

城市轨道交通 车辆构造

CHENGSHI GUIDAO JIAOTONG CHELIANG GOUZAO

主 编 方 明

汕頭大學出版社

城市轨道交通 车辆构造

CHENGSHI GUIDAO JIAOTONG CHELIANG GOUZAO

主 编 方 明

副主编 吕东辉 王 锐 尹 力

参 编 阮瑞昕 王 静 李海超 刘雪尘

汕頭大學出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

城市轨道交通车辆构造 / 方明主编. — 汕头 : 汕头大学出版社, 2024. 8. — ISBN 978-7-5658-5383-8

I. U270.3

中国国家版本馆 CIP 数据核字第 2024M398U4 号

城市轨道交通车辆构造

CHENGSHI GUIDAO JIAOTONG CHELIANG GOUZAO

主 编：方 明

责任编辑：胡开祥

责任技编：黄东生

封面设计：易 帅

出版发行：汕头大学出版社

广东省汕头市大学路 243 号汕头大学校园内 邮政编码：515063

电 话：0754-82904613

印 刷：天津市蓟县宏图印务有限公司

开 本：787mm×1092mm 1/16

印 张：18

字 数：414 千字

版 次：2024 年 8 月第 1 版

印 次：2024 年 8 月第 1 次印刷

定 价：49.80 元

ISBN 978-7-5658-5383-8

版权所有，翻版必究

如发现印装质量问题，请与承印厂联系退换

前

言

城市轨道交通诞生于 19 世纪中叶的英国伦敦，经历了 160 多年的发展历史。它技术成熟、安全可靠、形式多样、用途广泛，以其大载客量、快捷、准时、环保等优点而成为解决日益严重的城市交通堵塞问题的最有效手段。当前，我国城市轨道交通进入了快速发展期。随着越来越多的轨道交通线路施工和投入运营，企业需要大量城市轨道交通专业的技能型人才。在国际上，城市轨道交通人员配置较高的城市，每公里线路的人员配置平均为 60 人左右。作为高素质劳动者和技术技能型人才的专门培养院校，国内部分高职院校为了满足城市轨道交通发展的社会需要，已经开设或准备开设城市轨道交通车辆及相关专业。

高职城市轨道交通车辆专业旨在培养掌握城市轨道交通车辆运用及维护、车辆驾驶等技术的高技能人才。随着城市轨道交通新线路的开发，里程不断增加，相关企业对城市轨道交通车辆维修与驾驶人才的需求量在不断攀升，城市轨道交通车辆构造类课程作为城市轨道交通车辆专业的核心课程，也受到各院校的极大重视。

本书针对目前企业的需求、教材市场存在的问题进行设计和开发，力求改善城市轨道交通车辆构造课程教材缺乏实用性的现状。本书参考了教育部高等职业教育专业目录的设置情况，紧密围绕城市轨道交通车辆检修与驾驶岗位的典型工作任务和职业能力分析，设计了符合高职学生能力水平、以检修和驾驶岗位工作任务分析为基础的项目化教学内容，力求成为一本真正意义上的适合城市轨道交通车辆检修和驾驶相关专业学生的教材。

本书的主要特点有：(1) 在编写过程中采用“项目—任务”式编写模式，在内容上注重理论与实际相结合；(2) 编写人员在仔细分析企业岗位技能的具体要求后进行了项目设置，在明确教学目标的前提下，强调以学生为中心，突出了职业教育的特点；(3) 书中知识点引用当下最先进、最典型的案例来介绍，并配有大量实物图片，直观性强；(4) 本书编写体现了“工学结合，校企合作”的理念。

本书包含 8 个项目共 28 个任务，深入浅出地介绍了城市轨道交通车辆的基本知识，车体，车门、驾驶室及客室设备，转向架，车辆连接装置，制动系统，空调系统及附属系统等内容。

本书可作为高等职业院校城市轨道交通车辆驾驶及检修专业学生的学习用书，也可供从事城市轨道交通工作的管理人员、工程技术人员学习参考。

本书由方明担任主编，吕东辉、王锐、尹力担任副主编，阮瑞昕、王静、李海超、刘雪尘担任参编。其中，方明编写了项目一和项目二，吕东辉编写了项目三和项目五，王锐编写了项目四，尹力编写了项目六，阮瑞昕、王静编写了项目

