



高等职业教育城市轨道交通专业规划教材
GAODENG ZHIYE JIAOYU CHENGSHI GUIDAO
JIAOTONG ZHUANYE GUIHUA JIAOCAI

URBAN RAIL TRANSIT

CHENGSHI GUIDAO JIAOTONG CHELIANG GOUZAO

城市轨道交通车辆构造

主 编 史富强 祁国俊
副主编 李彦武 马仲智
主 审 朱圣瑞



重庆大学出版社
<http://www.cqup.com.cn>



城市轨道交通 车辆构造

主 编 史富强 祁国俊
副主编 李彦武 马仲智
参 编 王利东 张 亮 都荣兴
 吴 敏 马进火 杨少选
主 审 朱圣瑞

重庆大学出版社

内 容 提 要

本书是在全国铁路职业教育教学指导委员会的指导下编写的高等职业教育城市轨道交通专业规划教材。本书在内容上按项目式教学方式编写,深入浅出地介绍了城市轨道交通车辆各部分的构造、原理及城市轨道交通车辆的动力学等基本理论,全书共 15 个项目,主要包括城市轨道交通车辆基础知识及发展概况、车体、转向架、车辆连接装置、制动系统、空调系统及城市轨道交通车辆动力学基础等。

本书可作为城市轨道交通专业驾驶及检修方向的教材,也可作为职业院校城市轨道交通专业的教学用书,还可供从事城市轨道交通车辆专业工作的广大科技人员学习参考。

图书在版编目(CIP)数据

城市轨道交通车辆构造/史富强,祁国俊主编. —重庆:重庆大学出版社,2013. 11

高等职业教育城市轨道交通专业系列教材

ISBN 978-7-5624-7449-4

I. ①城… II. ①史… ②祁… III. ①城市铁路—铁路车辆—车体构造—高等教育—教材
IV. ①U270. 3

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 262648 号

城市轨道交通车辆构造

主 编 史富强 祁国俊

副主编 李彦武 马仲智

主 审 朱圣瑞

策划编辑:曾显跃

责任编辑:谭 敏 姜 凤 版式设计:曾显跃

责任校对:陈 力 责任印制:赵 晟

*

重庆大学出版社出版发行

出版人:邓晓益

社址:重庆市沙坪坝区大学城西路 21 号

邮编:401331

电话:(023) 88617190 88617185(中小学)

传真:(023) 88617186 88617166

网址:<http://www.cqup.com.cn>

邮箱:fxk@cqup.com.cn (营销中心)

全国新华书店经销

重庆五环印务有限公司印刷

*

开本:787×1092 1/16 印张:25.75 字数:643千

2013 年 11 月第 1 版 2013 年 11 月第 1 次印刷

印数:1—3 000

ISBN 978-7-5624-7449-4 定价:48.00元

本书如有印刷、装订等质量问题,本社负责调换

版权所有,请勿擅自翻印和用本书

制作各类出版物及配套用书,违者必究

编审委员会

主任	祁国俊	代礼前
副主任	曹双胜	史富强
委员	葛党朝	刘煜
	王治根	禹建伟
	何鹏	毕恩兴
	李宏菱	马仲智
	朱圣瑞	麻建省
	李彦武	秦孝峰
	吴敏	

序

轨道交通以其快捷、舒适等其他交通工具无法比拟的优越性,成为城市交通发展新的热点和重点。当前我国的城市轨道交通正处在大发展、大建设时期,截至 2012 年年底,全国有 16 座城市共开通运营 70 条线,总里程 2 081.13 km。

随着城市轨道交通行业的迅猛发展,相应运营专业人才的需求也日益紧迫,尤其是具有理论和实践性的复合型人才尤为紧缺。为适应新形势,近年来,国内的大专院校,尤其是交通职业技术类院校的城市轨道交通专业迅速扩大,早出人才、快出人才、出实用型人才成为学校和业界的共同愿望。通过一系列的调研和准备工作,在重庆大学出版社的倡导下,西安市地下铁道有限责任公司联合多省市交通类高职高专院校(如陕西交通职业技术学院、广东交通技师职业技术学院等)建立了校企合作联盟,组织具有丰富实践经验的轨道企业技术人员和职业院校的一线教师,与地铁运营实际紧密结合,共同编写了高等职业教育城市轨道交通专业规划教材。

这套规划教材采用校企合作模式编写,结合全国轨道交通发展状况,推出的面向全国、面向未来的教材,既汇集了高校专业教师们的理论知识,也汇聚了城市轨道交通专业技术部门创业者们的宝贵经验。

