

城市轨道交通工程

Urban Rail Transit Engineering

(第三版)

主编 顾保南 叶霞飞

普通高等院校土木专业“十二五”规划精品教材

Civil Professional Textbooks for the 12th Five-Year Plan

主审 郑其昌



华中科技大学出版社

<http://www.hustp.com>

普通高等院校土木专业“十二五”规划精品教材

城市轨道交通工程

Urban Rail Transit Engineering
(第三版)

丛书审定委员会

王思敬 彭少民 石永久 白国良
李杰 姜忻良 吴瑞麟 张智慧

本书主编 顾保南 叶霞飞

本书主审 郑其昌

本书编写委员会

顾保南 叶霞飞 郑其昌 姚燕明
刘丽波 高伟君 张明锐



华中科技大学出版社
中国·武汉

内 容 提 要

本书以城市轨道交通系统为对象,在阐述城市轨道交通各主要专业的基本概念、原理和方法的同时,力求突出各专业子系统之间的相互联系。本书概述了城市轨道交通系统的类型及国内外发展概况,重点阐述了线网规划、线路设计、车站布局设计、结构工程设计的基本原理和方法,介绍了车辆、机电设备系统(包括供电、通信信号、环控、给排水、防灾报警等)与工程设计密切相关的内容,还对城市轨道交通系统的资源共享问题进行了探讨。

本书可作为大专院校土木工程学科和交通运输工程学科的本科生教材,也可作为相关专业人员的参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

城市轨道交通工程/顾保南,叶霞飞主编.—3版.—武汉:华中科技大学出版社,2014.7

(普通高等院校土木专业“十二五”规划精品教材)

ISBN 978-7-5680-0285-1

I. ①城… II. ①顾… ②叶… III. ①城市铁路-轨道交通-交通工程-高等学校-教材 IV. ①U239.5

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 171052 号

城市轨道交通工程(第三版)

顾保南 叶霞飞 主编

责任编辑:简晓思

封面设计:张璐

责任校对:祝菲

责任监印:张贵君

出版发行:华中科技大学出版社(中国·武汉)

武昌喻家山 邮编:430074 电话:(027)81321915

录排:武汉楚海文化传播有限公司

印刷:武汉科源印刷设计有限公司

开本:850mm×1065mm 1/16

印张:21

字数:440千字

版次:2015年1月第3版第1次印刷

定价:48.00元



华中出版

本书若有印装质量问题,请向出版社营销中心调换
全国免费服务热线:400-6679-118 竭诚为您服务
版权所有 侵权必究

第三版前言

《城市轨道交通工程》自 2007 年出版以来,得到了不少读者的关注,有些读者还指出了文中的不妥之处,编者对此衷心地表示感谢。在此版中编者针对已发现的问题做了全面修改。

近五年来,城市轨道交通发展迅速,营业里程年均增长 268 km。目前我国规划建设城市轨道交通的城市已超过 40 个,在全球提倡节能环保的发展趋势下,未来还会有更多的城市加入此行列。《城市轨道交通工程》(第三版)更新了我国城市轨道交通线网营业里程、规划线网长度等信息。

城市轨道交通项目建设的工作内容多而复杂,不少工程技术与管理项目审批流程颇感困惑,《城市轨道交通工程》(第三版)补充了这类项目的基本建设程序,读者可以从中了解城市轨道交通项目由规划、可行性研究、设计到实施所经历的各项审批环节。

《城市轨道交通工程》(第三版)补充了一些算例,目的是为了更好地理解基本概念和掌握基本方法。此外,各章后面列出了一些思考题,供学生们复习时参考。

受时间限制,《城市轨道交通工程》(第三版)仍存在许多不足之处,恳请读者批评指正。

编者

2014 年 6 月于同济大学

前 言

随着我国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阻塞和交通公害的影响,许多城市正在或将要发展城市轨道交通,以谋求从根本上解决城市交通问题。“十一五”期间,国务院最先批准的15个城市正在建设轨道交通网络,现已批准的近期(2015年前)建设规划就有62条线,计1733 km,总投资额超过6000亿元,还有许多城市正在积极规划和申报,可见其发展速度相当之快。

城市轨道交通是城市建设史上最大的公益性基础设施,对城市布局发展及市民生活将产生深远的影响,其建设是一个涉及面广、专业性和综合性都很强的系统工程。由于我国城市轨道交通事业发展很快,具有此类专业知识结构的人才相对较少,部分从事城市轨道交通建设的技术与管理人员还是从铁路、道路等其他专业转过来的,他们迫切需要系统地了解城市轨道交通系统,尤其是与总体设计相关的知识。本书主要是为土木工程、交通工程等相关专业选修“城市轨道交通工程”课程的本科生编写的,也可供从事城市轨道交通规划设计和管理的工程技术人员参考。

