



动车组侧墙机械手自动焊接应用研究

张力 郭柏立

【摘要】 本文阐述了焊接技术人员如何从工艺方法角度攻克机械手应用在CRH5型动车组侧墙自动焊接上的难关，实现了引进技术后的首次工艺创新。

关键词： 动车组；5型车；侧墙；机械手；工艺创新

1. 研究背景

IGM机械手在我公司被广泛地应用于新一代高速动车组、时速250km动车组（以下简称：5型车）、城铁铝合金车体项目上，如铝合金车体大部件底架地板、车顶板、侧墙等焊接主要使用该设备。但是，由于法国阿尔斯通设计结构的特殊性，5型车车体侧墙中下型材滑槽与焊缝中心距离约为13mm，此距离制约了IGM设备在侧墙焊接上的应用。图1为侧墙中下型材断面示例。

我公司引进法国阿尔斯通技术至今，5型车侧墙自动焊一直采用ESAB焊接专机设备。ESAB设备属悬臂专机，具有双枪单丝，焊缝跟踪采用激光跟踪，调节简单，操作容易及维护方便等优点。但缺点也更为明显，一是专机枪头锁紧机构频繁使用，牢固性差，焊接运行过程中，对中性不好，需要操作者人工干预；二是专机持枪机构稳定性差，行走过程中的振动会带来焊缝表面

纹理不均，质量相对较差。

随着双枪双丝IGM机械手技术的大力推广，采用激光跟踪焊缝的焊接方式得到广泛认可。虽然它更换焊丝慢、操作难度大，但其仍以持枪机构牢固，焊接过程稳定，焊接状态一致性容易保证，焊接质量好，以及生产效率高等优点备受青睐。图2为龙门式IGM机械手示例。

2. 研究目的

（1）适应工艺布局调整 满足公司工艺布局调整需要，解决侧墙新老厂区两地生产的问题。

（2）提升焊接生产效率 IGM机械手的双枪高效率、双丝高速度，使得焊接生产效率大大提高，约是ESAB设备的两倍。

（3）提高焊接质量，保证焊缝质量的一致性 IGM机械手的双枪对称焊接、双丝大电流，使得焊接变形得以很好控制，焊缝成形美观，焊接质量较好。

（4）拓展相关人员攻克技术难关的能力 技术人员从工艺方法角度，通过策划方案、工艺试验等方式攻克难关，锻炼其解决技术难题的能力。

（5）提升我公司工艺创新能力 随着我公司精益管理地不断深入，再使用原有的制造工艺生产产品，显然已不适应企业快速发展的节奏。双枪双丝IGM在5型车侧墙焊接上的应用，可弥补原有焊接工艺存在的缺陷，推动企业技术创新的发展。

3. 研究内容

产品结构设计工艺性不合

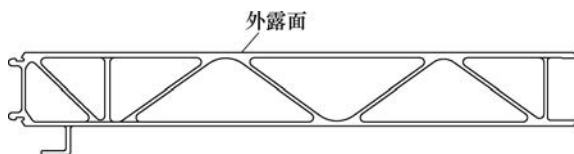


图1 侧墙中下型材断面示例



图2 龙门式IGM机械手示例

理,将会对产品制造工艺产生较大的负面影响。图3是阿尔斯通设计的5型车侧墙型材合成断面示例,反面滑槽与焊缝中心距离约为13mm,焊接工艺性较差。生产初期,为实现侧墙自动焊接,引进了专机ESAB自动焊设备。随着企业技术实力的提升,产能的扩大,工艺布局的调整,原有焊接工艺必须要有所突破,才能适应公司又好又快发展。

针对上述这种情况,本次研究应用双枪双丝IGM机械手,能否完成侧墙自动焊的焊接,焊缝跟踪采用激光跟踪的方式。根据对产品设计结构分析和生产经验,IGM实现的关键在于能否完成侧墙合成反面滑槽处焊缝的焊接。此次将主要对反面滑槽处焊缝的焊接进行工艺试验攻关,通过采用激光跟踪的方式,力求实现IGM机械手自动焊接5型车侧墙的目的。

4. 研究方法

根据产品和设备实际情况,焊接技术人员详细策划工艺试验方案,保证方案的可行性。

(1) 设备校核 车间联合设备部对IGM机械手状态进行校核,查看设备尤其是激光器及其附属机构是否存在异常。值得一提的是设备的校核,在必要时需

要工业化部或设备厂家协助。

(2) 激光模板制作 由于滑槽与焊枪易发生干涉,所以激光能否正常寻找到焊缝是很关键的,进而对激光模板要求进行特殊编制。在此指出,模板的制作必要时也需要工业化部或设备厂家协助。

(3) 工艺试验 首先,试验材料准备。工艺部门下发PP或技术通知,明确试验所用的型材,焊接消耗材料等相关事宜。具体使用材料如下:①试验板:侧墙中下型材和侧墙下型材,数量各1块;材质为6005A-T6;型材长度为4m。②焊接保护气体氩气,纯度为99.99%。③焊接所用焊丝,牌号为ER-5087;直径为1.2mm。

