



城市轨道交通系列教材

城市轨道交通地下车站设计与施工

CHENGSHI GUIDAO JIAOTONG
DIXIA CHEZHAN SHEJI YU SHIGONG



主 编 王明年
副主编 于 丽 刘大刚 郭 春 贾永刚



科学出版社

城市轨道交通系列教材

城市轨道交通地下车站 设计与施工

主 编 王明年

副主编 于 丽 刘大刚
郭 春 贾永刚

科 学 出 版 社

北 京

内 容 简 介

全书共分为8章,第1章绪论,介绍城市轨道交通的发展,轨道交通网的形式和组成,地下车站的构成、结构设计和施工方法,以及未来发展方向;第2章介绍地下车站的规划和限界;第3章介绍地下车站的建筑设计 and 装修;第4章介绍明挖法地下车站设计方法;第5章介绍矿山法地下车站设计方法;第6章介绍明挖法(盖挖法)地下车站的施工技术;第7章介绍暗挖法(矿山法、浅埋暗挖法、隧道掘进机法、结合法)地下车站施工技术;第8章介绍地下车站的技术设备和运营系统(通风空调系统、防灾报警系统、给排水系统等)。

本书可作为高等院校土木工程专业、交通工程专业、交通运输专业及其他相关专业与方向的本科生教材或教学参考书,也可作为从事相关专业工程技术人员参考资料。

图书在版编目(CIP)数据

城市轨道交通地下车站设计与施工 / 王明年主编. —北京: 科学出版社, 2014.2

城市轨道交通系列教材

ISBN 978-7-03-039694-5

I. ①城… II. ①王… III. ①城市铁路-地下铁道车站-建筑设计-高等学校-教材 ②城市铁路-地下铁道车站-工程施工-高等学校-教材 IV. ①U239.5

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2014) 第 020045 号

责任编辑: 杨 岭 于 楠 / 封面设计: 墨创文化

责任校对: 贺江艳 / 责任印制: 邱志强

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

*

2014年2月第一版 开本: 787×1092 1/16

2014年2月第一次印刷 印张: 20 1/4

字数: 480千字

定价: 42.00元

“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

目前,不断发展的城市有三个显著特征,即城市中心区面积不断扩大、中心城区人口急剧增加和机动车数量持续增长,由此引发的城市交通阻塞和环境污染等问题日益严重,已引起人们的广泛关注。因此,发展以城市轨道交通为骨架,并与地面公共交通相驳接的城市综合交通体系是目前解决城市交通问题的主要措施。

城市轨道交通诞生于19世纪中叶的英国伦敦,我国于1969年在北京建成第一条地铁线路。截至2013年4月,我国已建成轨道交通的城市有17个、正在建设的城市有12个、正在规划的城市有6个;到2016年我国将规划新建轨道交通线路89条,总建设里程达2500 km。目前,我国已成为城市轨道交通发展速度最快的国家。

城市轨道交通车站是供旅客乘降、换乘和候车的场所,是城市轨道交通系统中的重要建筑物,特别是地下车站,不但结构设计标准高、施工难度大,而且设备多样、系统复杂。为此,我们编写了本书。它紧密结合城市轨道交通地下车站的特点,突出地下车站规划、设计、施工及运营中的重点和难点,形成地下车站规划、设计、施工、运营的系统性知识,力求重点突出、文字通俗易懂。为配合教学和知识的掌握,在重点和难点知识讲解中配以实例。

本书由王明年担任主编,负责全书框架的设计。第1章、第2章、第3章、第4章由于丽负责编写;第5章由北京城建设计发展集团股份有限公司贾永刚负责编写;第6章、第7章由刘大刚负责编写;第8章由郭春负责编写;全书由王明年、于丽负责统稿。本书在编写过程中,谢文强、冉明哲、殷杰、张子晗、舒东利、罗欣宇、郑飞等硕士研究生,以及李自强、晁峰等博士研究生进行了大量的资料调研和整理工作,在此表示感谢。