本书由同济大学顾保南、叶霞飞教授共同主编,上海市隧道工程轨道交通设计研究院姚燕明高级工程师、上海工程技术大学高伟君老师、同济大学刘丽波老师和张明锐老师参与了部分章节的编写工作。编写过程中主要选择了与城市轨道交通总体设计关系密切的专业内容。全书共分8章。第1章,第2章的2.1、2.3、2.4节,第4章及第7章的7.2节由顾保南编写;第2章的2.2节,第3章的3.1、3.2、3.3、3.4节,第6章及第8章由叶霞飞编写;第5章及第7章的7.7节由姚燕明和高伟君编写;第7章的7.1节由张明锐、顾保南编写;第3章的3.5节,第7章的7.3、7.4、7.5、7.6节由刘丽波、郑其昌编写。全书由同济大学郑其昌教授主审。

本书参考了国内外有关城市轨道交通规划与设计的著作和论文,并在书末列出了参考文献目录,在此,谨向相关文献的作者表示衷心的感谢。在编写过程中,孙章教授、郑其昌教授、翁梦熊教授为本书提供了不少宝贵资料及建议;同济大学城市轨道交通与铁道工程系研究生卫超、王治、方礼君、明瑞利、冯黎、钱泽林、吴放、司耀旺等帮助录入资料和绘制部分图表,并协助进行文字校核等工作,在此一并表示衷心的感谢。

希望本书能对读者有所裨益,并恳请读者批评指正。

编 者

2007年3月于同济大学

普通高等院校土木专业“十二五”规划精品教材

总 序

教育可理解为教书与育人。所谓教书,不外乎是教给学生科学知识、技术方法和运作技能等,教学生以安身之本。所谓育人,则要教给学生做人的道理,提升学生的人文素质和科学精神,教学生以立命之本。我们教育工作者应该从中华民族振兴的历史使命出发,来从事教书与育人工作。作为教育本源之一的教材,必然要承载教书和育人的双重责任,体现两者的高度结合。

中国经济建设高速持续发展,国家对各类建筑人才需求日增,对高校土建类高素质人才培养提出了新的要求,从而对土建类教材建设也提出了新的要求。这套教材正是为了适应当今时代对高层次建设人才培养的需求而编写的。

一部好的教材应该把人文素质和科学精神的培养放在重要位置。教材不仅要内容上体现人文素质教育和科学精神教育,而且还要从科学严谨性、法规权威性、工程技术创新性来启发和促进学生科学世界观的形成。简而言之,这套教材有以下几个特点。

一方面,从指导思想来讲,这套教材注意到“六个面向”,即面向社会需求、面向建筑实践、面向人才市场、面向教学改革、面向学生现状、面向新兴技术。

二方面,教材编写体系有所创新。结合具有土建类学科特色的教学理论、教学方法和教学模式,这套教材进行了许多新的教学方式的探索,如引入案例式教学、研讨式教学等。

三方面,这套教材适应现在教学改革发展的要求,提倡“宽口径、少学时”的人才培养模式。在教学体系、编写内容和课时数量等方面做了相应考虑,而且教学起点也可随着学生水平做相应调整。同时,在这套教材编写中,特别重视人才的能力培养和基本技能培养,注重适应土建专业特别强调实践性的要求。

我们希望这套教材能有助于培养适应社会发展需要的、素质全面的新型工程建设人才。我们也相信这套教材能达到这个目标,从形式到内容都成为精品,为教师和学生,以及专业人士所喜爱。

