

机器人自动化焊接在主变油箱制作中的应用

单新世

保定天威集团特变电气有限公司 河北 保定 071000

摘要: 本文聚焦机器人自动化焊接在主变油箱制作中的应用。阐述其选型需考量负载、精度、防护等要素,配置焊枪、传感器等设备;说明优化焊接工艺对提升质量的关键作用,如精准调参、合理规划焊序及采用先进跟踪技术。分析应用后焊接质量显著提升、生产效率大幅提高,以及在成本与效益上的积极影响,如降低次品率、节省人力成本、增加产量与利润。表明机器人自动化焊接是推动主变油箱制作高质量、高效益发展的有效手段。

关键词: 机器人自动化焊接;主变油箱制作;应用

1 机器人自动化焊接的原理

机器人自动化焊接依托先进技术与精密系统实现高效精准焊接,其原理如下:

在硬件层面,由多关节机械臂构成执行主体,其关节配备高精度伺服电机与减速器,可灵活调整焊枪姿态与位置,确保焊接轨迹精确。末端焊枪根据焊接工艺选配不同类型,如MIG/MAG焊枪、TIG焊枪等,以适配多样化焊接需求。软件系统是核心“大脑”,包含焊接工艺数据库与智能控制算法。数据库存储不同材料、厚度、接头形式的焊接参数,如电流、电压、焊接速度等。工作时,机器人通过传感器(如视觉、位移传感器)识别工件位置与姿态,将信息反馈给控制系统。控制系统依据预设程序与实时数据,从数据库调用参数,指挥机械臂按规划路径运动,同时精准调控焊接参数,实现稳定、高质量的自动化焊接作业。

2 机器人自动化焊接的优势

2.1 高效稳定

机器人自动化焊接在效率与稳定性方面表现卓越,大幅提升了生产效能。从效率角度看,机器人能以远超人工的速度持续作业,其机械结构经优化设计,运动轨迹精准且动作连贯,焊接过程中无需休息,可实现24小时不间断生产。以汽车制造为例,在车身焊接环节,机器人自动化焊接线能在短时间内完成大量焊点的焊接,相较于人工焊接,生产效率可提升数倍,极大缩短了产品生产周期。在稳定性上,机器人严格按照预设程序执行任务,不受外界因素干扰^[1]。人工焊接易受疲劳、情绪等影响,导致焊接质量参差不齐,而机器人每次焊接动作都高度一致,焊接参数精准控制,焊缝质量稳定可靠,有效减少了因人为失误造成的次品率,为大规模、标准化生产提供坚实保障,让企业能在市场竞争中凭借高效稳定的生产能力占据优势。

2.2 质量统一

机器人自动化焊接在保障焊接质量统一性上具有无可比拟的优势,为产品品质奠定了坚实基础。在焊接过程中,机器人通过内置的传感器和先进的控制系统,能实时监测并精确调整焊接参数,如电流、电压、焊接速度等,确保每一道焊缝都符合严格的质量标准。这种精准控制避免了人工焊接时因技术水平差异、操作熟练度不同而导致的焊接质量波动。无论是简单焊件还是复杂结构,机器人都能以相同的工艺参数和操作手法进行焊接,使得产品之间的焊接质量高度一致。

3 主变油箱制作工艺概述

3.1 主变油箱结构特点

主变油箱作为变压器的关键部件,承担着容纳变压器油、支撑内部组件以及散热等多重功能,其结构具有独特性。从整体外形看,主变油箱通常为长方体或近似长方体的封闭结构,设计上充分考虑了与变压器其他部件的装配需求,确保整体布局紧凑合理。油箱壁由厚钢板焊接而成,具备一定的强度和刚度,以承受变压器运行过程中内部油压、机械振动以及外部可能出现的冲击力,保障变压器稳定运行。在细节设计上,油箱上分布着众多功能接口^[2]。

3.2 传统焊接工艺流程

传统主变油箱焊接工艺流程严谨且细致,各环节紧密相连,共同确保油箱的焊接质量。首先是焊接前准备阶段,对油箱板材进行严格的检验,检查其材质、规格是否符合设计要求,表面有无裂纹、气孔等缺陷。同时对板材进行下料和坡口加工,采用机械切割或火焰切割的方式获取所需尺寸的板材,再利用刨边机或角磨机加工出合适的坡口形状,坡口角度、钝边尺寸等参数依据焊接工艺规程确定,以保证焊缝能充分熔合。接着是组装环节,将加工好的板材按照设计图纸进行组装,通过

定位焊将各部件初步固定,确保油箱的形状和尺寸精度。组装过程中使用专用夹具和测量工具进行校准,防止出现错边、变形等问题。正式焊接时,根据板材材质和厚度选择合适的焊接方法,如手工电弧焊、气体保护焊等。焊接过程中,焊工需严格控制焊接参数,如电流、电压、焊接速度等,保证焊缝内部质量。焊接完成后,对焊缝进行外观检查,去除飞溅、毛刺等缺陷,再通过无损检测手段,如超声波探伤、射线探伤等,检测焊缝内部是否存在裂纹、未熔合等缺陷,确保油箱的焊接质量符合标准。

