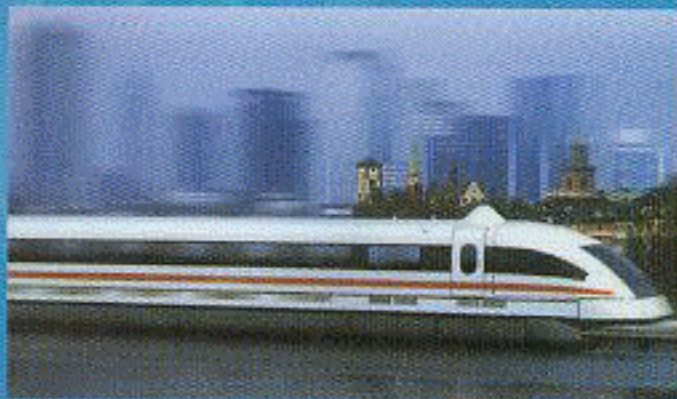


■ 铁道与城市轨道交通工程丛书

CHENGSHI GUEIDAO JIAOTONG  
JIEGOU GONGCHENG

# 城市轨道交通 结构工程



■ 主编 周顺华 主审 崔之鉴

同济大学出版社

# 城市轨道交通结构工程

主编 周顺华      主审 崔之鉴

同济大学出版社

## 内容简介

本教材内容包括城市轨道交通路网、城市轨道交通线路与轨道工程、城市轨道交通设备系统、车站建筑、地下车站与区间隧道工程、高架结构工程、结构防水及信息化施工监测。

本书作为交通土木建筑工程专业的教材,也可作为从事城市轨道交通工程的设计、施工、管理以及科研人员的参考书。

### 图书在版编目(CIP)数据

城市轨道交通结构工程/周顺华主编. —上海:同济大学出版社,2004.1

ISBN 7-5608-2704-7

I. 城… II. 周… III. 城市运输:轨道运输—结构工程—教材 IV. U12

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2003)第 067497 号

### 城市轨道交通结构工程

主编 周顺华

责任编辑 庞强特 曹炽康 责任校对 郁 峰 封面设计 陈益平

出版  
发行

同济大学出版社

(上海四平路 1239 号 邮编 200092 电话 021-65985622)

经销

全国各地新华书店

印刷

常熟华顺印刷有限公司印刷

开本

787mm×1092mm 1/16

印张

15.5

字数

397 000

印数

1—3 100

版次

2004 年 1 月第 1 版 2004 年 1 月第 1 次印刷

书号

ISBN 7-5608-2704-7/TU·516

定价

25.00 元

本书若有印装质量问题,请向本社发行部调换

此为试读,需要完整PDF请访问: [www.ertongbook.com](http://www.ertongbook.com)

# 前 言

随着经济的发展,加快了我国城市化的进程,而城市交通的问题日益突出,恶化了城市的生活环境和制约了经济的发展,所以,发展大容量的城市公共交通系统已成为必然。城市轨道交通系统由于具有运量大、速度快、安全性好、准时和节省能源等优点,在我国得到了快速的发展。但由于城市轨道交通系统的特殊性,需要在市区较小的空间内有效快速地组织客流疏散或换乘,并容纳行车控制系统和其他设备系统,所以,要求从事城市轨道交通系统设计、施工和管理工作的人员具有较广的专业知识面,以便协调和处理好相关的专业接口。而原有的教学体系只是单独讲授各自的专业内容,特别是土建专业的学生,很难了解轨道交通系统的相关特点。鉴于此,本教材在原课程设置的基础上,更新编写体系,在突出城市轨道交通结构工程的基础上,补充了路网规划、线路工程与车辆段、设备系统和结构防水等内容,试图让学生通过本课程的学习,对城市轨道交通系统的全貌有所了解,为加深对结构工程的理解奠定基础。

本书共分 10 章,由同济大学周顺华主编,西南交通大学崔之鉴主审。参加编写的人员有:周顺华(第一、四、九章)、顾保南(第二章)、谭复兴(第三章)、丁春林(第五、六、八章)、宫全美(第七章)、王炳龙(第十章)。在本教材的编写过程中,主审人崔之鉴教授做了细致的策划和审阅工作,还认真听取了中铁隧道勘测设计院张先锋院长、上海城市建设设计研究院徐正良副总工程师的建议和意见,研究生樊庆功和李洪年在编写过程中也花了大量的精力;编写人员还参阅了近期出版的城市轨道交通系统方面的诸多论著,吸取了他们的研究成果,在此一并表示感谢。

