



推土机中厚板履带梁自动化焊接工艺研究

李秀芳

【摘要】 通过对新型履带梁结构的分析，大胆创新，采取反变形、优化组焊顺序和使用高精度的组对工装等工艺措施，使组对精度大幅提升，同时采取改造现有焊接机器人进行工艺试验，实现了焊缝的全位置自动化焊接。工件质量的大幅提升，为后续量产化打好了技术基础。该工艺试验研究在提升现有机器人利用率的同时，也为生产模式柔性的精益化管理打下坚实的基础。

关键词： 履带梁；自动化；焊接；工艺研究

1. 概述

众所周知，推土机施工特点决定了其产品结构特点的复杂性，推土机履带梁作为底盘系统最重要的部件，承载整机重量和施工终端传动受力冲击。常规推土机履带梁为八字梁结构（见图1），采用长、短梁（俗称方盒）和V形筋构成框架结构（俗称梯形架）与涨紧弹簧箱、斜支撑焊接而成，长、短方盒采用箱形结构，提高了构件的刚度。图1中斜支撑分三段制作，其中支撑、支撑前段是薄壁中空结构，支撑前段采用冲压件，壁厚比铸钢件薄，减小了该处刚度，能缓解应力集中断裂问题。

通过图1可见，履带梁为大型复杂结构件，存在着焊缝类型多、数量多、焊接位置多等三多问题，多年来大量技术人员进行该方面的工艺研究，推进机器人

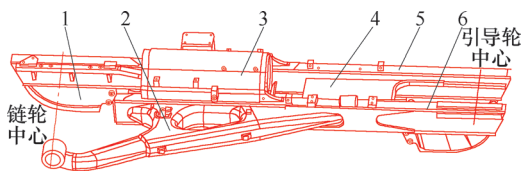


图1 履带梁示意

1.挡泥板 2.斜支撑 3.弹簧箱 4.梯形架 5.长梁 6.短梁

自动化焊接，但均因其“三多问题”和板材、铸件组对精度各异性等问题，没有能够成功应用。

2. 新型履带梁结构分析

近年来，随着流体技术、智能化控制技术的快速发展，工程机械产品也实现了升级换代，公司新研发的SMB16就是其中最具市场竞争力的战略产品。该产品为新一代液压传动推土机，采用双回路电控静压驱动，智能匹配负载变化，工作灵活效率高，燃油消耗率低；模块化结构，可靠性高，易于维护。履带梁结构与挖机履带梁相类似，改变了以前存

在斜支撑的结构，如图2所示。新型履带梁主要材质由Q345、Q460C、SCSiMn1H、ZG230—450H等进行组焊，但由于其铸件结构较多，枢轴等结构存在密封等要求，按照Q/STB12.606—2000一级焊缝焊接质量要求执

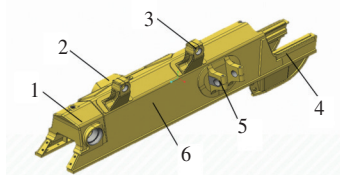


图2 新型履带梁结构

1.枢轴座 2.耳轴座板 3.托轮座 4.前结构
5.前梁座 6.长箱体



行,对焊接的要求也是非常苛刻的。

3. 试制组焊工艺

新产品试制阶段,考虑到产品未定型,尽量减少专用设备的投入。针对此结构,结合工厂工艺技术水平并通过多次研究确定了较为合理的工艺流程,具体为:底板合件组对→焊接→校形→组对件4(倒置)→焊接→件1总对→焊接→组对件2、3、5(正置)→焊接→抛丸涂装→(机械加工)→(涂装)→(装配)等十余个工序。

