

铝合金车体 焊接工艺

王炎金 主编

.61



U216.61
W412

轨道车辆装备制造工艺系列

铝合金车体焊接工艺

王炎金 主编
奚国华 主审

U216.61
W412



机械工业出版社

本书由六篇构成, 每篇根据归类, 又分为不同的章节。第一篇是铝合金车体制造工艺基础篇, 主要叙述铝合金车体生产过程中的专业技术基础; 第二篇是铝合金车体制造工艺模式篇, 详细介绍了世界各主要公司的铝合金车体制造工艺模式; 第三篇主要介绍铝合金焊接质量检测和控制的方 法; 第四篇是焊接培训篇, 介绍了焊接培训的各种技巧和培训内容; 第五篇是铝及铝合金焊接职业健康与安全环保篇, 介绍了铝合金焊接烟尘对健康的危害及治理方法; 第六篇是铝合金车体工装设计篇, 介绍了工装夹具的设计原则和方法。

本书是铝合金车体制造的专业技术性图书, 可供工程技术人员、高等院校相关专业师生、企业技术管理者使用, 特别适合从事铁路设备制造工厂和从事焊接的技术人员使用。

本书未经作者本人和机械工业出版社共同许可, 不可以进行任何形式的电子化处理、复制及销售。

图书在版编目 (CIP) 数据

铝合金车体焊接工艺/王炎金主编. —北京: 机械工业出版社, 2009. 12

(轨道车辆装备制造工艺技术系列)

ISBN 978 - 7 - 111 - 28880 - 0

I. 铝… II. 王… III. 轨道车—铝合金—车体—焊接工艺 IV. U216. 61

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2009) 第 208544 号

机械工业出版社 (北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)
策划编辑: 吕德齐 责任编辑: 吕德齐 责任印制: 杨 曦

保定市中国画美凯印刷有限公司印刷
2010 年 1 月第 1 版第 1 次印刷
184mm × 260mm · 13 印张 · 315 千字
0001—5000 册

标准书号: ISBN 978 - 7 - 111 - 28880 - 0

定价: 49.00 元

凡购本书, 如有缺页、倒页、脱页, 由本社发行部调换

电话服务

网络服务

社服务中心: (010) 88361066

门户网: <http://www.cmpbook.com>

销售一部: (010) 68326294

销售二部: (010) 88379649

教材网: <http://www.cmpedu.com>

读者服务部: (010) 68993821

封面无防伪标均为盗版

序

实践是人类认识世界的源泉，理论往往是实践经验的总结，并通过实践实现社会效益。因此实践经验无论是成功的还是失败的都是很宝贵的，通过实践证明是成功的经验更加宝贵。

中国北车集团长春轨道客车股份公司编写的《铝合金车体焊接工艺》，就是多年制造铝合金车辆的实践经验的总结。该书总结了在生产实践中发现的问题，以及在实践中逐一解决这些问题的有效措施，难能可贵！

我国每年出版许许多多的科技书籍，但是直接来自企业编写的书并不多见。希望通过这本书的出版能带动更多生产第一线的工程师、技师参与编写总结实际生产经验的书，繁荣我国科技图书的市场。

当今，保持人类生存与发展的环境问题是世界各国共同面临的最大挑战。其中减少温室气体排放是重中之重，而节能减排是主要的措施。轻金属的扩大应用是21世纪的必然，铝及铝合金不仅在航空航天器，而且在汽车、轨道交通车辆、船舶以及金属结构等领域也将不断增加其应用的比例。《铝合金车体焊接工艺》一书以铝合金车体的焊接制造为中心，全面介绍了铝合金车体制造中的结构设计工艺性、焊接工艺特点与加工技术、焊工的培训步骤、车体的制造模式、质量控制与检验、焊接环境与职业健康的有关问题。不但为轨道交通车辆的制造全面总结了一套成熟的制造技术，而且也为其他行业提供可以借鉴的经验。

改革开放30年来，我国已经发展成为世界最大的焊接大国，希望到2020年我国能成为世界焊接强国。在这过程中，科学地总结经验和不断地技术创新是非常重要的。

中国工程院院士



2009年10月4日

前 言

铁路是国民经济的命脉，铁路运输事业的不断发展，对轨道交通运输车辆提出了越来越高的要求，轻量化和高速化已成为现代化铁道车辆运输的重要标志，要做到轻量、高速，最好的办法就是减轻车体自重。大力发展铝合金车辆，采用铝合金车体是铁路运输事业和城市轨道车辆发展的必然趋势。

我国开发铝合金车体起步比较晚，1989年长春轨道客车股份公司开发了首辆铝合金地铁车体，1996年首次用进口大型铝型材开发了“中华之星”号铝合金车体，2001年长春轨道客车股份公司建成了国内第一条铝合金车体自动化焊接生产线，并利用国产铝型材先后开发研制了国内第一列广州二号线地铁、深圳一号线地铁、长白山号动车组、武汉轻轨和重庆单轨车辆，这些产品对推动我国铝合金车体制造技术和引导车辆消费市场起到了巨大推动作用。目前铝合金车体高速动车组已经大量运营在我国各条铁路干线上，为缓解我国铁路运营压力起到了决定作用。由于铁路制造技术发展异常迅速，相关科研、教学资料明显滞后，没有一本系统的制造技术的书可以借鉴，为此中国北车集团组织北车相关单位编写了一套“轨道车辆装备制造工艺”系列丛书，全面反映和介绍铁路车辆制造工艺技术的发展，为人才培养、技术进步做好基础工作。