限于作者水平,书中缺点和错误在所难免,恳请读者提出批评和指正。

编者

2003 年 12 月

# 目 录

前 言	
第一章 绪论	(1)
第一节 城市轨道交通发展	(1)
第二节 城市轨道交通的主要术语	(3)
第三节 我国城市轨道交通的发展前景	(4)
第四节 本书的主要内容	(6)
第二章 城市轨道交通路网	(7)
第一节 路网方案设计的过程	(7)
第二节 路网方案设计的基本方法	(8)
第三节 路网基本结构	(10)
第四节 案例分析	(20)
第三章 城市轨道交通线路与轨道工程	(23)
第一节 线路设计	(23)
第二节 轨道结构	(36)
第四章 城市轨道交通设备	(59)
第一节 车辆	(59)
第二节 通风与空调	(60)
第三节 供电系统	(66)
第四节 给水排水	(70)
第五节 消防系统	(71)
第六节 防灾报警(FAS)系统	(73)
第七节 城市轨道交通运营管理设备	(73)
第五章 城市轨道交通车站建筑	(82)
第一节 城市轨道交通车站分类与组成	(82)
第二节 车站的规模	(86)
第三节 地下车站总平面布局	(87)
第四节 地下车站建筑设计	(88)
第五节 高架车站建筑设计	(101)
第六章 地下车站结构工程	(109)
第一节 地下车站的结构类型	(109)
第二节 围护结构类型	(116)

第三节	结构设计原则	(122)
第四节	地下车站结构分析	(123)
<b>第七章</b>	<b>区间隧道工程</b>	(150)
第一节	区间隧道的结构类型	(150)
第二节	区间隧道的施工方法	(156)
第三节	区间隧道的结构设计	(173)
<b>第八章</b>	<b>高架结构工程</b>	(187)
第一节	概述	(187)
第二节	高架区间桥梁结构	(187)
第三节	高架车站结构	(196)
第四节	高架结构墩与基础	(198)
第五节	高架结构设计计算	(200)
第六节	桥上附属结构	(204)
<b>第九章</b>	<b>结构防水</b>	(209)
第一节	地下结构防水要求	(209)
第二节	防水材料	(210)
第三节	防水技术措施	(214)
第四节	渗漏水的治理	(219)
<b>第十章</b>	<b>信息化施工监测</b>	(220)
第一节	信息化施工监测的设计原理	(220)
第二节	浅埋暗挖法施工监测	(221)
第三节	盾构法施工监测	(228)
第四节	明挖法施工监测	(230)
<b>参考文献</b>		(240)

# 第一章 绪 论

## 第一节 城市轨道交通发展

经济发展到一定程度后,将加快城市化进程,导致城市人口越来越多,城市的交通问题日益突出,严重地制约了城市经济的发展,同时也影响了城市居民的生活质量,为此,寻求合理的交通方式已是大城市所面临的重要课题之一。近年来,我国学者通过总结国外城市交通发展的经验教训,认为建立以轨道交通为骨干、以公共交通为主体、采取多种交通方式相互协调的综合交通系统是解决大城市交通问题的较好方法。

最早的城市轨道交通起源于 1832 年在美国纽约的第 4 大街,它把数量较多的马车车辆联接起来,放在钢轨上,以马群作为牵引力,用于解决城市公共交通,即有轨马车。

1863 年,英国伦敦建成了世界上第一条地下铁道,其出发点是将地面火车移至市区的地下,形成大容量的客运系统,用以解决城市的公共交通,在当时只能采用蒸汽机车牵引。由于线路和车站均设在地下,所以就称为地下铁道(Under Ground Railway)。随后,法国巴黎引进了这种新的交通系统,但由于巴黎地形的特殊性,部分线路位于地下,而有些线路则采用地面线的形式,如果借助于伦敦地下铁道的英文命名法,就不准确,于是就用 Métro(古法语“城市”的意思)来命名巴黎的城市轨道交通线。截至第二次世界大战爆发之前,世界上共有 11 个城市建成地铁交通系统,它们主要分布在欧洲,如表 1-1 所示。

表 1-1 二次世界大战之前建成地铁的城市

序号	城市名称	通车年份	列车最大编组 (veh)	最短行车间隔 (min:s)
1	伦敦	1863	8	1:45
2	布达佩斯	1896	5	2:15
3	格拉斯奇	1896	2	3:30
4	维也纳	1896	6	2:00
5	巴黎	1900	9	1:39
6	波士顿	1901	4	3:00
7	柏林	1902	8	2:30
8	汉堡	1912	4	2:00
9	马德里	1919	6	2:30
10	东京	1927	10	1:50
11	莫斯科	1935	7	1:20

在发展地铁交通系统的同时,由于德国在 1881 年建成了世界上第一条电气化铁路,所以,有轨电车在世界各地得到迅速发展,并成为大城市的重要公共交通工具,但由于其噪声

