



# 地下铁道

主编 马德芹 蔺安林  
主审 钟新樵

与

# 轻轨交通



西南交通大学出版社

# 地下铁道与轻轨交通

主 编 马德芹 蔺安林

主 审 钟新樵

西南交通大学出版社

· 成 都 ·

## 内 容 简 介

本书是为高等院校土木工程专业学生编写的。全书共分 8 章。包括地铁与轻轨的路网规划与线路设计、区间与车站建筑设计、结构计算与施工和地铁与轻轨设备等内容。

本书除作为高等院校土木工程专业的教材外,也可作为继续教育培训教材,还可作为从事地铁与轻轨建设的工程技术人员的参考书。

---

### 图书在版编目 ( C I P ) 数据

地下铁道与轻轨交通 / 马德芹, 蔺安林主编. —成都: 西南交通大学出版社, 2003.9

ISBN 7-81057-759-X

I. 地... II. ①马... ②蔺... III. ①地下铁道—铁路工程  
②轻轨铁路—铁路工程 IV. U23

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2003) 第 066308 号

---

## 地 下 铁 道 与 轻 轨 交 通

主 编 马德芹 蔺安林

主 审 钟新樵

\*

责任编辑 朱永生

封面设计 肖 勤

西南交通大学出版社出版发行

(成都二环路北一段 111 号 邮政编码: 610031 发行部电话: 87600564)

<http://press.swjtu.edu.cn>

E-mail: cbsxx@swjtu.edu.cn

四川森林印务有限责任公司印刷

\*

开本: 787mm × 1092mm 1/16 印张: 11.75

字数: 279 千字 印数: 1—2000 册

2003 年 9 月第 1 版 2003 年 9 月第 1 次印刷

ISBN 7-81057-759-X / U · 064

定价: 16.50 元

# 前 言

改革开放以来,我国经济迅速发展,城市人口大量增加,城市交通状况日趋恶化,积极建设大运量的地下铁道和轻轨交通客运体系,已成为当务之急。我国目前已建成地铁或轻轨的城市有北京、上海、天津、广州、香港、台北等城市,另外深圳、武汉、重庆、南京、青岛、大连、西安、成都、沈阳、昆明、鞍山、长春、哈尔滨等城市正积极建设或准备筹建地铁或轻轨。

地铁与轻轨建设涉及很多专业技术,如土建施工技术、交流传动技术、减振降噪技术、无缝线路轨道技术、车辆轻量化技术、列车的安全检测及故障诊断技术、现代化地面信号及列车运行速度监控系统、自动售检票系统、等等。本书作为土木工程专业用教材,全书共八章。第一章主要介绍了地铁与轻轨的特点及发展概况;第二章介绍了地铁与轻轨的路网规划和线路设计;第三章、第四章分别介绍了地铁与轻轨区间和车站建筑物;第五章介绍了地铁与轻轨结构计算,详细介绍了不同断面的地下结构的计算方法,简单介绍了高架结构的计算原则;第六章着重介绍了明挖法、盖挖法、浅埋暗挖法、盾构法、沉管法等地下结构的施工方法,介绍了高架结构基础、桥梁的施工方法;第七章介绍了地铁与轻轨供变电、通风空调、给排水、防灾、通讯、信号、自动检售票等设备;第八章介绍了地铁与轻轨车辆及车辆段、停车场、其他基地的设置。

在本书编写过程中,得到了西南交通大学峨眉校区土木系全体教师的大力支持,提供了丰富的资料,并积极地提出了修改意见,在此表示衷心的感谢。

由于经验不足、水平有限,加上时间短促,书中疏漏错误之处在所难免,请同志们在使用过程中不吝指正。

编 者  
2003年6月

# 目 录

<b>1 绪 论</b> .....	1
1.1 地下铁道与轻轨交通的特点 .....	1
1.2 地铁与轻轨的发展 .....	2
1.3 地铁与轻轨在城市交通中的地位和作用 .....	8
<b>2 路网规划与线路设计</b> .....	9
2.1 地铁与轻轨的路网规划 .....	9
2.2 地铁与轻轨的线路设计 .....	21
<b>3 地铁与轻轨区间建筑物</b> .....	35
3.1 区间隧道 .....	35
3.2 高架桥 .....	41
3.3 地铁与轻轨的轨道 .....	46
<b>4 地铁与轻轨车站</b> .....	56
4.1 车站的类型 .....	56
4.2 车站总平面布局及车站平面构成 .....	60
4.3 车站建筑设计 .....	63
4.4 车站结构 .....	74
4.5 换乘站 .....	80
4.6 车站装修 .....	84
<b>5 地铁与轻轨结构计算</b> .....	88
5.1 区间隧道及地下车站结构计算 .....	88
5.2 高架结构计算 .....	107
<b>6 地铁与轻轨施工</b> .....	110
6.1 地下结构施工 .....	110
6.2 高架结构施工 .....	132
6.3 施工组织设计 .....	139

<b>7 地铁与轻轨设备</b> .....	142
7.1 供变电设备 .....	142
7.2 通风与空调设备 .....	148
7.3 给排水设备 .....	153
7.4 防灾设备 .....	156
7.5 通讯设备 .....	159
7.6 信号设备 .....	162
7.7 自动检售票（AFC）设备 .....	165
<b>8 车辆、车辆段及其他基地</b> .....	168
8.1 地铁与轻轨车辆 .....	168
8.2 车辆段和停车场 .....	173
8.3 其他基地 .....	180
参考文献 .....	181

# 1 绪 论

---

---

我国社会主义建设事业的不断发展,促进了城市经济的不断发展,促进了城市化的进程,经济越发展,城市人口增长越快。1952年我国城市化程度为7.4%,1979年发展到13.2%,1991年,城市化发展到19.2%,到2000年城市化程度为30%。目前我国超过100万人口的大城市已发展到34个,50~100万人口的大城市也有43个,城市基础设施的建设远远落后于城市化的发展程度,特别是城市交通日益紧张,“行路难、乘车难”的矛盾已严重干扰市民工作、学习和生活,给居民出行带来极大的不便,长此下去,将阻碍城市经济的发展。地下铁道和轻轨交通作为能够大量、快速、安全地运送乘客的一种新型的公共交通方式是城市公共交通发展的大势所趋。

