 副主编
崔吉福 李养卫 主 审

中国铁道出版社

2013年·北京

内 容 简 介

本书为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,全书共分17个项目,内容主要包括:城市轨道交通工程概述、高程测量、角度测量、距离与方向测量、全站仪测量、测量误差、控制测量、全球卫星导航系统、地形图及其应用、线路的曲线测设、断面测量、联系测量、明挖结构施工测量、盾构施工测量、高架桥梁施工测量、地铁隧道施工中的变形监测和城市轨道交通铺轨施工测量。

本书可作为高职院校地铁与轻轨工程、土木工程、交通工程、隧道工程、铁道工程类专业教科书,也可用于岩土工程、工民建、道路等专业技术工作者及大中专院校师生、短训班学员的参考书,对从事地铁与轻轨工程勘察设计、施工、监理、监测和科学研究的人员也有一定的参考学习价值。

图书在版编目(CIP)数据

城市轨道交通工程施工测量/杜晓波,张莉主编. —北京:中国铁道出版社,2013.1
全国铁道职业教育教学指导委员会规划教材 高等职业教育测绘类专业“十二五”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
ISBN 978-7-113-15778-4

I. ①城… II. ①杜… ②张… III. ①城市铁路—铁路工程—施工测量—高等职业教育—教材 IV. ①U239.5

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 001134 号

书 名:城市轨道交通工程施工测量

作 者:杜晓波 张 莉 主编 刘伟楠 副主编

策 划:刘红梅 电话:010-51873133 邮箱:mm2005td@126.com 读者热线:400-668-0820

责任编辑:刘红梅

封面设计:崔丽芳

责任校对:焦桂荣

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.51eds.com>

印 刷:北京新魏印刷厂

版 次:2013年1月第1版 2013年1月第1次印刷

开 本:787 mm×1 092 mm 1/16 印张:21.5 字数:540 千

印 数:1~3 000 册

书 号:ISBN 978-7-113-15778-4

定 价:43.00 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,请与本社教材图书营销部联系调换。电话:(010)63550836

打击盗版举报电话:(010)63549504



前言

随着城市轨道交通建设的迅速发展,城市轨道交通工程测量技术也得到了长足的发展,本教材是在传统工程测量教材的基础之上融入城市轨道交通工程测量的最新技术,结合我国地铁施工测量的相关案例,按照教、学、做一体化的教学模式,以项目教学为主线、以典型工作任务为主要内容来编写,突出高等职业教育特色,力求浅显易懂,注重实用性。

本书主要以城市轨道交通工程施工阶段的测量工作为主要内容,包括地面控制测量、地下控制测量、铺轨测量、变形监测等。

全书由哈尔滨铁道职业技术学院杜晓波、包头铁道职业技术学院张莉任主编,哈尔滨铁道职业技术学院刘伟楠任副主编。其中杜晓波编写项目1、项目12、项目14、项目16,张莉编写项目2、项目3、项目6,刘伟楠编写项目7、项目11、项目13,包头铁道职业技术学院翟东风编写项目4、项目9,哈尔滨铁道职业技术学院蔡英利编写项目5、项目8、项目10,哈尔滨铁道职业技术学院刘巧静编写项目15,中铁一局集团有限公司新运工程公司高级工程师李伟编写项目17。全书由哈尔滨铁道职业技术学院崔吉福教授及中铁一局集团有限公司第二工程处高级工程师李养卫主审。

由于编者水平有限,难免存在一些不当之处,敬请同行专家和读者批评指正。

编者
2013年1月



目录

项目 1 城市轨道交通工程基本认知	1
典型工作任务 1 城市轨道交通工程建设认知	2
典型工作任务 2 城市轨道交通工程施工认知	5
典型工作任务 3 城市轨道交通工程测量的任务和内容认知	9
复习思考题	13
项目 2 高程测量	14
典型工作任务 1 水准测量原理认知	14
典型工作任务 2 水准测量的方法认知	24
典型工作任务 3 微倾式水准仪的检验与校正	36
典型工作任务 4 水准测量的误差及其削减方法	40
典型工作任务 5 电子水准仪	42
复习思考题	44
项目 3 角度测量	48
典型工作任务 1 角度测量原理认知	48
典型工作任务 2 光学经纬仪的结构与度盘读数	50
典型工作任务 3 水平角测量	58
典型工作任务 4 竖直角测量	62
典型工作任务 5 经纬仪检验和校正	67
典型工作任务 6 水平角测量误差分析	72
典型工作任务 7 电子经纬仪认知	74
复习思考题	81
项目 4 距离测量与方向测量	83
典型工作任务 1 钢尺量距	83
典型工作任务 2 视距测量	92
典型工作任务 3 直线定向	95
复习思考题	98
项目 5 全站仪测量	99
典型工作任务 1 全站仪认知	101
典型工作任务 2 角度测量与距离测量	104
典型工作任务 3 坐标测量	109
典型工作任务 4 坐标放样	113