本书是在总结了近年来我国地下车站修建技术成果基础上完成的。书中还引用了国内外已有的手册、规范、专著、文章、研究报告、硕士论文、博士论文、毕业设计等成果,在此一并表示感谢。本书虽然已经过多次修改和校对,但由于编者学识水平和时间有限,不足之处在所难免,敬请读者批评指正。

编者

2013年9月

目 录

前言

第 1 章 绪论	1
1.1 城市轨道交通的发展	1
1.1.1 城市轨道交通的类型及特点	1
1.1.2 国内外城市轨道交通发展与现状	6
1.2 城市轨道交通线网形式及组成	11
1.2.1 城市轨道交通线网形式	11
1.2.2 城市轨道交通线网组成	14
1.3 地下车站的构成	14
1.4 地下车站结构设计和施工方法	14
1.4.1 地下车站结构设计方法	14
1.4.2 地下车站施工方法	15
1.5 地下车站建设的发展方向	17
1.5.1 地下车站综合换乘枢纽	17
1.5.2 地下车站与地下商业街结合	20
1.5.3 地下车站综合体	21
思考题	22
第 2 章 地下车站规划	23
2.1 轨道交通地客流预测	23
2.1.1 客流预测的目的和意义	23
2.1.2 客流预测的主要内容	23
2.1.3 客流预测的方法	24
2.2 地下车站规模	27
2.3 地下车站分布	28
2.3.1 地下车站布设的原则	28
2.3.2 地下车站出入口分布	29
2.3.3 地下车站的换乘布局	31
2.3.4 站间距	32
2.4 地下车站限界	34
2.4.1 限界含义及制定原则	34
2.4.2 限界基本内容	35

2.4.3 车站限界	38
思考题	39
第3章 地下车站建筑设计	40
3.1 地下车站分类及特点	40
3.1.1 地下车站分类	40
3.1.2 地下车站的特点	46
3.2 地下车站的总平面及车站平面布置	46
3.2.1 地下车站总平面布局	46
3.2.2 地下车站平面布置	47
3.3 地下车站建筑设计	48
3.3.1 地下车站建筑设计原则	48
3.3.2 地下车站建筑高度及宽度要求	49
3.3.3 站厅层设计	50
3.3.4 站台层设计	51
3.3.5 地下车站主要房间布置	55
3.3.6 车站主要设施	57
3.3.7 车站出入口及出入口通道	60
3.3.8 地下车站客流组织	64
3.3.9 无障碍设施设计	67
3.4 建筑装修	68
3.4.1 装修设计原则与装修标准	69
3.4.2 地铁车站的吊顶	69
3.4.3 地面及立柱装修	70
3.4.4 地铁车站照明及照度标准	70
3.5 车站建筑设计实例	73
3.5.1 车站概况	73
3.5.2 车站总平面布局	74
3.5.3 站厅层建筑设计	74
3.5.4 设备层、站台层建筑布置	75
3.5.5 集散厅布置及客流组织	77
3.5.6 设备管理用房	77
3.5.7 出入口通道、风亭、冷却塔、地面及地下等辅助建筑	78
3.5.8 无障碍设计	80
思考题	80
第4章 明挖法地下车站结构设计	81
4.1 地下车站结构形式与衬砌	81

4.1.1	围护结构形式	81
4.1.2	明挖法车站结构形式与衬砌	81
4.1.3	盖挖法车站结构形式与衬砌	84
4.2	结构设计	85
4.2.1	结构设计流程	85
4.2.2	荷载计算及组合	85
4.2.3	结构内力计算	93
4.2.4	结构配筋计算	97
4.2.5	基坑稳定性验算及主体结构抗浮验算	103
4.2.6	结构抗震	104
4.2.7	人防设计	105
4.2.8	结构防水设计	106
4.3	构造要求	110
4.3.1	变形缝构造要求	110
4.3.2	施工缝构造要求	111
4.3.3	钢筋混凝土保护层厚度要求	111
4.4	设计实例	111
4.4.1	工程概况	111
4.4.2	结构形式与衬砌	113
4.4.3	荷载计算及组合	114
4.4.4	围护结构计算	115
4.4.5	主体结构计算	117
4.4.6	抗震要求	118
4.4.7	人防验算	119
4.4.8	结构防水	119
	思考题	119
第5章	矿山法地下车站结构设计	120
5.1	地下车站结构形式与衬砌	120
5.2	结构设计	122
5.2.1	围岩分级	123
5.2.2	经验法结构设计	124
5.2.3	初期支护数值法结构设计	125
5.2.4	二次衬砌结构设计	128
5.2.5	衬砌截面强度检算	135
5.2.6	结构防水	137
5.3	设计实例	138