## 1.1 地下铁道与轻轨交通的特点

地下铁道,简称地铁,国际隧道协会将地铁定义为轴重相对较重,单方向输送能力在3万人次/时以上的城市轨道交通系统。在大城市中,主要在地下修筑隧道、铺设轨道、以电动快速列车运送大量乘客的公共交通体系。在城市郊区地铁线路常可以延伸至地面或高架桥上。

地铁是解决大城市交通拥塞和大量、快速、安全地运送乘客的一种现代化交通工具,在特殊情况下可以运送货物,在战时可以起到防护作用。地下铁道与路面交通相比具有以下特点:

① 大都修建于地下,不占用街道,不干扰现有路面交通,有专用的线路。

② 运送量大,速度快。公共电汽车在行车密度每小时60对时的单向最大运送能力为每小时10800人;地铁在每分钟30对时,运送能力一般为3~7万人,属于大运量运输,比如莫斯科地铁,每天运客量为800万人次,占该市客运总量的45%。地铁车速平均为30 km/h左右,最高可达100 km/h。

③ 安全、舒适、运输成本低、无污染。地铁采用电力牵引,线路为双线或单向有轨运行,全部立交,设置了自动闭塞信号系统等,舒适度高、准时、待车时间短,对城市污染少。

正是地铁具有的这些优点,因此修建地铁成为解决城市交通紧张状态的有效途径。一般认为,城市人口超过百万,就应考虑修建地铁,但修建地铁需要的建设费用比较高,工期长,因此地铁的发展又受到了一定的限制。

由于地铁造价高，因此提出地铁小型化，即车辆小、断面小、土建工程量小的轻轨交通系统。轻轨交通与地铁相近，它也是利用轨道作为车辆导向的运输系统。它的车辆轴重较轻，施加在轨道上的荷载相对于地铁的荷载来讲也较轻，因而称之为轻轨。轻轨交通系统单向运送能力在 0.8~3 万人次/时，介于地铁（3~7 万人次/时）和公共汽车（0.4~0.8 万人次/时）之间，属于中运量运输的快速轨道交通系统，最适于建在人口规模为 100 万左右的大、中城市。轻轨交通系统的客运能力虽然只有地铁客运能力的 1/3~1/2，但轻轨交通系统的建设投资要比地铁少的多，通常轻轨每公里造价指标约占地铁的 1/5~1/3，施工相对简单、建成较快，所以普遍受到人们的青睐。

## 1.2 地铁与轻轨的发展

1843 年英国人 C·皮尔逊提出在英国修建地下铁道的建议，1860 年开始修建，采用明挖法施工，为单拱砖砌结构，1863 年 1 月 10 日建成通车，线路长 6.4 km，用蒸汽机车牵引，这是世界上第一条地铁线路。此后，地铁作为新型的城市公共交通方式而不断发展，1874 年，在伦敦首次采用盾构法施工，于 1890 年 12 月 18 日修建成另一条约 5.2 km 的地铁线路，并首次采用电力机车牵引。在 19 世纪的后 10 年，世界上又有芝加哥（1892）、布达佩斯（1896）、格拉斯哥（1896）、维也纳（1898）、巴黎（1900）等 5 座城市修建了地铁。20 世纪上半叶，柏林、纽约、东京、莫斯科等 12 座城市修建了地铁。至今，全世界已有 40 个国家 80 多座城市建成地下铁道，全世界地铁运营线路里程已达 5 200 km，有 14 座城市的地下铁道运营线路长度超过了 100 km，其中，纽约和伦敦的地铁线路超过了 400 km，巴黎地铁接近 300 km，目前还有 20 多个国家的 30 多个城市正在建设或筹备建设地下铁道。地下铁道的运营对城市的社会经济的发展起到巨大的推动作用，给居民提供了良好的出行条件。

轻轨交通是在有轨电车的基础上发展起来的。1879 年柏林工业展览会展出了第一辆以输电线供电的电动车。1886 年美国阿尔拉巴马州的蒙哥马利市开始出现有轨电车系统，而世界上第一个真正投入运行的有轨电车系统是弗克尼的里兹门德有轨电车系统。此后有轨电车系统发展很快，在 20 世纪 20 年代，美国的有轨电车系统总长达 25 000 km，到了 20 世纪 30 年代，欧洲、日本、印度和我国的有轨电车有了很大的发展，但旧式有轨电车行驶在城市道路中间，行车速度慢、噪音大、舒适度差，随着汽车的迅速发展，西方私人小汽车大量涌上街道，于是各城市又纷纷拆除有轨电车，到 1970 年只剩下 8 个城市还保留着有轨电车。但汽车数量的过度增加，使城市交通经常造成交通堵塞，行车速度下降，空气、噪声污染严重，到 20 世纪 60 年代初，西方一些人口密集的大城市，除考虑修建地下铁道外，又重新把注意力转移到有轨交通上来。在这个时候，欧洲一些经济发达的国家，为满足城市公共交通客运量日益增长的需求，就着手在旧式有轨电车的基础上，利用现代化技术，改造和发展有轨电车系统，提高其技术水平和服务质量，因而出现了轻轨交通系统。到 20 世纪 80 年代，国际上一些大城市已相继建成了现代化技术很高的轻轨交通系统，如美国的萨克拉门托市，1987 年 3 月建成一条穿越市中区的轻轨线路，全长 29.4 km，共设车站 27 座，行车间隔 1.5 min，自建成到 1987 年 9 月，已运送乘客达百万人次。当今世界上投入商业运营技术最先进的轻轨交通系统是加拿大温哥华市的轻轨交通系统，于 1986 年建成，线路全长 22.5 km，其中有 13 km 为高架结构，共设车站 16 座，车辆总数为 114 辆，



