



新疆特色的轨道交通类专业教学体系研究课题成果

轨道交通概论

主 编◎叶剑锋 牛云霞

副主编◎魏 娜 张 荣

主 审◎孙 亮[乌鲁木齐市城市综合交通项目研究中心]

段明社[新疆交通职业技术学院]



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

非外借

新疆特色的轨道交通类专业教学体系研究课题成果

Guidao Jiaotong Gailun

轨道交通概论

主 编 叶剑锋 牛云霞

副主编 魏 娜 张 荣

主 审 孙 亮[乌鲁木齐市城市综合交通项目研究中心]

段明社[新疆交通职业技术学院]



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

内 容 提 要

轨道交通概论是轨道交通类专业学生的基础课程,是建立轨道交通基本认识体系的必修课程。本书全面介绍了轨道交通各系统的基本概念、组成和原理,共分为八个项目,包括轨道交通工程、轨道交通车站、轨道交通车辆、电力牵引系统、城市轨道交通通信、城市轨道交通信号系统、城市轨道交通运营组织。

本书可作为高职院校城市轨道交通类专业教材,也可供从事轨道交通的相关工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

轨道交通概论 / 叶剑锋,牛云霞主编. —北京:
人民交通出版社股份有限公司, 2016.11
新疆特色的轨道交通类专业教学体系研究课题成果
ISBN 978-7-114-13492-0

I. ①轨… II. ①叶… ②牛… III. ①城市铁路—轨
道交通—职业教育—教材 IV. ①U239.5

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2016)第 280830 号

新疆特色的轨道交通类专业教学体系研究课题成果

书 名: 轨道交通概论

著 作 者: 叶剑锋 牛云霞

责任编辑: 司昌静 钱 堃 李 娜

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: 10.5

字 数: 254 千

版 次: 2016 年 11 月 第 1 版

印 次: 2016 年 11 月 第 1 次印刷

书 号: ISBN 978-7-114-13492-0

定 价: 35.00 元

(有印刷、装订质量问题的图书由本公司负责调换)

2011年11月26日,乌鲁木齐地铁正式得到国家发展改革委的批复,乌鲁木齐市步入轨道交通时代,掀起了地铁建设的热潮。为了适应市场需求,新疆交通职业技术学院于2008年申报开办电气化铁道技术专业,经过多年努力,形成了集轨道交通工程、机电、信号、运营为一体的技能型人才培养格局,与乌鲁木齐城市轨道集团有限公司签订订单培养300多人,在各地铁路部门就业200余人,轨道交通人才培养呈现良好的发展态势。

新专业的开办面临的是人才培养方案的修订、师资队伍的培养、实验实训条件的建设等一系列专业建设问题。为解决好这些问题,本人带领轨道交通专业教学团队,向新疆维吾尔自治区交通运输厅申报了《新疆特色的轨道交通类专业教学体系研究》科技重点课题,在自治区交通运输厅的大力支持下,于2013年7月正式开展相关研究。研究团队先后前往北京地铁、南京地铁、广州地铁等企业进行调研,在广东交通职业技术学院、北京交通运输职业学院、南京铁道职业技术学院等兄弟院校进行了人才培养方案论证和师资培养交流,进而形成了专业人才培养方案和课程标准,以期指导专业建设,同时形成了《轨道交通信号系统维护》等部分特色教材,用于相关专业的教学。现将相关成果进行集中出版,以期能够在更广的范围内获得应用,更是启发后续相关专业建设的关键。

课题研究得到了乌鲁木齐城市轨道集团有限公司的大力支持以及相关企业和兄弟院校的帮助,在此表示诚挚感谢。南京铁道职业技术学院林瑜筠教授,北京交通大学毛宝华教授,广东交通职业技术学院王劲松教授、吴晶教授、黎新华教授,乌鲁木齐城市轨道集团有限公司的徐平、邓超等专家给予了指导和支持,人民交通出版社股份有限公司相关编辑、课题团队成员为系列成果出版做了大量工作,在此一并致谢。

段同社

二〇一六年五月

轨道交通系统是一种具有专用或半专用路权、限定行驶轨迹、可以成列运行的运输系统。随着交通运输业的快速发展,轨道交通在运输能力、运营速度、运营成本、安全舒适、节能环保等方面显示出了明显的优势。为适应城市发展的需要,缓解城市交通拥堵的状况,20世纪90年代以来,我国政府加大了对城市轨道交通的投入,城市轨道交通进入了快速发展的建设高峰阶段。