5.3.1	工程概况	138
5.3.2	结构形式与衬砌	139
5.3.3	荷载计算及组合	140
5.3.4	初期支护计算	142
5.3.5	二次衬砌计算	145
5.3.6	抗震要求	146
5.3.7	人防验算	146
5.3.8	结构防水	146
	思考题	152
第6章	地下车站明挖法施工	153
6.1	明挖法特点及分类	153
6.2	地下车站明挖施工方法	154
6.2.1	敞口放坡明挖法	154
6.2.2	有围护结构明挖法	156
6.3	围护结构施工	160
6.3.1	地下连续墙围护结构施工	161
6.3.2	排桩围护结构施工	179
6.3.3	深层搅拌桩围护结构施工	191
6.3.4	SMW 桩围护结构施工	193
6.4	支撑体系施工	194
6.4.1	内支撑	194
6.4.2	土层锚杆	196
6.5	基坑开挖与回填	198
6.5.1	基坑土方开挖	198
6.5.2	基坑回填	199
6.6	主体结构施工	199
6.6.1	结构防水施工	199
6.6.2	钢筋工程施工	202
6.6.3	模板工程施工	205
6.6.4	混凝土工程施工	206
6.7	基坑降水施工	209
6.7.1	基坑明沟排水	210
6.7.2	井点降水	211
6.8	工程实例	215
6.8.1	明挖顺作法施工实例	215
6.8.2	盖挖顺作法施工实例	221

思考题	225
第7章 地铁车站暗挖法施工	226
7.1 暗挖法特点及分类	226
7.2 浅埋暗挖法	226
7.2.1 工艺流程和技术要求	227
7.2.2 地层预加固和预支护施工	228
7.2.3 浅埋暗挖法施工	230
7.3 矿山法(钻爆法)	248
7.3.1 钻爆法相关技术	249
7.3.2 钻爆法施工	254
7.4 隧道掘进机法(TBM)	255
7.4.1 圆盾构与横通道结合修建地下车站	256
7.4.2 圆盾构与半盾构结合修建地下车站	257
7.4.3 三圆形盾构施工修建地下车站	257
7.5 结合法	258
7.5.1 明挖法结合浅埋暗挖法修建地下车站	259
7.5.2 岩石掘进机结合矿山法修建地下车站	263
7.5.3 盾构结合浅埋暗挖法修建地下车站	265
7.5.4 盾构结合明挖法修建地下车站	267
思考题	271
第8章 地下车站设备	272
8.1 通风与空调系统	272
8.1.1 地下车站环境控制特点	272
8.1.2 地铁通风空调系统划分	273
8.1.3 地下车站环控系统	275
8.1.4 通风与空调设计标准	277
8.1.5 通风建筑物	280
8.2 防灾报警系统	283
8.2.1 防灾设计原则	283
8.2.2 防灾技术要求	283
8.2.3 防灾报警(FAS)系统功能及构成	286
8.2.4 防灾报警装置	287
8.2.5 防灾设施控制	287
8.2.6 防灾通信	289
8.3 给排水系统	291
8.3.1 水源、用水量标准、水质及水压	291

