



普通高等学校车辆工程专业卓越特色系列规划教材

轨道车辆制造工艺

宋永增 主编



科学出版社

普通高等学校车辆工程专业卓越特色系列规划教材

轨道车辆制造工艺

宋永增 主 编

科学出版社

北 京

内 容 简 介

本书是普通高等学校车辆工程专业卓越特色系列规划教材之一,主要介绍轨道车辆转向架和车体的制造工艺。

本书共八章。第一章介绍轨道车辆的特点与基本组成、轨道车辆制造工艺基本概念及轨道车辆制造的发展历史和现状等;第二章介绍机械加工基础知识,重点介绍车轴、车轮、轴箱及构架的机械加工及典型加工设备;第三章介绍转向架组装,重点介绍轮对组装及其质量评价、轴箱组装和典型转向架组装工艺过程;第四章介绍车体零部件的冲压加工,重点介绍各种冲压工序变形特点、冲压模具设计;第五章介绍车体装配焊接工艺,重点介绍焊接结构特点及焊接变形分析、不锈钢和铝合金车体焊接工艺特点;第六章介绍货车车体制造工艺过程,重点介绍通用敞车车体工艺部件的装配-焊接工艺和车体总装工艺流程等;第七章介绍客车车体制造工艺过程,重点介绍 25 型客车车体工艺部件的装配-焊接工艺和车体总装工艺流程等;第八章介绍动车组车体制造工艺过程,重点介绍铝合金车体工艺部件的装配-焊接工艺和车体总装工艺流程等。

本书是高等学校机车车辆专业本科生教材,也可作为相关专业技术人员的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

轨道车辆制造工艺/宋永增主编. —北京:科学出版社, 2015.6

普通高等学校车辆工程专业卓越特色系列规划教材

ISBN 978-7-03-044546-9

I. ①轨… II. ①宋… III. ①轻轨车辆-车辆制造-高等学校-教材
IV. ①U270.6

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2015) 第 122361 号

责任编辑:毛莹 张丽花 / 责任校对:郭瑞芝

责任印制:徐晓晨 / 封面设计:迷底书装

科学出版社出版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

北京科印技术咨询服务公司印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2015 年 6 月第 一 版 开本:787×1092 1/16

2015 年 6 月第一次印刷 印张:18 3/4

字数:466 000

定价:47.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换)

前 言

2010 年,教育部正式启动了“卓越工程师教育培养计划”。其宗旨是培养和造就一大批创新能力强、适应社会经济发展需要的高质量各类型工程技术人才,为国家走新型工业化发展道路、建设创新型国家和人才强国战略服务。北京交通大学是首批“卓越工程师教育培养计划”实施的 61 所高校之一。机械工程及自动化(铁路机车车辆)专业卓越工程师培养计划作为北京交通大学“卓越工程师教育培养计划”之一,实施两年基础教育、两年轨道交通专业教育、两年工程硕士教育的“2+2+2”本、硕一体化人才培养模式。为此,北京交通大学机电学院申报了面向车辆工程专业的卓越工程师教育系列特色教材。

本书是普通高等学校车辆工程专业卓越特色系列规划教材之一。本书在原有《动车组制造工艺》教材基础上,新增了普通客、货车制造工艺等相关内容。本书介绍了轨道车辆制造的发展历史和现状,重点介绍了转向架零件的机械加工、转向架组装,以及普通客车、货车和动车组的制造工艺等,特别突出了铝合金车体焊接工艺特点等。

本书第一章、第二章第六节、第四~第六章、第七章第一节和第八节、第八章第一~七节由北京交通大学宋永增编写,第二章第一~三节和第三章由北京交通大学胡准庆编写,第二章第四、五节由唐山轨道客车有限责任公司卢峰华编写,第七章第二~七节由唐山轨道客车有限责任公司聂丽丽、刘春宁编写,第八章第八节由唐山轨道客车有限责任公司勾波编写。宋永增担任主编,北京交通大学张励忠担任主审。

为方便读者学习,依托北京交通大学开设的“轨道车辆制造工艺”MOOC 课程,本书在重要知识点位置设置了 34 个二维码,通过手机、平板电脑等移动终端扫描二维码,即可链接至 MOOC 相关知识点的视频讲解,从而将纸质教材与网络资源有机结合,有利于提升学习效果。扫描封底二维码,点击“多媒体素材”,可显示书中所有视频资源,读者可根据学习需要,有选择性地观看。观看本书配套视频讲解会产生较大流量,建议在 Wifi 环境下访问相关资源。本书附带的所有视频文件版权所有,未经允许请勿擅自使用。