本书在专业建设之初即着手编撰,其意义有二:一是借助教材的编写,使参与教师能够提升对行业的认识;二是使轨道类专业能够有贴近区域特色的教材。本教材全面介绍了轨道交通各系统的基本概念、组成和原理,全书共分八个项目,包含:轨道交通概述、轨道交通工程、轨道交通车站、轨道交通车辆、电力牵引系统、城市轨道交通通信、城市轨道交通信号系统、城市轨道交通运营组织。叶剑锋、夏亮亮、刘焕海、秦文斌、曹永鹏、牛云霞、张荣、高原、杨柳青等多位学院教师参与了编写,其中项目一由牛云霞编写,项目二由曹永鹏编写,项目三由张荣编写,项目四由叶剑锋编写,项目五由刘焕海编写,项目六由秦文斌编写,项目七由夏亮亮编写,项目八由高原和杨柳青编写。

轨道交通概论是轨道交通类专业学生的基础课程,是建立轨道交通基本认识体系的必修课程。本书可作为轨道交通类专业学生的教材,同时也可作为从事轨道交通的工程技术人员和技术工人的学习资料,以及对轨道交通有兴趣者的读物。

在本书编写过程中,由于编者想将铁路和地铁的重要知识点融合在一起,但由于水平有限,内容会略显杂乱,因此,在学习过程中读者可积极上网查阅相关文献及图片,进行梳理和加深理解。

在编写之初,编者期望以轻松的语句来描述复杂的轨道交通系统,但受到了两个方面的限制:一是本专业办学历史不长,背景资料和素材

不够,致使教材难免理论性较强,相对较为枯燥;二是参与本教材编写的教师从事该领域教学时间较短,对本专业的认识和知识点的把握尚欠火候。这也激励我们在后期要加强对教学和师资队伍的建设。同时也期望阅读本教材的同仁提出意见和建议,以使本教材能够日臻完善。

作者
二〇一六年五月

目 录

CONTENTS

项目一 轨道交通概述	1
任务一 轨道交通基本认知	1
任务二 轨道交通发展历史与发展现状	3
练习与思考	6
项目二 轨道交通工程	7
任务一 轨道交通工程基础	7
任务二 轨道交通线路	17
练习与思考	39
项目三 轨道交通车站	40
任务一 概述	40
任务二 认识区间及闭塞分区	42
任务三 认识相关车站	45
任务四 认识轨道交通车站的主要设施设备	50
练习与思考	52
项目四 轨道交通车辆	53
任务一 概述	53
任务二 铁路车辆	56
任务三 地铁车辆	59
练习与思考	77
项目五 电力牵引系统	78
任务一 概述	78
任务二 轨道交通车辆电传动方式	79
任务三 接触网	83
任务四 地下杂流及其防护	87
练习与思考	88
项目六 城市轨道交通通信	89
任务一 概述	89

任务二 通信系统	92
任务三 乘客信息显示系统	109
练习与思考	111
项目七 城市轨道交通信号系统	112
任务一 城市轨道交通信号系统的组成	112
任务二 闭塞与联锁	126
任务三 列车运行自动控制系统	129
练习与思考	136
项目八 城市轨道交通运营组织	137
任务一 认识城市轨道交通运营组织	137
任务二 运营控制中心	142
任务三 行车组织	149
练习与思考	158
参考文献	159

项目一 轨道交通概述

学习目标:

1. 熟悉轨道交通的定义;
2. 了解轨道交通的发展历史;
3. 掌握轨道交通的优缺点和存在的问题。

任务一 轨道交通基本认知

一、轨道交通分类

轨道交通系统是一种具有专用或半专用路权、限定行驶轨迹、可以成列运行的运输系统。城市轨道交通主要有地铁、轻轨、磁悬浮列车、单轨列车及直线电机等形式,最常见的是地铁和轻轨。轻轨可分为普通轮轨式、独轨跨座式和独轨悬挂式3种类型。普通轮轨式轨道交通如武汉地铁1号线、广州地铁4号线、台北捷运1号线等。独轨跨座式轨道交通是指以单一轨道来支承车厢并提供导向作用而运行的轨道交通系统,如重庆地铁2号线。独轨悬挂式轨道交通类似于悬挂式的索道缆车,不同的是车辆不是挂在缆索上,而是挂在专门的钢梁上,跨距可以做得较大,适用于公园或旅游区,目前我国还没有建设实例。

