

● 城市轨道交通运营与维修技术丛书

何宗华 汪松滋 何其光 主编

CHENGSHIGUIDAO JIAOTONG

城市轨道交通

车辆运行与维修



中国建筑工业出版社

城市轨道交通运营与维修技术丛书

城市轨道交通 车辆运行与维修

何宗华 汪松滋 何其光 主编



中国建筑工业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

城市轨道交通车辆运行与维修 / 何宗华等主编. —北京: 中国建筑工业出版社, 2006

(城市轨道交通运营与维修技术丛书)

ISBN 978-7-112-08739-6

I. 城... II. 何... III. ①城市铁路-铁路车辆-车辆运行②城市铁路-铁路车辆-车辆修理 IV. U239.5

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2006) 第 133148 号

本书包括的主要内容有: 概述、城市轨道交通车辆的运用和检修管理、地铁车辆的计划维修、地铁车辆的机械部件维修、地铁车辆的电气部件维修、地铁车辆维修的主要设备等内容。

本书服务于城市轨道交通运营管理部门的技术与行政管理人员、维修人员使用, 也可作为技术工人的培训教材使用。

* * *

责任编辑: 胡明安

责任设计: 赵明霞

责任校对: 张树梅 王金珠

城市轨道交通运营与维修技术丛书
**城市轨道交通
车辆运行与维修**

何宗华 汪松滋 何其光 主编

*

中国建筑工业出版社出版、发行 (北京西郊百万庄)

新华书店经销

北京密云红光制版公司制版

北京建筑工业印刷厂印刷

*

开本: 787 × 1092 毫米 1/16 印张: 19½ 字数: 473 千字

2007 年 1 月第一版 2007 年 1 月第一次印刷

印数: 1—2,500 册 定价: 45.00 元

ISBN 978-7-112-08739-6

(15403)

版权所有 翻印必究

如有印装质量问题, 可寄本社退换

(邮政编码 100037)

本社网址: <http://www.cabp.com.cn>

网上书店: <http://www.china-building.com.cn>

《城市轨道交通运营与维修技术丛书》

编 委 会

顾 问： 赖 明 张庆丰 朱沪生 卢光霖
侯树民 孙 章

主 编： 何宗华 汪松滋 何其光

副主编： 汪松滋 何其光 周庆灏 何 霖

编 委： 王永生 王如路 王居宽 何宗华
何其光 汪松滋 何 霖 周大林
周庆灏 俞军燕 蔡昌俊

(编委名单以姓氏笔画排序)

本书编写人员名单

主 编 王居宽 陈鞍龙

第一章 王居宽 许斯河

第二章 王居宽

第三章 余 强 王方程 陆 彬

第四章 印帧民 王生升 王建兵 傅 卿

第五章 沈 涛

第六章 董 辉

序

我国城市轨道交通建设发展至今，已有 30 多年的历史，最初只有北京地铁 40 多公里的运营线路，自 20 世纪 80 年代以来，相继又有天津地铁 7.4km、上海地铁 65km 和广州地铁 18.5km 投入商业运营。实践证明，发展城市轨道交通是解决大城市交通问题的必由之路，对拉动城市经济的持续发展，也起到了重大的作用。

进入 21 世纪，我国城市轨道交通建设，将进入快速发展的阶段。据初步统计，目前已有 10 余座城市正在建造地铁或轻轨交通，线路总长度将达 400km 之多。另外还有相当数量的大、中城市，正在着手不同类型轨道交通的建设前期工作。预计在未来的城市发展中，轨道交通的建设速度也将会加快。

众所周知，城市轨道交通系统一旦建成通车，就必须日以继夜地保持系统的安全和高效率运营。因此，各城市在工程项目建成之前，就要着手组建完整的运营管理机构 and 培训运营管理人才。在城市轨道交通运营管理领域里，除了应具有优质的工程与设备条件外，还需要建立一整套完善的技术保障体系，培训和提高运营管理人员的技术水平和理论知识，建成一支基础理论扎实、技术过硬的管理与维修技术队伍，以确保建成的轨道交通系统达到高效运转、优质服务和安全运营的目标。