在本书的编写过程中,得到了唐山轨道客车有限责任公司及其他相关轨道车辆制造公司的大力支持和帮助,在此表示衷心的感谢。

由于水平所限,时间仓促,疏漏和不足之处在所难免,恳请广大读者提出批评和建议。

编 者

2015 年 1 月于北京

目 录

前言

第一章 绪论	1
一、轨道车辆的特点	1
二、轨道车辆的基本组成	2
三、轨道车辆制造发展简史	5
第二章 转向架零件的机械加工	11
第一节 机械加工工艺基础	11
一、基础知识	11
二、机械加工工艺过程的组成	13
第二节 机械加工工艺规程设计	16
一、机械加工工艺过程的作用	16
二、机械加工工艺规程制订的原则	17
三、机械加工工艺过程的类型	17
四、机械加工工艺规程制订的依据与步骤	18
五、制订机械加工工艺规程考虑的问题	20
第三节 夹具设计基础	31
一、工件在夹具中的定位	31
二、机床夹具	36
三、专用夹具	38
四、装配焊接夹具	42
第四节 转向架典型零件机械加工	47
一、车轴加工工艺	48
二、车轮加工工艺	49
三、轮轴加工专用设备	51
第五节 轴箱和构架机械加工	53
一、轴箱加工工艺	53
二、构架加工工艺	54
三、构架加工设备	57
第六节 计算机辅助制造简介	58
一、CAM 概述	58
二、数控系统及其工作过程	63
三、数控系统运动控制方式	65
四、计算机在数控系统中的应用	66
五、成组技术	70
六、计算机辅助工艺规程设计	74
七、计算机辅助 NC 编程	76

复习思考题	84
-------	----

第三章 转向架组装	85
第一节 机械装配基本知识	85
一、机械装配基本概念	85
二、机械装配基本内容	85
三、机械装配精度	86
四、装配方法	87
第二节 轮对组装	89
一、轮对组装技术要求	90
二、轮对组装工艺过程	91
三、轮对组装的质量评价	94
第三节 轴箱组装	99
一、轴箱组装方法	99
二、轴箱体组装	100
第四节 转向架组装	104
一、转向架组装工艺流程	104
二、轴箱弹簧组装	104
三、转向架组装及落车	105
四、驱动装置-齿轮箱安装(动力转向架)	106
五、其他部件的安装	107
六、转向架组装尺寸检查	107
七、车体与转向架的上下关系尺寸检查	109
八、转向架组装过程图解	110
复习思考题	119
第四章 车体零件的冲压工艺	121
第一节 概述	121
一、冲压加工的特点	121
二、冲压工艺的分类	122
三、冲压设备	123
第二节 冲裁	123
一、冲裁时板料的变形过程	124
二、冲裁件断面特征	124
三、冲裁力的计算及压力机公称压力的选取	125
四、排样设计	128
五、冲裁模的分类及组成	129

六、冲裁模设计	132	第三节 焊接结构及接头强度计算	190
七、冲裁模主要零部件的结构形式	135	一、焊接结构的主要特点	190
八、冲裁间隙及凸、凹模刃口尺寸 的计算	140	二、焊接接头及其基本形式	190
九、冲裁件的结构工艺性	144	三、焊接结构设计	193
第三节 弯曲	145	四、焊接接头静强度计算	195
一、弯曲变形过程	146	第四节 不锈钢车体焊接特点	200
二、弯曲后的回弹	147	一、不锈钢焊接特性	201
三、最小弯曲半径	150	二、不锈钢焊接工艺	202
四、弯曲件的结构工艺性	151	三、不锈钢焊接的主要问题及防止措施	204
第四节 拉深	152	第五节 铝合金车体焊接特点	205
一、拉深过程中金属变形的特点	152	一、铝合金种类及焊接特性	205
二、压边装置及其选择	154	二、铝合金焊接工艺	207
三、拉深次数的确定	155	三、铝合金焊接的主要问题及防止措施	212
四、拉深件毛坯尺寸的确定	158	复习思考题	214
五、拉深件的结构工艺性	159	第六章 货车制造	215
第五节 冷挤压	160	第一节 概述	215
一、冷挤压的基本方式	160	一、货车车体结构组成	215
二、冷挤压工艺的特点	161	二、装配系统图	215
三、冷挤压件结构工艺性	162	三、货车制造工艺流程	215
第六节 冲压工艺规程的制订	163	第二节 底架组焊工艺	217
一、冲压工艺规程制订的步骤及内容	163	一、主要技术要求	217
二、零件图的分析	163	二、中梁制造工艺	217
三、冲压工艺方案的确定	165	三、底架制造工艺	222
四、确定模具的结构形式	167	第三节 侧墙组焊工艺	224
五、冲压设备选择	167	一、主要技术要求	226
六、编写冲压工艺卡	167	二、侧墙制造的工艺过程	226
七、冲压工艺规程的编制实例	168	第四节 端墙组焊工艺	226
复习思考题	170	一、主要技术要求	227
第五章 车体焊接结构及工艺	171	二、端墙制造工艺过程	227
第一节 车体制造中的焊接方法 及设备	171	第五节 车体钢结构总组装及货车 总组装工艺	228
一、焊接方法及其分类	171	一、主要技术要求	228
二、车体制造中常用焊接方法	172	二、车体钢结构总组装工艺过程	228
三、新型焊接电源设备	177	三、货车总组装工艺过程	229
第二节 车体结构的焊接变形	178	复习思考题	229
一、焊接应力和变形分析	178	第七章 客车制造	230
二、常见焊接结构的残余变形	180	第一节 概述	230
三、车体结构焊接变形及防止措施	185	一、车体钢结构装配系统图	231
四、车体结构焊接变形的矫正	188	二、车体钢结构的流水生产布局	231