8.3.2	生产、生活和消防给水系统	292
8.3.3	主要给水设施及管道敷设	294
8.3.4	排水系统分类及排水量	296
8.3.5	各类排水系统的排水方式	296
8.4	自动售检票系统	297
8.4.1	AFC 系统组成及原理	297
8.4.2	车票形式及分类	299
8.4.3	无接触通过式储值票处理装置	300
8.5	中心控制系统	300
8.5.1	环境监控(BAS)系统	300
8.5.2	防灾控制中心	303
8.5.3	车站防灾控制室	304
8.6	屏蔽门系统	304
8.6.1	屏蔽门作用及特点	305
8.6.2	屏蔽门的主要分类	308
	思考题	311
	主要参考文献	312

第 1 章 绪 论

近年来,随着城市功能分区,城市中心城区面积不断增长,道路面积以每年 3%~4%的速度增加,但相比于公共交通,机动车数量则以每年 15%~20%甚至更高的速度增长,加上中心城区人口数量的膨胀,使得城市交通拥堵问题日益严重,而且机动车排出的尾气使城市环境的恶化加剧。因此,大运量、高速度、低污染的城市轨道交通引起了世界各国的广泛关注。

本章主要介绍城市轨道交通的发展、主要特征、在整个城市交通系统中的地位;结合城市轨道交通地下车站的组成,对地下车站的设计、施工方法,以及未来发展趋势进行了阐述。

1.1 城市轨道交通的发展

1.1.1 城市轨道交通的类型及特点

在中国国家标准《城市公共交通常用名词术语》中将城市轨道交通定义为:“通常以电能为动力,采取轮轨运转方式的快速大运量公共交通之总称。”一般来说,现代的城市轨道交通需要具有以下三个条件:①在城市内部运行的大客流量、主要以电力作为驱动的轨道交通;②拥有独立路权,与其他形式的交通没有平交;③班次密集。因此,地铁、轻轨、磁悬浮、单轨、有轨电车等均属于城市轨道交通范畴。

考虑到轨道交通的运行特征,可按以下方法对其进行分类。

(1)按运能分类。根据《城市轨道交通工程项目建设标准》(JB104-2008),城市轨道交通工程的建设规模按远期单向客运能力(断面运量)划分为三个运量等级和规模,即高运量、大运量和中运量。高运量:4.5 万~7.0 万人次/h。大运量:2.5 万~5.0 万人次/h。中运量:1.5 万~3.0 万人次/h 或 1.0 万~2.0 万人次/h。从理论上讲,客运量大,车辆相对长大,车辆的轴重自然较大,需要用较重的钢轨;反之,客运量小,车辆相对短小,车辆轴重也就较轻,可以用较轻的钢轨。

(2)按行走方式分类。城市轨道交通按行走方式可分为普通轮轨式、磁悬浮式、独轨式,而独轨式又分为跨座式和悬挂式。

(3)按线路敷设方式分类。城市轨道交通的敷设一般分为高架、地面和地下三种方式。①高架线的线路敷设在高架桥梁上,为全封闭式,如武汉轨道交通 1 号线、上海城轨 3 号线、成都至都江堰铁路等。②地面线的线路敷设在地面上,一般为半封闭式,如有轨电车,以及上海地铁 1 号线的新龙华站以南、北京地铁 13 号线回龙观站以东地段。

