

工程机械焊接自动化技术的应用

平兴川

贵州黔希化工有限责任公司, 贵州 毕节 551500

[摘要]文章全面且细致地探讨了工程机械焊接自动化技术当下的应用状况以及未来的发展走向。着重剖析焊接机器人系统、传感与跟踪技术、智能控制方法还有工艺参数优化等关键核心技术在工程机械制造环节的具体施行途径与实际成效。经由对自动化焊接于结构件生产、质量检测、人机协作以及经济性评估等诸多方面实际呈现情况的综合探究, 彰显出其在提高工程机械产品品质、生产效率以及降低生产成本方面所具有的颇为显著的作用。并且能为后续的技术升级以及行业应用给予相应的理论参照与实践方面的指引。

[关键词]工程机械; 焊接自动化; 机器人技术; 智能控制

DOI: 10.33142/sca.v8i8.17609

中图分类号: TG409

文献标识码: A

Application of Welding Automation Technology in Construction Machinery

PING Xingchuan

Guizhou Qianxi Chemical Co., Ltd., Bijie, Guizhou, 551500, China

Abstract: This article comprehensively and meticulously explores the current application status and future development trends of welding automation technology in construction machinery. Emphasis is placed on analyzing the specific implementation methods and practical effects of key core technologies such as welding robot systems, sensing and tracking technology, intelligent control methods, and process parameter optimization in the manufacturing process of construction machinery. Through comprehensive exploration on the actual situation of automated welding in structural component production, quality inspection, human-machine cooperation, and economic evaluation, it has demonstrated its significant role in improving the quality, production efficiency, and reducing production costs of engineering machinery products, which can provide corresponding theoretical references and practical guidance for subsequent technological upgrades and industry application.

Keywords: construction machinery; welding automation; robotics; intelligent control

由于科学技术的不断发展进步, 机械制造领域原有的手焊技术已经无法满足现代化焊接的实际需求, 并且随着机械设备的组成日趋复杂, 对焊接技术的要求也越来越严格。因此, 如何灵活地将自动化技术应用在工程机械焊接工作中, 并利用技术的优势弥补传统手焊技术存在的不足至关重要, 可以最大限度地提升作业质量, 保障作业效率, 还可以解决焊接精度不足的问题。

1 工程机械焊接自动化技术概述

1.1 焊接自动化技术的基本原理

焊接自动化技术的基本原理在于借助机械系统、电子设备以及计算机控制技术的深度融合与系统集成, 达成焊接生产过程的无人化操作或者少人化运行, 其技术核心涵盖焊接设备的数字化程序控制、工艺参数的精确化动态调节以及生产流程的连续化科学管理。就现代自动化焊接系统而言, 一般是由焊接电源装置、高精度执行机构、智能控制单元还有多源反馈装置等关键部件构成的, 在这个系统当中, 智能控制单元会依据预先设定好的程序算法来驱动执行机构完成焊接动作, 与此它还会通过多种类型的传感器实时监测焊接状态的变化, 并且及时对工艺参数做出调整, 以此来保证质量的稳定性^[1]。这样的先进技术一方

面有效地减少了人为因素所导致的质量波动, 另一方面还极大地提高了生产效率以及产品的一致性水平, 在工程机械制造领域, 当面对大型结构件以及复杂空间焊缝的时候, 它更是展现出了十分明显的技术优势。焊接自动化技术能够持续发展, 主要是因为计算机控制技术、传感器检测技术以及人工智能算法的深度融合与创新应用, 这使得现代焊接系统可以自适应不同工件材料特性以及几何形状的变化, 进而实现高效能与高精度的智能化焊接作业, 而这恰恰是工程机械行业追求高品质以及高可靠性制造目标的技术基础之所在。

