



城市轨道交通系列教材

城市轨道交通高架桥设计与施工

CHENGSHI GUIDAO JIAOTONG
GAOJIAQIAO SHEJI YU SHIGONG

占玉林 徐腾飞 姚昌荣 编著



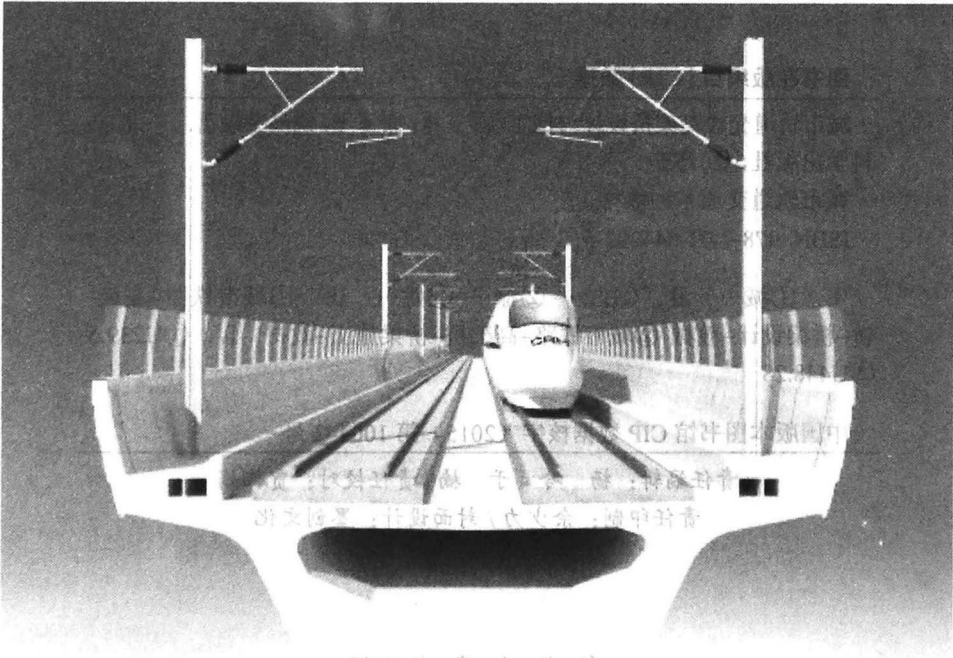
科学出版社

城市轨道交通系列教材

内 容 简 介

城市轨道交通高架桥设计与施工

占玉林 徐腾飞 姚昌荣 编著



主编 姚昌荣

科学出版社

北京

内 容 简 介

本书结合工程实际,首先介绍了城市轨道交通的基本概念、发展历史,以及城市轨道交通高架桥的现状和发展情况;其次对城市轨道交通高架桥的规划和选型进行了介绍;然后对城市轨道交通高架桥的上部结构、下部结构和附属结构的设计进行了介绍;最后介绍了城市轨道交通高架桥的施工技术。

本书是为满足轨道交通专业桥梁方向学生学习需要而编写的,可以作为高等院校轨道交通专业桥梁方向的专业教材,也可供相关专业人士参考。

图书在版编目(CIP)数据

城市轨道交通高架桥设计与施工/占玉林,徐腾飞,姚昌荣编著. —北京:科学出版社, 2015.5

城市轨道交通系列教材

ISBN 978-7-03-044292-5

I. ①城… II. ①占… ②徐… ③姚… III. ①城市铁路-高架桥-桥梁设计-教材 ②城市铁路-高架桥-桥梁施工-教材 IV. ①U239.5 ②U448.28

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2015) 第 100442 号

责任编辑:杨 岭 于 楠/责任校对:贾伟娟

责任印制:余少力/封面设计:墨创文化

科学出版社出版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

成都创新包装印刷厂印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2015 年 5 月第 一 版 开本:787×1092 1/16

2015 年 5 月第一次印刷 印张:13.5

字数:320 千字

定价:39.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换)