③地下线的线路敷设在地下，为全封闭式，如北京、上海、广州、成都等城市的绝大部分地铁线路。

下面对目前国内外城市轨道交通的主要类型(地下铁道、轻轨、独轨、磁悬浮交通、有轨电车和新交通系统等)分别进行介绍。

1. 地下铁道

地下铁道是指在城市中修建的快速、大运量用电力牵引的轨道交通。线路通常设在地下隧道内，也有在城市中心以外地区从地下转到地面或高架桥上，如图 1-1 所示。

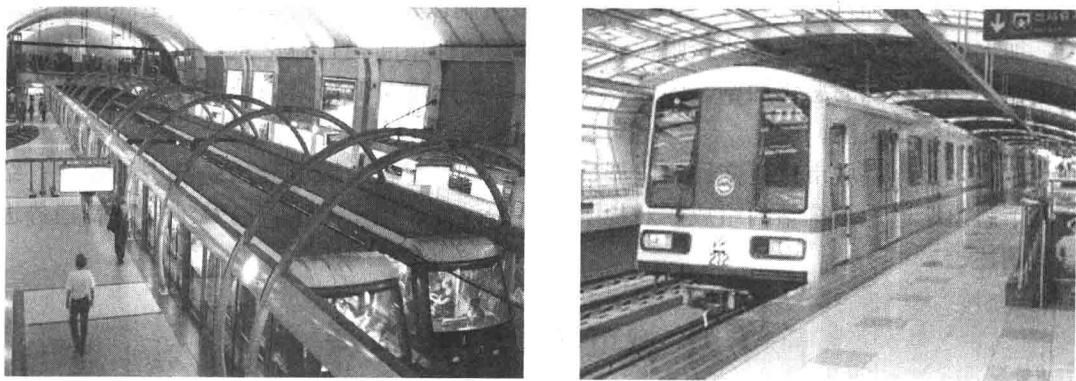


图 1-1 地下铁道

地下铁道有以下特点：

(1)运能大。单向最大客运量可达 6 万~8 万人次/h，有利于大城市中心区高峰期乘客的疏通。

(2)路权专用。地下铁道线路绝大部分位于地下，当线路延伸至近郊时可采用高架或地面的形式。

(3)行车速度高，运行密度大。车辆平均运行速度为 30~40 km/h，设计最高车速达 80 km/h，行车间隔为 2~5 min。

(4)建设周期长，造价高。

2. 轻轨

轻轨的定义规范最早来自于美国 UMTA，是在传统有轨电车基础上发展起来的一种城市公共交通，运量介于地铁与公共汽车之间，如图 1-2 所示。

轻轨有以下特点：

(1)轻轨为中等运量的公共交通，单向输送旅客能力为 1 万~3 万人次/h。

(2)通常路权专用；与地面道路可以部分混行，也可以完全隔离。

(3)轻轨交通车辆有单节四轴车、双节六轴单铰接车和三节八轴双铰接车三种基本类型。可单节运行，也可编组运行。

(4)轻轨交通设施相对比较简单，地面车站的主要建筑就是装有风雨棚的站台，如图 1-3 所示。

(5)投资较低，通常轻轨每千米造价仅为地铁造价的 1/2~1/5。



图 1-2 轻轨交通

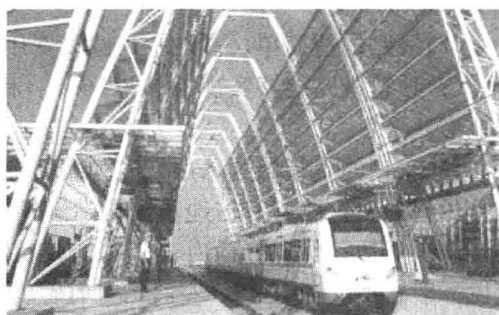


图 1-3 轻轨车站

据统计,现在全世界已有 270 多个城市建有轻轨交通系统。

3. 独轨

独轨铁路简称独轨,是铁路的一种,特点是使用的轨道只有一条,而非传统铁路的两条平行路轨。独轨交通可分为跨座式(图 1-4)和悬挂式(图 1-5)两种类型。



图 1-4 跨座式独轨交通



图 1-5 悬挂式独轨交通

跨座式独轨铁路的车辆走行装置跨骑在走行轨道上,其车体重心处于走行轨道的上

方。应用跨座式独轨铁路最多的国家是日本,主要有1964年修建的从市中心到羽田机场的跨座式独轨铁路,以及后来修建的大隈线、北九州线等跨座式独轨铁路。另外,法国、美国、澳大利亚和英国也都修建了自己的跨座式独轨铁路。