大,舒适性差,第二次世界大战之后,又由于汽车工业的发展,使原来的有轨电车纷纷被拆除或更新。20世纪70年代石油危机之后,人们对原来有轨电车的低污染和节能性进行了重新认识,在此基础上发展了轻轨(Light Rail Transit)交通系统,使得轻轨交通得到了迅速发展,表1-2为1989年之前世界上建成轻轨交通系统的主要城市。

表 1-2 世界城市轻轨概况

洲	国家	城市	人口 (万人)	始运 年份	系统 类型	线路 数	运营线路 (km)		车站 数量	轨距 (mm)	牵引供电		运营速度 (km/h)	年客运量 (亿人次)
							全长	地下 线			方式	电压 (V)		
欧	英国	伦敦	670	1863	地铁 轻轨	9 2	408 15	167	15 273	1435	第三轨	630 750	33	7.69 (86~87)
	法 国	里昂	113.3	1987	地铁(胶轮) 地铁(齿轮)	3	14 2.4	14	22	1435	导向轨 架空轨	750	28	1.02(87)
		里尔	89.3	1983	地铁(胶轮)	1	13.3	8.55	18	2060	导向轨	750	35	0.3(86)
		格勒诺 布尔	15.6	1987	轻轨	1	9		22	1435	架空线	750	750(最大)	
		南特	24.2	1985	轻轨	1	10.6		22	1435	架空线	750		
	德 国	波恩	38.5	1981	轻轨	2	7.2	7.2	6	1000	架空线	600	80(最大)	
		科隆	92	1968	轻轨		35.1		28	1435	架空线	750		
		多特蒙特	57.9	1986	轻轨	7	100.4		190	1435	架空线	600		0.44(86)
		埃森	62.6		轻轨	3	19	13	23	1433	架空线	750		0.009(86)
		汉诺威	51.4	1975	轻轨	6	69	13	112	1435	架空线	600		0.97(86)
		卡尔斯鲁厄	29.6	1987	轻轨	7	46			1435	架空线	750		
		莱因-鲁尔	15.5		轻轨		119.2		160	1345	架空线	600, 750		
		斯图加特	56.2		轻轨	12	113	10	205	1435 1000	架空线	750		0.91(86)
	希腊	雅典	95.7	1925	轻轨	1	25.84	3	21	1435	第三线	600	30	1.10(84)
	意大利	都灵	106.9	1987	轻轨	1	9.6			1445	架空线	580	75	
荷 兰	鹿特丹	56	1968	地铁 轻轨		42	32	32	1435	第三线	750	42	0.636(86)	
	乌德 勒支	23	1983	轻轨	1	17.9			1435	架空线	750	28	0.074(87)	
	瑞典	哥德堡	42.4	1987	轻轨	8	114.9			1435	架空线	610, 750	21.9	0.882(87)
瑞士	纳沙 特尔	6.36		轻轨		9	15	15	1000	架空线	630		0.026(86)	
比 利 时	安特 卫普	52.8	1975	轻轨	10	79.7	21	21	1000	架空线	600	31	0.326(86)	
	布鲁 塞尔	112.1	1976	地铁 轻轨	1 3	24.1 11.9	52	52	1435	第三轨 架空线	900 600~ 700	30	1.9(86)	
	沙勒 罗瓦			轻轨	8	132	75	75	1000	架空线	600			
奥地 利	维也纳	152.7	1976 1897	地铁 轻轨	3 2	34.4 8.4	18.6 1	39 11	1435	第三轨 架空线	750	34.4	1.978(86)	

续表

洲	国家	城市	人口 (万人)	始运 年份	系统 类型	运营线路 (km)		车站 数量	轨距 (mm)	牵引供电		运营速度 (km/h)	年客运量 (亿人次)	
						线路 数	地下 线			方式	电压 (V)			
														全长
美 国	北 美	波士顿	267.8	1897	地铁 轻轨	4	125.5	24	84	1435	第三轨 架空线	600	31	1.197(87) 0.243(87)
		布法罗	33.9	1985	轻轨		10.3	8.37		1435	架空线	650		1.197(86)
		克利夫兰	63.7	1955	地铁 轻轨	1	30.6	0.8	18	1435	第三轨 架空线	600	48	0.075 (87~88)
						2	21.2		29			600		
		纽瓦克	31.4		轻轨		6.9	2	11	1435				0.0566(86) 0.0463(86)
		费城	170	1907 1969	轻轨 地铁	3	41.05		73	1435 1581	第三轨 架空线 第三轨	600 600	32 60	
						3	62.08	74	1435 1581	700				
		匹兹堡	40.3	1987	轻轨		16.98	2.4		1580	架空线	600	88	0.2104(87)
		波特兰	36.6	1986	轻轨	1	24		24	1435	架空线	750	80	0.0826(86)
		萨克拉 门托	30.4	1987	轻轨		29.3		27	1435	架空线	750		0.0723 (86~87)
圣迭戈	96	1981	轻轨		35.3		22	1435	架空线	600				
圣何塞	68.2	1987	轻轨	1	32		33	1435	架空线	750	80	0.1		
加 拿 大	卡尔加里	59.3	1981	轻轨	4	28.3	2.13		1435	架空线	600	80	0.312(87)	
	埃德蒙顿	53.2		轻轨	1	10.5	2.25	8	1435	架空线	600			
	温哥华	41.4	1986	轻轨		21.4	1.6	15		侧轨供电	600		0.35(86)	
亚 洲	日本	广岛	105.5		轻轨	1	16.1		20	1435	架空线	600	60	
	菲律 宾	马尼拉	172.8	1985	轻轨		14.5		18	1435	架空线	750	70	1.015
非 洲	突 尼 斯	突尼斯	46.9	1985	轻轨	1	10		11	1440	架空线	750		0.25 0.14 (86~87)

