

高等职业教育校企合作新形态系列教材——城市轨道交通类

城市轨道交通车辆机械

(第2版)(活页式)

主 编 彭建武 张桥平

副主编 刘 畅 王东升 周志刚

参 编 杨乐乐 唐明清

西南交通大学出版社

· 成 都 ·



第 1 版前言

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。

由于编者水平有限，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

2018.5



第2版前言

2019年,教育部先后印发《国家职业教育改革实施方案》《关于组织开展“十三五”职业教育国家规划教材建设工作的通知》《职业院校教材管理办法》,明确提出职业教育要突出职业教育的类型特点,统筹推进教师、教材、教法改革,深化产教融合、校企合作,推动校企“双元”合作开发教材。倡导使用新型活页式、工作手册式教材并配套开发信息化资源。每三年修订一次教材,其中专业教材随信息技术发展和产业升级情况及时动态更新,本教材正是按照此要求在原教材的基础上进行改版编写的。

本书以《高等职业学校专业教学标准》为指导,以培养应用型人才为目的。结合立德树人,促进全面发展;就业导向,明确规格定位;工学结合,注重知行合一;科学性、可行性,突出先进性、引领性等为目标。组织本校该专业的骨干教师对原有教材不适应轨道交通车辆新技术、新材料、新工艺、新结构等方面的内容进行了修改和补充。以期更好的贴近现场实际,更好地为学生和现场服务。

本书共分七章,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,编写指导思想是: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、反映本学科技术科学领域的现状及发展。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科技人员学习参考。

本书具有以下特点:

1. 采用新型活页式教材形式,配套有丰富的数字化资源,方便实现线上线下互动教学。
2. 以职业技能等级标准为依据设计教材框架和内容,将新知识、新技术以案例形式引入教学。
3. 配套有丰富的数字化资源,如微课、动画、仿真、习题答案等。这些资源均可通过扫描书中相应位置的二维码或登录“轨道在线”超媒体数字教育平台进行学习。
4. 采用新型活页式教材形式,加入二维码,充分体现了“互联网+职业教育”的新要求。
5. 教材装帧精美,版式新颖。

编者

2021.2



目录

第一章 城市轨道交通概要	001
第一节 城市轨道交通的类型	001
一、城市轨道交通的定义	001
二、城市轨道交通的分类	001
第二节 城轨交通车辆的类型及组成	009
一、车辆类型	009
二、车辆组成	011
第三节 城轨交通车辆的编组及标识	013
一、列车编组	013
二、车辆编号	014
三、车端、车侧、车门、座位等的标识与定义	016
第四节 城轨交通车辆技术参数	018
一、技术参数解析	018
二、广州地铁一号线车辆主要技术参数	021
三、天津滨海轻轨车辆主要技术参数	022
第五节 地铁、轻轨车辆限界	024
一、车辆限界的概念	024
二、地铁限界	027
三、轻轨限界	031
复习思考题	031
第二章 车体	0 错误!未定义书签。
第一节 概述	0 错误!未定义书签。
一、车体的作用与分类	0 错误!未定义书签。
二、车体的基本特征和技术参数	0 错误!未定义书签。
第二节 钢制车体	0 错误!未定义书签。
第三节 不锈钢车体	0 错误!未定义书签。
一、不锈钢车体发展概况	0 错误!未定义书签。
二、不锈钢的型号及特性	0 错误!未定义书签。

三、不锈钢车体的结构	0	错误!未定义书签。
第四节 铝合金车体	0	错误!未定义书签。
一、铝合金材料的特性	0	错误!未定义书签。
二、铝合金材料车体的特点	0	错误!未定义书签。
三、铝合金车体形式	0	错误!未定义书签。
四、铝合金车体具体结构	0	错误!未定义书签。
五、铝合金车体架车	0	错误!未定义书签。
六、不锈钢车体与铝合金车体比较	0	错误!未定义书签。
第五节 车体的模块化结构	0	错误!未定义书签。
一、模块化结构的概念	0	错误!未定义书签。
二、模块化结构的优点	0	错误!未定义书签。
三、模块化结构的缺点	0	错误!未定义书签。
复习思考题	0	错误!未定义书签。
第三章 车辆设备及其布置	0	错误!未定义书签。
第一节 概述	0	错误!未定义书签。
一、车辆设备作用和分类	0	错误!未定义书签。
二、机电设备及电、气管线布置原则	0	错误!未定义书签。
第二节 车顶设备	0	错误!未定义书签。
一、受电弓、避雷器、主熔断器	0	错误!未定义书签。
二、空调单元	0	错误!未定义书签。
第三节 车底设备	0	错误!未定义书签。
一、武汉地铁一号线列车车底设备的布置	0	错误!未定义书签。
二、深圳地铁一号线车辆车下设备的布置	0	错误!未定义书签。
三、车底设备功能介绍（以武汉地铁一号线车辆为例）	0	错误!未定义书签。
第四节 车内设备	0	错误!未定义书签。
一、司机室设备	0	错误!未定义书签。
二、客室设备	0	错误!未定义书签。
三、贯通道	0	错误!未定义书签。
四、消防设施	0	错误!未定义书签。
五、车辆灯光	0	错误!未定义书签。
复习思考题	0	错误!未定义书签。
第四章 车门	0	错误!未定义书签。
第一节 概述	0	错误!未定义书签。
一、城轨车辆车门的特点	0	错误!未定义书签。
二、城轨车辆车门分类	0	错误!未定义书签。

第二节 客室车门	0	错误!未定义书签。
一、客室车门的位置、编号及状态显示	0	错误!未定义书签。
二、车门主要技术参数	0	错误!未定义书签。
三、门的控制功能	0	错误!未定义书签。
第三节 塞拉门	0	错误!未定义书签。
一、塞拉门系统组成	0	错误!未定义书签。
二、塞拉门的部件结构	0	错误!未定义书签。
三、塞拉门系统的工作原理	0	错误!未定义书签。
第四节 气动门	0	错误!未定义书签。
一、基本控制元件	0	错误!未定义书签。
二、车门的机械传动系统	0	错误!未定义书签。
三、车门气动控制工作原理	0	错误!未定义书签。
复习思考题	0	错误!未定义书签。
第五章 转向架	0	错误!未定义书签。
第一节 概述	0	错误!未定义书签。
一、转向架的定义	0	错误!未定义书签。
二、转向架的主要功能及要求	0	错误!未定义书签。
三、转向架组成	0	错误!未定义书签。
四、转向架分类	0	错误!未定义书签。
第二节 构架	0	错误!未定义书签。
一、构架的作用及要求	0	错误!未定义书签。
二、构架的分类	0	错误!未定义书签。
三、构架的结构	0	错误!未定义书签。
第三节 轴箱轮对装置	0	错误!未定义书签。
一、轮对	0	错误!未定义书签。
二、轴承、轴箱装置	0	错误!未定义书签。
第四节 弹簧减振装置	0	错误!未定义书签。
一、弹性元件	0	错误!未定义书签。
二、减振器	0	错误!未定义书签。
第五节 空气弹簧系统组成	0	错误!未定义书签。
一、高度调整阀	0	错误!未定义书签。
二、差压阀	0	错误!未定义书签。
第六节 中央牵引装置	0	错误!未定义书签。
一、中心销及销座	0	错误!未定义书签。

二、复合弹簧、压板及螺母	错误!未定义书签。
三、牵引杆	错误!未定义书签。
四、牵引梁	错误!未定义书签。
五、横向减振器	错误!未定义书签。
六、横向挡组成	错误!未定义书签。
七、起抬保护螺栓	错误!未定义书签。
第七节 牵引驱动装置	错误!未定义书签。
第八节 转向架的悬挂	错误!未定义书签。
一、一系悬挂	错误!未定义书签。
二、二系悬挂	错误!未定义书签。
三、车体与转向架载荷的传递	错误!未定义书签。
第九节 转向架附属装置	错误!未定义书签。
第十节 直线电机转向架简介	错误!未定义书签。
一、直线电机的基本原理	错误!未定义书签。
二、直线电机转向架的特点	错误!未定义书签。
三、直线电机转向架的结构	错误!未定义书签。
四、转向架参数	错误!未定义书签。
第十一节 独轨转向架	错误!未定义书签。
一、跨座式独轨转向架	错误!未定义书签。
二、悬挂式独轨转向架	错误!未定义书签。
第十二节 径向转向架简介	错误!未定义书签。
复习思考题	错误!未定义书签。
第六章 车辆连接装置	错误!未定义书签。
第一节 车钩缓冲装置	错误!未定义书签。
一、车钩缓冲装置的作用	错误!未定义书签。
二、车钩连接装置的分类	错误!未定义书签。
第二节 密接式车钩	错误!未定义书签。
一、自动车钩	错误!未定义书签。
二、半自动车钩	错误!未定义书签。
三、半永久牵引杆	错误!未定义书签。
第三节 附属装置	错误!未定义书签。
一、电气车钩	错误!未定义书签。
二、风管连接器	错误!未定义书签。
三、车钩安装吊挂系统	错误!未定义书签。

