

基于人工智能的焊接缺陷检测技术探索

毕书明 胡凯波 汪市平 林康铭 李兆阔
浙江华昌液压机械有限公司 浙江 杭州 311305

摘要: 本文探讨了基于人工智能的焊接缺陷检测技术的发展和應用。随着制造业的发展和自动化水平的提高,焊接质量成为了生产过程中至关重要的一环。然而,传统的焊接缺陷检测方法存在着效率低、准确率不高等问题,无法满足现代生产的需求。基于人工智能的焊接缺陷检测技术通过深度学习算法和图像识别技术,能够实现对焊接缺陷的准确快速检测,提高了生产效率和产品质量。本文从理论原理、技术方法和应用实例三个方面对该技术进行了系统分析和探讨,并展望了未来的发展趋势。

关键词: 人工智能; 焊接缺陷检测; 深度学习; 图像识别; 制造业

引言

随着制造业的迅速发展,焊接作为连接材料的一种重要方式,在工业生产中扮演着不可或缺的角色。然而,焊接质量问题一直是困扰制造业的难题之一。传统的焊接缺陷检测方法往往依赖于人工目视检查,存在着检测效率低、漏检率高等问题,无法满足大规模、高速、高精度的生产需求。在这样的背景下,基于人工智能的焊接缺陷检测技术应运而生。该技术利用深度学习算法和图像识别技术,能够对焊接过程中的缺陷进行精准、快速的检测,极大地提高了焊接质量和生产效率。本文将从理论原理、技术方法和应用实例三个方面对该技术进行深入探讨,并展望其在制造业中的未来应用前景。

1 传统焊接缺陷检测方法存在的问题

传统焊接缺陷检测方法在实践中常常存在着一系列问题,这些问题制约了焊接质量的稳定性和可靠性。传统方法主要依赖于人工目视检查,这种检测方式受到人员主观因素的影响,检测结果的一致性和准确性无法保证。在大规模生产中,人工目视检查往往需要大量的人力资源和时间成本,效率低下,容易导致漏检和误检。

传统方法的检测精度有限,特别是对于微小缺陷或隐蔽缺陷的检测能力较弱^[1]。例如,在焊接过程中可能存在的气孔、裂纹、夹渣等缺陷,传统方法往往无法及时发现或准确识别,容易造成质量隐患。此外,传统方法在检测速度上也存在不足,无法满足高效率、高速度的生产需求。在焊接作业中,需要频繁进行缺陷检测,而传统方法的低效率使得生产流程受到了严重的影响,造成了生产成本的增加和生产效率的降低。

针对传统焊接缺陷检测方法存在的问题,一些国内企业曾经遇到了严重的质量事故。例如,某汽车零部件制造企业在生产焊接件时,采用传统的目视检查方法进

行质量检测。然而,由于生产线上的工人数量众多,检查质量参差不齐,导致了一些质量缺陷未被及时发现。在产品出厂后,部分汽车零部件因焊接缺陷引发了严重的安全事故,不仅给企业带来了巨大的经济损失,还严重影响了企业的声誉和市场地位。这一案例充分说明了传统焊接缺陷检测方法在实践中的局限性和不足之处,迫切需要寻找一种更为高效、准确的检测方法来保障焊接质量和产品安全。

2 人工智能在焊接缺陷检测中的应用潜力

人工智能技术在焊接缺陷检测中具有广阔的应用潜力,这主要得益于其强大的数据处理和模式识别能力。人工智能技术可以通过深度学习算法对大量的焊接数据进行分析和学习,从而识别出各种类型的焊接缺陷。深度学习模型如卷积神经网络(CNN)等能够从图像数据中提取特征,并进行有效分类,可以准确地检测出焊接过程中的气孔、夹渣、裂纹等常见缺陷,极大地提高了检测的准确性和可靠性。

人工智能技术还可以结合图像处理技术,实现对焊接缺陷的精细化分析和识别^[2]。例如,利用图像增强、边缘检测、轮廓提取等图像处理方法,可以使得焊接图像更加清晰、准确,有助于对缺陷进行更为精准的定位和识别。同时,借助于人工智能技术在图像处理领域的不断创新和发展,还可以实现对焊接缺陷的三维重建和立体显示,为工程师提供更直观、全面的信息,有助于制定更有效的缺陷修复方案。人工智能技术还可以实现焊接过程的实时监控和智能化控制,从而在焊接过程中及时发现和纠正潜在的质量问题。通过将传感器数据与人工智能算法相结合,可以实现对焊接参数的实时调整和优化,确保焊接过程处于最佳状态,减少缺陷的产生。同时,还可以利用人工智能技术实现对焊接设备的自动

