

自动化焊接技术在机械制造中的应用

杨超 刘海刚 李黎 雷石军

北京隆盛泰科石油管科技有限公司 陕西 西安 723000

摘要：本文聚焦自动化焊接技术在机械制造中的应用。阐述了其基本原理，即通过多学科融合实现焊接过程自动化与智能化。分析该技术高效率、高精度、高稳定性及智能化等特点。介绍在汽车、航空航天、船舶及其他机械制造领域的具体应用。深入探讨焊接过程精确控制、焊接质量保障及智能化焊接技术等关键技术。最后展望了自动化焊接技术在技术创新、市场需求和产业协作方面的发展趋势，表明其将在机械制造领域发挥更大作用。

关键词：自动化焊接技术；机械制造；关键技术

1 自动化焊接技术的基本原理

自动化焊接技术是现代制造业中一项至关重要的技术，它融合了机械、电子、计算机、传感器以及材料科学等多学科知识，旨在实现焊接过程的自动化、智能化，提高焊接质量和生产效率。其基本原理主要基于对焊接过程的精确控制，通过自动化设备替代人工操作，完成焊接任务。在自动化焊接系统中，首先需要对焊接对象进行精确的定位和夹紧，确保焊接部位的位置准确无误。这一过程通常借助先进的定位装置和夹具来实现，这些装置能够根据预设的程序，快速、准确地将工件固定在合适的位置。焊接电源是自动化焊接技术的核心设备之一，它为焊接过程提供所需的电能。不同类型的焊接方法（如电弧焊、激光焊、电子束焊等）需要不同特性的焊接电源。以电弧焊为例，焊接电源要能够稳定地输出合适的电流和电压，以满足电弧燃烧和熔化金属的需求^[1]。电源还需要具备良好的动态响应特性，能够快速适应焊接过程中负载的变化，保证电弧的稳定燃烧。焊接过程控制是自动化焊接技术的关键环节。通过传感器实时采集焊接过程中的各种参数，如电流、电压、焊接速度、焊接温度等，并将这些参数反馈给控制系统。控制系统根据预设的焊接工艺参数，对焊接过程进行实时调整，确保焊接质量的一致性和稳定性。自动化焊接设备还包括焊枪或焊接头，它是直接实施焊接操作的部分。焊枪的设计和性能直接影响焊接质量。不同类型的焊接方法需要不同结构的焊枪。在电弧焊中，焊枪需要具备良好的导电性、绝缘性和冷却性能，以确保电弧稳定燃烧，同时防止焊枪过热损坏。在一些先进的自动化焊接系统中，焊枪还具备自动跟踪焊缝的功能，能够根据焊缝的形状和位置实时调整焊枪的姿态和位置，进一步提高焊接精度。另外，自动化焊接系统还需要配备相应的辅助设备，如送丝机构、气体保护装置

等。送丝机构负责将焊丝按照一定的速度和规律输送到焊接部位，其送丝的稳定性和精度直接影响焊缝的质量。气体保护装置则用于在焊接过程中提供保护气体，防止焊接区域受到空气中的氧气、氮气等有害气体的侵蚀，保证焊接接头的性能。

2 自动化焊接技术的特点

2.1 高效率

自动化焊接技术显著提高了焊接生产效率。相比传统手工焊接，自动化焊接设备能够以更高的速度连续工作，不受人工疲劳等因素的限制。在汽车制造等大规模生产领域，自动化焊接生产线可以24小时不间断运行，大大缩短了产品的生产周期。例如，在汽车车身焊接中，自动化焊接机器人能够在短时间内完成多个焊点的焊接任务，其焊接速度是人工焊接的数倍甚至数十倍。而且，自动化焊接设备可以实现快速换模和调整，适应不同产品的焊接需求，进一步提高了生产线的灵活性和生产效率。

2.2 高精度

自动化焊接技术具有极高的焊接精度。通过精确的定位系统和先进的控制算法，能够确保焊枪或焊接头准确地到达焊接位置，实现精确的焊接轨迹控制。在航空航天制造业中，对零部件的焊接精度要求极高，微小的焊接偏差都可能导致严重的安全隐患。自动化焊接技术可以满足这些高精度的焊接要求，保证焊缝的尺寸精度和形状精度，提高产品的质量可靠性。同时，高精度的焊接还能够减少后续的加工工序，降低生产成本。

2.3 高稳定性

自动化焊接过程具有高度的稳定性。由于焊接参数（如电流、电压、焊接速度等）由控制系统精确控制，并且能够实时监测和调整，避免了人工操作中因人因素导致的焊接质量波动^[2]。在长时间的生产过程中，自动

