



高职交通运输与土建类专业规划教材

城市轨道交通工程

CHENG SHI GUI DAO JIAO TONG GONG CHENG

主 编 安 宁
主 审 王明生 杨育僧



人民交通出版社
China Communications Press

城市轨道交通工程

主编 安 宁

主审 王明生 杨育僧

人民交通出版社

内 容 提 要

本书全面介绍了城市轨道交通的设计和施工,主要内容有:路基施工、排水及防护加固;线路工程;轨道及轨道施工、维修保养、各单位作业;工务安全等。本书针对交通土建类工程专业学生的特点,侧重施工和养护方面内容,力求实用、够用。

本书适用于交通土建类高职院校的城市轨道交通专业的学生及相关工程专业学生,亦可供有关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/安宁主编. —北京:人民交通出版社,2008. 12


ISBN 978-7-114-07171-3

I. 城… II. 安… III. …城市铁路—铁路工程
IV. U239.5

中国版本图书馆CIP数据核字(2008)第193171号

书 名:城市轨道交通工程
著 作 者:安 宁
责任编辑:杜 琛
出版发行:人民交通出版社
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) 59757969, 59757973
总 经 销:北京中交盛世书刊有限公司
经 销:各地新华书店
印 刷:北京交通印务实业公司
开 本:787×1092 1/16
印 张:19.75
字 数:488千
版 次:2008年12月第1版
印 次:2008年12月第1次印刷
书 号:ISBN 978-7-114-07171-3
印 数:0001~3000册
定 价:38.00元

(如有印刷、装订质量问题的图书由本社负责调换)

 高职交通运输与土建类专业规划教材编审委员会

主任委员

邹德奎

副主任委员

车绪武 徐冬 田和平 韩敏

委员 (以姓氏笔划为序)

于景臣 刘会庭 李林军 孙立功

张修身 陈志敏 韩建芬 周安福

郑宏伟 赵景民 荣佑范 费学军

总顾问

毛保华

顾问

岳祖润 王新敏 王恩茂 关宝树

秘书

杜琛

前言 Preface

进入 21 世纪以来,特别是近几年,城市轨道进入一个新的快速发展时期。城市轨道交通对改善现代城市交通困扰局面、调整和优化城市区域布局、促进国民经济发展发挥着不可替代的作用。建设项目一个接着一个的落成,大量的轨道交通规划项目正待实施,因此对相关人才的需要旺盛,而我国高职教育的快速发展,迫切需要编写适合三年制高职和五年制高职的教材。

本教材根据专业教学计划的要求编写,在编写过程中,尽量吸取和结合国内外最新的理论和知识,同时兼顾以下几个方面:注重基础、注重能力的原则,教材内容够用实用;按照培养目标的定位要求,教材内容深浅恰当;内容的系统性与实用性相结合,重视实践;兼顾课程体系,突出课程特色。

教学学时数按教学计划约为 60~80 学时,考虑本教材既要能满足高职高专教材的需要,又可作为职业培训教材使用,按照《地铁设计规范》(GB 50157—2003)、《城市快速轨道交通工程项目建设标准(试行本)》规定的线路工程主要技术标准、标准设计图,系统地讲述基本原理与计算方法,使学生能够具有水文勘测与计算的基本技能,并在学完本书后,能较顺利地查阅各种有关规范和手册。全书各章均提供了不少计算实例,以便学生更好地学习。

本书由安宁统稿并主编。全书共十一章,具体编写分工如下:第一、二、九章由陕西铁路铁路工程职业技术学院安宁编写,第三章由陕西铁路铁路工程职业技术学院周永胜编写,第四、八章由陕西铁路铁路工程职业技术学院苗兰弟编写,第五章由陕西铁路铁路工程职业技术学院方筠编写,第六、十章由陕西铁路铁路工程职业技术学院郎儒林编写,第七、十一章由陕西铁路铁路工程职业技术学院陈艳茹编写。石家庄铁道学院王明生教授和中铁一局原地铁公路总经理、总工程师,现中铁一局副总工程师、教授级高工杨育僧为本书作了审稿工作,并提出了宝贵意见,在此表示衷心感谢。鉴于编写人员技术水平及实践经验的局限性,错误与不足之处在所难免,期待广大读者和同行多多提出宝贵意见,以便及时修改。