悬挂式独轨铁路车辆走行装置悬挂在走行轨道上,其车体重心位于走行轨道的下方。1893年由德国的Langen发明,于1901年在伍珀塔尔开始运营,全长13.3 km,至今仍在运营。后来由法国企业管理股份有限公司和其他十几家公司共同研制了SAFEGE型对称悬挂式独轨铁路,日本的湘南江岛线和千叶线均采用这种型式。德国的Dotomendum也于1984年开始了悬挂独轨铁路的运营,并且在1993年进行了系统的扩建与更新。

独轨铁路交通有以下特点:

(1)独轨铁路一般采用轻型车辆,列车编组数为4~6辆,单向运量一般为1万~2万人次/h。

(2)线路构造简单,占地少,建设费用低,对城市影响小。

(3)独轨铁路能够实现大坡道(60‰)和小曲线半径(50 m)安全运行,适合起伏较多的地形。

(4)车辆的走行装置采用空气弹簧、橡胶轮胎、电力驱动,噪声低,乘坐舒适。

尽管独轨铁路具有占地小、构造较简单、建设投资费用低、可运行于闹市区、噪声小且乘坐舒适等优点,但由于采用橡胶轮,与混凝土轨面的滚动摩擦阻力大,使得其能耗比一般轨道交通大40%左右,且有轻度的橡胶粉尘污染;运营能力较小,单向每小时客运量约为轻轨交通的一半;整个系统不能与常规的地铁、轻轨接轨;道岔结构复杂、笨重,道岔转换时间较长,从而增加了列车折返时间;车辆走行装置比较复杂;列车运行在区间发生事故时,疏散和救援工作比较困难。因此,尽管经过一个多世纪的发展,独轨铁路的技术逐渐成熟,但是由于独轨交通运能低、技术要求高,并且导向和稳定等方面的关键技术仍有待解决,所以世界范围内并未广泛应用。

4. 磁悬浮交通

磁悬浮交通利用电磁铁将车辆悬浮在轨道之上,在运动中没有轮轨的接触关系。磁悬浮列车分为常导型和超导型两大类。常导型也称常导磁吸型,以德国高速常导磁悬浮列车transrapid为代表,如图1-6所示。它是利用普通直流电磁铁电磁吸力的原理将列车悬起,悬浮的气隙较小,一般为10 mm左右。常导型高速磁悬浮列车的速度可达每小时400~500 km,适合城市间的长距离快速运输。而超导型磁悬浮列车也称超导磁斥型,以日本MAGLEV为代表,如图1-7所示。它是利用超导磁体产生的强磁场,列车运行时与布置在地面上的线圈相互作用,产生电动斥力将列车悬起,悬浮气隙较大,一般为100 mm左右,速度可达每小时500 km以上。

磁悬浮交通最大的特点是运行中完全脱离传统的轮轨关系,噪声极低,仅为空气摩擦声和电气噪声等,无黏着限制,可实现最大的启动加速度和制动减速度,可在大坡度线路上运行,机械振动小,舒适性和平稳性高,维修费用低,但城市磁悬浮交通的主要缺点是列车发生事故后救援工作困难。

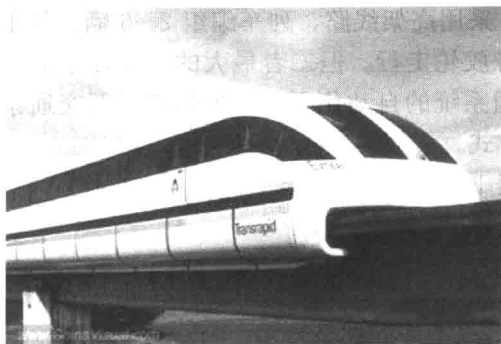


图 1-6 德国的 transrapid 磁悬浮



图 1-7 上海 MAGLEV 磁悬浮

5. 有轨电车

有轨电车是指电力驱动的车辆在敷设于市区街道中的轨道上行驶的轨道交通系统，其特点是与其他交通方式混合行驶，如图 1-8 所示。目前，通常根据是否设置残障对应，将有轨电车分为现代有轨电车和传统有轨电车。