七，李海超、刘雪尘编写了项目八。

在编写过程中，编者得到了深圳地铁、武汉地铁、广州地铁、上海地铁等单位在技术资料方面的支持，在此表示感谢。同时，编者参阅了大量相关专著和论文，在此对其作者一并表示衷心的感谢。

由于城市轨道交通车辆技术发展较快，书中的某些数据和设备与实际情况可能存在差异，仅供参考。鉴于编者水平有限，书中难免有不足之处，敬请广大读者批评指正。

编 者



项目一	城市轨道交通车辆的基本知识	1
任务一	城市轨道交通的类型	1
任务二	城市轨道交通车辆的类型、组成及特点	7
任务三	城市轨道交通车辆的编组、标识及主要参数	15
项目二	车体	25
任务一	车体概述	25
任务二	铝合金车体	32
任务三	不锈钢车体	37
项目三	车门、驾驶室及客室设备	43
任务一	车门的基本知识	43
任务二	客室车门系统	50
任务三	驾驶室与客室设备	63
项目四	转向架	73
任务一	转向架概述	73
任务二	构架、轮对、轴箱装置	78
任务三	弹簧减振装置	93
任务四	牵引连接装置和驱动装置	109
任务五	典型城市轨道交通车辆转向架构造	124
项目五	车辆连接装置	143
任务一	车钩	143
任务二	缓冲装置	154
任务三	附属装置	162
任务四	贯通道	169

项目六	制动系统	179
任务一	制动系统的基础知识	179
任务二	供风系统	186
任务三	制动控制系统	197
任务四	制动执行装置	210
项目七	空调系统	221
任务一	空调系统的基础知识	221
任务二	空调系统的工作原理和组成设备	228
任务三	通风系统和制热方式	240
任务四	典型城市轨道交通车辆空调系统	246
项目八	附属系统	257
任务一	乘客信息系统	257
任务二	照明系统、刮雨器及烟温探测系统	268
参考文献		282

项目一 城市轨道交通车辆的基本知识

项目导读

2024年3月29日,中国城市轨道交通协会发布了《城市轨道交通2023年度统计和分析报告》(以下简称《报告》)。《报告》指出,截至2023年底,中国大陆地区共有59个城市开通并运营城市轨道交通,共计338条线路,运营线路总长度达11224.54公里。其中,地铁长度为8543.11公里,占76.11%;其他制式城轨交通运营线路长度为2681.43公里,占23.89%。年度新增运营线路长度866.65公里。全年累计完成客运量294.66亿人次,同比增长52.66%。拥有4条及以上城轨交通运营线路且换乘站3座及以上的城市已增加到27个。城市轨道交通运营线路增多、客流量持续增长、系统制式多元化、运营线路网络化的发展趋势更加明显。

任务一 城市轨道交通的类型

任务描述

以城市轨道交通车辆为模型,以多媒体教学课件为载体,结合城市轨道交通发展宣传片,掌握城市轨道交通的类型以及我国城市轨道交通的发展现状,建立职业认同感与荣誉感。

任务目标

1. 了解城市轨道交通的类型;
2. 了解我国城市轨道交通的发展现状。

知识准备

2023年,中国大陆地区城市轨道交通完成建设投资5214.03亿元,在建线路总长5671.65公里,在建项目的可研批复投资累计43011.21亿元。截至2023年底,共有46个城市的城轨交通线网建设规划在实施,在实施的建设规划线路总长6118.62公里。2023年城市轨道交通运营线路规模进一步扩大,日均客运量突破8000万人次大关,再创历史新高。

下一步,提高城市轨道交通运营管理水平,积极适应网络化发展,做好人才培养和储备,强化运营能力是企业发展的关键所在。

一般来讲,城市轨道交通是指城市中车辆在固定导轨上运行,且主要用于城市客运的交通系统。目前,我国城市轨道交通系统主要包括地下铁道交通、城市轻轨交通、城市单轨铁路交通、新交通系统以及城市磁浮交通等。

一、地下铁道交通

地下铁道交通,又称地铁系统,简称“地铁”,其原始含义是修建在地下隧道中的铁路。随着地下铁道的发展,其线路布置不仅局限在地下隧道中,根据需要,也可以布置在地面或采用高架的方式修建,但城区内的线路还是以地下为主。