为了保证新产品试制质量,采取柔性通用三维工装进行组对,该组合工装主要由多维组合平台、定位装置、缩进装置、调整装置、测量装置、匹配设施等几部分构成。三维平台材质为球墨铸铁QT500-7,进行整体热处理,消除内应力,并经过粗加工、精加工、打磨抛光等工序,下方安装两条平行的导轨和一条支撑轨,保证导轨上安装的多个平台平面度达到 $0.15/1000\text{mm}$,孔位置精度达到 $0.1/1000\text{mm}$,平台变换位置后仍能达到此精度要求。三维工装采取支撑角铁、U型、L型方箱,配合定位平尺、定位角尺、快速锁紧销、夹紧装置以及调高器等可以对组对各零部件进行精确快捷的定位,各部件装卸方便,维护简便,尺寸调整便捷、灵活,通用性高,满足了结构件的组对要求,在各工程机械新产品开发应用较为广泛。

针对新产品焊接主要利用技能较高的技师,采取人工地摊焊的形式进行焊接,由于焊缝结构

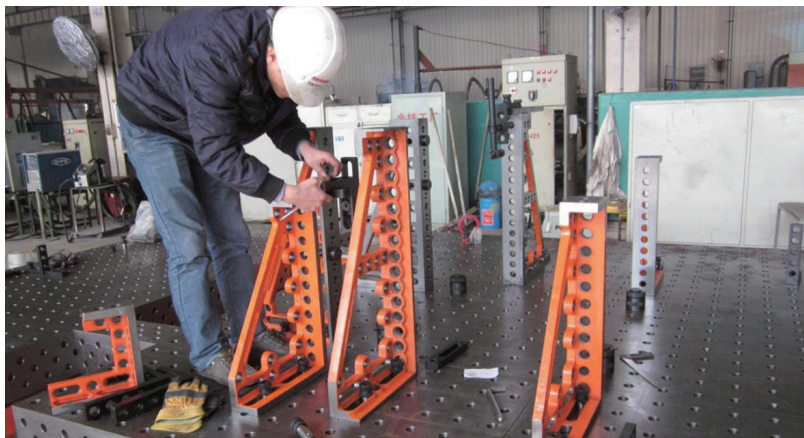


图3 通用三维工装示意

复杂,无法实现焊缝最佳船形焊接方位,且采取天车进行频繁翻转焊接,产品焊接质量基本能满足使用要求,但作业环境较差并存在不安全因素,导致生产效率低下,浪费很大的人力资源,在试制阶段可以采取这种形式。

4. 新工艺研究及应用

产品试制成功后,市场反馈较好,为了应对产品的小批量问题,梳理工艺难点,消除试制生产瓶颈问题,提升履带梁的组焊效率和质量,工艺部门结合公司现有焊接机器人设备情况,研究采取机器人自动化焊接的可行性。采用自动化焊接的关键在于其工件焊缝的组对精度和解决工件组对各异性问题,经过技术人员大胆探索创新,从以下几个方

面进行改进。

(1) 开展大弯板成形控制试验 为了保证组对后焊缝均匀符合产品工艺设计要求,相关技术人员梳理各件的下料设计图,合理设定并严格控制来料精度,大弯板是长箱体主要组对件,其成形质量直接影响后续工件的组对质量。针对大弯板三次折弯尺寸无法满足使用要求,我们调整液压折弯机下压量和折弯角等参数,并配合两端折弯点三线式、连续中心折弯线和连续三线式进行多批次工艺试验,同时配合工艺样板进行检测确认,经过确认,连续三线式效果较好并固化,如图4所示。