为此，组织编写一套适用于现代城市轨道交通系统的运营与维修技术丛书，满足当前不断增长的运营管理机构的组建和日常工作需要，已是迫在眉睫的重要任务。“丛书”可作为培训专业人才所需的教材，也可作为运营管理部门组织运营及设备检修工作的参考书，还可作为设计、科研单位和大、中专院校相应专业师生的教学参考书。

相信该“丛书”能在广泛吸收国内、外同行业技术与管理经验的基础上，结合国内发展和改革的实际需要，为城市轨道交通的运营组织和设备检修业务，提供一套较为完整而系统的参考读物，亦为我国城市轨道交通运营管理的基础理论和实用技术填补空白。

周干峙

注：周干峙 中国科学院院士、中国工程院院士、原建设部副部长。

前 言

城市轨道交通对改善现代城市交通困扰局面、调整和优化城市区域布局、促进国民经济发展所发挥的作用,已是不容置疑的客观现实。对此,我国的大、中城市已普遍有所共识,也深刻体会到城市轨道交通是衡量城市综合实力的一个重要指标。观念的转变,带来了实际行动的飞跃,从而使我国城市轨道交通的建设发展,面临着一个前所未有的良好机遇。建设项目一个接着一个的落成,策划筹建的计划不断推出,有的大城市还在原定轨道交通总体规划基础上,进行了补充和调整,使轨道交通发展规模成倍增加,大量的轨道交通规划项目正等待着去实施。

众所周知,城市轨道交通是我国城市有史以来最大的公益性交通基础设施,也是城市的百年大计建设项目。因此轨道交通项目一旦建成,就必需保持整个系统日以继夜的正常运营。运营管理及维修保养技术的完善与先进性,将是既有轨道交通系统得以常年安全运营的重要保障。针对当前日益壮大的轨道交通运营队伍的迫切需要,我们组织编写了这套《城市轨道交通运营与维修技术丛书》,以满足市场的需要。

本“丛书”编写原则,是在当前最新一代地铁技术成就的基础上,以上海地铁及广州地铁的模式为依托,结合国内、外同行业的先进技术经验,对投入运营的轨道交通项目,应怎样通过科学的运营管理手段,保持不同专业技术系统的可靠性和安全运转,进行了系统的论述。技术系统的可靠性特征与故障和失灵有关,提出其整修和校正措施的可支配性条件,则是合乎逻辑的管理过程。而可支配性则可看作两个相对过程的结果,即恶化过程和保养过程(修复过程),通过事先拟定的管理程序,使任何一种技术系统及其部件,能达到被再利用的条件,从而抑制由磨损、老化、腐蚀和污染引起的干扰和故障,保持系统的正常安全运转,这是轨道交通运营管理部门共同追求的愿望。我们通过直接和间接的实践经验,将有关资料归纳汇总上升到理论,在同行业中作一抛砖引玉的尝试,希望能在运营管理与维修领域里,起到一定的作用。

鉴于编写人员技术水平及实践经验的局限性,错误与不足之处在所难免,期待着广大读者和同行,多多提出宝贵意见。

本“丛书”的编写,在建设部科技发展促进中心的主持和指导下,得到上海地铁运营有限公司和广州地铁总公司的大力支持,如期完成了编写任务,在此,仅表示诚挚的感谢。

编者

目 录

第一章 概述	1
第一节 城市轨道交通及其车辆的发展	1
第二节 城市轨道交通车辆的类型和选择	6
第三节 城市轨道交通车辆的组成	22
第二章 城市轨道交通车辆的运用和检修管理	26
第一节 城市轨道交通车辆的运行、检修管理体制	26
第二节 城市轨道交通车辆的检修制度	35
第三节 城市轨道交通车辆的检修基地	46
第四节 城市轨道交通车辆运行的基本工作标准	60
第五节 城市轨道交通车辆司机职业等级标准	69
第六节 城市轨道交通车辆检修工等级标准	75
第三章 地铁车辆的计划维修	97
第一节 车辆的计划维修	97
第二节 车辆大修项目管理	142
第三节 车辆的临修	149
第四章 地铁车辆的机械部件维修	167
第一节 空调	167
第二节 转向架	176
第三节 制动系统	189
第四节 车钩	209
第五节 车体	221
第六节 车门	229
第五章 地铁车辆的电气部件维修	241
第一节 受电弓（受流设备）	241
第二节 各类电机	245
第三节 牵引及控制系统	250
第四节 辅助系统及控制	256
第五节 其他电气系统	258
第六章 地铁车辆维修主要设备	263
第一节 车辆维修设备的配置	263
第二节 车辆维修主要设备的应用和技术参数	267