第二节 车体钢结构备料及预处理·····	231	第八章 动车组制造·····	257
一、车体钢结构下料·····	231	第一节 概述·····	257
二、车体表面处理·····	232	一、动车组车体结构及工艺特点·····	257
第三节 底架组焊工艺·····	233	二、动车组装配系统图·····	257
一、主要技术要求·····	233	第二节 底架组焊工艺·····	258
二、工艺分析·····	234	一、底架组焊技术要求·····	258
三、底架制造·····	234	二、底架组焊工艺过程·····	259
第四节 侧墙组焊工艺·····	239	第三节 侧墙组焊工艺·····	263
一、主要技术要求·····	240	一、侧墙结构组成·····	263
二、侧墙组焊·····	240	二、侧墙组焊工艺过程·····	263
三、侧墙组焊存在的问题及预防措施·····	242	三、侧墙焊接变形分析及防止措施·····	267
第五节 车顶组焊工艺·····	244	第四节 车顶组焊工艺·····	268
一、主要技术要求·····	245	一、车顶结构特点·····	268
二、车顶装配基准·····	245	二、车顶组焊工艺过程·····	268
三、车顶组焊·····	245	第五节 端墙组焊工艺·····	268
四、车顶组焊存在的问题及预防措施·····	249	一、端墙结构特点·····	268
第六节 端墙组焊工艺·····	249	二、端墙组焊工艺过程·····	269
第七节 车体钢结构总组工艺·····	250	第六节 驾驶室组焊工艺·····	269
一、主要技术要求·····	251	一、驾驶室结构特点·····	269
二、车体钢结构总组·····	251	二、驾驶室组焊工艺过程·····	270
第八节 客车总组工艺·····	253	第七节 车体总组·····	271
一、木结构安装·····	253	一、车体总组工艺特点·····	271
二、车窗安装·····	253	二、车体总组工艺过程·····	272
三、钩缓、制动装置安装·····	254	第八节 动车组总装·····	273
四、车电装置安装·····	254	一、动车组总装工艺流程·····	273
五、卫生设备安装·····	254	二、车下设备安装·····	274
六、车体钢结构油漆·····	254	三、车内设备安装·····	277
七、落车检查·····	255	四、驾驶室设备组装·····	283
八、试运转·····	255	五、车顶设备组装·····	286
复习思考题·····	256	六、落车及交验·····	288
		复习思考题·····	290
		参考文献·····	291

第一章 绪 论



一、轨道车辆的特点

铁路运输的运载工具是轨道车辆。广义地说，所谓轨道车辆是指必须沿着专设的轨道运行的车辆，这些车辆在社会生活的各个方面获得了广泛的应用。除在铁路干线上及在厂矿、林区运行的轨道车辆外，城市中的轻轨车辆、有轨电车、地下轨道车辆、建筑工地及矿井中运送土石等的翻斗小车、某些工厂车间内运送物料的有轨车辆、旅游设施中的缆车、悬挂式单轨车以及研制中的磁悬浮车等均可列入有轨车辆的范畴。本书中提到的轨道车辆，不论其本身是否具有牵引动力，均能运送旅客或货物。仅提供牵引动力的机车不属于轨道车辆。本书主要论述在铁路干线上运行的轨道车辆，在不会混淆的情况下把它简称车辆。由于各种有轨车辆之间有许多共同的特点，本书所述的车辆结构原理基本上也适用于其他有轨车辆。

轨道车辆与其他车辆的最大不同点在于这种车辆的轮子必须在专门为它铺设的钢轨上运行。这种特殊的轮轨关系成了轨道车辆结构上最大的特征，并由此产生出许多其他的特点。

(1) 自行导向：除轨道车辆之外的各种运输工具几乎全有操纵运行方向的机构，唯轨道车辆通过其特殊的轮轨结构，车轮才能沿轨道运行而无需专人掌握运行的方向，如图 1-1 所示。

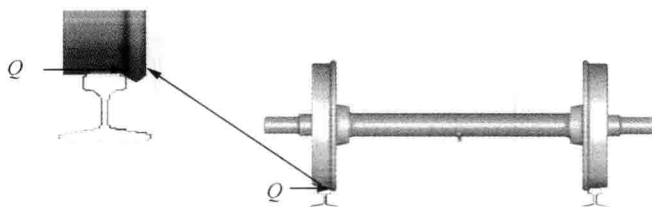


图 1-1 导向力示意图

(2) 低运行阻力：除坡道、弯道及空气对车辆的阻力，运行阻力主要来自于走行机构中的轴与轴承以及车轮与轨面的摩擦阻力。轨道车辆的车轮及钢轨都是含碳量偏高的钢材，轮轨接触处的变形较小，而且铁道线路的结构状态也尽量使其运行阻力减小，故轨道车辆运行中的摩擦阻力较小，如图 1-2 所示。