编者
2008. 12

目录 | Content

第一章 绪论	1
第一节 国内、外城市轨道交通发展情况	1
第二节 城市轨道交通的类型与形式	4
<hr/>	
第二章 城市轨道交通的组成	12
第一节 车站建筑	12
第二节 车辆设备	21
第三节 通信、信号与供电设备	29
<hr/>	
第三章 路基	39
第一节 路基构造	39
第二节 路基基床	45
第三节 路基施工	48
<hr/>	
第四章 路基排水及防护加固	59
第一节 路基排水	59
第二节 路基防护	69
第三节 路基加固	78
第四节 路基其他加固建筑物	88
<hr/>	
第五章 城市轨道交通线路工程	90
第一节 城市轨道交通的运输能力及主要技术标准	90
第二节 轨道线路选线	94
第三节 线路平面设计	103
第四节 线路纵断面设计	112

第六章 无缝线路	120
第一节 无缝线路基本原理	120
第二节 轨端位移和缓冲区预留轨缝计算	135
第三节 无缝线路稳定性分析	138
第四节 无缝线路的铺设	146
第五节 无缝线路应力放散与调整	152
第六节 无缝线路的养护与故障处理	155
<hr/>	
第七章 城市轨道交通轨道	160
第一节 轨道构造	160
第二节 曲线轨道	176
第三节 道岔	191
第四节 其他类型轨道结构	200
<hr/>	
第八章 轨道的维护及管理	204
第一节 概述	204
第二节 轨道检测	205
第三节 线路维修与验收	211
第四节 线路保养质量评定	218
第五节 接触轨维修与验收	222
第六节 线路设备大修及管理	223
第七节 城市轨道交通线路工技能等级标准	229
<hr/>	
第九章 城市轨道交通线路主要单项作业	235
第一节 起道捣固作业标准	235
第二节 拨道作业标准	239
第三节 改道作业标准	246
第四节 无缝线路应力放散作业标准	250
第五节 道岔起、拨、改单项作业	253
第六节 其他单项作业	255
<hr/>	
第十章 城市轨道交通轨道施工	261
第一节 有碴道床轨道施工	261
第二节 隧道内整体道床轨道施工	264
第三节 高架线路整体道床轨道施工	272

第四节 整体道床道岔施工	283
<hr/>	
第十一章 城市轨道交通的工务安全	287
第一节 工务安全管理	287
第二节 行车安全措施	297
第三节 工务行车安全措施	301
参考文献	304

第一章 绪 论

第一节 国内、外城市轨道交通发展情况

由于城市化步伐日益加快,大中型城市普遍出现人口密集、住房紧缺、交通阻塞、环境污染严重、能源匮乏等所谓的“城市病”。城市的人口分布、城市发展与其交通设施分布有着密切的关系,交通结构的布局往往会影响城市整体发展。地铁和轻轨属于城市快速轨道交通的重要组成部分之一,因其运量大、快速、正点、低能耗、少污染、乘坐舒适方便等优点,常被称为“绿色交通”。经验表明,地铁和轻轨是解决大中型城市公共交通运输的根本途径,对于 21 世纪实现城市可持续发展有非常重要的意义。

一、国内发展情况

(一)旧中国的轨道交通

以造纸术、火药、指南针及活字印刷四大发明为代表的中国,却没有跟上近代文明脚步,大约在 1840 年鸦片战争前后,有关铁路的信息和知识开始传入中国。当时中国的有识之士如林则徐、魏源及徐继畲等人先后著书立说,介绍铁路知识。腐朽没落的清政府,却拒不接受外部世界的新思维、新事物,视铁路如“洪水猛兽”。

英商怡和洋行在上海瞒着上海道台以修建“寻常马路”为名,自行修建了中国的首条铁路——吴淞铁路。吴淞铁路全长 14.5km,单线,轨距 0.762m,钢轨每米重 13kg,机车自重 15t,牵引小型客货车,时速为 24~32km。迫于来自保守派和民间的压力,清政府出银 28.5 万两,买下吴淞铁路,并拆除后运往台湾高雄。

谈到中国的轨道交通就不能不提中国铁路技术专家詹天佑。詹天佑 12 岁便离开中国来到美国东部康涅狄格州的纽哈文城留学,17 岁进入耶鲁大学雪菲尔科学学院专攻铁路。1904 年詹天佑被指派负责京张铁路的建造工程。辛亥革命期间,孙中山邀约詹天佑协助他制订修建 10 万英里(16 万 km)大铁路的规划。詹天佑不仅在工程技术上创造出辉煌业绩,而且在道德上也以忠贞爱国、刚正不阿为后世垂范。詹天佑逝世后,交通部在京绥铁路八达岭附近为其树立铜像,颁给碑文“贞石磨崖,刊垂不朽,以案往哲,而励将来”。

1909 年 9 月 24 日通车的京张铁路连接北京和张家口。京张铁路穿越燕山山脉,沿途地势陡峭,地形险要,施工艰难。这是中国第一条不借助外国,完全由中国工程人员自建的铁路。