第四节 贯通道装置	错误!未定义书签。
一、概述	错误!未定义书签。
二、基本原理及结构	错误!未定义书签。
第五节 缓冲器	错误!未定义书签。
一、缓冲器的作用与分类	错误!未定义书签。
二、缓冲器的主要参数	错误!未定义书签。
三、缓冲器的结构与工作原理	错误!未定义书签。
复习思考题	错误!未定义书签。
第七章 空调系统	错误!未定义书签。
第一节 制冷常用名词及概念	错误!未定义书签。
一、工质的基本状态参数	错误!未定义书签。
二、蒸汽液体两相转变过程中的几个概念	错误!未定义书签。
第二节 制冷的基本原理	错误!未定义书签。
第三节 制冷剂	错误!未定义书签。
一、对制冷剂的要求	错误!未定义书签。
二、空调制冷剂性能	错误!未定义书签。
三、制冷剂液体过冷、过热对制冷循环影响	错误!未定义书签。
第四节 地铁列车客室内空气参数的确定	错误!未定义书签。
一、客室内空气参数	错误!未定义书签。
二、外气参数的确定	错误!未定义书签。
第五节 空调系统的主要组成部件	错误!未定义书签。
一、制冷压缩机	错误!未定义书签。
二、换热器及其辅助设备	错误!未定义书签。
三、空调装置的自动化控制	错误!未定义书签。
第六节 城轨车辆空调装置	错误!未定义书签。
一、系统布置和气流组织	错误!未定义书签。
二、车顶一体式空调机组的组成	错误!未定义书签。
复习思考题	错误!未定义书签。
参考文献	错误!未定义书签。

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。这个定义涵盖了三方面内容：

- (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、旅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现多元化发展态势，但因其技术特征的复杂性和各地定义的标准不一，使得各地的轨道交通系统没有统一、规范的标准。为此，建设部于 2007 年颁布了《城市公共交通分类标准》(以下简称《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。

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见表 1-1 所示。



图 1-1 在地上运行的广州地铁车辆

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/kN	160	140	130
	列车编组/辆	4~8	4~8	4~8
	列车长度/m	100~190	80~160	70~140
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/m²）计算。

② 平均运行速度即旅行速度。

地铁具有以下特点：

(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 80 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，适用于大、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见表 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- 型单节四轴车	C- 型单铰双节六轴车	C- 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/kN	110	110	110
	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 3~4 亿元/km，约为地铁的 3/4~4/5；建设周期为 2~3 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，同时也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见表 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/kN	110	—
	列车编组/辆	4~6	—
	列车长度/m	60~85	—

续表

项 目		标准及特征	
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 0.6~0.8 万人·次/h，最高运行速度为 70 km/h。



图 1-6 现代有轨电车

(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。现代有轨电车线路造价一般为 0.5~1.5 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，市区边缘或郊区采用高架结构，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见表 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
	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。



图 1-8 上海磁悬浮列车

1. 高速磁悬浮系统

高速磁悬浮系统的主要技术参数：

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）... 立定员	端车 120 人，中间车 144 人，不考虑站
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：

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
线路半径.....	50 m
线路坡度.....	70‰
最高行车速度.....	100 km/h

中低速磁悬浮系统由于行车速度相对较低，对于城市区域内站间距大于 1 km 的中短途客运交通线路较为适宜。

中低速磁悬浮系统的列车编组通常由 4~10 辆组成，列车长度在 60~150 m 左右，要求线路有较长的站台相匹配。

磁悬浮列车具有以下特点：

(1) 通过磁力支撑起车体，导轨与车体之间不发生摩擦，没有轮轨摩擦关系，所以运行阻力小，突破了传统轮轨列车的速度极限，最高速度可达 500 km/h，有速度快、爬坡能力强、平稳、舒适等优点。

(2) 通过直线电机牵引列车运行。直线电机的一个极固定在地面，与导轨一起延伸到远处，另一个极安装在列车上，向电极通交流电后，列车在磁场力作用下沿导轨前行，实现无弓网接触受电、无机械传动牵引运行，因而噪声小、列车机械维护量小。

(3) 磁浮系统是 20 世纪一项伟大的发明，它集中展示了电磁悬浮技术、计算机控制技术、信息传输技术、供电技术、材料学、空气动力学等高新技术和学科的应用。

(七) 市域快速轨道系统

市域快速轨道系统是一种大运量的轨道交通系统，客运量可达 20~45 万人·次/日。市域快速轨道系统适用于城市区域内重大经济区之间中长距离的客运交通。市域快速轨道列车，主要在地面或高架桥上运行，必要时也可采用隧道。当采用钢轮-钢轨体系时，标准轨距也为 1 435 mm，由于线路较长，站间距相应较大，必要时可不设中间站，因而可选用最高运行速度在 120 km/h 以上的快速专用车辆，也可选用中低速磁悬浮列车。

第二节 城轨交通车辆的类型及组成

城轨车辆是技术含量较高的机电设备，也是城轨交通工程中最关键的设备。其选型和技术参数不仅是界定线路技术标准的基础，也是确定系统运营管理模式和维修方式的基本条件，而且还是系统设备选型和确定设备规模的重要依据。各城市的城轨车辆的结构和性能不尽相同，这与许多因素有关，除城轨车辆提供商的技术背景和设计时考虑问题的角度有所不同以外，还与当时城轨车辆的发展水平及城市运用环境等有很密切的关系，它们都尽可能结合城市各自的特点，满足城市交通客流量大、安全、快速、舒适、美观、节能和环保的要求，具有先进性、可靠性和实用性。

一、车辆类型

目前，我国城轨交通建设尚处于初始阶段，城轨车辆的提供商较多，各城市的要求也不一样，因此，车辆品种较多，规格各异。为有利于我国城轨车辆制造、运营、维修的良性发展，车辆类型的规范化及主要技术规格的统一是十分必要的。建设部于 1999 年颁布的《城市快速轨道交通工程项目建设标准（试行本）》根据我国各城市对城轨车

辆选型的不同要求和城轨车辆的发展现状提出了 A、B、C 型车的概念，它主要是按车体宽度的不同进行分类，其主要技术规格见表 1-5 所示。《地铁车辆通用技术条件》（GB7928—2003）中对于地铁的运营车辆的技术规格也作出了相应的具体规定。

表 1-5 各类车型主要的技术规格

序号	项目名称		A 型车	B 型车	C 型车		
			四轴车	四轴车	四轴车	六轴车	八轴车
1	车辆基本长度/m		22	19	18.9	22.3	29.5
2	车辆基本宽度/m		3	2.8	2.6		
3	车辆高度 (m)	受流器车/m (加空调/无空调)	3.8/3.6	3.8/3.6	3.7/3.25		
		受电弓车/m (落弓高度)	3.8	3.8	3.7		
		受电弓工作高度/m	3.9~5.6				
4	车内净高/m		2.10~2.15				
5	地板面高/m		1.1		0.95		
6	车辆定距/m		15.7	12.6	11	7.2	
7	固定轴距/m		2.2~2.5	2.1~2.2	1.8~1.9		
8	车轮直径/m		0.840		0.760		
9	车门数 (每侧) /个		5	4	4	4	5
10	车门宽度/m		≥ 1.3				
11	车门高度/m		≥ 1.8				
12	定员人数 /人	单司机室车	295	230	200	240	315
		无司机室车	310	245	210	250	325
13	车辆轴重/t		≤ 16	≤ 14	≤ 11		
14	站立人员 标准	定员/ (人/m ²)	6				
		超员/ (人/m ²)	9				
15	最高运行速度/ (km/h)		≥ 80		≥ 70		
16	起动平均加速度/ (m/s ²)		≥ 0.9		≥ 0.85		
17	常用制动减速度/ (m/s ²)		1.0		1.1		
18	紧急制动减速度/ (m/s ²)		1.2		1.3		
19	噪声 [dB(A)]	司机室内	≤ 80		≤ 70		
		客室内	≤ 83		≤ 75		
		车外	80~85(站台)		≤ 82		