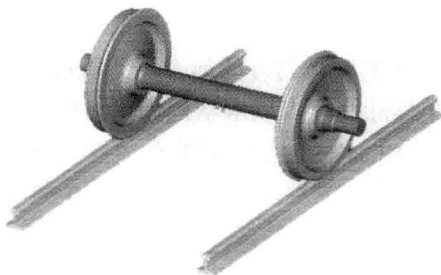


图 1-2 车轮在钢轨上滚动

(3) 成列运行：由于以上两个特点决定它可以编组、连挂组成列车。为了适应成列运行的

特点, 车厢与车厢之间需设连接、缓冲装置, 且由于列车的惯性很大, 每辆车均需设制动装置, 如图 1-3 所示。

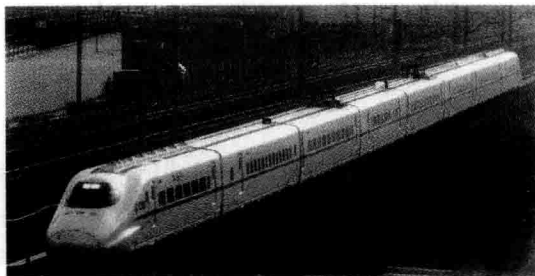


图 1-3 8 辆编组的高速列车

(4) 严格的外形尺寸限制: 轨道车辆只能在规定的线路上行驶, 无法像其他车辆那样主动避让靠近它的物体, 为此要制定限界, 严格限制车辆的外形尺寸以确保运行安全。图 1-4 为铁路限界。铁路限界是铁路安全行车的基本保证之一, 是铁路各业务部门必须遵循的基础技术规程。铁路限界由机车车辆限界(简称车限)和建筑限界(简称建限)两者共同组成, 两者间相互制约与依存。

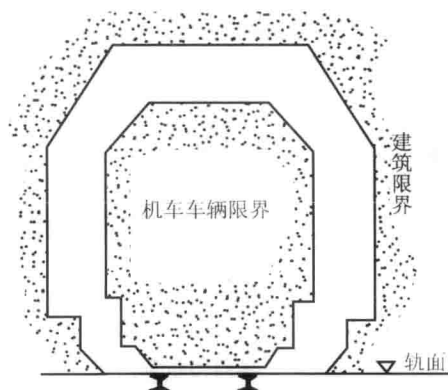


图 1-4 铁路限界

二、轨道车辆的基本组成

铁道车辆从出现至今, 由于不同的目的、用途及运用条件, 车辆形成形形色色的类型与结构, 但均可以概括为由以下五个基本部分组成。

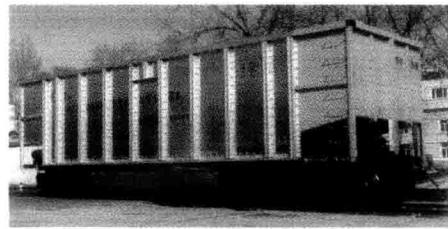
(1) 车体。车体是容纳乘客和驾驶员驾驶的地方, 又是安装与连接车辆其他组成部分的基础, 如图 1-5 所示。早期的车体除底架多以木结构为主, 辅以钢板、弓形杆等来加强; 近代的车体以钢结构或轻金属结构为主, 尽量使所有的车体构件均承受载荷以减轻自重。绝大部分车体均有底架, 视需要添加端墙、侧墙及车顶等。为使车体轻量化, 高速动车组车体通常采用铝合金和不锈钢材料制造, 而铝合金将是今后动车组车体的主导材料。

(2) 转向架。它介于车体与轨道之间, 牵引和引导车辆沿钢轨行驶和承受来自车体及线路的各种载荷并缓和动作力, 是保证车辆运行品质的关键部件, 如图 1-6 所示。早期二轴车的转向架将轮对、轴箱、弹簧等直接装在车体底架下, 近代转向架的结构形式多样, 一般都做成一个相对独立的通用部件以适应多种车辆的需要。高速动车组转向架还包括带动力的转

向架。转向架通常由轮对轴箱装置、弹簧悬挂装置、构架或侧架、基础制动装置和支承车体的装置组成。

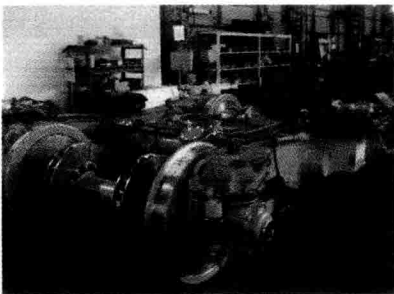


(a) 铝合金客车车体

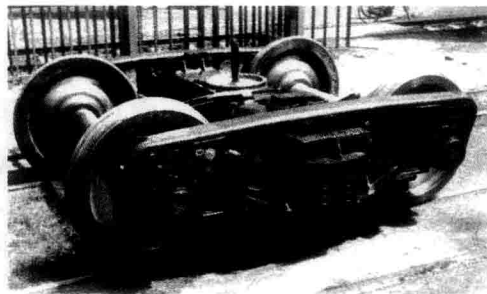


(b) C80 货车车体

图 1-5 车体



(a) 客车转向架

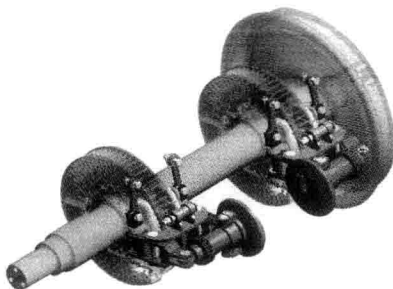


(b) 货车转向架

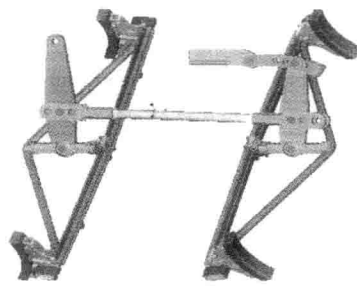
图 1-6 转向架

(3) 制动装置。它是保证列车准确停车及安全运行所必不可少的装置，如图 1-7 所示。由于整个列车的惯性很大，不仅要在机车上设制动装置，还必须在每辆车上也设制动装置，这样才能使运行中的车辆按需要减速或在规定的距离内停车。车辆上常见的制动装置是通过列车主管中空气压力的变化而使制动装置产生相应的动作。此外，车辆上还设有手制动装置，货车在编组、调车作业中常要用到手制动装置，其他车辆的手制动装置作为一种辅助装置以备急需。

