

遥控焊接技术的应用与发展

孙奎然 董佳乐 程帅 王毅冉 李军

(哈尔滨石油学院 机械工程学院 哈尔滨 150028)

摘要:特殊环境下的焊接作业难度大,危险系数高,因此需要进行远距离遥控操作。本文通过综述遥控焊接技术的发展,分析了遥控焊接技术当前的局限性,讨论了未来遥控焊接技术的研究方向和发展趋势。

关键词:遥控焊接;遥控操作;特殊环境

1. 应用背景

焊接技术在各个领域得到了广泛的应用,而遥控焊接系统的应用,为特殊环境下的焊接提供了重要保障。例如,核环境中关键设备的修复,海底油气管道的修复,空间站的建设与维护,高温高压环境下的焊接以及狭小空间下的焊接。

目前,工程实际应用的遥控焊接设备,都是针对特定任务设计开发的专用设备,其功能性相对单一,并且对复杂环境的适应性较差,缺乏自主调控能力。虽然基于机器人遥操作技术的遥控焊接系统一直是研究的热门,但目前还主要处于理论研究和实验研究阶段。然而,从我国长期发展和国家战略安全来看,未来我国在核电技术、航天航空技术以及海洋石油开采等领域的战略投入将会不断扩大,对遥控焊接系统的需求也越来越迫切,要求也越来越高。因此,遥控焊接系统具有广阔的发展空间和应用前景。

2. 国内外发展现状概述

2.1 国外发展现状

遥控焊接技术的发展历史可追溯到20世纪70年代。1976年,美国利用双向力反馈主从机器人进行TIG焊^[1]。

1998年,法国Framatome核能公司开发了Aramis机械臂^[2]。该设备有主-从操作、手动、自动等多种模式。此外,还能利用了三维仿真技术对不同作业环境进行操作模拟,从而实现工艺参数的优化。

1999年,美国爱达荷国家工程和环境实验室(INEEL)研发一遥控机器人焊接系统,用于美国国家能源部(DOE)的核燃料储存容器的密封和焊缝检测^[3]。该系统采用双焊接机器人,能够进行超声波检测,远程焊接工艺测试,表面检测等作业。

2017年Luke Thomson^[4]等人,开发了用于原子能反应堆中性束系统管道接头远程维护设备。该系统由切割工具、焊枪、校准装置等组成。

2019年,美国肯塔基大学Qiyue Wang^[5]等人,提出了基于虚拟现实技术的人机交互焊接机器人系统。目前,该系统能够完成简单的焊接任务,对于更复杂的二维或三维的非线性轨迹的焊接的控制有待进一步的研究。

2.2 国内发展现状

哈尔滨工业大学现代焊接生产技术国家重点实验室在该技术上取得了一定的成果。张惠斌^[6]等,创建了无力反应主从遥控弧焊机器人系统,该系统由主动臂、PUMA560机器人、计算机控制系统和头盔式立体电视监视器等组成。该系统能基本满足小范围焊接的要求,但仍不能消除系统惯性和延迟对遥控操纵性能的影响。此后,刘立君^[7]、张连新^[8]、董娜^[9]等人在该方面又做了大量研究。

北京石油化工学院海洋工程连接技术研究中心的周灿丰^[10]等人,针对核电站放射性容器的水下维修设计了水下遥控焊接设备,研究了不锈钢的水下焊接工艺,并通过实验进行了测试。初步论证了水下焊接的可行性,但是焊接监视效果、立焊、横焊等位置焊接工艺还有待进一步的研究。

江西理工大学的许昕^[11]等人,设计了基于虚拟监控技术的遥控焊接机器人,并对影响虚拟环境中标定精度的主要因素进行了研究,为开展基于虚拟环境的图形仿真、虚拟示教等研究奠定了基础。

唐山工业职业技术学院的牛彩雯^[12]等人,通过自动力觉传感器

力控策略对T形管试件进行了虚拟环境的标定实验,利用最小二乘拟合算法和试件标定算法控制标定精度,通过实验确定该方法的误差为 $\pm 1\text{mm}$,能够满足遥控焊接虚拟环境的标定任务。

3. 存在问题

虽然对于遥控焊接技术理论研究很早就开始了,经过多年的技术积累,也取得了长足的进步,但目前遥控焊接系统在核环境、水下等特殊环境的实际应用极少,多数还停留在实验验证阶段。主要原因如下:

(1) 功能不全面

目前对遥控焊接技术的研究主要研究集中在焊接过程中的问题,对切割、打磨、清洗、新部件装配、检测等方面的研究较少,功能不够全面,与实际应用要求有一定差距。

(2) 真实环境下的实验、应用少。

多数研究停留在实验室的实验阶段,而实验室环境相对理想,与真实环境相差甚远。例如,在核环境下的应用还需要考虑核辐射强度对机械和电子设备的影响。

4. 结语

目前,国内外主要研究方向集中于传感技术、控制技术和遥操作技术。而随着计算机科学、互联网技术和人工智能技术的发展,未来遥控焊接技术的研究重点主要集中于以下几点:

(1)虚拟现实技术。目前,国内外都已经对该技术在遥控焊接领域的应用进行了初步的研究。随着互联网技术的发展,未来虚拟现实技术的实时性和可靠性将会不断提高,会对遥控焊接技术的发展起到积极推动的作用。

(2)计算机仿真技术。由于遥控焊接主要应用于人工无法直接参与的特殊工作环境,现场试验风险大,成本高。而利用计算机仿真技术可以模拟在核辐射、高真空或者水下等工作状态及性能,降低试验风险及成本。

(3)人工智能技术。由于工作环境的特殊以及工艺的复杂,当遥控焊接系统具备一定的自我判断、决策能力后,能够更好的应对复杂的工作环境和工艺过程。

(4)特殊环境下的抗干扰技术。核辐射、高真空和水下环境对传感器、控制器、电子元件等设备的稳定性都会存在一定的干扰,因此,关键零部件对特殊环境的抗干扰性是也是决定工作质量的重要因素。

参考文献

- [1]T. Raimondi. Remote Handling in the Joint European Tonus (JET) Fusion Experiment. Proceedings of the 24th Conf. on Remote System Technology[C]. USA, 1976: 188-195
- [2]Jean-Pierre Launay. Teleoperation and Nuclear Services Advantages of Computerized Operator-Assistance Tools[J]. Nuclear Engineering and Desig. 1998,180(1):47-52
- [3]B.S. Herschel, R.T. Charles. Complex Intelligent Machines[C]. Proceedings of 18th Symposium on Energy Engineering Sciences: DOE-BES, Argonne National Lab. USA, 2000: 667-674
- [4]Chris Lamb, Luke Thomson, Jerome Woodwark, et al. Pipe

(下转第165页)