4 机器人自动化焊接在主变油箱制作中的具体应用

4.1 焊接机器人的选型与配置

在主变油箱制作中,焊接机器人的选型与配置至关重要,需综合多方面因素考量。

从负载能力看,主变油箱板材较厚且焊接时焊枪等工具重量不轻,要选择负载足够的机器人,确保其能稳定携带焊枪及辅助设备完成焊接动作,一般负载能力需在10-20kg以上。

精度方面,主变油箱对焊缝质量要求高,机器人重复定位精度应达到 $\pm 0.1\text{mm}$ 左右,保证每次焊接轨迹精准一致。

配置上,根据焊接工艺选焊枪,如厚板焊接常用大功率MIG/MAG焊枪;配备高精度送丝系统,确保焊丝输送稳定;安装视觉传感器,用于焊缝识别与跟踪,提高焊接准确性;同时配置先进的控制系统,支持多种焊接程序编程与调用,实现复杂焊接路径规划。

机器人的防护等级,主变油箱制作环境可能有油污、金属粉尘等,防护等级至少达IP54,以保障机器人稳定运行。

运动范围上,主变油箱结构复杂、尺寸较大,机器人需具备足够的自由度和工作半径,以覆盖油箱各焊接部位。机器人的结构选择有多种,例如大龙门式、小龙门式、台式、悬臂式等,具体选择什么结构,要根据自家的产品结构、工艺流程和技术要求综合考虑。下面分别简述各种结构的特点。

大龙门式(臂升降),见图,机械手安装在竖直的大臂上,大臂不仅能在竖直方向上伸缩,还能在横梁上移动,加之整个门形结构在地面上的轨道上移动,使得机械手能实现XYZ三轴的大范围运行。主要应用于油箱主体内外焊缝都要用机器人焊接的情况,油箱侧放倒时焊接外部焊缝,油箱口朝上直立位置焊接内部焊缝,对于中大型油箱来说,是比较理想的自动化焊接机器人结构。优点是能实现几乎所有油箱主体焊缝的自动焊;缺点是价格昂贵,占用空间很大,原有旧厂房不一定能布置。

大龙门式(梁升降),见图,机械手安装在能上下

移动的横梁上,机械手能沿横梁移动,加之整个门形结构在地面轨道上移动,使得机械手能实现XYZ三轴的大范围运行。主要应用于油箱主体外焊缝都要用机器人焊接的情况,油箱主体内部焊缝不能实现机器人自动焊接。对于经济预算有限且内部焊缝不要求自动焊接的情况,是比较合适的选择。优点是设备经济实惠,占用空间相对较小;缺点是不能实现油箱内部焊缝的自动焊接。



大龙门式(臂升降)



大龙门式(梁升降)

小龙门式,见图,机械手安装在龙门的横梁上,机械手能沿横梁水平移动,横梁与底座一起能沿地面上的轨道移动,配合机械手本身较小的自由移动范围,使得机械手能实现XYZ三轴的立体运行。但机械手在竖直方向的移动范围较小,竖直方向的长焊缝不能焊接,多用于平面上布置的零件的焊接。优点是价格便宜,缺点时使用零件范围窄,高度较大的零件不能焊接。



小龙门式(A)



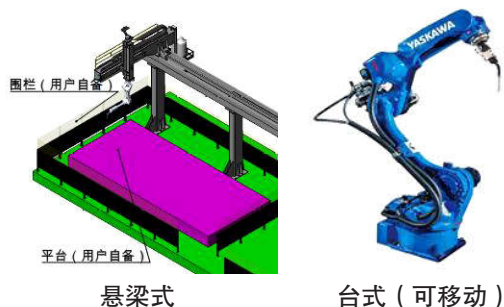
小龙门式(B)



小龙门式(C)

悬梁式,见图,横梁一端悬空,另一端与轨道连接(实现横梁沿轨道的水平移动);机械手安装在竖直臂上,竖直臂不仅能在竖直方向上伸缩,还能在横梁上移动,使得机械手能实现XYZ三轴的立体运行。功能与大龙门式(臂升降)功能类似,主要应用于油箱主体内外焊缝都要用机器人焊接的情况,油箱放倒时焊接外部焊缝,油箱口朝上直立位置焊接内部焊缝。该结构一般不能做的很高,对于直立高度较高和宽度较宽的油箱主体不适用,但对于中小型油箱来说,是比较理想的自动化焊接机器人结构。

台式工业机器人(可移动),见图,整个机器人固定在可移动的底座上,其工作半径取决于机械臂的伸展长度,一般最大伸展半径2~3米,超出工作半径范围的焊缝,要将机器人及底座一起进行移动,到下一位置后再焊接其工作半径范围内的焊缝。优点,此种机器人机动灵活,通过调整位置可实现基本所有焊缝的自动焊接;缺点,工作半径小,对于体积较大的油箱主体,需多次移动,效率较低。