1876~1912 年 36 年间,中国共修筑铁路 9 968.5km。此时中国的铁路技术落后,采用的制式混杂,仅铁路轨距就有 5 种之多,如 1.435m 的标准距、1.524m 的宽轨,以及 0.762m、1m、1.067m 三种窄轨。

新中国成立前夕,旧中国铁路总里程为 21 949km,各大城市都没有建设地铁,而城市有轨电车则几乎与世界同步发展,上海、香港、北京、天津、沈阳、大连及哈尔滨等城市都建有有轨电

车线路。

(二)1949 年后的中国轨道交通

新中国成立后的 50 余年中,中国的铁路建设得到了长足的发展,至 2006 年,铁路线路已达到 7 万 km,在东北、华北、西北、华东及华南的铁路网形成后,火车开进了世界屋脊——西藏。牵引动力由蒸汽机到内燃机,现在正迈向电力牵引。铁路设备已国产化,并向国外输出技术和设备。

1997 年、1998 年、2000 年、2001 年、2004 年及 2007 年,中国铁路进行了 6 次大提速,几乎涉及所有的铁路干线,提速包括客车和货车。提速网络总里程超过 16 500km,其中时速 160km 及以上提速线路超过 7 700km。2007 年初开始的第 6 次铁路提速将北京到上海的客车旅行时间进一步缩短为少于 10h。

国家制定了《中长期铁路网规划》,到 2020 年,全国铁路营业里程将达到 10 万 km,主要繁忙干线实现客货分线,建成 1.2 万 km 四纵四横的快速客运专线网(见图 1-1),复线率和电化率均达到 50%,运输能力满足国民经济和社会发展需要,主要技术装备达到或接近国际先进水平。



图 1-1 快速客运专线网

自中国开始意识到轨道交通系统的作用后,已有 39 个城市向国务院提出了建设地铁的要求。我国已开通城市轨道交通运营的城市,有北京、香港、天津、上海、广州、深圳、重庆、武汉及大连等 9 个城市。特别是北京和上海,藉举办奥运会和世博会的契机,计划于 2008 年和 2010 年前分别初步建成数百公里的轨道交通网络,将城市交通的水平提高到发达国家城市的水平,



为城市持续发展提供坚实的基础设施保证。

北京1969年第一条地铁线建成通车,是我国最先开通地铁的城市,迄今为止共有如下4条线投入运营:

1号线:北京火车站—苹果园,全长23.6km,1969年通车;

2号线:北京环线,全长19.9km,1984年通车;

3号线:复兴门—八王坟,全长13.5km,2000年通车;

城市铁路:东直门—西直门,全长40km。

20世纪80年代,天津地铁1号线利用人防设施,借鉴北京地铁模式建成通车,全长7.4km,日客运量3万人次。2001年该线停止运营,与新建设的1号线建设同期进行改造。新建的天津地铁1号线,全长26.188km,2005年12月建成通车。

上海地铁迄今为止共有如下5条线投入运行:

1号线:火车站—莘庄,全长21km,1995年通车;

2号线:中山公园站—张江高科技园区,全长19km,2000年通车;

3号线:明珠线,全长25km,2000年底通车;

4号线:明珠线二期,大部分区段2006年通车;

5号线:莘闵线,全长15km,2003年通车。

广州地铁现有运营线路全长36.78km,1号线于1999年建成通车,全长18.5km,日均客运量达24.68万人次;2号线于2003年通车,日均客运量达14.53万人次。

南京已通车的南京地铁1号线,即南北线,全长24.8km;在建的南京地铁2号线,即东西线,长约25km,主城区内长约17.3km。

深圳地铁一期工程于2004年12月28日正式开通试运营,全长21.866km。

武汉轻轨1号线一期工程于2004年7月28日试运营,线路利用原京广铁路横穿整个汉口城区东西方向的高架线路段,全长10km,建有10座车站。

重庆是山城,线路纵断面坡度很大,采用了橡胶轮独轨形式的轻轨。第一条新线全长17.54km,设有17个车站。

大连是我国少数没有拆除有轨电车的城市,大连轻轨就是对原有轨电车进行技术改造后的产物。

二、国外发展情况

工业革命的功绩之一——蒸汽机,不仅被广泛应用于带动纺织机等工作机械,也被引进到交通运输中牵引行驶在路上的车辆,引发了人类历史上第一次交通革命。

1769年,法国工程师居纽造出了第一辆用蒸汽机推动的三轮汽车。1787年,瓦特的合作者之一、英国工程师默多克(1754—1839年)发明了一辆用蒸汽机驱动的无轨火车。1801年,首辆蒸汽汽车在英国问世。出于对这种新交通工具运载能力的“惧怕”,也考虑蒸汽机牵引的重型车辆对道路的高要求,伦敦运输业向法院提起了诉讼。英国法律裁决这种庞然大物不能在公路上行驶,只能运行在专用轨道上。在这种形势下,火车的发展几乎是顺理成章的了。