本书为铝合金车体焊接工艺部分，由中国北车集团奚国华、王炎金组织编写，王俊玖、史春元、尹志民、丁国华、陈永刚、徐文汉、梁继业、夏常青参加编写。大连交通大学、中南大学、长沙凯天环保、法国SAF公司、奥地利FRONIUS公司参与了部分章节的编写和提供了宝贵的资料。

本书从铝合金材料、设备、焊接工艺、加工工艺、车辆制造工艺、质量控制、人员培训、环境保护与健康、工装夹具设计等方面全面介绍了铝合金车体生产所涉及的相关技术，是一本内容新、实用性强的高水平的专著，是理论和实践的高度总结。本书可以作为在校大学生、企业工程师、技术管理者、焊接培训机构、职业技术学院的参考用书。

铝合金车体制造技术发展很快，内容也很丰富，但是限于时间和作者的水平，书中不妥之处在所难免，真诚希望使用本书的同志批评指正。

作 者

2009年12月

目 录

序	
前 言	
第一篇 铝合金车体制造工艺基础篇	
第一章 绪 论	1
第一节 铝合金车体在轨道车辆上的 基本概念	1
第二节 铝合金车体的优点和在我国的 发展概况	4
第三节 铝合金车体典型结构和各自 优缺点	6
第二章 铝合金车体的设计工艺性技术 ...	8
第一节 铝型材设计工艺性技术	8
第二节 铝合金车体结构设计精细化技术 ...	11
第三节 铝合金车体结构设计标准化技术 ...	15
第三章 铝及铝合金材料	17
第一节 铝及铝合金材料的应用领域	17
第二节 铝及铝合金材料的物理特性	17
第三节 铝及铝合金材料的分类	18
第四节 铝及铝合金材料的焊接性	20
第四章 铝及铝合金焊接材料	24
第一节 焊接保护气体	24
第二节 焊接填充材料	26
第五章 铝及铝合金焊前准备和焊后 处理	31
第一节 接头设计和接头准备	31
第二节 机械清理	31
第三节 化学清洗	33
第四节 铝合金焊缝打磨处理	33
第五节 焊后热处理	36
第六章 铝合金焊前预热和焊后火焰 调修	37
第一节 焊前预热	37
第二节 焊后火焰调修	39
第七章 铝及铝合金 MIG 焊焊接设备和 工艺	40
第一节 MIG 焊工艺的定义	40
第二节 MIG 焊焊接设备	40
第三节 MIG 焊电弧方式	44
第四节 MIG 焊起弧、收弧和焊接过程	46
第五节 MIG 焊坡口设计	47
第六节 MIG 焊焊接参数参考值	49
第七节 MIG 焊焊接缺陷产生的种类和 原因	49
第八章 铝合金车体自动焊技术	51
第一节 铝合金车体自动焊技术在铁路车辆行业 发展概况	51
第二节 铝合金车体自动焊特点	51
第三节 铝合金车体自动焊实施的关键 要点	56
第四节 铝合金车体自动焊常见故障和处理 方法	58
第九章 铝及铝合金 TIG 焊焊接设备和 工艺	61
第一节 TIG 焊工艺的定义	61
第二节 TIG 焊电源种类	61
第三节 TIG 焊焊接设备构成	62
第四节 TIG 焊操作	64
第五节 TIG 脉冲焊	65
第六节 铝及铝合金 TIG 焊工艺	65
第十章 铝及铝合金冲压技术	67
第一节 冲压下料技术	67
第二节 弯曲成形技术	67
第三节 蒙皮成形技术	69
第四节 成形工件调形技术	70
第十一章 铝及铝合金加工技术	71

第一节	铝型材及车体小部件加工技术	71
第二节	铝合金车体大部件加工技术	73
第二篇 铝合金车体制造工艺模式篇		
第十二章	侧墙制造工艺模式	75
第一节	模块化侧墙制造工艺模式	75
第二节	开式型材侧墙制造工艺模式	78
第三节	闭式型材侧墙制造工艺模式	80
第十三章	车顶制造工艺模式	84
第一节	板梁结构车顶制造工艺模式	84
第二节	带有内嵌式空调机组座的车顶制造工艺模式	86
第三节	圆顶车顶制造工艺模式	94
第十四章	底架制造工艺模式	96
第一节	城轨车底架制造工艺模式	96
第二节	高速车底架制造工艺模式	115
第十五章	铝合金车体总组成制造工艺模式	119
第三篇 铝及铝合金焊接质量检验及控制篇		
第十六章	铝及铝合金产品的焊缝质量检验	123
第一节	外观检验	123
第二节	焊缝掰开试验	124
第三节	宏观断口检测	125
第四节	X射线检测	127
第五节	超声波检测	127
第六节	焊接接头力学性能试验	127
第七节	渗透检测	128
第八节	金相检验	129
第九节	腐蚀试验	129
第十节	硬度试验	129
第十七章	产品形位公差检验	130
第一节	尺寸检验	130
第二节	轮廓检验	130
第三节	形位公差等综合检验	131