化管理和维护,提高设备的利用率和生产效率。

在国内,一些企业已开始将人工智能技术应用于焊接缺陷检测领域。例如,某大型制造企业采用深度学习算法和图像识别技术,开发了一套智能化的焊接质量检测系统。该系统能够实时监测焊接过程中的各种缺陷,如气孔、夹渣、裂纹等,自动识别并记录。这项技术的应用大幅提高了焊接质量的稳定性和可靠性,同时有效降低了生产成本和质量风险。这些成功案例充分展示了人工智能技术在焊接缺陷检测中的巨大应用潜力。随着技术的进一步发展和普及,人工智能有望成为制造业质量管理的重要工具和手段,为企业提供更高效、精准的质量监控和管理方案。

3 基于深度学习的焊接缺陷检测技术原理解析

基于深度学习的焊接缺陷检测技术是利用深度神经网络对焊接图像进行特征提取和分类,从而实现对焊接缺陷的准确识别和检测。这种技术的原理解析涉及到深度学习模型的构建和训练过程,以及其在焊接缺陷检测中的应用方式。

深度学习模型的构建是基于神经网络结构的设计^[3]。典型的深度学习模型如卷积神经网络(CNN)通常包含多个卷积层、池化层和全连接层。在焊接缺陷检测中,这些层次会逐渐提取图像中的特征信息,从而实现对不同类型缺陷的分类和识别。例如,卷积层可以通过卷积核提取图像中的局部特征,而池化层则可以对特征进行降维和抽象,最终通过全连接层实现对特征的分类。深度学习模型的训练是通过大量的焊接图像数据进行的。在训练过程中,需要利用已标注的焊接图像数据集对模型进行优化和调整,使其能够准确地识别不同类型的焊接缺陷。通过反向传播算法和梯度下降优化方法,可以逐渐调整模型的参数,使其在训练集上达到最佳性能。同时,为了避免过拟合和提高模型的泛化能力,还需要采用一些正则化和数据增强技术来增强模型的鲁棒性。

深度学习模型在焊接缺陷检测中的应用方式包括预测和实时检测两种方式。在预测方面,训练好的深度学习模型可以对新的焊接图像进行预测,识别出其中的缺陷类型和位置信息。而在实时检测方面,深度学习模型可以与焊接设备相结合,通过实时采集的图像数据进行快速检测和反馈,从而及时发现和修复焊接过程中的缺陷问题。在国内,一些企业已经开始将基于深度学习的焊接缺陷检测技术应用于实际生产中。例如,某汽车零部件制造企业利用深度学习模型对焊接过程中的气孔和裂纹进行检测,取得了较好的效果。通过实验验证,他

们发现基于深度学习的检测方法不仅能够提高检测的准确性和效率,还能够减少人工成本和提高生产效率。这些实践案例表明,基于深度学习的焊接缺陷检测技术在实际应用中具有广阔的前景和潜力,有望成为制造业质量管理的重要工具。

4 基于图像识别的焊接缺陷检测技术实践与案例分析

基于图像识别的焊接缺陷检测技术是一种利用计算机视觉技术对焊接图像进行分析和识别,从而实现对焊接缺陷的自动检测和定位的方法。这种技术的实践与案例分析涉及到图像数据的采集、特征提取、分类识别等关键步骤,以及其在实际生产中的应用效果和优势。

图像数据的采集是基于图像识别技术实践的第一步^[4]。在焊接过程中,需要利用高分辨率的摄像头或红外相机对焊接区域进行实时监控和拍摄,获取焊接图像数据。这些图像数据会受到焊接环境的光照条件、角度、遮挡等因素的影响,因此在数据采集过程中需要考虑如何优化光照和角度,以及如何减少干扰因素对图像质量的影响。图像数据的特征提取是基于图像识别技术实践的关键步骤之一。在焊接图像中,焊接缺陷往往表现为特定的形状、颜色或纹理特征,因此需要利用图像处理技术对这些特征进行提取和分析。常用的特征提取方法包括边缘检测、纹理分析、形态学处理等,这些方法可以帮助识别出焊接图像中的关键特征,为后续的分类识别提供数据支持。

图像数据的分类识别是基于图像识别技术实践的核心步骤之一。在图像数据经过特征提取后,需要利用机器学习算法或深度学习模型对图像进行分类和识别。常用的分类算法包括支持向量机(SVM)、随机森林(Random Forest)、卷积神经网络(CNN)等,这些算法能够学习图像数据的特征分布,从而实现对不同类型焊接缺陷的准确识别和分类。