为做好教材的编写工作,重庆大学出版社专门成立了由著名专家组成的教材编写委员会。这些专家对城市轨道交通专业教学作了深入细致的调查研究,对教材编写提出了许多建设性意见,慎重地对每一本教材一审再审,确保教材本身的高质量水平,对教材的教学思想和方法的先进性、科学性严格把关。

“校企合作”“理论与实践相结合”是本套系列教材的特点,不但可以满足当前城市轨道交通运营技术管理的需要,也为今后的城市轨道交通运营发展管理提出了新思考。随着运营管理的要求越来越高,以及新技术的不断应用,本系列教材必然还要不断补充、完善,希望该套教材的出版能满

足广大职业院校培养城市轨道交通专业人才的需求,能成为城市轨道交通运营技术管理人员的“良师益友”。

建设部地铁轻轨研究中心 顾问总工
建设部轨道交通建设标准 主 编
建设部轨道交通专家委员会 专家委员



2013年7月26日

前言

当前,我国城市轨道交通正处于飞速发展的大好时机,地铁、轻轨、单轨和磁悬浮等各种城市轨道交通系统如雨后春笋般出现在全国各大城市。城市轨道交通系统是集线路、车辆、供电、通信信号、自动售检票、运营管理等多种专业工种于一体的综合系统;而且不断有新工艺、新技术运用在城市轨道交通各个专业,因此急需建设、运营和维修方面的人才。但由于城市轨道交通在我国还是个新生事物,缺乏前期经验积累,目前关于城市轨道交通车辆技术方面的专门教材甚少,尚不能满足城市轨道交通专业教育和培训的需要,因此,我们组织在城市轨道交通方面有教学经验的老师和在城市轨道交通一线工作的工作人员共同编写了《城市轨道交通车辆构造》这本教材,试图填补这方面的空缺。

《城市轨道交通车辆构造》是属于职业教育城市轨道交通专业规划教材,按项目式教学方式编写,全书共分15个项目,深入浅出地介绍了城市轨道交通车辆各部分的构造、原理及城市轨道交通车辆的动力学基本理论。本教材的特点是: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、反映本学科技术领域的现状及发展,在编写时采用了大量形象生动的工作原理图。主要内容包括城市轨道交通车辆基础知识及发展概况、车体、转向架、车辆连接装置、制动系统、空调系统及城市轨道交通车辆动力学基础等。

本教材由西安铁路职业技术学院史富强和西安地铁有限公司祁国俊共同担任主编,充分体现了本系列教材校企合作的特色,全书由史富强统稿。由西安铁路职业技术学院史富强、马仲智和西安地铁公司运营分公司车辆部李彦武、王利东、马进火、张亮、都荣兴、吴敏、杨少选等共同完成。具体分工如下:史富强编写项目3、项目5、项目6;李彦武编写项目1、项目2、项目4;王利东、马仲智共同编写项目12、项目14;吴敏、杨少选共同编写项目9;张亮、马仲智共同编

写项目 7、项目 8；马进火、杨少选共同编写项目 10、项目 11，都兴荣编写项目 13、项目 15。本书由武汉轻轨公司朱圣瑞担任主审。

本书可作为城市轨道交通专业驾驶及检修方向的教材，也可作为职业院校城市轨道交通专业的教学用书工作，还可供从事城市轨道交通车辆专业工作的广大科技工作人员学习参考。

由于编者水平有限，书中难免有不足和疏漏之处，敬请各位读者批评指正。

编 者

2013 年 2 月

目 录

项目 1 现代城市轨道交通发展概况	1
任务 1 城市轨道交通运输形式的认知	2
任务 2 我国城市轨道交通发展展望	11
项目 2 城市轨道交通车辆基础知识	20
任务 1 认识城市轨道交通车辆的类型、结构组成和特点	21
任务 2 城市轨道交通车辆技术参数的分析	29
任务 3 车体编组形式、总体布置和标识的定义	36
任务 4 地铁、轻轨车辆限界的认知	43
项目 3 城市轨道交通车辆车体	51
任务 1 城轨车辆车体的认知	51
任务 2 城轨车辆铝合金车体的认知	56
任务 3 城轨车辆不锈钢车体的认知	63
任务 4 车体的模块化结构研究	74
任务 5 车体材料的探讨	78
项目 4 车门	85
任务 1 车门类型及结构原理认知 1	85
任务 2 车门类型及结构原理认知 2	94
项目 5 城市轨道交通车辆转向架	113
任务 1 城市轨道交通车辆转向架的整体认知	113
任务 2 转向架构架的认知	124
任务 3 轮对轴箱装置的认知	130
任务 4 弹簧减振装置的认知	144
任务 5 转向架牵引装置的认知	157
任务 6 驱动装置的认知	166
任务 7 典型城轨车辆转向架分析	174
项目 6 城市轨道交通车辆连接装置	212
任务 1 城轨车辆连接装置的基本认识	213

