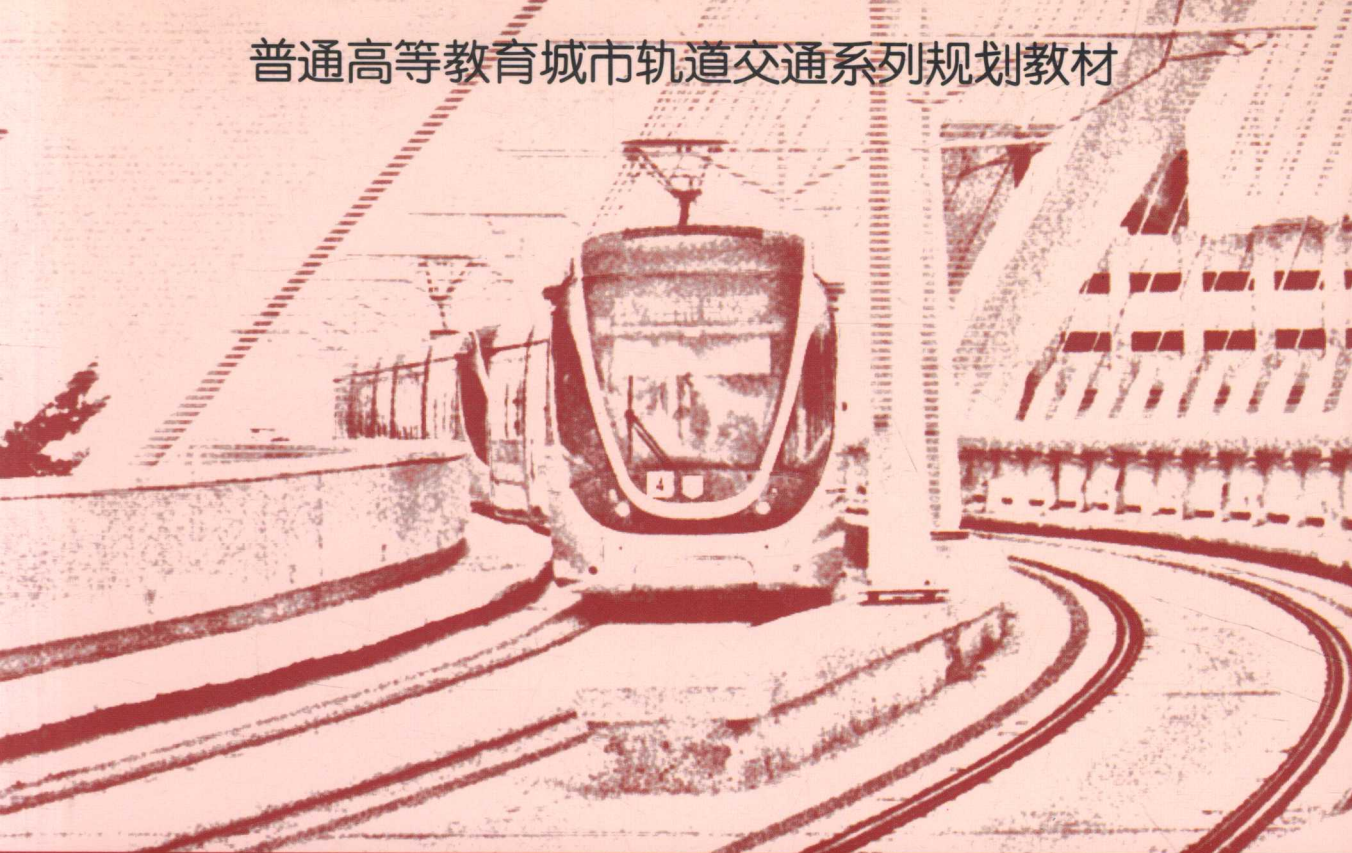


普通高等教育城市轨道交通系列规划教材



城市轨道交通设备

Equipments of Urban Rail Transit

主 编 吴 芳

副主编 颜月霞 马昌喜

主 审 毛保华

.5



人民交通出版社

China Communications Press

普通高等教育城市轨道交通系列规划教材

城市轨道交通设备

Equipments of Urban Rail Transit

主 编 吴 芳

副主编 颜月霞 马昌喜

主 审 毛保华



人民交通出版社

China Communications Press

内 容 提 要

本书是普通高等教育城市轨道交通系列规划教材之一。全书共有9章,对城市轨道交通设备的组成、基本原理及设计标准进行了介绍,内容包括:绪论、城市轨道交通线路与土建设施、车站与换乘枢纽、车辆与车辆段、信号系统、通信系统、供电系统及防灾报警系统,并对新型城市轨道交通技术的研究现状及发展趋势进行了总结和展望。