第一章 概 述

第一节 城市轨道交通及其车辆的发展

一、城市轨道交通的发展

世界上第一条地铁于 1863 年 1 月 10 日在英国伦敦建成, 列车由蒸汽机车牵引, 尽管非常简陋, 乘客饱受烟熏之苦, 并且有煤气中毒的危险; 但是由于它乘容量大, 每年可运送 1000 万乘客, 还是充分显示了作为城市大容量交通工具的发展前景。

1890 年 12 月 18 日伦敦开通了世界第一条电力牵引地铁, 车辆采用了电气传动, 由三轨直流 600V 供电, 并且采用转向架和韦斯丁豪斯空气制动机技术, 由于采用电作为能源, 在城市发展中大大减少了由于城市交通发展所引起的环境污染, 受到人们的青睐, 城市轨道交通从此进入连续发展的时期。至世界大战前的 1935 年, 世界上有纽约、芝加哥、巴黎、柏林、东京、莫斯科等 20 多个城市修建了地铁。

战后几十年来, 由于经济的恢复, 随着人口大量增加并逐步集聚到城市, 以及城市各产业的发展和科学技术的进步, 在世界范围内, 城市化的进程明显加快。世界发达国家在完成城市化之后, 城市仍然在不断扩大。以经济发达的大城市为中心, 带动周围城镇和农村, 逐步形成以大城市为核心的经济区域, 已成为城市发展的必然趋势。

城市交通是城市的最基本设施, 在交通工具中由于人们普遍感到汽车方便、灵活, 汽车成为城市交通的主要工具得到大量应用, 但随着城市人口的迅速增加, 导致汽车增多, 产生了交通拥挤堵塞、交通事故增加、以及噪声扰耳、空气污染等一系列问题。

地铁具有运量大、速度快、低污染、避免地面拥挤、充分利用空间等其他交通工具所无法比拟的优势。地铁的发展对城市发展和城市结构会产生良好的影响, 地铁可以和地面、高架道路联合构成高速交通网, 地铁车站可以成为立体换乘中心, 极大地吸引客流, 还可吸引公共事业、商业、服务等行业, 促进其发展, 形成城市发展新的中心, 使城市的结构和产业布局更加合理。

经济的发展促使城市化加快, 地铁建设也得到蓬勃发展, 至 1999 年世界各地已有 115 座城市建有地铁, 线路长度已达 7100km, 其中运营里程超过 100 公里的有 13 个城市, 这些城市都已经形成较为完善的地下铁道交通网, 其总里程占全球地铁的 60%。地铁已成为城市交通的主要工具, 也成为城市现代化发展水平的重要标志 (见表 1.1-1)。

由于城市、地区、服务对象和客运量的不同, 城市轨道交通出现多样化的发展趋势, 除地铁外, 其他类型的城市轨道交通也得到蓬勃发展, 形成了有轨电车、轻轨交通、单轨交通、新交通系统、磁浮交通等多种城市轨道交通形式。

运营线路超过 100km 城市的城市轨道交通概况 (1999 年)

