



车辆工程专业卓越工程师计划系列教材

动车组车体 实践教程

DONGCHEZU CHETI SHIJIAN JIAOCHENG

◎ 主编 田爱琴

◎ 主审 周建乐 吴作伟



北京交通大学出版社
<http://www.bjtu.cn>

车辆工程专业卓越工程师计划系列教材

动车组车体实践教程

主编 田爱琴

主审 周建乐 吴作伟

首次扫描二维码安装加阅 App，安装成功并注册后，点击“扫一扫加入我的书架”，即可获取本书更丰富资源。



北京交通大学出版社

· 北京 ·

内 容 简 介

《动车组车体实践教程》作为车辆工程专业卓越工程师计划系列教材之一,主要介绍了车体结构、车体附属设备、设计技术、试验方法和检修技术等内容。

全书分为8章。第1章介绍了高速动车组车体结构的发展过程、结构特点、部件结构;第2章介绍了车钩缓冲装置、前罩开闭机构、前头排障装置、受电弓导流罩、车下设备舱、防爬装置等车体附属设备;第3章介绍了车体性能设计验证与相关的国内外标准;第4章介绍了头型设计方法、空气动力学仿真分析技术,以及气动性能风洞试验、气动噪声风洞试验、动模型试验和空气动力学实车线路试验等试验验证方法;第5章介绍了被动安全的相关国内外标准、吸能元件与结构,以及被动安全性能验证方法;第6章介绍了车体铝合金材料特点及分类、相关标准,以及焊接、铆接、螺纹连接和胶接等连接技术;第7章介绍了车体强度刚度试验、车体模态试验、车钩缓冲装置试验、前罩开闭机构试验等型式试验;第8章介绍了车体结构、车钩缓冲装置、前罩开闭机构、前头排障装置、受电弓导流罩、车下设备舱的检修技术。

本教材是车辆工程专业卓越工程师计划系列教材之一,也可供铁路高职和中职学校师生,以及从事机车车辆、动车组、城市轨道交通车辆相关专业的工程技术人员学习参考。

版权所有,侵权必究。

图书在版编目(CIP)数据

动车组车体实践教程 / 田爱琴主编. —北京: 北京交通大学出版社, 2017. 4
ISBN 978-7-5121-3072-2

I. ① 动… II. ① 田… III. ① 高速动车-车体-高等学校-教材 IV. ① U266

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2016) 第 298990 号

动车组车体实践教程

DONGCHEZU CHETI SHIJIAN JIAOCHENG

责任编辑: 陈跃琴 助理编辑: 陈可亮

出版发行: 北京交通大学出版社

电话: 010-51686414

<http://www.bjtu.cn>

地 址: 北京市海淀区高粱桥斜街 44 号

邮编: 100044

印 刷 者: 北京艺堂印刷有限公司

经 销: 全国新华书店

开 本: 185 mm×260 mm 印张: 8.25 字数: 203 千字

版 次: 2017 年 4 月第 1 版 2017 年 4 月第 1 次印刷

书 号: ISBN 978-7-5121-3072-2/U·258

印 数: 1~2 000 册 定价: 24.00 元

本书如有质量问题, 请向北京交通大学出版社质监组反映。对您的意见和批评, 我们表示欢迎和感谢。

投诉电话: 010-51686043, 51686008; 传真: 010-62225406; E-mail: press@bjtu.edu.cn。

前言

铁路运输客运的高速化已经成为现代交通运输领域的趋势。高速铁路是庞大复杂的系统工程，被称作“大国技术”，集合了多学科、多领域的高新技术，集中展示综合国力、经济社会发展水平和自主创新能力。高速列车是高速铁路的关键子系统，与高速铁路其他五个子系统（工务工程、通信信号、牵引供电、运营调度、旅客服务）之间存在轮轨关系、弓网关系、流固关系、电磁兼容等典型耦合关系。其中，高速列车是高速铁路的核心技术之一，其自身也是多学科、多系统、多部件的集成。高速列车融合了系统集成技术、高速转向架技术、高强轻型车体结构技术、交流传动技术、复合制动技术、减阻降噪与密封技术、网络控制技术、空调通风技术等一系列当代最新技术成果。其中，高速列车总体设计是各系统的设计输入及贯穿主线，目的是确保高速铁路各子系统之间、高速列车自身各系统之间的相互兼容、整体优化。