第四篇 焊接培训篇

第十八章	如何培训焊工	132
第一节	焊工应该掌握的基本概念	132
第二节	节约材料的基本功训练方法	133
第三节	打底焊的技能培训	133
第四节	焊接操作技能培训要点	134
第五节	铝合金焊工培训内容和考证规定	134
第十九章	MIG 焊焊工培训步骤	135
第一节	MIG 焊焊接设备使用训练	135
第二节	码(堆)焊道基本功训练	141
第三节	打底焊道训练	141
第四节	平焊位置的单道角焊	142
第五节	平焊位置的单道对接焊	144
第六节	平焊位置的多道角焊	145
第七节	铝管平焊位置的单道对接焊	147
第八节	铝板平焊位置的多道对接焊	148
第九节	横焊位置的多道角焊和对接焊	149
第十节	立向上位置的多道角焊和对接焊	150
第十一节	仰焊位置的多道角焊和对接焊	152
第十二节	管水平固定位置的多道焊接	153
第二十章	TIG 焊焊工培训步骤	155
第一节	TIG 焊焊接设备使用培训	155
第二节	建立电弧,形成熔池	155
第三节	铝板上的平焊堆焊	156
第四节	平焊位置上的单道角焊	159
第五节	在铝板上进行平焊位置的单道对接焊	162
第六节	在板材上进行平焊位置上的多道角焊	164
第七节	铝管单道焊和多焊道平焊	166
第八节	平焊铝板多道对接焊	167
第九节	横焊多焊道角焊和对接焊	169
第十节	立式多焊道角焊和对接焊	170
第十一节	仰焊位置多道角焊和对接焊	171
第十二节	水平固定位置多焊道铝管	

焊接	172	除尘除湿空调工程	184
第五篇 铝及铝合金焊接职业		第六篇 铝合金车体工装设计篇	
健康与安全环保篇		第二十三章 铝合金车体小部件工装	
第二十一章 铝及铝合金焊接的职业健康和		设计	187
烟尘危害	174	第一节 可翻转工装设计方法	187
第一节 铝及铝合金焊接的职业健康安全		第二节 多点过定位设计方法	189
要求	174	第三节 快速压紧设计方法	190
第二节 焊接烟尘的产生机理	174	第二十四章 铝合金车体大部件工装	
第三节 焊接烟尘的成分及危害	175	设计	191
第二十二章 铝合金焊接烟尘的治理 ...	179	第一节 通用工装设计理念	191
第一节 劳动保护方法	179	第二节 工装整体翻转设计理念	191
第二节 局部除尘治理方法	179	第三节 在工装中设置工件挠度和焊接反变形的	
第三节 焊接烟尘的整体厂房治理	181	方法	192
第四节 工程实例——CRH3 高速列车焊接厂房		第四节 大型工装设计举例	193

第一篇 铝合金车体制造工艺基础篇

第一章 绪 论

第一节 铝合金车体在轨道车辆上的基本概念

一、车体

铝合金车体是轨道交通车辆上的重要部件，一般来讲，轨道交通车辆主要由底架、侧墙、端墙、车顶、车头五部分构成。车体的生产需要大型冲压设备、机加工设备、焊接设备、光学检测设备及大型工装。车体的生产需要大量的人力和物力，是车辆制造商主要的生产部分。图 1-1 为车体的横断面，图 1-2 为车头的铝合金结构，车头铝合金结构的生产技术复杂、生产周期长，是一个技术含量很高的产品。

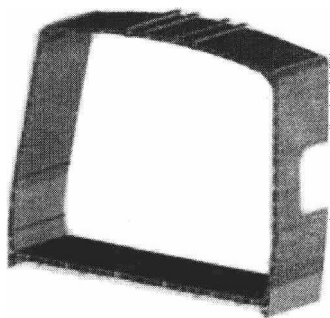


图 1-1 车体横断面

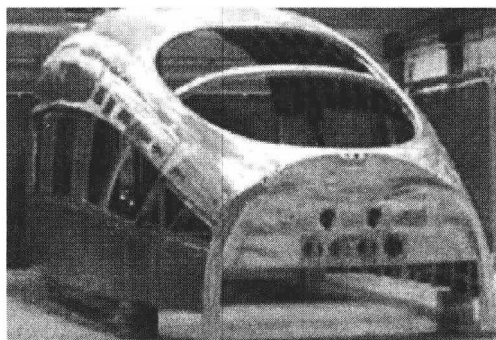


图 1-2 车头铝合金结构

二、转向架

转向架是车辆的走行部分，由轮对、构架、摇枕、牵引电动机、齿轮箱、制动盘等部件构成，是保证车辆安全运行的重要部件。车体和转向架连接后就构成了车辆运行的主体，图 1-3 是拖车转向架示意图，图 1-4 是动车转向架示意图，动车带有牵引电动机部件。