一般来说,地铁和轻轨可以用车辆的轴重来区分。从运营的角度来看,重型轨线路稳定性好、更耐磨。地铁的载客量大,车辆编组长,车辆轴重大,多采用较重的钢轨和轨道,而轻轨的载客量相对较小,车辆编组也较短,车辆轴重较轻,多采用轻型钢轨和轨道。从车型[参考《城市轨道交通工程项目建设标准》(建标104—2008)]来看,A型车轴重约16t,多用于地铁车辆;C型车轴重约11t,多用于轻轨车辆;B型车轴重约14t,介于A型车和C型车两者之间,地铁和轻轨均可采用。乌鲁木齐市建设的首条地铁线路——1号线就采用A型车。

穿行于城市中心区域的轨道交通线路,因承担的客流量较大,所以一般采用大型车、大编组、重型轨道,而且一般采用地下线位,即“地铁”;行驶于郊区和非繁华地区的轨道交通线路,客流量较小,所以一般采用小型车、小编组、轻型轨道,并且为降低造价一般选择建成高架线路或者地面线路,即“轻轨”。对一条城市轨道交通线路而言,可以根据需要选择建设为地下线路、地面线路或者高架线路。国内很多城市轨道交通线路在途经市中心区域的部分建设为地下线路,在延伸至市郊区域的部分(线路两端)建设为地面线路或者高架线路。

二、城市轨道交通的优缺点

随着社会经济的发展,城市化进程的加快,城市交通拥堵问题成为公众关注的热点。城市轨道交通被认为是现代化大城市解决交通拥堵问题的根本性手段。世界上一些繁华的大城市都建有发达的城市轨道交通系统。我国有多个城市建成或在建城市轨道交通系统,包括北京、上海、广州、天津、南京、武汉、重庆和深圳等建设城市轨道交通较早的城市,以及哈

尔滨,沈阳、青岛、苏州、杭州等 2000 年之后开始修建城市轨道交通的城市。城市轨道交通系统相对于常规地面公交系统有很多的优点。

(1) 安全

城市轨道交通系统(除有轨电车)不管是深埋地下、高架空中还是行驶于地面都是全封闭的;城市轨道交通均采用上下行双线独立运营,与地面交通之间完全是立交关系,因此其运营不受地面交通影响,十分安全。

(2) 正点

城市轨道交通系统(除有轨电车)采取独立运营和立交方式,可以最大限度地避免交通事故和交通阻塞,因此可以确保其行车的正点率在 98% 以上。在国内建有城市轨道交通的城市,如北京、上海等,轨道交通已经成为“上班族”通勤出行的首选交通方式。

(3) 快速

城市轨道交通系统的高安全性和高正点率保证了城市轨道交通系统运行的高速度。地铁车辆的设计速度为 80km/h,旅行速度在 35km/h 左右。而常规地面公共交通的旅行速度很难在交通高峰时段确保达到 25km/h。

(4) 舒适

无论是在城市轨道交通车站里,还是在车厢里,城市轨道交通的设备系统可以提供冬暖夏凉的温度、柔和的色彩、明亮的光线、优雅的环境,给乘客舒适的感觉,能够较好地缓解旅途的疲劳或不适感。这种舒适性也是颠簸急转的地面公共交通望尘莫及的。

(5) 节能

城市轨道交通车辆均采用电动车组,以电力为牵引动力。而通常的城市地面交通车辆(除电车外)都是以柴油、汽油或天然气为能源。一般来说,电能转换为车辆机械能的转换效率在 60% ~ 70%,而燃料转换为机械能的效率只能达到 25% 左右,两者相差 1 倍以上。所以说,现代化的城市轨道交通是一种节能型的交通。

(6) 环保

因为现代城市轨道交通是以电力为能源,在行驶中不排放废气、废液,对周围环境不产生燃料能源燃烧对环境的有害影响。唯一可能带来负外部性的是列车在地面线路或高架线路上行驶时产生的噪声污染,所以在建设中需采取必要的措施加以防治,如采用减震道床、隔声屏障或胶轮车等。