	复习思考题	118
项目 6	测量误差	119
	典型工作任务 1 测量误差认知	120
	典型工作任务 2 评定误差指标认知	123
	典型工作任务 3 误差传播定律认知	125
	典型工作任务 4 贯通测量	131
	复习思考题	138
项目 7	控制测量	140
	典型工作任务 1 控制测量认知	140
	典型工作任务 2 导线测量	142
	典型工作任务 3 交会法定点	152
	典型工作任务 4 地下控制测量	154
	复习思考题	160
项目 8	全球卫星导航系统	162
	典型工作任务 1 GPS 基本认知	163
	典型工作任务 2 GPS 组成认知	166
	典型工作任务 3 GPS 定位基本原理认知	170
	典型工作任务 4 GPS 测量实施	173
	复习思考题	180
项目 9	地形图及其应用	181
	典型工作任务 1 地形图基本知识认知	181
	典型工作任务 2 地形图测绘	193
	典型工作任务 3 地形图应用	200
	复习思考题	209
项目 10	线路的曲线测设	211
	典型工作任务 1 圆曲线测设	213
	典型工作任务 2 加缓和曲线后圆曲线测设	217
	典型工作任务 3 遇障碍时曲线测设	221
	复习思考题	228
项目 11	断面测量	230
	典型工作任务 1 线路的纵断面测量	230
	典型工作任务 2 线路的横断面测量	240
	复习思考题	245
项目 12	联系测量	246
	典型工作任务 1 联系测量认知	247
	典型工作任务 2 定向测量	249
	典型工作任务 3 传递测量	253
	复习思考题	258
项目 13	明挖结构施工测量	259
	典型工作任务 1 基坑围护结构施工测量	260

典型工作任务 2	明挖主体结构施工测量	262
典型工作任务 3	明挖结构施工测量工程实例讲解	264
复习思考题	276	
项目 14	盾构施工测量	277
典型工作任务 1	盾构机 SLS-T 导向系统认知	279
典型工作任务 2	导向系统应用	281
典型工作任务 3	辅助测量	285
复习思考题	288	
项目 15	高架桥梁施工测量	289
典型工作任务 1	高架桥控制测量	292
典型工作任务 2	墩、台施工测量	294
典型工作任务 3	桥梁的架设测量及竣工测量	295
复习思考题	300	
项目 16	地铁隧道施工中的变形监测	301
典型工作任务 1	变形监测目的及原则认知	305
典型工作任务 2	变形监测基本方法认知	307
典型工作任务 3	变形监测的数据处理和信息反馈	316
复习思考题	321	
项目 17	城市轨道交通铺轨施工测量	322
典型工作任务 1	一般整体道床铺轨基标测量	324
典型工作任务 2	车场及列检库铺轨基标测量	330
复习思考题	333	
参考文献	334	

项目 1 城市轨道交通工程基本认知



项目描述

目前,中国已进入城市轨道交通建设的高峰阶段,发展城市轨道交通,不仅是缓解城市交通拥堵的有效措施,也是减少污染、方便居民出行、改善城市人居环境、保证城市可持续发展的必然要求。城市轨道交通工程测量作为工程测量的一个分支,随着轨道交通建设的发展也得到了不断的充实与提高。

本项目主要介绍了城市轨道交通工程建设概况、城市轨道交通工程施工简介、城市轨道交通工程测量的任务和内容。



拟实现的教学目标

1. 能力目标

- 掌握城市轨道交通施工的主要方法;
- 掌握施工阶段测量工作的主要内容。

2. 知识目标

- 掌握城市轨道交通工程测量的特点;
- 了解我国城市轨道交通的建设状况及发展前景;
- 掌握城市轨道交通工程测量的主要任务和内容。

3. 素质目标

- 具有独立思考、实事求是、开拓创新的科学精神;
- 养成分工协作的意识;
- 具备爱岗敬业、吃苦耐劳、团结合作的优良品质。



相关案例——哈尔滨地铁的发展

哈尔滨地铁是中国黑龙江省哈尔滨市的城市轨道交通系统,始建于2008年,然而工程的历史可追溯至1973年。总体规划有5条线和2条支线,总里程143 km,计划用20年的时间建成。估算总投资800亿元,其中一期工程投资83.6亿元,建设里程14.3 km,是哈尔滨市历史上最大的城市基础设施项目。

(1) 一期工程

一期工程于2008年9月29日开工。工程包括1号线的一部分,从哈尔滨东站到哈医大二院站,长14.3 km,设16个车站。工程沿东直路、东大直街、西大直街、学府路等交通干道铺线,全部为地下线。其中,从烟厂站到清滨公园站的一段利用既有6.3 km隧道和4个车站,

这使得建设经费节省了9亿元人民币。另设1个车辆段和1个控制中心。

(2) 规划工程

二期工程包括两部分:1号线延长段,从哈医大二院站向南延伸至哈尔滨南站,设2个站;3号线一段,从清滨公园站至汽轮机厂站,设6个站,利用既有线。清滨公园站成为两线的换乘站。

这一阶段工程预计2014年完工。

三期工程将完成3号环线的建设。环线大致沿二环路布线,设17个站,太平桥站将成为两线的第二个换乘站。预计2018年完工。

(3) 远期工程

远期将完成1号线的建设,并新建2号线、4号线及其支线、5号线及其支线。4号线和5号线将经过哈尔滨西站。国家发改委已经批准1号线和环线3号线的建设规划,3号线可研报告正在审批中,跨越松花江的两条线路——2号线和4号线可能延长至呼兰区,4号线可能改成轻轨。

