

◀ 高职城市轨道交通工程技术专业规划教材

城市轨道交通工程测量

CHENGSHI GUIDAO JIAOTONG GONGCHENG CELIANG

主 编 / 钱治国

副主编 / 赵效祖 马光花

主 审 / 江 斗 李奇峰



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

OK 高职城市轨道交通工程技术专业规划教材

城市轨道交通工程测量

CHENGSHI GUIDAO JIAOTONG GONGCHENG CELIANG 主 编 / 钱治国
副主编 / 赵效祖 马光花
主 审 / 江 斗 李奇峰



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

内 容 提 要

本书介绍了城市轨道交通工程中包括建筑施工、运营维护在内的各阶段测量工作。全书将测量内容整合为十三章,系统地介绍了测量理论和实操方法,并附以相关实例,供读者参考。

本书适于高职高专城市轨道交通工程技术专业学生用作教材使用,也可供相关专业工程技术人员参考使用。

图书在版编目(CIP)数据

城市轨道交通工程测量 / 钱治国主编. —北京:
人民交通出版社股份有限公司, 2014. 8

ISBN 978-7-114-11452-6

I. ①城… II. ①钱… III. ①城市铁路—铁路工程—
施工测量 IV. ①U239.5

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 114859 号

书 名: 城市轨道交通工程测量

著 者: 钱治国

责任编辑: 杜 琛

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外外馆斜街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: 北京盈盛恒通印刷有限公司

开 本: 787×1092 1/16

印 张: 19.25

字 数: 485 千

版 次: 2014 年 8 月 第 1 版

印 次: 2014 年 8 月 第 1 次印刷

书 号: ISBN 978-7-114-11452-6

定 价: 39.00 元

(有印刷、装订质量问题的图书由本公司负责调换)

前言 Preface

近年来,随着我国城市轨道交通工程建设的蓬勃开展,为其服务的工程测量领域也取得了长足的进步与发展。为了满足城市轨道交通工程专业人才培养的需要,编者结合《城市轨道交通工程测量规范》(GB 50308—2008),总结参与的城市轨道交通工程项目经验,并参考相关城市轨道交通工程测量书籍,编写本书。编者通过学习、了解当前国内外城市轨道交通工程测量技术的发展状况,系统总结了我国北京、上海、广州、重庆、无锡等城市轨道交通工程在测量领域的成功经验和技术成果;在编写过程中做到理论与实践相结合、专业知识与工程实例相结合;图文并茂,内容深浅得当,具有很强的操作性,可以作为教学、科研和生产单位的工程技术人员参考用书。

本书从城市轨道交通工程的建设、施工、运营管理等各个阶段所进行的主要测量工作入手,将相关知识整合为十三章。具体包括:城市轨道交通工程概述、贯通误差与测量精度设计、地面平面控制测量、地面高程控制测量、专项调查与测绘、地下控制测量、隧道施工测量、结构断面测量、铺轨基标测量、跨座式单轨交通工程测量、变形监测、城市轨道交通工程相关测量实例和项目管理与质量控制。

本书由钱治国统稿并任主编,赵效祖、马光花担任副主编;中铁建工集团中国铁工建设有限公司王正旺高级工程师、中铁四局王德荣高级工程师、中铁航空港集团第一工程有限公司杨浩宇高级工程师也参与了本书编写工作,并为本书提供了部分工程实例。具体编写分工如下:第一章、第五章部分内容及第十三章由王正旺撰写;第二章由杨浩宇撰写;第三章、第四章、第五章部分内容由赵效祖撰写;第七章、第八章由马光花撰写;第六章、第十章、第十一章以及第十二章由钱治国撰写;第九章由王德荣撰写。同时,本书在编写过程中也得到了甘肃交通职业技术学院公路与桥梁工程系领导、老师的大力支持和帮助,他们对本书的编写提出了丰富的、良好的意见和建议。乌鲁木齐城市轨道交通集团有限公司江斗高级工程师、中铁五局集团机械化有限责任公司李奇峰高级工程师承担了本书的主审工作;兰州交通大学韩峰副教授对本书做了审阅和定稿工作,他们提出的宝贵修改意见和建议完善了本书,在此表示由衷的感谢。

由于编者水平有限,书中难免存在一些不尽如人意的地方,谬误和不妥之处也在所难免,恳请读者对书中存在的问题予以批评指正。

编者
2014年7月

目录 Contents

第一章 城市轨道交通工程概述	1
第一节 城市轨道交通工程发展及其建设概况	1
第二节 城市轨道交通工程规划设计与施工简介	10
第三节 城市轨道交通工程测量的任务和内容	16
思考题	19