注：车辆详细技术条件，可参照《轻轨交通车辆通用技术条件》(CJ/T5021—95)和《地铁车辆通用技术条件》(GB7928—2003)。
C 型车未包括低地板车。

各种车型与线路运能的关系见表 1-6 所示。

表 1-6 车型与线路运能的关系

线路运能分类	(高运量)	(大运量)	(中运量)
	(地铁)		(轻轨)
单向运能/(万人次/h)	5~7	3~5	1~3
适用车型	A	B(或A)	C(或B)
列车最大长度/m	185	140	100
线路形式(市中心区)	全封闭	全封闭	半封/全封闭
最高速度/(km/h)	≥80	80	60~80
旅行速度/(km/h)	30~40	30~40	20~30/30~40
适用城市市区人口规模/万人	>300	>200	>100

二、车辆组成

城轨车辆类型不同,技术参数不一样,但其基本结构类似,一般城轨车辆由以下几部分组成。

(一) 车 体

车体分有司机室车体和无司机室车体两种。它主要是容纳乘客和司机驾驶(对于有司机室的车辆)的地方,又是安装与连接其他设备和部件的基础。城轨车辆车体均采用整体承载的钢结构或轻金属结构,以达到满足强度、刚度要求的同时最大限度地减轻自重。车体由车顶、底架、端墙、侧墙、车窗、车门等组成。

(二) 转向架

转向架是车辆的走行装置,安装于车体与轨道之间,用来牵引(对动力转向架而言)和引导车辆沿轨道行驶,承受并传递车体与轨道之间的各种载荷并缓和其动力作用,它是保证车辆运行品质的关键部件。一般由构架、轮对轴箱装置、弹簧悬挂装置、制动装置和中央牵引连接装置等组成。城轨车辆转向架有动力转向架和非动力(拖车)转向架之分,动力转向架还装有牵引电机及传动装置。

(三) 车辆连接装置

车辆连接装置包括车钩缓冲装置和贯通道。车钩是连接车辆使其编组成列车,并传递纵向力的一套装置。通常在车钩的后部装设缓冲装置,在车钩传递纵向力时缓和车辆

之间的纵向冲击。通过车钩还可将车辆之间的电路和空气管路进行连接。贯通道是车辆与车辆之间的客室连接通道。城轨车辆通常采用密接式车钩和宽体式贯通道。

（四）制动装置

制动装置是保证列车运行安全所必不可少的装置。不管是动车还是拖车都设有制动装置，它可以保证运行中的列车按需要减速或在规定的距离内停车。城轨车辆制动装置除常规的空气制动装置外，还有再生制动、电阻制动和磁轨制动等先进的装置。

（五）受流装置

从接触导线（接触网）或导电轨（第三轨）将电流引入列车的装置称为受流装置或受流器。受流装置按其受流方式可分为以下 5 种：

1. 杆形受流器

外形为两根平行杆，上部有两个受电轨（导线），广泛用于城市无轨电车。

2. 弓形受流器

形状如“ Δ ”，属上部受流，弓可升可降，其接触有一根导线，下面有导轨构成电路，用于城市有轨电车。

3. 侧面受流器

在车顶上侧面受流，又称为“旁弓”，多用于矿山的电力机车上。

4. 轨道式受流器

从底部导电轨受流，又称第三轨受流，空间可得到充分利用，多用于速度较高的隧道列车运行。北京地铁及目前欧美大部分地铁均采用这种受流方式。

5. 受电弓受流器

属上部受流，形状如“ ∇ ”，弓可升可降，适用于列车速度较高的干线电力机车上。上海、广州等地铁也采用这种方式。

在受电制式上，目前世界上地铁发展较早的城市大都采用直流 750 V，个别有采用 600 V 的。北京地铁为直流 750 V，上海、广州、深圳地铁均采用直流 1 500 V。直流 1 500 V 与 750 V 比较有以下优点：

（1）可提高牵引电网供电质量，降低地铁回流数值，增加牵引供电距离，从而可减少牵引变电所数量。

（2）便于地铁线路实现地下、地面和高架的连接。

（六）车辆设备

车辆设备包括服务于乘客的设备和服务于车辆运行的设备。

(1) 服务于乘客的设备有照明、广播、通风、取暖、空调、座椅、吊环、扶手等。

(2) 服务于车辆运行的设备一般不占车内空间，吊挂于车底的有：蓄电池箱、斩波器、逆变器、继电器箱、主控制箱、接触器箱、空气压缩机组和储风缸等，安装于车顶的有受电弓等。

(七) 车辆电气系统

车辆电气系统包括车辆上的各种电气设备及其控制电路。按其作用和功能可分为主电路系统、辅助电路系统和电子与控制电路系统 3 个部分。

第三节 城轨交通车辆的编组及标识

对于城轨车辆来说，标识是指对车辆及其设备进行标记或编号。为了车辆运用和检修等情况下管理和识别的方便，必须对车辆进行标识。由于城轨车辆仅运行在各城市相对固定的线路上，目前我国没有统一的车辆标识规定，用户和制造商一般参照国外成熟的做法，车辆的标识方法比较类似。

一、列车编组

由于城轨车辆采用的动力分散型的组合形式，所以城轨车辆有动车和拖车之分，动车以 M 表示，拖车以 T 表示。同为动车或拖车，由于车载设备不尽相同，为了便于车辆的管理和维护，车辆提供商及运营公司对其车辆又进行了分类。例如：上海地铁车辆一、二号线的车辆分为三类，即：A、B、C 类车（与上述按车体宽度分类的 A、B、C 型车不同）。

A 类车：拖车，一端设有驾驶室。

B 类车：动车，车顶上装有受电弓。

C 类车：动车，车下装有一套空气压缩机组。

广州地铁二、三、四号线均采用了此种分类方法。

城市轨道交通中，动车和拖车通过车钩连接而成的一个相对固定的编组称为一个（动力）单元，一列车可以由一个或几个单元编组而成。

我国地铁列车编组形式为：六辆编组的主要有“三动三拖”和“四动二拖”，四辆编组的主要有“二动二拖”。

列车的编组有以下几种表示方法：

1. 用字母 A、B、C 加车钩表示符来表示

广州地铁一号线每一列车由六节车辆组成，采用“四动二拖”形式，六节车有 A、

B、C 三类车各两辆，编组为： $-A*B*C=C*B*A-$ 。A 车为拖车，一端设有驾驶室，车顶上装有受电弓，车下装有一套空气压缩机组。B 车和 C 车均为动车，结构基本相同。广州地铁二号线与一号线基本一样，只是受电弓装于 B 车车顶，而空气压缩机组装于 C 车车底。

上海地铁一、二号线车辆在开通近期为六节编组，也采用“四动二拖”形式，即： $-A=B*C=B*C=A-$ ；而远期为八节编组，采用“六动二拖”形式，即： $-A=B*C=B*C=B*C=A-$ 。A 车为拖车，一端设有驾驶室。B 车为动车，车顶上装有受电弓。C 车为动车，车下装有一套空气压缩机组。

2. 用动车“M”和拖车“T”加车钩表示符来表示

天津滨海轻轨车辆在开通近期为四节编组，采用“二动二拖”形式，编组为： $=Mcp*T=T*Mcp=$ ；而远期为六节车编组，采用“三动三拖”形式，编组为： $=Mcp*T=T*M=Mcp=$ 。其中，“Mcp”表示带司机室、受电弓的动车，“c”表示司机室，“p”表示受电弓；“M”表示动车。