典型工作任务 1 城市轨道交通工程建设认知

1.1.1 工作任务

通过本部分知识的学习,主要达到以下目的:

- (1)了解世界及我国城市轨道交通发展的情况;
- (2)了解我国城市轨道交通的发展前景。

1.1.2 相关配套知识

1. 世界城市轨道交通概况

城市轨道交通是指在不同形式轨道上运行的大、中运量的城市公共交通工具,是当代城市中地铁、轻轨、单轨铁路、自动导向、短途磁悬浮等轨道交通的总称。世界城市轨道交通的发展距今已有140多年历史,早在1863年世界上第一条用蒸汽机车牵引的地下铁道线路在英国伦敦建成通车。列车在地下隧道内运行,隧道里烟雾熏人,但当时的伦敦市民甚至皇亲贵仍争先乘坐,因为地铁列车的速度毕竟快于拥堵不堪的伦敦地面街道上的公共马车。地下铁道诞生之初就以速度快捷的优势赢得了市民的青睐。

世界第一条地下铁道的诞生,为人口稠密的大都市如何发展公共交通提供了宝贵的经验,特别是到1879年电力驱动机车的研制成功,使地下客运环境和服务条件得到了空前的改善,地铁作为公共交通显示出强大的生命力。从此以后,地下铁道在世界一些著名的大都市相继得到发展,其中在1863~1899年期间,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座城市率先建成了地下铁道。在进入20世纪的最初24年间(1900~1924年),在欧洲和美洲又有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。1925~1949年,期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,前苏联的莫斯科等少数城市在此期间修建了地铁。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,前苏联的列宁格勒、基辅,日本的名古屋、横滨,韩国的汉城(今

称首尔)以及中国的北京等约 30 座城市相继建成了地铁。

近些年,随着城市人口迅速增加,导致车辆增多,给城市带来交通拥挤、环境污染与能源危机等一系列问题。面对世界城市和城市人口不断增加的状况,世界上各大城市都存在“乘车难”和“行路难”的问题,因此发展城市公共交通、缓解交通拥挤是当前世界大城市迫切需要解决的问题。地铁与城市中其他交通形式相比,除了能避免城市地面拥挤和充分利用空间外,还有很多优点:一是运量大,地铁列车的运输能力要比地面公共汽车大 7~10 倍,是任何城市交通工具所不能比拟的;二是速度快,地铁列车在地下隧道内风驰电掣地行驶,时速可超过 100 km;三是无污染,地铁列车以电力作为动力,不存在空气污染问题。因此城市轨道交通受到各国政府的青睐。

第二次世界大战结束时,全世界只有 20 座城市建有地铁,现在世界地铁发展令人瞩目。目前世界上已有 40 多个国家和地区的 130 多座城市都建造了地下铁道,累计地铁线路总长度约为 5 500 km,年客运总量为 250 多亿人次。世界上很多大城市的地下都已构筑起一个上下数层、四通八达的地铁网,有的还在地下设立商业设施和娱乐场所,与地铁一起形成一个地下城。一些地铁车站建筑构思新颖,气势磅礴,富有艺术特色,乘客进入地铁车站,犹如置身于富丽堂皇的地下宫殿,这些地铁车站以其迷人的魅力吸引着各国旅行者,并成为该地的重要旅游景点。还有很多国家的地铁与地面铁路、高架道路等联合构成高速道路网,解决了城市紧张的交通运输问题。城市轨道交通现代化的发展,已成为城市交通现代化的重要标志之一。

2. 我国城市轨道交通的建设状况

进入 21 世纪以来,我国城市轨道交通建设步入了快速发展的轨道,尤其是北京、上海分别以 2008 年奥运会和 2010 年世博会召开等国际活动为契机,城市轨道交通长足发展。广州、深圳、南京、苏州、杭州、天津、大连等城市也以珠江三角洲、长江三角洲、环渤海地区的经济腾飞等为时机,大力发展城市轨道交通建设,其他城市地铁、轻轨等城市轨道交通的建设也日趋活跃。

(1) 城市轨道交通建设状况

① 我国已经建成的城市轨道交通线路

我国城市轨道交通建设经过近几年的快速发展,目前,除港澳台地区外,北京、天津、上海、广州、深圳、南京、重庆、武汉、沈阳、长春 10 座城市的地铁、城铁、轻轨、高速磁悬浮线、高架轨道交通线、现代有轨电车线等城市轨道交通线路已建成通车,并进行快速轨道交通运营,总运营里程达 770 km。

虽然我国城市轨道交通总体规模较小,但已经体现出了比常规的公共交通更高的运输效率。例如,北京城市轨道交通运营里程占公共交通总运营里程约 1%,其客运量约占公交客运量的 11%;上海城市轨道交通运营里程占公共交通总运营里程约 0.7%,其客运量约占公交客运量的 15%。