三、城市轨道交通存在的问题

城市轨道交通相对于常规地面交通有安全、快速、环保等多种优点。但任何事物都有其两面性,城市轨道交通在众多优点背后是高造价和低收益的缺点。

(1) 高造价

城市轨道交通的高造价和高投入使一般城市承受不起。20 世纪 80 年代末,上海地铁的造价大约每公里 6 亿元。到 20 世纪 90 年代初,广州地铁的造价高达每公里人民币 7.8 亿元。一条地铁线路的建设要花上百亿元,这笔投资中有 30% ~ 40% 是用来从国外购买城市轨道交通系统建设所需的车辆和机电设备。随后,国家出台了很多文件规定了城轨车辆国产化的要求,例如《关于城市轨道交通设备国产化实施方案》《关于加快振兴装备制造业的若干意见》等,主要内容是:车辆和信号系统是轨道交通设备中最为关键的两个部分,车辆国产化率不能低于 70%,牵引系统国产化率不能低于 40%,车辆和机电设备平均国产化率要

达到70%及以上。这些文件的出台提高了城市轨道交通系统车辆和设备的国产化率,一定程度上降低了城市轨道交通系统的建设投入,各城市的地铁造价基本上都能控制在每公里5亿元左右。即便如此,对于经济实力不够雄厚的城市,建设城市轨道交通系统仍然是可望而不可即的事。

(2) 低效益

城市轨道交通在高投入的同时并不能带来较高的经济效益。相反,一条地铁线路每年都可能造成上亿元的亏损。城市轨道交通是以社会效益为主的公益性基础设施工程,一般由政府投资建设,或者通过采取相应措施吸引大量的社会投资来建设。世界上只有少数几个城市的地铁是盈利的,我国的香港就是其中之一。但是香港地铁的盈利并不在于地铁本身的运营收入,而在于与地铁密切相关的房地产等综合物业的开发。所以,在地铁的设计阶段就要同时做好相关综合物业的规划与设计,并争取与地铁建设同步实施。

任务二 轨道交通发展历史与发展现状

一、总述

1. 轨道交通

“Rail”这个英语单词最初的含义是指“木栏杆”“木栅栏”。英国人毕奥莫特(Beaumont) 1630年将木头铺在地面上,以方便从矿山运输煤的车辆通行,当时车辆的动力是人力或畜力,这样的道路当时就称为“Rail”。而这个词现在的含义就是铁路。在那个时代,作为工业革命的物质基础——蒸汽机开始被发明出来。1680年,英国科学家牛顿(Isaac Newton)最早设想将蒸汽机用于运输。但“Rail”继铁路的革命性变化直到1819年才在英国达累姆的帕顿煤矿出现。1822年11月18日,英国人史蒂芬森(Stephenson)主持修建的蒸汽机车和铁轨相结合的铁路部分开通(史蒂芬森机车)。

1825年,英国人史蒂芬森发明了蒸汽机车。1825年9月27日,世界上第一条具有现代意义的铁路(蒸汽机车开始使用,“木”路被“铁”路代替)在英国的斯托克顿(Stockton)和达灵顿(Darlington)之间开通,这条铁路最初的旅行速度为4.5km/h,后来达到24km/h。上述蒸汽机车作为煤炭运输工具,行驶在斯托克顿至达灵顿的全长约40km的铁路上,从而揭开了列车运输的序幕。1830年,世界上第一列铁路客车在英国的利巴普尔至曼彻斯特之间开始运营。

最初火车的烟囱比较高,所以早期的铁路上不能建有低矮的门式桥梁。但是这种高烟囱设计大大改善了火车的通风条件,提高了机车效率。蒸汽机车的出现促进了城市的扩张,很多城市人口规模逐渐超过百万。

我国国土上出现的第一条铁路是1876年7月开通的淞沪铁路(吴淞至上海,也叫吴淞铁路),全长14.5km。这条铁路是当时英国人用欺骗手段建成的,后经清政府出白银28.5万两赎回,并于次年拆除报废。

随着牵引动力的研发,1879年德国西门子公司和哈尔斯克公司为德国柏林世界工业博览会建成了世界上第一条电气化铁路,该铁路机车的输出功率仅有2.2kW,线路全长仅有300m。电力机车的功率大,爬坡能力强,更适用于山区路段行驶。目前,电气化铁路的拥有量已成为一个国家铁路先进程度的重要标志之一。我国的第一条电气化铁路是1975年建