行车间隔 3~5 min，信号系统由计算机控制，全部列车以无人驾驶全自动控制方式运行。

我国城市的公共交通方式，绝大多数还是采用公共汽车和无轨电车来运载乘客，其客运能力较弱，一条线路最大客运量仅有 6~8 千人次/时，这已很难适应现代城市经济建设高速发展的步伐，一些城市已开始考虑修建地下铁道或轻轨交通来完成大、中客运量的任务。我国北京、天津、上海、广州、香港和台北等 6 座城市修建了地铁或轻轨。北京于 1965 年 7 月开始修建地铁，第一期工程西起苹果园，东至北京站，于 1969 年 9 月建成通车，线路长约 24 km，共设车站 17 座，全线均为地下线路，用明挖法施工；第二期工程于 1984 年建成通车，它与第一期工程的复兴门到北京站段构成一条环形线，长约 16.1 km，设车站 12 座；第三期工程，从复兴门到八王坟，全线长 12.7 km，共设车站 11 座。2000 年 5 月，北京市又开始修建轻轨交通第一期工程，从西直门到回龙观，全长 40.8 km，共设车站 17 座，2001 年已建成通车，这也是我国第一条城市轻轨。

天津地铁始建于 1970 年 4 月，1984 年才建成通车，全长 7.4 km，共 8 座站，大多采用明挖法施工，有些站采用顶进法施工，比较简陋，采用第三轨导电。天津地铁网络远期规划为 3 条，由穿过市中心的放射线和 1 条环线构成，总长度为 106 km。上海地铁在 20 世纪 80 年代初开始施工，1994 年建成 1 号线试运行，全长 16.1 km，沿线共 13 座站，其中 2 座在地面。地铁 2 号线是东西向的，全长 20.5 km，分 2 段，首段线路自金安庙至浦东区的陇东路，长 13.6 km，第 2 段线路自金安庙向西延伸至虹桥机场，长 6.9 km。上海地铁远期规划修建 11 条地铁线路，全长 325.6 km，还将修建 7 条轻轨线路，全长 136.3 km。广州地铁于 1993 年 12 月 28 日开始动工修建，1 号线全长 18.48 km，设车站 16 座。香港地铁自 1975 年 11 月开始动工修建，到 1989 年 8 月建成 3 条地铁线路，总长度为 43.2 km，共 38 座车站。其远期规划将修建 4 条地铁线，共计长度 52.6 km。台北市 1986 年提出建设地铁规划，地铁路网由 4 条线组成，总长度 84.7 km，共设车站 77 座。

自 19 世纪 60 年代初伦敦地铁问世后，为城市交通向地下发展开辟了一条新途径。130 多年来，地铁和轻轨交通已受到世界各国的广泛重视，并纷纷效仿。特别是 1971 年以来，就有 80 多座城市又修建了地铁或轻轨，是过去 100 多年的 2 倍多。如今，发展城市地铁和轻轨交通已成为现代化城市的标志。西方发达国家，人口只有 20~30 万人的中小城市也纷纷规划修建地铁与轻轨，我国计划在近期内还要在深圳、南京、青岛、沈阳、重庆及高雄、台中等城市修建地铁或轻轨。

现将世界各国地铁和轻轨修建情况列于表 1-1。

表 1-1 世界城市地铁与轻轨概况

洲	国家	城市	人口 (万人)	始运 年份	系统 类型	线路 数量	运营里程(km)		车站 数量	轨距 (mm)	牵引 方式	供电 电压(V)	运营速 度(km/h)	年客运量 (亿人次)
							全长	地下线						
欧	英	伦 敦	670	1863	地铁	12	408	171	270	1 435	第四轨	630	33	7.35(93/94)
				1987	轻轨	3	22.6		27		第三轨	750		0.08(93/94)
		格 拉 斯 哥	75.1	1896	地铁	1	10.4	10.4	15	1 220	第三轨	600	26	0.143(93/94)
洲	法	巴 黎	960	1900	地铁 轻轨	19	315.4	184.2	532	1 435	第三轨 架空线	750	24	15.38(93)
						1	9.5		21			1 500		25 000
		格 勒 诺 布 尔	15	1987	轻轨	2	14.6		32	1 435	架空线	750	75(最大)	0.226(93)
		里 尔	110	1983	地铁 (胶轮)	2	25.3	8.55	35	2 060	导向轨	750	34	0.54(93)