“城市轨道交通系列教材”编委会

主	编	蒋葛夫	翟婉明		
副	主	编	阎开印		
编	委	张卫华	高波	高仕斌	
		彭其渊	董大伟	潘炜	
		郭进	易思蓉	张锦	
		金炜东			

前 言

本教材共分8章。第1章主要介绍城市轨道交通现状及发展状况,以及城市轨道交通高架桥的现状与发展。第2章主要介绍轨道交通在城市规划中的作用,桥梁设计的基本程序以及设计原则,轨道交通高架桥的限界要求,城市轨道交通高架桥的类型、上部结构和下部结构的形式、景观及环保要求,还介绍了城市轨道交通高架桥的施工方法规划。这两章内容可使学生在学习后续内容之前,对城市轨道交通高架桥梁工程有一个全局的、概括的了解。第3章详细列出了目前国内外、各类型城市轨道交通高架桥设计时采用的荷载图式,方便读者比较和把握当前城市轨道交通高架桥的设计趋势。第4章为桥面构造。第5章重点介绍简支梁和连续梁的设计。第6章主要从桥墩、桥台两个方面予以介绍。第7章介绍支座、声屏障、伸缩装置、减振设施等结构的相关设计。第8章结合大量资料对各种施工工艺进行详细介绍。

本书在编写过程中,得到了北京城建设计研究总院有限责任公司、中铁二院工程集团有限责任公司、中铁第四勘察设计院集团有限公司、铁道第三勘察设计院集团有限公司等多家单位的帮助和支持,在此一并表示深切的谢意。

本书参考和引用了大量其他同行和研究者的成果,研究生邹赵勇、薛登宇在资料收集、文字编排、图片编辑方面做了大量的工作,研究生王鹏、王兆旦、王振、韦俊旭、吴尧、张帆、张高扬、赵哲等为图片编辑做了大量的工作,在此一并表示感谢。

由于编者水平有限,书中不足之处在所难免,恳请读者批评指正。

目 录

第 1 章 绪论	1
1.1 城市轨道交通的现状与发展	1
1.1.1 城市轨道交通的概念	1
1.1.2 城市轨道交通的类型	4
1.1.3 城市轨道交通的发展历程	7
1.2 城市轨道交通高架桥	8
1.2.1 城市轨道交通高架桥的特点	8
1.2.2 城市轨道交通线路高架化的趋势	9
思考题	10
第 2 章 城市轨道交通高架桥的规划与选型	11
2.1 轨道交通与城市规划	11
2.1.1 城市规划简述	11
2.1.2 城市轨道交通规划在城市规划中的地位与作用	11
2.2 城市轨道交通高架桥的规划与设计程序	13
2.3 城市轨道交通高架桥的设计原则	15
2.4 城市轨道交通高架桥的限界规划	15
2.4.1 车辆限界计算	15
2.4.2 设备限界计算	17
2.4.3 建筑限界计算	18
2.5 城市轨道交通高架桥的结构体系选型	19
2.5.1 简支体系桥梁	19
2.5.2 连续体系桥梁	19
2.5.3 简支梁-拱组合体系桥梁	23
2.5.4 连续梁-拱组合体系桥梁	25
2.5.5 刚构-拱组合体系桥梁	26
2.5.6 其他体系桥梁	27
2.6 城市轨道交通高架桥梁的景观及环保设计规划	29
2.7 施工方法规划	31
2.7.1 设计与施工关键因素分析	31
2.7.2 施工规划	31
2.7.3 施工准备工作的内容	32
思考题	38

第3章 桥梁的设计作用(荷载)	40
3.1 作用分类	40
3.2 恒载	41
3.3 列车活载	42
3.3.1 活载的加载与折减	44
3.3.2 冲击力	46
3.3.3 人群荷载	48
3.3.4 离心力	48
3.3.5 风力	48
3.3.6 车辆制动力和(列车)牵引力	50
3.3.7 温度影响力	50
3.3.8 列车横向摇摆力	51
3.3.9 流水压力和冰压力	51
3.3.10 支座摩阻力	52
3.4 偶然作用	52
3.4.1 地震力	52
3.4.2 撞击力	53
3.4.3 脱轨荷载	54
3.4.4 施工荷载	55
3.5 作用效应组合	55
3.6 公路桥梁	56
思考题	57
第4章 桥面构造	58
4.1 轨道道床	58
4.1.1 有砟轨道道床	60
4.1.2 无砟轨道道床	61
4.1.3 有砟道床与无砟道床比较	64
4.1.4 道床设计原则	65
4.2 防水排水系统	68
4.2.1 防水层构造	68
4.2.2 桥面排水系统设置	71
4.3 减振降噪系统	71
4.3.1 减振	72
4.3.2 降噪	72
4.4 桥面伸缩装置	73
4.5 钢轨伸缩调节器	74
4.5.1 构造	74
4.5.2 设置原因	75

