

自动焊接技术在装备制造中的应用研究

张涛 李文武 彭铮 周栓
首都航天机械有限公司 北京 100076

摘要: 自动焊接技术作为现代装备制造领域的关键技术之一,对提升生产效率和产品质量起着至关重要的作用。本文首先概述了自动焊接技术的定义、分类及发展历程。接着介绍了其应用关键技术,包括智能控制、精密机械设计、系统集成和传感器技术。阐述应用优势,如提高生产效率,能连续、多工位工作并集成生产线;提升焊接质量,精准控制参数、减少缺陷;降低劳动强度和成本,减轻工人负担,从多维度节约生产成本,对装配制造生产有重要意义。

关键词: 自动焊接技术;装备制造;应用研究

引言:在当今全球工业化浪潮中,装备制造业作为国家工业体系的基石,其发展水平直接体现了一个国家的综合实力。随着科技的不断进步,传统焊接技术在效率、质量及成本等方面的局限性日益凸显,难以满足现代装备制造的高标准要求。在此背景下,自动焊接技术以其高效、精准、稳定的特点,逐渐成为装备制造领域的关键技术之一。本文将深入探讨自动焊接技术的应用,以期提升我国装备制造水平提供参考。

1 自动焊接技术概述

自动焊接技术是利用自动化设备与控制系统实现焊接过程自动化操作的技术,涵盖焊前准备、焊接参数控制、焊缝跟踪及焊后检测等环节,按自动化程度与焊接方法分全自动和半自动焊接,依焊接热源有电弧焊、激光焊、电子束焊等类型。其基于传感器、智能控制与机械传动技术,传感器实时采集焊缝位置、温度、电弧电压等信息反馈给控制系统,系统依预设参数与算法精确控制设备运动轨迹、电流电压等实现高质量焊接^[1]。工作流程通常包括焊前对工件清理、装配,设置参数并调试设备,启动设备焊接并实时监控,焊后对焊缝外观检查、无损检测等质量检测。该技术发展历经从简单机械化到自动化、智能化演变,早期靠简单机械装置实现焊接动作机械化,电子和计算机技术发展推动实现自动化控制,近年因人工智能、物联网等新兴技术融合正朝智能化、网络化快速发展,在装备制造等多领域广泛应用,通过精确控制提高焊接效率质量一致性,降低人工成本和废品率,提升生产效率和产品质量,推动工业制造技术进步,随着技术进步其应用前景将更广阔,为各行业带来更高效精确可靠的焊接解决方案,促进产业升级发展,在提高生产效率和产品质量方面持续发挥重要作用。

2 自动焊接技术在装备制造中的应用关键技术

2.1 智能控制技术

智能控制技术作为自动焊接技术的核心要素,承担着根据传感器反馈信息自动调整焊接参数与设备运动轨迹以保障焊接质量稳定性的关键任务。在自动焊接过程中,智能控制技术接收来自各类传感器如电弧传感器、激光传感器、视觉传感器等传递的焊缝位置、高度、几何形状以及焊接区域图像等相关信息,基于这些信息进行分析和决策。常用的智能控制算法涵盖模糊控制、神经网络控制、遗传算法等。模糊控制依据经验规则对复杂的焊接过程实施有效控制,它将焊接过程中的各种因素进行模糊化处理,根据预设的模糊规则进行推理和判断,从而调整焊接电流、电压、焊接速度等参数,适应不同的焊接条件和要求^[2]。神经网络控制具备自学习和自适应能力,能够对焊接过程中的非线性关系进行精准建模与控制,通过大量的训练数据,神经网络可以学习到焊接参数与焊接质量之间的复杂关系,在实际焊接中根据实时反馈信息进行动态调整,确保焊接质量的稳定性。遗传算法则主要用于优化焊接工艺参数,它模仿生物进化过程中的自然选择和遗传机制,通过不断迭代和优化,寻找最佳的焊接工艺参数组合,以提高焊接效率与质量,降低焊接缺陷率,实现自动焊接过程的高效、稳定和优质运行,推动自动焊接技术在现代制造业中的广泛应用和持续发展。

2.2 精密机械设计技术

机械结构设计需全面考量设备的运动精度、稳定性以及刚性等多方面因素,运动精度直接关系到焊接设备在执行焊接任务时的动作准确程度,只有具备高精度的运动能力,才能保证焊接枪或焊头精准地到达预定焊缝位置进行焊接操作;稳定性确保设备在长时间的焊接工