续表 1-1

洲	国家	城市	人口 (万人)	始运 年份	系统 类型	线路 数量	运营里程(km)		车站 数量	轨距 (mm)	牵引 方式	供电 电压(V)	运营速 度(km/h)	年客运量 (亿人次)
							全长	地下线						
欧	法 国	里昂	120	1978 1991	地铁 (胶轮) 地铁 (齿轮)	4	25.5 2.7	20.6	37 5	1 435	导向轨 架空线	750 25 000	28	0.986(93)
		马赛	88.1	1978	地铁	2	19.5	15.5	24	1 435	导向轨	750	32	0.561(93)
		南特	25	1985	轻轨	2	26		54	1 435	架空线	750		0.258(93)
		图卢兹	35	1993	地铁 (胶轮)	1	10	9	15	2 060	导向轨	750		0.224(93/94)
	德 国	柏林	350	1902	地铁	9	142.1	120.2	166	1 435	第三轨	780	32.7	4.804(93)
		波鸿	70.4	1989	轻轨	1	14.7	10.7	21	1 435	架空线	750		
		波恩	31.3	1981	轻轨	7	53.5			1 435	架空线	600	80(最大)	0.306(93)
		科隆	100	1968	轻轨		36.2	36.2	28	1 435	架空线	750		0.096(93)
		多特蒙德	60.9	1986	轻轨	9	75.6	11.9	215	1 435	架空线	750		0.564(92)
		杜塞尔多夫	57.7	1981	轻轨	3	58.7	6		1 435	第三轨	750	20	0.08(92)
		杜伊斯堡	53.8	1991	轻轨	4	59.6	6	163	1 435	架空线	600		0.041(92)
		埃森	62.6		轻轨	3	13.9	1.9	23	1 000	架空线	750	28	0.017(92)
		法兰克福	66.4	1968	地铁	7	56.2	56.2	82	1 435	架空线	600	80(最大)	0.975(93)
		汉堡	170	1912	地铁	3	98	40.6	87	1 435	第三轨	750	32	1.741(93)
		汉诺威	54.9	1975	轻轨	6	92.6	17	144	1 435	架空线	600		1.04(93)
		卡尔斯鲁厄	27.3	1987	轻轨	11	130.8		222	1 435	架空线	750 1 500		0.012(88)
		慕尼黑	130	1971	地铁	6	72.7	67.1	76	1 435	第三轨	750	35	2.541(92)
		曼海姆	32.5		轻轨	3	77.3		64	1 000	架空线	750		0.12(86)
		纽伦堡	50	1972	地铁	2	23.2	18.4	33	1 432	第三轨	750	32, 33.4	0.892(93)
莱茵鲁尔	740	1977	轻轨	12	164	61	224	1 435 1 000	架空线	750				
斯图加特	57.8		轻轨	12	108.1	17.3	191	1 435	架空线	660 750		1.032(93)		
希腊	雅典	360	1925	轻轨	1	25.8	3	23	1 435	第三轨	750	30	0.827(93)	
匈 牙 利	布达佩斯	210	1896	地铁 轻轨	3 34	30.8 222.6		41 663	1 435	第三轨 架空线	750,600 600	33.8	2.8(93) 3.486(93)	
	捷克	布拉格	120	1974	地铁	3	43.6		46	1 435	第三轨	750	34	5.55(93)
芬 兰	赫尔辛基	49	1982	地铁 轻轨	1 11	16.9 70	4	12	1 524	第三轨 架空线	750 600	47	0.358(93) 0.479(93)	
挪 威	奥斯陆	47	1966	地铁	7	98	14.5	117	1 435	第三轨 架空线	750 600	31	0.56(93)	
意 大 利	米兰	150	1964	地铁	3	67.8	46.5	82	1 435	第三轨 架空线	750 1 500	29	3.438(93)	
	罗马	280	1955	地铁	2	33.5	27.5	43	1 435	架空线	1 500	37	1.9(92)	
	都灵	96.4	1987	轻轨	2	19.2			1 445	架空线	580	75(最大)		
	热那亚	70.1	1990	轻轨	1	4		3	1 435	架空线	750		0.07(93)	

续表 1-1

洲	国家	城市	人口 (万人)	始运 年份	系统 类型	线路 数量	运营里程(km)		车站 数量	轨距 (mm)	牵引 方式	供电 电压(V)	运营速 度(km/h)	年客运量 (亿人次)	
							全长	地下线							
欧	荷兰	阿姆斯特丹	69.5	1977	地铁	3	40	3.5	40	1 435	第三轨	750	35	0.49(92)	
		鹿特丹	58	1968	地铁 轻轨		40	11.5	32	1 435	第三轨	750	42	0.78(92)	
		乌德勒支	23	1983	轻轨	1	21.5		23	1 435	架空线	750	28	0.093(93)	
	葡萄牙	里斯本	270	1959	地铁	3	19	17	25	1 435	第三轨	750	28	1.467(93)	
	罗马尼亚	布加勒斯特	230	1979	地铁	3	59.2		40	1 432	第三轨	750	36	2.567(92)	
	西班牙	巴塞罗那	170	1924	地铁	4	71.7	70.6	99	1 435 1 674	第三轨 架空线	1 500 1 200	30	2.651(93)	
		马德里	310	1919	地铁	10	115	107	158	1 445	架空线	600	21.5~41.5	3.91(93)	
	奥地利	维也纳	1976	150	1976	地铁	4	37.2	25.7	52	1 435	第三轨	750	34.4	2.565(93)
			1898	1976	轻轨	3	39.7	3.6	13	1 435	架空线	850, 750	0.483(93)		
	瑞典	哥德堡	43.1	1987	轻轨	9	117.6				1 435	架空线	600 750	21.9	0.70(93)
		斯德哥尔摩	68.4	1950	地铁	3	110	64	100	1 435	第三轨	650 750	30~40	2.47(93)	
	瑞士	日内瓦	70.1	1990	轻轨	1	4		3	1 435	架空线	750		0.07(93)	
		伯尔尼	13.5	1991	轻轨	5	56		43	1 000	架空线	1 250/600		0.182(91)	
		洛桑	24.4	1991	轻轨	1	7.8	0.7	15	1 435	架空线	750		0.083(92/93)	
	比利时	安特卫普	52.9	1975	轻轨	10	109.1	8.1			1 000	架空线	600	31	0.35(93)
		布鲁塞尔	1976	110	1976	地铁	3	40.5		51	1 435	第三轨	900	30	0.878(93)
			1992	1976	轻轨	15	199.2	7.7				架空线	600~700		
	沙勒罗瓦	40	1976	轻轨		36.5		18	1 000	架空线	600		0.028(86)		
	俄罗斯	莫斯科	880	1935	地铁	9	243.6	179.7	150	1 520	第三轨	825	41.1	31.62(93)	
		撒马尔罕	130	1987	地铁	1	12.5		9	1 524	第三轨	825			
圣彼得堡		320	1955	地铁	4	91.7		54	1 524	第三轨	825		6.23(93)		
新西伯利亚		150	1985	地铁	2	13		10	1 520	第三轨	825		0.909(93)		
伏尔加格勒		100	1984	轻轨	1	13.5	3.3				第三轨	825		0.242(92)	
尼兹尼诺哥罗德		40	1985	地铁	1	9.8		8	1 524	第三轨	825		0.66(每年)		
白俄罗斯	明斯克	130	1984	地铁	2	16.7		18	1 524	第三轨	825	48	0.964(90)		
乌克兰	基辅	260	1960	地铁	3	43.2	26.5	36	1 524	第三轨	825	38	3.65(92)		
	哈尔科夫	160	1984	地铁	2	22.9	22.9	20	1 524	第三轨	750	48.2	2.5(91)		
阿塞拜疆	巴库	170	1967	地铁	2	29	16.1	18	1 524	第三轨	825	40	1.6(91)		
亚美尼亚	埃里温	100	1981	地铁	1	10.5		9	1 520	第三轨	825	41	0.586(93)		
格鲁吉亚	第比利斯	110	1965	地铁	2	23	16.4	20	1 524	第三轨	825	45.8	1.45(85)		
乌兹别克斯坦	塔什干	200	1977	地铁	2	30	24	26	1 524	第三轨	825	39.9	1.5(93)		

