

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以下几部分构成：底架、侧墙、端墙、车顶、车头五部分。车体的生产需要大型冲金设备、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 示意了车体的横向断面，图 1-2 示意了车头的铝合金结构，车头铝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。

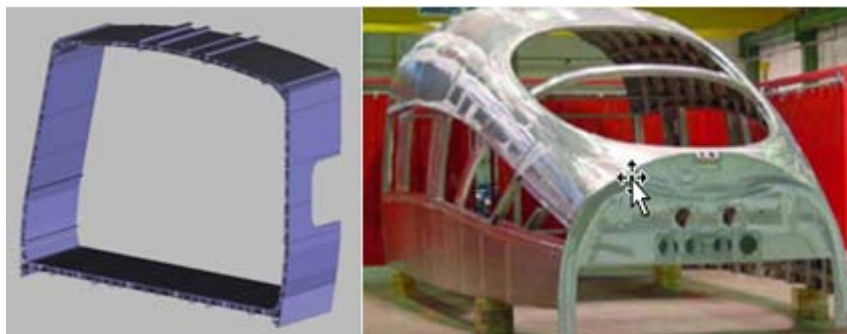


图 1-1 车体横断面示意图 图 1-2 车体头部示意图

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。车体和转向架联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，动车带有牵引电机部件。

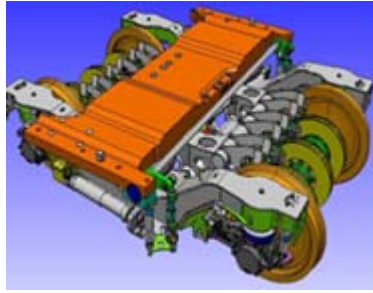


图 1-3 拖车转向架示意图



图 1-4 动车转向架示意图

三、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它车辆专业的书籍上都有详细介绍。图 1-5 示意了牵引系统构成。图 1-6 示意了辅助供电系统的构成,图 1-7 示意了旅客信息系统的构成,图 1-8 示意了列车网络控制系统的构成,本处通过对各系统的构成示意,使读者对列车构成有一个基本知识的概念和对车体的用途有一个基本的了解。