作过程中以及受到外界干扰时,依然能够保持正常的工作状态,避免出现晃动或偏移,从而保障焊接质量的均匀性;刚性则使设备在承受焊接过程中的各种力时不发生明显变形,维持焊接的精确性。机械传动系统的设计在精密机械设计中同样占据关键地位,高效性与精确性是机械传动系统设计的重要目标,高效的传动能够减少能量在传递过程中的损耗,使焊接设备能够更快速地响应控制指令,提升焊接效率;精确的传动则可以最大程度降低传动误差,因为任何微小的传动误差都可能在焊接过程中被放大,进而对焊接质量产生不利影响,如导致焊缝不均匀、焊接位置偏差等问题。通过合理设计机械传动系统,采用高精度的传动部件和优化的传动结构,可以有效减少传动误差,确保焊接设备在运动过程中的平稳性和准确性,为自动焊接过程提供可靠的机械保障,进而实现高质量的焊接效果,满足现代制造业对焊接工艺的严格要求。

2.3 系统集成技术

自动焊接技术在装备制造领域的应用要求将传感器、控制器、执行机构等众多部分进行紧密且有机的集成,进而构建成一个完备的自动化焊接系统,系统集成技术在其中发挥着关键作用。硬件接口设计是系统集成的重要基础,不同部件具有各自独特的硬件特性与接口要求,需要设计兼容性强、稳定性高的硬件接口,确保传感器能够准确地将采集到的焊缝位置、焊接环境等数据传输给控制器,控制器也能将指令精准地传递给执行机构,保障数据在各部件间传输的准确性和可靠性^[9]。软件编程是系统集成的核心环节,通过编写高效合理的软件程序,实现对控制器运算逻辑、传感器数据处理方式以及执行机构动作顺序等的精确控制,使各个部分能够按照预定的规则和流程运行。通信协议则是保证各部分之间高效协同工作的关键约束,它规定了数据传输的格式、速率、校验方式等规则,确保在不同部件之间数据能够无差错、快速地传输。只有硬件接口设计合理、软件编程科学、通信协议统一且适配,才能实现各个部分之间高效的数据传输与协同工作,让传感器实时反馈的信息及时被控制器接收和处理,控制器迅速做出决策并将指令发送给执行机构,执行机构准确执行焊接动作,从而确保整个自动化焊接系统稳定、可靠、高效地运行,满足装备制造中对焊接质量和效率的严格要求。

2.4 传感器技术

常见的传感器有电弧传感器、激光传感器和视觉传感器等类型在自动焊接技术里发挥作用。电弧传感器工作时借助电弧电压或者电流出现的变化来察觉焊缝位

置以及高度方面的信息,在焊接过程中,电弧与焊缝接触,其电压和电流会因焊缝的位置高低以及形状差异而产生相应改变,电弧传感器持续监测这些变化,并将电信号传递出去,经过处理后转化为焊缝位置和高度体的具体数据,为后续焊接操作提供基础指引。激光传感器依靠激光束反射原理精确测量焊缝几何形状,它发射出激光束投射到焊缝表面,激光束在焊缝处发生反射,传感器接收反射光,通过分析反射光的时间、角度等参数,结合相关算法,就能精确计算出焊缝的宽度、高度、坡口角度等几何形状信息,为精准焊接提供关键数据。视觉传感器能够实时获取焊接区域图像信息,它通过摄像头等设备对焊接区域进行实时拍摄,将焊接过程中的熔池状态、焊缝成型情况、焊接飞溅等画面以图像信号的形式记录下来,这些图像信息包含了焊接过程中的大量细节,如熔池的温度分布、焊缝的表面质量等,经过图像处理和分析技术,能够提取出有价值的信息,为焊接过程的监控提供直观依据,同时也为控制系统的决策提供数据支持,以便及时调整焊接参数,保证焊接质量稳定可靠。