本书可作为城市轨道交通工程、土木工程以及机电工程等本科专业的专业基础课程教材,也可作为城市轨道交通规划、设计与运营管理相关工程技术人员教学培训及自学参考资料。

图书在版编目(CIP)数据

城市轨道交通设备/吴芳主编. --北京:人民交通出版社,2012.11

ISBN 978-7-114-10232-5

I. ①城… II. ①吴… III. ①城市铁路—轨道交通—交通设施 IV. ①U239.5

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 282538 号

普通高等教育城市轨道交通系列规划教材

书 名:城市轨道交通设备

著 作 者:吴 芳

责任编辑:高 培 吴燕伶

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:人民交通出版社发行部

经 销:各地新华书店

印 刷:北京鑫正大印刷有限公司

开 本:787×1092 1/16

印 张:10.75

字 数:255 千

版 次:2012 年 11 月 第 1 版

印 次:2012 年 11 月 第 1 次印刷

书 号:ISBN 978-7-114-10232-5

定 价:28.00 元

(有印刷、装订质量问题的图书由本社负责调换)

前言 Preface

随着社会经济的发展和城市化进程的推进,我国大城市交通需求持续、快速增长,越来越多的城市深受交通拥堵和交通环境污染的影响,许多城市正在或将要建设城市轨道交通,以谋求缓解城市交通供需失衡的问题。城市轨道交通可以说是城市建设史上最大的公益性基础设施,其建设对城市布局发展及市民生活将产生深远的影响。“十一五”期间,国务院最先批准的22个城市已建设、完善轨道交通网络2259.8km,总投资达8820亿元。“十二五”期间,城市轨道交通建设线路将达2795km,总投资额超过9886亿元。未来一段时期,城市轨道交通建设必将进入快速发展时期,与其建设、运营、维护相关的各专业人才需求也会有很大增幅。

本教材系针对城市轨道交通专业本科生必修的专业基础课程教学工作而编写,本书也可作为与城市轨道交通相关的土木工程、机电工程、交通工程等诸多专业选修课程、远程教育教材,亦可供从事城市轨道交通规划、设计和管理的工程技术人员培训及自学参考使用。

本教材共9章,各章节编写分工如下:第1章、第3章、第7章由兰州交通大学吴芳编写;第8章由兰州交通大学吴芳、马昌喜编写;第2章由石家庄铁道大学颜月霞、张良编写;第4章由石家庄铁道大学颜月霞编写;第5章由兰州交通大学孙丽芳编写;第6章由兰州交通大学董鹏编写;第9章由兰州交通大学马昌喜编写。全书由吴芳统稿,由北京交通大学毛保华教授审稿。

为了方便读者学习,本书各章开头编写了“本章概要”、“关键词汇”,以起到有效导读作用;在每章结束时附加了“本章小结”、“练习题”,以总结及巩固所学知识。此外,各章最后还分别列举了与该章内容相关的主要参考文献,以方便读者更广泛地参阅相关资料。

本教材编写,参考了大量国内外城市轨道交通方面的教材、著作和论文(详见参考文献目录),在此一并对所有著作者表示诚挚的感谢!本教材编写中,北京交通大学毛保华教授等专家提出了很多宝贵意见,在此表示深深的感谢!此外,兰州交通大学交通运输学院研究生高浩然、李沁鲜、陈瀚、钱春燕、李芳、刁爱霞、郭沂鑫等同学帮助搜集整理了部分资料,并协助进行了文字校核及部分图表的绘制工作,在此也表示由衷的感谢!

由于编者水平所限,加之时间仓促,错漏之处在所难免,希望本书能对读者有所裨益,并恳请读者批评指正。

编者

2012年5月于兰州交通大学

目 录 Contents

第1章 绪论

【本章概要】	1
【关键词汇】	1
1.1 城市客运交通结构组成与我国客运交通发展现状	1
1.2 城市轨道交通运营系统设备组成及功能	4
1.3 我国城市轨道交通特点及安全保障体系	7
1.4 我国城市轨道交通系统建设及运营原则	7
【本章小结】	8
【练习题】	8
【参考文献】	8

第2章 城市轨道交通线路与土建设施

【本章概要】	9
【关键词汇】	9
2.1 路基及轨道结构组成	9
2.2 高架工程与地下隧道	21
2.3 限界	32
【本章小结】	34
【练习题】	34
【参考文献】	35

第3章 城市轨道交通车站与换乘枢纽

【本章概要】	36
【关键词汇】	36
3.1 城市轨道交通车站布局、种类及设施	36
3.2 城市轨道交通车站选型布局与相关设计	52
3.3 城市轨道交通换乘枢纽	56
3.4 城市轨道交通车站导乘系统	65

【本章小结】	74
【练习题】	74
【参考文献】	75

第4章 城市轨道交通车辆与车辆段

【本章概要】	76
【关键词汇】	76
4.1 车辆类型及特点	76
4.2 车辆构成及基本原理	79
4.3 车辆段与整备设备	90
【本章小结】	93
【练习题】	93
【参考文献】	94

第5章 城市轨道交通信号系统

【本章概要】	95
【关键词汇】	95
5.1 城市轨道交通信号系统概述	95
5.2 信号基础设备	97
5.3 车站联锁	104
5.4 闭塞	106
5.5 列车运行自动控制系统	108
【本章小结】	123
【练习题】	123
【参考文献】	123

第6章 城市轨道交通通信系统

【本章概要】	124
【关键词汇】	124
6.1 城市轨道交通通信系统概述	124
6.2 城市轨道交通通信系统的组成	125
【本章小结】	132
【练习题】	132