4.2 焊接工艺的优化与实现

机器人自动化焊接在主变油箱制作中,对焊接工艺的优化是实现焊接质量提升的关键。在焊接参数优化上,针对不同材质和厚度的油箱板材,通过大量试验确定最佳参数组合。如焊接Q345钢板时,采用富氩混合气体保护焊,电流、电压、焊接速度等参数需反复调整,使焊缝熔深、熔宽合适,减少气孔、夹渣等缺陷^[3]。优化焊接顺序,先焊接油箱主体框架,再焊接内部加强筋等部件,遵循先大后小、先难后易原则,减少焊接变形。在焊缝跟踪技术上,利用激光视觉传感器实时监测焊缝位置和形状,将数据反馈给机器人控制系统,自动调整焊枪姿态和位置,确保焊枪始终对准焊缝中心,实现精准焊接。通过这些优化措施,实现主变油箱焊接的高质量、高效率,满足产品性能要求。

4.3 实施过程中的关键技术与注意事项

机器人自动化焊接在主变油箱制作实施过程中,存在诸多关键技术与注意事项。关键技术方面,使用三维视觉系统扫描工件,自动生成焊缝,节省了最初的三维图绘制和输入工作,降低了操控难度。焊接过程监控技术通过传感器实时监测焊接电流、电压、气体流量等参数,一旦出现异常及时报警并调整,保证焊接质量稳定。注意事项上,操作人员需经过专业培训,熟悉机器人操作和焊接工艺,避免误操作引发事故。油箱主体中各零件加工尽量规矩,待焊焊缝处缝隙控制在1mm之内。焊接前要彻底清理油箱板材表面油污、铁锈等杂质,防止产生焊接缺陷。定期对机器人进行维护保养,检查机械部件磨损情况、电气系统连接是否松动等,确保机器人处于良好工作状态。另外,要注意焊接环境控制,保持车间温度、湿度适宜,避免因环境因素影响焊接质量。在焊接过程中,要密切关注机器人运行状态和焊缝成型情况,发现问题及时停机处理,确保主变油箱焊接质量和生产安全。

5 机器人自动化焊接在主变油箱制作中的应用效果分析

5.1 焊接质量的提升

机器人自动化焊接在主变油箱制作中显著提升了焊接质量,为变压器的安全稳定运行筑牢根基。在焊缝成

型方面,机器人凭借高精度的运动控制和稳定的焊接参数输出,能保证焊缝表面平整、光滑,宽度和余高均匀一致。手工焊接时,焊工受技能水平和疲劳程度影响,焊缝外观常出现宽窄不一、高低不平的现象,而机器人焊接则有效避免此类问题,焊缝外观质量达到较高水准,减少后续打磨、修整的工作量。从焊缝内部质量来看,机器人自动化焊接严格按照预设程序执行,焊接参数如电流、电压、焊接速度等精准可控,能确保焊缝金属充分熔合,减少气孔、夹渣、未熔合等内部缺陷的产生。通过无损检测手段对比发现,采用机器人焊接的主变油箱焊缝缺陷率大幅降低,焊缝的强度和致密性显著提高,有效增强了油箱的密封性,防止变压器油泄漏,保障了变压器的绝缘性能。此外,机器人焊接的一致性使得每一个主变油箱的焊接质量都稳定可靠,不会因操作人员的差异而导致质量波动,提升了产品整体品质和市场竞争力。

5.2 生产效率的提高

机器人自动化焊接在主变油箱制作中大幅提高了生产效率,有力推动了变压器生产的现代化进程。在焊接速度上,机器人能够以远超人工的速度进行连续焊接作业。其机械结构经过优化设计,运动轨迹精准且动作连贯,无需像人工焊接那样频繁停顿、调整姿势。以主变油箱的侧板焊接为例,人工焊接完成一道长焊缝可能需要数分钟,而机器人焊接在相同时间内能完成多道焊缝的焊接,生产效率成倍提升。机器人自动化焊接减少生产环节中的等待时间,人工焊接时,不同焊工之间的技能差异和操作习惯不同,会导致焊接进度不一致,出现工序衔接不畅的情况。而机器人按照预设程序统一作业,各环节紧密配合,生产流程更加顺畅。

结束语

机器人自动化焊接在主变油箱制作领域的应用,无疑是一场具有里程碑意义的变革。它以精准、高效、稳定的表现,为变压器制造行业注入了新的活力。不仅解决了传统焊接方式在质量、效率上的难题,还在成本与效益方面展现出巨大优势。随着技术的持续创新,未来机器人自动化焊接将进一步优化升级,为主变油箱制作乃至整个变压器行业的发展开辟更广阔的道路,助力行业迈向智能化、高端化的新征程。

参考文献

- [1]黄政艳.焊接机器人的应用现状与技术展望[J].装备制造技术,2021(3):46-48.
- [2]张秀杰,包锦盾,陈坤,周晔晔.机器人自动化焊接在主变油箱制作中的应用[J].变压器,2024,61(06):22-25.
- [3]常春梅.机器人辅助的自动化机械加工焊接技术探究[J].现代工业经济和信息化,2024,14(05):104-106.