## 第二节 城市轨道交通的主要术语

前苏联专家纳乌莫夫先生于1956年在唐山铁道学院最先在国内开设地下铁道课程,这里的“地下铁道”更确切地说应该是“Métro”,而不仅仅指地下部分(英文中的Underground Railway或“Subway”),为了避免词义的歧义,在我国就用地铁来对应“Métro”,即依据国际隧协将地铁定义为轴重较重、单方向输送能力在3万人次/h以上的城市轨道交通系统,它

可以修建在地下、地面或采用高架的方式;在我国台湾地区,地铁的含义则是指台北铁路地下化,即随着台北的经济发展,城区也在扩展,使得原来的一段铁路从新市区中穿越,为了避免与地面其他交通方式的干扰,将这段市区铁路改建到地下,台湾称之为“铁路地下化”,简称“地铁”。而城市轨道交通系统在台湾称为“捷运”(城市里的快捷运输系统)。

轻轨(Light Rail Transit, Light metro),相对地铁来说运量较小,在原有轨电车的基础上利用现代技术改造发展的城市轨道交通系统,运输能力为 1.5~3 万人次/h。与地铁相同,轻轨也可以修建在地下、地面或采用高架的方式。

有轨电车(Tram, Tramway),单方向的运输能力在 1 万人次/h 以下。

独轨(Monorail),分为跨座式和悬挂式两种,运量较小,0.4~1.6 万人次/h。

市郊铁路(Suburban Railway),是联接城区和郊区之间的有轨公共交通线,在郊区部位的站距较长,运量在 8 万人次/h。

现阶段,将城市中在固定导轨上运行车辆的交通系统称为城市轨道交通。除了前面提到的 5 种之外,还包括导轨、磁悬浮等交通方式。

城市轨道交通系统用于城市客运方面,有以下最基本的概念:客流、客运量、居民流动度及运程。

所谓客流,是指在某一区段上单位时间内朝一个方向或往返旅客的实际数目或预计数目。

客运量,是指城市各个区段上单位时间内单程或往返运送的或需要运送的旅客数目。对运输枢纽、车站、停车站来说,客运量便是所容纳的旅客数目,即上车、下车或换车的旅客总数。

居民流动度,是指城市客运量除以居民总数,即每年每一居民的平均出行次数,它由城市大小、居民密度、居民生活条件及工作条件、城市运输情况而定。

运程,即每一旅客一次乘行的平均距离。它取决于市区的大小及形式、城市运网的总延长公里(即发达程度)以及现有的各种运输形式。

### 第三节 我国城市轨道交通的发展前景

北京地铁于 1965 年 7 月 1 日开始修建一期工程,1971 年正式通车。天津地铁于 1970 年动工,于 1980 年开通一条长 7.4km 的运营线,上海地铁一号线于 1995 年建成,广州地铁一号线于 1998 年建成。

表 1-3 列出了我国已建成的城市轨道交通工程和部分在建及拟建的工程。在我国台湾省台北市,于 20 世纪 80 年代中期建成了淡水线、木栅线等城市轨道交通,其中,木栅线采用高架橡胶轮方式。现已建成的城市轨道交通系统列于表 1-4,其中,土城、板桥和南港线为同一条线路。此外,还有正在建设的芦洲线、内湖线、淡水线的延伸线和新店线的延伸线。台北的城市轨道交通系统为改善台北路面交通拥挤起到了良好的作用。