1.2 工程机械焊接的特点与需求

工程机械焊接工艺一般会涉及到像大型挖掘机的动臂总成、起重机的底盘框架还有装载机的车架总成这类关键部件, 这些重型结构件往往有着外形尺寸偏大、板材厚度也大以及焊缝形式颇为复杂等明显特点, 所以对于焊接技术在连接强度、耐久性能方面以及加工精度上都有着不低的要求。传统手工焊接这种方式, 因为操作人员技能水平存在差异, 所以焊接质量常常会出现较大波动, 并且还存在着劳动强度过高的情况以及安全生产风险比较大的实际问题。而现代自动化焊接技术借助机器人工作系统和

智能控制方法的有机结合,能够很好地克服这些技术方面的局限,可充分契合工程机械制造领域针对高承载能力、高运行可靠性以及批量规模化生产所提出的特定需求。工程机械产品多数是应用在矿山开采、建筑施工等工况环境较为恶劣的地方,其焊接接头得能经受住动态交变载荷以及腐蚀介质侵蚀等多种因素的影响,这就需要焊接制造过程不但要确保外观成形质量,而且要让接头内部组织均匀性以及缺陷控制水平都达到标准规定的要求。自动化焊接技术依靠对热输入参数以及焊接运动轨迹的精准控制,可以达成这一质量控制的目标,与此同时还能有效降低材料消耗以及能源浪费的现象,这与现代制造业朝着绿色化发展以及可持续化建设的战略趋向是相符的。

2 焊接自动化关键技术

2.1 焊接机器人系统

焊接机器人系统属于自动化焊接技术当中的核心装备一部分,其主要由多关节机械臂结构、专用焊枪装置、系统控制柜以及人机编程界面等多个部分组合而成。该系统借助多轴联动控制可精准地模拟人工焊接的动作,并且具备比人工更高的重复定位精度以及运动稳定性。在工程机械制造领域实际运用的过程中,常见的机器人类型主要有六关节式机器人和龙门式机器人这两种主流形式^[2]。其中,六关节式机器人适用于复杂空间轨迹的焊缝处理,而龙门式机器人则在大型平面结构的高速焊接方面更为擅长。这些先进的系统往往会集成视觉识别功能以及自动路径规划算法,能够自动适应工件位置出现的偏差,并且优化焊接的顺序,以此来提升生产效率。依据中国知网的相关研究数据来看,焊接机器人在工程机械制造行业里的普及率呈现出逐年递增的趋势。像三一重工集团以及中联重科股份这类行业龙头企业,已经大规模地采用机器人焊接生产线来用于关键结构件的制造工作。如此一来,不仅将生产效率提升了30%以上的程度,而且还大幅度降低了高水平焊工的招聘难度以及培训成本,这无疑充分彰显了自动化先进技术对于推动行业实现转型升级所起到的积极作用。

2.2 传感与跟踪技术

传感与跟踪技术对于焊接自动化系统达成精准作业而言,属于极为关键的支持技术。该技术借助激光视觉传感器、CCD 摄像系统或者电弧传感装置来实时采集焊缝的位置信息、装配间隙的数据以及成形形状的特征,并且会把这些信息实时反馈给控制系统,以此动态地去调整焊枪的空间姿态以及焊接工艺参数。在工程机械焊接的应用进程当中,因为工件的尺寸相对较大,而且装夹定位出现误差的情况也较为普遍,所以先进的传感技术便能有效地对系统的定位偏差加以补偿,进而实现焊缝轨迹的动态跟踪功能,如此一来就能够避免出现漏焊缺陷或者过焊的现象,进而使得产品质量水平得到明显的提高。比如说,基于机器视觉的智能焊缝跟踪系统能够自动识别接头类型

所具有的特征以及坡口尺寸的相关参数,还能自动生成最为优化的焊接路径,并且能够适应不同板厚材料的工艺方面的要求,这样的一种先进技术,不但能够大幅度地缩减系统调试所花费的时间,而且还能够让生产系统的柔性化程度得以增强,尤其适合应用于多品种小批量的现代制造模式。根据从百度学术平台引用的一项专题研究来看,在国内处于领先水平的企业像徐工集团,已经成功地把先进的传感技术运用到了起重机臂架的焊接制造过程当中,由此实现了毫米级的精度控制能力,并且在质量一致性方面也有了颇为显著的提升。