中国工程院院士 王思敬

2006年6月于北京

目 录

第 1 章 概述	(1)
1.1 城市轨道交通的定义及系统制式	(1)
1.1.1 城市轨道交通的定义及分类	(1)
1.1.2 城市轨道交通的系统制式	(5)
1.2 国内外城市轨道交通发展概况	(7)
1.2.1 国外城市轨道交通发展状况	(7)
1.2.2 我国城市轨道交通现状及发展趋势	(15)
1.3 城市轨道交通基本建设程序	(18)
1.4 本课程的主要内容	(19)
第 2 章 线网规划	(21)
2.1 规划内容与步骤	(21)
2.1.1 规划内容	(21)
2.1.2 规划步骤	(25)
2.2 客流需求预测	(26)
2.2.1 预测内容及影响因素	(26)
2.2.2 基本思路	(29)
2.2.3 基本方法	(30)
2.3 线网规模估算	(40)
2.3.1 负荷强度法	(40)
2.3.2 线网密度法	(41)
2.4 线网方案设计	(42)
2.4.1 影响线网方案设计的因素	(42)
2.4.2 线网方案设计的过程	(45)
2.4.3 线网的基本形态结构特征分析	(46)
2.5 线网方案评价	(57)
2.5.1 线网评价的目的	(57)
2.5.2 线网评价的指标	(58)
2.5.3 评价方法	(60)
第 3 章 线路设计	(63)
3.1 线路设计的阶段与特点	(63)

3.2	线路走向及车站分布	(64)
3.2.1	线路走向选择	(64)
3.2.2	车站分布	(71)
3.3	线路平纵横断面设计	(77)
3.3.1	平面设计	(77)
3.3.2	纵断面设计	(90)
3.3.3	横断面设计	(97)
3.4	车辆段布局设计	(100)
3.4.1	车辆段的功能与设施	(100)
3.4.2	车辆段规模估算	(102)
3.4.3	基本图式	(107)
3.5	轨道结构	(115)
3.5.1	轨道结构组成与功能	(115)
3.5.2	轨道结构设计原则	(119)
3.5.3	轨道结构类型选择	(122)
3.5.4	轨道结构设计步骤	(133)
第4章	车站布局设计	(134)
4.1	中间站布局设计	(135)
4.1.1	车站构成	(135)
4.1.2	平面布局设计	(135)
4.1.3	跨线设施及垂直交通	(142)
4.1.4	横断面形式	(145)
4.1.5	规模估算	(147)
4.2	换乘站布局设计	(148)
4.2.1	同站台换乘	(148)
4.2.2	结点换乘	(153)
4.2.3	站厅换乘	(155)
4.2.4	通道换乘	(156)
4.2.5	其他	(159)
4.3	轨道交通系统与其他交通方式的衔接	(160)
4.3.1	与常规公交的衔接	(160)
4.3.2	与私人交通方式的衔接	(162)
4.3.3	与城市对外交通站点的衔接	(163)
第5章	结构工程	(167)
5.1	地下车站结构	(167)
5.1.1	地下车站的结构形式	(167)
5.1.2	车站结构设计	(180)
5.2	区间隧道结构	(186)
5.2.1	区间隧道结构形式	(186)
5.2.2	区间隧道设计	(194)

5.3	高架车站结构	(197)
5.3.1	高架车站结构形式	(197)
5.3.2	高架车站结构设计	(199)
5.4	高架区间结构	(201)
5.4.1	高架区间结构形式	(201)
5.4.2	高架区间结构设计	(207)
第6章	车辆	(212)
6.1	车辆构成及类型	(212)
6.1.1	车辆构成	(212)
6.1.2	车辆的主要技术参数	(214)
6.1.3	车辆类型及主要技术规格	(215)
6.2	车辆选型	(226)
6.3	转向架	(227)
6.3.1	转向架的基本结构	(227)
6.3.2	轮对轴箱装置	(228)
6.3.3	弹簧减振装置	(229)
6.3.4	转向架构架	(230)
6.3.5	中央牵引连接装置	(230)
6.3.6	牵引传动装置	(232)
6.3.7	制动装置	(232)
6.4	车钩牵引缓冲联结装置	(235)
6.5	车辆的电力传动与控制	(237)
6.5.1	传动方式	(237)
6.5.2	传动控制技术	(238)
第7章	机电设备	(240)
7.1	供电系统	(240)
7.1.1	电力牵引的电流制	(240)
7.1.2	供电系统的构成与主要设备	(243)
7.1.3	供电系统的方案设计	(247)
7.1.4	变电所的负荷能力和间距	(250)
7.2	列车运行控制系统	(255)
7.2.1	通信系统	(256)
7.2.2	信号系统	(260)
7.2.3	控制中心	(270)
7.3	环控系统	(272)
7.3.1	环控系统的主要功能	(272)
7.3.2	环控系统的组成	(273)
7.3.3	环控系统的制式	(274)
7.3.4	环控系统工况	(279)
7.4	给排水系统	(281)