成的宝成(宝鸡至成都)线,该线路的建成大大缩短了翻越秦岭的时间。

自从 1863 年世界上第一列地铁在英国伦敦投入运行之后,由于其快速、准时等优势,地铁在各国大城市取得了快速的发展。轻轨交通作为一种快捷的短途客运方式,也获得了广泛的应用。

20 世纪 90 年代,法国、德国、日本等国家在客运方面向高速铁路方向发展。从法国巴黎到里昂的高速列车车速达 300km/h,并达到了 515km/h 的试验纪录。突破“轮轨黏着方式”运行列车模式的超导磁浮高速列车也在德国、日本相继出现。

世界上最早的高速铁路是法国于 20 世纪 60 年代建造的 TGV 001(Turbotrain),其速度为 270km/h。日本 1964 年建造的 0 系列高速列车速度可达 220km/h。目前,国外高速铁路比较发达的国家有德国、日本和意大利。

1994 年 12 月,我国建成第一条准高速铁路,速度为 160km/h。据中国轨道交通网统计,随着近年来我国高速铁路的快速建设,截至 2015 年年底,我国高速铁路运营线路共计 71 条(段),运营总里程达 2.36 万公里,位居世界第一位。仅 2015 年新增运营线路共计 18 条(段),新增运营里程达到 4407km。

2. 地铁

地铁是城市地下铁路交通的简称,是运用有轨电力机车牵引的交通方式。除为了方便乘客出入,在地面每隔一段距离建一个进出站口外,一般不占用城市的地面空间,并可为乘客候车乘车提供良好环境。地铁是一种独立的有轨交通系统,其正常运行不受地面道路交通拥挤的影响,能快捷、安全、舒适地运送旅客。城市轨道交通系统的建设是现代城市交通的主流和方向,其运量大,速度快,干扰小,能耗低,被誉为现代城市的大动脉,是一座城市具有国际大城市现代化公共交通体系的显著标志。它不仅是解决大城市交通拥堵状况的最有效的方式,而且是一个国家国力和科技水平的实力展现。与其他交通方式相比,地铁的主要特点如下:

(1) 地铁是大型城市的基础设施,为城市居民的社会生产和生活提供基础服务,具有显著的公益性;

(2) 地铁作为交通基础设施,其线路、车站和车辆等具有资产专用性,一经完成不能随意移动,不能移作他用;

(3) 地铁建设成本高,规模大,回收周期长,但地铁系统具有比较明显的网络化经济特征,随着其规模的扩大,可以逐渐降低成本;

(4) 地铁交通项目的规划、设计、建设和运营等各阶段,需多专业、多行业、多企业间相互协作与配合。

二、城市轨道交通发展历史

世界上首条地下铁路系统是 1863 年开通的伦敦大都会铁路(Metropolitan Railway),该铁路是为了解决当时伦敦的城市交通堵塞问题而建,因为当时电力尚未普及,所以即使是地下铁路也只能用蒸汽机车,由于机车释放出的废气对人体有害,所以当时的隧道每隔一段距离便要有和地面打通的通风槽,以方便通风。国外发达国家 20 世纪 70 年代开始进入城市轨道交通建设高峰期,到 20 世纪 80 年代全世界共建设了约 1600km 城市轨道交通线路,平均每年建设 160km。而我国地铁建设事业起步较晚,总体来看,其发展的经历可分为以下三个阶段:

1. 开始建设阶段

本阶段为20世纪80年代末至90年代中期。我国真正以交通为目的的地铁项目开始建设,以上海地铁1号线(21km)、北京地铁复八线(13.6km)、北京地铁1号线改造、广州地铁1号线(18.5km)建设为标志。随着上海、广州等城市地铁项目的建设,越来越多的城市包括沈阳、天津、南京、重庆、武汉、深圳、成都、青岛等开始申请建设城市轨道交通项目,纷纷要求国家进行审批。

