



智能化焊接在高速动车组铝合金车体制造上的应用和展望

郭柏立 张力

【摘要】 本文主要阐述了智能化焊接在高速动车组铝合金车体制造上的应用情况，并提出了下一步的应用推广计划。

关键词： 智能化焊接；高速动车组；铝合金车体

1. 概述

铝合金材料制作的车体具有重量轻、耐腐蚀、外观平整度好及材料可再生利用等优点，因而受到世界各城市交通公司和铁道运输部门的青睐。铝合金车体在高速铁路车辆制造上具有不可替代的功能，因此铝合金车体的发展速度特别快。

目前，全铝结构铝合金车辆已经广泛应用于我国铁路车辆动车组的制造和城市轨道交通车辆的制造，尤其高速动车组的钢结构全部是铝合金车体，应用最为广泛。在铝合金车体制造过程中，由于结构大量采用型材拼接，接头长且规则，便于自动化作业的实现，因此在该行业大量使用各种智能化焊接技术。

2. 智能化焊接在高速动车组铝合金车体制造上的应用

2001年，我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等动车组铝合金车体。2002年，实现了可批量生产铝合金车体生产的硬件条件。2004年，我公司从法国阿尔斯通公司引进了200km/h铝合金车体动车组CRH5。在成功引进200km/h动车组的前提下，又从德国西门子公司引进了300km/h铝合金车体动车组CRH3。

自动焊在铝合金车体焊接中占有举足轻重的地位，它以焊接质量稳定，生产效率高等优点，得到焊接企业的广泛认可。现在，随着公司的发展与壮大，对于智能化焊接领域的需求大幅度提高。我公司高速动车组铝合金车体焊接生产，自动焊焊接量约占整车焊接总量的75%。主要采用的智能化焊接技术是自动MIG焊技术和搅拌摩擦焊技术，其中自动MIG焊应用最为广泛，约占

自动焊焊接总量的95%，而搅拌摩擦焊还仅处于小面积应用和探索阶段，相信在不久的将来，搅拌摩擦焊技术也会得到长足的发展。

(1) 高速动车组铝合金车体结构特点 高速动车组铝合金车体，主要分为中间车铝合金车体和头车铝合金车体。中间车铝合金车体主要由底架、侧墙、车顶、端墙等四个部位组成，头车铝合金车体主要由底架、侧墙、车顶、端墙及车头等五个部位组成。图1为CRH380型动车组中间车铝合金车体，图2为CRH380型动车组头车铝合金车体。

CRH380型动车组铝合金车体，底架组成主要由地板、底架边梁、KK端/FE端、裙板以及各种小件组合而成。车顶主要由圆顶、平顶、车顶边梁、空调框、端顶组成，通过台组成以及各种小件组合而成。侧墙组成主要由侧墙板、门立柱、应接板以及

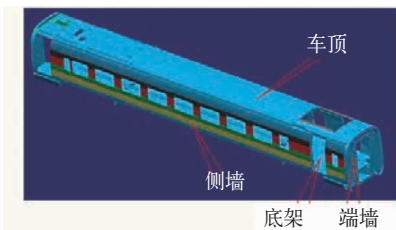


图1 CRH380中间车铝合金车体

各种小件组合而成。端墙主要由端墙板、端角柱、车顶连接梁、车顶侧弯梁以及各种小件组合而成。车头组成主要由左右侧墙、前墙、前窗框、环形框以及各种小件组合而成。

(2) 自动MIG焊技术在高速动车组铝合金车体制造上的应用 高速动车组铝合金车体焊接通常分为车体大部件自动焊、小部件自动焊和总组成自动焊。大部件自动焊一般指车顶板、平板板、地板、车顶及侧墙自动焊；小部件自动焊一般指端墙、车头、隔墙、裙板及车钩座自动焊；总组成自动焊一般指侧墙和车顶、侧墙和底架连接缝自动焊。铝合金车体制造中投入大型关键焊接设备，是制造铝合金车体的必备条件。

在高速动车组铝合金车体的制造过程中，为了提高整机产品的焊接质量，提升焊接生产效率，降低劳动强度，公司曾先后投入了龙门式IGM机械手、



图3 龙门式IGM机械手

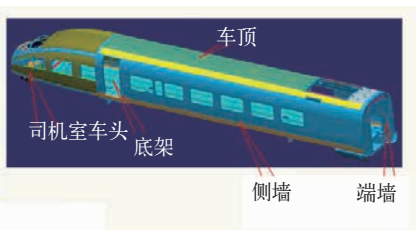


图2 CRH380头车铝合金车体

悬臂式ESAB专机、SMC专机、FOOKE专机、OTC专机及小型IGM机械手、CLOOS机械手、OTC机械手等自动焊设备，以此实现自动MIG焊接技术的应用。大部件自动焊主要采用龙门式IGM机械手和悬臂式ESAB专机等设备，焊缝跟踪方式为激光跟踪。送丝机构形式分为单丝焊接和双丝焊接，其中，单丝焊接只是用在初期的设备系统上。总组成自动焊主要采用SMC专机和FOOKE专机等设备，焊缝跟踪方式为机械跟踪，送丝机构形式为单丝焊接。小部件自动焊主要采用小型IGM机械手等设备，焊缝跟踪方式为激光跟踪。图3是大型的龙门式IGM机械手，图4是FOOKE专机。

在高速动车组铝合金生产初期，CRH5型动车组侧墙中间两块板、车顶中间三块板、车顶合成和CRH380型动车组圆顶板、平顶板等部件的生产采用双枪单丝的IGM机械手进行自动焊