地下铁道交通是地下、高架、地面线路三者结合的大容量快速轨道交通。地下铁道交通单向客流量为3万人次/h左右,最高可达6~8万人次/h,最高速度为120 km/h,旅行速度可达40 km/h以上,可以4~10辆列车编组,车辆运行最小间隔可短于1.5 min。一般情况下,地下线路实行全封闭,可实现信号控制的自动化,适用于运量需求大的城市。北京地铁1号线,如图1-1所示。

二、城市轻轨交通

轻轨是城市轨道交通的一种重要形式,也是当今世界上发展最为迅猛的轨道交通形式。轻轨的机车质量和载客量要比一般列车小,其所使用的铁轨质量轻,只有50 kg/m,因此叫作“轻轨”。城市轻轨具有运量大、速度快、污染小、能耗少,准点运行,安全性高的优点。武汉轻轨1号线,如图1-2所示。



图 1-1 北京地铁 1 号线



图 1-2 武汉轻轨 1 号线

城市轻轨交通是一种介于现代有轨电车和快运交通系统,用于城市旅客运输的轨道交通系统,是运量或车辆轴重稍小于地铁的快速轨道交通。在我国《城市轨道交通工程项目建设标准》中,把0.6~3万人次/h的轨道交通定义为中运量轨道交通。轻轨一般采用地面和高架相结合的方法建设,路线可以从市区通往近郊。列车编组采用3~6辆,最高速度可达

80 km/h。

三、城市单轨铁路交通

单轨也称“独轨”，是指通过单一轨道梁支撑车厢并提供导引作用而运行的轨道交通系统。单轨的最大特点是车体比承载轨道宽。根据支撑方式不同，单轨通常可分为跨座式和悬挂式两种。跨座式是指车辆跨坐在轨道梁上行驶；悬挂式是指车辆悬挂在轨道梁下方行驶。重庆轨道交通单轨，如图 1-3 所示。

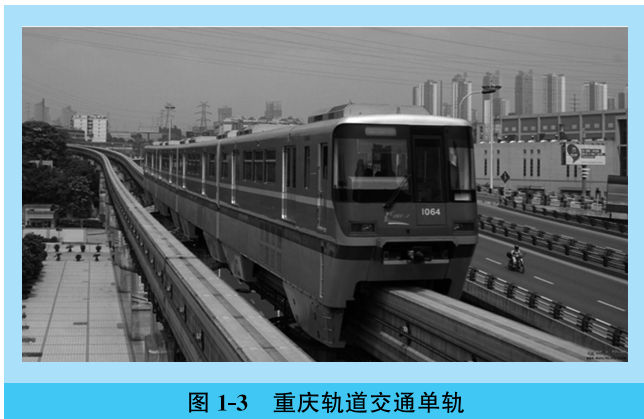


图 1-3 重庆轨道交通单轨

单轨的车辆采用橡胶轮，由电气牵引，最高速度可达 80 km/h，旅行速度为 30~35 km/h，列车可 4~6 辆编组，单向运送能力为 1~2.5 万人次/小时。

与轻轨相比，单轨有很多突出的优点。由于单轨客车的走行轮采用特制的橡胶车轮，所以振动和噪声大为减少；其两侧装有导向轮和稳定轮控制列车转弯，运行稳定可靠。高架单轨因轨道梁仅为 85 cm 宽，不需要很大空间，可适应复杂地形的要求，同时对日照和城市景观影响小。单轨交通占地少、造价低，建设工期短，其工程建筑费用仅为地铁的 1/3。

思考探究

重庆轨道交通选择单轨的理由是什么？

四、新交通系统

新交通系统是指车辆采用橡胶轮，由电气牵引，在有特殊导向的专用轨道梁上运行的交通系统。

该系统中，车辆可在线路上采用无人驾驶、无人管理，完全由中央控制室的计算机集中控制，自动运行。新交通系统与单轨交通有许多相同之处：都采用高架线路，列车以 2~6 辆编组，单向客运量在 1 万人次/h 左右，采用电力驱动，橡胶轮走行。新交通系统与单轨交通系统的最大区别在于：除有走行轨外，新交通系统还设有导向轨；另外，新交通系统的自动化程度比较高。新交通系统的导向系统有中央导向和侧面导向两种方式。