3 自动焊接技术在装备制造中的应用优势

3.1 提高生产效率

自动焊接设备具备连续工作的能力,与人工焊接相比,它不会受到疲劳、情绪、精力等因素的干扰。人工焊接在工作一段时间后会疲劳,导致焊接速度减慢、质量不稳定,而自动焊接设备只要保证正常的能源供应和基本的维护,就可以持续不断地按照预设程序进行焊接操作,保持稳定的工作节奏和焊接速度,从而大幅提高焊接生产效率。自动焊接能够实现多工位、多焊缝的同时焊接。在生产过程中,通过合理的工艺规划和设备布局,自动焊接系统可以配置多个焊接工位,每个工位都能独立进行焊接工作,并且可以同时根据不同的焊缝进行焊接操作。这种并行作业的方式充分利用了生产空间和时间资源,避免了因顺序作业导致的等待时间浪费。多个工位同时运作,相当于将多个焊接任务并行推进,极大地缩短了整体生产周期。在大规模生产中,这种效率提升效果更为明显,能够快速完成大量焊件的焊接任务,及时满足市场需求。自动焊接还可以与上下料系统、转运系统等自动化设备集成,形成完整的自动化生产线。从焊件的上料、定位、焊接到下料,整个过程无需人工过多干预,实现无缝衔接,进一步减少了生产过程中的停顿和等待时间,使生产流程更加流畅高效,全面提升生产效率,为企业带来更高的经济效益和市场竞争能力。

3.2 提升焊接质量

该技术可对焊接参数进行精准控制,像焊接电流、电压、焊接速度以及焊接时间等关键参数都能依据焊接材料特性、焊件厚度等因素被精确设定并保持稳定。在焊接过程中,自动焊接系统能严格按照预设程序和参数执行操作,确保每一处焊接都在相同条件下完成,极大保证了焊接质量稳定性和一致性。与人工焊接不同,人工焊接易受操作人员技能水平、身体状态和情绪等因素影响,导致焊接参数波动较大,而自动焊接有效避免了这些问题。自动焊接设备在焊接时,焊接枪移动轨迹精准,能按照设计好的路径准确到达指定位置进行焊接,使得焊缝成型美观,宽窄、高低均匀一致,表面光滑平整^[4]。由于自动焊接对焊接参数和过程的精确控制,能够有效减少焊接缺陷产生。比如,它可以精准控制热输入量,避免因热输入过大导致焊件变形、产生裂纹,或因热输入过小出现未焊透等缺陷。自动焊接还能与各类检测传感器配合,实时监测焊接质量,一旦发现潜在问题,立即调整参数或采取相应措施,进一步降低缺陷率。这使得产品焊接质量可靠,性能稳定,有效提高了产品整体质量和可靠性,为产品在市场竞争中赢得优势,也为企业树立良好品牌形象。

3.3 降低劳动强度和成本

在传统人工焊接中,工人需要长时间保持特定姿势,手持焊接设备进行精细操作,这不仅对工人的体力是巨大考验,还容易引发职业疾病。而自动焊接设备取代人工完成焊接任务,工人只需进行设备的启动、监控和简单的参数设置等操作,大大减轻了身体负担。从生产成本角度看,自动焊接技术带来多方面的成本降低。生产效率的大幅提高使得在相同时间内能够完成更多的焊接任务,单位产品的生产时间缩短,从而降低了单位产品的劳动力成本和设备折旧等成本。由于自动焊接能

够精确控制焊接参数,保证焊接质量的稳定性和一致性,有效减少了废品率和返工率。废品和返工不仅会浪费大量的原材料,还会增加额外的加工时间和能源消耗,自动焊接技术避免了这些不必要的损耗^[5]。随着自动焊接技术的普及,相关设备的成本也在逐渐降低,且其长期稳定运行的特点减少了设备的维修和更换频率,进一步节约了生产成本。综合来看,自动焊接技术既改善了工人的工作条件,又从多个维度降低了企业的生产成本,提升了企业的经济效益和市场竞争能力。

结束语

综上所述,自动焊接技术作为现代装备制造领域的核心工艺,正以其高效、精准与可靠的表现引领行业变革。通过深度融合传感器、智能算法与精密机械技术,自动焊接不仅显著提升了生产效率与焊接质量,还大幅降低了劳动强度及生产成本。未来,随着智能化与自动化技术的持续创新,自动焊接将在更广泛的工业场景中发挥关键作用,推动装备制造向更高效率、更高品质、更低成本的方向迈进,成为驱动现代工业持续升级的重要力量。

参考文献

- [1]匡江华.自动化焊接技术在工程机械液压缸生产中的应用[J].模具制造,2025,25(5):187-189.
- [2]恩金山,张海涛.浅谈自动焊接技术在机械加工中的应用[J].中国金属通报,2025(2):137-139.
- [3]马为民,孙晓楠.自动化焊接技术在机械制造中的应用[J].今日自动化,2025(9):121-123.
- [4]郝中波.数字孪生技术在数控机械自动化生产中的应用研究[J].轻工科技,2025,41(6):65-67.
- [5]牛冲.视觉传感技术在机器人智能化焊接中的应用研究[J].科技资讯,2025,23(14):38-40.