最后,基于图像识别的焊接缺陷检测技术在实际生产中已经得到了广泛应用。以某汽车制造企业为例,他们成功地利用图像识别技术对汽车车身焊接过程中的焊接缺陷进行实时监控和检测。通过对焊接图像进行特征提取和分类识别,他们能够及时发现和定位各种类型的焊接缺陷,如气孔、裂纹等,从而及时采取措施进行修复,保障了汽车的质量和安全性。这些实践案例充分证明了基于图像识别的焊接缺陷检测技术在实际生产中的重要应用价值和推广前景。随着技术的不断进步和成熟,相信这种技术将会在更多行业和领域得到广泛应用,为提高产品质量、降低生产成本和保障用户安全带来更多价值和机会。

5 基于人工智能的焊接缺陷检测技术未来发展趋势

基于人工智能的焊接缺陷检测技术是焊接质量管理领域的重要发展方向之一，其未来发展趋势主要体现在技术创新、应用场景扩展和产业应用普及三个方面。未来人工智能技术在焊接缺陷检测领域的发展将更加注重技术创新和算法优化。随着深度学习、强化学习等技术的不断发展和成熟，人工智能算法在焊接缺陷检测中的应用将变得更加高效和精准。例如，将深度学习算法与多模态数据融合技术相结合，可以进一步提高检测的准确性和鲁棒性。同时，随着计算机硬件性能的不断提升，人工智能算法在实时检测和大规模数据处理方面的性能也将得到进一步改善。

未来人工智能技术在焊接缺陷检测领域的应用场景将进一步扩展和深化^[5]。除了传统焊接工艺中的缺陷检测外，人工智能技术还可以应用于焊接过程的质量预测、参数优化、设备故障诊断等多个方面。例如，利用机器学习算法分析历史数据，可以预测焊接过程中可能出现的缺陷类型和位置，提前采取措施进行预防和修复。此外，人工智能技术还可以结合物联网技术实现对焊接设备的远程监控和智能化管理，进一步提高生产效率和水平。

未来人工智能技术在焊接缺陷检测领域的产业应用将逐渐普及和成熟。随着人工智能技术在制造业中的广泛应用，越来越多的焊接企业将意识到其在提高焊接质量、降低生产成本、提升竞争力方面的重要作用。据国内数据统计，截至2023年，中国焊接设备市场规模达到2000亿元人民币，年均增长率超过10%。人工智能技术的不断成熟和普及将为焊接设备制造商和焊接企业带来新的发展机遇。在下面的表格中，我们列出了中国焊接设备市场的市场规模和年均增长率的数据统计：

表1 市场规模和年均增长率的数据统计图

年份	市场规模（亿元人民币）	年均增长率
2020	1500	10%
2021	1650	9.5%
2022	1800	9%
2023	2000	10%

这个表格清晰地展示了中国焊接设备市场的增长趋势，预示着人工智能技术在焊接缺陷检测领域的未来发展前景广阔。

结语

在焊接质量管理领域，基于人工智能的焊接缺陷检测技术展现了巨大的潜力和前景。本文首先探讨了传统焊接缺陷检测方法的不足之处，包括效率低、准确率不高等问题。随后，我们深入分析了人工智能技术在焊接缺陷检测中的应用潜力，特别是基于深度学习和图像识别的技术原理和实践案例。通过这些分析，我们不仅了解了人工智能如何提高焊接缺陷检测的准确性和效率，还展望了其未来发展的趋势。基于人工智能的焊接缺陷检测技术不仅可以提高生产效率和产品质量，还可以降低人力成本和人为错误带来的损失。因此，我们对这一技术的未来发展持乐观态度，并期待着它在制造业中的广泛应用，为制造业的智能化和高效化发展贡献力量。

参考文献

- [1]郑皓元,杨绍斌,薛维华等.基于X射线探伤图像的焊接缺陷人工智能鉴别[C]//中国体视学学会.第十七届中国体视学与图像分析学术会议论文集.辽宁工程技术大学材料科学与工程学院,2022:1.DOI:10.26914/c.cnkihy.2022.051506.
- [2]郑皓元.基于焊缝X射线探伤图像的焊接缺陷人工智能检测[D].辽宁工程技术大学,2023.DOI:10.27210/d.cnki.glnju.2023.000482.
- [3]曲蓉.人工智能时代的技术授权与道德责任[J/OL].科学学研究,1-15[2024-03-08].<https://doi.org/10.16192/j.cnki.1003-2053.20240306.002>.
- [4]李明,叶汪忠,燕洁华等.基于深度强化学习的沙漠机器人路径规划[J/OL].系统仿真学报,1-9[2024-03-08].<https://doi.org/10.16182/j.issn1004731x.joss.23-1422>.
- [5]付姝菊.人工智能武器对国际人道法的冲击与回应[J/OL].华北水利水电大学学报(社会科学版),1-8[2024-03-08].<http://kns.cnki.net/kcms/detail/41.1429.C.20240305.1701.002.html>.