新交通系统类型

1. 全自动旅客捷运系统

全自动旅客捷运系统,其英文全称为 Automated People Mover Systems,简称 APM。其最大的特点是无人驾驶,采用电力动力和橡胶轮胎,由导向轨道引导在水泥路面上行驶。车辆的最高速度能够达到 80 km/h,平均运营速度为 30~45 km/h,与地铁、轻轨等城市轨道交通速度相当。APM 车辆长度一般为 11~13 m,采用 2~6 辆编组,单向运量为 1~3 万人次/h。

中国大陆首条 APM 系统是北京首都国际机场旅客捷运系统,该系统主要服务于 3 号航站楼国际及港、澳、台进出港旅客,如图 1-4 所示。第一条用于城市轨道交通系统的 APM 线,是广州珠江新城旅客自动运输系统,于 2010 年 11 月 8 日 14:00 正式开通并试运行,该线路主要定位于观光,如图 1-5 所示。



图 1-4 北京首都国际机场 APM 系统



图 1-5 广州珠江新城 APM 线

2. 直线电机轮轨交通系统

直线电机轮轨交通系统是一种新型的介于磁浮交通与传统轮轨铁路交通之间的轨道交通形式。该种轨道交通利用车轮起支承、导向作用,这与传统轮轨系统相似。但它在牵引方面却采用了短定子列车驱动直线感应电机驱动,当初级线圈被通以三相交流电时,由于感应而产生电磁力,直接驱动车辆前进,改变磁场移动方向,车辆运动的方向也随之改变。车辆平稳运行时,定子与感应轨之间的间隙一般保持在 10 mm 左右。

广州地铁 4 号线是中国首条使用直线电机技术的轨道交通线路。车辆的车型为 L 型,采用 4 辆编组,长约 71 m,宽约 2.8 m,车体截面为鼓形结构,最高运行速度为 90 km/h。广州地铁 4 号线具有全自动驾驶功能,如图 1-6 所示。



图 1-6 广州地铁 4 号线

五、城市磁浮交通

磁浮交通利用电磁铁将车辆悬浮在轨道上,在运动中没有轮轨的接触关系。磁浮交通一般可分为:高速超导型,最高速度为 550 km/h;中速常导型,最高速度为 250 km/h;低速常导型,最高速度为 100~120 km/h。城市磁浮交通通常采用低速常导型。磁浮交通系统是一种中等运量的轨道运输系统,适用于单向客流量为 1.5~3 万人次/h 的交通走廊。磁浮系统列车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。

2016 年 5 月 6 日,中国首条拥有完全自主知识产权的中低速磁浮铁路——长沙磁浮快线正式通车。这条线路全长 18.5 km,总投资 46 亿元,最高时速可达 100 km/h,如图 1-7 所示。



图 1-7 长沙磁浮快线

中国大陆地区城市轨道交通运营线路制式结构(截至 2023 年底),如图 1-8 所示。

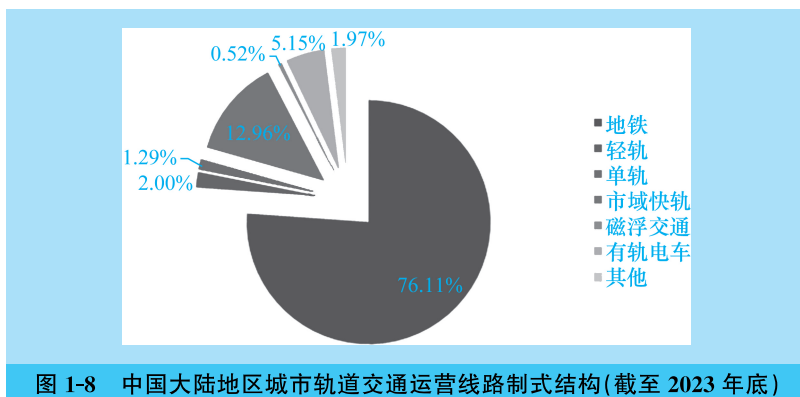


图 1-8 中国大陆地区城市轨道交通运营线路制式结构(截至 2023 年底)



交流讨论

你所在城市的轨道交通类型有哪些? 其选型的依据是什么?