任务 2	城轨车辆车钩装置的认识与学习	216
任务 3	缓冲装置的认知	224
任务 4	附属装置的认知	231
任务 5	贯通道的认知	235
项目 7	城市轨道交通车辆制动系统	240
任务 1	学习城轨空气制动系统的基本知识	240
任务 2	学习城轨电制动的基本知识	248
项目 8	城市轨道交通车辆受电弓	254
任务 1	受电弓的基本组成及工作原理认知	254
任务 2	调试受电弓与认知避雷器	262
项目 9	城市轨道交通车辆空调系统	270
任务 1	空气调节的概念与原理的认知	270
任务 2	城轨车辆空调系统构成的认知	276
任务 3	城轨车辆空调机组的认知和维护	282
任务 4	城轨车辆空调附属设备的认知和维护	290
项目 10	城市轨道交通车辆牵引传动及辅助供电系统	297
任务 1	牵引传动系统的认知	297
任务 2	辅助供电系统的认知	304
项目 11	城市轨道交通车辆微机控制与诊断系统.....	313
任务 1	城轨车辆微机控制系统的认知	313
任务 2	ATI 系统在城轨车辆中的应用.....	317
项目 12	城市轨道交通车辆内装	325
任务 1	城市轨道交通车辆车体内装的认知	326
任务 2	城市轨道交通车辆司机室的认知	333
项目 13	城市轨道交通车辆乘客信息系统	343
任务 1	城轨车辆列车广播系统的认知	343
任务 2	媒体播放系统的认知	350
任务 3	CCTV 监控系统的认知	353
项目 14	城市轨道交通车辆动力学基础	361
任务 1	城轨车辆振动的原因及基本振动形式的研究	362
任务 2	车辆运行安全性及平稳性评定标准研究	365

任务 3	轮轨接触及滚动理论研究	368
任务 4	车辆的蛇形运动稳定性研究	372
任务 5	车辆运行时的振动分析	375
任务 6	车辆的曲线通过研究	380
项目 15	城市轨道交通车辆新技术	385
任务 1	直线电机地铁车辆的认知	385
任务 2	磁悬浮列车的认知	391
参考文献	398

项目 1

现代城市轨道交通发展概况

【项目描述】

城市公共交通系统是城市发展的形象窗口之一,对城市的政治经济、文化教育、科学技术等方面的发展影响极大,也是城市基础建设的一个重要方面。城市客运交通包括公共交通和非公共交通两大部分。城市公共交通是城市客运交通的主体,主要包括在城市中提供给公众使用的各种交通工具,如公共汽车、电车、轮渡、地铁、轻轨、出租汽车以及缆车、索道等;城市公共交通是城市基本功能的重要组成部分,对促进城市的经济发展和保证



人们工作、学习与生活正常化起着相当重要的作用;随着社会经济的发展,城市人口不断增多,生活质量逐步提高,人们对城市客运交通服务的要求也越来越高,大运量的地铁、轻轨等轨道交通运输方式,既解决了城市中日益增长的客运需求,而且以其快捷、准时、舒适、安全等特点而备受人们青睐;城市轨道交通不但可以为城市居民提供安全、高效、快捷、优质的客运服务,而且可以为城市进一步发展提供良好的基础交通设施条件。目前,从世界各国的较发达城市交通发展来看,这些城市均形成以轨道交通为主,其他各种交通工具协调发展的格局,形成多层次、立体化综合交通体系。经济发达国家城市的交通发展历史告诉我们,只有采用大客运量的城市轨道交通(地铁和轻轨)系统,才是从根本上改善城市公共交通状况的有效途径。

【学习目标】

通过本项目的学习要求掌握以下基本知识:

1. 掌握城市轨道交通系统的主要特点。
2. 掌握城市轨道交通系统的主要形式。
3. 掌握城市轨道交通发展的新趋势。
4. 掌握我国目前城市轨道交通发展概况。

【技能目标】

1. 能根据轨道交通的发展趋势提出我国某个城市应该选择的交通方式。
2. 能描绘出新型轨道交通在我国的应用前景。

任务 1 城市轨道交通运输形式的认知

【活动场景】

本任务建议在以下两种场景下完成:①在城市轨道交通车辆生产车间或检修现场;②在能够使用多媒体展示城市轨道交通车辆车体的使用与生产或有城市轨道交通车辆模型的模型室进行。

【任务要求】

1. 了解城市轨道交通发展。
2. 掌握城市轨道交通系统中地铁、轻轨、独轨等的主要特征及使用范围。
3. 能根据城市发展的特点进行城市轨道交通车辆的基本选型。

【知识准备】

在城市内,建设在固定轨道上运行并主要用于城市客运的交通系统,称为城市轨道交通系统。城市轨道交通系统具有固定线路,编组化运行、运量大、速度快、电力牵引、环保、全隔离路权等特点。

“城市轨道交通系统”是一个包含范围较大的概念,目前在国际上尚无统一定义。一般而言,广义的城市轨道交通是指以轨道运输方式为主要技术特征,在城市公共客运交通系统中具有中等以上运量的轨道交通系统,主要为城市内(有别于城际铁路,但可涵盖郊区及城市圈范围)公共客运服务,是一种在城市公共客运交通中起骨干作用的现代化立体交通系统。城市轨道交通系统(Urban Rail Transitmass System 或 Transit System)简称城轨交通,主要包括地铁、轻轨铁路、独轨铁路、新交通系统及城市铁路等。

城轨交通是近代高科技的产物,大多采用全封闭道路,立体交叉,自动信号控制调度系统和轻型快速电动车组等高科技产品和手段,行车密度大,运行速度快,载客能力大,运送客流的能力与传统的道路公共交通工具相比,具有无与伦比的优越性。另外,城市轨道交通一般均采用性能优良的电动车组,无污染、低噪声,有“绿色交通”的美称。以大运量、高效率、低污染等优势而成为许多大城市解决交通问题的首要选择。表 1.1 为城市轨道交通系统的主要技术参数。

表 1.1 城市轨道交通系统的主要技术参数

系统类型	高运量地铁	大运量地铁	中运量轻轨	次中量轻轨	低运量轻轨
车辆类型	A 型车	B 型车	C-I , C-II 型车	C-II 型车	现代有轨电车
最大客运量/(单向万人次 h ⁻¹)	4.5 ~ 7.5	3.0 ~ 5.5	1.0 ~ 3.0	0.8 ~ 2.5	0.6 ~ 1.0

续表

系统类型		高运量地铁	大运量地铁	中运量轻轨	次中量轻轨	低运量轻轨
车辆类型		A 型车	B 型车	C-I ,C-II 型车	C-II 型车	现代有轨电车
线路	线路形态	隧道为主	隧道为主	地面或高架	地面为主	地面
	路用情况	专用	专用	专用	隔离或少量混用	混用为主
	平均站距/m	800 ~ 1 500	800 ~ 1 200	600 ~ 1 000	600 ~ 1 000	600 ~ 800
车辆	车辆宽度/m	3	2.8	2.6	2.6	2.6
	车辆定员/人	310	240	320	220	104 ~ 202
	最大轴重	16	14	11	10	9
	最大时速/(km·h ⁻¹)	80 ~ 100	80	80	70	45 ~ 60
	平均运行速度/(km·h ⁻¹)	34 ~ 40	32 ~ 40	30 ~ 40	25 ~ 35	15 ~ 25
	轨距/mm	1 435	1 435	1 435	1 435	1 435
供电	额定电压/V	DC1500	DC750	DC750	DC750(600)	DC750(600)
	受电方式	架空线	第三轨	架空线/第三轨	架空线	架空线
	列车运行方式	ATO/司机驾驶	ATO/司机驾驶	ATO/司机驾驶	司机驾驶	司机驾驶
	行车控制技术	ATC	ATC	ATP/ATS	ATP/ATS	ATS/CTC
运营	列车最大车辆编组	6 ~ 8	6 ~ 8	4 ~ 6	2 ~ 4	2
	列车最小行车间隔/s	120	120	120	150	300

城市轨道交通运输形式

城市轨道交通系统主要包括地铁、轻轨、独轨、新交通系统和磁悬浮等。

1) 地铁交通

“地铁”是“地下铁道交通”的简称,是一种在城市中修建的快速、大运量的轨道交通,通常以电力牵引,其单向高峰小时客运能力可达 30 000 ~ 70 000 人次的大容量轨道交通系统,线路通常设在地下隧道内,也有的设在城市中心以外地区从地下转到地面或高架桥上。