在学生培养和知识传播过程中，教材建设是必不可少的重要环节，尤其是在现代技术与知识不断更新的情况下，编写动车组车体实践的教材显得尤为迫切。青岛四方机车车辆股份有限公司联合北京交通大学车辆工程专业，以高速动车组设计制造流程及方法为基础，并结合北京交通大学教学经验，编写了本教材。

本书作为车辆工程专业卓越工程师计划系列教材之一，主要介绍了车体结构、车体附属设备、设计技术、试验方法和检修技术等内容。全书分为8章。第1章介绍了高速动车组车体结构的发展过程、结构特点、部件结构；第2章介绍了车钩缓冲装置、前罩开闭机构、前头排障装置、受电弓导流罩、车下设备舱、防爬装置等车体附属设备；第3章介绍了车体性能设计验证与相关的国内外标准；第4章介绍了头型设计方法、空气动力学仿真分析技术，以及气动性能风洞试验、气动噪声风洞试验、动模型试验和空气动力学实车线路试验等试验验证方法；第5章介绍了被动安全的相关国内外标准、吸能元件与结构，以及被动安全性验证方法；第6章介绍了车体铝合金材料的特点及分类、相关标准，以及焊接、铆接、螺纹连接和胶接等连接技术；第7章介绍了车体强度刚度试验、车体模态试验、车钩缓冲装置试验、前罩开闭机构试验等型式试验；第8章介绍了车体、车钩缓冲装置、前罩开闭机构、前头排障装置、受电弓导流罩、车下设备舱的检修技术。

本书主编为田爱琴。参加编写的有陈文宾、段浩伟、杜健、赵士忠、陈书翔、郭志成。陈文宾编写了1.1节，2.1节，第3章，6.1节、6.4~6.7节；陈书翔编写了1.2节，2.2节、2.4节、2.7节；赵士忠编写了1.3~1.5节，2.5节，第5章，第7章；杜健编写了1.6节，2.3节，第4章；郭志成编写了2.6节，第8章；段浩伟编写了6.2节、6.3节。

青岛四方机车车辆股份有限公司周建乐与北京交通大学机械与电子控制工程学院吴作伟副教授在百忙中审阅了全稿，并提出了许多重要的修改意见。在此，对他们的工作和帮助表示衷心的感谢！

北京交通大学，青岛四方车辆研究所有限公司，戚墅堰机车车辆工艺研究所有限公司，青岛四方机车车辆股份有限公司技术中心、技术工程部、国家工程实验室、科技发展部等单位为教材的编写提供了资料和帮助，在此表示衷心的感谢！

由于水平有限，时间仓促，疏漏之处在所难免，恳请读者批评指正。

编 者

目 录

第 1 章 车体结构	1
1.1 概述	1
1.1.1 铝合金车体发展过程	1
1.1.2 不锈钢车体发展过程	3
1.1.3 中国铁路高速动车组车体	4
1.2 底架	6
1.3 车顶	7
1.4 侧墙	8
1.5 端墙	9
1.6 司机室	10
1.6.1 司机室结构	10
1.6.2 板梁蒙皮结构	10
1.6.3 前窗骨架组成	10
1.6.4 气密墙	11
1.6.5 材料选择	11
1.6.6 仿真计算与试验验证	12
1.6.7 制造工艺流程	13
第 2 章 车体附属设备	14
2.1 概述	14
2.2 车钩缓冲装置	14
2.2.1 柴田式车钩缓冲装置	15
2.2.2 欧系车钩缓冲装置	18
2.3 前罩开闭机构	20
2.3.1 结构形式简介	20
2.3.2 机构组成	20
2.3.3 工作原理	20
2.3.4 玻璃钢前罩	21
2.3.5 设计关键点	21
2.4 前头排障装置	22
2.4.1 CRH ₁ 型动车组排障装置	22
2.4.2 CRH ₂ 型动车组排障装置	23
2.4.3 CRH ₃ 型动车组排障装置	23
2.4.4 Velaro 动车组排障装置	24