任务实施

工作单	城市轨道交通的类型
交流讨论	1. 城市轨道交通的类型； 2. 我国城市轨道交通的发展现状； 3. 你所在城市轨道交通的类型
能力训练	1. 与他人共享学习资源，具有较好的合作能力和团队协作精神； 2. 与小组成员和教师就学习中的问题进行交流和讨论； 3. 综合运用城市轨道交通车辆专业知识，通过城市轨道交通车辆专业书籍、课件和图片资料获得信息
实训小结	

任务评价

评价内容	城市轨道交通的类型		
班级		姓名	
学习小组		操作时间	

职业素养(包括表达能力 15%，沟通能力 15%，团队合作能力 15%，实际操作能力 25%，知识掌握能力 30%)

评价项目	表达能力	沟通能力	团队合作能力	实际操作能力	知识掌握能力
评价结果					

指导教师评语：

任务完成人签字：

日期： 年 月 日

指导教师签字：

日期： 年 月 日

任务二 城市轨道交通车辆的类型、组成及特点

任务描述

城市轨道交通车辆是车辆驾驶与检修人员的工作平台,只有在充分了解其结构、特性、原理的基础上,工作人员才能游刃有余地完成驾驶、检修等作业。

在城市轨道交通车辆总体实训场内,了解城市轨道交通车辆的总体结构,以更好地完成后续任务的学习和训练。

任务目标

1. 掌握城市轨道交通车辆的类型;
2. 掌握城市轨道交通车辆的组成;
3. 熟悉城市轨道交通车辆的特点。

知识准备

一、城市轨道交通车辆的类型

1. 按照车体的宽度进行分类

我国城市轨道交通车辆种类较多,各城市由于运营要求和地质条件不同,对城市轨道交通车辆的要求也不一样。《城市轨道交通工程项目建设标准》中提出了 A 型车、B 型车、C 型车的概念,它主要是按车体宽度不同来进行分类的。其主要技术规格,如表 1-1 所示。

表 1-1 各类车型的主要技术规格

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)(有空调/无空调)	3.8/3.6	3.8/3.6	3.7/3.25		
		受电弓(m)(落弓位高度)	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		

续表

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
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(mm)		$\varphi 840$		$\varphi 760$		
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)	有驾驶室	295	230	200	240	315
		无驾驶室	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	启动平均加速度(m/s ²)		≥ 0.9		≥ 0.85		
17	常用制动减速度(m/s ²)		1		1.1		
18	紧急制动减速度(m/s ²)		1.2		1.3		

注:车辆详细技术条件可参照《地铁车辆通用技术条件》(GB/T 7928—2003)和《城市轻轨交通铰接车辆通用技术条件》(GB/T 23431—2009)。



视野拓展

阅读《地铁车辆通用技术条件》(GB/T 7928—2003)、《城市轻轨交通铰接车辆通用技术条件》(GB/T 23431—2009)。

在进行城市轨道交通车辆选型时,主要是根据线路远期高峰小时的运量要求来进行的:高运量——单向运能 5~7 万人次/h,选 A 型车;大运量——单向运能 3~5 万人次/h,选 A 型车或 B 型车;中运量——单向运能 1~3 万人次/h,选择 B 型车或 C 型车。

2. 按照车辆的安装设备进行分类

按照车辆安装设备的不同,城市轨道交通车辆可分为 A 车、B 车、C 车三种类型。

A 车:为带有驾驶室的拖车。其本身无动力,要依靠有动力的车辆拖动。

B 车:为无驾驶室的动车。其转向架上带有牵引电动机,车顶安装有受电弓或车下装有受电靴。

C 车:为无驾驶室的动车。其转向架上带有牵引电动机,车底装有空气压缩机。也有部分地铁车辆空气压缩机安装在头车上。

温馨提示

要区分 A 型车与 A 车。

3. 按照车辆制式进行分类

按走行部与行驶轨道之间的匹配关系(即车辆制式)来分,主要有钢轮钢轨制式车辆(包括直线电机车辆)、胶轮制式车辆、独轨制式车辆、磁浮车辆等。通常,城市轨道交通车辆多指钢轮钢轨制式车辆,其主要用于地铁或轻轨系统之中。

4. 按照牵引动力配置进行分类

按照牵引动力配置不同来分类,城市轨道交通车辆可分为动车(Motor)和拖车(Trailer)两大类。其中,动车以“M”表示,拖车以“T”表示。拖车(T)即本身无动力牵引装置的车辆,仅有载客功能,可设置驾驶室,也可带受电弓。动车(M)即本身装有动力牵引装置的车辆,又分为带受电弓的动车和不带受电弓的动车。由于动车本身带有动力牵引装置,因而它兼有牵引和载客两大功能。城市轨道交通车辆在运营时,一般采用动拖结合、固定编组的方式形成电动列车组。