2. 调整整顿阶段

本阶段为1995年至1998年。随着我国地铁建设的迅猛发展,许多地方不考虑经济的承受能力和社会发展的需要,建设城市轨道交通项目带有很大的盲目性。针对城市轨道交通系统建设中存在的工程造价很高、轨道交通车辆全部引进、大部分设备大量引进等问题,1995年国务院办公厅60号文件通知,除上海地铁2号线项目外,所有城市地铁项目一律暂停审批,并要求做好发展规划和国产化工作。这期间,近3年的时间国家没有审批城市轨道交通项目。1997年年底开始,随着城市轨道设备国产化实施方案的提出,国家计划委员会1998年批复了深圳地铁1号线(19.5km)、上海明珠线(24.5km)、广州地铁2号线(23km)作为国产化依托项目立项,我国城市轨道交通项目又开始启动。

3. 蓬勃发展阶段

本阶段为1999年至今。一方面随着国家积极财政政策的实施,国家从建设资金上给予了有力地支持;二是通过技术引进,国际先进制造企业同国内企业紧密合作,实现了轨道交通车辆、设备的本土化生产,大大降低了城市轨道交通建设造价。国家自1998年批准了深圳、上海、广州、重庆、武汉、南京、杭州、成都、哈尔滨等10多个城市轨道交通项目开工建设,并投入40亿元国债资金予以支持。这标志着我国城市轨道交通建设进入高速发展期。

随着国民经济和社会的发展,我国城镇化进程加快,城市及城际轨道交通在未来几年将处于网络规模扩展时期。这就要求我国的城市轨道交通系统建设逐步完善结构,提高质量,快速扩充运输能力,不断提高装备水平。到2020年,我国将建成几千公里的城市和城际轨道交通系统,基本形成布局合理、功能完善、干支衔接、技术装备优良的城市及城际轨道交通网,实现城际客运专线、城市轻轨、城市地铁同铁路客运专线之间的有机衔接,方便乘客在不同公共交通方式间换乘,使广大群众得到更好的交通运输服务。

三、国内外城市轨道交通发展现状

截至2014年年底,全世界已有55个国家148多座城市开通了城市轨道交通系统,全世界城市轨道交通运营线路里程已超过1万km,有36座城市的城市轨道交通线路里程超过了100km,其中上海、北京和伦敦超过了400km,紧随其后的莫斯科、首尔、东京和纽约也均在300km以上。

1999年以来,随着我国城市规模扩大,基础设施落后问题显现,城市交通运输矛盾也日益突出。城市轨道交通因其安全、准时、快速、环保等优点,在拓宽城市空间、缩短城间时距,打造城市快速立体交通网络和改善城市交通环境等方面发挥着越来越大的作用。国内多个大城市根据城市可持续发展和城市交通健康发展的需要,都在积极规划申报建设城市轨道交通项目。截至2014年年底,国内已有22个城市累计建成95条城市轨道交通线路,运营里程达到2900km。

城市轨道交通属于建设和运营成本都非常高的基础设施建设项目,世界各城市的城市轨道交通项目大多由政府财政投入、建设并运营,因投资大、盈利小、投资回收期长,因此社会投资者积极性不高。我国人口众多的国情决定了要长期坚持实施“公共交通优先发展”战略,城市轨道交通是大城市 and 城市群公共交通系统的发展重点。由于城市轨道交通具有一定的效用的不可分割性(城市交通环境)、消费的非竞争性(每个人均可选择乘坐)和收益的排他性(付费买票乘坐享受服务),这决定了城市轨道交通在一定程度上具有公共品属性。伴随着城市居民生活水平的提升、市民参与意识的增强,城市对轨道交通系统公益性的要求更加凸显。随着社会的发展,完善城市轨道交通的各项补贴、实行较低票价等政策将成为公共交通行业常态。

此外,城市轨道交通发展将带来巨大的正外部性效应,除城市环境改善、通达效率提高等正外部性外,其沿线土地增值收益也十分可观。香港地铁采用的“地铁+物业”开发模式、审慎商业原则等受到大多数城市的认可。城市轨道交通线路的开通能够对地铁上盖空间、站点周边以及沿线的土地资源带来高额的、直接的增值效用,为解决国内城市建设轨道交通所面临财政投入不足的困境提供了有效支撑。

练习与思考

1. 轨道交通的阶段式发展说明了什么?
2. 试述我国的城市轨道交通发展现状。
3. 轨道交通的主要形式有哪几种?
4. 你乘坐过什么样的交通工具? 哪些是属于轨道交通? 谈谈你对乘坐这些交通工具及其环境的体会。
5. 城市轨道交通的主要形式及其特点是什么?
6. 与其他交通方式相比,轨道交通具有什么优缺点?
7. 轨道交通的主要演变过程怎样? 轨道交通的演变过程能够说明什么?