2.5	受电弓导流罩	25
2.6	车下设备舱	27
2.6.1	设计原则及指标	27
2.6.2	结构组成	28
2.7	防爬装置	34
第3章	车体性能设计试验与相关标准	35
3.1	车体强度刚度设计标准	35
3.1.1	基于仿真的结构优化技术	36
3.1.2	连接件的等强度设计技术	36
3.1.3	刚度匹配设计技术	36
3.2	车体刚度仿真分析	36
3.3	车体强度刚度试验验证	37
3.3.1	静强度刚度试验验证	37
3.3.2	气密强度试验验证	37
3.3.3	疲劳强度试验验证	38
3.4	动车组车体结构强度相关标准	38
3.4.1	国外标准	38
3.4.2	国内标准	40
3.5	气动性能研究及相关标准	40
3.5.1	国外标准	42
3.5.2	国内标准	42
第4章	气动设计与试验	44
4.1	概述	44
4.2	头型设计	45
4.2.1	车体断面形状	45
4.2.2	截面面积及截面面积变化率	45
4.2.3	长细比	45
4.2.4	纵断面及水平断面形状	46
4.2.5	鼻锥引流	46
4.2.6	转向架侧罩	47
4.2.7	驾驶舱倾角	47
4.2.8	司机视野、司机室结构及空间限制	47
4.2.9	开闭机构及车钩等附件空间关系	47
4.3	空气动力学仿真分析	48
4.3.1	概述	48
4.3.2	流场求解方法	49
4.3.3	网格生成技术	53

4.4	气动性能风洞试验	55
4.4.1	概述	55
4.4.2	模型加工标准	55
4.4.3	风洞试验技术	57
4.4.4	风洞试验内容	60
4.4.5	风洞试验标准体系	61
4.5	气动噪声风洞试验	61
4.5.1	概述	61
4.5.2	试验技术的基本原理及方法	62
4.6	动模型试验	65
4.6.1	试验概述	65
4.6.2	试验系统组成及功能	66
4.6.3	动模型试验系统基本原理	67
4.6.4	列车气动特性试验用模型	68
4.7	空气动力学实车线路试验	68
4.7.1	试验概述	68
4.7.2	试验原理及方法	69
4.7.3	试验评价方法和标准	71
第5章	被动安全	72
5.1	概述	72
5.2	标准对比分析	75
5.2.1	各国标准的适用范围	75
5.2.2	国外碰撞标准对比分析	76
5.3	吸能元件与结构	79
5.3.1	吸能元件	79
5.3.2	吸能结构	80
5.4	被动安全性能验证	80
第6章	车体材料与连接技术	81
6.1	概述	81
6.2	铝合金材料特点及分类	81
6.2.1	铝合金材料特点	81
6.2.2	铝合金材料分类	82
6.2.3	铝合金材料的热处理	82
6.2.4	动车组用铝合金材料	83
6.3	动车组用铝合金材料性能要求及执行标准	84
6.3.1	技术要求标准	84
6.3.2	性能评定标准	85

6.4 焊接	86
6.4.1 概述	86
6.4.2 焊接种类	87
6.4.3 焊接接头类型	92
6.4.4 焊接质量	93
6.4.5 可焊性	94
6.5 铆接	95
6.5.1 分类	95
6.5.2 工艺过程	95
6.6 螺纹连接	95
6.6.1 螺纹连接的基本类型	96
6.6.2 螺纹连接的防松	96
6.6.3 螺纹连接的强度	97
6.7 胶接	97
6.7.1 胶接的应用	97
6.7.2 胶接工艺	98
第7章 型式试验	99
7.1 车体强度刚度试验	99
7.1.1 被试车体主要技术参数和材质	99
7.1.2 试验工况及试验方法	100
7.1.3 试验结果的评价方法	105
7.2 车体模态试验	105
7.2.1 标准分析	105
7.2.2 试验方法	107
7.2.3 试验内容	109
7.3 车钩缓冲装置试验	110
7.3.1 试验内容	110
7.3.2 试验方法	110
7.3.3 试验评价	112
7.4 前罩开闭机构试验	112
7.4.1 强度试验	112
7.4.2 气缸可靠性试验	113
7.4.3 高低温试验	113
7.4.4 外观、尺寸检测试验	113
7.4.5 称重检验	114
7.4.6 机构开闭功能试验	114