上述编组表达式中，“—”表示全自动车钩；“=”表示半自动车钩；“*”表示半永久车钩。

车钩的表示符号各地铁公司也不尽相同，例如：武汉地铁用“=”表示半自动车钩，用“—”表示半永久性牵引杆，武汉地铁的编组为： $=Tc—M—M—Tc=$ 。

二、车辆编号

一般每节城轨车辆都有属于自己的固定编号，但各城轨车辆制造商或运营商的编号方式不一样。下面列举三种车辆编号方法。

第一种编号方法是采用 YYCCT 的编号方法，如图 1-9 所示。

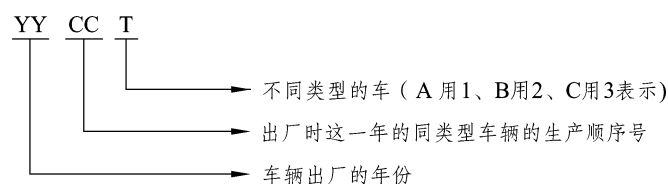


图 1-9 YYCCT 的编号示意图

上海地铁一、二号线车辆的编号由五位数组成，采用 YYCCT 形式。其中 YY 为车辆出厂的年份；CC 为出厂时这一年的同类型车辆的生产顺序号；T 为车辆类型代号，其中“1”为 A 车，“2”为 B 车，“3”为 C 车。例如“92082”为 1992 年出厂的第 8 辆车，其车辆类型为 B 车。目前，上海地铁列车的编组是固定的，编号后的车辆在列车中的编组位置没有变化。

第二种编号方法是广州地铁车辆采用的编号方法，其车辆编码包含信息有：车辆所

属线路（一个字母或数字的位置）、车辆类型（A、B 或 C 车）、生产序号（同类型车辆的连续编号（2 位数字），不同的车辆类型以新的顺序开始编号）。表 1-7 是广州地铁二号线车辆编号的范例。

表 1-7 广州地铁二号线各编号车辆在列车中的编组情况

第 1 列车	第 2 列车	...	第 26 列车
2A43	2A45	...	2A93
2B43	2B45	...	2B93
2C43	2C45	...	2C93
2C44	2C46	...	2C94
2B44	2B46	...	2B94
2A44	2A46	...	2A94

例如：车辆编号为 2B44，释义如图 1-10 所示。

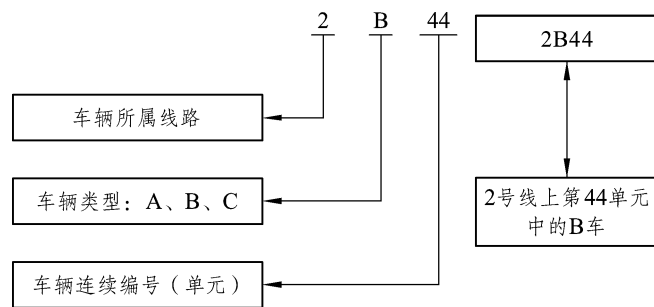


图 1-10 编号 2B44 释义

第三种车辆编号的方法是线路号 + 列车顺序编号 + 车辆顺序编号。

例如：武汉轻轨的车辆编号为 A032，其释义如图 1-11 所示。

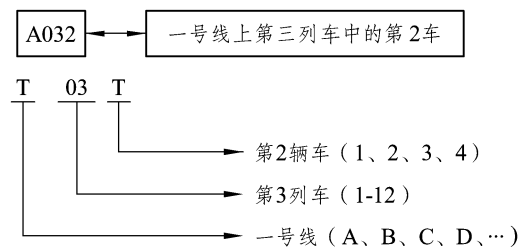


图 1-11 武汉轻轨车辆编号释义

西安地铁也采用此类编号方法，只不过线路号用数字来表示。

三、车端、车侧、车门、座位等的标识与定义

目前，国内地铁公司对车辆车端、车侧、车门、座位等的标识定义有很多不同之处，下面以广州地铁二号线和成都地铁一号线为参考，对地铁车辆的方位标识作初步介绍。

(一) 广州地铁二号线车辆的标识方法

1. 车辆车端、车侧的定义

车端：A车1位端是带有全动车钩的一端（或司机室所在端）；B车1位端是与A车连接的一端；C车1位端是与B车连接的一端，另一端就是2位端。

车侧：人立于车辆的2位端，面向1位端，则人的右侧就称为该车辆的右侧，人的左侧则称为该车辆的左侧。

2. 列车车侧的定义

列车的车侧的定义与车辆的车侧的定义是不同的。它是以司机为主体，司机坐于列车驾驶端座位上，司机的右侧即为列车的右侧，左侧为列车的左侧。换句话说，是按列车的行驶方向来定义的，这与公路上汽车按行驶方向定义左右侧是相同的。

3. 转向架和轴的编号（见图 1-12）

每辆车的转向架都分为转向架1和转向架2。转向架1在车辆的1位端，转向架2在车辆的2位端。每辆车的四根轴从1位端开始至2位端，依次连续编号轴1至轴4。

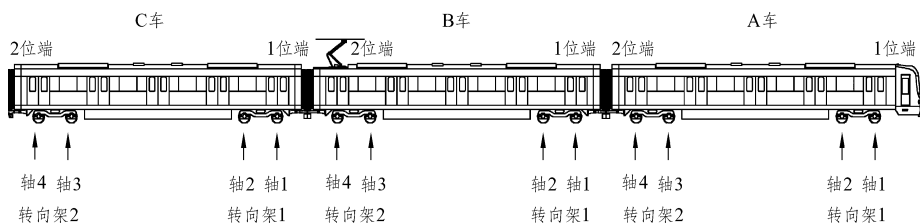


图 1-12 转向架和轴的编号

4. 车门和门页的编号（见图 1-13）

门页的编号：自1位端到2位端，沿着每辆车的左侧为由小到大的连续奇数，即1、3、5、7、9、11、...、17、19；右侧为由小到大的连续偶数，即2、4、6、8、10、12、...、18、20。车门的编号则由该车门两个门页的号码合并而成：自1位端到2位端，左侧车门的编号为1/3、5/7、9/11、...、17/19，右侧车门的编号为2/4、6/8、10/12、...、18/20。

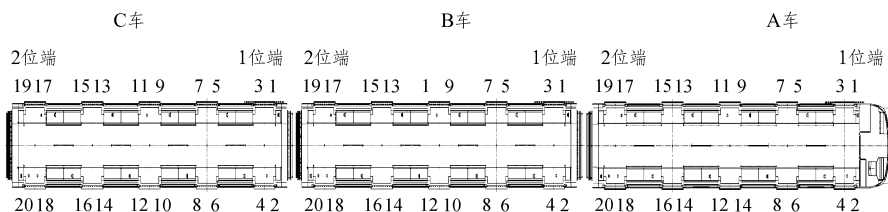


图 1-13 车门的编号

5. 座椅编号 (见图 1-14)