7.4.1	生产、生活给水系统	(281)
7.4.2	消防给水系统	(282)
7.4.3	排水系统	(283)
7.5	防灾报警系统	(285)
7.5.1	FAS 系统的组成及主要功能	(285)
7.5.2	FAS 系统的配置	(287)
7.5.3	FAS 控制装置的要求	(288)
7.6	机电设备监控系统	(289)
7.6.1	BAS 的组成	(289)
7.6.2	BAS 的主要功能	(289)
7.6.3	FAS 与 BAS 监控对象及接口关系	(290)
7.7	自动售检票系统	(291)
7.7.1	票制及票务管理	(291)
7.7.2	AFC 系统构架	(291)
7.7.3	系统运行模式	(296)
第 8 章	资源共享	(298)
8.1	资源共享的原则和类别	(298)
8.1.1	资源共享的原则	(298)
8.1.2	人力资源共享	(299)
8.1.3	土地资源共享	(299)
8.1.4	运营设备与设施资源共享	(299)
8.1.5	检修设施与设备资源共享及检修社会化	(300)
8.1.6	施工机具的资源共享	(301)
8.1.7	换乘站机电设备的资源共享	(302)
8.2	车辆资源共享	(302)
8.2.1	基本形式	(302)
8.2.2	实施要求	(304)
8.2.3	车辆资源共享管理模式	(308)
8.2.4	上海轨道交通网络车辆资源共享的基本设想	(308)
8.3	车辆段资源共享	(310)
8.3.1	基本内容	(310)
8.3.2	实施条件与要求	(313)
8.3.3	管理模式	(314)
8.4	供电系统资源共享	(315)
8.4.1	基本内容	(316)
8.4.2	实施要求	(317)
8.4.3	管理模式	(317)
	参考文献	(319)

第 1 章 概 述

1.1 城市轨道交通的定义及系统制式

1.1.1 城市轨道交通的定义及分类

城市区域利用车辆在固定轨道上运行、主要为客运服务的交通系统称为城市轨道交通。

截至 2013 年底,世界上已有 48 个国家、150 多个城市拥有城市轨道交通系统,形成了很多种类。世界各国根据线路敷设方式、运营范围、路权、车辆特征、系统运能等,提出了不同的分类,并赋予了各种名称。

1) 按线路敷设方式分类

按线路敷设方式划分,城市轨道交通可分为以下三类。

① 地下线:轨道位于地下(或水下)隧道内的那部分称为地下线,线路构筑物形态为单线或双线隧道。由于最早的城市轨道交通位于地下(underground),所以称为地下铁道(the underground),简称地铁;法国称为 metro,含有大容量交通的意思。巴黎经营地铁的公司取名为 Metro。

② 地面线:轨道位于地面的那部分称为地面线,线路构筑物形态为路堤或路堑。

③ 高架线:轨道位于高架桥上的那部分称为高架线,线路构筑物形态为高架桥。

2) 按运营范围分类

按线路在城市区域中的运营范围划分,城市轨道交通可分为以下三类。

① (城)市区轨道交通(urban rail transit):服务范围以中心城区为主的城市轨道交通系统。城市市区的地铁、轻轨都是属于此类。

② (城)市域轨道交通:服务范围覆盖城市市域的轨道交通系统。这类交通系统在各国的名称不同,例如法国的 RER (Regional Express Railway)、德国的 S-Bahn (Schnell Bahn)、美国的区域快速轨道交通 (Regional Rapid Rail Transit)、日本的私铁私营铁路等。

③ 地区铁路交通 (regional railway):服务范围覆盖城市市域及其邻近地区的轨道交通系统。由于涉及两个或多个行政区,这类系统一般是由国有或私有铁路公司建设和管理,主要为大城市周围的通勤客流服务。日本、德国、美国等大部分发达国家在 19 世纪末就开始利用国家铁路为城市周围地区的客运服务,主要是大城市周

围地区放射方向的客流,行程时间一般在 2 h 以内。有些地区铁路交通的服务范围主要是在大城市市郊,人们习惯称之为市郊铁路(suburban railway),例如“东日本”铁路公司(JR East)在东京周围开行的短程列车,德国联邦铁路公司(DB)在柏林周围开行的 RB、RE 列车;有些则主要是为大城市周围卫星城与中心城的通勤客流服务,人们习惯称之为通勤铁路(commuter railway),例如英国铁路公司在伦敦周围开行的短程列车,美国纽约的长岛通勤列车,日本的私铁(经过两个及以上行政区);还有些是连接城市群的铁路交通。