制动装置包括动力制动装置、空气制动装置、控制系统和电子防滑器等。



(a) 盘形制动

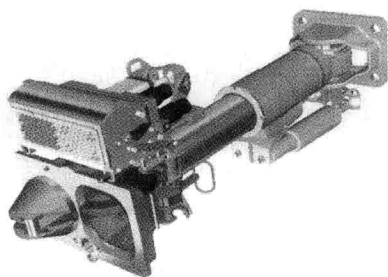


(b) 踏面制动

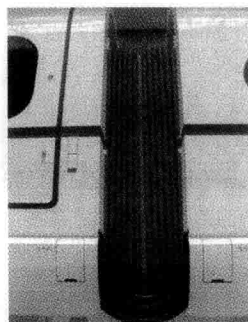
图 1-7 制动装置

(4) 连接、缓冲装置。车辆要成列运行必须借助于连接装置。机械连接包括车钩缓冲装置和风挡等；同时还有车辆之间的电气和空气管路的连接、高压电器连接、辅助系统和列车供电连接以及控制系统连接等，如图 1-8 所示。早期的连接装置仅考虑牵引工况，由链条、销

子之类组成链子钩，之后在链子钩两侧装有带弹性的缓冲盘以适应推送，这种结构虽然陈旧但某些国家仍在使用。近代车辆的连接装置多为各种形式的自动车钩和密接式车钩。车钩后部的钩尾框中装有能储存和吸收机械能的缓冲装置，以缓和列车冲动。



(a) 密接式车钩缓冲装置



(b) 风挡及管线连接

图 1-8 车辆连接装置

(5) 车辆内部设备。车辆内部设备是一些能良好地为运输对象服务而设于车体内的固定附属装置，如图 1-9 所示，如客车上的电气、给水、取暖、通风、空调、座席、卧铺、行李架等装置，旅客信息服务系统等。货车由于类型不同，内部设备也因此千差万别，一般来说，比客车简单，如棚车中的拴马环、床托等分别为运送大牲畜及人员所设；其他如保温车、家畜车等各有其特殊的内部设备。



(a) 一等车内设备



(b) 餐车二等车合造车

图 1-9 车辆内部设备

对于高速动车组，除以上五个组成部分，还包括以下三个组成部分。

(1) 牵引传动系统。该系统包括主电路、高压设备、受电弓、主断路器、其他高压设备、主变压器、牵引变流器、牵引电机、变速器及电传动系统的保护等。

(2) 辅助供电系统。该系统主要由辅助变流器、蓄电池、充电机等组成。辅助供电系统专门为牵引供电系统以外的其他车内设备进行供电，如空气压缩机、空气调节系统、采暖设备、照明设备、旅客服务设备等。

(3) 动车组控制及信息管理系统。现代列车普遍配置了基于网络的分布式计算机控制系统，提供整列车的控制、监测、诊断等功能。列车通信网络就是应用于列车上的计算机通信网络。列车网络控制已成为动车组的必备技术之一。该系统可实现各动力车的重联控制、全列车所有由计算机控制的部件联网通信和资源共享、全列车的制动控制、自动门控制、轴温监测及空调控制等功能，并完成全列车的自检及故障诊断决策。

三、轨道车辆制造发展简史

我国轨道车辆制造业始于新中国成立初期。中国铁路机车车辆工业管理体制，由最初的铁道部厂务局，中间经历一系列变化，到 2008 年，发展成为中国北车股份有限公司(简称中国北车)和中国南车股份有限公司(简称中国南车)。

中国北车下属的主要公司厂家有：长春轨道客车股份有限公司、唐山轨道客车有限责任公司、齐齐哈尔铁路车辆(集团)有限责任公司、太原机车车辆厂、济南机车车辆厂、西安车辆厂等。

中国南车下属的主要公司厂家有：青岛四方机车车辆股份有限公司、南京浦镇车辆厂、株洲车辆厂、眉山车辆厂、武昌车辆厂、北京二七车辆厂、石家庄车辆厂等。

长春轨道客车股份有限公司前身是长春客车厂，始建于 1954 年，隶属中国北车。现已成为我国最大的轨道客车和城市轨道车辆的研发、制造和出口基地。

青岛四方机车车辆股份有限公司前身是四方机车车辆厂，诞生于 1900 年 10 月。它是中国高速列车产业化基地，铁路高档客车的主导设计制造企业，国内地铁、轻轨车辆定点生产厂家和国家轨道交通装备产品重要出口基地。

唐山轨道客车有限责任公司前身是唐山机车车辆厂，始建于 1881 年，是中国第一家轨道装备制造企业。曾制造出中国第一辆客车——“銮舆龙车”，研制了中国第一辆货车、第一辆特种车和第一辆高级公务车等，成为轨道装备高端产品制造基地。