2.3 焊接过程智能控制

焊接过程智能控制技术融合了人工智能算法、模糊逻辑推理以及神经网络等多种先进手段的创新运用,它借助对焊接电流的大小、电弧电压的数值、焊接运动的速度还有层间温度等诸多参数展开实时监测并加以动态优化的方式,以此来保障焊接过程的稳定程度以及接头质量达标的情况。智能控制系统往往依靠机器学习算法模型从历史生产数据里自行学习出最优的工艺参数组合,并且能对外部干扰因素像材料成分出现波动或者受到热变形影响等情况做出自适应应对,进而切实降低焊接缺陷产生的可能性并且提升能源利用的效率。在工程机械制造这一领域,智能控制技术被大量应用于厚板多层焊接以及特殊材料焊接等较为复杂的场景当中,它可精准预测熔池的动态行为并且实时调节热输入参数,以此来避免裂纹或者气孔这类缺陷的产生,与此借助工业互联网平台达成生产数据的共享以及远程监控的功能,进而为生产管理决策给予有效的支撑。这样的智能控制方式不但提升了焊接自动化技术的水平,而且还充分彰显了智能制造的核心理念,也就是数据驱动以及持续优化。

2.4 工艺参数优化与数据库管理

工艺参数优化以及数据库管理技术在焊接自动化系统里属于极为重要的支撑技术。它是凭借数量众多的工艺试验数据,再加上数值模拟分析所得出的结果,来确认最佳的焊接参数组合,这里面像电流的大小、送丝的速度还有保护气体的流量等都算是关键指标。并且还会构建起 centralized 数据库系统,这个系统的用途在于存储以及检索那些极为宝贵的各类信息,进而对实际的生产起到一定的指导作用^[3]。先进的数据库管理系统往往会被集成到企业资源规划平台当中,如此一来便能够让工程师可以快速地调用经过了充分验证之后的成熟工艺方案,以此来削减试错成本方面的投入。与此还能够借助数据挖掘技术去探寻工艺参数和焊接质量二者之间所存在的内在关联规律。就工程机械制造这个行业来讲,工艺参数优化方面的工作有着非常重

3 焊接自动化在工程机械制造中的应用

3.1 结构件焊接自动化

构件焊接自动化于工程机械制造领域有着颇为广泛

的运用,特别是对于动臂、斗杆以及车架等极为关键的部件而言,其会采用机器人工作站又或者自动化生产线来达到从装夹一直到焊接的整个流程操作,借助固定工位或是移动式机器人能够实现大型工件的多角度焊接作业。自动化系统一方面可确保焊缝具备均匀性并且强度达标,另一方面还能削减变形方面的问题,这要归功于其精准的热控制能力以及路径规划,进而促使结构件的寿命以及可靠性都得到了明显的提高。依据国内像中国焊接协会这类网站所发布的报告显示,众多大型工程机械企业已经成功建成了智能化焊接车间,在这些车间里,自动化率超过了百分之六十,并且实现了24h不间断的连续生产。如此这般模式,不但能加快订单的交付速度,而且能够压低生产成本,也由此彰显出自动化技术在现代制造业当中所占据的核心地位。

3.2 焊接质量在线检测与控制

焊接质量在线检测以及控制技术会把传感器加以集成,并且配合数据分析软件来实时对焊接过程予以监控,进而能够识别出像咬边、未焊透或者气孔这类缺陷。它是运用X射线、超声或者是机器视觉等方法展开无损检测的,一旦检测到异常情况,便会马上对相关参数做出调整或者发出警报。在工程机械的应用方面,在线检测系统会被嵌入到自动化生产线上,由此形成闭环控制,以此确保每一个焊点都能够契合设计标准,进而防止出现后续维修以及退货所造成的损失。比如可参考从搜狐科技所转载的一篇文章,其中提到中联重科在混凝土泵车的焊接环节应用了在线视觉检测系统,该系统能够在短短1分钟之内完成对全长焊缝的扫描工作,并且还能生成相应的质量报告,这样的一种即时反馈机制,一方面提高了产品的合格率,另一方面也节省了人工检查所花费的时间,这无疑体现了自动化技术对于质量管理所起到的强化作用。