英国人特里维西克(1771—1833年)于1803年制造了世界上第一台可以真正使用的铁路蒸汽机车,铁木结构,长4.5m,最高时速达5km。

1823年,斯蒂文森主持修建英格兰北部煤矿城市斯多克敦—河边城市达林顿的第一条商用铁路,正式将火车推向实用。1825年9月27日,斯蒂文森亲自驾驶他自己设计制造的“旅

行号”机车,在新铺设的铁路上试车。为了可靠起见,他还同时采用了马作为备用动力,这次隆重的试车取得了空前的成功。

“旅行号”机车牵引 6 节煤车、20 节挤满乘客的客车厢,载重达 90t,时速达 15km。这是一次盛况空前的试车典礼,铁路两旁人山人海,有人骑马跟着火车奔跑,欢呼这一奇迹的出现。1830 年,斯蒂文森修建的第二条铁路利物浦—曼彻斯特铁路贯通。这一次,他驾驶的“火箭号”完全使用蒸汽动力,平均时速达到了 29km,列车运行全程未出现任何故障。英国人用蒸汽机大大推进了陆上运输。斯蒂文森火车的鸣叫,召唤了一个“铁路时代”的到来。正是他,使世界真正认识到铁路运输的巨大优越性。从此,巨龙奔驰在地球各地,极大地促进了世界经济的发展。

自 1825 年英国开通第一条铁路,铁路便立刻获得了世界各国的青睐。1840~1913 年是世界铁路发展的“黄金时代”,由于铁路机车制造技术已相当完善,轨道结构也不断改进定型,各国修建铁路的热情日益高涨,铁路发展速度明显加快。1840 年,世界铁路营业里程为 8 000km,到 1913 年已达 110 万 km。

在这一修路的高潮中,西方国家几乎都不遗余力地加入进去,大量的资金用于修建铁路,大部分的钢材用于轧制钢轨。其中又以美国为甚,1881~1890 年 10 年间,平均每年修建 1 万 km 铁路,每年钢产量的 70%用于轧制钢轨;德国 1866~1870 年 5 年间,投资的 70%用于修建铁路;俄国 1861~1873 年的 13 年间,投资的 63%用于修建铁路。

交通大动脉铁路的大量修建和超前发展,奠定了这些国家工业化的坚实基础,对这些国家的持续发展和强大起到了不可低估的作用。时隔一个世纪,美国人在总结当年修路高潮的历史经验时认为,尽管当时美国很穷,但仍不惜筹借外债来修建铁路。

到 1913 年,世界铁路的营业里程已达 110 万 km,并垄断了陆上交通运输。在美国,98%的城市间旅客周转量由铁路承担。铁路霸主的地位一直延续到 1940 年,达到了铁路发展的鼎盛时期,此时的营业里程高达 135.6 万 km(见表 1-1)。

世界铁路运营里程

表 1-1

年 份	1825	1840	1850	1860	1870	1913	1940	1955	1970	1985
运营里程(万 km)	0.002	0.8	3.86	10.8	21.0	110	135.6	128	127	130

第二节 城市轨道交通的类型与形式

一、城市轨道交通形式

轨道交通是作为大运量、快速公共交通工具进入城市的。城市轨道交通只是城市交通体系中的一个重要组成部分,从它的输送功能和运行区域来看,则可以划分为“市郊铁路”、“城市轨道交通系统”及“小区域轨道输送系统”等三个类型。从单列运量来看,则“市郊铁路”最大,“小区域轨道输送系统”最小。

最初,轨道交通只是连接大中型城市、矿山、工业基地的客货共线的轨道交通线路,起终点都只到城市边缘,甚至距城市中心区域还有数 10km 远的距离。但随着城市化进程不断发展,大城市周边建设卫星城的发展模式逐渐形成,原有的单一的城际轨道交通形式已不能满足大城市的发展模式,现代城市车满为患、交通拥堵的现实,催生了城市轨道交通系统。许多国