表 1.1-1

城市	城市人口 (万人)	区域人口 (万人)	线路数	线路长度 (km)	地下线路长度 (km)	高架线路 (km)	地面线路 (km)	车站数 (个)	供电电压 (V)	受流方式	公交分担率 (%)	行车线路	
												左	右
纽约	730	1330	25	436	253	129	75	501	DC625	三轨	68.0 (1984)		0
伦敦	670		12	398	163		235	273	DC600	三轨	89.0 (1982)	0	
巴黎	210	1020	14	192	177	13.7	1.1	429	DC750	三轨	65.0 (1984)		0
莫斯科	880		11	220	184	36		143	DC825	三轨	49.0 (1986)		0
东京	840	1190	12	218	174	24	20	206	DC750/600 DC1500	三轨 架空线	94.0 (1990)	0	
芝加哥	300	700	7	163	18	85	60	143	DC600	三轨			0
墨西哥	2000		11	141	103	10	28	125	DC750	两导 向杆			0
柏林	260	438	9	191	114	3	74	180	DC780/600	三轨	54.0 (1986)		0
汉城	1020	1350	4	116	116			102	DC1500	三轨	43.0 (1995)	0	
马德里	320	400	11	113	105	3	5	137	DC600	架空线		0	
华盛顿	60	300	5	112	62	10	40	64	DC750	三轨			0
斯德哥尔摩	60	160	3	105	62			99	DC650/750	三轨			0
大阪	260		7	104	93	11		111	DC750	三轨		0	

注：公交分担率的（ ）内为取得数据的年份。

二、我国城市轨道交通的发展

我国城市轨道交通建设起始于 20 世纪初，1908 年我国上海第一条有轨电车建成运营，在 20 世纪 50 年代，北京、大连、天津、长春、沈阳、哈尔滨、鞍山等城市相继建成多条有轨电车线路，曾为城市交通起到骨干作用。但由于轨道交通占用道路、速度慢以及城市建设规划等原因，被逐步拆除，目前只有长春、大连等少数城市还有有轨电车，并对有轨电车进行了改造，如大连的高科技园——沙河口的有轨电车线就采用了 VVVF 交流传动的 6 轴铰接的低地板电车。

在 20 世纪 60 年代，我国开始动工修建以地下铁道为标志的大运量、高速度的城市轨道交通。我国第一条地铁线路于 1969 年建成通车，就是北京地铁一号线，从北京火车站到苹果园站，全长 23.6km，随后延伸至四惠站，一号线全长 31km。至今，北京还建设有环线 23km、十三号线 41km 和八通线建成通车运营，北京城市轨道交通运营线路里程已超过 100km。

上海地铁一号线北起火车站到终点站虹梅路，全长 16.1km，于 1995 年 4 月通车，先后经南、北延伸，一号线全长增加到 33km，至今二号线 19km、三号线（又称明珠线）25km、四号线 17.7km、莘庄到闵行轻轨线 17km 建成通车。上海城市轨道交通运营线路里程达 112km。另有磁浮线 30km 建成通车运营。

至今，其他城市运营的城市轨道交通线路有：广州地铁一号线 18.5km、二号线 18.65km，深圳一号线 21.87km，天津滨海线 45.9km、一号线 26.19km，南京一号线 21.72km，重庆单轨线 14km，武汉一号线 10.4km，大连城市快速交通线 49.04km、城市电

车线 12.5km, 长春轻轨线 13.89km。

目前, 全国已开通运营的城市轨道交通的城市有北京、上海、广州、南京、深圳、天津、重庆、长春、武汉、大连等 10 座城市 20 条线路, 总长度近 500km, 正在建设的线路也已达 500km 之多。此外, 还有沈阳、杭州、成都、西安、哈尔滨、苏州等城市正在规划建设。城市轨道交通已成为城市持续发展的重要方面, 建设城市轨道交通的城市迅速增加, 我国城市轨道交通已进入快速发展阶段。

三、地铁车辆的技术发展

(一) 国外地铁车辆技术发展概况

地铁发展至今已有 140 年的历史, 城市轨道交通车辆的技术也在世界工业技术发展的基础上得到了不断的发展。

1. 车体

车体结构从最初的木制车体, 20 世纪初采用钢制车体, 1952 年伦敦地铁开始采用铝合金车体, 1858 年开始采用不锈钢车体, 目前车体已发展为铝合金大型挤压型材或不锈钢整体承载车体轻型结构。

2. 车辆牵引

牵引方式从 1863 年的蒸汽机车牵引, 1890 年采用电力机车牵引, 1896 年开始采用电动车辆由安装在转向架的直流电机实现牵引, 在 20 世纪 60 年代出现斩波调压车辆至 1977 年柏林地铁开始采用交流电机传动并发展了变压变频调速 (VVVF) 技术。