城市轨道交通不仅缓解了城市中心区的交通拥挤问题,同时引导了城市空间结构的合理发展。例如北京地铁八通线、13 号线的建设带动了北京市边缘地区的土地开发;广州地铁 3 号线、大连轻轨 3 号线等加强了城市中心区与边缘地区或城镇的联系和发展。

② 正在建设的城市轨道交通

到目前为止,全国除港澳台地区外,在建的城市轨道交通线路长约 1 100 km,覆盖北京、上海、天津、广州、深圳、武汉、南京、重庆、长春、哈尔滨、沈阳、杭州、西安、成都、苏州等 15 个城市,城市轨道交通线网规划总长度达 1 700 km,总投资 6 000 亿元。

③ 正在筹备建设的城市轨道交通

从城市轨道交通线网的规划而言,北京规划总里程约 1 000 km,为全国之首;上海规划总里程约 780 km(不计磁悬浮线);广州规划总里程约 554 km;天津规划 234 km;南京规划 263 km;重庆规划 325 km。其他已做了城市轨道交通线网规划的城市,其规划线路长度一般都在 100~200 km 左右。到 2010 年底,我国已有 36 座城市向国家主管部门上报了城市轨道交通建设规划,其中有 28 座城市的轨道交通近期建设规划得到政府批准,共规划线路 90 多条,总里程约 2 700 km,总投资超过 10 720 亿元。

④有意向建设城市轨道交通的城市

目前,全国还有几乎包括所有省会的 20 多座城市有意向建设城市轨道交通,除前述城市外,还有石家庄、太原、济南、乌鲁木齐、兰州 5 个城市的轨道交通规划在上报中。另外,徐州、大理白族自治州、海口、包头、温州、洛阳、株洲、济宁、柳州等城市也都有发展城市轨道交通尤其是地铁项目的意向。从全国已建、在建、筹建乃至有意向建设城市轨道交通的状况来看,我国城市轨道交通建设和发展势头迅猛。

(2)城际轨道交通的建设方兴未艾

由于城市化进程的加快,城市群、城市带频频出现,城际轨道交通应运而生。实际上城市轨道交通的延伸和扩展,如珠江三角洲、长江三角洲、环渤海湾地区等经济的发展,必然对物流、人流提出新的要求,城际区域快速轨道交通的建设也正在兴起。

城际区域快速轨道交通的类型包括高速铁路、地铁、轻轨等形式。珠江三角洲经济区在全国率先完成了城际区域快速轨道交通的发展规划。它以广州为中心,连接周边主要城市,广深(圳)、广珠(海)经济带为主轴,以广惠(州)、广开(平)、广肇(庆)、广从(化)为发展轴,近期规划轨道线路 595 km,远期衔接港澳地区,规划线路近 900 km。列车运行的最高速度分为 4 个层次:近郊线 120 km/h,城际线 160 km/h,城际快线 200 km/h,直达快速线 300 km/h。

3. 我国城市轨道交通发展前景

当前,我国大中城市普遍存在着道路拥挤、车辆堵塞、交通秩序不畅的现象,并成为城市发展的“瓶颈”问题。随着我国城市规模和经济建设飞速的发展,城市化进程在逐步加快,城市人口在急剧增加,大量流动人口涌进城市,人员出行和物资交流频繁,交通需求急剧增长,城市交通供需矛盾日趋紧张。发展以轨道交通为骨干、以常规公交为主体的公共交通体系,为城市居民提供安全、快速、舒适的交通环境,引导城市居民使用公共交通系统是国外大城市解决城市交通问题的成功经验,也是我国大城市解决交通问题的唯一途径。

世界各国轨道交通的发展说明,轨道交通的发展无不和与之发展相配套的技术经济政策密切相关。我国城市轨道交通现已进入快速发展阶段,在把握机遇、快速发展的同时,更应重视政策的指导作用。从新世纪开始,国家首次把“发展城市轨道交通”列入国民经济“十五”计划发展纲要,并作为拉动国民经济特别是大城市经济持续发展的重大战略。轨道交通发展开始强调与城市环境的协调统一。北京、上海、广州三大城市轨道交通建设和运营实践证明了城市轨道交通的发展对解决大城市交通拥堵、提高环境质量、调整城市区域结构和产业布局以及拉动城市社会经济持续发展和合理布局的突出作用。城市轨道交通的发展解决了远距离上下班空间距离与时间的矛盾,并提高了居民的生活质量,促进了城市合理布局的形成。

这一时期,国家不仅开始注重轨道交通的发展建设,加大了对轨道交通的建设投入,同时其相关政策也在逐步完善,制定了轨道交通的发展政策、建设规划政策、产业性及标准性政策等。主要内容为:“大力发展公共交通,目前以公共汽车、无轨电车为主,发展出租汽车。特大城市应逐步发展快速有轨电车、高架和地下铁道,吸引更多居民使用公共交通”。

伴随着我国社会经济的不断发展和进步,不同类型的轨道交通也进入了并行发展时期,呈现出多元化发展趋势,并开始注重轨道交通与城市环境的协调发展。据有关部门预测,未来10年新建各种类型的轨道交通将达到1 000 km左右,全国投资总规模将达几千亿元,我国城市轨道交通进入了快速发展时期。