4.5.3 设置原则	75
4.6 人行道、栏杆	76
4.7 梁缝处理	77
4.8 防脱护轨	77
思考题	78
第5章 城市轨道交通高架桥上部结构设计	79
5.1 城市轨道交通高架桥上部结构设计概述	79
5.2 上部结构的主要形式	80
5.3 上部结构桥跨布置与选择的主要原则	85
5.4 上部结构的验算指标	86
5.5 城市轨道交通高架桥上部结构分析	88
5.5.1 上部结构设计计算分析	88
5.5.2 上部结构的徐变效应	88
5.5.3 徐变计算模型	89
5.5.4 徐变计算理论	92
5.5.5 徐变电算方法	93
5.6 简支梁桥上部结构设计计算	96
5.6.1 简支槽形梁的断面设计	96
5.6.2 槽形梁的平面设计计算	98
5.6.3 槽形梁的空间计算分析	102
5.7 连续梁桥上部结构计算	103
5.7.1 连续箱梁的断面设计	104
5.7.2 连续梁上部施工过程简介	105
5.7.3 连续梁桥上部结构设计	106
5.8 连接梁桥上部结构的耐久性设计	108
思考题	109
第6章 城市轨道交通高架桥下部结构设计	110
6.1 城市轨道交通高架桥下部结构设计概述	110
6.1.1 桥墩	110
6.1.2 桥台	113
6.1.3 基础	113
6.2 桥墩设计计算	117
6.2.1 重力式桥墩设计计算	117
6.2.2 柔性桥墩设计计算	125
6.3 桥台设计计算	134
思考题	136
第7章 支座及附属结构设计	138
7.1 支座设计	138

7.1.1	支座概述	138
7.1.2	支座的作用	138
7.1.3	支座的类型	139
7.1.4	支座的布置	141
7.1.5	钢支座的设计与计算	145
7.1.6	橡胶支座的设计与计算	147
7.2	声屏障结构设计	154
7.2.1	声屏障	154
7.2.2	城市轨道交通噪声来源	155
7.2.3	声屏障降噪原理	156
7.2.4	声屏障设计	158
7.2.5	声屏障实例	160
7.3	伸缩装置设计	163
7.3.1	伸缩装置设计要求	163
7.3.2	伸缩装置设计计算	164
7.3.3	伸缩装置的选型	164
7.4	减振措施设计	165
7.4.1	振动的产生	165
7.4.2	减振措施	165
	思考题	169
第8章	轨道交通桥梁施工技术	170
8.1	轨道交通桥梁施工特点	170
8.2	轨道交通高架桥下部结构施工方法	170
8.2.1	桩基础施工	170
8.2.2	墩(台)施工	180
8.3	轨道交通高架桥上部结构施工方法	185
8.3.1	支架现浇法	185
8.3.2	预制安装法	187
8.3.3	悬臂施工法	192
8.3.4	转体施工法	194
8.3.5	顶推施工法	195
8.3.6	移动模架逐孔施工法	199
8.3.7	横移施工法	200
8.3.8	施工方法的选择	201
	思考题	202
	参考文献	203

第1章 绪 论

1.1 城市轨道交通的现状与发展

1.1.1 城市轨道交通的概念

城市轨道交通的雏形是在轨道上行驶的公共马车,自 1863 年世界上第一条用蒸汽机车牵引的地下铁道线路在英国伦敦建成,至今城市轨道交通的发展已有一百五十多年的历史。在城市交通中,地铁、轻轨、城际快线、市郊铁路等城市轨道交通扮演着重要角色,为城市客运交通和经济发展作出了重要贡献。如今,一个城市的功能水平和经济、科技实力与轨道交通发达与否有着密切联系。

城市轨道交通系统是指在城市中,使用车辆在固定导轨上运行并主要用于城市客运的交通系统。城市轨道交通是一个包含范围较大的概念,没有统一的定义。一般而言,广义的城市轨道交通是指以轨道运输方式为主要技术特征,在城市公共客运交通系统中具有中等以上运量的轨道交通系统(有别于道路交通),主要为城市内(有别于城际铁路,但可涵盖郊区及城市圈范围)的公共客运服务,是一种在城市公共客运交通中起骨干作用的现代化立体交通系统,包括地下铁道(metro)、轻轨交通(light rail transit)、独轨交通(monorail)、有轨电车(tramway)、自动导轨(向)交通(automated guided transit)、微型地铁(mini-metro)、胶轮地铁(rubber tyred metro)、索道(aerial tram way)等类型。与其他城市交通方式相比,城市轨道交通系统有其自身的特点。