家的交通实践表明,仅有私人汽车、公共汽车,还不能解决城市交通拥堵的问题。唯一有效的方法,就是建立以大运量和公交化的轨道交通网络为骨干、公共汽车网络为配套输送系统的公共交通网络体系。加上科学合理的交通管理制度,才能最大限度地发掘城市道路的通行潜力。此外,在大型机场、大型旅游区、天然动物园等客流大、行程目标集中的一些区域,又形成了小区域快捷输送系统。这样,根据轨道交通系统功能、运量的不同,城市轨道交通就产生了城郊铁路、城市地铁、轻轨、自动化快速运输系统等形式多样的轨道交通体系。

城市轨道交通经过一个多世纪的发展,特别是经历了第三次、第四次工业革命的洗礼,城市轨道交通车辆经历了从蒸汽机车到电力机车,再从普通电力机车到直线电力机车,从单机牵引到动车组运行的一系列巨大变革;从钢轮钢轨发展到胶轮独轨,出现了轮轨接触走行模式和磁悬浮高速走行模式共同发展的新局面。城市轨道交通的车辆和轮轨也因长足的技术进步而出现了多种类型和丰富的形式。

二、城市轨道交通的一般类型

1. 地铁和轻轨

轨道交通进入城市源于19世纪中期。工业革命的发展带来的农村人口向城市转移,城市规模膨胀、扩大,亟待解决公共交通问题。在当时的社会历史背景下,蒸汽机车进入市区几乎是作为先进公共交通的标志而受到了广大市民的认可和欢迎。特别是在工业革命发源地的英国,1863年,伦敦出现了第一条由蒸汽机车牵引的地铁线路。随后世界各主要工业化国家的大城市都竞相效仿,并掀起了修建地铁的高潮。

这些城市内的铁路线网大都在100年前规划、设计及建造,都是建于客流集中的客运走廊。它们奠定了城市轨道交通的基本格局。随着一次又一次的工业技术革命,城市轨道交通从轨道技术到车辆技术、从通信信号技术到运行调度技术,都发生了重大的历史性变革。地铁的快速、便捷、大运量及现代化的特性已经成为现代化城市的重要标志之一。现代地铁作为城市轨道交通系统的骨干线路,是客运流量最大的轨道交通形式,其客流量达到3万~8万人次/h。

地铁最初由于伦敦的地面路权问题只能在地下修建和运行,但后来由于地面以下修建铁道线路与地下建筑费用非常昂贵,于是考虑在地面用地不太紧张而又可以封闭的路段修建;而在地面道路共用且不能封闭的路段,则采用高架的形式。但无论何种形式,轨道线路始终享有独立的路权。其行驶过程只接受轨道交通运营管理系统的指挥与管理,不受其他交通形式的干扰和影响。这样,地铁作为大运量轨道交通系统,不仅在地下修建和运行,也可以在地面或高架工程上运行,但地铁的走行模式始终是传统的钢轮双轨系统。

所谓轻轨,最初是指“轻型轨道交通系统”,国外把城市有轨电车也纳入“轻型轨道交通系统”。其实,地铁、轻轨与有轨电车的区别还是很大的(下述)。我国所谓的“轻型轨道交通系统”的道床、轨道结构、运行车辆和运行管理系统与地铁基本相同,而且也有独立的路权。与地铁不同之处在于,由于客运量比地铁小,因而列车编组车辆少、运营线路短、行驶速度慢、行车间隔略长,其运行管理模式有所不同。因此,地铁与轻轨的主要区别也是最基本的区别就是运量不同。在我国的相关规范中,每小时客运量3万~8万人次的轨道交通系统,称为地铁;每小时客运量1万~3万人次的轨道交通系统,称为轻轨。轻轨的走行形式可以是钢轮钢轨的双轨,也可以是胶轮独轨。

2. 有轨电车

有轨电车与地铁、轻轨的区别比较大,其中最主要的区别是不享有独立的路权,钢轨面与地面持平,与地面其他车辆是共同使用同样的道路,与横向道路也是平面交叉。因此,除了在轨道上行驶这一特点外,有轨电车更类似于一般的公共交通工具。