【参考文献】	133
--------------	-----

第7章 城市轨道交通供电系统

【本章概要】	134
【关键词汇】	134
7.1 轨道交通供电系统的组成及技术要求	134
7.2 供电系统的功能	135
7.3 供电系统主要设备	136
7.4 向牵引变电所供电的接线方案	140
7.5 电力监控系统	141
【本章小结】	143
【练习题】	143
【参考文献】	143

第8章 城市轨道交通防灾报警系统

【本章概要】	144
【关键词汇】	144
8.1 概述	144
8.2 FAS 的组成及基本原理	144
8.3 设备监控系统	152
8.4 其他灾害的防灾设计	154
【本章小结】	156
【练习题】	156
【参考文献】	156

第9章 “新型城市轨道交通技术”的研究现状及发展趋势

【本章概要】	157
【关键词汇】	157
9.1 概述	157
9.2 新型城市轨道交通技术设备及应用状况	159
9.3 城市轨道交通建设发展趋势	161
【本章小结】	163
【练习题】	163
【参考文献】	163

第1章 绪论

【本章概要】

1. 城市客运交通结构变化及组成;
2. 城市客运交通发展影响因素;
3. 我国客运交通发展现状;
4. 城市轨道交通运营系统设备组成及功能;
5. 我国城市轨道交通特点及安全保障体系。

【关键词汇】

客运交通;影响因素;设备;安全保障

随着城市化步伐的日益加快,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、能源匮乏等一系列所谓“城市病”。交通结构组成及布局往往会影响城市的综合发展,交通结构组成与发展又依存于城市发展、经济增长、人口分布及政策导向。城市轨道交通是一种大容量、快速、舒适、安全、准时的“绿色交通”系统,其建设与发展不仅可以进一步完善城市客运交通体系结构,大大缓解大中城市交通拥堵,改善环境质量,而且有利于推动 21 世纪大中城市的可持续发展。

1.1 城市客运交通结构组成与我国客运交通发展现状

1.1.1 城市客运交通结构变化及组成

(1) 城市客运交通结构变化

城市客运交通运量的变化划分可为初级、中级、高级三个演变阶段。初级阶段,城市内部人与物的空间运动规律发展一直处于低水平增长状态;进入中级阶段后,其出现高速增长状态,同时人与物的空间运动规模也会迅速扩大;而到达高级阶段后,发展水平的增长速度又会趋于减缓。

发达国家城市客运交通工具经历了从人力化、畜力化向着机动化的变化,与此同时交通结构也产生了相应的改变。若以结构变化的质变期为临界点,可将其分成四个阶段:

第一阶段是公元前 20 ~ 30 世纪至 19 世纪末,以人力、畜力交通工具为主;

第二阶段发生于 20 世纪初至 20 世纪 30 年代,以公共电、汽车为主,但在西欧一些国家自行车拥有率也普遍较高;

第三阶段是从 20 世纪 30 年代中至 20 世纪 60 年代,以轨道交通为主,公共交通在城市交通中发挥着极大的作用;

第四阶段发生于 20 世纪 80 年代至今,除了轨道交通外,私人小汽车也成为城市内部客运交通的主要工具。

(2)城市客运交通系统构成

在现代社会,交通是促进国民经济增长的重要因素和主要驱动力,是一个国家经济正常运转和协调发展的前提和重要保障,是现代社会化大生产高效率的先决条件和重要支撑。城市客运交通的演变,是随着科学技术的发展而不断完善的,伴随着社会经济发展和需求构成的多样性和复杂性,交通供给也理应与此相适应。城市客运交通系统是指满足城市出行需求的所有交通方式的集合,其构成如图 1-1 所示。城市客运交通系统日益丰富与完善,但对于不同城市,由于其规模、经济与地理条件的差异而具有不同的客运交通系统构成状况。