典型工作任务2 城市轨道交通工程施工认知

1.2.1 工作任务

通过本部分知识的学习,主要达到以下目的:

- (1)掌握地下工程施工的特点;
- (2)掌握隧道工程施工的现状与存在的问题;
- (3)掌握城市轨道交通工程施工的主要方法。

1.2.2 相关配套知识

1. 地下隧道工程施工基本认识

地下结构物是多种多样的,构筑地下结构物的施工技术也是多种多样的。这些施工技术的形成和发展与地下结构物的施工特性有关。因此,首先要充分了解地下施工的特性。

概括地说,地下施工具有以下特性:

- (1)隐蔽性大;
- (2)作业的循环性强;
- (3)作业空间有限;
- (4)作业的综合性;
- (5)施工是动态的,施工过程的力学状态是变化的,围岩的物理力学性质也是变化的;
- (6)作业环境恶劣;
- (7)施工的风险性大。

各种施工技术必须考虑这些特性,才能够发挥其作用。

地下结构物竣工后,我们只能看到外观,而其内部及结构物背后的状态是隐蔽的。严格意义上说,地下工程是一个隐蔽工程。我们要求结构物做到“内实外美”,就是说,要把隐蔽的工程做到实处,不留后患。

一般的地下结构物都是纵长的,施工是严格按照一定的顺序循环作业的。如开挖就是按照“钻孔→装药→爆破→通风→出渣”的循环,一步一步地循环开挖,直到最后隧道贯通。这种循环性是地下施工最具特色的一点,也是我们组织施工的基本原则。

地下结构物通常都是在地下一定深度修筑的,结构物的尺寸受到极大限制,这也就决定了施工空间的尺寸和形状。在有限的空间内进行施工,投入的人力和机械都不能够“畅所欲言”,要考虑有限空间这个特点。因此像地面工程中使用的大型机械,是很难在地下工程中发挥其作用的,必须采用适合地下工程有限空间的施工机械和施工方法。

地下施工由多种作业构成,开挖、支护、出渣运输、通风及除尘、防水及排水、供电、供风、供水、二衬等作业缺一不可。每一项作业搞得不好都会影响全局。因此,地下施工的综合性很强。这就要求我们必须有良好的施工管理和施工组织经验,才能使工程有序快速的进展。

地下结构的力学状态是极为复杂的,其复杂程度直到目前还有许多不清楚的地方。我们

只能在修筑地下结构物的整个过程中,逐渐地去认识和了解它的力学状态变化,并通过各种手段尽力控制和调整结构的力学状态变化。施工过程,从力学角度看,就是控制和调整这个力学状态变化的过程,施工技术也就是控制和调整这个力学状态的手段和方法,理解这一点是极为重要的。

地下施工的作业环境比较差,黑暗、潮湿、粉尘多,在恶劣的地质条件下,还有安全的问题。因此,如何创造一个安全、舒适和工厂化的作业环境,就成为地下施工技术要解决的重要课题。

最后,风险性与隐蔽性是关联的,施工人员必须经常关注隧道施工的风险性。特别是在不良地质条件下,更要有风险意识和应变意识。

目前,在地下工程,也包括隧道施工中出现的问题,许多是由于对上述地下施工特性认识不充分或没有认识所造成的。因此,提高对地下施工特性的认识是十分必要的。

2. 隧道工程施工的现状与存在的问题

隧道施工方法是多种多样的,目前我国隧道施工经常采用的施工方法有全断面法、台阶法和分部开挖法三大类。另外在大断面隧道施工中采用单侧壁法(中隔壁法)和双侧壁法(眼镜法)。

在当前的施工实践中,采用最多的是台阶法,其次是全断面法。由于施工机械的开发和辅助工法的采用,施工方法有向更多地采用全断面法,特别是全断面法与超短台阶法结合的发展趋势,即施工方法有向全地质型方法转变的趋势。因此,选择施工方法并不完全取决于地质条件,地质条件仅仅是选择施工方法的一个因素,而更应强调的是:隧道施工方法必须符合快速、安全、质量及环境的要求。其中环境因素有时成为确定施工方法的决定性因素。

因此,选择施工方法时要考虑的基本因素大体上可归纳为:

(1)施工条件:实践证明,施工条件是决定施工方法的最基本因素,它包括一个施工队伍所具备的施工能力、素质以及管理水平。目前我国隧道施工队伍的素质和施工装备水平,有高低,参差不齐,因此,在选择施工方法时,不能不考虑这个因素的影响。

(2)围岩条件:也就是地质条件,其中包括围岩级别、地下水及不良地质现象等。围岩级别是对围岩工程性质的综合判定,对施工方法的选择起着重要的甚至是决定性的作用。从施工技术的发展趋势看,地质条件虽然是重要的,但基本施工方法的变化却不显著。例如全断面法和超短台阶法的结合以及全地质掘进机及自由断面掘进机等的开发都说明了这一点。

(3)隧道断面积:隧道尺寸和形状,对施工方法选择也有一定的影响。目前隧道断面有向大断面方向发展的趋势,如公路隧道已开始修建3车道甚至4车道的大断面,水工隧道工程中的大断面洞室,更是屡见不鲜。在这种情况下,施工方法必须适应其发展。在单线和双线的地铁地下车站、铁路隧道、双车道公路隧道中,越来越多地采用了全断面法及台阶法;而在更大断面的隧道工程中,先采用各种方法修小断面的导坑,再扩大形成全断面的施工方法极为盛行。