表 1-3

我国城市轨道交通状况表

	线路名称	建设阶段 (建成年份)	线路长度 (km)	车站数量 (座)
已 建 成	北京地铁一期工程	1969	23.6	17
	香港地铁系统	1979~1985	43.2	38
	北京地铁环线	1981	16.1	12
	天津地铁一期工程	1980	7.4	8
	香港屯门轻便铁路	1988~1995	31.75	57
	上海地铁 1 号线	1995	16.36	13
	上海地铁 1 号线延伸线	1996	5.25	3
	香港机场快速铁路	1998	34	7
	北京地铁复一八线	1999	11.5	10
	上海地铁 2 号线	1999	19.1	13
	广州地铁 1 号线	1998	17.78	16
	上海地铁明珠线	2000	24.98	19
	在 建	广州地铁 2 号线		17.81
深圳地铁 1 号线			25.3	22
上海明珠线二期			22	19
上海 R1 北延伸段			12.4	9
上海 M8			23.3	22
上海 R4			35	17
上海莘闵轻轨			17.4	13
南京地铁 1 号线			16.9	16
北京城市铁路			41	16
北京地铁八通线			19	11
武汉轻轨 1 号线			15.9	12
筹 建	青岛地铁 1 号线		16.4	13
	北京地铁 11 号线		10.2	7
	北京至十三陵		34.4	14
	上海轻轨 L4 线		25.4	22
	上海地铁 M7 线		33.2	26
	重庆轻轨 1 号线		16.4	13
	沈阳轻轨 1 号线		22.3	19
	大连轻轨		13.7	13
	成都地铁一期		14.7	15
	西安地铁 1 号线		19.7	16
杭州轻轨 1 号线		14.1	13	

表 1-4

我国台北市城市轨道交通系统

线路名称	线路长(km)	车站数量(座)
淡水	22.8	20
新店	10.3	12
木栅	10.9	12
土城	5.6	5
板桥	7.0	7
南港	10.3	8
新庄	19.7	15
中和	5.4	5

上世纪 60 年代建成的北京地铁和 80 年代天津地铁是基于平战结合的思想,即地铁是城市人防工程的一个组成部分,所以,大量的地下工程都考虑了人防荷载和战时的紧急疏散待避功能等。上世纪 80 年代后期修建的城市轨道交通的出发点是解决城市的交通问题,并以此改善城市的投资环境,同时带动城市经济的发展,在形式上朝多样化的趋势发展。上世纪 90 年代修改城市轨道交通的理念,主要体现“以人为本”的思想,既要解决交通问题,更重要的在于改善环境。

上海市的明珠线一期工程,利用原淞沪铁路的线路地址,依照现代地铁的标准,由地面线改造成高架线,避免了与地面其他交通的相互干扰。大连计划建造的城市轨道交通系统,也将对原来的有轨电车进行改造而建成轻轨交通系统。

在建造方法方面,早期的北京地铁充分利用旧城改造的时机而大量地采用明挖法。上海地铁区间隧道充分考虑地层的特性采用盾构法施工,车站则采用围护结构明挖法施工。上海的城市轨道交通系统随着修建数量的增加,其周边的制约也越来越多,难度也越来越大,在建的 M8 线有两个区间采用异形双圆盾构施工来解决线间距问题,目前正在研究开发采用三圆盾构修建车站。广州地铁和南京地铁由于地质条件的变化较大,既有盾构法、明挖法,也有浅埋暗挖法,因地制宜地采用多样化的方法以适应不同地质条件施工的需要。

## 第四节 本书的主要内容

城市轨道交通系统是建设在市区以快捷舒适地运送乘客为目的的交通系统。要实现这一目标,将涉及众多的专业知识,比如交通规划、车辆、供电、环控、信号与通信系统等。所有的专业设施,都将通过车站建筑,协调地布置在车站这一局促的空间之中,所以,土建专业人员有必要对土建之外的城市轨道交通系统中的相关专业有所了解,以便更好地处理专业之间的接口。所以,本教材的编写思路,首先是介绍城市轨道交通网的规划原则和基本方法;其次,是介绍线路、轨道结构和车站建筑功能,以便优化车站设备布局和管理控制车站规模,让从事土建专业的技术人员了解现代城市轨道交通的设备系统。本教材的重点,是车站和区间结构工程的设计和施工。

## 第二章 城市轨道交通路网

### 第一节 路网方案设计的过程

轨道交通路网方案设计影响因素众多,又与其他交通方式一起承担城市交通任务,由于人的认识的局限性,光靠定性分析或少数几次的定量分析都难以获得满意的路网方案,必须切实有效地把定性分析与定量分析有机地结合起来,构成定性分析与定量分析的循环,在这种循环中逐渐推进规划者的认识深度。路网方案设计的基本步骤可归纳如下:

(1) 在选择了轨道交通发展模式后,拟定路网规模。

(2) 建立城市的初始研究对象交通路网。该路网的线路包含主要的道路及现有的轨道交通线路,为简化计算分析工作,可以不包括那些次要的道路,因为它们对轨道交通客流分析影响很小。路网的节点,也不一定是全部的道路交叉点,而主要是客流集散点及主要道路的交叉点。

