

城市轨道交通职业教育系列教材

城市轨道交通 车辆机械

CHENGSHI
GUIDAO JIAOTONG
CHELIANG JIXIE

张桥平 彭建武 周志刚◎主编



西南交通大学出版社
[Http://press.swjtu.edu.cn](http://press.swjtu.edu.cn)

城市轨道交通职业教育系列教材

城市轨道交通车辆机械

张桥平 彭建武 周志刚 主编

西南交通大学出版社

· 成 都 ·

图书在版编目 (C I P) 数据

城市轨道交通车辆机械 / 张桥平, 彭建武, 周志刚
主编. —成都: 西南交通大学出版社, 2012.8
城市轨道交通职业教育系列教材
ISBN 978-7-5643-1916-8

I. ①城… II. ①张… ②彭… ③周… III. ①城市铁
路—铁路车辆—机械设备—高等职业教育—教材 IV.
①U239.5

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2012) 第 194724 号

城市轨道交通职业教育系列教材

城市轨道交通车辆机械

张桥平 彭建武 周志刚 主编

责任编辑	王 旻
特邀编辑	罗在伟
封面设计	墨创文化
出版发行	西南交通大学出版社 (成都二环路北一段 111 号)
发行部电话	028-87600564 028-87600533
邮政编码	610031
网 址	http://press.swjtu.edu.cn
印 刷	四川川印印刷有限公司
成品尺寸	185 mm×230 mm
印 张	17.75
字 数	354 千字
版 次	2012 年 8 月第 1 版
印 次	2012 年 8 月第 1 次
书 号	ISBN 978-7-5643-1916-8
定 价	33.80 元

图书如有印装质量问题 本社负责退换
版权所有 盗版必究 举报电话: 028-87600562

前 言

日前,我国正在经历着有史以来规模最大的城市轨道交通建设。城市轨道交通的高速发展,对城市轨道交通专业人才有着巨大的需求,为了配合职业教育城市轨道交通专业的教学,推动职业教育城市轨道交通教材建设,培养符合企业实际需求的应用型、综合性人才,我校组织了轨道交通专业部分有经验的专业教师编写了此套教材——城市轨道交通职业教育系列教材。

轨道交通车辆是城市轨道交通系统中最重要、最关键的设备,也是技术含量很高的综合性机电产品,涉及机械、电气、控制、材料等多门学科。我国城市轨道交通尚处于发展的初期阶段,各地城轨车辆如雨后春笋般不断涌现。车辆的新技术、新结构层出不穷。为了更好地反映我国城轨车辆结构和技术的特点,本书在编写中引用了广州、深圳、南京、武汉及成都等地铁公司的资料,在此表示衷心感谢。

本书共七章,深入浅出地介绍了城市轨道交通车辆各部分的构造和原理,采用了大量形象生动的工作原理图和照片,以期帮助学生对车辆各部结构、原理的认识与理解。本书内容包括城市轨道交通车辆基本知识、车体、车辆设备及其布置、车门、转向架、车辆连接装置以及空调装置。

本书作为城市轨道交通专业驾驶、检修方向教材,编写中融入了“基础理论适度、强化基础及共性的知识、专业针对性强、以培养能力为主、反映本学科技术科学领域的现状及发展”的指导思想。

本书可作为职业院校城市轨道交通专业的教学用书,同时,还可供从事城市轨道交通车辆专业工作的广大技术人员学习参考。

编者水平有限,加之时间仓促,书中难免有疏漏、失误之处,恳请读者给予批评指正。

编 者

2012年4月

目 录

第一章 城市轨道交通概要	1
第一节 城市轨道交通的类型	1
第二节 城轨交通车辆的类型及组成	12
第三节 城轨交通车辆的编组及标识	17
第四节 城轨交通车辆技术参数	23
第五节 地铁、轻轨车辆限界	31
复习思考题	40
第二章 车 体	41
第一节 概 述	41
第二节 钢制车体	45
第三节 不锈钢车体	47
第四节 铝合金车体	55
第五节 车体的模块化结构	67
复习思考题	70
第三章 车辆设备及其布置	71
第一节 概 述	71
第二节 车顶设备	73
第三节 车底设备	74
第四节 车内设备	80
复习思考题	92
第四章 车 门	93
第一节 概 述	93