续表 1-1

洲	国家	城市	人口 (万人)	始运 年份	系统 类型	线路 数量	运营里程(km)		车站 数量	轨距 (mm)	牵引 方式	供电 电压(V)	运营速 度(km/h)	年客运量 (亿人次)
							全长	地下线						
北 美	美国	亚特兰大	120	1979	地铁	2	62.2		33	1 435	第三轨	750	32	0.65(92/93)
		巴尔的摩	75	1983 1992	地铁 轻轨	1 1	22.4 27.6	7.2	12 24	1 435	第三轨 架空线	700 750	43	0.106(93)
		波士顿	260	1897	地铁 轻轨	3 1	74.5 50	24	84	1 435	第三轨 架空线	600	31	0.90(90/91) 0.60(90/91)
		布法罗	32.8	1985	轻轨	1	10	7.7	14	1 435	架空线	650		0.082(93/94)
		芝加哥	370	1892	地铁	6	173	18	145	1 435	第三轨 架空线	600	40	0.786(93)
		克利夫兰	50.5	1955 1920	地铁 轻轨	1 2	30.7 21.5	0.8	18 29	1 435	架空线	600	48	0.041(93) 0.027(93)
		迈阿密	190	1984	地铁	1	33		21	1 435	第三轨	700		0.148(92/93)
		纽瓦克	32.9	1935	轻轨		6.9	2	11	1 435	架空线	600		0.037(91/92)
		纽约	730	1904	地铁	27	443.2	257.9	504	1 435	第三轨	625 600 650	35	10.583(93)
		费城	170	1969 1907	地铁 轻轨	4 3	64.3 54.2	4.1	75 73	1 435 1 581	第三轨 架空线	625 685 600	48	0.649(92/93) 0.043(92/93)
		匹兹堡	36.5	1987	轻轨	3	17.2	3.9		1 588	架空线	650		0.088(93)
		波特兰	60	1986	轻轨	1	24.2		30	1 435	架空线	750	80(最大)	0.088(93)
		萨克拉门托	100	1987	轻轨	1	29.5		28	1 435	架空线	750	80(最大)	0.066(93)
		圣地亚哥	100	1981	轻轨	2	54.4		30	1 435	架空线	600		0.179(92/93)
		旧金山	72.4	1972 1981	地铁 轻轨	4 6	115 74	31	34 33	1 676 1 435	第三轨 架空线	1 000 750	70	0.74(93/94) 0.062(92/93)
		南 美 洲	墨西哥	圣路易斯	45.3	1993	轻轨	1	29	1.8	20	1 435	架空线	750
华盛顿	390			1976	地铁	5	144	52.8	74	1 435	第三轨	750	56	1.483(92/93)
洛杉矶	340			1993 1990	地铁 轻轨	1 2	7.1 73		5 38	1 435	第三轨 架空线	750	48	0.05(93/94) 0.118(93/94)
卡尔加里	73.8			1981	轻轨	2	29.3	2	31	1 435	架空线	600	80(最大)	0.213(93)
埃德蒙顿	62.7			1978	轻轨	1	13.7		10	1 435	架空线	600	80(最大)	0.07
南 美 洲	哥	蒙特利尔	180	1966	地铁 (胶轮)	4	65		65	1 435	导向轨	750	35.7-47.2	1.97(93)
		多伦多	220	1954 1985	地铁 轻轨	2 1	55 6.5	0.3	60 6	1 495 1 435	第三轨 第四轨	600 600	37	0.153(93) 0.035(93)
		温哥华	170	1986	轻轨		29	1.6	20	1 435	侧轨	600		0.195(93/94)
		墨西哥城	200	1969	地铁 轻轨	10 1	178 25	108.3	154 17	1 435	导向轨 架空线	750 600	35.5	14.22(93) 0.105(93)
		瓜达拉哈拉	600	1989	轻轨	2	24	15	29	1 435	架空线	750		0.217(93)
		蒙特雷	130	1991	轻轨	2	22.3		21	1 435	架空线	1 500		0.00085(91 每天)