【小贴士】地铁的概念不仅是指在地下隧道内运行的城市轨道交通系统,地铁的线路根据城市的具体情况也可能在地面封闭线路或高架桥上。

地铁的英语简称是 Metro、Subway 或 Underground Railway,目前国内地铁使用比较多的是 Metro。地铁系统 1863 年诞生于英国伦敦,蒸汽机车牵引,长度只有 6 km,1879 年电力机车研制成功以后,地铁多采用电力牵引,大大改善了地铁的客运环境和服务设施。目前,世界上一些著名的特大城市纽约、伦敦、巴黎、莫斯科、东京、中国北京和上海等,均已形成一定的城市轨道交通规模和网络,且以地铁为主干,可延伸到城市的各个方向。经过一百多年的发展,全球范围内已有 40 多个国家和地区的大城市都建有地下铁道,已建成地铁线路总里程约 5 000 km。

地铁的主要优点:①电力牵引、轮轨导向、轴重相对较重,驱动的主要方式有直流电机、交流电机、直线电机等;②具有一定规模运量。地铁的运能单向在3万人次/h以上,最高可达6万~8万人次/h;③按运行图行车,一般4~10辆编成一组,运行在地下隧道内,或根据城市的具体条件,运行在地面或高架线路上;④速度高。地铁的最高速度可达90 km/h,旅行速度可达40 km/h以上,车辆运行最小间隔可低于1.5 min。⑤安全、准时、节省能源、不污染环境、节省城市用地。

地铁的主要缺点:造价昂贵,每公里投资在3亿~6亿元人民币,建设成本高,建设周期长。

地铁适用于出行距离较长、客运量需求大的城市中心区域。一般认为,人口超过百万的大城市就应该考虑修建地铁。地铁的主要技术参数见表1.2。

表1.2 地铁的主要技术参数

顺序	项目	技术参数	顺序	项目	技术参数
1	高峰小时单向运送能力/人	30 000 ~ 70 000	9	安全性和可靠性	较好
2	列车编组	4~8节、最多11节	10	最小曲线半径/m	300
3	列车容量/人	3 000	11	最小竖曲线半径/m	3 000
4	车辆构造速度/(km·h ⁻¹)	80 ~ 100	12	舒适性	较好
5	平均运行速度/(km·h ⁻¹)	30 ~ 40	13	城市景观	无大影响
6	车站平均间距/m	600 ~ 2 000	14	空气污染、噪声污染	小
7	最大通过能力/(对·h ⁻¹)	30	15	站台高度	一般为高站台
8	与地面交通隔离率	100%			

近年来,许多发展中国家的大城市都在规划、新建地铁,以缓解其大城市日趋严重的交通压力,如墨西哥、里约热内卢、加尔各答以及中国的香港等都已建成地铁。图1.1为墨西哥地铁车辆。



图1.1 墨西哥地铁车辆

地铁的主要特征表现在以下7个方面:

①大部分线路建于地面以下。在市中心区时车站和区间线路均设于地下,当线路延伸到近郊时,常采用高架或路堤,以节约线路建设的投资成本。

②建设费用高、耗时周期长、成本回收慢。新建地铁线路投资一般在每公里5 000万美元以上;一般建造一条地铁线路需5~10年,成本回收需20~30年。

③客运量和站台的长度决定了列车的编组数。一般车辆编组为2~8辆。站台长度一般为100~200m,站间距一般为0.5~1.5km。车辆编组按有、无动力装置可分为动车与拖车两种,一般列车采用动车与拖车混合编组的动车组,并为电力驱动。

④受电的制式主要有直流750V第三轨受电和直流1 500V架空线受电弓受电。对于发车频率高、列车取用电流大的线路,受电额定电压一般采用1 500V,以利于减少线路电压降和电能损失,加大牵引变电站的距离,提高列车再生制动的电能回收率。

⑤行车密度大、速度高。由于线路全隔离、全封闭,从而可实现行车调度、信号控制的自动化,行车间隔最短达1.5~2min,车辆最高时速达80km以上,旅行速度不低于35km/h。