第二节 客室车门	97
第三节 塞拉门	104
第四节 气动门	116
复习思考题	124
第五章 转向架	125
第一节 概 述	125
第二节 构 架	133
第三节 轴箱轮对装置	136
第四节 弹簧减振装置	149
第五节 空气弹簧系统组成	169
第六节 中央牵引装置	177
第七节 牵引驱动装置	183
第八节 转向架的悬挂	187
第九节 转向架附属装置	193
第十节 直线电机转向架简介	197
第十一节 独轨转向架	204
第十二节 径向转向架简介	210
复习思考题	212
第六章 车辆连接装置	213
第一节 车钩缓冲装置	213
第二节 密接式车钩	215
第三节 附属装置	224
第四节 贯通道装置	228
第五节 缓冲器	233
复习思考题	242
第七章 空调系统	243
第一节 制冷常用名词及概念	243
第二节 制冷的基本原理	249
第三节 制冷剂	252

第四节 地铁列车客室内空气参数的确定	255
第五节 空调系统的主要组成部件	257
第六节 城轨车辆空调装置	271
复习思考题	274
参考文献	275

第一章 城市轨道交通概要

第一节 城市轨道交通的类型

一、城市轨道交通的定义

在中国国家标准《城市公共交通常用名词术语》中，城市轨道交通是指以电能为动力，采取轮轨运转方式的快速大运量公共交通的总称。这个定义涵盖了3方面内容：

- (1) 城市内或郊区的公共客运交通。
- (2) 以电力牵引、轨道运输方式为主要技术特征。
- (3) 单位时间内客运量大、运行速度高的客运服务系统。

一个国家、一个城市的活力很大程度体现在它的公共交通运营质量上，如果说发达的高速铁路和航空网是一个国家现代化的标志，那么发达的城市轨道交通网络就是一个城市现代化不可缺少的标志。作为一种现代化的交通工具，与城市其他运输系统相比，城市轨道交通以运量大、速度快、能耗低、污染少、安全可靠、准点舒适等不可替代的优势，逐步发展成为城市公共客运体系中的骨干运输系统。

二、城市轨道交通的分类

自1863年世界上第一条地下铁路在英国伦敦诞生后，经过150年左右的发展，当今城市轨道交通的形式呈多元化发展态势，但因其技术特征的复杂性和各地定义的基准不一，使得各地的轨道交通系统没有统一、规范的分类标准。为此，建设部于2007年颁布了《城市公共交通分类标准》，该《标准》将城市轨道交通分为以下几类。

（一）地下铁道

地铁（Metro 或 Subway）是一种大运量的轨道交通系统，采用钢轮-钢轨体系，标准轨距 1 435 mm，主要在大城市地下空间修筑的隧道中运行，当条件允许时，也可穿出地面，在地上或高架桥上运行，图 1-1 所示为广州地铁车辆，即在地上运行。



图 1-1 在地上运行的广州地铁车辆

地铁系统的列车编组通常由 4~8 辆组成，列车长 70~190 m，要求线路有较长的站台与之相匹配，最高运行速度不应小于 80 km/h。地铁系统的主要标准及特征如表 1-1 所示。

表 1-1 地铁系统的主要标准及特征

项目		标准及特征		
车 辆	车 型	A 型	B 型	LB 型
	车辆基本宽度 (mm)	3 000	2 800	2 800
	车辆基本长度 (m)	22.0	19.0	16.8
	车辆最大轴重 (t)	≤ 16	≤ 14	≤ 13
	列车编组 (辆)	4~8	4~8	4~8
	列车长度 (m)	100~190	80~160	70~140

续表 1-1

项目		标准及特征		
线路	类型	地下、高架及地面，全封闭型		
	线路半径 (m)	≥ 300	≥ 250	≥ 100
	线路坡度 (‰)	≤ 35	≤ 35	≤ 60
客运能力 (万人·次/h)		4.5~7	2.5~5	2.5~4
供电电压及方式		DC 1 500 V 接触网供电	DC 1 500/750 V 接触网或三轨	DC 1 500/750 V 接触网或三轨
平均运行速度 (km/h)		≥ 35		