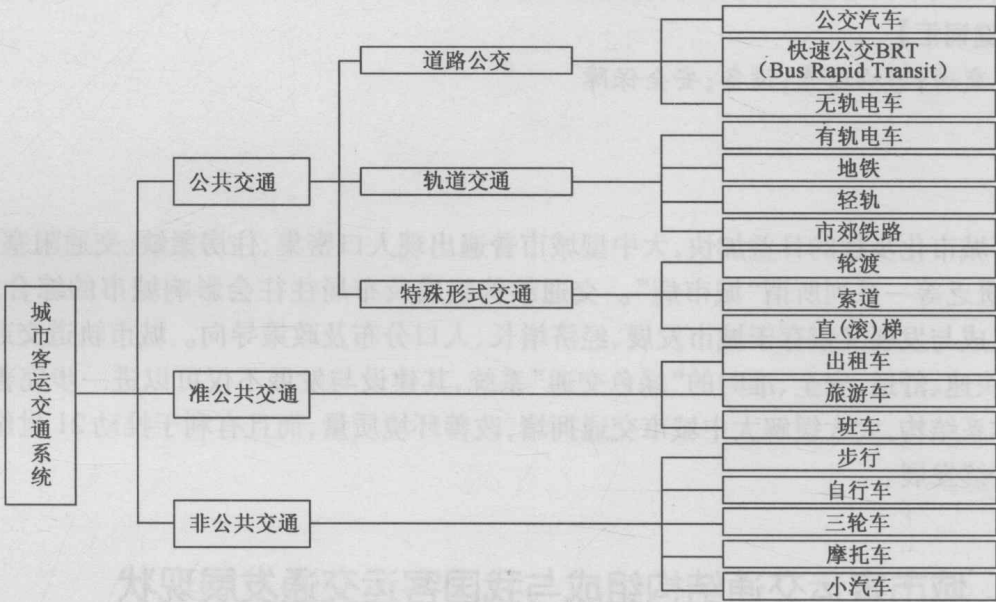


图 1-1 城市客运交通系统构成

1.1.2 城市客运交通发展影响因素

实践表明,城市客运交通的发展不仅具有明显的时期性,而且与城市化的发展过程密切相关。城市客运交通与工业、城市规模和城市经济各方面相互间的关系如下。

(1)城市客运交通结构的演变以工业发展为基础

工业的发展,一方面提出巨大的运输需求,另一方面又为变革传统交通方式及工具的需求提供物质保障,并及时地生产出一代又一代足够数量的新型交通工具,以满足工业化产生的需求,进而直接影响到交通流结构的改变。如,西方一些国家的小汽车是在相关工业基础和科技发展一定程度后加快发展速度的,随着汽车工业的大力发展,私人汽车出行量在城市客运交通中的比例也相应地增大,并逐渐占据了一定的份额,成为交通流中不可忽视的组成部分。从

世界一些大城市的情况看,到 20 世纪 80 年代,私人小汽车出行基本占交通出行的 20% 以上,改变了原有的客运结构。

(2)城市客运交通结构应与城市规模相适应

随着城市化进程的深入及城市规模的扩大,城市居民的居住活动逐渐向外迁移,金融、商业、行政活动则进一步向城市中心聚集,人们的出行距离逐渐增大。而一个时期的主要交通工具,应该是与居民的出行距离相适应的。因此,可以认为,一个时期的交通结构也是与城市规模相适宜的。

(3)城市客运交通发展应与城市经济发展相协调

城市客运交通的发展意味着在交通基础设施建设上的巨大投入,如果没有相应的资金、物力和人力投入作保障,城市客运交通就不可能有什么实质性的改变。城市轨道交通每公里造价达几千万甚至几亿元,因此,大部分国家都是在经济发展到一定程度以后,才开始大力修建地铁,发展城市轨道交通的。表 1-1 显示了几个发达国家大规模修建地铁、大力发展汽车工业的时间和该时期人均国民收入水平。表中数据充分说明了交通的发展是以经济发展为后盾的,且当城市居民人均 GDP 大部分在 3000 美元左右时,为城市轨道交通大力发展的时期。

英、法、美、日等国轨道交通、小汽车的发展时期及 GDP 表 1-1

国 别	地铁发展阶段	GDP[美元/(人·年)]	国 别	小汽车发展阶段	GDP[美元/(人·年)]
英国	1890 ~ 1969	3041 ~ 3662	英国	1920 ~ 1969	3455 ~ 7908
法国	1900 ~ 1938	2203 ~ 3851	法国	1945 ~ 1950	3079 ~ 4109
美国	1904 ~ 1940	2763 ~ 4746	美国	1910 ~ 1959	3554 ~ 7380
日本	20 世纪 60 年代	2595	日本	1965	4549

1.1.3 我国城市客运交通发展现状

我国城市客运交通的发展与世界上其他国家一样,遵循着交通发展的一般规律。在经历了漫长的交通发展初级阶段之后,我国城市客运交通于 20 世纪初进入了交通发展的中级阶段,并表现出中级阶段的交通特征。在 20 世纪 80 年代以后至今的短短 30 多年时间里,随着我国国民经济和科学技术的快速发展,我国的城市化进程进入了加速发展时期,城市人口出行需求总量持续急剧增长。同时,随着城市规模的逐步扩大,城市边缘不断外延,使得劳动力要素的流动距离变得越来越大,在时间与金钱方面的成本耗费也越来越多,人们对交通工具的选择,逐渐由步行与自行车代步更多地转而倾向于机动车代步。尤其近些年以来,除了作为城市主要交通工具的公共交通外,私家车的拥有量也在迅速增长,而私家车的急剧增长使人口众多、资源十分紧缺的国家交通压力进一步加剧,由此而引发的环境问题、能源问题、安全问题也日益突出。在此状况下,有必要进一步完善城市交通设施,合理规划、改善交通结构,优化交通组织。

国内外经验表明,大力发展公共交通,提高公交出行比例是缓解交通压力的重要举措,交通决策部门对此也日益重视。2005 年国务院办公厅转发了建设部等部门《关于优先发展城市公共交通意见的通知》,明确了公共交通系统是城市交通的主力军,“优先发展公共交通”符合城市发展和交通发展的实际,是提高交通资源利用效率,缓解交通拥堵的重要手段。在此思想指导下,众多城市已将“建设以公共交通运输为主导的综合城市交通运输体系”作为城市交通发展战略的一项重要任务。在我国,构建“以城市轨道交通为骨干、常规公共交通为主体、多种交通运输方式互相补充”的可持续发展的现代化城市客运交通体系,已成为落实科学发展