化焊接设备能够始终保持稳定的焊接质量，确保产品的一致性。这对于大规模生产的企业来说尤为重要，能够减少次品率，提高生产效益。

2.4 智能化

随着人工智能和传感器技术的不断发展，自动化焊接技术正朝着智能化方向发展。智能化焊接系统能够自动识别焊接对象的特征和焊接要求，根据预设的规则或通过机器学习算法自动调整焊接参数，实现自适应焊接。例如，一些先进的焊接机器人可以通过视觉传感器识别焊缝的位置和形状，自动规划焊接路径，并根据焊接过程中的实际情况实时调整焊接参数，以达到最佳的焊接效果。智能化焊接系统还具备故障诊断和预警功能，能够及时发现设备故障并采取相应的措施，减少停机时间，提高设备的利用率。

3 自动化焊接技术在机械制造中的应用

3.1 汽车制造业

汽车制造业堪称自动化焊接技术应用最为广泛且成效显著的领域。汽车车身的焊接工作涉及海量焊点，传统手工焊接方式效率极低，工人长时间操作易疲劳，且焊接质量受人为因素影响大，难以保证每个焊点的一致性。而自动化焊接技术，尤其是焊接机器人的引入，彻底革新了汽车车身焊接的生产模式。焊接机器人具备高度灵活的机械臂，能在狭小的车身空间内自如操作，精准完成各种复杂形状焊缝的焊接任务。其动作精准、速度快，可大幅缩短焊接时间。同时，焊接机器人能与自动化生产线完美集成，从车身零部件的上料、定位到焊接，再到后续的检测、下料，整个过程实现自动化、连续化作业。这不仅极大地提高了生产效率，还确保了焊接质量的稳定性和一致性。在汽车零部件制造方面，如发动机缸体、变速器壳体等关键部件，自动化焊接技术同样发挥着关键作用。通过精确控制焊接参数，提高零部件的强度和可靠性，减少因焊接缺陷导致的故障，为汽车的安全性和性能提供有力保障。

3.2 航空航天制造业

航空航天制造业对产品的质量和可靠性有着近乎苛刻的要求，自动化焊接技术在该领域得到了广泛且深入的应用。在飞机机身、机翼等大型结构的制造过程中，焊接质量直接关系到飞机的飞行安全和性能。自动化焊接技术凭借其高精度、高质量的特点，能够满足这一严苛需求。以飞机铝合金结构的焊接为例，铝合金材料导热性好、易氧化，焊接难度大。采用激光焊接等先进的自动化焊接技术，激光束能量高度集中，加热速度快，能够迅速使铝合金熔化并形成焊缝，有效减少焊接过程

中的热输入，从而降低焊接变形。同时激光焊接的焊缝窄、深宽比大，焊接接头的力学性能优异，提高了飞机的结构强度和密封性^[3]。在航空航天发动机的制造中，发动机需要在高温、高压等极端恶劣环境下工作，对焊接材料和焊接质量要求极高。自动化焊接技术能够精确控制焊接参数，确保高温合金等特殊材料的焊接质量，满足发动机在极端条件下的工作要求，为航空航天事业的发展提供了坚实的技术支撑。

3.3 船舶制造业

船舶制造业中，船体结构的焊接工作量巨大，焊接质量更是直接关系到船舶的安全性和使用寿命。自动化焊接技术在船舶制造中的应用，为解决焊接难题提供了有效途径。在大型船体的分段焊接过程中，传统人工焊接需要大量工人长时间作业，不仅劳动强度大，而且焊接效率低、质量不稳定。采用自动化焊接设备后，能够实现高效、连续的焊接作业。自动化焊接设备可以根据预设的程序，精确控制焊接速度、电流、电压等参数，确保焊缝的质量。同时自动化焊接技术能够有效减少焊接缺陷，如气孔、夹渣等，提高船体的强度和密封性。这不仅可以降低船舶在航行过程中因焊接质量问题导致的漏水、结构损坏等风险，还能延长船舶的使用寿命，提高船舶的经济效益。另外，自动化焊接技术的应用还减少了人工焊接的工作量和劳动强度，改善了工人的工作环境，提高了船舶制造的整体水平。

3.4 其他机械制造领域

除了汽车、航空航天、船舶等重点领域，自动化焊接技术还在众多其他机械制造领域得到了广泛应用。在工程机械制造领域，如挖掘机、装载机等设备的结构件焊接，自动化焊接技术发挥了重要作用。这些设备的结构件通常体积大、重量重，焊接工作量大且难度高。自动化焊接技术能够提高生产效率，缩短生产周期，同时保证焊接质量，增强设备的可靠性和耐久性。在压力容器制造中，压力容器需要承受较高的压力，对焊接质量有着严格要求。自动化焊接技术可以精确控制焊接参数，确保焊缝的致密性和强度，满足压力容器的安全运行要求。在电子设备制造领域，随着电子产品的不断小型化和精密化，一些微小的电子元件的焊接也开始采用自动化焊接技术。自动化焊接设备能够实现高精度的焊接，提高焊接的精度和一致性，保证电子产品的性能和质量。