(1) 运量大,效率高。轨道交通列车的运量由列车编组、车辆载客量和发车间隔时间等要素决定。表 1.1.1 对不同类型列车的载客量进行了对比,从表中可以看出,现代化的轨道交通列车的运量比较大。再加上高密度的运行图,单位时间的运输量可达到往返 27300 人次/h;在极限状态下,单向最高断面可以达到 50000 人次/h,这对人口与经济高度密集地带的旅客运输十分有利。

表 1.1.1 现代轨道交通工具的载客量

项目	额定载客量/ (人/辆)	超员载客量/ (人/辆)	编组/辆	总载客量/ (人/列车)	工程线
有轨电车	约 200	—	—	约 200	—
地铁(中等载客量)	202	224	2~4	404~896	上海市的莘庄闵行轻轨铁路
地铁(大载客量)	310	416	6	1860~2476	上海地铁 1 号线

(2) 准时、干扰小、速度快。轨道交通有着固定的运行轨道或地下运行空间,因此,运行较为畅通,最大限度地避免了交通事故和交通堵塞,更好地保证了发车和到站时间。其速度快(目前,地铁列车的最高运行速度一般可达到 80km/h,平均速度基本可达到

30~45km/h, 这在其他各种非轨道类型的城市交通方式中是最快的)、容量大的基本特性, 能满足城市内部与城郊之间的大规模的, 定时、定点、定向的, 集中性的出行需求, 起到疏导客流的主导作用, 在现代城市公共客运交通体系中起到骨干作用。

(3) 节省土地资源。城市轨道交通是城市公共客运交通, 又是大运量集团化的轨道交通方式, 因此, 每位乘客完成交通行为所占的道路面积最少。传统的交通没有特定的运输路线, 为了保证其运输的通畅和辐射的面积, 都要相应地给予其专用的运输面积, 要占用大量的土地。而轨道交通有其特定的运行路线, 所以不会占用轨道以外的其他土地。在动态情况下, 平均每位旅客占用的道路面积如下: 轻轨和城市铁路为 0.2m^2 , 公共电汽车、私人小汽车、摩托车、自行车分别是它的 4.6 倍、115 倍、100 倍和 50 倍。

(4) 节约能源, 有利环保。在耗能方面, 常规交通需要消耗汽油、柴油, 会产生破坏大气、污染空气的有害气体, 而轨道交通的运行能源是电能, 不会产生有害气体。在噪声污染方面, 线路(如地铁)上普遍采用降噪措施, 噪声得到了有效控制, 不影响人类居住环境。同时, 轨道交通属于低耗能的运输方式, 在能源紧俏、城市环境污染严重的背景下, 轨道交通的优势日益突出。从图 1.1.1 三种主要交通系统每单位运输量的能源消耗量的比较可见一斑。

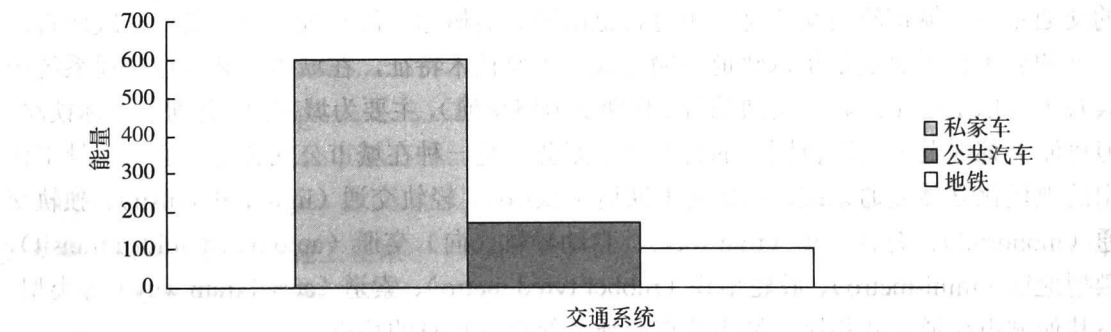


图 1.1.1 三种主要交通系统每单位运输量的能耗比较 (单位能量)