3. 制动

制动从最早采用车长手制动方式, 1875 年采用真空制动机, 1890 年开始使用威斯丁豪斯自动制动机, 之后逐步发展为电气和空气的联合制动, 电气制动继而实现了再生制动, 近年来空气制动进一步发展了计算机控制模拟制动机。

4. 车辆走行部

车辆走行部最早采用二轴或四轴轮对, 1904 年开始采用转向架, 1950 年开始采用螺旋弹簧和液压减振器的联合减振装置, 20 世纪 50 年代末出现了由压型钢板焊接成的轻型转向架构架, 目前发展为构架为焊接结构、二系悬挂采用空气弹簧、无摇枕转向架。

5. 车辆控制及驾驶

随着计算机技术的发展和应用实现了对列车及车辆各个系统的计算机网络自动化控制和故障自我诊断。特别是自动驾驶技术的应用, 使列车实现了自动驾驶。法国、新加坡、加拿大有的城市轨道交通线路已经实现无人驾驶运营数年。

(二) 我国地铁车辆的技术发展

我国从 1962 年开始研制, 1967 年试制成功第一列地铁车辆, 1969 年批量生产的 DK2 型地铁车辆于 1969 年 10 月 1 日开始运行在北京地铁, 标志着我国现代城市轨道交通的开始。以后又对地铁车辆进行了大量自主科技研究、技术开发和车辆的改进工作, 从 20 世纪 80 年代开展了多种形式的国际技术合作, 进行了技术引进、合作生产和大量的国产化工作, 使我国的城市轨道交通车辆的生产水平得到迅速提高。

1. 车辆牵引技术

我国车辆的牵引技术走过了从直流牵引到交流牵引技术的历程, 直流牵引控制技术又经过了凸轮变阻控制、斩波调阻控制和斩波调压控制阶段, 目前“VVVF”控制的交流牵

引技术已在我国城市轨道交通车辆使用中得到普遍应用。

20 世纪 60 年代,我国地铁车辆采用直流牵引技术,牵引控制系统主要采用凸轮变阻方式,从开始批量生产的 DK2 型车辆到 1994 年开发的北京 DK20 型车辆,虽经过大量技术改进,但基本采用的都是直流牵引、凸轮变阻控制方式。这种方式由于具有调速容易、运行可靠的特点,运行了多年,但也存在直流牵引系统重量大、体积大、维修量大以及能耗大、车辆运行平稳性能较差,并且车辆长期运行会引起隧道内温升加剧的缺点。为了改进电阻调速质量,20 世纪 70 年代湖南湘潭电机厂成功研究、开发了斩波调阻技术,并在北京地铁早期使用的车辆更新、改造中得到应用。随着电子技术的发展,在大功率半导体晶体发展的基础上采用晶闸管,实现了斩波调压技术,继而又以 GTO (大功率可控硅元件)代替晶闸管,利用计算机控制技术实现了车辆牵引系统的无级调速。1987 年我国在进口日本斩波调压地铁车辆的同时,引进了车辆斩波调压系统设备的制造技术,在 1987 年设计、生产了 DKZ1 型地铁车辆并在北京地铁投入运行。20 世纪 90 年代初上海地铁一号线进口的地铁车辆采用了 GTO 元件,由计算机控制的直流斩波调速牵引系统。

20 世纪 90 年代初,“VVVF”交流牵引技术被广泛应用,采用三相交流异步电动机作为牵引电机,牵引控制采用交流调频调压控制技术。20 世纪 90 年代广州地铁一号线、上海地铁二号线引进的车辆的都是 VVVF 交流调频调压技术,我国目前生产的城市轨道交通车辆基本也都采用了“VVVF”交流调频调压调速技术。我国也对“VVVF”交流调频调压调速技术进行研究、开发,株洲现代集团研制、开发的完全自主知识产权的上述系统已经投入使用。