齐齐哈尔铁路车辆(集团)有限责任公司前身是齐齐哈尔车辆厂，始建于 1935 年，是中国轨道货车、轨道起重机设计制造领军企业和出口基地，隶属于中国北车。

中国北车和中国南车是中国轨道交通装备制造行业的领军企业，也是世界轨道交通装备制造行业的重要成员，具备铁路机车车辆(含动车组)、城市轨道车辆、工程机械机电设备、电子设备及相关部件等产品的研发、设计、制造、维修等综合能力，是中国最大的轨道车辆制造商。我国轨道车辆制造的发展可概括为以下几个阶段。

2014 年 12 月 30 日，中国南车和中国北车发布重组公告，将中国南车和中国北车合并组建国有企业—中国中车股份有限公司，中文简称为“中国中车”，英文名称为“CRRC Corporation Limited”，英文简称为“CRRC”。通过重组整合，以进一步提升公司的业务规模，增强盈利能力，打造以轨道交通装备为核心、跨国经营、全球领先的大型综合性产业集团。如图 1-10 所示。

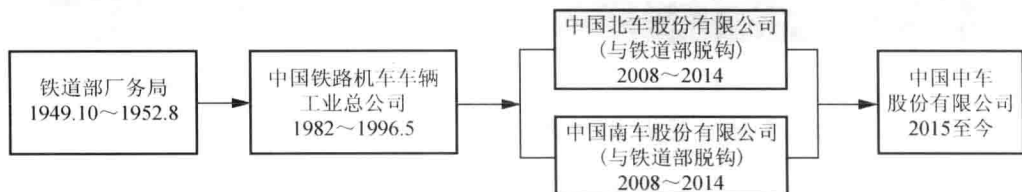


图 1-10 中国铁路机车车辆工业管理体制

(一) 1949~1957 年仿制阶段

1949 年，我国开始制造货车，首先仿制了 C1 型 30t 敞车，采用铆接钢底架、钢骨木板车体、转 15 型螺栓拱架结构转向架和滑动轴承轮对。从此以后，我国制造的货车车型逐渐增加，先后制造了平车、棚车、各种用途的罐车、漏斗车、家畜车和保温车等，货车的吨位也逐渐

由 30t、40t 增加到 50t, 标志着中国铁路货车实现了载重由 30 t 级向 50t 级的第一次大的升级换代。同时也设计制造了转 6 型和转 8 型 D 轴三大件货车铸钢转向架及部分 60t 货车, 如 N6 和 N12 型平车。

1953 年, 我国正式成批制造 21 型全钢客车, 是中国铁路第一代主型客车, 如图 1-11 所示。采用 101 型均衡梁式铸钢转向架, 如图 1-12 所示。21 型客车虽然结构不十分先进, 但是开辟了中国自己制造车辆的历史。21 型客车有硬席车、硬卧车、软席车、软卧车、餐车、行李车和邮政车等车种。21 型客车 1961 年停止生产, 逐渐由 22 型客车取代。



图 1-11 21 型客车



图 1-12 101 型转向架

1955 年, 仿照苏联全钢客车制造了车长为 23.6m 的 22 型客车, 采用独立温水取暖, 是中国铁路第二代主型客车, 如图 1-13 所示。有一部分车辆采用大气压式蒸汽取暖, 称为 23 型。两种客车的车体结构基本相似。22 型客车 1994 年停止生产。

1956~1957 年, 仿制苏联无导框式转向架成为我国的 201 系列的 D 轴转向架和仿制带螺旋弹簧和液压减振器的 202 型 C 轴转向架。202 型客车转向架逐步改进, 成为我国 C 轴客车主型转向架, 如图 1-14 所示。

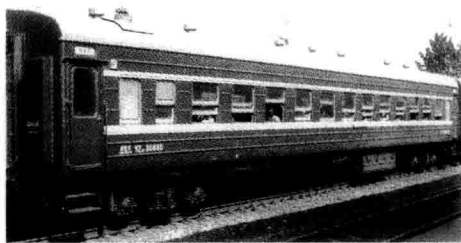


图 1-13 22 型客车

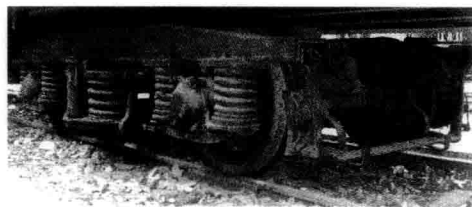


图 1-14 202 型转向架

(二) 1958~1977 年独立设计制造阶段

经过一段时间的仿制过程, 我国轨道车辆企业已经积累了相当丰富的经验, 从各铁路院校中培养出一批轨道车辆高级专业设计人才也逐渐成长, 我国的轨道车辆工业迈上了一个新台阶。

在此阶段, 先后由株洲车辆厂、齐齐哈尔车辆厂、太原机车车辆厂、西安车辆厂等设计制造 50t 级和 60t 级的平车、敞车(如 C62 和 C65 型敞车等)、棚车、漏斗车和罐车等。

1958 年, 四方机车车辆厂成功研制了我国第一列双层客车。

1965~1967 年,我国研制生产了 25 型客车,这是中国铁路第三代主型客车。

1960~1970 年,四方机车车辆厂先后研制成功 UD1 型、UD2 型和 UD3 型(即 206 型)转向架,如图 1-15 所示。1974 年,浦镇车辆厂研制成功了 209 型 D 轴客车转向架,如图 1-16 所示。由于这两种转向架性能良好,推广使用后被定为我国 D 轴客车主型转向架。