4 自动化焊接技术的关键技术分析

4.1 焊接过程的精确控制

焊接过程的精确控制是自动化焊接技术的核心关键

技术之一。为了实现精确控制,需要采用高精度的传感器实时监测焊接过程中的各种参数,如电流、电压、焊接速度、焊接温度、电弧长度等。这些传感器将采集到的数据传输给控制系统,控制系统根据预设的焊接工艺参数和算法,对焊接设备进行实时调整。例如,在电弧焊中,通过控制电弧长度和焊接电流,可以保证电弧的稳定燃烧,获得良好的焊缝成形。同时还需要考虑焊接过程中的热输入控制,避免因热输入过大导致焊接变形和接头性能下降。

4.2 焊接质量的保障措施

保障焊接质量是自动化焊接技术的重要目标。除了精确的焊接过程控制外,还需要采取一系列的质量保障措施。首先,要对焊接材料进行严格的质量检验,确保材料的化学成分和力学性能符合要求。其次,在焊接前,要对焊接部位进行清洁和预处理,去除油污、锈迹等杂质,提高焊接接头的质量。在焊接过程中,要采用合适的焊接工艺和参数,避免焊接缺陷的产生。焊接完成后,还需要对焊缝进行无损检测,如射线检测、超声检测等,及时发现焊缝中的缺陷并进行修复。

4.3 智能化焊接技术的发展

智能化焊接技术是自动化焊接技术的发展方向。智能化焊接系统需要集成先进的传感器技术、人工智能算法和机器人技术。通过视觉传感器、激光传感器等获取焊接对象的特征信息,利用机器学习算法对焊接过程进行建模和优化,实现焊接参数的自动调整和焊接质量的自适应控制。例如,基于深度学习的焊缝缺陷识别技术,能够快速、准确地识别焊缝中的各种缺陷,为焊接质量的控制提供有力支持。智能化焊接系统还可以实现远程监控和故障诊断,提高设备的维护效率和管理水平。

5 自动化焊接技术在机械制造中的发展趋势

5.1 技术创新

未来,自动化焊接技术将不断进行技术创新。焊接工艺将不断改进和优化,开发出更加高效、节能、环保的焊接方法。例如,新型的激光-电弧复合焊接技术结合了激光焊接和电弧焊接的优点,具有更高的焊接速度和更好的焊接质量。焊接设备将朝着智能化、集成化方向发展。焊接机器人将具备更强的感知能力和决策能力,能够更好地适应复杂的焊接环境和任务。同时,焊接设备与其他生产设备的集成度将不断提高,实现生产过程

的自动化和信息化。

5.2 市场需求

随着制造业的不断发展,市场对自动化焊接技术的需求将持续增长。一方面,大规模生产企业对提高生产效率、降低生产成本的需求将推动自动化焊接技术的广泛应用。另一方面,一些高端制造业,如航空航天、新能源汽车等,对焊接质量和精度的高要求将促使自动化焊接技术不断创新和升级^[4]。随着个性化定制生产的兴起,自动化焊接技术需要具备更高的灵活性和适应性,以满足不同产品的焊接需求。

5.3 产业协作

自动化焊接技术的发展离不开产业协作。焊接设备制造商、焊接材料供应商、焊接工艺研发机构以及机械制造企业之间需要加强合作,共同推动自动化焊接技术的进步。设备制造商可以根据市场需求和用户反馈,不断改进和优化焊接设备的性能;材料供应商可以研发出更适合自动化焊接的新型材料;工艺研发机构可以开展前沿的焊接技术研究,为产业发展提供技术支持;机械制造企业则可以积极应用自动化焊接技术,提高产品质量和生产效率,同时为技术的改进提供实践反馈。通过产业协作,形成完整的产业链,推动自动化焊接技术在机械制造领域的广泛应用和发展。

结束语

自动化焊接技术作为现代机械制造的关键技术,凭借其高效、精准、稳定及智能化的优势,在多个领域得到广泛应用并取得显著成效。随着技术的持续创新、市场需求的增长以及产业协作的加强,自动化焊接技术将不断突破。未来,它将在提升生产效率、保障产品质量、推动产业升级等方面发挥更为重要的作用,助力机械制造行业迈向更高水平,为制造业的发展注入强大动力。

参考文献

- [1]王精莉.探究焊接组装工装在生产实践中的设计与应用[J].电子元器件与信息技术,2021,5(8):57-58.
- [2]周燕阳,范伟.焊接自动化技术发展现状及未来展望[J].中国金属通报,2021(11):14-15.
- [3]王运涛.自动化焊接技术在机械制造中的实践路径分析[J].农业装备技术,2022,48(03):62-64.
- [4]李运强,张文广.自动化焊接新技术在机械制造中的应用[J].现代制造技术与装备,2023,59(02):185-187.