(5) 安全舒适。地铁本身不但具有较高的安全性, 而且可以使地面的交通拥挤现象减缓, 从而增大其他交通工具和行人的安全性。

城市公共客运交通方式的舒适性主要表现在两个方面: 环境质量与拥挤度。对城市轨道交通而言, 车站的候车环境、检(售)票环境、途中车厢内的乘车环境等均有现代化的环控措施保障(如采用空调), 环境质量较好; 拥挤度可从轨道交通的可靠性(一般不晚点)和较短的发车时间间隔这两方面得到较好的控制。

表 1.1.2 给出了轨道交通与常规公交的对比分析。从表中可以看出, 相对于常规公交, 地铁、轻轨等轨道交通系统在城市交通中具有明显的优势。

表 1.1.2 轨道交通与常规交通的对比分析

对比类别	比较项目	常规公交	地铁	轻轨
基本参数	所处地位	基本系统	骨干系统	
	系统特性	小运量客运系统, 以分担中、短距离客流为主	中大运量客运系统, 以分担中、长距离客流为主	
	客运能力/(万人次/h)	0.5~0.9	4.0~6.0	1.0~3.0

续表				
	比较项目	常规公交	地铁	轻轨
服务水平	平均运行速度/(km/h)	14~16	35~45	25~35
	高峰行车间距/min	1.5~3.0	1.0~2.0	
	准点率	较差	良	良
	舒适度	中	优	良
	安全性	较好	好	好
	可靠性	中	优	优
	线路识别	难	易	易
	运营自动化程度	低	最高	较高
其他	与道路隔离率	较少	100%	灵活
	乘车适宜时间	8~30	10~60	10~50

城市轨道交通系统作为城市客运交通系统的骨干，有其自身明显的优势，但同时也不可避免地存在一定的局限性。

从整体角度来看，城市轨道交通建设是一项投入高、建设周期长的系统工程（从表 1.1.3 可以看出），项目建设受资金的制约，需要以一定的经济条件为基础。

表 1.1.3 国内部分规定线路建设周期与投资

城市	线路	年度	累积长度/km	车站数目	总投资/亿元
北京	13 号线	1999~2003	40.85	16	65.7
	八通线	2001~2003	18.96	13	34
	5 号线	2002~2007	27.6	23	127.6
天津	1 号线	2002~2006	26.2	22	68.95
上海	1 号线	1990~2004	33.78	25	101.53
	2 号线	1997~2006	25	17	120
	3 号线	1997~2006	40	26	79.23
广州	1 号线	1993~1998	18.5	16	122.62
	2 号线	1999~2003	24	17	113.1
	3 号线	2003~2006	35.86	18	150
武汉	1 号线	2000~2004	10.2	10	21.99

同时，只有当城市轨道交通系统服务的范围内客流量也较大时，才能充分发挥其客运最大的特点，符合建设轨道交通的初衷。若其服务的范围内客流量较小，则建设轨道交通的意义不大。

从系统特性角度来看，相对于道路拥挤、服务水平较低的城市中心区路段，城市轨道交通速度快是一大特点；但当道路畅通时，轨道交通的速度优势就不明显。此外，轨

道交通在未建成网络之前，其交通可达性也较差。

因此，城市轨道交通的优势主要表现在当沿线道路交通供给难以满足交通需求时；而当道路交通供给足以满足交通需求时，轨道交通则无明显优势。

1.1.2 城市轨道交通的类型

“轨道交通系统”的分类方法多种多样，但是这些分类方法存在以下两方面的弊端。

(1) 如果按照专业的角度（如交通运能、轨道敷设方式、路权、导向方式、车辆速度和驱动方式等）进行划分，虽然这种分类方法比较严密、细致，但是不利于非专业人员之间的交流。

(2) 地域文化和历史等的差异造成了某些相同的城市轨道交通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”意为现代有轨电车，与我国所说的“轻轨”含义不同（下面将详细介绍）。

因此，在对“城市轨道交通系统”进行分类时，需要考虑到上述两个方面，简明、全面地反映城市轨道交通系统的本质及主要特征，归纳总结出几种典型的城市轨道交通系统类型作为系统制式或模式。从目前国内外城市轨道交通发展状况看，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（图 1.1.2）。由于早期的地铁线路大部分是地下线路，所以就有了“地下铁道”这一说法，地铁则是“地下铁道”的简称。但现代的地铁系统并非专指在地下隧道中运行的技术制式，而是泛指由地下、高架、地面线路三者结合而成的，高峰期间每小时单向运输能力在 3 万~8 万人次的大容量、快速轨道交通。由于城市市中心的土地拥挤、寸土寸金，现代的地铁系统在市中心一般为地下隧道线，在市区以外为高架线或地面线。