项目二 轨道交通工程

学习目标:

1. 熟悉轨道交通工程的基本组成;
2. 熟悉轨道交通线路的结构;
3. 了解限界的概念及其重要意义。

轨道交通工程包括土木(隧道)工程和机电工程两大部分(图 2-1),本项目重点为城市轨道交通工程,围绕土木及隧道工程展开,在后续学习的通信与信号、车站机电设备等项目内容均围绕机电工程展开,只重点讲解其运行原理,对其施工不详细展开。

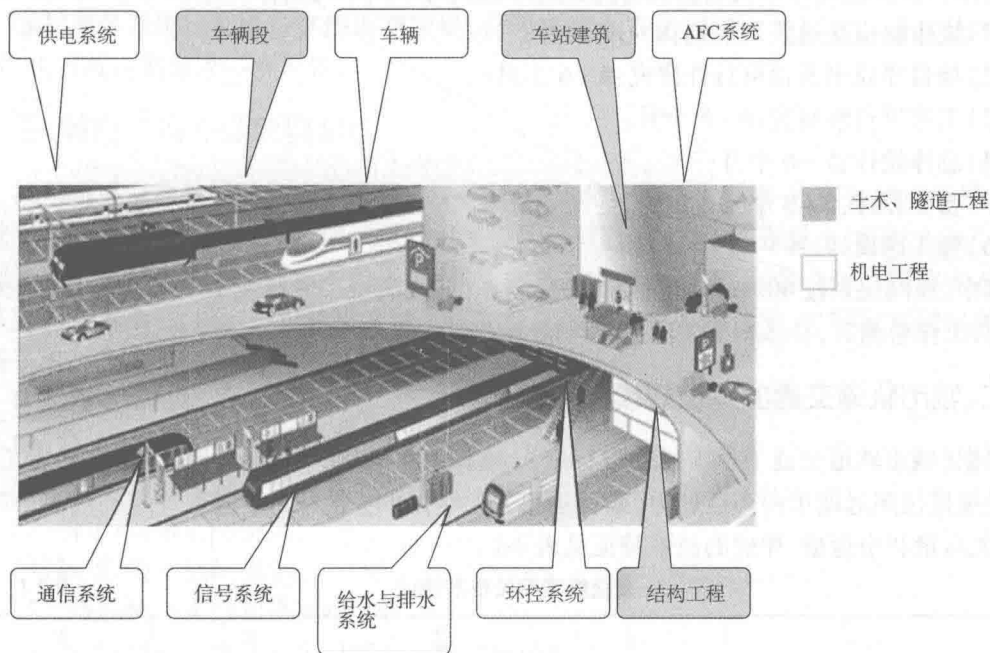


图 2-1 轨道交通工程组成

任务一 轨道交通工程基础

一、设计年限与设计阶段

1. 设计年限

城市轨道交通设计经常会涉及“设计年限”,不管是路网规划、线路建设,还是客流预测、车辆及设备配置均要分年限。根据《城市轨道交通工程项目建设标准》(建标 104—2008)的有关规定,城市轨道交通设计年限分为初期、近期和远期 3 个时期,具体的时段划分规定如下:

- (1)初期,指建成通车后第 3 年;
- (2)近期,指建成通车后第 10 年;
- (3)远期,指建成通车后第 25 年。

以乌鲁木齐市地铁 1 号线为例,假设线路于 2018 年建成,则设计年限初期为 2021 年,设计年限近期为 2028 年,设计年限远期为 2043 年。

2. 设计阶段

城市轨道交通工程在完成了前期的预可、工可、立项工作后即转入工程设计阶段。一般来说,城市轨道交通设计可分为如下 3 个阶段:第一阶段为总体设计,是指总体性的方案设计,以优化总体方案为目的;第二阶段是初步设计,是指以落实具体专业方案为目的的专业性的方案设计;第三阶段是施工图设计,是指提供施工图的详细设计。