第二章 贯通误差与测量精度设计	20
第一节 概述	20
第二节 贯通误差限值及误差分配	20
第三节 平面控制网布设方案与精度设计	22
第四节 高程控制网布设方案与精度设计	23
第五节 横向贯通误差影响值的精度估算	24
思考题	26

第三章 地面平面控制测量	27
第一节 概述	27
第二节 一等卫星定位控制网测量	28
第三节 二等精密导线测量	35
第四节 地面平面控制网的检测与处理	38
思考题	40

第四章 地面高程控制测量	41
第一节 概述	41
第二节 地面高程控制测量	42
第三节 水准网数据处理与水准网检测	46
思考题	49

第五章 专项调查与测绘	50
第一节 地下管线调查与测绘	50
第二节 水域地形测量	63
第三节 房屋拆迁测量	72
思考题	89

第六章 地下控制测量	90
第一节 地下平面控制测量	90
第二节 高程控制测量	92
思考题	93

第七章 隧道施工测量	94
第一节 地面定线及明挖隧道施工测量	94
第二节 联系测量	103
第三节 暗挖隧道施工测量	122
思考题	133

第八章 结构断面测量	134
第一节 线路纵断面测量	134
第二节 结构横断面形式和断面测量特点	135
第三节 横断面测量	138
思考题	142

第九章 铺轨基标测量	143
第一节 铺轨基标简介	143
第二节 铺轨基标测量方法	148
思考题	154

第十章 跨座式单轨交通工程测量	155
第一节 单轨交通简介	155

第二节	高架结构施工测量	157
第三节	轨道梁制作与验收测量	160
第四节	轨道梁架设调整测量	164
思考题	165
<hr/>		
第十一章	变形监测	166
第一节	变形监测目的及基本要求	166
第二节	变形监测基本内容和使用的仪器	169
第三节	变形监测控制网测量	171
第四节	变形监测基本方法	174
第五节	变形监测的精度要求和频率	184
第六节	变形监测数据处理与信息反馈	192
思考题	198
<hr/>		
第十二章	城市轨道交通工程相关测量实例.....	199
第一节	城市轨道交通工程隧道贯通测量实例	199
第二节	城市轨道交通工程控制测量实例	202
第三节	城市轨道交通工程专项调查实例	230
第四节	城市轨道交通工程联系测量实例	236
第五节	城市轨道交通工程控制测量实例	252
第六节	城市轨道交通工程隧道施工测量实例	254
第七节	城市轨道交通工程铺轨基标测量实例	260
第八节	城市轨道交通工程变形监测实例	268
思考题	287
<hr/>		
第十三章	城市轨道交通工程测量项目管理与质量控制	288
<hr/>		
参考文献	298

第一章 城市轨道交通工程概述

第一节 城市轨道交通工程发展及其建设概况

一 城市轨道交通工程发展概况

城市是人类文明的标志,是经济、政治和社会生活最活跃的地区。城市化的程度是衡量一个国家和地区经济、社会、文化、科技水平的重要指标,也是体现国家和地区社会组织程度和管理水平的重要标志。城市化是人类进步必然要经历的过程,也是人类社会结构变革中的一个重要线索,只有经过城市化的洗礼,人类才能迈向更为辉煌的时代。

城市交通服务于城市道路系统间的公众出行和客货输送。因城市的规模、性质、地理位置和政治经济地位的差异而各有特点,但都是以客运为重点,并在早晚上下班出现客运高峰。

当前,我国常住人口超过100万的城市有40多个,超过200万的特大城市有14个。随着我国城镇人口比例的逐渐提高,大城市的交通问题将进一步凸显,车与路的矛盾将越来越突出。要解决大城市交通严重拥堵的问题、解决制约城市社会经济发展的障碍,就需要大力发展城市轨道交通。

本书介绍的城市轨道交通工程测量,主要是指城市交通轨道系统的建设、施工、运营管理过程中的测量。城市交通的轨道系统包括了大量运输能力(城市铁路、地铁)和中量运输能力(线性电机地铁、单轨交通、轻轨交通等)。