⑥客运量大。单向每小时最大客运量可达3万~8万人次,这对于大城市中心区高峰期乘客的疏通十分有效。

⑦地铁的消音、减振和防火有严格的要求,能满足客运容量大、安全、快速、舒适和节能等方面的要求。

下列是几个典型城市地铁线路的主要参数,见表1.3。

表1.3 典型城市地铁线路主要参数表

序号	城市名称	运营年份	运营	轨距/mm	牵引供电		运营(行驶)速度 /(km·h ⁻¹)
			线路长度/km		电压/V	方式	
1	纽约	1904	592.0	1 435	625	第三轨	29.0
2	芝加哥	1892	143.0	1 435	600	接触网/第三轨	45.0
3	墨西哥城	1969	202.0	1 995/1 435	750	第三轨	35.0
4	伦敦	1865	392.0	1 435	600	第三轨	32.5
5	巴黎	1900	338.0	1 440	750	第三轨	42.0
6	柏林	1902	180.0	1 435	750	第三轨	31.0
7	莫斯科	1935	274.0	1 520	825	第三轨	48.0
8	东京	1927	243.0	1 067/1 435	600/1 500	第三轨/接触网	45.0
9	香港	1979	38.6	1 435	1 500	接触网	33.0

2) 轻轨交通

现代城市轻轨交通是一种集多专业先进技术于一体的系统工程,在信号自动控制 and 集中调度配合下,能快速而安全地完成中等运量的旅客运输任务,客运量介于地铁和公共汽车之间。

城市轻轨交通是在20世纪70年代有轨电车的基础上发展起来的。有轨电车1881年诞生于德国,1888年投入商业运营,20世纪末和21世纪初发展较快,在当时的城市公共交通中起骨干作用。但由于有轨电车的线路占地多,运行速度低,噪声大,乘坐舒适性差等缺点,因此随着汽车工业的发展和居民生活水平的不断提高,有轨电车在一些城市被拆除,当然也有一些城市因为有轨电车的节约能源、无污染、造价低廉等特点仍在继续使用。近年来,随着汽车数

量的大幅增加,交通堵塞,行车速度下降,空气和噪声污染严重,停车位、停车场严重不足等问题的出现,使得一些国家和地区又重新考虑使用有轨电车,图 1.2 是奥格斯堡的 7 节低地板现代有轨电车,另外还有一些更为先进,采用线路隔离,自动化信号调度系统和高新技术的车辆等改造措施,从而形成轻轨交通系统 LRT(Light Rail Transit)和轻轨车辆 LRV(Light Rail Vehicle)。

轻轨交通的主要特点是其轨道和车辆都是轻型的,运输系统相对也比较简单,较适宜于中等运量的城市客运交通。联邦德国是轻轨交通发展较早且使用较普遍的国家,已投入运营的线路超过 1 000 km,较集中于柏林、慕尼黑和鲁尔地区。目前,发展中国家的轨道交通主要集中在 200 万人口以上的城市,一般只在特大城市发展地铁,更多的则是发展轻轨交通。如图 1.2 所示为欧洲国家普遍使用的低地板轻轨车辆。



图 1.2 低地板轻轨车辆

城市轻轨交通具有以下特征:

①类比于地铁,采用转向架承载。轻轨车辆轴重一般为 10 ~ 12 t,车辆以直流或交流提供牵引动力。

②建设费用低,仅为地铁的 1/5 ~ 1/2。

③每小时单向运输能力一般为 2 万 ~ 4 万人次,介于地铁和公共汽车(每小时 4 000 ~ 8 000 人次)之间,属于中等运能的一种公共交通形式。

④轻轨线路可以为地面、地下和高架混合型,一般与地面道路完全隔离,采用半封闭或全封闭专用车道。在通过交叉路口处,采用立体交叉形式,保证车辆以较高速度运行。

⑤轻轨车辆有单节 4 轴车,双节单铰 6 轴车和 3 节双铰 8 轴车等,如图 1.3 所示。每组车可以单节运行,也可以联挂编列。车辆能够通过小半径曲线($R = 50 \text{ m}$)和大坡度(60‰ ~ 70‰)地段。

⑥轻轨交通对环境影响小,尤其对车辆和线路的消音和减振在建设方面有较高要求。采用降噪车轮、空气弹簧、自导向和迫导向径向转向架等措施,以减轻列车运行和通过曲线的噪声。采用无缝长钢轨线路,弹性钢轨扣件和路基弹性层、弹簧路基,达到减少噪声和振动的传递。必要时在轨道两侧设置隔音挡板。将车内噪声范围控制在 67 ~ 75 dB;车速达到 50 km/h