有轨电车是城市轨道交通工具有着悠久历史的轨道交通形式。世界上第一辆有轨电车于1881年诞生于柏林,这辆原始的有轨电车只能载24名乘客,车厢是敞开的,它在设于道路的轨道上行驶,轨顶面和路面相平,不享有独立的路权,速度不到19km/h,电动机的功率仅4.5马力(约3.3kW),电流是通过轨道输送到电动机的,两条轨道形成电流的回路。到1883年,开始采用架空线来输送电流,再通过轨道形成电力回路,车辆也做了许多改进。有轨电车作为公共交通工具,逐渐为大众所接受,很快得到广泛应用,并在20世纪初期成为城市公共交通的主要方式。以美国为例,1912年美国拥有2.5万人口以上的376座城市中,有370座城市采用有轨电车作为城市公共交通工具,有轨电车的数量最多时达到8万多辆,线路总长度达到25000km。有轨电车自诞生不久,便很快传到中国。1895年,在上海的英国人开始筹划在英租界建造有轨电车线路。1908年3月5日,上海第一条有轨电车路线正式通车营业,线路长6km。此后不断扩展,到1959年,上海的有轨电车多达360辆,线路总长度为72.4km。我国一些重要的沿海城市也相继建造了有轨电车。到了20世纪50年代,随着汽车工业的蓬勃发展,城市公共交通开始向汽车转化。一方面,越来越多的人拥有私人汽车,使私人交通的比重不断增加,公共交通的比重相应下降;另一方面,有轨电车的噪声太大、舒适性差、技术落后,许多城市的有轨电车遭到废弃,伦敦、纽约等大城市也先后在20世纪50年代和60年代完全取消了有轨电车。

然而,有轨电车在另一些国家仍受到重视。前苏联和东欧国家的有轨电车客运比重虽有所下降,但绝对数量仍有所增加。西欧的一些国家如德国、瑞士等,有轨电车在城市公共交通中也保持了一定的地位。我国一些城市的有轨电车大多来自国外,这些电车不能满足交通形势的发展要求,受国外潮流的影响,也随之而萎缩。1975年,上海拆除了最后一条有轨电车路线。不过,我国东北几个城市仍保留着有轨电车,但在城市公共交通中所占的比重则已降到了最低的水平。

有轨电车在街道上消失以后不久,人们便发现,这些腾出来的道路空间很快便被汽车挤占。私人汽车的迅猛发展,造成城市道路交通日趋阻塞,城市空气污染日益严重,给城市的生活质量和经济发展带来了极其严重的不良后果,促使人们不得不重新研究城市的交通政策。人们重新认识到:轨道交通的运能大而占用道路面积小,是解决交通拥堵问题的有效交通手段,由于采用电力驱动而不排放有害气体,特别有利于改善城市的大气环境。那些保留有轨电车的城市,积极采用先进技术改造老式的有轨电车,以适应现代城市的要求。有轨电车也被纳入城市轨道交通的范畴。

三、市郊铁路

(一)城市扩大的必然选择

随着城市规模的不断扩大,居住区与商业区的逐渐分离,以及大城市-卫星城建设格局的形成,单一的城际轨道交通已不能满足快速增长的城市交通客流的需求,在美国、法国、英国及日本等交通发达国家,就逐步形成了城市郊区铁路,成为城际铁路与城市交通系统接驳的轨道

交通系统。

如法国巴黎,共有6个车站,这些车站建设当初位于城市边缘,而目前已是地地道道的市中心“Downtown”。大巴黎区内各市镇或居民点的市民乘市郊铁路到巴黎的这6个车站,这些站也是巴黎城市地铁网中重要的换乘站,高速铁路(TGV)也直接进入这些车站。法国国铁所属的铁路网均纳入巴黎市郊铁路网。市郊铁路一般站距较长、时间间隔较大。由市郊铁路联系的巴黎和其他较重要城镇之间的市郊铁路线路,有的已升级为市域快速铁路网。

国外的大城市,规模扩大了以后,新旧市镇之间的联系,很多便依靠铁路大发展时代留下来的铁路作市郊铁路,如旧金山、洛杉矶及芝加哥等城市。

我国的城市建设在以往很长的一段历史时期内,处于以集聚为主的城市化发展阶段。城市建设大都把注意力集中在缓解中心城区交通繁忙的事务里。近几年来,城市经济的快速发展,已经导致中心城区人满为患,交通拥堵难以排解。成千上万的上班族在相对固定的时间段内集中上下班,这种每日固定时间、固定方向上的人流日益增多并过于集中时,就会形成通勤高峰,给市郊交通带来巨大的压力。这样,市郊居民向市中心通勤出行的交通问题便日益突出出来。仅仅依靠私人汽车和区间巴士专线,已经不能解决这个问题。而轨道交通系统具有运量大、占地少、不受其他道路交通干扰因而快速准时的优势,使规划并建设市郊轨道交通系统成了这些城市的必然选择。

但是,由于我国铁路建设比较落后,各大城市干线铁路直接进城的格局及其近乎饱和的运量,使得市郊铁路面临举步维艰的窘境。最实际的做法是将城市轨道交通中的干线,向客流明显增大的郊区延伸,再在适当的近郊部位设置环形城市轨道交通换乘点,总体形成“纵横贯通、环行联络、四通八达”的城市轨道交通格局。例如北京、上海等特大城市,都采用了这样的建设思路。用这样的方法来弥补市郊铁路的空缺,是目前行之有效而又节省投资的良策。