2. 车体制造技术

我国地铁车辆开始生产时主要采用碳素钢作为车体材料,造价低,但车体自重大、易腐蚀、维修成本高。20 世纪 80 年代耐腐蚀性能较好的耐候钢在国内地铁车辆得到广泛应用,同时车体制造工艺不断提高、完善,与采用碳素钢相比车体的自重逐步降低,寿命得到很大提高。随着大型铝合金型材及其焊接技术和不锈钢以点焊为主要生产工艺的成熟,铝合金及不锈钢轻型车体结构被大量应用,尽管其价格相对较高,但由于其重量轻、耐腐蚀、使用寿命长,可以免除大量日常维护保养工作,这些优点使得铝合金及不锈钢车辆得到飞速发展。上海、广州 20 世纪 90 年代引进的车辆均采用了铝合金车体。我国目前生产的城市轨道交通车辆,如武汉城轨车辆、重庆单轨车辆、天津地铁车辆都已采用了铝合金车体,我国在引进不锈钢车体生产技术的基础上由长春客车厂和北京地铁建设公司联合研制,自行设计、生产的 DKZ6 无涂装不锈钢地铁车辆采用高强度不锈钢材料和轻量化结构设计,已在北京城轨成功运行。这些都为我国高速发展的城市轨道交通创造了有利条件。图 1.1-1 为我国研制生产的 DKZ6 型无涂装不锈钢地铁车辆。

3. 车辆制动技术

车辆制动系统是保证车辆运行安全的重要保证,我国地铁车辆最初采用 DK 型电空制动机,空气制动和电气控制作用同时产生,在电气空走失效时空气制动还能发生作用。之后研制、开发了 SD 数字直通电空制动机,该制动系统缩短了空走时间和制动距离,改善了车辆制动的一致性。1989 年北京地铁在引进、吸收、消化国外模拟制动技术和装备基础上,成功研制电气控制模拟直通电空制动系统,有制动力空 - 重车调整功能,可与 ATC 装置配合,但没有采用微机控制技术。20 世纪 90 年代上海地铁一号线、二号线、广州地



图 1.1-1 我国研制生产的 DKZ6 型无涂装不锈钢地铁车辆

铁一号线，引进的车辆以及目前国内生产的城市轨道交通车辆都是采用的 KNORR 和 NOBCO 公司的微机控制的模拟直通电空制动系统。对这个系统国内也进行了研究开发，铁道部科学研究院的研究成果已进入实用化阶段，在天津地铁进入了试运行。

4. 车辆整体制造技术

在转向架、车钩缓冲装置、通风空调、内装饰和乘客服务设施等方面多年来都得到不断改进和完善，也在采用世界先进水平的技术。

我国城市轨道交通车辆在引进、吸收、消化世界先进技术的同时进行创新，国产化工作蓬勃开展，可喜的是整列车辆的国产化生产也取得很大成绩，在 2005 年由北京地铁运营公司、长春客车厂、株洲时代集团和北京大城轨道信号公司使用完全自主技术联合研制、开发、生产的地铁车辆正式投入运行，技术性能和技术水平都接近了世界现代化的水平。图 1.1-2 是北京国产化地铁车辆调试的情景。

我国在生产制造钢轮、钢轨车辆以外，还生产制造了单轨车辆、直线电机车辆，首辆自主知识产权的 CFC-01 型中低速磁浮列车也已经过实地运行测试成功，如图 1.1-3 为 CFC-



图 1.1-2 北京国产化地铁车辆调试

01 型磁浮列车运行测试。



图 1.1-3 CFC-01 型磁浮列车运行测试

我国城市轨道交通车辆的生产技术已接近或达到了世界水平，为我国快速发展的城市轨道交通创造了有利条件。

第二节 城市轨道交通车辆的类型和选择

城市公共交通方式多种多样，城市道路交通和城市轨道交通都是城市公共交通的组成部分，它们具有不同的特点、能力。合理选择乘客运载工具、确定车辆类型，发挥各种交通方式之长，从而适应不同的需求，这是城市公共交通规划的核心。

城市道路交通，包括公共汽车、无轨电车以及出租车等，虽然站距小，但灵活性大，投资也较小，可以随城市的发展而开辟新的线路，但其客运量比较小，行驶速度也比较低，并受地面交叉路口的限制，影响了交通的通畅程度。