二、城市轨道交通车辆的组成

城市轨道交通车辆是由按功能分类的多个子系统组成的紧密联系的综合系统,一般包括车体、客室门窗、转向架、车钩及缓冲装置、制动系统、空调系统、主电路系统、辅助供电系统、牵引制动控制系统、列车通信控制系统、乘客信息系统、照明系统等。

1. 车体

车体是车辆的主体结构,是容纳乘客的地方,又是安装与连接其他设备和部件的基础。国内地铁车辆的车体采用了整体承载的模块化铝合金或不锈钢结构,一般均设有底架、侧墙(车窗、车门)、端墙、车顶棚等。车窗采用全封闭式中空玻璃,车内还安装有座椅、扶手、乘客信息系统等乘客服务设施,以及紧急开门装置、紧急对讲装置和灭火器等安全设施,如图 1-9 所示。

2. 客室门窗

客室侧门是供乘客上下车的通道,是车辆动作最频繁的设备之一。A 型车每辆车有 10 个客室车门与车窗;B 型车有 8 个客室车门与车窗,为左右对称布置,具有自动开关门功能。客室门窗如图 1-10 所示。



图 1-9 车体



图 1-10 客室门窗

客室车门的特点如下：

(1)一般采用电控电动外塞拉门,电控电动装置采用微处理器控制的电动机驱动装置,并具有自诊断功能和故障记录功能；

(2)车门净开度不小于 1 400 mm,高度不小于 1 860 mm；

(3)传动装置采用皮带方式,导向装置、驱动装置和锁闭装置集中为一个紧凑的功能单元,便于安装和维修。

客室车窗的特点如下：

(1)为连续窗带结构；

(2)车窗玻璃通过优质结构胶直接黏结在车体钢结构上；

(3)车窗安装后,玻璃外表面与车体外表面平齐；

(4)车窗玻璃为钢化安全玻璃；

(5)车窗玻璃有一半带紧急通风功能,在客室呈“W”形分布。

3. 转向架

转向架是车辆的走行部,是支承车体载荷并使车辆沿着轨道行驶的装置,如图 1-11 所示。转向架的主要作用是:承担车体及载客的质量;传递列车牵引力,保证列车顺利通过小半径曲线。转向架为无摇枕结构,采用传统的“H”形构架。每个转向架的两个空气弹簧支承着车体的质量,可降低振动和冲击,使乘客乘坐时更加舒适;通过空气弹簧的充排风可根据负载情况对地板高度进行自动调整。在车体和转向架之间,采用单牵引拉杆传递牵引力和制动力。为了降低轮轨间产生的磨损噪声,在车轮轮辋上还装有降噪阻尼环。

转向架分为动力转向架和非动力转向架两种。动力转向架的每根车轴都有一台交流牵引电动机。牵引电动机通过联轴节与减速齿轮箱连接,牵引电动机输出的转矩通过联轴节传递给齿轮箱,经齿轮箱减速后再传递给轮对,实现列车的牵引。

为了实现列车的停车或制动,在每个转向架上都配有制动单元,包括两个常用制动、两个停放制动。停放制动可通过钢丝绳缓解。

4. 车钩及缓冲装置

车钩及缓冲装置安装在底架牵引梁上,是车辆的一个安全部件,如图 1-12 所示。车钩及缓冲装置是连接车辆以及车辆之间的机械路、电路和气路,并传递列车运行的牵引力、制动力以及缓解车辆之间冲击力的装置。车钩及缓冲装置主要由车钩、缓冲器、解钩风缸及其他附属配件组成。城市轨道交通车辆采用密接式车钩,包括全动车钩、半动车钩和半永久牵引杆等。缓冲器一般有橡胶缓冲器、弹性胶泥缓冲器、液压缓冲器等。

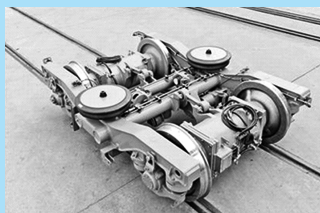


图 1-11 转向架



图 1-12 车钩及缓冲装置