(4)埋深:隧道埋深与围岩的初始应力场与多种因素有关,通常将埋深分为浅埋和深埋两类,有时将浅埋又分为超浅埋和浅埋两类。在同样地质条件下,由于埋深的不同,施工方法也将有很大差异。

(5)工期:作为设计条件之一的施工工期,在一定程度上会影响基本施工方法的选择。因为工期决定了在均衡生产的条件下,对开挖、运输等综合生产能力的基本要求,即对施工均衡速度、机械化水平和管理模式的要求。

(6)环境条件:当隧道施工对周围环境产生如爆破振动、地表下沉、噪声、地下水条件的变

化等不良影响时,环境条件也应成为选择隧道施工方法的重要因素之一,在城市条件下,甚至会成为选择施工方法的决定性因素。

在施工方法中应该澄清一个问题,就是对新奥法的认识问题。目前大家对新奥法的认识并不完全一致,有的认为它是一种施工方法,有的认为它是一种概念、理念或原则。专家认为这种争论并没有什么实质性意义。地下工程的修建已经有很长的历史,我们积累的经验教训是十分丰富的,像日本的“隧道十训”、奥地利的“22点原理”等,以及英国法、法国法、德国法、比利时法等,这些方法虽然是依据当时的技术条件和技术理论形成的,但它也同样体现了隧道施工的基本原则——充分利用围岩的自身支护能力,同时支护要及时。

暗挖法是针对明挖法而言的,矿山法则是暗挖法中的一种方法,而新奥法则是矿山法中的一种方法。因此,从严格的意义上说,新奥法与过去所谓的上下导坑法、漏斗棚架法等都是相同的方法,但它是以前发展的施工技术(喷混凝土、锚杆等)为依托的方法,这也是新奥法命名的精髓所在。

在长期的工程实践中,不管是哪种方法,都必须正确地坚持隧道施工的基本原则。这些原则不仅是在长期的施工实践中积累起来的经验教训的结晶,而且也是得到理论研究证实的。

归纳起来,施工中不管采用哪种方法,都必须遵循的基本技术原则是:

(1)因为围岩是隧道的主要承载单元,所以要在施工中充分保护和爱护围岩。避免过度破坏和损伤遗留围岩的强度,使围岩尽量保留既有的质量,是最重要最基本的原则。这在任何施工方法中都是一样的,像古老的黄土窑洞、无衬砌的岩石洞室等的修建就完全遵守了这个原则。

(2)为了充分发挥围岩的结构作用,应容许围岩有可控制的变形。一方面容许变形达到不在围岩中形成松弛的量级,另一方面必须限制它,使围岩不会过度松弛而丧失或大大降低承载能力;而在浅埋或地表下沉受到控制的条件下,及时控制变形和松弛及其发展是非常重要的。

(3)变形的控制主要是通过支护阻力(即各种支护结构)的效应达到的。因此,在施工中必须合理地确定支护结构的类型、支护结构参与工作的时间、各种支护手段的相互配合、断面封闭时间、一次掘进长度等。

(4)在施工中,必须进行实地量测监控,及时提出可靠的、足够数量的量测信息,以指导施工和设计。有人认为,量测是“新奥法”的重要组成部分,实际上,在新奥法之前,量测监控的技术早已存在,例如,量测木支撑的横梁弯曲(挠度),用锤击法判定支柱的受力状况等。即使从今天的眼光看,这些技术仍然有其使用价值。

(5)在选择支护手段时,一般应选择能大面积、牢固地与围岩紧密接触的、能及时施设和应变能力强的支护手段。因此多采用喷混凝土并与锚杆、金属网联合使用,有时也要与钢支撑或格栅等配合使用;临时仰拱也是重要的、不容忽视的支护手段。

(6)要特别注意,隧道施工过程是围岩力学状态不断变化的过程。减少开挖分部,也就有可能减少因分部过多而引起的围岩内的应力变化和围岩松弛。因此,在有可能的条件下,应尽量采用全断面或大断面分部的开挖方法。

(7)在任何情况下,使隧道断面能在较短时间内闭合是极为重要的。在岩石隧道中,因围岩的结构作用,能够“自封闭”。而在软弱围岩中,则必须改变“重视上部、忽视底部”的观点,应尽量采用能先修筑仰拱(或临时仰拱)或底板的施工方法,使断面及早闭合。

(8)为保证二次衬砌的质量和整体性,在任何情况下,都应采用先墙后拱的施工顺序。

(9)在隧道施工过程中,必须建立设计—施工检验—地质预测—量测反馈—修正设计的一体化的施工管理系统,以不断地提高和完善隧道施工技术。

在实际施工过程中,这些原则也不是一成不变的,应该结合实际情况进行完善和提高。

我国在使用矿山法修筑隧道时,目前存在的主要问题集中在以下几个方面:

(1)施工阶段地质判断技术不完善,缺乏有效的判断方法和手段。

(2)隧道施工方法,特别是软弱破碎围岩的施工方法的工厂化程度有待提高。

(3)在施工中没有牢固树立“保护围岩、爱护围岩”的观点和理念,不能有效地控制对遗留围岩的损伤和松弛。

(4)“重外美、轻内实”,结构存在隐患,如:衬砌背后充填不密实,甚至留有空洞;衬砌厚度不足;衬砌初期开裂普遍存在;基底处理不彻底,运营不久出现翻浆冒泥现象等。

(5)地下水处理始终是薄弱环节,防水工程质量欠佳,渗水、漏水现象时有发生。

(6)环境意识薄弱,洞内施工作业环境欠佳,减少对周边环境和结构物影响的措施不力。

(7)施工阶段工程质量的检测体制不完善,更为重要的是缺乏有效的检测手段和方法。

(8)应变能力不强,一旦出现施工灾害,有时束手无策。

(9)没有真正地实现动态施工和管理。

实质上,以上几点也是衡量隧道施工技术水平的重要标志。

出现这些问题主要与施工技术和施工管理有关。当然隧道工程中存在的问题是多方面的,有设计、施工方面的,也有业主、监理方面的;有深层次上的问题,也有面上的问题。但总的来看,施工技术和严格的施工管理是关键。

3. 地下隧道的施工方法

地铁区间隧道施工方法选择主要受工程地质、水文地质、地形地貌、沿线环境的要求,施工单位的技术水平、施工进度、经济条件等因素限制。

地下工程和地面工程不同,在初步设计、施工图设计之前,设计院要对基本的施工方法进行确认,在此方法基础上所做的设计才是切实可行的。施工工艺方案选择得当,施工机械配套合适,工程往往成功一半;反之,施工机械不当,施工方法不合理,就会导致施工中遇到许多困难,甚至失败,不得不改用其他施工方法。

常用地铁区间隧道的施工方法有明挖法、矿山法(钻爆法)、暗挖法(软土)、盾构和顶管法、凿岩机法(TBM)等。在沿海城市,饱和软土地层中修建隧道,最好的施工方法应是盾构法、顶管法,而明挖法则对环境造成太大的影响,干扰城市政治、经济文化生活。山区城市则应以新奥法,信息反馈施工,有更高的经济效益,在条件允许的情况下,则应推广 TBM(Tunnel Boring Machine)施工方法。

地铁车站常用的施工方法有明挖法、矿山法(新奥法)、浅埋暗挖法、盖挖法、逆作法(半逆作法)、异型盾构(或凿岩机法)等。地铁车站施工方法选择,很大程度上要考虑环境的要求,因为地铁车站大多定位在城市政治、经济、文化、交通中心区域附近。在地铁车站施工中,考虑的影响因素很多。例如,在施工中长时间中断交通;泥浆、粉尘、噪声、振动污染给居民生活带来的影响;地面沉降变形引起建筑物、构筑物开裂导致工程事故,造成经济损失和不良的社会影响。故在大城市闹市区修建地铁车站,一般先构筑连续墙(或桩排墙)和中柱,然后修建顶盖并恢复交通,以后在顶盖保护下完成地铁站厅和站台的工程施工,这也就是通常所谓的盖挖法。此法在上海地铁1号线陕西南路站、黄陂路站,北京地铁天安门东站、西站施工中均成功采用。选择正确的施工方法也应依据不同的地质情况、工作环境,综合考虑施工

进度及安全经济方面的矛盾因素。在城市建筑物密集地区修建地铁车站,盖挖法和逆作法应是首选的方法。多条地铁交叉的深埋换乘站,根据国外的经验,应该采用两圆、三圆异形盾构掘进机施工。

典型工作任务3 城市轨道交通工程测量的任务和-content 认知

1.3.1 工作任务

通过本部分知识的学习,主要达到以下目的:

- (1)了解城市轨道交通工程测量的特点;
- (2)了解城市轨道交通工程测量的主要任务和-content。

1.3.2 相关配套知识

1. 测量学的概念及分类

测量学是测绘科学的重要组成部分,是研究地球形状和大小以及确定地球表面(含空中、地表、地下和海洋)物体的空间位置,并对这些空间位置信息进行计算、分析处理、储存、管理的科学。

测绘科学是一门既古老而又在不断发展中的学科。按照研究范围和对象及采用技术的不同,可以分为大地测量学、普通测量学、摄影测量学、海洋测量学、工程测量学和地图制图学6个学科。其中,普通测量学是不顾及地球曲率的影响,研究在地球表面局部区域内测绘工作的理论、技术和方法的学科;工程测量学是研究工程建设在设计,施工和管理各阶段进行测量工作的理论、技术和方法的学科。

2. 工程测量学的任务及作用

工程测量学的主要任务是测绘大比例尺地形图、建筑物的施工测量和建筑物的变形观测。在国民经济建设的勘测、设计、施工、竣工及养护维修各阶段都需要测绘工作。

在各类土木工程建设中,从勘测设计阶段到施工、竣工阶段,都需要进行大量的测绘工作。例如,铁路、公路在建造之前,为了确定一条最经济合理的路线,事先必须进行该地带的测量工作,由测量的成果绘制带状地形图,在地形图上进行线路设计,然后将设计路线的位置标定在地面上以便进行施工;在路线跨越河流时必须建造桥梁,山地需要开挖隧道,开挖之前,必须在地形图上确定隧道的位置,并由测量数据来计算隧道的长度和方向;在隧道施工期间,通常从隧道两端开挖,这就需要根据测量的成果指示开挖方向等,使之符合设计要求。