(3) 交通路网客流特征分析。收集历年的交通统计资料,进行必要的交通调查,进行城市综合交通的交通分布预测;建立交通方式划分及交通分配模型,对规划年度初始研究对象交通路网进行交通分配,了解路网中各条交通线路的主要客流走向、分布及大小。

(4) 轨道交通初始路网方案设计。综合考虑城市主要客流分布、一定规模下的路网形态特征及其功能特点以及城市的地理、地形、地质、环境等因素,拟定一个或多个初始轨道交通路网方案,其中许多方面依赖于定性分析,而不完全依据定量分析来决定。因此,为减少计算分析工作量,应该请有经验的行家进行这项工作。由于轨道交通客运能力大,对城市发展的影响深远,因此,方案的拟定往往要在城市交通战略分析的基础上进行。

(5) 路网方案分析。对各方案进行定量分析和定性分析。定量分析是根据已建立的评价模型进行计算,获得某些定量评价指标。例如,把各个轨道交通路网方案加入到初始研究对象交通路网中,进行规划年度的路网交通分配,获得各路线的客流量、饱和度、财务评价指标,等等。定性分析是对各方案的经济效益和社会效益进行全面的分析。

(6) 路网方案评价、比较和筛选。建立路网评价指标体系,对各路网方案进行比较和筛选。

(7) 路网方案更新及优化。良好的路网设计方案并不是一下子就设计出来的,而是通过“方案设计—分析评价—比较筛选”这一过程的反复作用之后才能获得。在上述分析、评价与比选过程中,规划者不只是为了筛选出现有的较优方案,更重要的是要通过分析和比较过程中获得的信息及领悟,更深刻地认识城市交通的现状及其发展变化规律,挖掘出那些被遗漏的有比较价值的路网设计方案。对所形成的新路网方案,连同本轮评价刚刚筛选出来的较优方案一起,进入下一轮的分析评价与比选过程。如此循环往复,不断筛选出或获得更有价值的方案。这是一个动态的过程,也是逐步趋优的过程。由此可见,方案设计与方案分析评价是紧密相连并且相互交替进行的。同样,在这个过程中,可能会发现原先确定的路网规模需要调整,这时,需要在调整后再重复上述过程。在分析评价过程中,需要把定量分析

与定性分析有机地结合起来,规划者在方案设计及分析评价方面的经验会加速这个过程,同时,规划者、有关专业的专家及决策者之间的相互交流也是很有益处的。这个过程如图 2-1 所示。

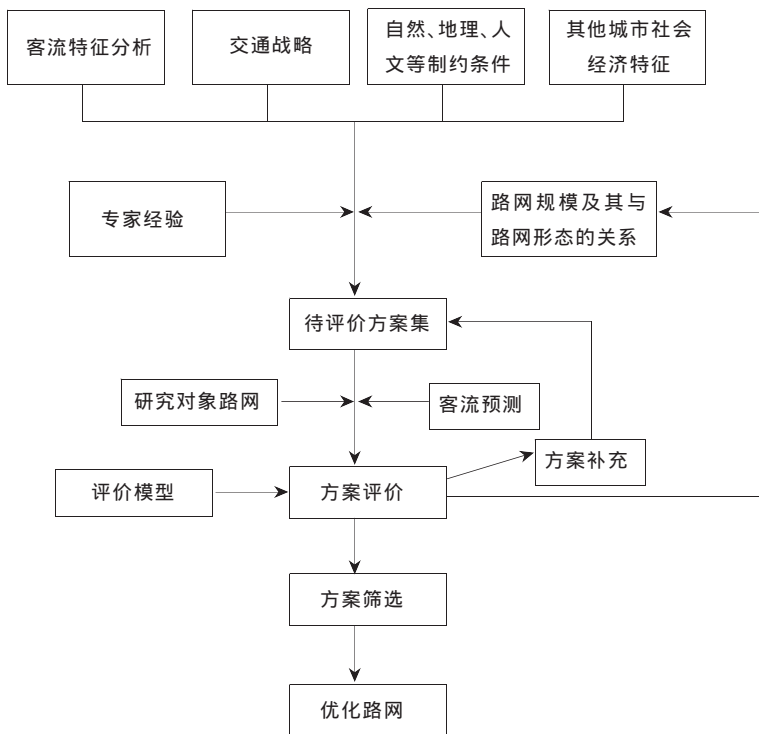


图 2-1 轨道交通路网方案设计过程示意图

## 第二节 路网方案设计的基本方法

### 一、编制规划路网的基本思路

目前,编制规划路网的基本思路主要分为两种。一种是通过客流分析找出主要的客流走廊,沿客流走廊布线,再结合集散点分布、换乘点及车辆段(停车场)布设的可能性等加以调整。另一种方法则是先确定主要换乘枢纽,然后结合主要客流走廊布设线路。前者是先有线后有点,后者是先有点后有线。