每辆车有 8 个座椅纵向排列在车辆内部的两侧。自 1 位端到 2 位端, 这些座椅的编号是从 1~8, 左侧是奇数, 右侧是偶数。

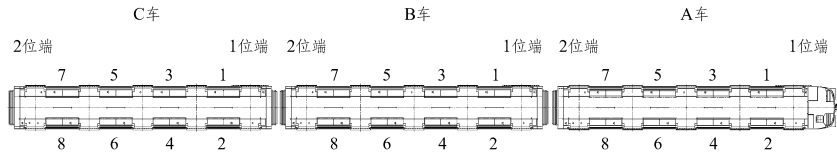


图 1-14 座椅编号

6. 空调单元编号

每辆车的车顶安装有两个空调单元, 位于 1 位端的空调单元称作空调单元, 位于 2 位端的空调单元称作空调单元。

7. 其他编号与标记

车窗、扶手、立柱、吊环、照明灯、指示灯、扬声器等设备也采用同样的编号方法。而车辆的重量、顶车位置、应急设备位置等必须用相关符号或文字在规定位置作出明确的标记。

(二) 成都地铁一号线车辆的标识方法

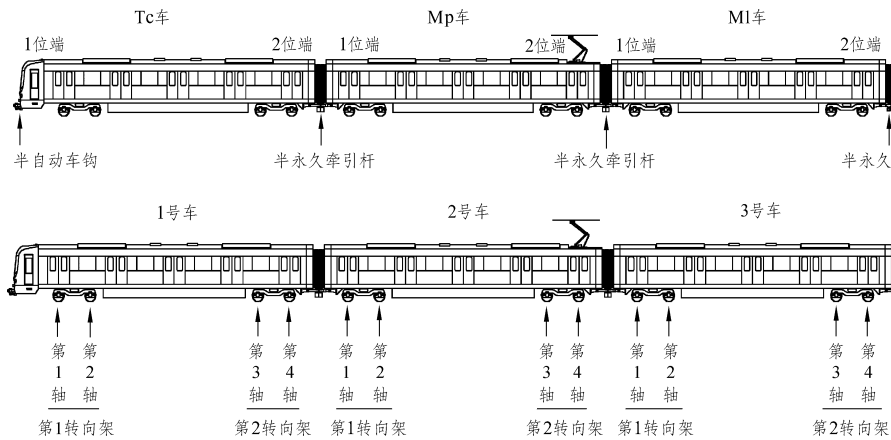
编组: 列车为内部贯通式六辆编组, 4M2T。

编组形式为: +Tc—MP—M1—M2—MP—Tc+。

其中, Tc: 带司机室拖车; MP: 带受电弓的动车; M1、M2: 中间动车; +: 半自动车钩; —: 半永久牵引杆。

对应车辆编组“+Tc—MP—M1—M2—MP—Tc+”的车辆编号为 1、2、3、4、5、6。

对应车辆编组“+Tc—MP—M1—M2—MP—Tc+”的车辆, 1 () 2 () 位端顺序为+Tc 车 (—) —Mp (—) —M1 车 (—) —M2 车 (—) —Mp (—) —Tc 车 (—) +, 如图 1-15 所示。



车号	1	2	3	4	5	6
右侧门	1 3 5 7	1 3 5 7	1 3 5 7	8 6 4 2	8 6 4 2	8 6 4 2
左侧门	2 4 6 8	2 4 6 8	2 4 6 8	7 5 3 1	7 5 3 1	7 5 3 1

车门编号(左偶右奇)

图 1-15 成都地铁一号线车辆的标识方法

第四节 城轨交通车辆技术参数

一、技术参数解析

车辆技术参数是概括介绍车辆技术规格的某些指标，是从总体上表征车辆性能及结构的一些参数，一般可分为性能参数与主要尺寸两大类。

(一) 车辆性能参数

1. 自重、载重

自重指车辆整备状态下的本身结构及设备组成的全部质量，载重指正常情况下车辆允许的最大装载质量，以吨(t)为单位。

城轨车辆的自重加载重：A型车 64t；B型车 56t；C型车 44t。

城轨车辆主要是运输旅客的，因此车辆的载重也可以用载客容量来表示，表示方法见表 1-8 所示(以南京地铁一号线为例)。

表 1-8 南京地铁一号线载客容量

工况	A	B	C	6-车编组
坐客 AW ₁	54	58	58	340
站客 AW ₂ (6人/m ²)	248	256	256	1 520
站客 AW ₃ (9人/m ²)	346	357	357	2 120
所有乘客 AW ₂ (6人/m ²)	302	314	314	1 860
所有乘客 AW ₃ (9人/m ²)	400	415	415	2 460

2. 最高运行速度

最高运行速度指车辆设计时按照安全及结构强度等条件所决定的车辆最高行驶速

度，并要求连续以该速度运行时车辆具有足够良好的运行性能。城轨车辆的最高运行速度一般为 80 km/h。

设计/构造速度是实验时的理论速度，设计/构造速度一般大于最高运行速度 10 km/h。

3. 轴 重

轴重指按车轴型式及在某个运行速度范围内，车轴允许负担（包括轮对自身的质量）的最大质量。轴重的选择与线路、桥梁及车辆走行部的设计有关。

城轨车辆的轴重为：A 型车 16 t；B 型车 14 t；C 型车 11 t。

4. 通过最小曲线半径

通过最小曲线半径指配用某种形式转向架的车辆在站场或厂、段内调车时所能安全通过的最小曲线半径。当车辆在此曲线区段上行驶时不得出现脱轨、倾覆等危及行车安全的事故，也不允许转向架与车体底架或车下其他悬挂物相碰撞。

车辆通过最小曲线半径的大小与车辆的结构有关。

5. 制动形式

制动形式指车辆获得制动力的方式，有摩擦制动、再生制动、电阻制动以及磁轨制动等多种形式。

城轨车辆常用制动时的制动优先级别是：再生制动→电阻制动→摩擦制动。

6. 起动平均加速度

起动平均加速度是指在平直线路上，列车载荷为额定定员，自牵引电动机取得电流开始，至起动过程结束，该速度的值被全过程经历的时间所除得的商，以 m/s^2 为单位。起动加速度可以反映车辆的起动性能。

7. 制动平均减速度

制动平均减速度是指在平直线路上，列车载荷为额定定员，自制动指令发出至列车完全停止的全过程，相应的制动初始速度被全过程经历的时间所除得的商。制动平均减速度可以反映车辆的制动性能。

8. 冲击率

冲击率是指由于工况改变引起的列车中各车辆所受到的纵向冲击。在城轨车辆中，主要用于说明车辆电气装置及制动控制系统所应达到的冲动限制。用加速度变化率来衡量，以 m/s^3 为单位。如地铁车辆正常运行（包括起动加速和电制动，紧急制动情况例外）时，纵向冲击率不得超过 $1 m/s^3$ 。

9. 列车平稳性指标

车辆平稳性指标是评定旅客舒适程度的主要依据，反映了车辆振动对人体感受的影响。因此，评定平稳性的方法主要是以人的感觉疲劳程度为依据，通常以平稳性指标表示。我国主要用斯佩林公式来计算平稳性指标 W ， W 值越大，说明车辆的平稳性越差，并规定地铁、轻轨车辆运行的平稳性指标应 < 2.5 。

斯佩林公式计算方法：

$$W = 0.896 \sqrt[10]{\frac{j^3}{f} F(f)}$$

式中 j ——振动加速度 (cm/s²)；

f ——振动频率 (Hz)；

$F(f)$ ——与频率有关的修正公式，反映人体对不同方向和频率振动的敏感度。研究表明，人体对 2 Hz 左右的水平振动很敏感，而对垂直振动 4 ~ 8 Hz 最敏感。

(二) 车辆的主要尺寸

1. 车辆长度

车辆长度指车辆处于自由状态，车钩呈锁闭状态时，两端车钩连接面之间的距离。区别于车体长度的概念，车体长度指不包含牵引缓冲装置或折棚的车体结构的长度。

2. 车辆最大宽度

车辆最大宽度指车体横断面上最宽部分的尺寸。

3. 最大高度

最大高度指车辆顶部最高点与钢轨顶面之间的距离。通常需说明与最高点相关的结构，如有无空调、受电弓的状态等。

4. 车辆定距

车辆定距指同一车辆的两转向架回转中心之间的距离。

5. 固定轴距

固定轴距指同一转向架的两车轴中心线之间的距离。

6. 车钩中心线距离钢轨面高度

车钩中心线距离钢轨面高度简称车钩高，以 H_0^{+10} 表示，它是指车钩连接面中点（铁路车钩是指钩舌外侧面的中心线）至轨面的高度，取新造或修竣后空车的数值。列车中各车辆的车钩高基本一致，是保证车辆正确连挂、列车运行中正常传递牵引力及不会发生脱钩事故所必需的。A 型车车钩高为 720 mm，B 型车车钩高为 660 mm。

7. 地板面高度

地板面高度是指车辆地板面与钢轨顶面之间的距离。地板面高度与车钩高一样，指新造或修竣后空车的数值。它主要受车辆转向架结构的限制，站台的高度要与车辆地板面高度相协调。A 型、B 型车地板高在 1 100 mm 左右。

二、广州地铁一号线车辆主要技术参数

(一) 车辆基本设计参数

车辆的总体设计寿命.....	30 年
每辆车的平均轴重.....	16 t
牵引电机额定功率.....	190 kW
列车平稳性指标.....	2.7
最高运行速度.....	80 km/h
设计/结构速度	90 km/h

列车载客容量与车辆重量见表 1-9、表 1-10 所示。

表 1-9 列车载客容量

工 况	定 义	每车乘客数/人	列车乘客数/人
AW ₀	无乘客 (空载)	0	0
AW ₁	座客载荷/t	56	336
AW ₂	定员载荷 (6 人/m ²)	310	1 860
AW ₃	超员载荷 (9 人/m ²)	432	2 592