3) 按路权分类

路权是指轨道交通系统运行线路与其他交通的隔离程度。轨道交通路权可分为 A、B、C 三种基本类型。

A 类为全封闭系统,与其他交通方式完全隔离,不受平交道和人车的干扰,一般用于 1.6 万人次/小时以上的轨道交通系统。

B 类为半封闭系统,沿行车方向采取设置路缘石、隔离栅、高差等措施与其他交通实体隔离,但在部分交叉路口仍与横向的人车平交混行,受交叉口信号系统控制,一般用于 1.6 万人次/小时以下的轨道交通系统。

C 类为开放式系统,不实行实体分隔,轨道交通与地面交通混合行驶,在交叉口按信号规定驶停,也可享受一定的优先权,有轨电车即属于此类。

4) 按车辆特征分类

根据车辆的几何尺寸、驱动方式、车轮材料的不同,形成了轨道交通的不同名称。

在车辆几何尺寸上,各国标准有较大差别。目前我国轨道交通车辆的宽度规格有 3 m(A 型车)、2.8 m(B 型车)、2.6 m(C 型车)3 种。而日本大阪常规地铁(metro)车型的宽度为 2.89 m,小型地铁(mini-metro)的宽度为 2.45 m(线性电机系统)、自动导轨系统 AGT(Automated Guideway Transit)车辆宽度为 2.4 m。

根据不同的驱动方式,轨道交通车辆可分为电传动车、线性电机车、独轨车、自动导轨车、磁(悬)浮车(见图 1-1~ 图 1-9)。



图 1-1 德国低地板现代有轨电车(电传动车)

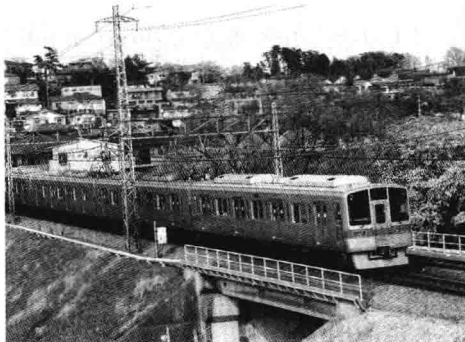


图 1-2 日本私铁通勤列车(电传动车)