(一) 城市轨道交通的分类定义

随着城市化进程的加快,城市和轨道交通的高速发展相互促进、相互作用。一方面,城市的进一步发展以轨道交通的快速发展为基础。随着经济发展、城市人口增加、城市范围扩大、卫星城镇的发展以及在中心城市发展到城镇群、城市发展高级阶段城市带过程中,城市轨道交通因其速度快、容量大、安全、准时等优点,在城市地域结构变化中可起到巨大作用。中心城市对周围的辐射作用得到强化,中心城区活力的维持、单中心城市向多中心城市的发展,都得益于轨道交通的发展。另一方面,城市的发展,尤其是城市交通的发展,促进了轨道交通在城市客运交通体系中发挥更大的作用。世界大城市经济的发展和城市地域结构的变化,对城市交通发展提出了更高的要求:大城市迫切需要建立多层次、立体化的综合公共交通体系。单一的常规公共交通,由于受机动车过度发展的影响,车速下降,服务质量下降,已不能完成长距离、大客流量的运输任务,不能适应城市的发展。因此,需要建立以公共交通为主体、轨道交通为主导的城市综合交通体系。

参考国外各种轨道交通方式的特点,根据城市轨道交通的界定范围,可将技术成熟、已经作为城市公共交通正式运营的轨道交通划分为7种类型,并定义如下。

1. 城市市郊快速铁道

城市市郊快速铁道是由电气或内燃牵引、轮轨导向、车辆编组运行在城市中心到市郊、市郊到市郊、市郊到新建城镇间,以地面专用线路为主的大运量快速轨道交通系统。图 1-1 为我国第一条城市市郊快速铁路——上海金山城市市郊快速铁路(上海南至金山铁路),也称为金山铁路、金山铁路支线、上海轨道交通 22 号线。铁路始于上海南站,终点为金山站,全长 56.4 公里,总投资 48 亿,2009 年 8 月 12 日开工,建设工期 2 年,2012 年 9 月建成通车,单次运行时间 0.5h。

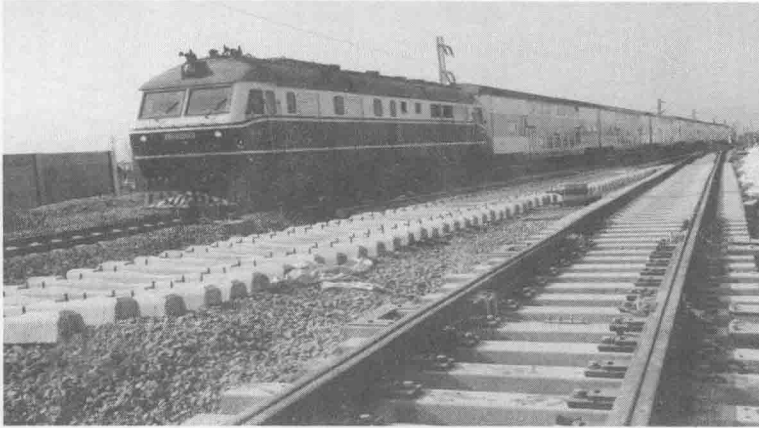


图 1-1 我国第一条城市市郊快速铁路——上海金山城市市郊快速铁路

2. 地下铁道

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,或根据所在城市的具体条件,运行在地面或高架线路上的大容量快速轨道交通系统。

根据国内外建设情况,为了降低工程费用,地铁系统中地面和高架线路所占的比重越来越大。在世界范围内,地下铁道地下部分约占 70%,地面和高架部分约占 30%,而有的城市地铁系统全部采用高架形式,只有部分城市地下铁道系统是完全在地下的。地下铁道已经是历史保留下来的一个专有名词。图 1-2 为广州地铁。



图 1-2 广州地铁

3. 轻轨交通

轻轨交通是在有轨电车基础上发展起来的电气牵引、轮轨导向、车辆编组运行在专用行车

道上的中运量城市轨道交通系统。轻轨交通的运量在公共汽车和地铁之间,它可以根据城市的特点和具体情况,采用地下、地面及高架相结合的形式进行建设,可以降低建设费用,具有很大的灵活性和适应性。轻轨交通还可以根据客流的需要采用不同车型,如单车和铰接车组成不同的编组方式。图 1-3 为天津滨海新区轻轨。