表 1-10 车辆重量

工 况	乘客载荷/t			车辆质量/t			列车质量/t
	A	B	C	A	B	C	
空载 AW ₀	0	0	0	33	36	36	220
座客载荷 AW ₁	3.36	3.36	3.36	37.36	41.36	41.36	240.16
定员载荷 AW ₂	18.60	18.60	18.60	52.60	56.60	56.60	331.60
超员载荷 AW ₃	25.92	25.92	25.92	59.92	63.92	63.92	375.52

注：每名乘客重量按 60 kg 计算。

(二) 车辆主要尺寸

车辆长度 (车钩连接面之间):

A 车.....	24.4 m
B、C 车	22.8 m

列车长度.....	140 m
车辆宽度.....	3.0 m
车辆高度.....	3.8 m
车辆最高点（含排气口）.....	3 860 mm
受电弓工作范围.....	175 ~ 1 600 mm
受电弓最大升起高度.....	1 700 mm
轨道至地板面高度（AW ₀ ）.....	1 130 ⁺¹⁵ ₋₅ mm
转向架中心距.....	15.7 m
转向架固定轴距.....	2 500 mm
车门全开宽度.....	1 400 mm
开、关门时间.....	3 ^{+0.5} _{-0.5} s
开、关门调整范围.....	1.5 ~ 4 s
贯通通道宽.....	1 500 mm
窗宽度.....	1 300 mm
车钩中心线距轨面距离	（720 ± 8）mm
车轮直径：	
新轮直径.....	840 mm
半磨耗轮.....	805 mm
磨耗轮.....	770 mm
轮对内侧距（AW ₀ ）.....	1 353 ⁺³ ₋₀ mm
轮缘厚度.....	32 mm

三、天津滨海轻轨车辆主要技术参数

（一）主要技术参数

1. 速度

最高运行速度.....	100 km/h
构造速度.....	110 km/h

2. 车辆的平稳性指标

车辆的平稳性指标.....	<i>W</i> 2.5
运行 150 000 km 后，平稳性指标.....	2.5 ~ 2.75

3. 列车载客容量

列车载客容量如表 1-11 所示。

表 1-11 列车载客容量

工 况	定 义	乘客数/人		列车乘客数/人
		Mcp 车	T 车	
AW ₀	无乘客 (空载)	0	0	0
AW ₁	座客载荷/t	54	62	232
AW ₂	定员载荷 (6 人/m ²)	190	210	800
AW ₃	超员载荷 (9 人/m ²)	240	266	1 012

4. 列车在平直线路路上紧急制动距离

对 AW₀ ~ AW₂ 载荷条件制动距离..... 350 m (制动初速度为 100 km/h)

对 AW₃ 载荷条件制动距离..... 370 m (制动初速度为 100 km/h)

5. 列车牵引功率

列车牵引功率2 × 4 × 200 kW=1 600 kW

6. 轴 重

轴重..... 14 t

7. 车辆重量

车辆重量如表 1-12 所示。

表 1-12 车辆重量

定 义	乘客载荷/t		车辆重量/t		列车重量/t
	Mcp	T	Mcp	T	
空载(AW ₀)	0	0	36	32	136
座客载荷(AW ₁)	3.24	3.72	39.24	35.72	149.92
定员载荷(AW ₂)	11.4	12.6	47.4	44.6	184
超员载荷(AW ₃)	14.40	15.96	50.40	47.96	196.72

(二) 车辆主要尺寸

车辆长度 (车钩连接面之间长度):

T 车.....19 520 mm

Mcp 车 (车头前端面距一位转向架中心 3 700 mm)20 020 mm

编组列车长度.....79 080 mm

车辆最大宽度.....2 800 mm

车辆高度（新轮，不含受电弓、空调机组）	3 700 mm
空调机组最上面距轨面	3 800 mm
Mcp 车受电弓落弓时高度	3 820 mm
受电弓工作范围	175 ~ 1 600 mm
受电弓最大升起高度	1 700 mm
车辆内中心高度（客室内净空高度）	2 100 mm
客室内乘客站立区最小高度	1 850 mm
AW ₀ 载荷下空气弹簧充气和新轮状态时	1 100 mm
转向架中心距	12 600 mm
转向架固定轴距	2 300 mm
转向架非弹簧承载部分最低点离轨面最小距离	60 mm
车钩中心线距轨面高度	(660 ± 10) mm
车轮直径：	
新轮	840 mm
半磨耗轮	805 mm
磨耗轮	770 mm
轮对内侧距（在空载情况下）	(1 353 ± 2) mm
客室侧门：	
侧门数量	6 对/辆
侧门开宽度	1 300 mm
侧门开启时，门槛顶面以上高度	1 850 mm
司机室侧门：	
侧门净开度	560 mm
侧门开启时，门槛顶面以上高度	1 850 mm
贯通道：	
贯通道宽度	1 300 mm
贯通道高度	1 900 mm
牵引座安装面距轨面高度	895 mm

第五节 地铁、轻轨车辆限界

一、车辆限界的概念

限界是限定车辆运行及轨道周围构筑物超越的轮廓线。限界分车辆限界、设备限界和建筑限界三种，是工程建设、管线和设备安装位置等必须遵守的依据。规定限界的目

的主要是防止车辆在直线或曲线上运行时与各种建筑物及设备发生接触，以保证车辆安全通行。在设计城轨车辆时，其横断面的形状和尺寸要与隧道或线路所留出的空间相适应，因此对车辆横断面轮廓尺寸必须有一限制。车辆限界就是一个限制车辆横断面最大允许尺寸的轮廓图形。无论空车或重车直线地段运行时，所有突出和悬挂部分都应容纳在限界之内，因此车辆限界是车辆在正常运行状态下形成的最大动态包络线，如图 1-16 所示。

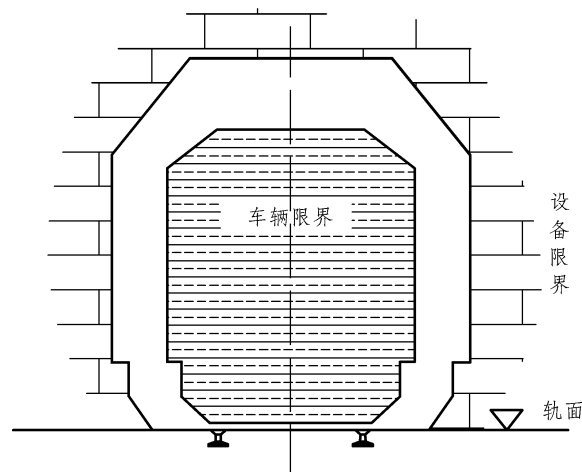


图 1-16 车辆限界

建筑限界和设备限界是建筑物或设备距轨道中心和轨面所允许的最小尺寸所形成的轮廓。车辆限界与建筑和设备限界之间，必须留出一定的、为确保行车安全所需的空间，这个空间考虑了以下因素：

- (1) 车辆制造公差引起的上下、左右方向的偏移或倾斜。
 - (2) 车辆在名义载荷作用下弹簧受压引起的下沉，以及弹簧由于性能上的误差可能引起的超量偏移或倾斜。
 - (3) 由于各部分磨损或永久变形而造成的车辆下沉，特别是左右侧不均匀磨损或变形而引起的车辆倾斜与偏转。
 - (4) 由于轮轨之间以及车辆自身各部分存在的横向间隙而造成车辆与线路间可能形成的偏移。
 - (5) 车辆在走行过程中因运动中力的作用而造成车辆相对线路的偏移。它包括曲线区段运行时实际速度与线路超高所要求的运行速度不一致而引起的车体倾斜，以及车辆在振动中产生的上下、左右各个方向的位移。
 - (6) 线路在列车反复作用下可能产生的变形，包括轨道产生的随机不平顺现象等。
- 有关限界的名词术语如下：

1. 基准坐标系

基准坐标系是与线路的纵向中心线相垂直的平面内的一个二维直角坐标，该坐标的第一坐标轴与两根钢轨在名义位置且无磨损时的顶面相切，第二坐标轴垂直于前者，并与左右两根钢轨的名义位置等距离。

2. 偏移及偏移量

在基准坐标系内，车辆横断面上各点因车辆本身原因或线路原因，在运行中离开原来在基准坐标系中所定义的设计位置称为偏移。偏移以 mm 为单位，称为偏移量。在第一坐标方向的偏移为横向偏移，在第二坐标方向的偏移为竖向偏移，如图 1-17 所示。