续表 1-1

洲	国家	城市	人口 (万人)	始运 年份	系统 类型	线路 数量	运营里程(km)		车站 数量	轨距 (mm)	牵引 方式	供电 电压(V)	运营速 度(km/h)	年客运量 (亿人次)		
							全长	地下线								
美洲	巴西	贝洛奥里藏特	220	1986	地铁	1	18		15	1 600	架空线	3 000	70	0.119(93)		
		阿雷格里港	130	1985	地铁	1	26		15	1 600	架空线	3 000		0.331(93)		
		累西腓	120	1985	地铁	2	20.5		17	1 600	架空线	3 000	90(最大)	0.407(91)		
		里约热内卢	580	1979	地铁 轻轨	1 1	11.6 11.4	11.6			1 600	第三轨	750	35	0.87(92)	
		圣保罗	1 060	1974	地铁	3	43.6	24.5	41	1 600	第三轨	750	29.34	6.09(93)		
		巴西利亚	180	1994	地铁	1	20	9.5			1 600	第三轨	750			
美洲	智利	圣地亚哥	430	1975	地铁 (胶轮)	2	27.3	22.9	37	1 435	侧轨	750	30	1.642(93)		
	阿根廷	布宜诺斯艾利斯	290	1913 1987	地铁 轻轨	5 1	36.5 7.4		63 13	1 435	架空线 第三轨	1 100 550 1 500	26	1.43(93) 0.028(91)		
		委内瑞拉	加拉加斯	350	1983	地铁	2	41		35	1 435	第三轨	750	37	3.25(92)	
亚洲	日本	福冈	130	1981	地铁	2	17.8	16.7	19	1 067	架空线	1 500	30.2	1.11(94)		
		广岛	100		轻轨	1	16.1		18	1 435	架空线	600		0.181(90/91)		
		北九州	100		轻轨	1	15.4			1 435	架空线	600		0.17(82)		
		神户	150	1977	地铁	2	22.7	15.5	16	1 435	架空线	1 500	40.7	0.925(92/93)		
		京都	150	1981	地铁 轻轨	1 4	11.1 36.2	10.5	13 52	1 435	架空线	1 500 600	30.5	0.74(94) 0.465(92/93)		
		名古屋	220	1957	地铁	5	76.5		74	1 435 1 067	第三轨 架空线	1 500 600	33	3.963(93/94)		
		大阪	260	1933	地铁	7	120	93.3	102	1 435	第三轨 架空线	1 500 750	33.5-39.3	9.92(93/94)		
		札幌	170	1971	地铁 胶轮	3	45.2	40.5	47	2 150 2 180	第三轨 架空线	600 1 500	39.3 40.9	2.16(93/94)		
		东京	2772	1927	地铁	12	230.3	196.2	217	1 067 1 372 1 435	第三轨 架空线	600 1 500	24.9-40.2	27.21(93)		
		仙台	90	1987	地铁	1	14.8	11.8	17	1 067	架空线	1 500	33	0.584(93/94)		
		横滨	320	1972	地铁	2	32.9	21.3	27	1 435	第三轨	750	29.1	1.13(93/94)		
		朝鲜	平壤	250	1973	地铁	2	22.5		17	1 435	第三轨	825		0.42(90)	
		亚洲	韩国	釜山	390	1985	地铁	1	32.5		30	1 435	架空线	1 500		1.92(92)
				汉城	891.6	1974	地铁	4	131.6	96	114	1 435	架空线	1 500	35	13.88(93)
中国	北京			1 050	1969	地铁	2	42	42	30	1 435	第三轨	750	38	4.45(97)	
	天津			800	1984	地铁	1	7.4	7.4	8	1 435	第三轨	750	33	0.15(93)	
	上海		640	1993	地铁	1	21	13.4	16	1 435	架空线	1 500	34.5-45	0.031(94)		
中国	广州		330	1997	地铁	1	18.5		16	1 435	架空线	1 500	35			
	香港		550	1979 1988	地铁 轻轨	3 8	43.2 30.9	34.4	38 55	1 432 1 435	架空线 架空线	1 500 750		9.79(93) 1.066(93)		
新加坡	新加坡	260	1987	地铁	2	67	19	42	1 435	第三轨	750	40.5	2.43(94)			
印度	加尔各答	1 000	1984	地铁	1	16.5		17	1 676	第三轨	750	30	0.0007(93/94)			
菲律宾	马尼拉	800	1984	轻轨	1	14		18	1 435	架空线	750	60(最大)	0.99(93)			
非洲	突尼斯	突尼斯	140	1985	轻轨	4	32		36	1 440	架空线	600		0.71(93)		
	埃及	亚历山大	350		轻轨	6	16			1 435	架空线	600		1.23(89/90)		
		开罗	830	1987	地铁	1	2	4.5		1 435	第三轨	1 500	34	3.0(91)		

### 1.3 地铁与轻轨在城市交通中的地位和作用

城市是一个国家或地区的经济、政治和文化中心。城市客运交通是城市赖以生存和发展的基础，世界发达国家在发展经济的同时，始终重视大城市客运交通的建设。国内外一些发达国家大城市在解决客运交通方面已取得了成功的经验，它们最突出的共同特点就是：在注重发展多种运输方式、不断加强和完善综合运输网络的同时，积极发展地下铁道或轻轨交通系统为骨干的城市公共交通体系，并使之成为城市客运的主体承担者。目前，现代大城市中的地下铁道和轻轨交通在城市的社会、经济活动中正发挥着不可替代的作用。如东京虽拥有600万辆小汽车，但居民上下班、上学绝大部分乘坐地铁，很少有人乘私人汽车；巴黎地铁在运输中也发挥了重要作用，在7:00~9:00高峰运输时间，在从市区到郊区的客流中，利用私人交通工具的仅占19%，利用公共交通工具的占81%，而在公共交通中地下铁道占40%；莫斯科由于乘坐地铁非常舒适、方便、票价低廉，所以大量乘坐小汽车上下班的居民纷纷改乘地铁。

20世纪60年代以来，世界经济水平的迅速提高促进了城市的快速发展。随着城市现代化进程的加快，城市规模日益扩大、城市人口不断增长。在不同的城市发展策略实施的同时，城市的住宅结构和工业结构发生了很大的变化，对旅客运输需求也产生了很大的影响。世界发达国家的城市交通自20世纪60年代先后进入了汽车时代，私人小汽车一度成为城市交通中的“宠儿”，是人们出行的主要交通工具。但随着时间的推移，小汽车数量猛增，有限的城市空间无法容纳小汽车的无限增长，使城市交通拥挤不堪、事故频繁，汽车在城市中的运行速度大大降低，不能发挥其应有的功效，同时，汽车产生的大量尾气、噪声、振动等污染，使城市环境进一步恶化，极大地影响了城市政治、经济等各方面的有序发展，汽车的发展已不能满足城市客运的需求。地下铁道和轻轨交通具有载客量大、运载效率高、节约能源、污染少、使用寿命长、占地少、不干扰市内道路交通等优越性，是解决时间集中、客流量特别大的大城市交通问题的最有效和最理想的运输方式，适合城市旅客交通运输的特点以及城市可持续发展的需要，因此很快成为现代大城市重要的公共交通方式。