三、车载设备

车载设备主要指牵引系统、辅助供电系统、旅客信息系统、列车网络控制系统、制动系统、门系统、空调机、充电机、受电弓、车钩等部分。车体和转向架上安装的任何功能性装置都可称为车载设备。内装所用的墙板、行李架等设施一般不定义为车载设备。车辆各系统的定义在其他车辆专业的书籍上都有详细介绍。图 1-5 为牵引系统构成示意图，图 1-6 为

辅助供电系统的构成示意图，图 1-7 为旅客信息系统的构成示意图，图 1-8 为列车网络控制系统的构成示意图。通过对各系统的构成示意，使读者对列车构成有一个基本的概念，对车体的用途有一个基本的了解。

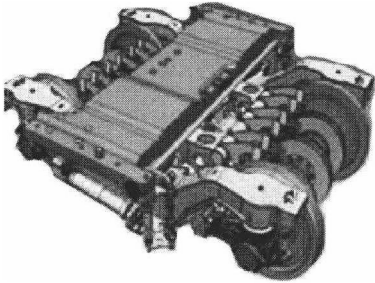


图 1-3 拖车转向架示意图

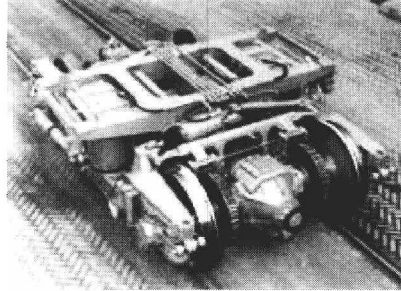


图 1-4 动车转向架示意图

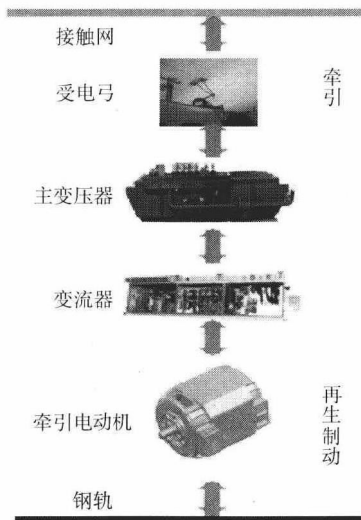


图 1-5 牵引系统构成示意图

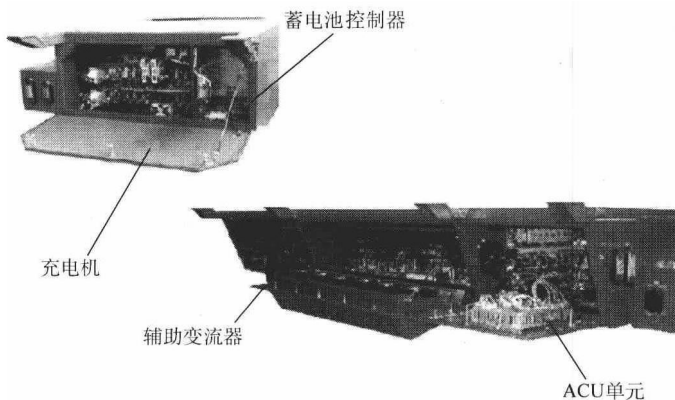


图 1-6 辅助供电系统构成示意图

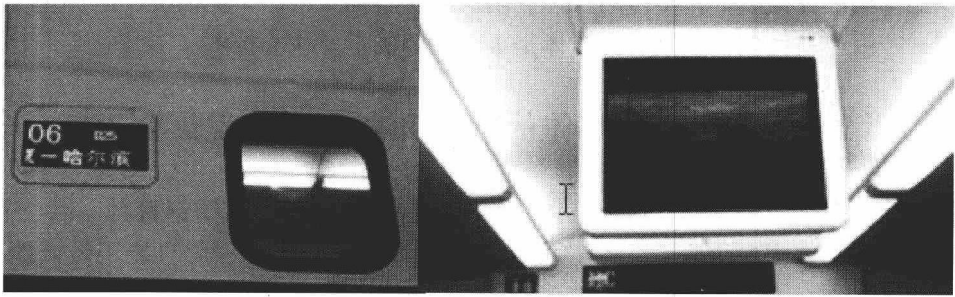


图 1-7 旅客信息系统构成示意图

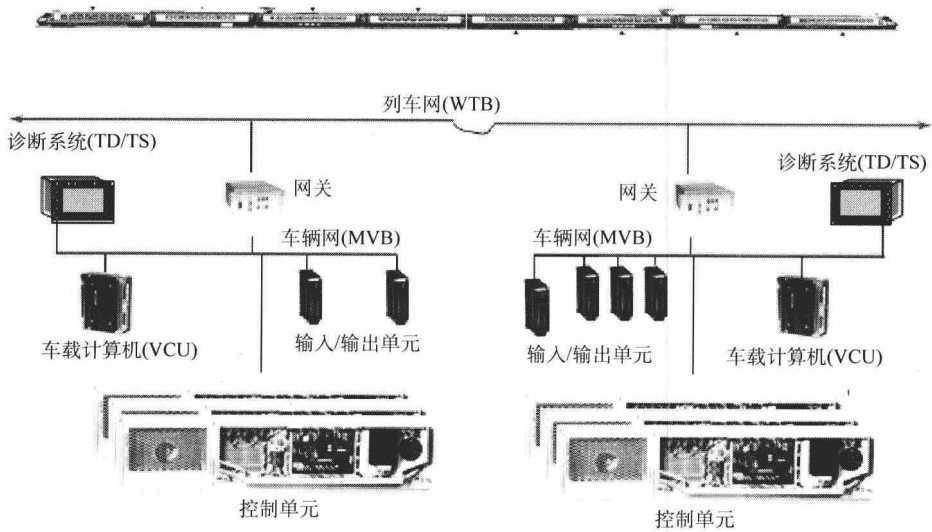


图 1-8 列车网络控制系统构成示意图

四、车内装饰

车内装饰主要是指墙板、地板、行李架等部件，是车辆厂系统集成的主要工作内容，关系到车辆运行过程中的舒适性、产品的档次等相关问题。图 1-9 为车内装饰示意图。

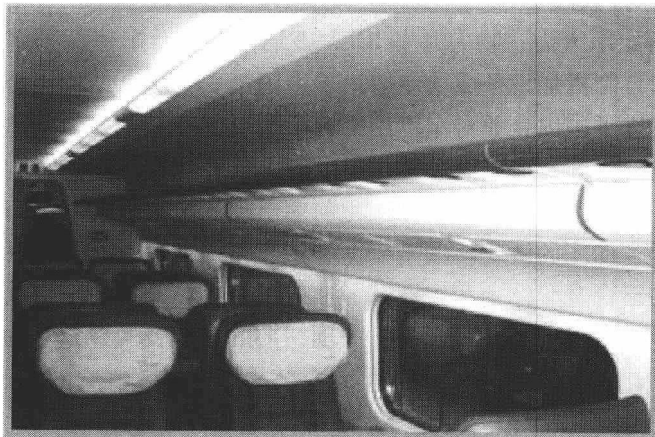