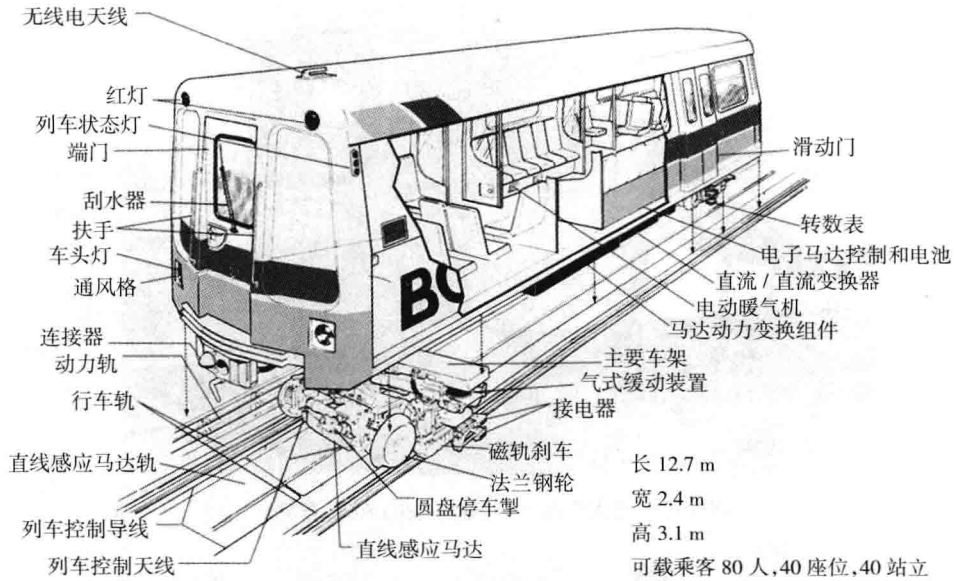


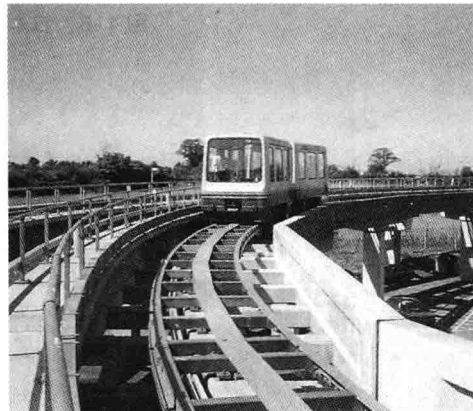
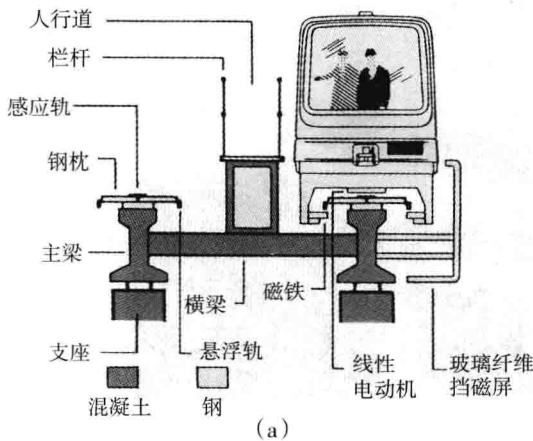
图 1-3 线性电机车厢构造



图 1-4 日本多摩市的跨座式独轨车



图 1-5 日本千葉市的悬挂式独轨交通



(b)

图 1-6 英国伯明翰 Maglev 线轨道结构



图 1-7 日本广岛 ASTRAM 线的 AGT 车辆

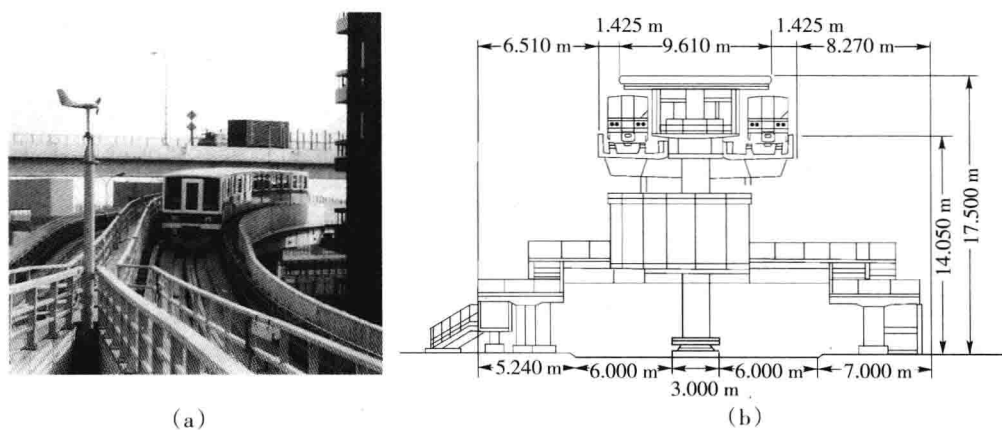


图 1-8 日本神户的港岛 AGT 线

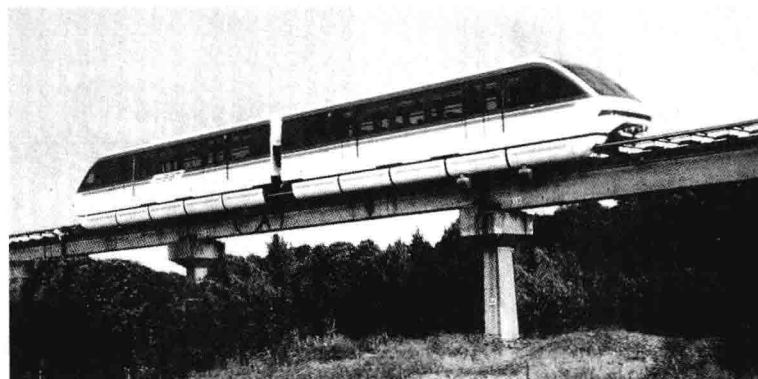


图 1-9 日本常导磁悬浮 HSST-100 磁悬浮列车

5) 按系统运能分类

系统运能也称系统容量,即为线路一定时间内的单向输送能力,通常用单向小时输送能力表示。在设计轨道交通线路时,系统容量应不小于预测的线路远期高峰小时单向最大断面流量。

根据我国现行的《城市快速轨道交通工程建设标准》,城市轨道交通按系统容量可分为 I、II、III 级,分别对应大于或等于 5、3~5、1~3 万人次/小时的单方向小时断面客流输送能力,也分别称为高运能、大运能、中运能的轨道交通。

对应于不同运能级别的轨道交通系统,线路、车辆及编组、路权、信号等设备都要与之匹配。

对高运量(高运能)线路,一般采用基本宽度为 3 m 的 A 型车,列车编组通常为 6~12 节,全封闭线路,具有支持高密度行车(30 对/小时)的信号系统。通常这类线路的列车最高速度可达 80 km/h 以上。