地下铁道的运输能力特别大，其单向运送能力在3~7万人次/时，由于地下铁道工程造价昂贵，运输成本多，客运量太小会造成严重亏损，所以当网线远期单向最大断面预测客流量超过4万人次/时时，选用地下铁道交通系统较为合理。轻轨交通的单向运输能力为0.8~3万人次/时，是介于地铁运输和公共电汽车运输之间的中运量运输系统，所以当网线近期单向最大断面预测客流量超过0.8万人次/时，而远期预测客流量不超过4万人次/时，且有条件设较多地上线时，一般选择轻轨交通系统较为适宜。

总之，在现代化技术背景下，能满足现代大城市公共交通需求的无疑是地下铁道或轻轨交通。

## 2 路网规划与线路设计

---

---

地铁与轻轨的路网是由若干条线路组成的，是一个技术独立的客运网，也是整个城市交通运输的重要组成部分，一个城市的路网建设要经过若干年才能形成。因此，它的规划设计应从城市发展的远景和城市交通整体部署出发，拟订各种类型交通工具的综合分工方案，从而估计出地铁或轻轨近期和远期的客运量、车站位置和规模等主要指标，以制定新线和已有线路的扩建规划。在确定一条新线的方向时，要考虑城市各区的经济发展、居民中心区的分布、现有线路和未来各线的方向以及客流量的大小等。地铁路网的形式一般和街道网的形式相适应，车站应设在人流集散量较多的地点，如主要街道的交叉处、广场、火车站、体育场、公园及地铁或轻轨线路交叉处等，地铁和轻轨交通车站的间距一般比城市其他交通工具的间距大。

### 2.1 地铁与轻轨的路网规划

路网规划是地铁与轻轨的工程设计和工程建设的重要依据，它的好坏直接影响着城市交通结构的合理性、工程投资和工程建设的经济效益和社会效益。

#### 2.1.1 路网规划的原则

地铁和轻轨的路网规划，必须满足城市现阶段交通和战备的要求，并要充分考虑城市发展远景、城市的形状、人口增长率和交通运输的增长趋势等，这些是对路网规划工作影响较大的因素。在进行具体的路网规划时，应考虑以下几方面的问题：

① 路网中的规划线路走向应与城市交通中的主客流方向相一致。规划线路沿城市交通主客流方向布设，就能够照顾大多数居民快速、方便出行的需要，并且能够充分发挥地铁和轻轨运量的作用。

② 路网规划要与城市发展紧密结合，并适应发展的可能性。地铁和轻轨交通路网规划是城市发展总体规划的重要组成部分，路网规划必须考虑城市的发展远景及市郊工业发展的状况和城市近期改造，以达到建设资金最经济和投资效益最佳的目的。

③ 路网规划的线路要尽量沿城市主干道布设。城市干道，尤其是主干道的交通最繁忙，是客流量最大的地方，并且空间较宽广，在工程施工时，不但工程量较少，而且对居民的干扰也较小。

④ 路网中的线路布置要均匀、线密度要适当、乘客换乘方便、换乘次数要少。根据国内外的经验，两平行网线间的距离，在市区一般为 1 400 m 左右，除特殊情况外，两线间距离不应小于 800 m，也不应超过 1 600 m。在市郊两线间距离可适当增大。若乘客必须换乘时，在规划中应考虑乘客换乘次数，一般最多不要超过 2 次。

⑤ 地铁与轻轨的路网要与现有城市公共交通网相配合，以发挥各自的优势，为乘客提供优质的交通服务。

⑥ 路网中各条规划线上的客运负荷量要尽量均匀，避免个别线路负荷过重或过小的现象。

⑦ 选择线路走向时，应考虑沿线地面建筑情况，要注意保护国家重点历史文物古迹和环境，要充分考虑地形地貌和地质条件，尽量避免不良地质地段和重要地下管线等构筑物，以便于工程施工和降低工程造价。

⑧ 车辆段场是地铁和轻轨交通的车辆停放和检修的基地，在规划路网时一定要规划好其位置和用地范围。

⑨ 确定路网规划中的线路修建程序时，要与城市建设计划和旧城改造计划相结合。

### 2.1.2 路网的基本形式

路网的形式一般要与城市道路网的形式相适应，城市中的道路网是在城市发展过程中形成的，但在选定路网形式时，首先应考虑客流主方向，并为乘客创造便利条件，以便更多地吸引乘客。目前，地铁和轻轨路网常见的的基本形式有单线式、环形线式、放射线式、蛛网式和棋盘式。

#### 1) 单线式

由于地理环境的限制，城市无多大发展，仅在个别街道客流较大，因此仅在个别街道修建地下铁道，这种形式一般在地铁或轻轨修建初期用，而长远规划中这种路网形式则较少。如印度加尔各答地铁（图 2-1）和加拿大温哥华的轻轨（图 2-2）。

#### 2) 环形线式

设置如同单线式，因线路闭合，可避免和减少折返设备，能与已有城市交通网相配合，但其运输量有限。也是在地铁或轻轨路网建设初期修建成这种形式，如香港地铁一期工程的中环线。

#### 3) 多线式

又称辐射线式、直径线式或放射线式。它是根据城市各主要街道运量而建成的，由多条穿过市中心的直径线或从市中心发出的放射线构成，这种线路形式可使整个区域至中心点的绕行度最小，市中心和市郊的联系非常方便，有利于市区客流向各区分散，也方便了市郊区居民到市中心工作、购物和