图 1-9 车内装饰示意图

在以上车辆部件构成中,车体的设计、制造涉及车辆安全、车辆档次、运行速度、环境保护等因素,因此如何设计、制造好车体是车辆生产的重要核心技术。

第二节 铝合金车体的优点和在我国的发展概况

车体设计一般选用三种材料作为车体结构材料:碳钢材料、不锈钢材料、铝合金材料。碳钢材料制造的车体耐腐蚀性差、平整度和降噪效果均不理想,因此只能做低端车辆的生产。

不锈钢材料制作车体,由于不锈钢导热性差,弧焊工艺制造困难,因此一般采用电阻点焊工艺制造,但电阻点焊工艺密封性差,因此不锈钢车辆只能用于城市轨道交通车辆和中等速度运行的铁路车辆上,最主要的应用对象为各城市使用的地铁和轻轨,在铁路车辆上,像瑞典摆式列车就是采用不锈钢材料制造。

铝合金材料制作的车体具有质量轻,耐腐蚀,外观平整度好、材料可以再生利用、环保等优点而受到世界各城市交通公司和铁道运输部门的欢迎。铝合金车体在高速铁路车辆制造上具有其他材料不可替代的功能,因此铝合金车体的发展速度非常快。

目前,在欧洲城市轨道交通车辆市场,铝合金车体占据了70%的市场份额,在日本,不锈钢车体和铝合金车体在城市轨道交通车辆中各占据了50%的份额,而在高速铁路市场,铝合金车体几乎占据了世界95%以上的市场份额。

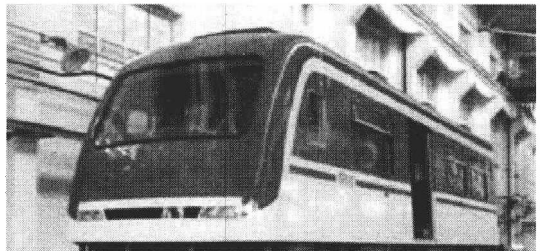


图1-10 第一台板梁结构铝合金车体

我国开发铝合金车体的起步比较晚,1989年,长春轨道客车股份公司引进日本模式开发了首辆铝合金地铁车体,目前该车体

仍然在北京运行。由于该车体在设计上采用了板梁结构,制造工艺繁琐,平整度差,成本高而没有在市场上大面积推广使用。图1-10是我国1989年生产的第一台板梁结构铝合金车体DK19,运行于北京地铁线。