图 1.1.2 地铁

(2) 轻轨。轻轨是轻型轨道交通系统的简称, 因其相比地铁, 对轨道施加的荷载较小(载重轻)而得名。具体而言, 轻轨系统在载客量与运行速度上, 至少有一个方面比地铁系统有所降低, 从而导致其运量比地铁小, 轻轨系统的运量一般为 1 万~3 万人次/h。

(3) 独轨(也称单轨, 如图 1.1.3 所示)。独轨是指车辆在一根轨道梁上运行的轨道交通系统, 轨道梁可以是钢梁、预应力混凝土梁等形式。独轨可以分为跨座式独轨和悬挂式独轨两种类型, 跨座式独轨的车辆跨坐于轨道梁上, 悬挂式独轨的车辆则悬挂于轨道梁下。独轨系统有以下几方面较为突出的优点: 独轨系统多为高架结构, 由于其下部结构一般为独柱墩, 并且墩的宽度(一般为 1~1.5m)和轨道梁的宽度(0.85m 左右)不大, 所以其占地面积少, 对城市的景观及采光等影响小; 噪声和振动较低; 转弯和爬坡能力强(最小曲线半径可达 30~50m, 最大坡度可达 10%)。独轨系统的运能一般为 0.5 万~2 万人次/h。独轨系统适用于街道较窄的市区内, 如体育场和大型展览会等场所与市区的短途联系。

但独轨系统也有以下缺点: 由于跨座式独轨一般采用橡胶车轮与混凝土轨道梁, 它们之间的摩阻为钢轮钢轨的 5~8 倍, 所以跨座式独轨的耗能较高, 并且胶轮与轨道梁之间的摩擦会产生对环境有轻度污染的粉尘; 由于车辆在狭窄的轨道梁上行驶, 万一发生故障, 将会很难实施救援工作。

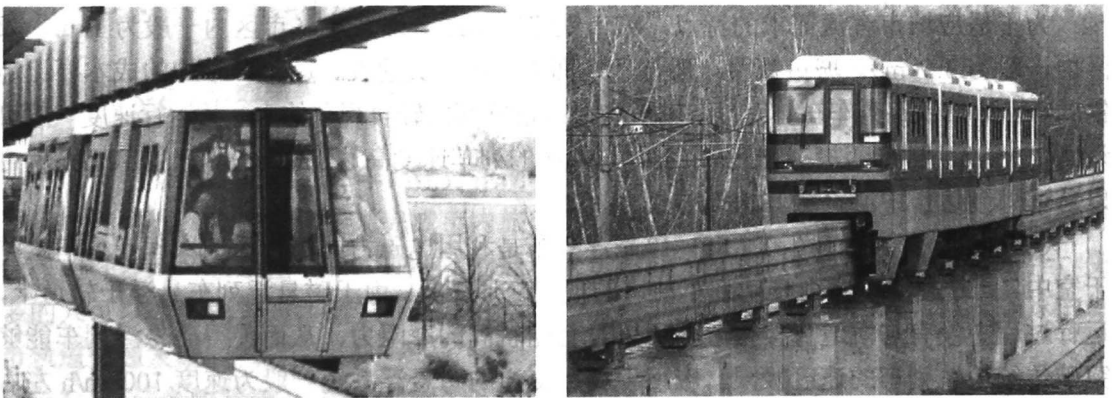


图 1.1.3 悬挂式独轨和跨座式独轨

(4) 自动导轨(图 1.1.4)。自动导轨是指利用导轨导向、完全自动控制、沿着固定轨道载运乘客的新型轨道交通系统。自动导轨交通系统诞生于美国, 一开始是作为一种穿梭式往返、短距离运送乘客的交通工具, 曾被称为“水平电梯”和“空中巴士”。

自动导轨交通系统的车辆一般带有小型的橡胶轮, 由计算机进行全自动控制, 沿着导轨行驶在专用的混凝土轨道梁上, 可以实现无人驾驶的高密度运行。其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, 轨道可以用特制的混凝土做成, 也可用钢板焊接而成。与独轨系统相比, 自动导轨系统的运输能力较小, 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。