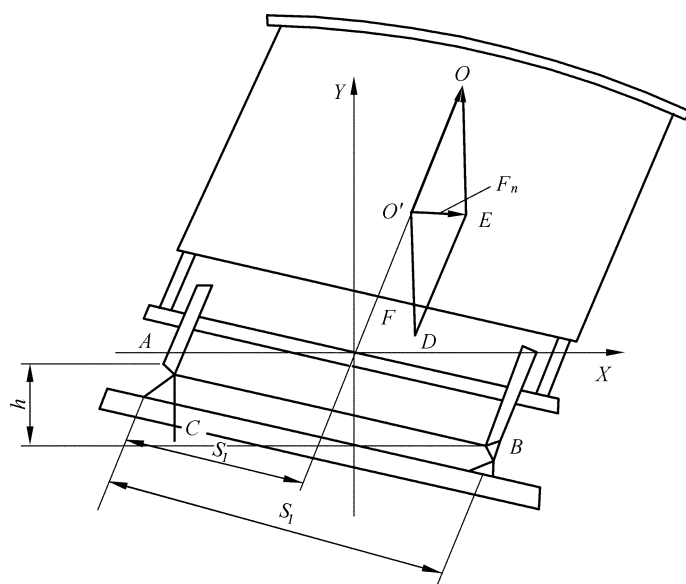


图 1-17 偏移

3. 曲线几何偏移量

车辆在曲线上运行时，线路中心线是曲线，车辆纵向中心线是直线，两者不可能完全重合。车辆纵向中心线上各点在水平投影图上偏移线路中心线的距离称为曲线几何偏移，简称曲线偏移。其中，车辆定距以内的车辆纵向中心线上各点向曲线的内侧偏离称为内侧偏移；车辆定距以外的车辆纵向中心线上各点向曲线的外侧偏离称为外侧偏移。据此，车辆在竖曲线上产生的曲线偏移称为竖曲线偏移。

4. 计算车辆

认定具有某一横断面轮廓尺寸和水平投影轮廓尺寸及认定结构的车辆在地铁及轻轨线路上运行，并使用该车辆作为确定车辆限界及设备限界尺寸的依据，这个车辆称为计算车辆。在地铁及轻轨线路上实际运行的新车和旧车只要符合车辆限界及其纳入限界的校核，就能通行无阻，不必与计算车辆取得一致。

二、地铁限界

1. 地铁车辆限界

地铁车辆限界是基准坐标系中的一个轮廓线，是车辆在正常运行状态下形成的最大动态包络线。车辆及轨道线路各尺寸在具有最不利公差及磨耗时（包括两次维修期间所发生的尺寸偏差）、车辆在运动中处于最不利位置、涉及了由各要素引起的车辆各部位的统计最大偏移后均应容纳在轮廓内。《地铁设计规范》规定了钢轨钢轮、标准轨距系列的地铁限界，包括车辆限界。直线地段车辆限界分为隧道内车辆限界和高架或地面线车辆限界，后者应在前者的基础上另加当地最大风荷载引起的横向和竖向偏移量。受电弓或受流器限界是车辆限界的组成部分。地铁隧道限界如图 1-18 所示（单位：mm）。

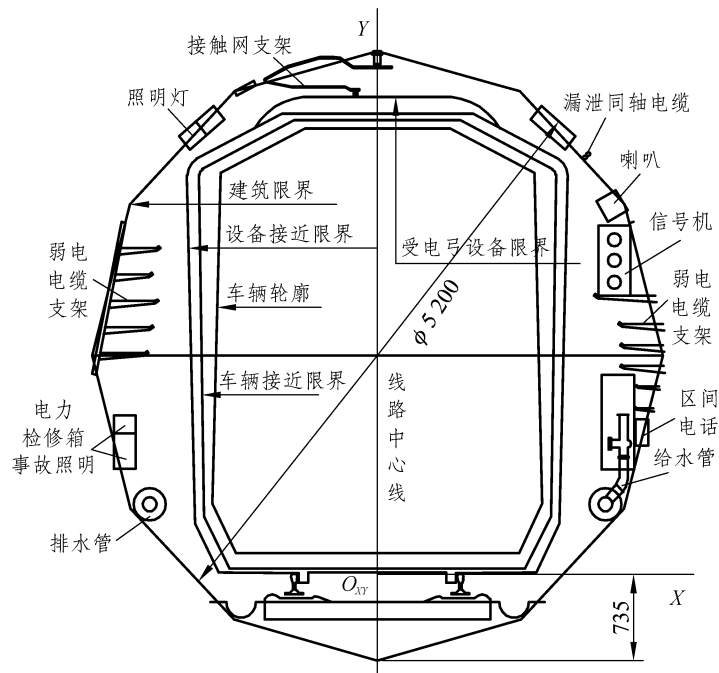


图 1-18 地铁隧道限界

我国最早建成的北京地铁车辆横截面尺寸为 2 650 mm × 3 509 mm（宽 × 高），与莫斯科地铁车辆相仿。1990 年以后，为充分利用限界，增加载客量，将车辆截面扩大为“鼓形”，车体最宽处达到 2 800 mm。这期间新建的上海地铁采用了与香港地铁相近的大型车体，车体的尺寸达到 22 000 mm × 3 000 mm × 3 800 mm（长 × 宽 × 高），这样就有了 A 型、B 型车之分。《地铁设计规范》（GB 50157—2003）对两种车型的车辆限界经计算做了新的界定，其中有接触网受电的 A 型限界（计算车辆车宽 3 m）、接触轨受电的 B1 型限界（计算车辆车宽 2.8 m）和接触网受电的 B2 型限界（计算车辆车宽 2.8 m）三类，适用

于运行速度不超过 100 km/h 的地铁工程。运行速度超过 100 km/h 的地铁工程，亦可参照执行。图 1-19 是 A 型车隧道内直线地段车辆轮廓、车辆限界、设备限界图，对应车辆轮廓、车辆限界坐标如表 1-13、表 1-14 所示。A 型车辆设备限界坐标如表 1-15 所示。A 型车高架或地面直线地段的车辆限界和 B1 型、B2 型车的车辆限界参见《地铁设计规范》GB (50157—2003)。

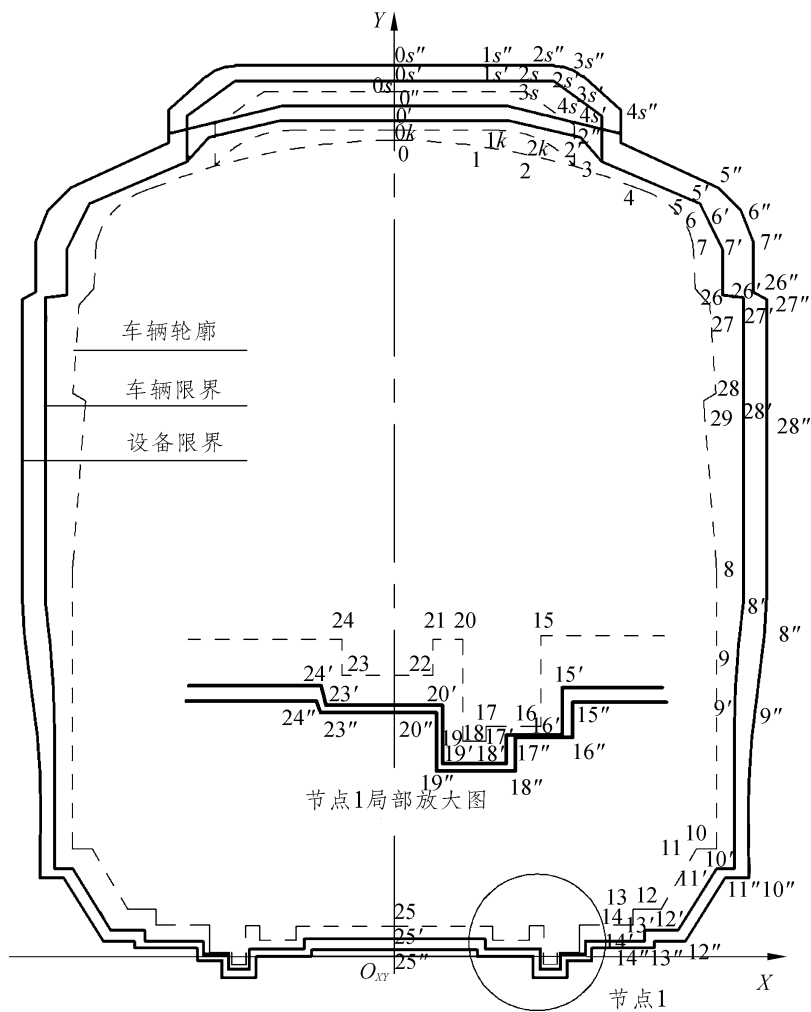


图 1-19 A 型车隧道内直线地段车辆轮廓、车辆限界、设备限界图

表 1-13 A 型车辆轮廓坐标

单位：mm

点号	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
X	0	250	500	850	1 031	1 300	1365	1 412	1 500	1 500
Y	3 800	3 790	3 759	3 677	3 623	3 504	3 416	3 313	1 800	1 130