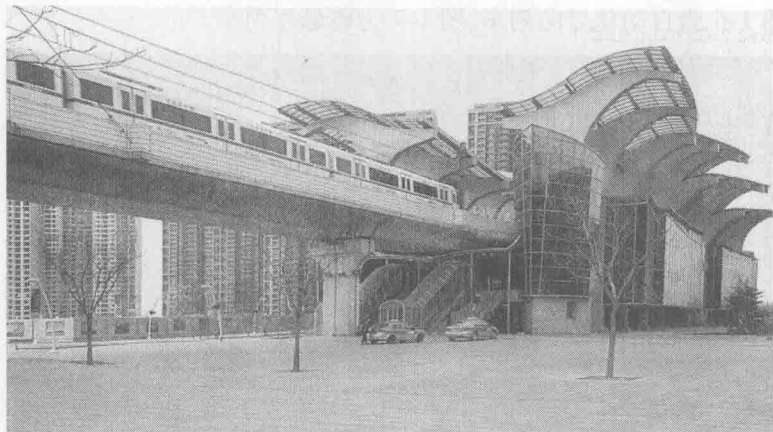


图 1-3 天津滨海新区轻轨

4. 单轨交通

单轨交通是由电气牵引、具有特殊导向和转折装置、列车编组运行在专用轨道梁上的中运量轨道交通系统。通常分为跨座式和悬垂式两种形式,车辆重心在运行轨面之上的称为跨座式单轨(图 1-4),在运行轨面之下的称为悬吊式单轨(图 1-5)。

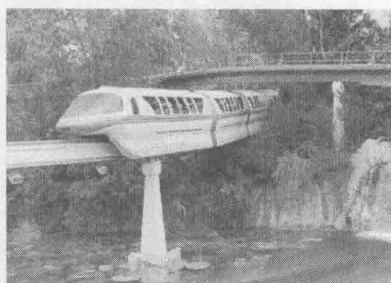


图 1-4 跨座式单轨交通

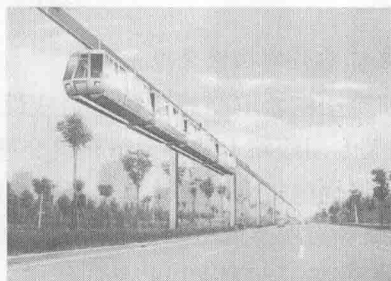


图 1-5 悬吊式单轨交通

5. 新交通系统

所谓的新交通系统,目前还没有统一和严密的定义。从广义来讲,可以认为凡是适应地区多样化的交通需求,使线路和车辆能提供较高的运输效率和良好的服务质量的公共运输系统

和设备都是新交通系统,是那些与现有运输模式不同的各种新交通方式的总称。狭义的新交通系统则定义为:由电气牵引,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上的中运量轨道运输系统。这种轨道运输系统多数设置在道路及公共建筑物的上部空间,具有中等运量,能自动行驶。新交通系统从系统运行特征上分析,也可以称为导轨式交通系统。图 1-6 为自动化导向列车,图 1-7 为磁悬浮列车。

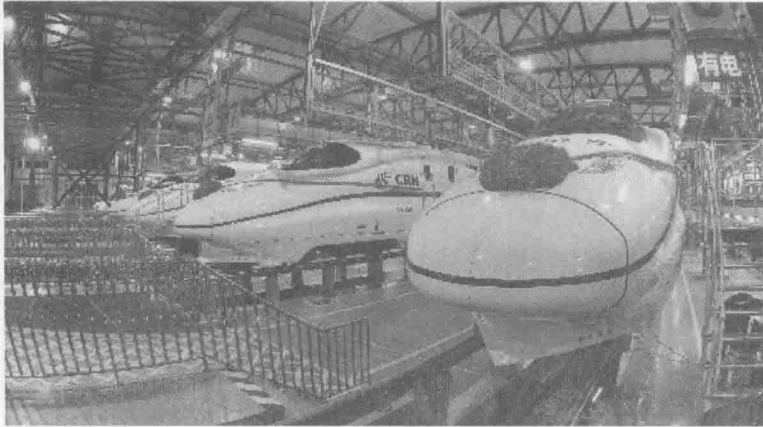


图 1-6 自动化导向列车



图 1-7 磁悬浮列车

6. 线性电机牵引的轨道交通系统

线性电机牵引的轨道交通系统是由线性电机牵引、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、市郊快速铁道、轻轨等有明显的区别。它是利用线性电机在磁场相互作用下,直接产生牵引力,属于非黏着驱动,车轮只起到支撑和导向作用。从运输能力上,因该系统采用小型车辆,属于中运量系统,使用在地铁中可以称为小断面地铁,也可以用在高架铁路线路上。

7. 有轨电车

有轨电车是由电气牵引、轮轨导向、单车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。

现代有轨电车,由于采用整体道床,轨面和路面保持同一水平,因此机动车辆和行人可以进入,是一种混合交通。有轨电车车辆运行速度较低,行车安全和准时性较差,运量较小,单向高峰小时运量通常在1万人左右。图1-8为国外的有轨电车。