对大运能线路,一般采用基本宽度为 2.8 m 的 B 型车,虽然也多采用全封闭的线路及具有支持高密度行车(30 对/小时)的信号系统,但列车编组相对较小,一般不超过 6 节,轨道结构、信号、环控等系统的设计容量明显减小,车辆最高速度、平均站间距也较小。

对中运能线路,车辆宽度就更小,目前我国的 C 型车基本宽度为 2.6 m。

1.1.2 城市轨道交通的系统制式

轨道交通系统可以从运能、轨道敷设位置、路权、车辆速度及驱动方式等多个方面进行比较严密的、细致的划分,但不熟悉城市轨道交通专业的决策者与乘客对这些划分方式是不易理解的。此外,由于传播的历史性影响,有些名称在不同的国家形成了不同的含义。例如,欧洲有些城市所指的“轻轨”与我国所说的“轻轨”含义不同,它们所指的是现代有轨电车。为了便于专业人员及非专业人员相互交流,有必要归纳几种典型的城市轨道交通系统类型作为系统制式或模式。系统制式的名称,需要兼顾本国的习惯称呼,并简明地、综合地反映城市轨道交通系统的本质及主要特征。

从目前国内外城市轨道交通的发展状况看,城市轨道交通的系统制式主要有地铁、轻轨、独轨、自动导轨、城市铁路、磁(悬)浮交通等。各种制式的主要特征如下。

① 地铁。地铁是大运量的、快速的、全封闭的、线路全部或大部分位于市区的城市轨道交通系统。大运量和快速是地铁的本质特征,车体较宽(2.8~3.0 m),速度较快(80 km/h 及以上),无平交道口,列车信号与控制系统先进,发车密度可达 30 对/小时。

② 轻轨。它是对传统的有轨电车系统利用现代科技进行改造后各类有轨电车系统的总称,由国际公共交通联合会(UITP)于 1978 年 3 月在比利时布鲁塞尔召开的会议上正式统一命名,英文为 Light Rail Transit(LRT)。与地铁相比,轻轨系统在“大”与“快”方面,至少有一方面有所降低,使得其运量比地铁小,一般为 1~3 万人次/小

时。例如,因车辆宽度较小(一般车体宽度在 2.6 m 及以下)而降低了系统容量;因车辆最高运行速度较低(如 70 km/h)、站间距缩短(如 500~800 m)、线路存在部分平交道口等而降低了线路的通行能力。

③ 独轨。车辆在一条轨道上运行的轨道交通系统,也称单轨。轨道可以是钢梁、钢筋混凝土梁等形式。车辆可以悬挂在轨道上,这类独轨系统称为悬挂式独轨;车辆也可以骑跨在轨道上,这类独轨系统称为跨座式独轨。独轨系统多为高架结构,占地少(单支柱 1~1.5 m 宽,轨道梁一般为 0.85 m 宽),对城市的景观及采光等影响小,噪声和振动较低,转弯及爬坡能力强(最小曲线半径可达 50~100 m,最大坡度可达 6%),运能为 0.5~2 万人次/小时。跨座式独轨系统一般采用橡胶车轮与混凝土轨道梁,由于其滚动摩擦阻力比钢轮钢轨大,所以该系统能耗较高(比钢轮钢轨约大 40%);橡胶轮与轨道间的摩擦会形成橡胶粉尘,对环境有轻度污染;列车运行在区间发生事故时,面积狭小的轨道梁难以安设救援设施,疏散和救援工作都比较困难。该系统适宜于在市区较窄的街道上建造高架线路,目前一般多用于运动会、体育场、机场和大型展览会等场所与市区的短途联系。

④ 自动导轨。一般是指带小型轻量橡胶轮的车辆沿导轨行驶在专用混凝土轨道上的客运系统。典型的 AGT 系统由计算机进行全自动控制,因此可以实现无人驾驶的高密度列车运营。AGT 的导向方式有侧面导向、中央导向、中央沟导向等。其车辆采用的车轮是特制的橡胶轮,轨道可用特制的混凝土做成,也可用钢板焊接而成,轨道结构较复杂。AGT 系统的输送能力比独轨系统小,但其建设费用较低,噪声也较小,通常用于连接新开发区与附近的铁路车站或交通枢纽。