图 1-8 有轨电车

有轨电车具有以下特点：

- (1) 运行速度低，运能小。平均行车速度为 20~30 km/h，有时受地面交通影响，速度仅为 15 km/h，平均每小时可载客约 7000 人。
- (2) 无专用路权。路面电车路轨占用路面，路面交通要为路面电车改道，并让出行车线。
- (3) 需要设置架空电缆。
- (4) 电力驱动，污染小。
- (5) 建设费用低，每千米仅为地铁的 1/3。

据欧洲交通行业协会的统计，2005 年有 125 个城市开通运营有轨电车，但是到 2010 年有 137 个城市开通有轨电车，车辆需求以每年 5% 的速度增长，但是根据预测分析未来主要有轨电车市场的增长点在亚洲和北美。

6. 新交通系统

新交通系统是指车辆采用橡胶轮、电气牵引，在有特殊导向的专用轨道梁上运行的系统。在系统中车辆可在线路上无人驾驶，无人管理，完全由中央控制室的计算机集中控制，自动运行。

新交通系统与独轨交通有许多相同之处：采用高架线路，列车编组 2~6 辆，每小时单向运量在 1 万人次左右，采用电力驱动，橡胶轮走行。但二者最大的区别在于新交通系统除有走行轨，还设有导向轨，另外新交通系统的自动化程度也比较高。新交通系统的导向系统可分为中央导向方式和侧面导向方式。

对以上各轨道交通特点进行了汇总，如表 1-1 所示。

表 1-1 各类型轨道交通技术和性能参数

指标	地铁	轻轨	跨座式单轨	悬挂式单轨	中低速磁悬浮	有轨电车
系统性质	城市公共交通的骨干线路，大运量的交通工具	城市公共交通的重要组成部分，服务于市域快速公共交通	城市轨道交通的组成部分，城市与交通枢纽及城市特殊区域的便捷公共交通方式	中小城市或大城市非客流主通道、中短距离的轨道交通方式	城市内部及市域内的轨道交通方式	城市轨道交通的组成部分，地铁线网的延伸和补充
单向运输能力/(万人次/h)	2.5~7.0	1.0~3.0	1.0~3.0	0.8~1.2	1.5~2.8	0.6~1.5
最高运行速度/(km/h)	80	80	75	50	100~120	50~70
平均运行速度/(km/h)	30~40	25~35	30~35	20~30	60~75	20~30
发车间隔	2~5 min	2~5 min	2~5 min	1.5~3 min	2~5 min	1~3 min
主要敷设方式	地面/高架/地下	地面/高架/地下	高架	高架	地面/高架	地面/高架(路口分离)
工程造价/(亿元/km)	4.0~6.0	2.5~4.0	2.0~3.0	1.2~1.5	2.5~3.5	0.8~1.5/1.1~1.8

从表 1-1 可以看出，与常规地面公交相比，城市轨道交通具有以下特点：

(1)运量大。一辆公共汽车的载客量只有 40~80 人，轻轨单向运输能力为 1.0 万~3.0 万人次/h，而地铁为 2.5 万~7.0 万人次/h。

(2)速度快。一般情况下，公共汽车速度为 10~20 km/h，轻轨速度为 20~40 km/h，地铁速度为 40~50 km/h，最高可达 70~80 km/h。

(3)准时性好。城市轨道交通通常按一定行车密度发车，因此时间容易控制，而地面公交发车时间比较灵活。

(4)污染较少。轨道交通以电力为驱动，无废气产生，对城市环境污染小。

(5)能耗少。轨道交通每千米能耗为道路交通的 15%~40%。

(6)节约地面土地。城市轨道交通线路分为高架、地面和地下，综合占地仅为道路交通方式的 1/3 左右。

(7)建设周期长，建设费用高。特别是地铁建设，由于在城市主要采用了地下线路的形式，因此建设周期长，建设费用高。

1.1.2 国内外城市轨道交通发展与现状

1. 国外城市轨道交通发展概况

最早的城市轨道交通起源于 1832 年美国纽约的第 4 大街，它把数量较多的马车车辆