图1-8 国外的有轨电车

(二) 我国现代城市轨道交通的发展

我国现代城市轨道交通是以1965年7月1日开工建设的北京地铁为开端,发展至今,大致经历了以下五个阶段。

1. 起始阶段

该阶段以1965年开始建设,1969年10月1日建成通车的北京地铁(北京站——苹果园站,全长23.6km)和1970年开始兴建,1976年建成通车的天津地铁(新华路站——西南角站,全长5.2km)为代表。这一阶段地铁的规划与建设,除了实现城市的客运功能之外,更重要的是考虑满足人防战备的需要。

2. 建设开始阶段

这一阶段以北京地铁1号线完全建成(复八线建设和1号线改造)、上海地铁1号线(上海火车站——莘庄)、广州地铁1号线(西朗站——广州东站)的建成为标志。在这一阶段,随着改革开放和经济体制改革的逐步深入,城市交通需求剧增,导致道路交通供给能力严重不足,交通供需矛盾成为城市社会经济发展的一个重要制约因素。为适应城市发展的需要、缓解城市交通的紧张状况,从20世纪90年代开始,我国政府加大了对城市交通基础设施的投入,强调轨道交通对于解决城市交通问题和引导城市发展的作用。从此,发展大容量轨道交通方式的理念开始显现,我国开始了城市轨道交通的建设阶段。在这一阶段,除地铁建设外,以上海明珠线一期工程为代表的轻轨交通也开始建设。

3. 建设高潮阶段

随着经济的发展和城市化进程的加快,我国城市的规模和人口在不断扩大,城市交通问题更加突出。城市交通问题的解决必须依赖于公共交通的发展,大城市及特大城市必须建设一个以城市轨道交通系统为骨干、公共交通为主体,多种交通方式相互协调的综合交通系统,这

已成为共识。同时,经济的快速发展也为发展城市轨道交通奠定了雄厚的物质基础。自 20 世纪末至 21 世纪初,我国城市轨道交通进入快速发展的建设高潮阶段。

4. 建设调整阶段

在我国城市轨道交通的发展过程中,需要特别指出的是,从 1995 年到 1998 年,由于地铁建设发展迅猛,部分城市不顾地方经济实力,盲目上马轨道交通项目,速度过快、过猛。还有的城市一味追求高标准,忽视了是否与本城市的实际情况相符等问题,使城市轨道交通建设带有很大的盲目性。针对工程造价高(当时每公里地铁造价接近 7 亿元人民币)、车辆全部引进、大部分设备大量引进等问题,1995 年国务院办公厅下发《关于暂停审批城市地下快速轨道交通项目的通知》(国办发[1995]60 号),除上海地铁 2 号线项目外,所有地铁建设项目一律暂停审批,并要求做好发展规划和国产化工作。2002 年 10 月中旬,国务院冻结了近 20 个城市的地铁立项,并委托中国国际工程咨询公司对国内的地铁项目做全面的调查分析,准备出台一系列有关地铁项目审批的新政策,加大地铁项目的宏观调控力度。从 1995 年到 1998 年,近 3 年时间国家没有审批城市轨道交通项目,轨道交通的建设与发展进入调整期。

5. 蓬勃发展阶段

我国的城市轨道交通建设在经历了早期建设、高速发展、建设调整等曲折过程后,正步入稳步、持续、有序的蓬勃发展阶段。

《国家中长期科学和技术发展纲要》明确提出,构建以城市轨道交通为骨架的城市公共综合交通体系,我国城市轨道交通建设在“十一五”期间迎来真正的建设高潮。国家“十一五”规划提出,轨道交通“超前规划、适时建设”。有条件的大城市 and 城市群地区要把轨道交通作为优先发展领域。在国家政策的指导下,今后一段时间是我国城市轨道交通的快速发展时期,各地规划建设轨道交通约 500 ~ 600km,总投资约 1700 亿元;目前在建的有 20 多个项目,线路里程 420 多公里,投资规模 1200 亿元。“十一五”期间轨道交通的建设速度远远超过过去的十年建设历程。

至 2020 年,北上广三地的城市轨道交通运营里程都将超过 500km,其中上海将以 877km 的总长度“领跑”全国。

如何让企业在“十二五”期间在城市轨道交通市场上发挥自己的自然优势和社会优势,确定自己的市场竞争能力,在强手如林的中国城市轨道交通市场立于不败之地,是广大的城市轨道交通企业发展的方向和努力的目标所在。也是社会主义市场经济有效运行的必要前提和客观基础,城市轨道交通企业参与市场活动,在市场竞争中要取得主动权,必须依据市场营销环境的现状、发展趋势和企业自身的主客观条件,科学而合理地制订企业的发展策略和努力目标。