观、构建节约型社会的必然要求,这种现代化城市客运交通体系不仅能更好地适应未来城市交通发展需求,也符合城市交通国际发展总趋势。

城市轨道交通之所以担当骨干作用,是因为与常规公共交通相比,轨道交通是一种大容量的公共交通,其经济效益、运输效益、能源消耗及环境影响均具有明显的优势。在世界主要大城市中,城市轨道交通运输量占公共交通运输量的 50% 以上,有些甚至在 70% 以上,号称“城市交通的主动脉”,德国、美国、日本等很多国家都已形成完善的城市轨道交通网络。

城市轨道交通规模大、造价高、技术复杂,在过去的几十年中,由于我国经济实力有限,我国城市轨道交通设备在全面建设初期主要依靠进口,价格昂贵,地方财力难以承受,致使我国城市轨道交通建设起步晚于发达国家,规模也大大受限,发展速度远远滞后于其他交通方式。在 2000 年之前,中国内地仅有北京、上海、广州三个城市拥有城市轨道交通线路。进入 21 世纪以来,伴随着中国经济的飞速发展,很多城市的人均 GDP 达到甚至超越了发达国家城市轨道交通建设高潮时期的水平。同时随着城市化进程的加快,中心城市不断向周边辐射,城市轨道交通设备国产化与自主创新能力的显著增强,使得城市轨道交通在我国进入了一个全面发展和建设的时期。据相关资料报告,2011 年中国人均 GDP 达到 5540 美元,已进入了中等收入国家水平。目前,我国城市人口过百万的城市已有 100 多个,其中城市居民人均 GDP 超过 5000 美元的城市也有一半以上,这些城市的大多数已将轨道交通列入发展规划,以进一步完善城市综合交通体系,提升城市现代化水平。截至 2011 年底,中国内地先后有北京、上海、广州、南京、深圳、大连、天津、重庆、武汉、长春、成都、沈阳、西安等十余座城市建成了城市轨道交通,京津冀、长江三角洲和珠江三角洲地区还先后开建城际铁路。全国各大城市已投入运营的城市轨道交通线路里程也达到近 2000km。目前还有 40 多个城市正在建设或筹建地铁和轻轨等城市轨道交通,国家已经批准了其中 28 个城市的轨道交通建设计划。至今,在不到半个世纪的时间里,中国城市轨道交通的建设与发展已取得了令世人瞩目的成绩,并且正处于如火如荼的发展之中。城市轨道交通除了里程增加外,也由原先的地铁这一形式向多样化方向发展,如上海的磁悬浮列车、广州的直线电机列车、重庆的单轨列车等。根据国务院批准的城市轨道交通项目发展规划,2012 年,北京轨道交通线网将全部覆盖中心城区,运营里程将达到 440km;上海轨道交通线网达 13 条,运营里程将超过 500km。“十二五”期间,国家将继续建成投运城市轨道交通 2500km 左右。预计到 2020 年,我国建设并投入使用的城市轨道交通线路总长度将突破 7000km,届时,城市轨道交通必将覆盖全国主要大中城市。在我国,投入巨额资金大力发展城市轨道交通,不仅对于缓解城市交通拥堵和减少交通事故发挥巨大的作用,同时城市轨道交通的普及与发展,必将进一步顺应节能减排、绿色环保的低碳经济时代和全球经济发展的趋势。

1.2 城市轨道交通运营系统设备组成及功能

城市轨道交通是城市公共交通系统的一个重要组成部分,目前城市轨道交通有地铁、轻轨、市郊铁路、独轨、有轨电车以及磁悬浮列车等多种类型。对于城市轨道交通这一复杂的运输系统,运用现代电子信息技术,实现人、车、路、环境及设备在列车运行中的信息沟通与协调,

并实现运营管理的智能化,是城市轨道交通发展的必然趋势。

城市轨道交通运营系统由硬件与软件设施组成。硬件设施包括线路与相关土建设施、车站与换乘枢纽、车辆与车辆段、牵引供电设施、信号与通信设施、环控与给排水设施、灾害预警设施等;城市轨道交通运营管理软件设施包括行车调度系统、客运组织管理系统、安全防护管理信息系统等。本教材主要介绍城市轨道交通硬件设施的组成、基本原理及设计标准,分析各设施的相互协调关系,并对城市轨道交通数字化、智能化、信息化发展前景加以展望。

(1) 线路与相关土建设施

线路与相关土建设施是轨道交通列车运行的基础。在我国轨道交通系统中,线路分为广义线路与狭义线路。

广义的线路是指轨道、路基、桥梁、隧道的总称。路基是线路的下部建筑,轨道、桥梁、隧道是线路的上部建筑,线、桥、隧的结构虽然在专业理论上分别成为不同的独立分支,但都可以归属于土建类范畴。按线路与地面的相对关系进行分类,线路可分为地面线路、地下线路和高架线路。我国铁路线路以地面线路为主;城市轨道交通的线路以地下线路为主,高架线路次之,只有在车辆段或市郊区域,才设置一些地面线路。

狭义的线路就是轨道结构。轨道结构是城市轨道交通系统的重要组成部分,由钢轨、扣件、轨枕、道床、道岔及其他附属设备组成。依据年通过能力,轨道选型采用不同类型的钢轨。年通过换算总重达 $15 \sim 30\text{Mt}$ 时,采用 50kg/m 钢轨;年通过换算总重达 $30 \sim 60\text{Mt}$ 时,采用 60kg/m 钢轨。此外,轨道结构应尽可能选用通用部件及设施,以降低工程造价和养护费用。轨道结构除了要求具有足够的强度、稳定性和耐久性等基本特征外,还必须具有适量的弹性,使列车运行所引起的振动与噪声控制在容许范围内。