由于各个城市的具体情况有所不同,所以其设计阶段也会不尽相同。比如广州、南京等城市均按三阶段设计,而北京、上海某些线路就采取两阶段设计,即无总体设计。

城市轨道交通是一项特大型的综合性系统工程,在工程开工之前必须做好前期工作。前期工作和各阶段设计以及编制、设计的工作周期,可参照下列指标:

- (1)城市轨道交通线网规划:8~10 个月;
- (2)项目建议书及预可行性研究:5~6 个月;
- (3)工程可行性研究:6~8 个月;
- (4)总体设计:5~6 个月;
- (5)初步设计:6~9 个月;
- (6)施工图设计:10~12 个月。

其中,线网规划按 400km² 面积的工作量测算;其他项按一般情况下 1 条线路长度 15~20km 的工作量测算;具体根据实际情况可适当调整。

二、城市轨道交通的建设规模

根据《城市轨道交通工程项目建设标准》(建标 104—2008)的规定,城市轨道交通工程的建设规模按照远期单向客运能力(断面运量)的大小可以分为 3 个运量等级和规模,即高运量、大运量和中运量,相应的技术特征见表 2-1。

各级线路相关技术特征 表 2-1

线路运能分类	I	II	III	IV
	高运量	大运量	中运量	
	(钢轮钢轨)		(钢轮钢轨/单轨)	
线路形式	全封闭型			部分平交道口
列车最大长度(m)	185	140	100	60
单向运能(万人次/h)	4.5~7	2.5~5	1.5~3	1~2
适用车型	A	B 或 I _b	B、C、L _b 及单轨	C 或 D
最高速度(km/h)	80~100			60~80
平均站间距(km)	1.2~2			0.8~1.5
旅行速度(km/h)	35~40			20~30
适用城市城区人口规模(万人)	≥300		≥150	

按《城市轨道交通工程项目建设标准》(建标 104—2008)规定:V 级为有轨电车,旅行速度 15~20km/h,故不列入;线路建设规模应按不同设计年限的设计运量,分别进行合理确定。初期建设规模应符合下列规定:

(1)初期建设线路正线长度不宜小于 15km。

(2)地下车站及区间的桥梁、隧道、路基、轨道等土建工程宜按远期规模一次建成。在不影响正常运营的条件下,地面车站、高架车站及地面建筑可分期建设。

(3)初期车辆配置数量和编组应符合下列要求:

①满足初期设计年限的客流需求。

②初期高峰小时列车运营密度不少于 12 对/h。

③初期列车编组长度宜与近期编组长度一致;当近期与远期列车编组长度相近时,初期列车编组长度可与远期编组长度一致。

④车辆基地的规模应从城市轨道交通线网规划统筹考虑,用地范围按远期设计规模划定和控制;列车运用整备、检修设施、站场股道及其相关的房屋建筑宜按近期规模建设;其余的地面建筑应根据工艺要求和远期规模,确定分期建设方案。

⑤初期各系统运营设备宜按近期配置,合理兼顾设备适用寿命的周期。通过技术经济比较,也可按远期需求一次配置。

三、城市轨道交通项目组成

城市轨道交通线路的长度一般在 20km 左右,如北京地铁 1 号线、上海地铁 1 号线、广州地铁 1 号线、南京地铁 1 号线、深圳地铁 1 号线等。但轨道交通“麻雀虽小,五脏齐全”,为了保证其安全、快速、正点和高水平的服务,并保障其高密度的运营,许多设备及其技术方面比大铁路更加复杂、先进。城市轨道交通工程的设计项目可分为两大类,工程基本设施和运营设备系统。

1. 工程基本设施

(1)轨道:一般采用整体道床。

(2)路基:地面线及车场线多为路基。

(3)桥梁:高架区间桥梁。

(4)隧道:地下区间隧道。

(5)车站:地下车站和高架车站。

(6)主变电所:实现从城市电网到地铁用电的转变。

(7)控制中心:调度指挥城市轨道交通的运营管理。

(8)车辆基地:车辆维修停放等的综合基地。

(9)车辆(基地)段:往往与其他保障体系合建,包括材料总库、综合维修和技术培训基地等,有时控制中心也建在其中。

2. 运营设备系统

(1)车辆:输送旅客的载体。

(2)供电:为车辆、机电设备和车站提供动力及照明。

(3)通风:车站、区间隧道的换气降温。

(4)空调:用于车站环境温度的控制。

(5)通信:信息传输。