1996年,铁道部组织人力、物力开发ICE2型结构铝合金车体,采用德国进口材料,用简易自动焊接设备和自制机加设备成功制造出了中国第一台混合结构铝合金车体。该车体的制造成功,客观上促进了国内企业对车辆用铝合金型材的技术开发,经过8年的铝合金大型型材的基础产业研究,目前,在国内关键材料配套上已经实现国产化,为铝合金车体降低成本走向市场化提供了必要条件。铝型材国产化前期出现的搓衣板缺陷、熔合口断裂缺陷等致命质量问题已经获得了彻底的解决。图1-11和图1-12是两种致命性的铝合金型材缺陷。这两种缺陷在初期的铝合金车体生产中,曾经造成批量车体的报废。目前经过技术的不断突破,这两种缺陷已经很少出现了,可以说,中国初期的基础技术探索,为今天铝合金车体技术的发展奠定了基础。



图 1-11 型材搓衣板缺陷

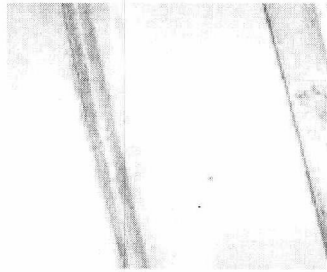


图 1-12 型材熔合口缺陷

2001年, 长春轨道客车股份有限公司建成了国内第一条铝合金车体自动化焊接生产线, 并利用国产材料, 先后开发制造了 210 km/h 铝合金车体动车组、270 km/h 铝合金高速试验列车、武汉地铁、广州二号线地铁、深圳地铁、上海地铁、重庆单轨、天津地铁等铝合金车体。国内南京蒲镇车辆厂、株洲电力机车厂、唐山机车车辆厂等也相继建立生产线, 开始生产铝合金车体, 国内铝合金车体的发展和用户对铝合金产品的要求进入高潮期。图 1-13 为国内第一列铝合金车体长白山号动车组, 图 1-14 为国内制造的第一列广州铝合金地铁列车。

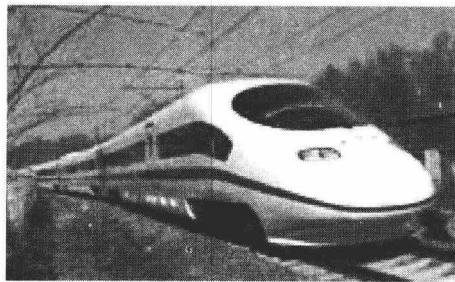
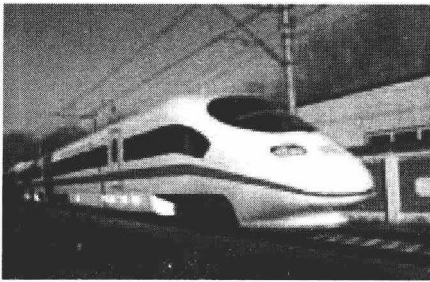


图 1-13 国内生产的第一台动车组



图 1-14 国内批量生产的第一列广州铝合金地铁列车

2004年, 在铁道部组织下, 国内铁路客车制造商中国北车集团公司和中国南车集团公司分别从法国阿尔斯通、日本铁路联合、德国邦巴帝等公司引进 200 km/h 动车组 CRH5、CRH2 和 CRH1。这些动车组运行于京广、京哈等铁路干线, 为缓解中国铁路运营能力问题, 起到积极作用。图 1-15 为从法国阿尔斯通引进的 CRH5 铝合金车体动车组。

在成功引进 200 km/h 动车组的前提下, 铁道部又成功组织从德国西门子公司引进 300

km/h 铝合金车体动车组 CRH3, 在京津线上创下中国运行 383 km/h 的最高运行速度, CRH3 动车组是目前运行速度最高、设计最合理、稳定性最好的动车组, 在该车技术平台上正逐步发展更高速等级别的动车组, 图 1-16 为从德国西门子公司引进的 CRH3 铝合金车体动车组。

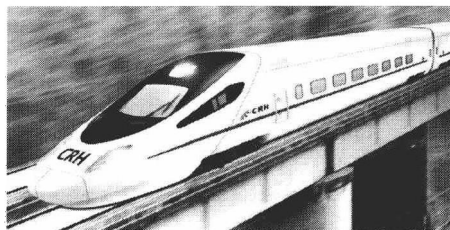


图 1-15 从法国阿尔斯通引进的 CRH5 铝合金车体动力组

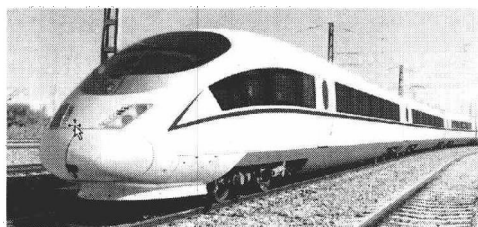


图 1-16 从德国西门子公司引进的 CRH3 铝合金车体动车组

第三节 铝合金车体典型结构和各自优缺点

铝合金车体目前主要有以下几种方式, 每种方式有各自的优缺点, 适合在不同的领域从事不同的应用。

一、板梁结构铝合金车体

板梁结构铝合金车体最大的优点是能够保持车体质量最低, 可以将车体质量降到 4 t 左右, 缺点是制造工艺繁琐、自动化程度低、车体平整度差, 这种结构的铝合金车体在世界上仍有一部分市场。比如日本日立公司、德国邦巴帝公司仍采用该种结构制造城市轨道交通车辆。该种结构主要采用手工 MIG 焊工艺和电阻点焊工艺。图 1-17 为板梁结构铝合金车体, 该车体提供重庆单轨交通使用, 目前有 100 余台的车体运营在重庆轨道线上。