图 1.1.4 自动导轨

(5) 城市铁路。城市铁路是指把城市市区与郊区（尤其是远郊区、卫星城镇）连接起来的、线路主要位于地面上的铁路系统。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。

为了适应城市客流需求的特点，城市铁路的站距一般较小（市区内一般为 1km、郊区内一般为 3.5km）。城市铁路一般位于地面上，因此其建设、运营和维护的成本要比地铁的小。城市铁路列车车体宽度、轴重和最高速度都比轻轨列车的大，其运行速度一般可达到 10km/h。例如，法国连接城市市区与郊区的列车速度高达 120km/h，只用 30min 就可以从远郊到达市中心，极其快捷方便。

(6) 磁悬浮交通（图 1.1.5）。磁悬浮列车是利用电磁力同极相斥的原理使列车悬浮于空中，同时利用电磁力推动列车前进的现代交通工具。由于磁悬浮列车悬浮于轨道上，运行过程中没有与轨道直接接触，所以没有轮轨间的摩阻力，从而使得磁悬浮列车能够突破传统轮轨列车的速度极限。应用于城市交通的磁悬浮系统一般为速度 100km/h 左右的中低速磁悬浮系统。例如，日本的名古屋东部丘陵线，其设计最高速度为 100km/h，设计最小行车间隔为 5min，每小时单向额定运量约 3000 人次。

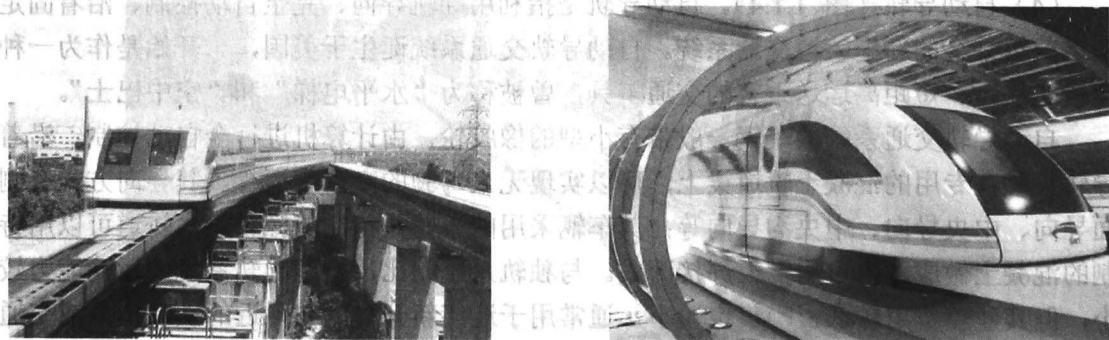


图 1.1.5 磁悬浮列车

1.1.3 城市轨道交通的发展历程

从世界范围来看,城市轨道交通的发展经历了一个曲折的过程,大体可分为以下5个阶段。

1) 初步发展阶段(19世纪60年代以前)

人类早期交通工具的动力主要来自人力、畜力和自然力,城市的公共交通主要通过马车来实现。后来将马车放在钢轨上运行,利用由多匹马组成的马队来提高牵引力,增大车辆规模,降低运输成本和票价,使更多的人乘坐公共交通成为可能。但由于马车行驶速度缓慢,单纯依靠它已不能开发离城市更远的居住地。同时,大量的马车作为交通工具造成了严重的交通堵塞和污染。

2) 第一次发展高潮(1863~1924年)

这一时期,由于大量人口涌入城市,地面环境恶化,交通状况拥挤。1863年,英国伦敦修建了世界上第一条城市地铁,该地铁采用明挖法施工,蒸汽机车牵引。当年就运送旅客1000万人次,很快地铁向外延伸,和都市商业铁路连在一起,形成伦敦市区的快速轨道服务系统。世界上第一条地下铁道的诞生,为人口密集的大都市如何发展公共交通取得了宝贵的经验。在此期间,电气化和隧道掘进技术改变了城市铁路的现状。电气化铁路的应用,使轨道运输更为迅速,成本更低,使更多的人乘坐火车成为可能。