城市轨道交通发展是社会发展和城市发展的需求,城市人口的增加和城市规模的扩大需要轨道交通这种大运量的交通方式,来解决人们的交通出行要求;轨道交通的发展,又可以反作用于城市发展,更进一步促进城市的发展,并引导城市向大规模、高人口密度、低能耗、占地少的方向发展。需要强调的是,决定人类社会进步的基本因素是社会生产力,而科学技术是社会生产力中最重要的因素。在当今世界,科学技术进步对经济增长、社会变迁和城市发展的作用越来越显著,越来越重要。因此,城市轨道交通发展固然是城市交通发展的重要方面,但归根结底,这种发展需要相应的科学技术与之适应。城市轨道交通发展,应当同科学技术的发展保持一致,可以说,科学技术就是城市交通与轨道交通发展的原动力。

(一) 中国城市轨道交通状况

随着我国城市化进程的加快,城市轨道交通建设的内在需求日益增强。城市轨道交通对于改善交通堵塞、交通事故以及节能减排、环境保护都具有重要的意义和作用。

2010~2015年间,我国规划建设城市轨道交通项目总里程达1700km,总投资在5000亿元以上,超过了两个三峡工程等的收入。其中,北京、广州、上海投资均在500亿元以上,上海更是超过1400亿元。建设资金的主要来源是政府投资和政府担保的银行贷款。

公开资料显示,我国城市轨道交通投资已达1.23多万亿元,2012年完成1896亿元,建成337km地铁。

截至2013年年底,我国北京、上海、广州、深圳、武汉、天津、南京、重庆、长春、大连等19个城市已经开通运行了城市轨道交通系统。建成投运城轨线路87条,运营里程2539km。2013年实际新增2个运营城市、16条运营线路、395km运营里程。在2539km运营里程中,地铁2074km,占总里程的81.7%;轻轨192km,占总里程的7.6%;单轨75km,占总里程的3.0%;现代有轨电车100km,占总里程的3.9%;磁浮交通30km,占总里程的1.2%;市域快轨67km,占总里程的2.6%。

截至2014年1月,中国获批轨道交通建设规划的城市已达36个,2014我国城市轨道交通投资将达到2200亿元,比去年增加400亿元。将新建线路600多公里,年底预计建设总规模达到2800km。预计2014年将有13个城市新开通运营轨道交通线路,新增运营里程403.5km,新增车站270座。预计到2014年底,我国轨道交通运营线路累计将达到88条,运营总里程将达到2942km,稳居世界第一位。

预计到2020年,全国拥有轨道交通的城市将达到50个,届时我国轨道交通要达到近6000km的规模,在轨道交通方面的投资将达4万亿元,也就是说未来几年城市轨道交通的投资将保持大幅增长。

根据公布的城际轨道规划,仅珠三角城际轨道交通网的总投资规模就高达3700亿元,其中2012~2020年期间计划完成1180亿元。江苏省计划在2015年完成860亿元投资后,2015~2020年再投资2100亿元修建城际轨道。

除城轨市场的潜力外,随着铁路投融资体制改革的深入,支线铁路和城际铁路的经营权和所有权将逐渐下放到地方政府,将有望带动支线铁路和城际铁路的发展。其中,铁路装备制造将成为最大的受益者。

由此可见,我国城市轨道交通建设已经进入了快速发展时期,处于跨越式发展的新阶段。

(二) 主要城市轨道交通建设情况

1. 北京

北京地铁是主要服务于北京市及其周边地区的城市轨道交通系统。它始建于1965年7月1日,1969年10月1日第一条地铁线路建成通车,北京成为中国第一个拥有地铁的城市。经过四十余年的发展,截至2013年末,拥有运营线路17条,总长465km,在国内拥有轨道交通运营里程数仅次于上海,是世界上规模第二大的城市地铁系统。北京地铁工作日的日均客运

量在 1000 万人次左右,峰值运量达到 1155.92 万人次。

2. 天津

天津地铁始建于 1970 年 4 月 7 日,天津是继北京后,中国第二个建设城市轨道交通系统的城市。由于中国当时实行的停缓建政策,再加上资金限制,地铁工程被迫停建。1981 年重新启动,于 1984 年 12 月 28 日建成通车(最初一段于 1976 年开通),2001 年 10 月 9 日停止运营,进行既有线改造。改造工程于 2002 年 11 月 21 日正式开工,并于 2005 年 12 月 28 日建成通车。截至 2013 年底,天津地铁运营线路 5 条,总里程 139km,天津地铁日客流量突破百万,达 102 万人次,其中 1、2、3 号线 88.5 万人次,津滨轻轨 9 号线 13.5 万人次。