图 1-17 板梁结构铝合金车体

二、型材结构铝合金车体

型材结构铝合金车体是目前普遍采用的铝合金车体结构, 由于大量使用插口型材, 便于自动化作业和提高效率, 型材结构铝合金车体可获得较理想的外观平整度。

图 1-18 为铝型材结构铝合金车体，该种形式的车体结构模式很多，但基本模式基本相同。

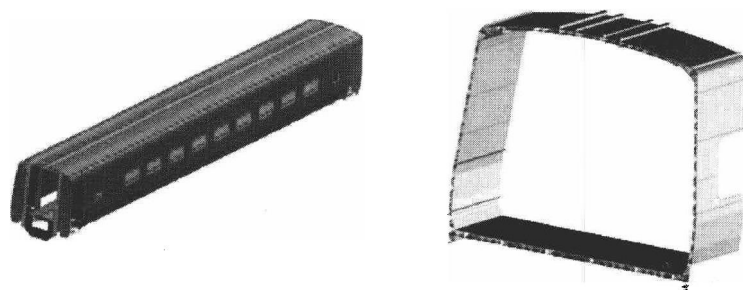


图 1-18 铝型材结构铝合金车体

三、钢、铝混合结构铝合金车体

钢、铝混合结构铝合金车体在城市轨道交通上应用很多，主要方式如下：车体结构中，只有牵枕梁采用钢结构，其余全部采用铝结构。钢、铝结构之间采用铆钉铆接。

该种结构在大部件连接上，仍然采用焊接连接，只是在底架和牵引梁、枕梁、缓冲梁上采用铆钉连接，牵引梁、枕梁、缓冲梁采用钢材料，增加了底架合成的作业面积，降低了效率，但由于牵引梁、枕梁、缓冲梁和底架铆接，减少了底架焊接作业量，焊接变形会减少，在底架铝合金结构刚度不足的情况下，采用该结构具有一定好处。图 1-19 为钢、铝混合结构铝合金车体底架，该车体主要用于上海地铁 6 号线、8 号线。

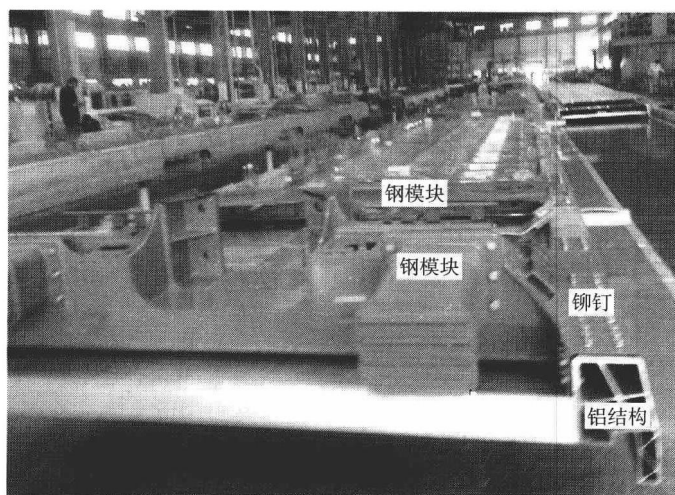


图 1-19 钢、铝混合结构铝合金车体底架示意图

第二章 铝合金车体的设计工艺性技术

第一节 铝型材设计工艺性技术

铝合金车体完全不同于碳钢车体的制造，初期国内生产的铝合金车体，只是引进国外的结构和工艺，但在具体的生产过程中，逐渐意识到铝合金车体制造是一个综合的复杂技术，单纯追求设计技术、工艺技术、质量控制技术都不能获得很好的效果，因此研究铝合金车体综合技术是制造铝合金车体的关键。铝合金车体的设计技术，一般要求三方面的技术人员均需要掌握，设计人员灵活应用，可提高设计质量，工艺人员掌握该技术可以做好图样工艺性审查工作，质量人员据此可以在最后环节堵住质量缺陷，因此铝合金车体设计技术可供设计、工艺、质量等技术人员参考。设计技术重点关注的是可以大幅提高生产效率、保证质量的设计技术，其他车体设计技术如计算机辅助设计技术、有限元强度分析技术、强度试验技术等不在此介绍，需要在其他专业理论中学习。