注：① 表中客运能力按行车间隔 2 min 和列车额定载客量（站立 6 人/m^2 ）计算。

② 平均运行速度即旅行速度。

地铁具有以下特点：

最大 9 人/m^2

(1) 运量大，速度快。地铁单向运能约为 2.5~7 万人·次/h，最高运行速度 $\geq 80 \text{ km/h}$ 。

(2) 路权专用，安全可靠。地铁线路建在地下隧道，高架或全隔离路基上，与其他城市交通线路没有平面交叉，且按信号运行，行车安全性好，可靠性强。

(3) 采用电力牵引，双钢轮、钢轨支撑和导向，线路转弯半径大。

(4) 投资大、建设周期长。目前，国内地铁造价一般在 5 亿元/km 左右，建设周期为 4~5 年。

(5) 虽然建设费用高，但对既有建筑物和市政道路的影响较小，征地拆迁量小，只用于大、中型城市中心区。

(二) 轻轨

轻轨系统 (Light Rail Transit, LRT) 是一种中运量的轨道运输系统，采用钢轮-钢轨体系，标准轨距为 1 435 mm，主要在城市地面或高架桥上运行，线路采用地面专用轨道或高架轨道，遇繁华街区，也可进入地下或与地铁接轨，图 1-2 所示为运行在广佛线上的轻轨车辆。



图 1-2 运行在广佛线上的轻轨车辆

轻轨系统的主要标准及特征如表 1-2 所示。

表 1-2 轻轨系统的主要标准及特征

项目		标准及特征		
车辆	车型	C-I 型 单节四轴车	C-II 型 单铰双节六轴车	C-III 型 双铰三节八轴车
	车辆基本宽度 (mm)	2 600	2 600	2 600
	车辆基本长度 (m)	18.9	22.3	30.4
	车辆最大轴重 (t)	11	11	11
	列车编组 (辆)	1~3	1~3	1~3
	列车长度 (m)	20~60	25~70	35~90
线路	类型	高架、地面或地下, 封闭或专用车道		
	线路半径 (m)	≥ 50	≥ 50	≥ 50
	线路坡度 (‰)	≤ 60	≤ 60	≤ 60
客运能力 (万人·次/h)		1~3	1~3	1~3
供电电压及方式		DC 750 V/1 500 V 接触网或三轨	DC 750 V/1 500 V 接触网或三轨	DC 750 V/1 500 V 接触网或三轨
平均运行速度 (km/h)		25~35		

轻轨具有以下特点:

(1) 中等运量。单向运输能力约为 1~3 万人·次/h, 最高运行速度 60~80 km/h。

(2) 路权专用, 但有的线路与公路有平交道口。在平交道口, 轻轨享有优先通过权。

(3) 采用电力牵引, 双钢轮、钢轨支撑和导向, 线路转弯半径大。

(4) 建设周期和费用相对地铁较低。造价一般为 $3\sim 4$ 亿元/km, 约为地铁的 $3/4\sim 4/5$ 。建设周期为 $2\sim 3$ 年, 约为地铁的 $1/2$ 。

(5) 线路布置灵活。轻轨在城市中心可用高架或地下线, 郊区用地面线; 可以立交, 也可以平交; 如果条件适当, 郊区地面线甚至可以和汽车共道, 变成有轨电车的形式。

(三) 单轨系统

单轨系统是一种车辆与特制轨道梁组合成一体运行的中运量轨道运输系统, 轨道梁不仅是车辆的承重结构, 同时是车辆运行的导向轨道。单轨系统的类型主要有以下两种:

(1) 车辆跨骑在单片梁上运行的方式, 称为跨座式单轨系统, 如图 1-3 所示。

(2) 车辆悬挂在单根梁上运行的方式, 称之为悬挂式单轨系统, 如图 1-4 所示。



图 1-3 跨座式单轨系统



图 1-4 悬挂式单轨系统

单轨系统的主要标准及特征如表 1-3 所示。

表 1-3 单轨系统的主要标准及特征

项目		标准及特征	
车辆	车型	跨座式	悬挂式
	车辆基本宽度 (mm)	3 000	—
	车辆基本长度 (m)	15.0	—
	车辆最大轴重 (t)	11	—
	列车编组 (辆)	4~6	—
	列车长度 (m)	60~85	—
线路	类型	封闭	高架
	线路半径 (m)	≥ 50	
	线路坡度 (‰)	≤ 60	
客运能力 (万人·次/h)		1~3	—
供电电压及方式		DC 750 V/1 500 V	接触轨
平均运行速度 (km/h)		30~35	≥ 20

单轨具有以下特点：

- (1) 中等运量。单向运输能力约为 1~3 万人·次/h，最高运行速度 60~80 km/h。
- (2) 路权专用，安全可靠。
- (3) 采用电力牵引，单一轨道梁支撑，橡胶轮胎导向，噪声小、振动小，但运行阻力大、能耗大，有轻度的橡胶粉尘污染。
- (4) 建设费用和周期相对较低，其造价和建设周期与轻轨相近。
- (5) 道岔结构复杂，转换时间较长。

(四) 现代有轨电车

现代有轨电车 (Tram 或 Streetcar) 又称路面电车，是以电力牵引、轮轨导向、单辆或两辆编组运行在城市道路上的低运量的轨道交通系统。

传统的有轨电车走行方式与轻轨地铁类似,如图 1-5 所示;新型的现代有轨电车为导轨式胶轮电车,如图 1-6 所示。



图 1-5 传统的有轨电车

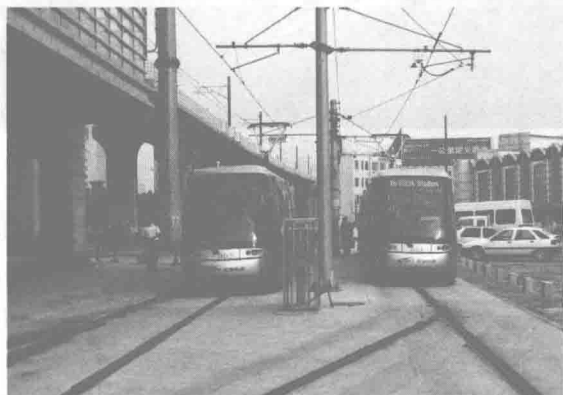


图 1-6 现代有轨电车

现代有轨电车具有以下特点:

- (1) 运量相对较小,速度低。一般使用链接车,根据输送要求可单节运行,也可自由编组运行,单向运输能力约为 $0.6 \sim 0.8$ 万人·次/h,最高运行速度为 70 km/h 。
- (2) 路权混用,安全性和准点性差。有轨电车与地面其他交通共享路面通行权,在交叉口同样服从信号指挥,无优先权,适用于大、中型城市中心区。
- (3) 采用电力牵引,钢轮钢轨导向,橡胶轮胎支撑和牵引。
- (4) 建设周期短,投资少,运营费用低。现代有轨电车造价一般为 $0.5 \sim 1.5$ 亿

元/km, 约为地铁的 1/10, 是单轨交通的 1/3, 建设周期为 2~3 年。

(五) 自动导向交通

自动导向交通 (Automated Guideway Transit, AGT) 又称自动旅客输送系统, 是一种车辆采用橡胶轮胎在专用轨道上运行的中运量旅客运输系统, 列车沿着特制的导向装置行驶, 车辆运行和车站管理采用计算机控制, 可实现全自动化和无人驾驶技术, 通常在繁华市区线路可采用地下隧道, 市区边缘或郊外采用高架结构, 如图 1-7 所示。