(2) 车站与换乘枢纽

车站与换乘枢纽是乘客上下车、换乘的场地,也是列车到发、通过、折返的地点。

按车站与地面相对位置,车站分为地面站、高架站、地下站;按运营性质,车站分为中间站、换乘站、中间折返站、尽端折返站、枢纽站、联运站、终点站等。车站设备主要包括:线路、信号、通信等行车设备;站台、出入口、站厅、售检票、通道、楼梯、自动扶梯及导向设施等乘客服务设备;列车供电系统、照明设备及低压配电设施等供电设备;环控与给排水设备;防灾报警设施、屏蔽门等安全保障设备。车站间的距离在市区宜为 1km 左右,在郊区不宜大于 2km 。

换乘枢纽服务于城市“对外交通”与“市内交通”。城市“对外交通”位于机场、火车站、码头等,主要解决对外交通与市内交通的乘客换乘问题。“市内交通”服务于市内各种交通方式之间及内部中转换乘为主的需求。从交通方式的转换角度讲,换乘可分为不同交通方式间的转换、同种交通方式间的转换两种形式。

(3) 车辆与车辆段

车辆是运载乘客的工具,分为动车和拖车,动车自身具有动力装置(牵引电机),设有司机室,具有牵引与载客双重功能;拖车不装备动力装置,仅有载客功能,需具有动力牵引功能的车辆牵引拖带。城市轨道交通列车均为动车和拖车连挂而成的电动车组,其多选择贯通式连接方式,这种方式使得乘客可沿全列车走动,不仅有效调节了各个车辆的载客拥挤度,使全列车乘客均匀分布,而且有利于在列车发生意外事故时疏散乘客。

城市轨道交通车辆由机械部分、电气部分和空气管路三大部分组成。机械部分,由车体、

车门、连接装置和制动装置组成;电气部分,由主电路、主控电路、辅助电路和辅助控制电路组成;空气管路,由空气压缩机组、总风缸、风源净化装置、列车管、电空制动控制器、电空阀、空气制动阀、电动放风阀、紧急阀、基础制动装置等组成。车辆内部设备,包括车电、通风、取暖、空调、座椅、拉手等服务于乘客的车体内固定附属装置;蓄电池箱、主控制箱、电动空气压缩机组、总风缸、电源变压器、各种电气开关和接触器箱等服务于车辆运行的设备装置。城市轨道交通车辆应具有先进性、可靠性和实用性,满足容量大、安全、快速、舒适、美观、节能和噪声低的要求。早期车辆大多为钢骨车,目前更多采用铝合金、钛合金等新型轻质合金材料车,这进一步降低了车辆自重,提高了承载能力和运输效率。

车辆段是车辆停放、清扫、运用、检查、管理、整备和检修保养的场所。其主要业务有车辆停放与折返、乘务组换班、列车编组、车辆的检查与技术维修等。一般一条线设一个车辆段,也可以两条或两条以上线路共设一个车辆段。

(4) 信号与通信设施

信号与通信设施是用于指挥和控制列车有序、高效运行,实现运输的集中统一指挥、行车调度自动化、列车运行自动化的重要设施,其对于提高通过能力、保证行车安全起着至关重要的作用。

信号系统,由信号基础设备、联锁设备、列车运行调度指挥系统等设备组成。城市轨道交通信号基础设备主要包括信号机、继电器、转辙机、轨道电路及计轴设备等,它们的运用质量和可靠性,是信号系统正常运行和充分发挥效能的保证。现代信号系统还包括了列车自动控制(Automatic Train Control, ATC)系统。ATC系统包括三个子系统:列车自动防护(Automatic Train Protection, ATP)、列车自动运行(Automatic Train Operation, ATO)、列车自动监控(Automatic Train Supervision, ATS)。ATC系统对于实现行车指挥和列车运行自动化,全方位保证安全的前提下减轻运营人员的劳动强度,充分发挥城市轨道交通的通过能力具有重要意义。

城市轨道交通必须配备专用的、完整的、独立的通信系统,使其能够畅通地传递语音、数据、图像和文字等各种信息,以应对轨道交通的运营组织管理。城市轨道交通通信网由光纤数字传输、数字电话交换、广播、闭路电视监控、无线通信等系统组成,包括传输系统、公务电话系统、专用电话系统、无线通信系统、广播系统、时钟系统、闭路电视监视系统、电源及接地系统。城市轨道交通通信按功能的不同,分为专用通信、自动电话、有线广播、闭路电视、无线通信及其他通信。

(5) 供电与照明系统

供电与照明系统负责提供列车、设备运行的动力能源,担负着运行所需电能及照明电能的供应与传输,是城市轨道交通安全可靠运行的重要保证。供电及照明系统一般包括高压供电系统、牵引供电系统、电动列车、动力与照明供电系统及监控系统。

(6) 环控系统

环控系统通过设置通风与空调系统、防排烟系统及环境监控系统,使城市轨道交通在车站及区间内任何环境下的空气的温度、湿度、空气流动速度和空气质量均满足乘客日常及发生意外时的基本需求。环控系统尤其应满足当列车阻塞在区间隧道时,能维持车厢内乘客短时间能接受的环境条件;当发生火灾事故时,能提供有效的排烟手段,给乘客和消防人员输送足够