其次,试验要求。焊缝状态只需模拟滑槽处焊缝情况即可,无需一个完整侧墙断面。①焊接接头形式为BW S4 PA。②型材组对、点固。先反面组对侧墙下型材和侧墙中下型材,无间隙组对,错口要求 $\leq 0.8\text{mm}$ 。③型材点固。组对好后,每隔1m进行点固,段焊点长度为30~50mm。④段焊点修磨。点固好试验板后,首先使用铣刀磨平焊缝,然后使用小直磨机剖沟,剖沟深度为1~2mm,直线度要求:保持与焊缝中心重合。

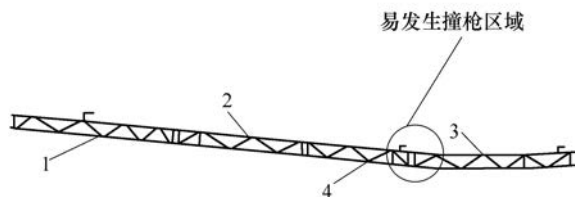


图3 侧墙合成型材断面示例

1.侧墙上型材 2.侧墙中上型材 3.侧墙下型材 4.侧墙中下型材

最后,焊接试验。当试验材料准备好后,技术人员组织进行工艺试验,并要做好相关试验记录。

5. 试验过程及记录

(1) 试验设备 龙门式IGM设备,碗刷机及直磨机。

(2) 试验场地 高速动车组制造中心铝车体二期厂房东侧IGM胎位。

(3) 试验过程 第一,试验板组对、点固。先进行反面组对,保证错口 $\leq 0.8\text{mm}$,然后点固修磨焊缝。工件组对和焊缝状态示例如图4、图5所示。



图4 工件组对示例



图5 焊缝状态示例

第二,激光模板编制。技术人员按照要求重新对激光模板进

行编制。

第三，设备空步行走。操作者首先调整焊枪，将焊丝对中焊缝，然后打开激光，设备空步行走整个4m行程，确定无问题后，返回原点处准备焊接。焊丝对中和空步行走示例，如图6、图7所示。

第四，自动焊接。空步行走确保无问题后，选择新的激光模板，启动焊接程序，开始正式焊接，同时保持对电弧的观察，一旦发现异常情况立即停止焊接（见图8~图11）。

6. 试验结果及分析

通过重新制作激光模板，降低激光灵敏度，减小组对错位口量，提高段焊点处修磨质量，加强对电弧的观察等方法，使得IGM机械手采用激光跟踪焊缝的方式对侧墙合成反面滑槽处焊缝焊接得以实现。

（1）试验结果 首先，IGM设备空步行走整条4m长焊缝，无意外情况发生。其次，IGM设备自动焊接整条4m长焊缝，无意外情况发生，只是焊枪在段焊点处略微发生摆动。

（2）结果分析 首先，本次试验采用4m的型材在工装上组对、点固、焊接，与整车侧墙24m长相比仍有些许差距，但从技术角度讲可以代表整个工件的焊接。

其次，由于焊枪喷嘴与型材滑槽的距离约为1mm，极易发生干涉，故对激光状态要求特别严格，对操作者责任心也提出较高要求。即便如此，也可保证激光能准确寻找到焊缝，撞枪的风险还是极低的。



图6 焊丝对中示例



图7 空步行走示例

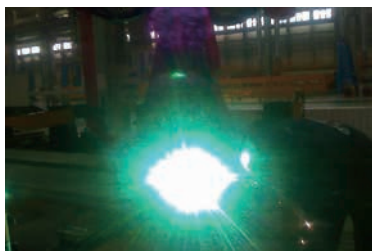


图8 自动焊接示例



图9 焊后工件示例

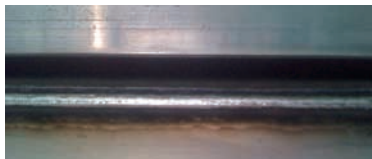


图10 焊缝表面



图11 段焊点处焊缝

最后，采取措施规避IGM持枪机构与型材滑槽撞枪的风险。一是降低段焊点对激光的影响，要求侧墙反面滑槽处焊缝只在始末端进行点固，中间不点固。二是机械手操作工在焊接前，要对激光器及其附属机构进行检查，以保证其不存在异常。与此同时，也要对整条焊缝的表面状态进行检查，以确保无铝屑、焊渣等。在焊丝对中焊缝时，要用较慢的速度调整焊枪，焊丝对中后，设备空走200mm距离，检查跟踪状态，如正常，即可返回原点处准备焊接。在焊接过程中，要始终对焊缝进行跟踪，一旦发现异常情况，立刻停止焊接，以减少持枪机构和工件的损失。

7. 结语

（1）通过本次工艺试验攻关，使得IGM机械手焊接5型车侧墙合成反面滑槽处焊缝的方式得以实现。

（2）在后续CRH5型动车组项目中，建议侧墙自动焊使用双枪双丝龙门式IGM设备。

（3）双枪双丝IGM机械手的成功应用，最终实现了5型车车体侧墙工艺技术创新。

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，2009，12：50-60.
- [2] 王炎金，杨景宏，吴亚舒. 焊接机器人在铁路客车制造上的应用[J]. 机器人，2001，10.

作者简介：张力等，中车长春轨道客车股份有限公司。

MW 20160723