城市轨道交通具有快速、安全、准时、大运量、无污染等众多优越性，作为城市公共交通的主要发展方向已被广泛地认同。国际、国内均已经明确城市交通应发展公共交通，而轨道交通应作为城市公共交通发展的重点。然而城市轨道交通由于均为专运通道而大部设置在地下（特别是城市中心区）或高架，因而投资造价高、投资大。城市轨道交通的系统费用由建设费、车辆购置费、运营费等组成，其中车辆的购置费和运营费占据着较大比例，因此，在考虑满足客流需求、适应城市发展的城市轨道交通网络时应正确选用车辆的类型。

一、概述

城市轨道交通是采用轨道进行承重和导向的车辆运输系统，依据城市交通总体规划的要求，设置全封闭或部分封闭的专用轨道线路，具有线路、信号、车站、供电、控制中心和服务等设施，以列车或单车形式，运送相当规模客流量的城市公共交通方式。城市轨道交通作为城市公共交通的重要组成部分，具有城市公共交通的特点。城市轨道交通运营中有早高峰、晚高峰的客流鲜明特征，要根据客流特点确定运营时间和列车行车的密度，非运营时间列车回车场进行检查维修。城市轨道交通分为地铁系统、轻轨交通系统、单轨交通系统、磁浮交通系统、自动导向交通系统等（表 1.2-1 为城市轨道交通分类表）。

车辆类型选用的主要因素有：

1. 客流特点

城市轨道交通运送的主要对象是市内常住人口的上下班客流、车站和机场的集中到达客流、节假日及大型活动的集中客流、流动人口集中进出城市的客流等。建设城市轨道交通的最终目的是缓解城市公共交通，改善人们的出行条件，促进城市的经济发展。

2. 客流量

根据单向高峰小时最大断面客流量，通常单向高峰小时最大断面客流量在 0.6~1 万人次/小时，宜采用地面公共交通；1~3 万人次/小时可采用轻轨交通；3~7 万人次/小时应选择地铁交通。

3. 旅行速度

市区采用地面公共交通，旅行速度为 10~25km/h；市区交通采用轻轨、地铁交通，旅行速度可为 30~40km/h；城郊间采用快速轨道交通，旅行速度为 50~60km/h；城际区域间则要采用更高旅行速度的轨道交通。

4. 线路条件

若由于地形限制，线路小半径、大坡度特别多，就要考虑采用单轨车辆、直线电机车辆或低速磁浮车辆。

城市轨道交通分类表

表 1.2-1

系 统	分 类	车辆和线路条件	客运能力 N (人次/h) 运营速度 V (km/h)	备 注
地铁系统	A 型车辆	车长: 24.4m/22.8m 车宽: 3.0m; 定员: 310 人; 线路半径: $\geq 300\text{m}$; 线路坡度: $\leq 35\text{‰}$	N : 4.0~7.5 万 V : ≥ 35	高运量; 适用于地下、地面 或高架
	B 型车辆	车长: 19.52m 车宽: 2.8m; 定员: 230~245 人; 线路半径: $\geq 250\text{m}$; 线路坡度: $\leq 35\text{‰}$	N : 3.0~5.0 万 V : ≥ 35	大运量; 适用于地下、地面 或高架
	直线电机 B 型车辆	车长: (17.2m) 16.8m 车宽: 2.8m; 定员: 215~240 人; 线路半径: $\geq 100\text{m}$; 线路坡度: $\leq 60\text{‰}$	N : 2.5~4.0 万 V : ≥ 35	大运量; 适用于地面高架或 地下
轻轨系统	C 型车辆	车长: 18.9~30.4m 车宽: 2.6m; 定员: 200~315 人; 线路半径: $\geq 50\text{m}$; 线路坡度: $\leq 60\text{‰}$	N : 1.0~3.0 万 V : 25~35	中运量; 适用于地下、地面 或高架
	直线电机 C 型车辆	车长: 16.5m 车宽: 2.5m; 定员: 150 人; 线路半径: $\geq 60\text{m}$; 线路坡度: $\leq 60\text{‰}$	N : 1.0~3.0 万 V : 25~35	中运量; 适用于地面高架或 地下
	有轨电车 系统 (单车 或铰接车)	车长: 12.5/28m 车宽: $\leq 2.6\text{m}$; 定员: 110/260 人; 线路半径: $\geq 30\text{m}$; 线路坡度: $\leq 60\text{‰}$	N : 0.6~1.0 万 V : 15~25	低运量; 适用于地面道路混 行