的新鲜空气、形成一定的风速、引导乘客迅速撤离现场。

(7) 给排水系统

给排水系统为城市轨道交通系统运营提供所必需的生活、生产、消防用水;处理排出生产与生活产生的污水、地下结构渗水、冲洗及消防废水和车站露天出入口及洞口的雨水等。城市轨道交通给排水系统包括给水系统、排水系统和水消防系统3个子系统。

(8) 防灾报警系统

防灾报警系统通过自动捕捉区域内火灾发生时的烟雾或热气,当监测到其变化超过一定的阈值,则发出声光报警,并通过输出接点控制自动灭火,同时启动事故照明、事故广播、消防给水和排烟等系统,以实现监测、报警和灭火的自动化。

1.3 我国城市轨道交通特点及安全保障体系

城市轨道交通具有城市道路交通无可比拟的优势,不仅容量大,而且运行准时、快速、安全、高效、无污染,在提高效率的同时,有利于节省土地资源,便于实现环境保护,并且具有良好的社会效益。

城市轨道交通是一个多专业、多工种有序联动,并且时效性极强的系统。为了保证运行的安全及高效性,在城市轨道交通中日益采用以计算机处理技术为核心,各种自动化设备及管理监控系统代替人工及机械设备的运行系统。如ATC系统可以实现列车自动驾驶、自动跟踪、自动调度;SCADA(Supervisory Control and Data Acquisition,电力监控系统)可以实现主变电所、牵引变电所、降压变电所设备系统的遥控、遥信、遥测;BAS(Building Automation System,楼宇监控系统,在城市轨道交通系统中又被称为设备监控系统)和FAS(Fire Alarm System,火灾报警系统)可以实现车站环境控制的自动化和消防、报警系统的自动化;AFC(Automatic Fare Collection,自动售、检票系统)可以实现自动售票、检票等功能。这些系统全线各自形成网络,均在OCC(Operation Control Center,运营控制中心)设中心计算机,实行统一指挥与分级控制。

1.4 我国城市轨道交通系统建设及运营原则

我国的城市轨道交通行业正在步入一个跨越式发展的新阶段,中国已经成为世界上最大的城市轨道交通市场。我国城市交通需求发展的趋势表明,我国城市居民出行将保持持续稳定的增长。所以进一步加强交通结构的调整,重点发展以城市轨道交通为骨干的公共交通网络,建立多层次、立体化、智能化的交通体系,是从根本上改善交通需求的重要战略措施之一,也是提升居民生活质量,调整城市区域结构和产业布局的必然选择。

在此过程中,城市轨道交通建设与运营过程应尽可能遵循以下原则:

(1)城市轨道交通系统的规划与建设应尽量减少占地面积,同时应促进城市轨道交通沿线土地的综合开发和利用。

(2)城市轨道交通系统的建设及运营应尽可能节省能源、降低公害、提高环境质量。

(3)应进一步提升管理及运营服务质量,快速、安全、舒适、准时地运送更多乘客,以充分发挥大城市道路交通体系中轨道交通为骨干交通的效能。

(4)应建立相对统一的城市轨道交通建设标准和技术标准。

(5)应充分采用新技术、新工艺和新材料,进一步提升设备及核心技术的国产化水平。

本章小结

交通在现代社会,是促进国民经济增长的重要因素和主要驱动力,是一个国家经济正常运转和协调发展的前提和重要保障,以及现代化大生产高效率的先决条件和支撑。在城市扩张和经济发展的背景下,城市客运交通体系是一个城市的血脉。

本章介绍了城市客运交通结构变化及组成,依据我国客运交通发展现状分析了城市客运交通发展影响因素,并对城市轨道交通运营系统设备组成作了全面重点的讲解,同时对城市轨道交通特点及安全保障体系等问题、我国城市轨道交通系统建设运营原则,也进行了综合性的论述。

练习题

1. 依据交通发展影响因素分析不同城市客运交通现状及发展战略。
2. 城市客运交通系统包括哪些交通方式?对于你所在的城市,分析客运交通系统构成状况及发展趋势。
3. 简述城市轨道交通运营系统设备组成及功能。
4. 我国城市轨道交通安全保障体系包括哪些方面的内容?

参考文献

- [1] 张立.城市轨道交通工程概论.北京:人民交通出版社,2011.
- [2] 荣朝和.论交通化.北京:中国社会科学出版社,1993.
- [3] 陈小鸿.城市客运交通系统.上海:同济大学出版社,2008.
- [4] 毛保华,王明生,牛惠民,等.城市客运管理.北京:人民交通出版社,2009.
- [5] 曹钟勇.城市交通论.北京:中国铁道出版社,1996.
- [6] 韩彪.交通运输发展理论.大连:大连海事大学出版社,1994.