图 1-5 牵引系统构成示意图

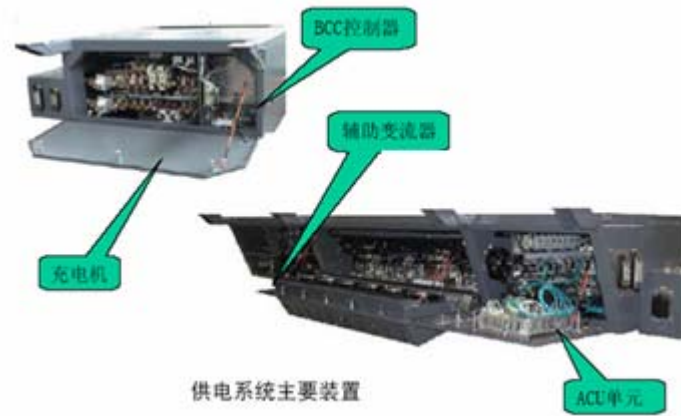


图 1-6 辅助供电系统构成示意图



图 1-7 旅客信息系统构成示意图

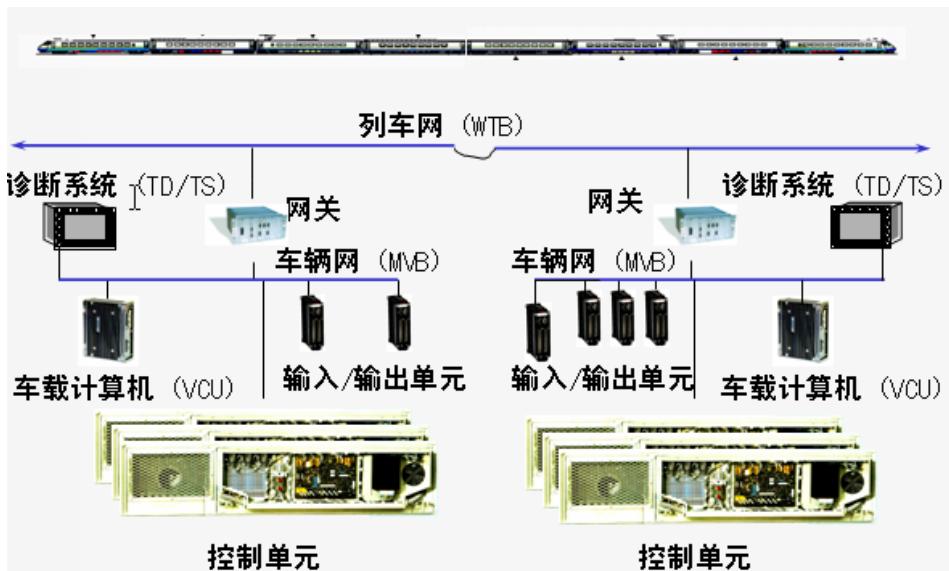


图 1-8 列车网络控制系统构成示意图

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 示意了车内装饰的相关内容。



图 1-9 车内装饰工作内容示意图

在以上车辆部件构成中，车体设计、制造涉及车辆安全、车辆档次、运行速度、环境保护等等相关因素，因此，如何设计、制造好车体是车辆生产重要的核心技术。

第二节 铝合金车体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，只能用做低端车辆的生产。

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，因此一般采用点焊工艺制造，但点焊工艺密封性差，因此不锈钢车辆只能用在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，象瑞典摆式列车就是采用不锈钢材料进行制造。

铝合金材料制作的车体具有重量轻，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它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，不锈钢和铝合金城市轨道交通车辆各占据了 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。

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参照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、制造工艺烦琐、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。



图 1-10 第一台板梁结构铝合金车体

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。这两种缺陷在初级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210km/h铝合金车体电动车组、270km/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。国内南京浦镇车辆厂、株洲电力车辆厂、唐山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示意图



图 1-14 国内批量生产的第一列铝合金地铁示意图

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200km/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。



图 1-15 从法国阿尔斯通引进的 CRH5 铝合金车体示意图

在成功引进 200km/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 300km/h 铝合金车体动车组 CRH3，在京津线上创下中国运行 383km/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动车组，图 1-16 为从德国西门子公司技术引进的 CRH3 铝合金车体动车组。



图 1-16 从德国西门子公司引进的 CRH3 铝合金车体示意图

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重量最低，可以将车体重量降到 4 吨左右，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示意，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 板梁结构铝合金示意图

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，该形式的车体结构模式很多，但基本模式基本相同。

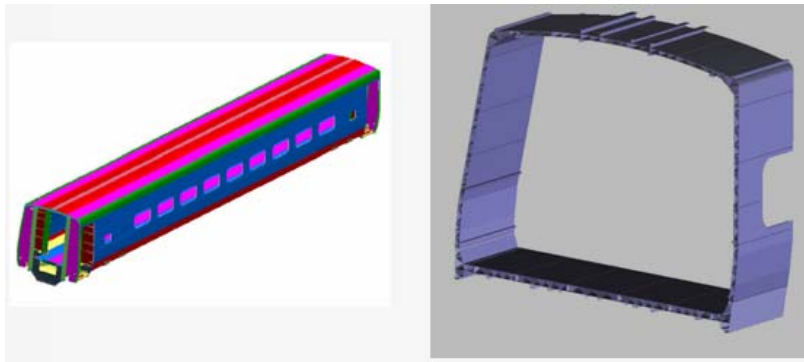


图 1-18 型材结构铝合金示意图

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，只是在底架和牵枕梁上采用铆钉连接，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，但由于牵枕梁和底架铆接，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、8 号线。



图 1-19 钢、铝混合结构示意图