(2) 长底板反变形工艺试验 针对长底板小合件焊后变形

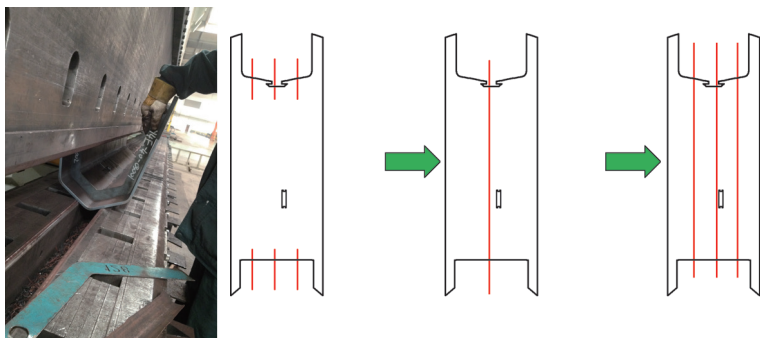


图4 大弯板成形控制试验

较大,无法实现整体组对前焊接要求,经研究按照自由状态焊接得出焊后变形量数据,然后采取折弯机预反向折弯 $0.5^{\circ} \sim 1^{\circ}$ 进行反变形工艺试验,并根据图样要求组对工件。为防止热量集中,调整焊接顺序,经过多批次工艺试验最终确定反向折弯角度为 $0.7^{\circ} \sim 1^{\circ}$,焊接顺序为先焊①④②③外侧焊缝,然后再焊内侧焊缝,焊接方向如图5所示,最后焊接弹簧座板与底板之间的角焊缝。通过采用上述焊接顺序,保证了长板焊后平面度在2.0mm以内,满足总对后机器人的焊接要求。

(3) 设计使用高效的组对装备 虽然通用三维工装满足了产品的组对质量要求,但由于其需要经常变换满足其他产品的组焊要求,所以对生产组织带来不便,不利于产品的批量生产要求。针对实际情况,技术人员颠覆原组对工艺顺序,设计并使用高效的组对专机,采取从下到上的组对工艺,组对后的工件经过三坐标测量尺寸和焊缝大小稳定,满足机器人自动焊的要求。

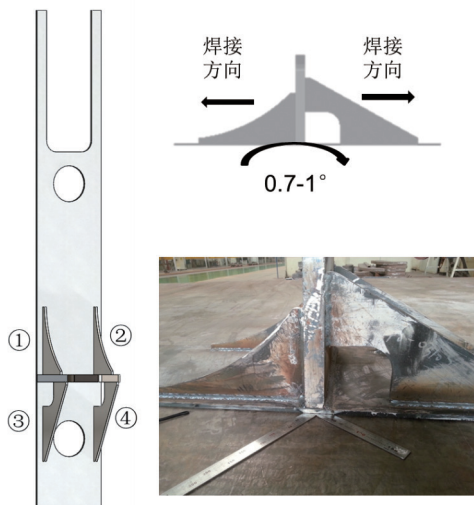


图5 长底板反变形试验

焊接时采取头尾架变位机形式,无级变速可实现 360° 旋转。胎体组对定位采取液压、气动旋紧定位夹紧机构(见图6),可实现履带梁枢轴座、长箱体、前梁座、耳轴座板、挡泥板等所有件一次性旋转变位焊接的工艺创新。

(4) 机器人自动焊工艺试验 为提高其焊接质量和效率,工艺人员通过对SMB系列履带梁结构的研究分析,发现其主要为长直角焊、填焊等规则焊缝,结合公司目前焊接机器人各结构的特点,选取龙门式头尾架焊接机器人工作站作为工艺试验的对象,通过简单的装夹结构改进,使之满足新型履带梁的焊接变位需求。

工程机械作为中厚板焊接应用的代表性领域,在实际生产的过程中,存在焊接坡口加工、

工件组对精度较差的问题,为了取得良好的焊接效果,该款机器人工作站应具有相当于人类的视觉、触觉等传感跟踪功能,可以根据工件组对的实际情况,采取自动跟踪系统(见图7)、焊丝接触传感系统和高性能的电弧跟踪系统来实时监控和纠偏。

焊接实施情况:改造头尾架工装夹具后,通过对两批次近十件履带梁实现机器人焊接,现场试验效果良好,如图8所示;并结合采用富氩混合气体保护焊,焊缝成形美观,大大降低了焊后人工修磨量。机器人焊接长度为27670mm,焊缝可焊率达92%以上,通过三坐标对组对、焊接等各工序关键尺寸进行检测对比,积累了原始数据,并通过优化工艺流程,整个焊接工时由原来的6.5h缩短为4.5h,焊接效率提升30%。