城市铁路发展的结果是更多的人搬往郊区寻找更好的居住条件,使城市的规模进一步扩大。同时电力技术被应用在隧道内,大大改善了地下铁道的环境状况,使地铁可以建在地下更深的区域。1890年,在伦敦建成世界上第一条电气化地铁,快速便捷地完成市内旅客运输任务,越来越多的电气化铁路和地铁将伦敦的许多地区联系在一起,使更多的通勤人员有能力从更远的郊区进入伦敦工作,更多的人可以搬到伦敦的西部生活,从而实现伦敦西部的开发。这一阶段,欧美国家的城市轨道交通发展较快。

3) 停滞萎缩阶段(1924~1949年)

这一时期,由于第二次世界大战的爆发和汽车工业的发展,促使城市轨道交通的发展停滞和萎缩。汽车由于其灵活、便捷和可达性,得到飞速发展,从而对城市地面轨道交通造成很大的冲击。此时,只有少数一些大的都市发展了城市地铁。

4) 第二次发展高潮(1949~1969年)

第二次世界大战后,由于和平年代城市人口增加,污染严重,很多人选择在市区外居住,加上汽车过度增长,使城市道路异常堵塞,行车速度下降,严重时甚至会导致交通瘫痪,很多城市都面临着如何在较长的距离内,以最有效而快速的方式来输送大量乘客的问题。人们重新认识到,解决交通必须依靠电力驱动的城市轨道交通。这期间,城市轨道交通从欧美扩展到亚洲的日本、中国、韩国等国家。

5) 快速发展阶段(1969年至今)

世界各国城市化的趋势,导致人口高度集中,要求轨道交通高速发展以适应日益增

加的客流运输,各种技术的发展也为轨道交通奠定了良好的基础。很多国家都确立了发展城市轨道交通的方针,立法解决建设城市轨道交通的资金来源。城市轨道交通从欧、美、亚洲扩展到大洋洲,从发达国家扩展到发展中国家。

另外,作为国际化的大都市,必将面临如何将多种交通工具进行有效连接的问题。在国际化大都市,有很多人员乘坐飞机到达世界各地,如何将这些旅客及时地从市区转移出去也是一大问题。伦敦地铁车站连接着市内的希思罗和盖特威克两大机场,乘客下火车或下飞机后可以换乘地铁,东京也有专门的地铁连接各大机场。城市轨道交通在此期间得到了充足的发展。

综上所述,城市轨道交通发展的影响因素来自各方面,涉及政治因素、社会因素、经济因素、政策因素等,基本上是基于人口规模、土地规模的迅速增长进而引发的各种需求,并随着经济和技术的迅速发展,为城市轨道交通的迅速发展提供了有利条件。半个多世纪以来,世界各国城市轨道交通有了很大发展,20世纪70年代后,发展中国家的轨道交通建设速度明显加快。1970年,发展中国家仅有3个国家拥有轨道交通,至1990年已有21个国家建成了城市轨道交通,数量增长了6倍。

1.2 城市轨道交通高架桥

城市轨道交通的线路可以分为地面线、地下线和高架线。由于大多数线路在市区通过,一般采用地下线,但当线路穿越郊区时,采用地面线和高架线的情况也较为常见。城市轨道交通高架桥作为城市轨道交通线路的重要部分,是通过修建高架桥的方式将轨道交通与地面道路交通相分离的一种城市高架道路形式。城市轨道交通高架桥一般应用于城市市区或郊区轨道交通线路。

1.2.1 城市轨道交通高架桥的特点

城市轨道交通高架桥是建在城市里面、主要承受轨道交通荷载的高架系统,因此它兼具市政高架桥和城市铁路桥梁的特点,但是它与这两者之间也有一定的区别:作为轨道交通高架桥,它所承受的列车活载要比一般铁路小,而且速度较慢,对结构的动力作用较小;景观要求高;桥面养护条件好,轨道也更为平顺。

1. 具有市政高架桥特点

城市轨道交通高架桥具有市政高架桥的特点,体现为以下几方面。

(1) 线路平面走向服从城市规划,并且高架线路一般沿市政道路两旁绿化带或中间绿化带;线路立面桥梁高度不高,桥下净空一般为5.0~5.5m,墩高一般为8m左右。

(2) 桥梁长度大,工期短。和市政高架桥梁一样,城市轨道高架桥梁长度短则几千米,长则几十千米;而城市轨道交通问题一般都是城市中迫切需要解决的公共交通问题,工期都很短,从设计到通车往往只有三四年时间。

(3) 穿越居民区,甚至有时要穿过对噪声、振动特别敏感区及需要特别保护的名胜