路网方案设计的技巧则依赖于对路网基本结构形态特性的认识。不同的路网形态对路网运营效率及城市发展有着非常重要的影响,因此在路网设计之前,应该深入了解路网设计的影响因素及一些基本路网形态结构的特点。

### 二、影响路网方案设计的主要因素

城市轨道交通设施是城市建设的百年甚至千年大计,它对城市发展的形态、规模、产业布局、居民出行乃至生活方式都会产生深远的影响。设计城市轨道交通路网时,首先必须很好地分析及预测其相关区域内的客流需求,因为迅速有效地运送客流是轨道交通建设的直

接且主要的目的。第二,要保证轨道交通能够顺利建成并正常投入运营,其线路位置必须满足城市地形、地质、历史文物等自然条件及人文地理条件的限制要求。第三,快速轨道交通建成后往往要使用百年以上,为了节省运输成本,减少乘客出行时间,提高路网运输效率,设计时应充分考虑轨道交通路网的运营特点。

### (一) 与客流有关的因素

(1) 城市性质及地位。城市现在及其所规划的性质与地位,在战略上决定着城市的人口、用地发展规模及潜力,也决定着对其外部区域的影响力。

(2) 城市人口与土地利用规模及分布形态。城市人口密度、房屋建筑密度、工作岗位及商业区的集中程度对客流的产生及其流向有重要影响,因此,要分析现状及规划的城市人口分布及大型客流集散点分布,包括重要的工业区、商业网点、文化中心、旅游点、住宅区等。

(3) 市内公共交通枢纽及对外交通枢纽。城市内部公交枢纽、火车站、码头、航空港等是客流集散的重要场所,其现在及规划位置对城市客流的分布也有着重要的影响。

### (二) 轨道交通规划和建设的各种制约条件

(1) 城市自然地理条件。城市的地质、地形、地貌等自然条件会限制城市轨道交通的线路走向及位置。

(2) 城市人文地理条件。必须遵守国家对于历史文物、自然风景区的保护等方面的法规,当轨道交通的线路位置与之相抵时必须避让或重新确定线路走向。另外,城市既有的地面建筑物、地下建筑物、地下管线对轨道交通选线也有一定的影响。

(3) 城市经济基础。轨道交通建设需要花费巨大的投资,城市的经济实力会影响城市轨道交通路网规划的合理规模的确定,也会影响规划路网的实施进度。

(4) 轨道交通的建筑特点。轨道交通线路位于地下隧道内,还是在高架桥或地面上,所考虑的因素都有所不同。

### (三) 与运营有关的影响因素

(1) 路网结构。同样的线路长度按不同的结构组成的路网,对路网中各条线路负荷的空间分布、运输效率以及路网的后续发展等都有影响。

(2) 线路的起终点及换乘站的位置。线路的起终点决定线路的长度,不仅影响线路的运营组织及效率,还在一定程度上决定车辆段及停车场的位置。同时,它又是特殊的车站,将来其周围的土地利用强度有可能大大提高。换乘站的位置将是人流集中的场所,对其周围的土地利用会产生重要的影响,因此,其设计必须要与城市规划相互结合起来。例如,东京的新宿站在建成换乘站之前的人口密度并不高,但是在此建成换乘站后,大量的人流经过此地,逐渐使其发展成东京重要的副中心。

## 三、路网方案设计的原则

轨道交通路网设计的一般原则如下:

(1) 路网应在城市总体规划的基础上,根据远景客流预测分析,正确把握土地利用与交通之间的相互作用关系,合理选择路网布局,以适应城市将来的发展。

(2) 线路应考虑与城市地面公共交通、城市对外客运交通枢纽(火车站、轮船码头、长途汽车站、航空港)的联系,以适应城市总体规划的交通结构。如,瑞士建立高速城市交通系统,将地铁与欧洲高速铁路相衔接,在旅行时间、运输量、费用和安全方面得到最大的效果。

(3) 线路尽可能直接连接大型客流集散点。如,主要工业区、大型住宅区、商业或文化中心、公交枢纽、机场、火车站、码头、长途汽车站等,便于乘客直达目的地。

(4) 线路要沿主要客流方向布置,在多个客流方向中加以选择时应以减少换乘量及改善换乘条件为主要原则。

(5) 为加强中心城对周围区域的辐射力及吸引力,通常线路宜贯通市区。

(6) 力争多设换乘点,尽量使得城市内任意起终点间的乘客出行至多换乘 1 次即可到达目的地,即尽量避免换乘 2 次及其以上的情况,因为这会使旅客在途时间大为增加。同时,为提高运输效率,换乘点应分散布置,不宜过分集中。