第 8 章 车体检修技术..... 115

8.1 修程 115

8.2 车体结构检修 115

8.3 车钩缓冲装置检修 116

8.4 前罩开闭机构检修 116

8.5 前头排障装置检修 116

8.6 受电弓导流罩检修 117

8.7 车下设备舱检修 117

参考文献..... 119



车体结构

1.1 概述

车体结构作为车辆承载的主体结构，既是旅客的乘坐载体，又是安装与连接车辆其他各组成部分（转向架、制动装置、车端连接装置、车辆内部装饰设备等）的基础。车辆运行时车体结构承受各种垂向、纵向及横向等载荷的综合作用。因此，车体结构强度应按相关标准要求，既要满足各种极端条件下承受的静载荷、动载荷及冲击载荷的要求，还要满足架车、起吊、救援、调车、联挂、多车编组回送作业等各种工况下的不同载荷作用要求。

车体结构的主要设计要求包括强度、刚度、振动频率与模态等方面内容，例如：车体应力不超过设计许用应力值，不产生永久变形及损坏；在使用年限内的工作载荷作用下不发生疲劳失效；车体刚度满足相关标准；在正常载荷作用下，车体结构的最大位移不超过标准要求的极限值；车体固有振动频率与转向架固有振动频率相互错开，同时避开车下吊装电气设备频率的整数倍值，以及空压机等产生振动的频率值，以防止车辆正常运行时发生共振。

根据所用主要材料的不同，高速动车组车体主要分为铝合金车体和不锈钢车体两类。

1.1.1 铝合金车体发展过程

最早的真正的铝合金制车体是山阳电铁 2000 系，以 A5083 合金和 A6061 合金作为外板 and 小型骨架材料，形成外壳框架型式，基本上与钢制车体结构相同。各部件焊接组装，但车体结构的总装采用铆接。结构车体实例如图 1-1 所示。

随后研制出的高强度焊接结构用合金 A7N01，用于底架及上部车体结构的骨架。车体结构的总装采用焊接。新开发的合金挤压性能逐步增强，部分外板和骨架的组装已经转变为一体的挤压型材，达到了轻量化和节省材料的目的。此时的代表性车体结构是 200 系新干线的车体，见图 1-2。

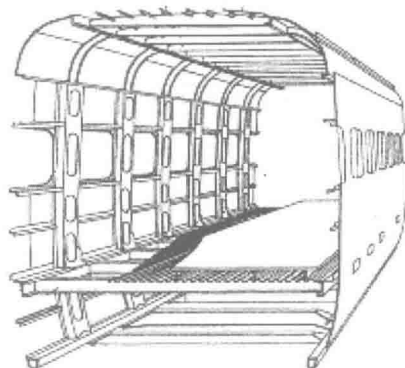
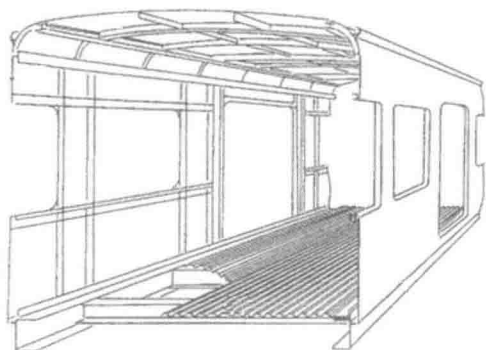


图 1-1 骨架外壳结构车体实例（山阳电铁 2000 系） 图 1-2 骨架外壳结构车体实例（200 系新干线）

但当时的铝合金车体结构与钢制车体结构相比，制造加工的费用很高，加上材料价格昂贵等因素，原始费用也非常高。因此，简化车体结构，节省材料，减少焊缝数量，提高焊接的自动化率成为当时追求的目标。

在此背景下，具有出色挤压性能和焊接性能的 A6N01 合金被开发出来，使制造大型薄挤压型材及大型薄中空挤压型材成为可能。

最初采用挤压型材是以使用薄挤压型材的单壳车体结构为主结构，在车顶和侧墙外板上采用补强，也有部分底架结构采用中空挤压型材的。但是，由于中空挤压型材双壳结构比单壳结构重，因此当时只是有限度地使用。此种类型的车体型材结构如图 1-3 所示。