图 1-7 自动导向交通列车

自动导向交通适用于城市机场专用线或城市中客流相对集中地点对点运营线路, 必要时中间可设少量中间停靠站。

车辆定员标准按车箱座位数设定, 定员约 70~90 人, 车辆轴重不超过 9 t, 车辆宽度不推荐采用大于 2.6 m 宽的车型。

自动导向交通的主要标准及特征如表 1-4 所示。

表 1-4 自动导向交通主要标准及特征

项目		标准及特征
车辆	车型	胶轮导向车
	车辆基本宽度 (mm)	2 500~2 600
	车辆基本长度 (m)	7.6~8.6
	车辆最大轴重 (t)	9

续表 1-4

项目		标准及特征
车辆	列车编组(辆)	2~6
	列车长度(m)	17.2/52
线路	类型	架空或地下、全封闭型
	线路半径(m)	≥ 30
	线路坡度(‰)	≤ 60
客运能力(万人·次/h)		1.5~3
供电电压及方式		DC 750 V/1 500 V 三轨供电
平均运行速度(km/h)		≥ 25

自动导向交通具有以下特点:

- (1) 中等运量。单向运输能力约为 1.5~3 万人·次/h, 最高运行速度为 50~80 km/h
- (2) 路权专用, 计算机自动控制运行, 属无人驾驶服务类型, 安全可靠。
- (3) 采用电力牵引, 轨道混凝土结构, 橡胶轮胎导向, 噪声小, 爬坡能力强。
- (4) 地下线路投资和建设周期与地铁相近, 地上线路与轻轨相近。

(六) 磁悬浮列车

磁悬浮列车(Maglev Train)是一种利用电磁力抗拒地心引力, 使车体浮离轨道, 并用直线电机牵引的现代轨道交通系统。因此, 车辆没有转向架。现行标准轨距为 2 800 mm, 主要在高架桥上运行, 特殊地段也可在地面或地下隧道中运行。

磁悬浮列车适用于城市人口超过 200 万的特大城市, 是重大客流集散区域或城市群市际之间较为理想的直达客运交通, 也是中运量轨道运输系统的一种先进技术客运方式, 对客运能力 1.5~3 万人·次/h 的中远程交通走廊较为适用。

目前, 磁悬浮系统列车主要有两种基本类型:

- (1) 高速磁悬浮列车, 其最高行车速度可达 500 km/h, 如图 1-8 所示。
- (2) 中低速磁悬浮列车, 其最高行车速度可达 100 km/h。

1. 高速磁悬浮系统

高速磁悬浮系统的主要技术参数为:

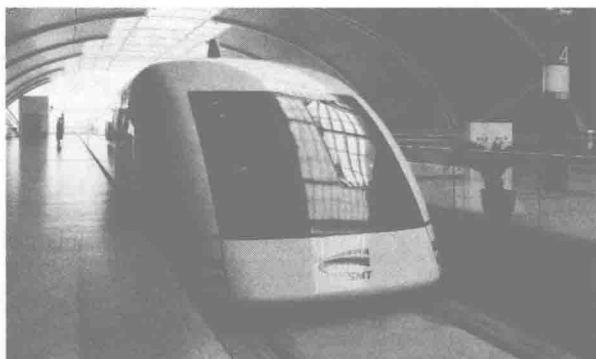


图 1-8 上海磁悬浮列车

车辆长度·····	端车 27 m, 中间车 24.8 m
车辆宽度·····	3 700 mm
车辆高·····	4.2 m
车辆的定员标准 (一般按座位数来确定) ···	端车 120 人, 中间车 144 人, 不考虑站 立定员
线路最小半径·····	不宜 < 350 m
线路坡度·····	≤ 100‰
最高行车速度·····	≤ 500 km/h

高速磁悬浮系统由于行车速度很高, 通常对于站间距离不小于 30 km 的城市之间远程客运交通较为适宜。

高速磁悬浮系统的列车编组, 通常由 5~10 辆组成, 列车长度在 130~260 m, 要求线路有较长的站台相匹配。

2. 中低速磁悬浮系统

中低速磁悬浮系统的主要技术参数为:

车辆长度·····	12~15 m
车辆宽度·····	2 600 mm
车辆高·····	3 200 mm

列车载客定员:

4 辆编组·····	约 320~480 人
6 辆编组·····	约 480~720 人