图 1-15 206 型转向架

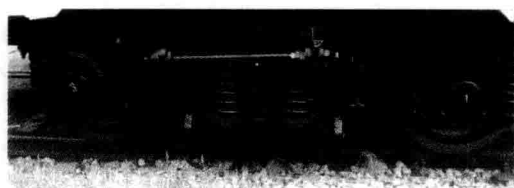


图 1-16 209 型转向架

(三)1978~2006 年迅速发展阶段

在货车方面,20 世纪 70 年代末 80 年代初,载重 60t 的 C62A 型敞车诞生,标志着中国铁路货车实现了载重由 50t 级向 60t 级的第二次大的升级换代。

2003~2005 年,C80、X2K、C70 等新型 70t 级、80t 级货车研制成功,标志着中国铁路货车实现了载重由 60t 级向 70t 级、时速由 70~80 km 向 120 km 的第三次大的升级换代。

在客车方面,20 世纪 80 年代中期,25 型客车进入批量生产阶段,1986 年,在国内率先引进 25A 型车制造技术,奠定了中国轨道客车制造技术发展的基础。

1989 年,168 辆 25 型国际招标客车的生产,结束了中国铁路 30 年一贯制生产普通 22 型轨道客车的历史,开创了中国铁路 25 型轨道客车研发的新时代。部分 25 型轨道客车如图 1-17 所示。



(a) 25G 型客车



(b) 25K 型客车



(c) 双层 25 型客车



(d) 25T 型客车(青藏型)

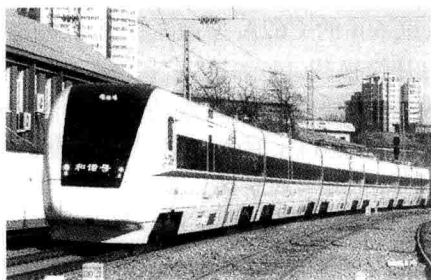
图 1-17 25 型客车车型

1994 年,四方机车车辆厂、长春客车厂和浦镇车辆厂分别制造了 25 型准高速列车,其中,浦镇车辆厂生产的是双层列车。三个工厂分别研制出 206KP、209HS 和 CW-2 型转向架,

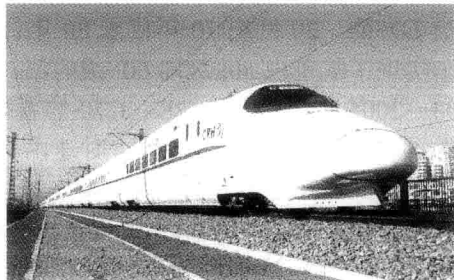
在广深线动力学试验中最高时速达到 174 km/h，这些转向架的成功研制，标志着我国客车转向架技术迈上了一个新台阶。

(四) 2007 年以来高速动车组发展

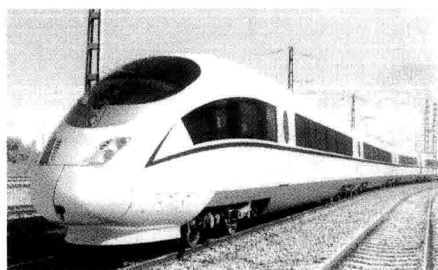
从 1997 年起，中国铁路相继进行了五次大面积提速后，2007 年 4 月 18 日，中国铁路进行了第六次大面积提速，首次在中国铁路既有线上开行速度为 200 km/h 的高速动车组。这些动车组是通过引进国外高速列车技术在国内生产的，动车组型号分别为 CRH1、CRH2、CRH3 和 CRH5。其中，CRH1、CRH2 和 CRH5 型动车组运营速度达到 200km/h，CRH3 型动车组运营速度达到 300km/h 以上。四种类型的动车组如图 1-18 所示。其中，CRH1 由青岛四方庞巴迪铁路运输设备有限公司（简称 BST）制造，CRH2 由青岛四方机车车辆股份有限公司制造，CRH3 由长春轨道客车股份有限公司和唐山轨道客车有限责任公司共同制造，CRH5 由长春轨道客车股份有限公司制造。



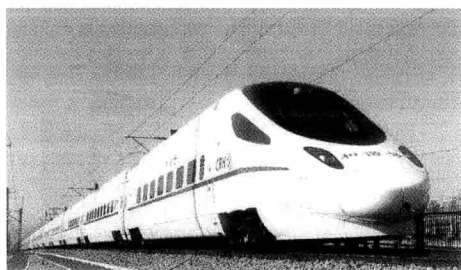
(a) CRH1 型动车组



(b) CRH2 型动车组



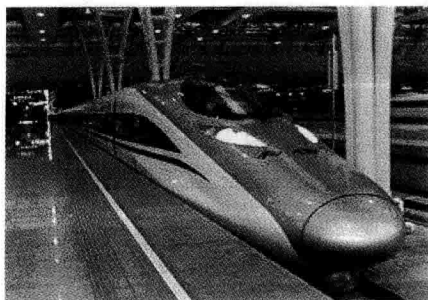
(c) CRH3 型动车组



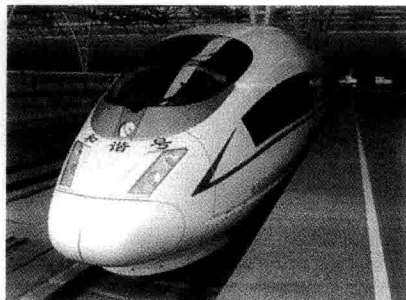
(d) CRH5 型动车组

图 1-18 四种类型的动车组

从 2010 年开始，CRH380 系列动车组相继下线，分别为 CRH380A、CRH380B、CRH380C 和 CRH380D，如图 1-19 所示。这些产品也是由以上四个公司制造的。