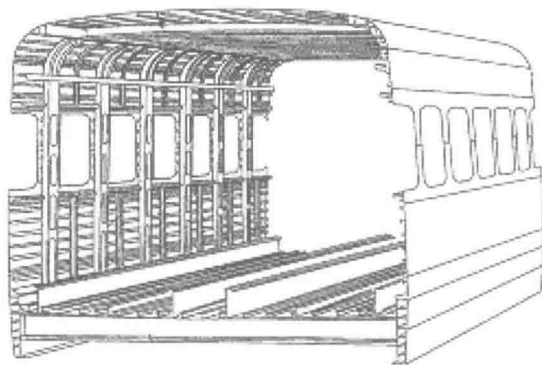


图 1-3 薄挤压车体型材（单壳）结构

一般来说，双壳结构（以中空挤压型材为主构成的结构）相对于单壳结构要重一些。但是，由于中空挤压材料具有强度高、刚度大、降噪性好等特性，可以省略在单壳结构中必须使用的加强材料，从而在车体的实际结构中不仅能够节省材料，降低成本，而且还能极大提高产品的各种其他性能。近年来，由于强调车辆的舒适性，业内认为在不影响列车动力学性能的前提下，适当增加车体的质量可以增加车体刚度，提高车辆的舒适性指标。因此，高速车辆的车顶和侧墙结构开始使用合理设计的双壳结构，在质量和列车动力学性能之间找到平衡点。



双壳结构出现以后,在高速动车组上开始大量使用,被认为是目前最适合高速动车组的车体结构。该种类型的车体型材结构见图 1-4。

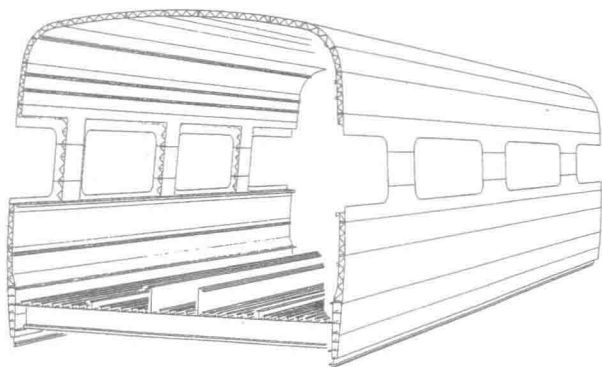


图 1-4 中空挤压车体型材(双壳)结构

1.1.2 不锈钢车体发展过程

1. 日本

日本早在 1958 年就开始研制不锈钢客车车体,是世界上研制不锈钢车体起步较早的国家。迄今为止,在生产规模、制造工艺及不锈钢材料的开发上,都处于世界领先水平。日本开发不锈钢车体经历了蒙皮不锈钢、半不锈钢、全不锈钢及轻量化不锈钢等几个阶段,而材料的研究也从 SUS201、SUS304、SUS301 进化成 SUS301L 超低碳不锈钢产品。现阶段日本生产的不锈钢车体基本上均为采用电子计算机经精确的有限元分析并充分利用 SUS301L 系列不锈钢的高强度而设计制作的轻量化不锈钢车体,其质量已接近于铝合金车体的质量。日本现在每年生产的不锈钢车体、铝合金车体及碳钢车体的比例约为 40:20:40。轻量化不锈钢车体制造数量已占据相当大的比例,这就给日本这个资源缺乏的国家针对车体钢结构的维护和维修节约了大量的资源和能源。

到目前为止,日本发展不锈钢车体大概经历了以下几个阶段。

① 1958—1962 年:研制了第一代蒙皮不锈钢结构的铁路客车,此种客车只是把外表板换成了不锈钢板,目的是提高表面的防腐性能,结构设计 with 一般碳钢客车没有根本性的区别,钢结构的质量几乎没有减轻,相当于碳钢车体质量的 97%。

② 1962—1982 年:研制了第二代全不锈钢车体,整个车体钢结构中除了底架的缓冲梁、牵引梁、枕梁采用低合金结构钢外,其余部位均采用不锈钢材料,提高了防腐性能,实现了车体薄壁结构,进一步减轻了车体自重,质量相当于碳钢车体的 80%。

③ 1982 年至今:研制了第三代轻量化不锈钢车体,使用了计算机三维设计和有限元分析软件,充分利用了不锈钢材料的高机械性能,通过薄板不锈钢的双层结构实现了车体的轻量化,质量约为碳钢车体的 60%。

2. 加拿大

加拿大庞巴迪公司的拉帕卡杰尔工厂十年内生产了 1 540 辆客车,其中不锈钢客车占



90%。英法海底隧道开通之后,穿过隧道的“穿梭列车”有6个车种252辆不锈钢客车,由加拿大庞巴迪公司中标。由于海底隧道列车往返于英吉利海峡两端,多雾的海洋性气候对车辆的腐蚀特别严重,所以该组列车采用不锈钢车体,具有优良的耐腐蚀性能。