续表

系 统	分 类	车辆和线路条件	客运能力 N (人次/h) 运营速度 V (km/h)	备 注
单轨系统	跨座式单轨 车辆 GJ231	车长: 15m 车宽: 3m; 定员: 150 ~ 170 人; 线路半径: $\geq 60\text{m}$; 线路坡度: $\leq 60\text{‰}$	N : 1.0 ~ 3.0 万 V : ≥ 35	中运量; 主要适用于高架
	悬挂式单轨 车辆	车长: 14m 车宽: 2.6m; 定员: 80 ~ 100 人; 线路半径: $\geq 60\text{m}$; 线路坡度: $\leq 60\text{‰}$	N : 0.8 ~ 1.5 万 V : ≥ 20	中运量; 主要适用于高架
磁浮系统	低速磁浮 车辆	车长: 12 ~ 15.5m 车宽: 2.6 ~ 3.0m; 定员: 150 人; 线路半径: $\geq 70\text{m}$; 线路坡度: $\leq 70\text{‰}$	N : 1.5 ~ 3.0 万 最高运行速度: 100km/h	中运量; 主要适用于高架
	高速磁浮 车辆	车长: 24 ~ 27m 车宽: 3.7m; 定员: 100 人; 线路半径: $\geq 300\text{m}$; 线路坡度: $\leq 100\text{‰}$	N : 1.0 ~ 2.5 万 最高运行速度: 430km/h	中运量; 主要适用于郊区高架
自动导向 系统	胶轮导向 车辆	车长: 8.4m 车宽: $\leq 2.4\text{m}$; 定员: 75 人; 线路半径: $\geq 30\text{m}$; 线路坡度: $\leq 60\text{‰}$	N : 0.6 ~ 1.5 万 V : ≥ 25	低运量; 主要适用于高架
区域快速 系统	特型车辆	车长: 22 ~ 25m 车宽: $\leq 3.4\text{m}$; 定员: ≥ 120 人; 线路半径: $\geq 400\text{m}$; 线路坡度: $\leq 30\text{‰}$	V : 120 ~ 160	大运量; 适用于城市区域交通方式

二、地铁系统

地铁系统是高、大客运量的城市轨道交通系统，是城市轨道交通的主要形式。地铁车辆主要在大城市地下隧道中运行，也可在地面或高架线路上运行。根据线路、客运规模的不同，分为高运量地铁和大运量地铁。

高运量地铁车辆的基本车型为 A 型车，大运量地铁车辆为 B 型车或直线电机 B 型车。车辆有带司机室和不带司机室、动车和拖车、动车带受电器与不带受电器的各种车型。列车编组通常由 4 ~ 8 辆组成，最高运行车速应大于 80km/h，旅行速度可达 35 ~ 45km/h，最小运行间隔可达 1.5min。地铁车辆的驱动方式有直流电机、交流电机，它们都是旋转式牵引电动机，依靠轮轨粘着作用传递牵引力；除了直流和交流电机外，近代新发展了直线电动机，它将传统电动机从旋转运动方式改为直线运动方式，突破了轨道车辆长期以来依靠轮轨粘着作用传递牵引力的传统技术。各种车型对线路技术条件的要求，以及适用的单向小时最大断面客流量都有所不同。图 1.2-1 ~ 图 1.2-5 为上海一号线、四号线、广州地铁二号线、南京地铁一号线、深圳地铁一号线车辆，采用了 A 型车；图 1.2-6 ~ 图 1.2-11 为北京、天津、武汉大连的地铁车辆和城轨车辆，采用了 B 型车。

地铁系统车辆主要标准及特征如表 1.2-2:



图 1.2-1 上海地铁一号线车辆
(A 型车, 1500V 接触网受电, 直流传动, 铝合金车体)



图 1.2-2 上海地铁四号线车辆
(A 型车, 1500V 接触网受电, 交流传动, 铝合金车体)



图 1.2-3 广州地铁二号线车辆
(A 型车, 1500V 接触网受电, 交流传动, 铝合金车体)