3.3 人机协作与柔性生产

人机协作以及柔性生产已然成为焊接自动化的发展走向。其借助协作机器人同人工相互配合来达成高效作业的目的,在此过程中,机器人负责处理那些重复程度高且精度要求高的任务,而人工则承担起调试、监控以及异常处理等工作,如此一来,既能充分利用自动化所具备的速度优势,又能将人类所拥有的灵活性予以保留。在工程机械制造领域当中,柔性生产系统能够实现快速切换焊接程序,并且可以适应不同的产品型号,凭借可重构工装以及模块化设计,可有效缩减换线所需的时间,进而提升设备的利用率。国内像柳工集团这样的企业已经引入了人机协作焊接单元,将其应用于小型批次生产环节,该单元借助安全传感器来确保操作者与机器人能够共享工作空间并且不会存在任何风险,这种方式不但能够提升生产效率,而且还能缓解劳动力短缺的问题,契合未来制造业朝着智能化以及人性化方向发展的大趋势。

3.4 自动化焊接的经济性与效率分析

对自动化焊接展开经济性以及效率方面的分析可以发现,尽管其在初期阶段所需的投资额度颇高,这里面涵盖了设备采购方面以及集成费用方面的开支,然而从长远角度来讲,凭借着节约人力、减少废品以及提高产能等优势,是能够较快地实现成本回收的。就工程机械行业而言,典型的自动化焊接线能够使得生产效率提升的幅度达到20%到50%,与此同时还能使能耗降低超过10%,除此之外,由于产品质量一致性得以提升,进而减少了售后服务以及保修方面的成本,由此也增强了企业在市场当中的竞争力^[4]。依据中国工程机械协会所公布的数据来看,那些采用自动化焊接技术的企业,其产品的缺陷率已经下降到了1%以下,并且它们的投资回报周期往往是在两年之内。正是这样的经济效益,推动着越来越多的中小企业逐步去引入自动化技术,以此来达成产业升级的目标,这无疑就是技术驱动发展的一个非常生动的实例呈现。

4 结束语

焊接自动化技术于工程机械制造领域所呈现出的应用情况,彰显出了颇为显著的技术方面的优势以及经济层面的价值。它是借助机器人系统的传感技术还有智能控制手段来达成焊接过程具备高精度、高效率以及高可靠性的状态的。就未来而言,随着人工智能以及物联网技术逐步走向深度融合,自动化焊接将会朝着更加智能化以及更为绿色化的方向去发展,进而给工程机械行业不断赋予持续向前的动力,并且对国家制造业战略的施行给予有力的支持。本研究秉持这样的看法,即强化技术研发以及人才培养这两方面的工作,乃是推动该技术得以广泛运用的极为关键的因素,与此还得留心关注中小企业在转型进程当中所面临的诸多挑战,以此来切实保障整个行业的均衡发展态势能够得以维持。

[参考文献]

- [1]李佳宁,黄争艳,张晓亚.焊接机器人轨迹跟踪控制方法优化研究[C].重庆:重庆市大数据和人工智能产业协会.人工智能与经济工程发展学术研讨会论文集(三).广东工贸职业技术学院,2025.
 - [2]王盈熹.基于激光焊接技术的自动化装配系统设计研究[J].自动化应用,2025,66(9):239-241.
 - [3]余宏亮,彭震.建筑钢结构焊接机器人研究热点、趋势与展望——基于VOSviewer和CiteSpace的文献计量与可视化分析[J].土木工程与管理学报,2025,42(3):88-99.
 - [4]杨庆,李佳鑫,徐高雷,等.视觉传感技术在智能化焊接中的研究现状[J].焊接技术,2025,54(8):1-4.
- 作者简介:平兴川(198811—),单位名称:贵州黔希化工有限责任公司,毕业学校和专业:河南工学院专业:应用化工技术。