◀ 第2章 城市轨道交通线路与土建设施

【本章概要】

1. 城市轨道交通路基及轨道结构组成;
2. 高架工程与区间隧道;
3. 限界。

【关键词汇】

城市轨道交通;路基;轨道结构;高架工程;区间隧道;限界

城市轨道交通线路的敷设有三种基本形式:地面、地下和高架。除地面轨道交通外,为了充分利用城市空间,许多城市将轨道交通建在空中或者地下。城市轨道交通的高架工程实质上可以理解为城市轨道交通中的桥梁工程,它既是一种功能性的建筑物,又是一座立体的造型艺术工程,具有一种恢弘气魄,也是具有时代特征的景观工程。城市轨道交通地下隧道不仅提高了土地对经济的贡献率,而且减少了交通噪声的干扰,所以,也是诸多城市土地资源稀缺的市区范围轨道交通的首选形式。当然,城市轨道交通系统应根据城市环境、路网规划、投资规模等因素选择采用合适的形式。

路基是整个线路构造的重要组成部分,路基可以与桥梁、隧道相连,共同构成线路。轨道结构敷设于路基的地基面之上,承受着高速行驶的轨道交通车辆的荷载,同时把荷载传递给支撑轨道结构的路基基础,并引导着列车的运行。

为了确保列车安全运行,凡接近城市轨道交通线路的各种建筑物及设备,必须与线路保持一定的距离。因此,城市轨道交通规定有车辆限界、接触轨限界、设备限界、建筑接近限界等限界。

◀ 2.1 路基及轨道结构组成

2.1.1 路基组成

在地面线路中,路基是由填筑或开挖而形成的直接支承轨道的结构,也叫做线路下部结构。路基依其所处的地形条件不同,有两种基本形式:路堤和路堑。轨道路基为使路线平顺,在自然地面低于路基标高处要填筑成路堤,在自然地面高于路基标高处要开挖成路堑。路堤各部分名称分别为:路肩、路肩边缘、路拱、基地、边坡、坡脚及护道。路堑各部分名称分别为:

路肩、路肩边缘、路拱、路堑顶边缘、地面、侧沟平台及边坡。有时因地形和断面形式的不同可具体分为路堤、路堑、半堤半堑、半路堤、半路堑及不填不挖六种。路基是按照路线位置和一定技术要求,用土或石料修筑而成的线形结构物。根据地质条件及填料构成的不同,路基可分为土质路基和石质路基两种。路基的作用是在路基面上直接铺设轨道结构。因此,路基是轨道的基础,它承受本身的岩土自重和轨道重力,即静荷载,同时承受由轨道传递而来的行车荷载,即动荷载。

路基必须具有足够的强度和稳定性,即在其本身静力作用下,地基不应发生过大沉陷;在轨道车辆动力作用下,其不应发生过大的弹性和塑性变形;路基边坡应能长期稳定而不坍塌。为此,须在必要处修筑一些排水沟、护坡、挡土结构等路基附属构筑物。路基是一种线形结构物,具有路线长、与大自然接触面广的特点,其稳定性,在很大程度上由当地自然条件所决定。合理选择线位,可以避开地质不良地段和工程艰巨路段,保证路基稳定,减少工程数量,节约工程投资。路基工程的特点是:工艺较简单,工程数量大,耗费劳力多,涉及面较广,耗资亦较多。路基施工改变了沿线原有自然状态,挖填及弃土石方涉及当地生态平衡、水土保持和农田水利。在土石方相对集中或条件比较复杂的路段,路基工程往往是线路施工期限的关键之一。

路基由两部分组成:路基本体和路基设备,路基断面示意图见图 2-1。

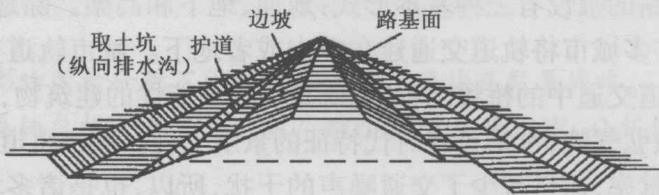


图 2-1 路基断面示意图

1) 路基本体

在各种路基形式中,为了能按照线路设计要求铺设轨道而构成的部分,称为路基本体。在路基断面中,路基本体由路基面、路肩、边坡、路基基底和基床组成。

(1) 路基面

路基面是指路基本体中为形成轨道铺设条件和确保线路正常运营而构筑的构造面。在路堤中,路基面即为路堤堤身的顶面,也称路堤顶面;在路堑中,路基面即为堑体挖开后形成的构造面。

(2) 路肩

路肩是指路基面两侧自道床坡脚至路基面边缘的部分。路肩有以下作用:支护轨道以下的路基土体,防止其在列车运行产生的振动作用下侧向挤动;防止路基面边缘部分的土体稍有塌落时,影响轨道道床的完整状态;在线路养护维修作业中,它是线路器材存放处和辅助工作面。在线路设计中,路基的设计标高以路肩边缘的高程表示,称为路肩标高。

(3) 边坡

在路堤的路肩边缘以下和在路堑路基面两侧的侧沟内,因为填挖而形成的斜坡面称为路基边坡。边坡的坡形常修筑成单坡形、折线形和阶梯形。每一坡段坡面的斜率以边坡断面上取上下两点之间的高差与水平距离之比表示。当高差为 1 单位长时,水平距离经折算为 m 单位长,则斜率为 $1:m$ 。路基工程中,以 $1:m$ 方式表示的斜率称为坡度, m 称为坡率。在路基本