3. 苏联

苏联的德维尔车辆制造厂从1968年起就试制出首批不锈钢车体的样车,1980年开始小批量试生产。1989年开始正式生产这种不锈钢车体结构的车辆。该车地板、侧墙和端墙下墙板均采用12X18H10T不锈钢制造,共生产2000辆。该车不锈钢外表面成磨光状,经多年运用后,外观仍如新车一般。现德维尔车辆制造厂已经获得由铁路运输科学院提出并经交通运输部批准的生产250 km/h不锈钢客车的许可,该不锈钢车体使用的钢材仍为12X18H10T,该钢材由Megen有限公司和马格尼托哥尔斯集团公司供给。

4. 瑞典

瑞典开发研制了世界著名的摆式列车X2000,为了使车身质量控制在10 t左右,该车选用AISI301L/1.4318不锈钢作为车体钢结构的设计用材。侧墙和车顶设计成压筋形状,并通过电子计算机FEM分析后,在内部添加了补强板。X2000下部设有不锈钢设备舱,所有设备均放置于设备舱内,此不锈钢设备舱也参与整车承载。

5. 中国

我国在不锈钢车体的设计生产上一直在作尝试。1985年,长春客车厂和太原钢厂签订了《关于共同开发不锈钢铁道车辆的协议》,太原钢厂无偿向长春客车厂提供1.5~3.0 mm厚的不锈钢卷板4卷,不锈钢牌号为SUS304(国内牌号为0Cr18Ni9),长春客车厂在两辆CCK39空调软卧车上将侧墙板、顶板、端墙板、地板及部分侧立柱材质由耐候钢更换为不锈钢。此两辆车生产后交付上海铁路局和成都铁路局使用,为我国最早生产的上线运用的不锈钢材质的客车。1995年四方工厂与德国阿门道夫工厂合作生产20辆不锈钢客车。此批客车由德国阿门道夫工厂设计,20辆客车在四方工厂生产,该批客车从车顶、侧墙、地板、各立柱及底架横梁均使用铁素体不锈钢N4003,个别载荷大的部位使用了更高级别的材料。此20辆客车多采用不锈钢混合气体保护焊,制作工艺精良,经五六年运用后耐腐蚀效果明显。该批客车的生产也培养了一批工程技术人员并锻炼了生产队伍。

1996年,长春客车厂与韩国韩进重工业车辆所合作,联合生产了30辆设计时速为200 km的不锈钢车。该批车由韩国韩进重工设计并组装前27辆,长春客车厂负责提供转向架并组装后3辆,此批30辆车配属广铁集团使用。

1.1.3 中国铁路高速动车组车体

CRH动车组是中国铁路自主品牌系列高速动车组,分别为青岛四方—庞巴迪铁路运输设备有限公司生产的CRH₁型和CRH380D型、青岛四方机车车辆股份有限公司生产的CRH₂型和CRH380A型、唐山轨道客车有限责任公司生产的CRH₃型和CRH380C型、长春客车轨道股份有限公司生产的CRH₅型和CRH380B型。CRH₁型动车组车体是不锈钢车体,其余CRH动车组车体均为铝合金车体。

CRH动车组车体结构主要分为头车车体和中间车车体两种。头车车体由底架、侧墙、车顶、端墙、司机室头部结构及车体附件组成,中间车车体由底架、侧墙、车顶、端墙及车体



附件组成。

CRH380A 型动车组车体为铝合金车体，薄壁筒型整体承载结构，主要采用大型通长中空铝合金挤压型材组焊而成。车体设计吸取轻量化设计理念，采用薄壁中空铝合金型材设计方案，较好地考虑了强度、刚度的关系，采用全流线化外形设计，新颖、现代，且具有良好的空气动力学性能。

CRH380A 型动车组车体主要由底架、侧墙、车顶、端墙、车体附件（车下设备舱、前罩开闭机构和前头排障装置）等组成（头车还包括司机室头部结构）。各型车体根据其功能、附属设备等不同而在车体结构上不尽相同，但其主要结构形式类似。头车车体如图 1-5 所示，中间车车体如图 1-6 所示，车体断面如图 1-7 所示。