铝合金车体结构主要由铝型材构成，型材断面的设计直接决定了焊接工作量、焊接质量、制造难度和焊接效率。在铝合金车体结构型材设计中，应遵循如下原则：

一、在型材设计中，预留组对、加工基准线，方便后道工序加工

在型材设计中，预先将部件定位基准直接设计到型材上，如在地板中间型材上设计地板中心线、在侧墙型材上设计座椅安装线，节省了画线时间，同时统一了制造过程的基准线，效率高，质量容易保证。图 2-1 为在型材上设计的基准线，该基准线提供了组对基准和安装基准，无论车体工序进行到何工序，该基准线都会存在于结构中，供所有工序做画线参考。这种技术在西门子车体结构设计中广泛使用，易于保证车体制造质量。

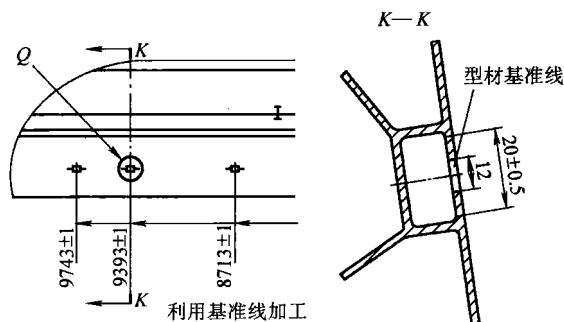


图 2-1 利用型材基准线加工座椅孔

二、结构设计中，要尽量采用宽的型材横断面，减少型材焊接工作量

在产品设计中，设计者要清楚型材横断面尺寸最大可以做到 550 mm 宽度，型材的断面尺寸过小，会导致焊缝数量、调修量增加，产品平度下降，造成人力、焊接材料的极大浪费，以下两种地板和车顶板组成工件均存在型材横向尺寸过小的问题，设计上要尽量避免，

虽然设计者会考虑利用已有型材模具，会减少型材开模数量，但在实践中要灵活掌握。如果一个产品订单数量非常少，利用原有不合理结构形式是可行的，但产品批量大时，生产效率可能是主要矛盾，这时，结构合理性应该是首要考虑的目标。每多出一倍焊缝，通常生产效率会下降3倍，设计者要在模具成本、生产成本上有一个清晰概念。图2-2和图2-3为铝型材设计宽度过窄的两个例子。

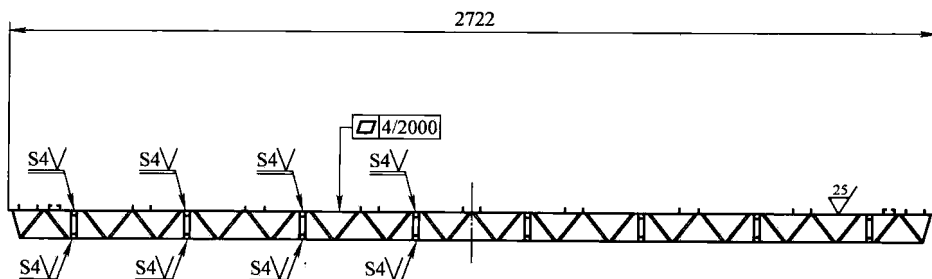


图2-2 地板组成

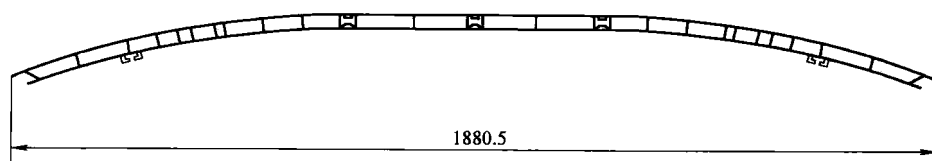


图2-3 顶板组成

三、型材滑槽、肋位置设计的合理性决定焊接变形的大小，设计中要充分考

虑肋、滑槽位置和结构、挤压工艺均有关系，滑槽数量过多会造成型材挤压的难度，过少不能满足结构强度的要求，应合理地选择滑槽的数量。利用率不高的滑槽且不是关键承力的地方，可以通过焊接或粘接来完成，提高材料的利用率和减少滑槽数量。

滑槽应位于型材腔中各种肋的交会处，若在型材腔的中部，会造成型材表面不平，且不能保证滑槽的强度。滑槽位置见图2-4，其中图2-4a较图2-4b合理。

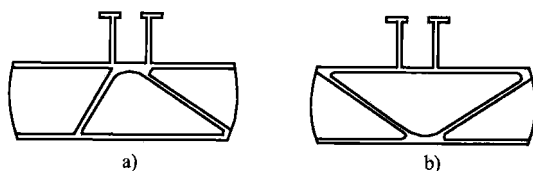


图2-4 型材肋位置示意

四、块状、条状结构件尽量采用型材模具挤压，避免水刀切割工作量

在某结构上出现块状、条状的试件，采用水刀切割，效率低，成本高，如果设计成型材棒料，用机床断开，效率可以提高几十倍，在设计结构中，要清楚一个型材模具的费用和生产效率提高而减少的成本相比是微不足道的，尤其大批量生产更是这样，因此在结构设计中，要多设计型材结构，简化工序内容。图2-5所示的铝块用水刀切割和机床加工大量浪费人力和资源，不如设计成铝合金棒料，利用锯床切割或机加工获得该工件。