图 1-9 为天津滨海新区正在运营的胶轮有轨电车。

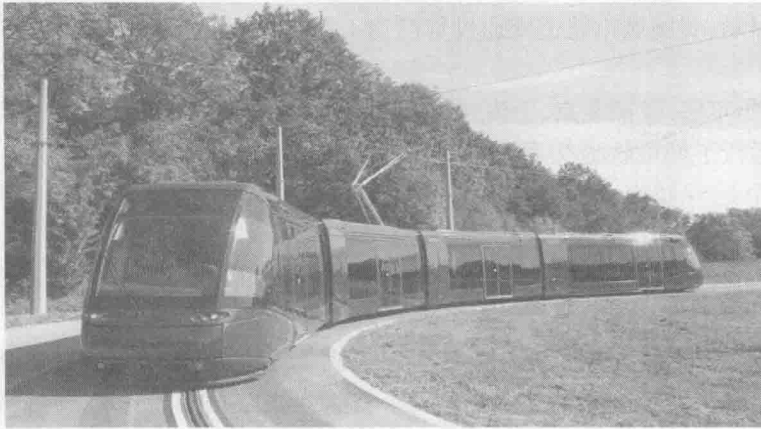


图 1-9 天津滨海新区胶轮有轨电车

3. 上海

1990 年,上海地铁 1 号线破土动工,1995 年建成投入运营,实现了上海轨道交通零的突破。是继北京地铁、天津地铁建成通车后中国大陆投入运营的第三个城市轨道交通系统。从此,上海的城市轨道交通步入了飞速发展的时期。到 2000 年,上海建成通车的 3 条线路总长 65km,构成上海城市轨道交通的初始网络。“十五”期间,上海市建成 9 条轨道交通线路,总长 250km,城市轨道交通骨架网络形成。截至 2013 年底,上海轨道交通全网运营线路总长首超 500km、增至 577km,日客流到达 911.4 万人次(不含磁悬浮,3、4 号线共线段不重复计算,金山铁路不计)、车站共计 331 座(均含磁浮在内),运营规模列世界第一。近期规划路达到 660km,远期规划线路则达到 970km。其中:2015 年底总计里程 575.9km,2017 年底总计里程 687.98km,2020 年底总计里程 808.78km。图 1-10 为上海磁悬浮运营线。

4. 广州

广州地铁是中国第三大城市广州市的城市轨道交通系统,于 1997 年 6 月 28 日开通。截至 2013 年 12 月 28 日,广州地铁共有 9 条营运路线(1 号线、2 号线、3 号线、4 号线、5 号线、6 号线、8 号线、广佛线及 APM 线),总长为 260.5km,共 164 座车站。广州地铁已经成为广州市民最主要的交通工具之一。截至 2014 年 3 月,日均客流已达 623.4 万人次,并在亚运会免费期以 784.4 万人次的峰值打破全国纪录。为更好地解决地面交通堵塞的问题,广州地铁仍在进行大规模的扩建工程,正在建设的路线包括 4 号线南延段、6 号线二期、7 号线一期、8 号线北延段、9 号线、广佛线后通段、13 号线一期、14 号线一期和支线、21 号线。经过数次修订,

广州地铁的远期规划长度将达到 751km。



图 1-10 上海磁悬浮运营线

5. 深圳

深圳地铁是广东省深圳市的城市轨道交通系统,是中国大陆地区继北京、天津、上海、广州后第 5 个拥有地铁系统的城市。深圳地铁的建设设想始于 20 世纪 80 年代,一期工程则于 1999 年开工,并于 2004 年 12 月 28 日正式通车。2007 年申办大运会以来,深圳地铁网络快速扩展。以客运量或运营里程计算,深圳地铁是中国第四大城市轨道交通系统。深圳地铁三期工程的多条线路正在建设,预计于 2016 年底开通。深圳地铁线路将达到 10 条,通车里程达 348km,路网的远期规划则超过 700km。