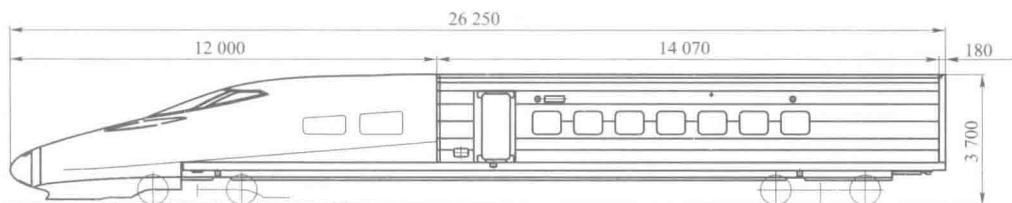


图 1-5 头车车体

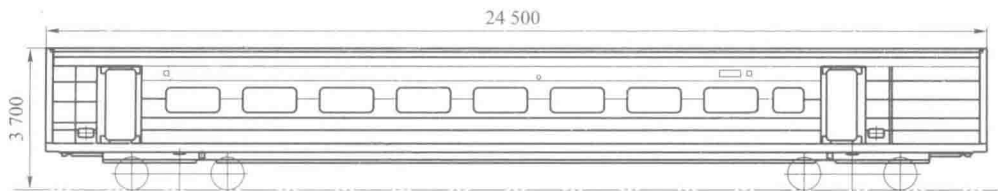


图 1-6 中间车车体

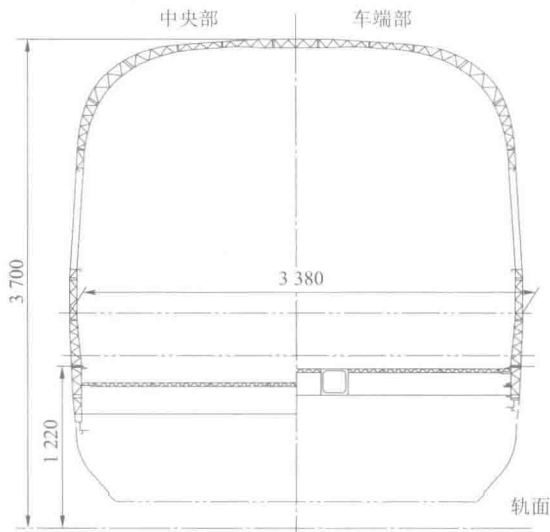


图 1-7 车体断面



1.2 底 架

底架位于车体的下面部位，主要起乘客的承载、车下设备的吊挂安装、车端车钩安装等作用。根据不同车型，底架主要有不锈钢底架、铝合金底架，举例说明如下：

铝合金底架以 CRH380A 型动车组车体为例，主要由牵引梁、枕梁、缓冲梁、边梁、横梁、地板等零部件组成，材料为 5000 系、6000 系、7000 系铝合金型材及铝板。边梁是由带直筋的通长中空型材拼焊而成；地板采用单层板与肋板一体成型的型材整体拼焊结构；底架横梁为工字型材，下部设有滑槽，方便车下设备安装；牵引梁和枕梁采用高强度型材拼接而成。铝合金底架结构见图 1-8。

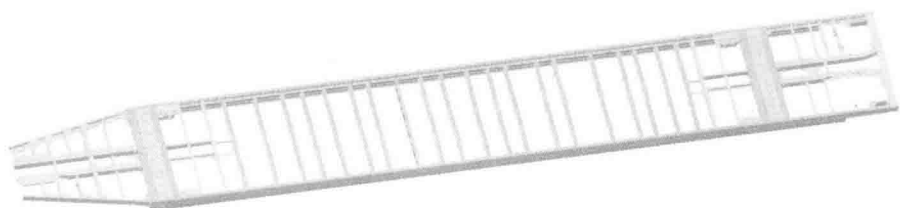


图 1-8 铝合金底架结构

不锈钢底架以 CRH₁ 型动车组车体为例，底架由枕梁、车钩箱、边梁、横梁和波纹地板组成，其中枕梁和车钩箱为碳钢型材、板材焊接而成，其余材料均为不锈钢。底架钢结构主要采用电阻焊进行焊接，其主要结构都考虑了点焊的可实施性，如底架横梁是乙型结构，便于和波纹地板进行点焊。不锈钢底架结构具体见图 1-9。