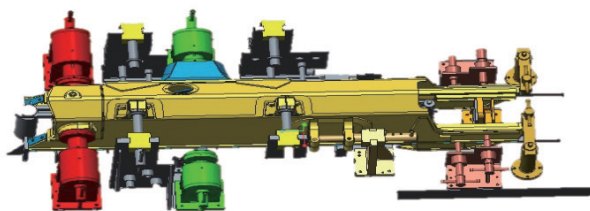


图6 翻转胎示意

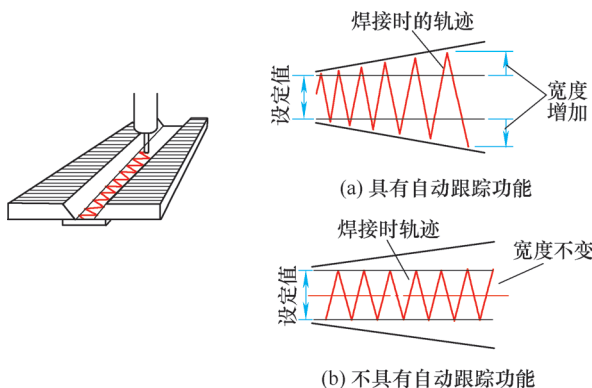


图7 自动跟踪功能示意

(下转第20页)



图4 焊接机器人工作站焊接纺丝箱箱体

程模块,以减少示教编程时间。

焊枪在焊接一段时间后，要接入内置清洗程序，进行清枪剪丝。焊接参数设置调用内置焊接参数专家系统，然后根据焊接的实际需要进行设置。

(6) 焊接变形控制 箱体焊接采用分段对称焊接, 采用液压支撑装置以减小变形量。焊接顺

序采用先焊接圆孔及管座,然后焊接直焊缝的方式来控制变形。采用小电流的焊接参数,以控制热输入量,减少变形量。

5. 结语

箱体 通过设计符合 纺丝箱箱体焊接要求的焊接机器人工作站,实现了纺丝箱箱体的机器人自动化焊接(见图4),提高了焊接质量的稳定性和生产效率,累计完成400余台纺丝箱的箱体焊接。然而,自动化焊接对于纺丝箱组对精度和零件精度要求较高,对我们的零件加工提出了更高的要求。机器人焊接工作站在纺丝箱

制造中的应用，将大大提高产品质量，对于提高化纤设备制造企业竞争力有重要意义。

参考文献:

- [1]余若伟. 熔融纺用纺丝箱的强度设计及计算方法的探讨[J]. 纺织机械, 2011 (3): 14-17.
- [2]王亮忠, 樊哲亮. 焊接机器人工作站在液压支架结构件焊接中的应用研究[J]. 煤矿机械, 2013, 34(7): 119-121.

作者简介：辛军伟，北京中
丽制机工程技术有限公司。

MW 20160923

(上接第16页)



图8 履带梁机器人焊接

5. 应用展望

近年来随着国家投资的快速拉动，各企业工厂加大了高水平工艺设备的投入力度，焊接机器人就是其中一类。但目前随着经济进入新常态，常规产品的需求

急剧减少，产能过剩突出显现，企业在加大符合市场需求产品的研发力度的同时，工艺技术人员应通过工艺创新充分盘活前期投入的智能化设备，提升现场工艺设备的利用率。

新产品SMB16关键结构件实施机器人焊接就是一种成功尝试，随着产品的升级换代和新产品的批量生产，原来越多的关键结构件相继调整为机器人自动化焊接，提高产品质量的同时也提升了焊接效率。另外，配合专业分析测算出人员和设备的负荷率，合理匹配相关资源，为下一步逐渐实现焊接信息化管理和生产模式柔性的精益化管理打下坚实的基础。

作者简介：李秀芳，山东彩桥驾驶室有限公司。

MW 20160923