3. 城市轨道交通工程测量的特点

城市轨道交通工程测量是工程测量的一个分支,是研究城市轨道交通工程和工程环境在建设及运营期间基础测绘、施工测量、变形监测等数据的采集、测设、处理、分析、预报以及测绘工作管理的理论和技术,是一门应用性学科。它主要以建筑工程、工程环境、施工机器设备和施工测量管理为研究服务对象,满足建设工程空间定位和测设、工程及其周边环境安全监测以及工程管理和监理等对测绘工作的要求。

城市轨道交通是城市公共交通的一种形式,包括地下、地面和高架3种结构方式的整体道床轨道工程体系。由于其在建筑物密集、地下管网繁多的城市环境中建设,且多为隧道、桥梁或深基础工程,在工程建设中工程能否准确按设计要求就位、施工中的自身结构安全、受施工影响的工程环境的安全等,对城市社会影响很大,社会公众和政府官员关注程度较高。加之为

节约工程造价预留的工程结构等限界裕量小,因此造成结构施工、铺轨、设备安装等工作需要高精度施工测量技术配合与保障,需要监控量测等技术手段进行实时安全监测。工程交付后的运营期间出于线路维护和改造的要求、沿线新建工程项目的影晌以及对不良地质条件地区和结构变形未稳定所必须延续进行的测量和监测等工作的需要,仍需长期进行高精度测量工作,因此城市轨道交通工程测量有其特殊要求和方 法。

(1)测量精度要求高

城市轨道交通为线形工程,为确保线路圆顺,施工中各环节工艺间施工容许偏差要求严。相邻点相对精度要求高。例如城市轨道交通工程测量规范要求卫星定位控制网相邻点的相对点位中误差小于 ± 10 mm,精密导线相邻点的相对点位中误差小于 ± 8 mm,铺轨精度要求小于2 mm;为保证工程和施工环境安全而进行的安全监测变形点的高程中误差精度小于 ± 1 mm,变形中误差精度小于 ± 6 mm等。

测量精度要求高加上作业环境条件差等因素不仅增加了施工测量的难度,有的还超出传统工程测量范畴,引入了大量的物理传感器,如应力计、应变片、压力盒、位移计、测斜仪、测力计等进行应力、应变和变形监测。这些对传统工程测量的方法、精度和实施都是新的课题。因此,在城市轨道交通工程测量中除按照传统精密工程测量技术进行高精度施工测量外,还应结合工程特点引进现代工程测量高新技术,并注重相关学科技术在施工测量中的渗透与融合,使城市轨道交通工程测量结合自身工程特点不断创新、完善和发展。

(2)测量作业环境差

测量作业干扰大,作业时间受限制,地下和夜间测量多,作业环境条件差等因素增加了施工测量难度。

4. 城市轨道交通工程测量的主要任务和内 容

城市轨道交通工程测量应满足其工程建设中的设计、施工和运营阶段对测量工作的需要。其内容主要包括地面测量、地面和地下联系测量、地下测量等3方面的工作。在设计阶段,为设计工作的各个阶段提供所需的地形图等基础或专项测绘资料;在施工阶段,为实现设计意图进行施工放样和设备安装、为施工安全进行监控量测、为完工的工程进行竣工测量等;在运营阶段线路维护和改造、结构变形监测等需要进行的测量工作。

(1)设计阶段测量工作主要内容

设计阶段分为可行性研究阶段、初步设计阶段、施工图设计阶段。在可行性研究阶段,测绘工作者需要提供的主要测绘产品有中、小比例尺地形图和其他设计要求的测量工作及成果;在初步设计阶段,测绘工作者应进行地面控制测量(首级卫星定位控制测量、精密导线测量、高程控制测量)、1:500地形图测量、管线测量和调查、地下建(构)筑物测量、跨越线路的建(构)筑物测量、水域地形测量、定线测量等,并提供相应测量成果;施工图设计阶段,应进行线路纵、横断面测量、线路中线测量、拆迁测量、设计委托的零星测量[毗邻或横跨线路的高压线测量、对线路有制约作用的特殊建(构)筑物测量等]工作,同时提供相应测量成果。

(2)施工阶段测量工作主要内容

施工阶段分为土建结构施工阶段、轨道和设备安装阶段、竣工阶段。土建结构施工阶段应进行加密施工控制测量、定线测量[建(构)筑物、线路施工定线等]、竖井联系测量、施工放线测量、限界测量、监控量测[包括线路、建筑结构自身和沿线重要建(构)筑物变形测量]和其他测量工作;轨道和设备安装阶段应进行铺轨基标测量、线路标志测量、延续和新增加的监控量测;竣工阶段应进行全线线路轨道竣工测量,区间、车站和附属建筑结构竣工测量,线路沿线设备