图4 FOOKE专机

接；CRH5型动车组侧墙合成部件的生产采用双枪单丝悬臂式的ESAB专机进行自动焊接；底架地板的生产采用双枪双丝的IGM机械手进行自动焊接；端墙板、车头等小部件生产采用CLOOS、小型IGM机械手进行自动焊接。然而，随着动车组产能的扩大和工艺布局的调整，单丝的IGM机械手由于生产效率较低，已被弃用。截止目前，高速动车组所有铝合金车体大部件生产采用的都是双枪双丝的IGM机械手进行焊接；小部件生产采用的都是小型IGM机械手进行焊接；总组成自动焊主要采用SMC专机和FOOKE专机两种设备，其中，CRH5型动车组总组成焊接采用SMC专机，CRH380型动车组总组成焊接采用FOOKE专机。图5是动车组侧墙自动焊接。图6是动车组端墙墙板自动焊接。

自动MIG焊技术在高速动车组铝合金车体制造上的广泛应



图5 动车组侧墙自动焊接



图6 动车组端墙墙板自动焊接



用,使得公司的焊接技术水平得以大幅度提高,生产线的制造能力也大大提升,从而保证了高速动车组铝合金车体的产品质量,为高铁生产制造领域做出了突出贡献。

(3) 搅拌摩擦焊技术在高速动车组铝合金车体制造上的应用 搅拌摩擦焊是一种固相连接方法,焊接接头具有优良的力学性能和小的焊接变形,焊接过程中不需要添加保护气和焊丝,没有熔化、烟尘、飞溅及弧光,是一种环保型的新型连接技术。实际情况也的确如此,在FSW技术问世后的短短几年内,在焊接机理、适用材料、焊接设备以及工程化应用方面均取得了很大的进展。

我公司从2008年初开始,就针对搅拌摩擦焊技术在铝合金车体材料上开展试验研究工作,经过反复的试验摸索获得了一定的试验结果后,于2010年7月开始在高速动车组车钩座等关键部件上进行工艺试制。通过试验团队的不断努力,此技术最终于2013年在高速动车组车钩座上取得了实质性的应用,届时使得产品实物质量显著提高,生产效率飞速提升,劳动强度大幅降低,获得了公司上下的一致好评。

鉴于该技术的优越性,2014年在中国标准动车组项目研制过程中,搅拌摩擦焊在车体小部件上进行了大面积的推广应用,并取得了良好的经济价值和社会效益,为高速动车组走出去奠定了丰富的技术基础。图7是小部件FSW设备。图8是FSW焊接车钩座。

3. 智能化焊接在高速动车组铝合金车体制造上的推广建议

(1) 自动MIG焊接技术继续在高速动车组铝合金车体制造上应用 由于自动MIG焊接技术现今比较成熟、稳定,所以优先建议其在平顶附件组焊、端墙合成组焊、KK组焊、FE组焊、车头组焊及底架合成组焊等复杂工序继续推广应用。针对部件结构和制造工艺特点,选择合适的自动焊设备,如平顶附件组焊可以利用现有的IGM机械手进行自动焊接应用研究,端墙组焊、KK组焊、车头组焊等小部件工序可以引进机器人并利用变位机的多方向旋转功能实现自动焊接应用。相信在不久的将来,在各专业技术专家的不断努力下,我公司能够成为真正意义上的智能化制造企业。

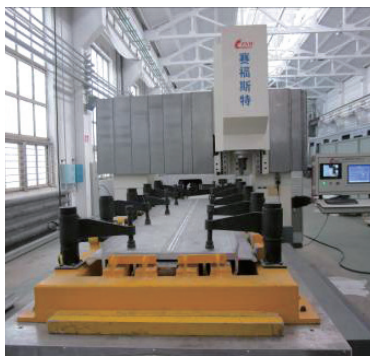


图7 小部件FSW设备

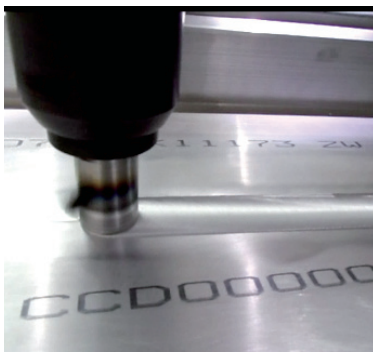


图8 FSW焊接车钩座

(2) 加快搅拌摩擦焊的推广应用步伐 搅拌摩擦焊是将来高速动车组铝合金车体焊接的发展方向,值得开展相关方面的研究和应用。目前,搅拌摩擦焊在CRH380和CRH5型动车组两个批量生产的项目上,仅在CRH380型动车组车钩座和车钩梁两个小部件上有所应用,建议应向CRH380型动车组端墙板、平顶板和CRH5型动车组垂直墙、水平墙、前端墙等小部件上加快推广应用的步伐。另外,也应在铝合金车体大部件(底架地板、侧墙、车顶)上开展FSW基础性的试验研究,如开展型材结构设计、工装夹具开发、搅拌头设计及焊接工艺试验等工作,为将来的实际生产应用积累丰富的试验数据,并打下坚实的实践基础。

参考文献:

- [1] 王炎金.铝合金车体焊接工艺[M].北京:机械工业出版社,2011.
- [2] 王炎金等.焊接机械手在铁路客车制造上的应用研究[J].电焊机,2001,7:35-36.
- [3] 王炎金等.铝合金车体制造技术在中国的发展现状和展望[J].焊接,2004,10:5-7.
- [4] 栾国红.搅拌摩擦焊的应用现状与发展趋势[J].金属加工(热加工),2003,6:29.

作者简介:郭柏立,中车长春轨道客车股份有限公司铝车体一车间;张力,中车长春轨道客车股份有限公司工程技术部。

MW 20160723