现今的深圳地铁共有 5 条线路、131 座车站、总长 177km 的运营线路,构成覆盖深圳市罗湖、福田、南山、宝安、龙岗五个市辖区的地铁网络。

深圳地铁日均客流量达约 250 万人次,约占深圳市公共交通客流量的 1/4,构成深圳市公共交通的骨干。同时,地铁也推动了深圳市关内外一体化进程。

(三) 我国城市轨道交通的主要特点

1. 兴建城市轨道交通的城市持续增多

自 2008 年下半年全球爆发金融危机以来,我国政府加大基础设施建设力度,各地方政府也纷纷开始筹建轨道交通,在中国各大城市掀起了一股“地铁热”。当前多个城市掀起轨道交通建设投资热潮。据国家发改委统计,目前中国获批轨道交通建设规划的城市已达 36 个,2014 年我国城市轨道交通投资将达到 2200 亿元,比去年增加 400 亿元。

截止 2013 年底,我国已有 19 个城市拥有地铁,运营总里程达到 2539km,预计到 2020 年,全国拥有轨道交通的城市将达到 50 个。我国轨道交通运营里程也将达到近 6000km 的规模,在轨道交通方面的投资将达 4 万亿元,也就是说未来几年,城市轨道交通的投资将保持大幅增长。

2. 城市轨道交通的区域化

目前,我国部分城市的轨道交通建设呈现网络化的发展,无论是北京、上海还是天津、广州等城市均在建和筹建多条城市轨道交通线路,形成纵横交错、相互沟通连接的网络交通体系。不仅仅是网络化,现在更倾向于区域经济一体化的轨道交通网络也有所布局,如长三角、呼包

鄂轨道交通网络。

3. 城市轨道交通类型的多元化

目前,我国的城市轨道交通已不再是单一的地铁交通,北京建成了市郊城市铁路交通;天津建成了滨海快速轨道交通、胶轮导轨电车;大连、长春、武汉建成了轻轨交通;重庆建设了跨座式单轨道交通;上海开通了常导高速磁悬浮交通;广州出现了直线电机驱动的列车。城市供电系统不仅有第三轨供电,而且还有架空线接触网供电形式,轨道交通类型向多元化发展。

4. 城市轨道交通的现代化

随着城市轨道交通建设的发展,以车辆为代表的技术体系也实现了现代化。通过国际技术交流合作,引进先进技术,实现了设计制造技术的现代化。而且在提升技术水平的同时,也促进了国产化的进程。

如,青岛地铁车辆采用世界先进的VVVF交流电传动技术,牵引功率大,制动系统在国内首次采用“无油空压机”,具有无须润滑油、免维护的特性。青岛地铁车辆突出的特点,是安全防火标准达到世界最高级别、最严格的BS6853标准;另一大特色就是突出的节能环保优势。车辆大量采用绿色环保材料和节能产品。其中,两项技术在国内地铁车辆中实现使用:车体外表面和内装设备外表面首次采用水性油漆,车头、客室座椅首次采用酚醛玻璃钢材料。新下线的青岛地铁车辆最高运营速度为80km/h,采用6辆编组形式,最大载客量为1896人。首列青岛地铁车辆将经过一系列型式试验和线路试验后,于2015年3号线地铁开通时正式上线运营。

再如,中国北车自主设计开发的高压大功率50A/3300V IGBT芯片和使用这种芯片封装的大功率1200A/3300V IGBT模块,是第一个在国内设计生产、国内第一个真正具有完全自主知识产权的高压大功率电力电子核心器件。这一新设备将主要应用于地铁、铁路机车和风力发电变流装置中,未来高铁、地铁等设备将采用这一强劲节能“中国芯”。

第二节 城市轨道交通工程规划设计与施工简介

一 城市轨道交通线路设计

城市轨道交通线路的空间位置,由线路平面和线路纵断面所决定。其中,线路平面是线路中心线在水平面上的投影;线路纵断面是沿线路中心线展直后的轨面高程在铅垂面上的投影线。

城市轨道交通线路设计的任务,是在规划路网和预可行性研究的基础上,对拟建的城市轨道交通线路走向及其平面和纵断面位置,通过不同的设计阶段,逐步由浅入深进行研究与设计,达到确定城市轨道交通线路在城市三维空间的准确位置。线路设计的基本要求是保证行车安全、平顺,并且使整个工程在技术上可行、经济上合理。

城市轨道交通线路设计,一般分四个阶段进行,即可行性研究阶段、总体设计阶段、初步设计阶段、施工图设计阶段。

(1) 可行性研究阶段:主要是通过线路多方案比选,完善线路走向、路由、敷设方式,基本确定车站、辅助线等的分布,提出设计指导思想、主要技术标准、线路平纵断面及车站的大致位置等。

(2) 总体设计阶段:是根据可行性研究报告及审批意见,通过方案比选,初步确定线路平面、车站的大体位置、辅助线的基本形式、不同敷设方式的过渡段位置,提出线路纵断面的初步高程位置等。