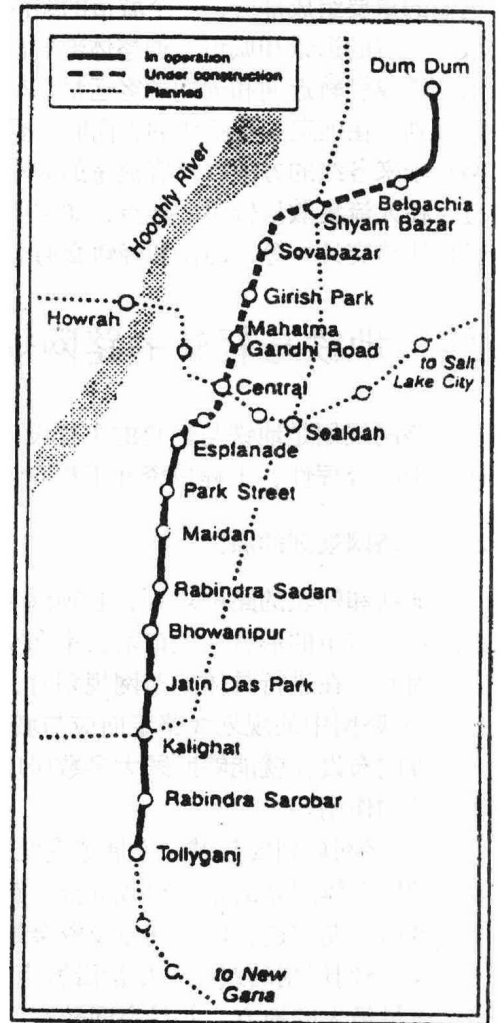


图 2-1 加尔各答地铁线路



娱乐出行。但从一个郊区到另一个郊区时均要经过位于城市中心区的线路交叉点，增长了绕行距离，同时也容易造成客流在城市中心区过分集中的现象。意大利米兰市地铁基本上属于这种形式，如图 2-3 所示。

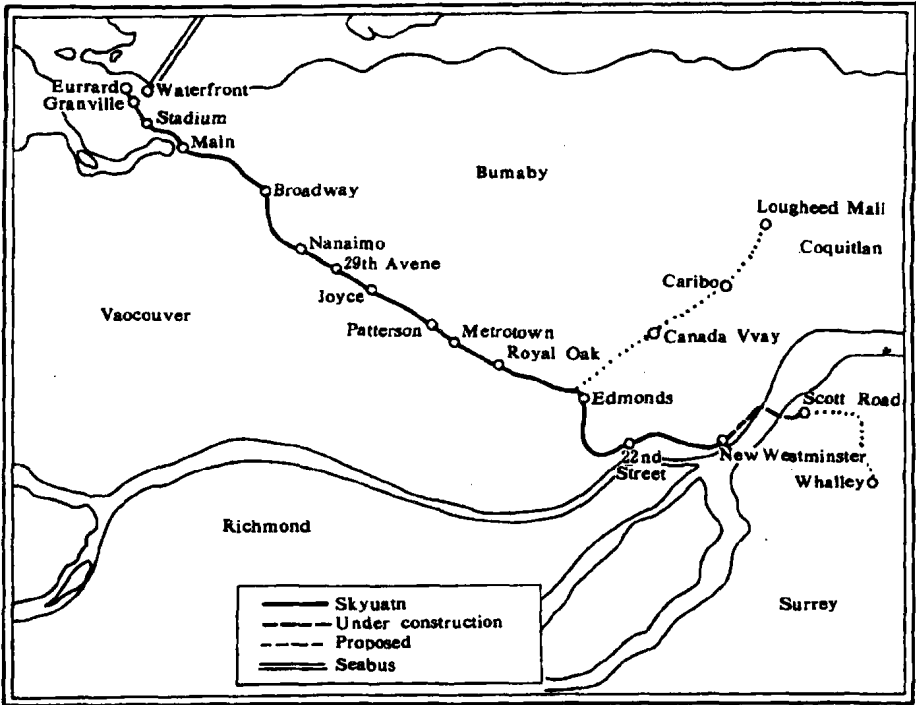


图 2-2 温哥华轻轨线路

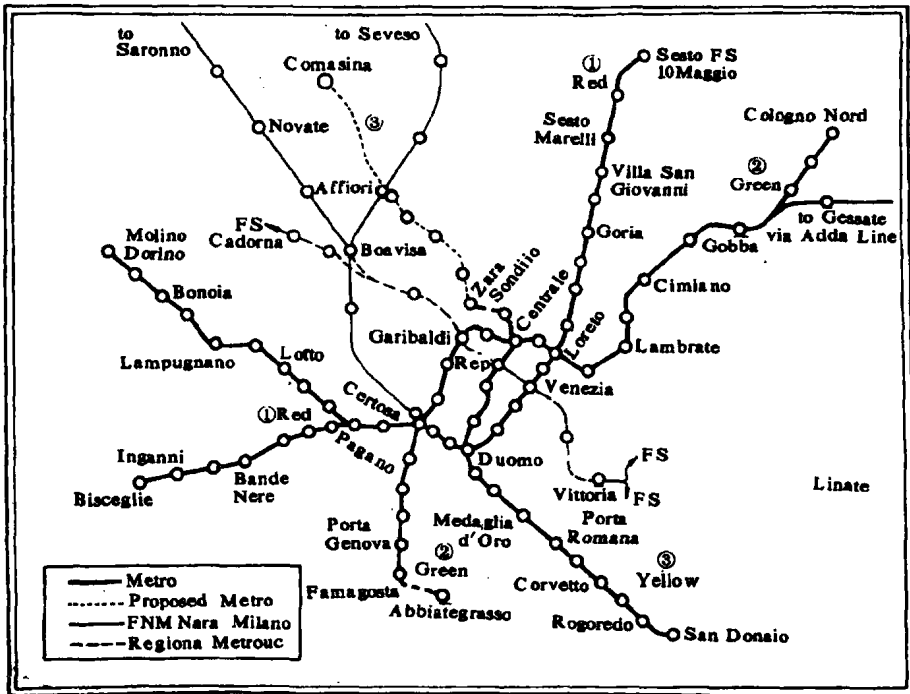


图 2-3 米兰地铁线路