(二)市郊铁路的技术特征

市郊铁路的技术特征是由市郊居民通勤出行的客流特征和接驳城际客货运的运量决定的。发达国家大城市的市郊铁路多数是利用铁路大发展时期遗留下来的旧有铁路,开行城市郊区客车,成为市郊铁路;也有将原有市镇间的旧铁路,发展成大城市的市郊铁路。我国轨道交通建设起步较晚,规模不大,现有的客货共线的“大铁路”也仅仅超过4万km,高速客运专线才刚刚开始建设。因此,市郊铁路的建设只能算是刚进入探索阶段。但市郊铁路的地域特征和客流特征与“大铁路”和城市轨道交通系统是有明显差异的,如表1-2所示。

市郊铁路、城市轨道交通系统和铁路干线的技术特征比较表

表 1-2

线路种类	线路性质	服务范围	列车编组	站间距 (km)	平均时速 (km/h)	发车间隔	
城市轨道交通 地铁/轻轨	客运专线	城市区域内	4 或 6	0.6~1.0	30~45	短	
市郊轨道交通	客运专线 客货共线	中、短途 市域范围	6 或 8	2.2~3.9	45~55	高峰时短 平时较长	
干线铁路	传统铁路	客货线	全国范围	客运:14~20 货运:35~50	8~20	客运:120~160 货运:50~80	长
	高速铁路	客运专线	中、长、超长途 大、中城市间	10 左右	25~50	200~320	长
	城际铁路	客运专线	中、长途 大、中城市间	8~14	5~20	80~100	长

注:表中市郊轨道交通的技术参数取自法国巴黎市郊铁路。

由于市郊铁路的地域位置,决定了它的客流特征是上下班高峰时段客流大而集中,其余时段客流相对较小。从运输经济学的角度来看,仅就解决市郊客流问题而建设市郊铁路是不符合运输经济效益原则的,这就需要从市郊铁路的综合经济效益来考虑。因此,如果客运高峰时段增加客运列车发送数量,而其余时段则可以适当减少客运列车,增开货运列车(假如有足够的货运数量的话),这样就可以达到客货运密度相对均衡。对于铁路建设已经非常发达的美国、英国、法国及日本等国家来说,这些国家在大城市郊区已经有铁路线存在,所谓市郊铁路,无非是编组一定数量的市郊列车来运营,就能发挥市郊铁路的作用;或者修建、扩建部分市郊铁路车站,以满足旅客换乘的需要。我国城市轨道交通系统还在起步规划阶段,其建设方案有以下3种。

(1)利用和改造城际铁路经过的市郊乡镇车站,增开市郊列车来缓解市郊客流。这个方案最节省。但目前城际铁路的运能已趋于饱和,再增开市郊短途客运列车的运行空间很小。

(2)新建市郊铁路。这个方案虽然看起来不错,但线路及市郊换乘车站的建设都需要大量资金投入。目前城市的市政建设经费承担市内轨道交通建设已经不堪重负,更难以承担巨大的市郊铁路的建设经费。

(3)将市内轨道交通延伸到市郊。这个方案基建费用相对较小,而且可以分阶段陆续建设。从经济的角度来看,比较可行。例如,上海市地铁的4条市域快速线路(R1、R2、R3、R4),主要在全市范围提供快速的交通服务,连接郊区新城、中心镇等重要地区及重要的对外交通枢纽(空港、海港及铁路客站等),构成全市范围的快速交通骨架,并又通过环形地铁线路及轨道交通网络的换乘点形成在全市畅通的轨道交通体系。

结合我国国情来考虑,第三个方案显然是比较合理和现实的。

四、城际高速轨道交通

严格地说,城际高速轨道交通不属于城市轨道交通的范畴,但有些教材将它归纳到城市轨道交通领域,所以在此仅作一简单介绍。

在运输领域中,每一种运输方式均有其技术特色及最适用的范围。这个范围的界定,与运输工具本身的运营绩效及运输距离有关。例如,航空飞机的时速大约在500~800km,它能提供快捷的服务。由于这个特点,使它在“长距离”的城际运输中,具有无可取代的优势地位。但是,在“长距离”条件之外,这种快速特点及优势地位则无从发挥,而这个在“长距离”之外所留下的“空间”,则让地面运输系统得以继续存在,城际高速运输系统因而得以不断改进与发展。