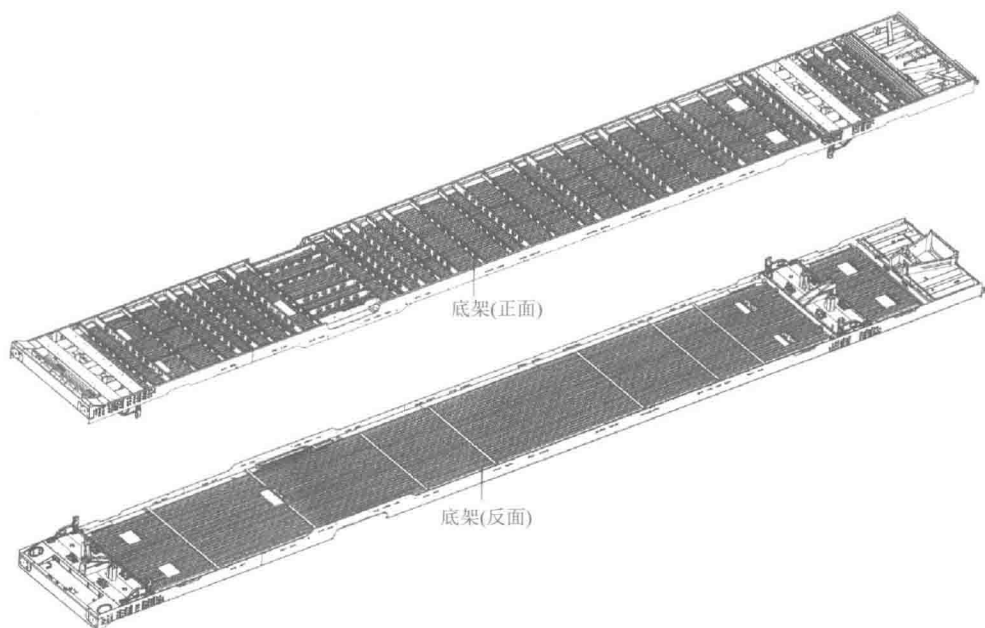


图 1-9 不锈钢底架结构



1.3 车 顶

CRH380A 型动车组车顶主要由大型通长中空挤压型材焊接而成,如图 1-10 所示。型材之间的焊接沿车体长度方向连续焊接,焊接后车顶外侧焊缝需做气密试验以保证气密性。在中空挤压型材内壁粘贴热熔型减振材料,起到有效的隔音降噪作用。

车顶和侧墙及端墙之间的连接采用连续焊接方式。

在车顶通长挤压型材上设置通长的 T 型槽,方便间壁和顶板等内装部件的安装。在车顶外部焊接安装座,用来安装电气设备。为便于设备走线,需要在车顶内部焊接电线支架,焊接安装座或电线支架时需注意,焊接部位应位于中空型材的肋顶点处。为满足走线和安装设备的需要,须在车顶型材上开孔,在开孔部位焊接铝管或安装座,焊接后须保证气密性。



图 1-10 车顶

车顶应具备足够强度,满足检修维护人员在其上部的作业需求。在检修维护人员工作及通过的部位喷涂有防滑涂料,以提高维修操作的安全性,如图 1-11 所示。

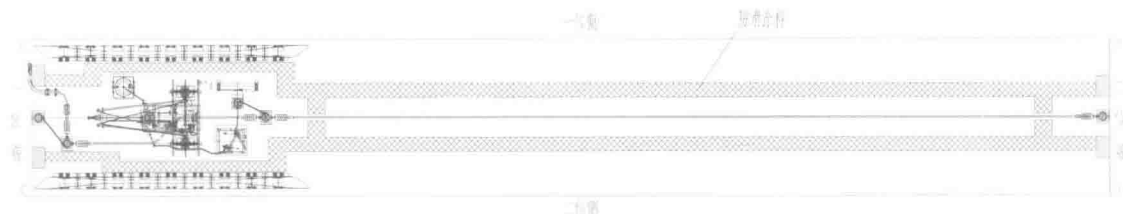


图 1-11 车顶防滑喷涂

部分车顶设受电弓安装结构,含 3 个安装座,呈“品”字形分布,如图 1-12 所示,其附近区域结构应满足检修维护受电弓的要求。车顶除高压设备、天线等部件之外应无凸起和凹沟。