续表

点号	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
X	1 500	1 400	1 250	1 120	1 120	811.5	811.5	708.5	708.5	676.5
Y	520	520	234	234	170	170	0	0	-28	-28
点号	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29
X	676.5	626	626	450	450	0	1 425	1 481	1 507	1 452
Y	160	160	95	95	160	160	3 078	3 064	2 621	2 605
点号	0s	1s	2s	3s	4s	...	0k	1k	2k	...
X	0	325	615	687	850	...	0	466	772	...
Y	4 040	4 040	4 022	3 992	3 856	...	3 842	3 842	3 780	...

注：表中第 0~13 点是车体上的控制点；第 13~15 点是转向架上的控制点；第 16、17 点为车轮踏面上的控制点；第 18、19 点为轮缘上的控制点；第 22、23 点为连接在车轴上的齿轮箱点；第 20、21、24、25 点为连接在转向架构架上的车载信号设备的最低点；第 26~29 点为信号灯预留位置；第 0s、1s、2s、3s、4s 点为隧道内受电弓控制点；第 0k、1k、2k 点是车顶空调器点。

表 1-14 A 型车辆限界坐标

单位：mm

点号	0'	1'	2'	3'	4'	5'	6'	7'	8'	9'
X	0	525	916	984	1 171	1 437	1 499	1 544	1 642	1 578
Y	3 878	3 885	3 794	3 700	3 630	3 503	3 414	3 309	1 677	1 007
点号	10'	11'	12'	13'	14'	15'	16'	17'	18'	19'
X	1 565	1 465	1 303	1 155	1 155	846	841	738	738	647
Y	399	401	122	125	80	82	-18	-18	-54	-54
点号	20'	23'	24'	25'	26'	27'	28'	...	...	...
X	643	421	415	0	1 550	1 606	1 620	...	...	...
Y	42	42	73	75	3 074	3 058	2 498	...	...	...
点号	0s'	1s'	2s'	3s'	4s'	...	...	...	...	...
X	0	464	753	824	984	...	...	...	...	...
Y	4 084	4 084	4 066	4 036	3 900	...	...	...	...	...

表 1-15 A 型车辆设备限界坐标

单位：mm

点号	0"	1"	2"	3"	4"	5"	6"	7"	8"	9"
X	0	531	952	1 016	1 193	1 477	1 570	1 644	1 703	1 622
Y	3 938	3 945	3 848	3 758	3 686	3 551	3 452	3 309	1 677	1 007
点号	10"	11"	12"	13"	14"	15"	16"	17"	18"	19"
X	1 593	1 482	1 308	1 170	1 170	859	856	753	753	633
Y	368	371	71	74	50	52	-18	-18	-69	-69

续表

点号	20"	23"	24"	25"	26"	27"	28"	...	...	...
X	629	408	405	0	1 645	1 700	1 700	...	...	...
Y	30	30	43	45	3 074	3 058	2 498	...	...	...
点号	0s"	1s"	2s"	3s"	4s"	...	...	...	...	...
X	0	465	765	851	1 016	...	...	...	...	...
Y	4 134	4 134	4 115	4 079	3 938	...	...	...	...	...

2. 地铁设备限界

地铁设备限界是基准坐标系中位于车辆限界外的一个轮廓线，是用以限制设备安装的控制线。除另有规定外，建筑物及地面固定设备的任一部分，即使涉及了它们的刚性和柔性运动在内，均不得向内侵入此限界。接触轨限界属于设备限界的辅助限界。

设备限界和车辆限界之间留有一定的间隙，这个间隙主要作为未涉及因素的安全留量。按照限界制定时的规定，某些偏移量计入此间隙。计算车辆曲线上和竖曲线上的曲线偏移也计入这个间隙内，因此，设备限界在水平曲线上需要加宽，在竖曲线上需要加高。

3. 地铁建筑限界

地铁建筑限界是基准坐标系中位于设备限界以外的一个轮廓线，是在设备限界基础上，考虑了设备和管线安装尺寸之后的最小有效断面。它规定了地下铁道隧道的形状、尺寸、位置，地下车站及站台位置以及地面建筑物（包括接触网支柱、声屏障和站台屏蔽门等）的位置，涉及施工误差、测量误差及结构永久变形在内，任何永久性建筑物均不得向内侵入此限界。建筑限界和设备限界之间的空间应能安排各种电缆线、消防水管及消防栓、动力箱、信号箱及信号灯、照明灯、扩音器、通风管、架空线及其固定设备。地铁建筑限界应理解为建筑物的最小尺寸，比地铁建筑限界大的隧道、高架桥等建筑应认为是符合地铁建筑限界的。图 1-20 所示为车站限界实例。

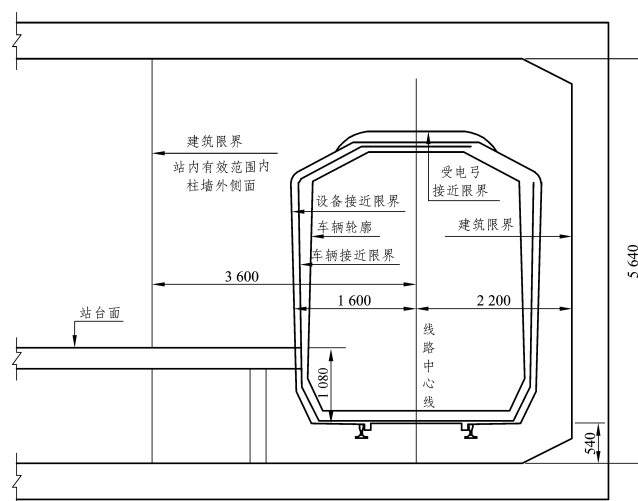


图 1-20 车站限界实例 (单位: mm)

三、轻轨限界

1. 车辆轮廓限界

车辆轮廓限界是指根据车体横断面和车辆下部设备外轮廓各点所规定的纵横坐标值。表 1-16 所列为根据轻轨 6 轴单铰车辆样车资料所确定的车辆轮廓各点的 X 、 Y 坐标值。

表 1-16 车辆轮廓限界坐标

单位：mm

坐标点	0	1	2	3	4	5	6	7
X	0	880	1 250	1 300	1 300	1 250	1 250	1 100
Y	3 700	3 700	3 100	950	800	360	250	120
坐标点	8	9	10	11	12	13		
X	806	806	717.5	717.5	686	686		
Y	80	0	0	- 25	- 25	80		

2. 车辆接近限界

车辆接近限界是以轻轨 6 轴单铰车辆样车的构造和有关的参数为依据，考虑到车辆弹簧挠度和各项间隙、误差、磨耗等技术参数的影响，对车辆在运行中可能出现的各种工况所产生的横向偏移量和垂直偏移量进行分析计算，所得出的各点 X 、 Y 坐标值。车辆在具有最不利的公差和磨耗情况下，并计及车辆在运行中最不利位置所引起的最大偏差，均应容纳在该轮廓之内。

复习思考题

- 1.1 城轨车辆有哪些基本种类？其结构如何？
- 1.2 城轨车辆是如何编组的？请举例说明某种编组方式的优、缺点。
- 1.3 为什么要对车辆进行标识？如何对车辆进行标识？
- 1.4 什么是车辆的技术参数，主要有哪些参数？举例说明这些参数的用处。
- 1.5 什么是限界？有哪几种限界？它们之间有何关系？