在运输距离与需求的相对比较条件下,就城际运输而言,高速铁路与航空飞机的竞争分界点在1000km左右,在此距离以上的城际旅客运输(含都市间及国际间)以航空飞机最为适用,而在此距离以下,高速铁路则具有很大的发展空间,尤其在600km以下的城际运输距离,多为高速铁路的优势适用范围。

城际地面运输,传统上以钢轮行驶在钢轨上的铁路运输系统为主,因此,城际高速运输系统的发展是从列车高速化开始的。经过多年的研究与发展,以法国、日本及德国最具成效,分别发展了TGV、新干线及ICE等高速铁路系统。日本和德国更进而发展磁悬浮运输系统,使城际高速运输系统技术的发展呈现出相当广阔的前景。

(一)法国 TGV

法国国铁自20世纪50年代即开始进行提高列车运行速度的研究工作。1955年的一次



机车试验,创造了当时世界最高记录的 331km/h,奠定了法国进一步发展高速运输系统技术的基础。

法国巴黎时间 2007 年 4 月 3 日 13 点 13 分,在欧洲东部 LGV 高速铁路线的 191km 处位置,法国阿尔斯通 V150 列车创下了 574.8km/h 的最新高速列车纪录。

钢轮钢轨系统中牵引理论依靠的是轮轨间的“黏着”产生轮周牵引力,牵引列车前进,当速度提高到一定程度,黏着破坏,动轮将空转,根据计算,认为时速极限是 375km。那么法国 TGV 列车是如何超越极限,成为各界关注的焦点? TGV 系统,一方面充分运用空气动力学原理,使列车外型更具流线型;另一方面采用更轻质材料,减少运行时空气的阻力。为了适应车轮与钢轨间的黏着力随着高速而衰减,将列车动力来源分别安排在列车的最前和最后(动力机车),中间为轻质的无动力载客车厢,由于牵引动力的来源集中在头尾动力机车的轮轴,前后轴的荷重将增加,车轮与钢轨间的摩擦力也加大,降低了动力车轮空转的几率,行车速度也因而得以提升。

TGV 高铁系统不仅仅是高速铁路列车,还包含完善的轨道设施、先进的监控系统,以及训练有素的管理、经营、维修人员。

(二)我国的高速铁路

我国幅员辽阔,但铁路密度不大。自修建铁路以来,一直沿用了客货共线的运输模式,在兼顾重载和提高客运周转的矛盾中,客车速度一直无法提高,与世界轨道交通运输追求高速的潮流差距越来越大。

从 20 世纪 90 年代开始,中国开始了铁路高速化的历程。1994 年 12 月 22 日,在深圳火车站举行了中国第一条准高速线路的开通仪式,在通车于 1911 年的广九铁路中的广深段(广州—深圳罗湖桥)开始运营速度为 160km/h 的客运列车和 70km/h 的货运列车。广深准高速线路中预留了 20~30km 的高速试验段,最小曲线半径 3 000m,困难地段 2 600m。

此后,中国铁路开始了在既有铁路线路上提速的大举措。

1996 年 4 月 1 日,沪宁线由内燃机车牵引的“先行号”旅客快速列车,首次在既有铁路繁忙大通道上开行,时速 140km;同年 10 月 1 日,又将时速提高到 160km。上海至南京 305km,旅行时间由过去的 4h 缩短为 2.5h 以内。

1996 年 7 月 1 日,京秦线开行了内燃机车牵引的“北戴河号”快速旅客列车,时速 140km,北京至北戴河的旅行时间由过去的 3h38min 缩短为 2h,其间最高试验速度达到 173.7km/h。同年 10 月 8 日,沈山线也实现了时速 140km 的运行速度,其间最高试验速度达 185km/h。

1996 年 12 月底,实现了郑州至武汉一段 55km 高速试验线路改造。1997 年 8 月,由我国韶山电力机车厂生产的 SS8 电力机车牵引的列车,试验中最高行车速度达到 247km/h。

秦沈客运专线是我国第一条专门运行旅客快速列车的线路,也是为修建我国高速铁路准备的试验线路。2002 年 12 月 21~28 日进行了第三次综合试验。同年 12 月 27 日,于山海关至绥中北 DK50km 左右,由中华之星(3 动 2 拖)列车实现了 321.6km/h 的高速试验速度。

经过认真、周密的准备,自 1997 年 4 月 1 日开始,我国进行了 5 次既有线路的高速化改造和提速。

2007 年 4 月 18 日,第一列中国高速动车组列车从北京开出,第六次铁路大提速宣告了我国城际铁路高速化的时代已经到来。按照我国铁道部的计划,第六次铁路大提速范围将覆盖 17 个省、市。动车组列车以区域内的城际短途为主,以跨区域中心城市间中长途为辅,主要安