⑤ 城市铁路。在城市区域内承担城市交通功能、线路大多位于地上的铁路系统。与地下铁道相比,城市铁路的主要特征是全部或绝大部分位于地面上,这样可以使其建设成本及运营成本比地铁小得多。与城市间铁路相比,其站间距较短。城市铁路的站间距一般为 1 km(市区)、3~5 km(郊区),比城市间铁路 10 km 以上的站间距小得多,从而可以适应城市的客流需求。与轻轨相比,城市铁路列车车体较宽(一般与城市间铁路列车同宽),轴重及最高速度也较大。区域快速铁路(服务于城市市区及郊区)、市郊铁路(仅服务于城市郊区)、通勤铁路(主要服务于中心城与卫星城之间上下班的通勤交通)都是其特殊的时空表现形式。

⑥ 磁(悬)浮交通。磁浮车辆的推进原理与线性电机相同,都是采用线性电机驱动车辆前进,只是线性电机车没有离开轨道,而磁浮车辆距轨道有一定的间隙,实现了无接触运行。用于城市交通的磁浮系统为中低速,速度一般在 100 km/h 左右,如伯明翰 Maglev 系统、日本的 HSST-100。中低速磁浮列车的特点如下:一是“短定子、长转子”,即定子安装在车辆上,转子铺设在轨道上;二是需要对车辆供电,如国防科技大学研制的磁浮系统采用第三、四轨供电方式,供电制式为直流 750 V;三是磁浮系统的导向稳定依靠自稳来实现。磁浮系统的最大优点是低噪声(因非接触支撑)、行驶阻力小、转弯及爬坡能力强;其缺点是列车发生故障之后救援相对困难。

1.2 国内外城市轨道交通发展概况

1.2.1 国外城市轨道交通发展状况

1.2.1.1 大容量轨道交通的起源与发展

1) 地铁的起源与发展

1863年1月10日,世界上第一条地铁线路在伦敦通车运营。伦敦地铁的产生有其内在的发展条件与需求。

首先是铁路运输技术日趋成熟,铁路客运需求增长迅速。1804年英国人特雷维西克试制了第一台行驶于轨道上的蒸汽机车,1825年世界上第一条铁路在英国开通运营。铁路发展和工业革命引起伦敦等大城市建立了许多工厂,大量的人口涌入城市。1821年至1851年,伦敦人口由120万猛增到270万,人口的增长刺激了城市交通需求的增长。同时,铁路网的迅速扩展促进了城市间交通需求的发展。至1850年,英国铁路网里程达到9799 km,各大城市间的干线铁路基本形成,铁路年客运周转量达到17亿人次,巨大的城市间客流迫切需要提高市内交通的集疏运能力。

其次是伦敦市区交通拥挤状况日益严重。在19世纪上半叶,伦敦的城市交通主要依靠马车,众多的地面铁路线与马车混行在一起,杂乱而低效;伦敦的人口膨胀,富裕的居民搬往郊区形成的高峰时段的通勤交通需求、市区缺乏直接通往郊区的便捷道路等因素,使得伦敦的城市交通供需矛盾日益突出。

在此历史背景下,伦敦市交通委员会向公众征集伦敦中心区(半径6 km)交通问题的解决方案。征集到的典型方案有:将铁路线引入市中心,在中心区修建“中央火车站”,在中心区修建环形铁路线,在市中心区建设高架的城市铁路,等等。一位名叫查尔斯·皮尔森(Charles Pearson)的律师在19世纪30年代就有了修建伦敦地下铁道的设想,经过系统论证后他于1843年向伦敦市议会正式提出,但因涉及大规模的拆迁而被议会否定。1852年,伦敦城市铁路车站公司(City Terminus Company)成立,公司再次向议会提出修建地铁的建议,但因缺乏财政支持而再遭否定。1853年,Bayswater、Paddington及Holborn桥梁铁路公司提出了一份新的地下铁道线路方案,其建设成本不到城市铁路车站公司所提方案预算的一半(30万英镑),这次的方案获得了议会的批准。

在修建这条世界上谁也没见过的地铁之前,伦敦各大报刊对它的未来进行过各种各样负面的猜测:地道会不会塌下来,旅客会不会被火车喷出的浓烟熏死,等等。

1863年1月10日,在伦敦第一条地铁开放的首日,乘客发送量就达到了4万人次。由于当时电力机车尚未发明,使用蒸汽机车作为牵引,再加上排风不畅,乘客常常感到烟熏气闷,有的人甚至昏倒在地铁里。尽管如此,伦敦市民甚至皇亲显贵们都争相乘坐这种地下列车,因为在拥挤不堪的伦敦地面街道上乘坐公共马车,其条