(7) 选择线路走向要考虑城市的自然人文地理等制约条件,注意历史文物保护,减少对重要地面建筑和地下构筑物的影响。

(8) 线路经过中心城区时,宜以地下线为主,以减少拆迁、噪声、振动、与城市交通的相互干扰,站距不宜太大,1km 左右较合适;经过郊区时,在不破坏自然风景的前提下可选择地面或高架形式,以降低建设成本。

(9) 规划线路时要考虑车辆段、停车场和联络线的位置;若几条线路共用一个车辆段时,应设置连接两线的联络线。

### 第三节 路网基本结构

在轨道交通路网中,其线路交叉的布置方式可分为两种基本类型:

(1) 各条线路在不同标高的平面上相交。在交叉处采用分离式的立体交叉,路网中各条线路独立运营,不同线路上的列车不能互通,乘客必须通过交叉点处的换乘站中转才能到达位于其他线路上的目的地车站。这样的路网称为分离式路网。见图 2-2(a)。



图 2-2 按线路布置方式划分的路网类型

(a) 分离式路网; (b) 联合式路网; (c) 分离-联合混合性路网

(2) 各条线路在同一平面内交叉。在交叉处用道岔联接,因而各条线路之间可以互通列车,在整个路网上可以像城市间铁路那样实行联运,乘客可以直接到达位于另一条线路上

的目的地车站。这样的路网称为联合式路网。见图 2-2(b)。

分离式路网比联合式路网有明显的优点,因为分离式路网能在确保安全的条件下更好地组织高频率和高速度的交通,其缺点是必须换乘和路线系统不可能发展。世界上多数大城市的轨道交通线路是按分离式路网修建的,也有少数城市是按联合式路网修建的,如纽约。还有部分城市,如马德里,将这两者组合起来,即在主要线路方向上是相互分离的,而其他线路之间是相互联系的,试图兼具上述两种路网的优点。

我国已建轨道交通及正在筹建的城市,如北京、上海、广州、深圳、南京,其正常运营路网都是按分离式路网规划和建设的。但是,为了方便各条线路在车辆维修及紧急状况下的调车,考虑设置一些联络线以沟通部分交叉线路,这些联络线需要按联合式路网布置。

## 一、路网线路之间的基本形态关系

从两条线路所构成的形态来看,按其交叉点的多少,可分为三类,即线路之间无交叉、线路之间交叉一次、线路之间交叉两次及两次以上。

### (一) 线路之间无交叉(I类)

轨道交通路网中,两条线路之间不交叉的情形大致有三种:

- (1) 两条线路平行或近似平行布置,如纽约曼哈顿地区的地铁。
- (2) 两条线路虽不平行但相距较远,如,一些特大城市中由于城市建成区面积较大,两条主要的交通走廊走向大致相同但相距较远。
- (3) 由于河流等地理因素两条线路之间无法或尚未连通,如图 2-3 所示的是布里斯班城市的轨道路网。

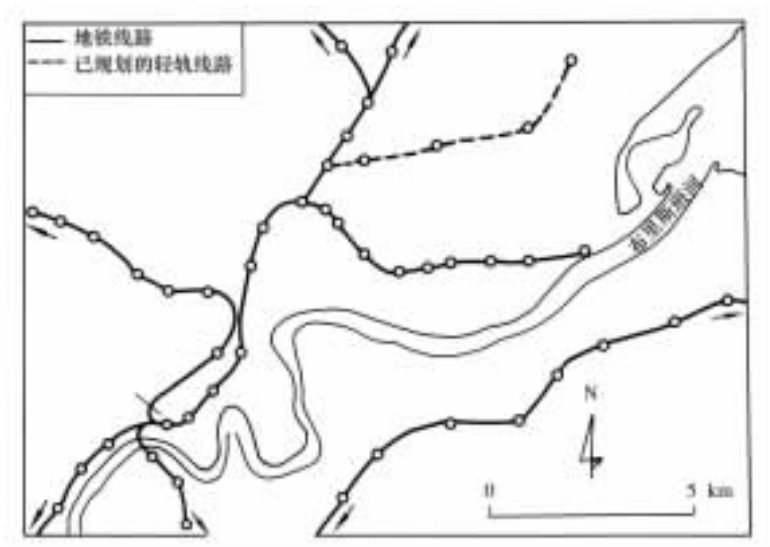


图 2-3 布里斯班城市轨道交通路网

在这些情况下,两条线路之间无法实现直接换乘,而是通过与这两条线路都交叉的线路进行两次或两次以上的换乘来实现,或是通过其他交通方式来实现,因而这两线之间的换乘很不方便。