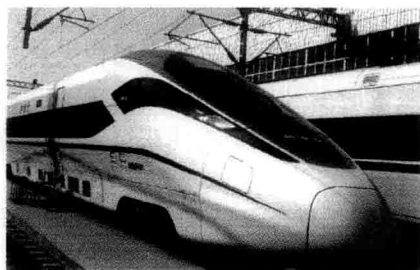
(a) CRH380A 型动车组



(b) CRH380B 型动车组



(c) CRH380C 型动车组



(d) CRH380D 型动车组

图 1-19 CRH380 系列动车组

(五) 车辆制造工艺与装备的发展

20 世纪 50 年代,我国轨道车辆制造工艺水平比较落后,轨道车辆车体大量采用铆接钢底架、钢骨木板车体结构。车体制造大量采用热铆接工艺,轨道车辆制造技术总体上比较落后。

20 世纪 60 年代,轨道车辆逐步开始了以钢代木的设计制造过程。全钢结构的轨道车辆制造带动了冲压技术和焊接技术的发展和运用。冲压技术主要用于板材及型钢的剪切下料、校平及压型。焊接技术的应用,使绝大多数的铆接结构被焊接结构所取代。在货车底架中梁等部件的制造中应用了埋弧自动焊等焊接技术。

20 世纪 80 年代,耐候钢取代普通碳素钢开始在轨道车辆钢结构中应用,推动了耐候钢车体制造技术的发展。耐候钢焊接工艺及冲压工艺得到进一步提升。焊接工艺方面逐步由手工电弧焊为主发展为大量采用 CO_2 气体保护焊,大大改善了焊接操作条件和焊接质量。冲压工艺实现了机械化,大中型冲压设备和模具的应用更加广泛。

2005 年以后,冷弯型钢制造工艺、不锈钢和铝合金焊接工艺、货车转向架摇枕和侧架整体芯铸造工艺、车钩连续热处理工艺等制造新技术得到了普遍应用。射线探伤、超声波探伤、高能射线数字成像检测技术(DR)及工业用计算机断层成像技术(工业 CT)等检测技术的应用,提高了产品制造的可靠性。

不锈钢和铝合金材料在车体结构中的大量应用,推动了自动化焊接技术在轨道车辆制造中的广泛应用。在焊接方法上,普遍采用气体保护焊,如熔化极氩弧焊(MIG 焊)、钨极氩弧焊(TIG 焊)等,大大提高了车体的制造质量。

随着轨道车辆制造业的深入发展,对轨道车辆的制造技术提出越来越高的要求。如何提高焊接效率、获得更优良抗时效性的焊接接头、净化工作环境是轨道车辆焊接工艺发展的方向。

搅拌摩擦焊是一种纯热-力锻造的固相连接方法,利用轴肩、搅拌针与工件间的摩擦热使接合面处的金属塑性软化,热塑化的金属在搅拌头和轴肩的共同牵引、搅拌作用下向后转移、填充形成锻造的固相焊缝。与传统的弧焊相比,搅拌摩擦焊焊接薄板的速度比 MIG 焊快 1 倍。对于厚板结构,搅拌摩擦焊的焊接速度和 MIG 焊相差不大,但综合焊接生产速度是 MIG 焊的 5 倍以上。目前部分轨道车辆企业已对此焊接工艺在铝合金车体上的应用开展了基础研究,并取得了一定的成果。

激光焊接是以高功率聚焦的激光束为热源,采用偏光镜反射激光产生的光束,使其集中在聚焦装置中产生高能量的光束,通过工件熔化接合的物理变化形成焊缝。采用激光焊接的

不锈钢车体，其焊缝是连续的线接合方式，可有效地保证车体结构的密封性。

等离子弧焊是利用等离子弧作为热源的焊接方法。气体被电弧加热产生离解，在高速通过水冷喷嘴时受到压缩，使其能量密度和离解度增大，形成等离子弧。等离子弧焊大大提高了能量的利用率，可一次性获得良好和稳定的焊缝。等离子弧焊可应用于不锈钢车体板材和底架的焊接。

激光-电弧复合焊是激光和电弧同时向被焊接区输入能量，同时作用于焊缝区。通过激光与电弧相互作用，充分发挥了两种热源各自的优势，激光吸引、压缩电弧，降低了电弧电压，提高了电弧的电流密度，从而增大了焊缝熔深，同时可提高焊接过程的稳定性。

目前，激光-电弧复合热源焊接技术已经在汽车、船舶、航天航空、石油管道等方面得到了实际应用。在轨道车辆转向架构架的焊接上具有推广应用潜力和良好的发展前景。

综上所述，现代焊接技术是以高效、节能、优质及工艺过程数字化、自动化、智能化控制为特征的。因此，无论是开发新的焊接工艺方法，还是改进常用的焊接工艺方法，焊接技术的不断发展对轨道车辆制造工艺水平的提升都将起重要作用。