

薄板焊接热变形的视觉检测方法研究

杨万树

陕西化建工程有限责任公司 陕西 咸阳 712000

摘要：文章深入研究了薄板焊接热变形的视觉检测方法，旨在提高焊接质量的监测与控制水平。通过优化图像预处理技术、改进三维重建算法以及开发高效的数据处理与分析软件，本文提出一套完整的视觉检测系统。该系统能够实时监测焊接过程中的热变形情况，并精确测量变形量，为焊接工艺的优化和质量控制提供有力支持。实验结果表明，该方法具有高精度、高效率和良好的鲁棒性，具有重要的应用价值。

关键词：薄板焊接；热变形；视觉检测；焊接质量

1 薄板焊接热变形的基本原理

1.1 焊接热变形的产生机制

焊接热变形的产生机制主要源于焊接过程中的热应变和应力。焊接是一个不均匀的快速加热和冷却过程，这个过程中焊缝及其近缝区的母材受到局部高温加热并迅速冷却，从而产生热应变和压缩塑性应变。这种不均匀的温度分布会导致材料内部产生应力，当这些应力超过材料的屈服强度时，就会产生塑性变形。具体来说，焊接过程中焊缝处的金属受热膨胀，而冷却时则发生收缩。由于加热和冷却的速度都非常快，这种膨胀和收缩过程会在焊缝及其附近区域产生较大的应力。这些应力在材料内部积累，最终导致焊接构件的变形。此外，焊接方法和参数、焊缝数量和断面大小、施工方法以及材料的热物理性能等因素都会影响热变形的程度和方向。

1.2 薄板焊接热变形的特点

薄板焊接热变形具有以下几个特点；第一、复杂性：薄板焊接变形受到多种因素的影响，包括焊接参数、焊接方法、装配尺寸、夹具使用等，这些因素之间相互作用，使得变形过程变得复杂。第二、多元性：薄板焊接变形不仅表现为整体的弯曲和扭曲，还可能包括局部的角变形和纵向挠曲变形等。这些变形形式可能同时存在，增加了控制和矫正的难度^[1]。第三、抵抗弯曲变形性能降低：随着板厚的减小，薄板的抵抗弯曲变形性能也相应降低。这意味着在相同的焊接条件下，薄板更容易发生变形。第四、热应变和应力集中：由于焊接过程中的局部高温加热和快速冷却，薄板在焊缝及其近缝区会产生较大的热应变和应力集中。这些应变和应力是导致变形的主要原因。

2 视觉检测技术在薄板焊接热变形测量中的实现步骤

2.1 图像采集与处理

视觉检测技术在薄板焊接热变形测量中的第一步是

图像采集与处理。这一步骤的主要目标是获取焊接区域的高清图像，并对这些图像进行预处理，以提高后续分析的准确性和效率。图像采集：在焊接过程中，利用高分辨率的工业相机和精密的光学系统，对焊接区域进行图像采集。这些相机通常被安装在特定的位置，以确保能够捕捉到焊接区域的各个关键部分。采集的图像应包含焊缝的形状、大小、位置以及可能的变形信息。为了保证图像的稳定性和清晰度，需要选择合适的曝光时间、焦距和光圈等参数，并确保相机与焊接区域之间的距离和角度适中。图像处理：采集到的图像通常需要进行预处理，以提高其质量和可分析性。预处理步骤可能包括去噪、增强对比度、锐化边缘等。去噪可以消除图像中的随机噪声，提高图像的清晰度；增强对比度可以突出焊缝等关键特征，使其更容易被识别；锐化边缘则可以增强焊缝边缘的清晰度，有助于后续的特征提取和匹配。

2.2 特征提取与匹配

在图像采集与处理之后，接下来是特征提取与匹配步骤。这一步骤的主要目标是提取焊接区域的特征信息，并通过匹配算法确定这些特征在焊接变形前后的对应关系。特征提取：利用图像处理算法，从预处理后的图像中提取焊接区域的特征信息。这些特征可能包括焊缝的形状、尺寸、纹理等。例如，通过边缘检测算法可以准确地识别出焊缝的边缘，这些边缘信息对于判断焊缝的宽度和位置至关重要。此外，还可以利用其他图像处理技术提取更多的特征信息，如焊缝的亮度、颜色等。特征匹配：在提取了焊接区域的特征信息之后，需要利用匹配算法确定这些特征在焊接变形前后的对应关系。匹配算法可能包括基于形状、纹理或颜色的匹配方法。通过比较变形前后的特征信息，可以确定焊缝在焊接过程中的变形情况。这种匹配过程需要高度的准确性

和鲁棒性,以确保测量结果的可靠性。

2.3 三维坐标重建与变形分析

在特征提取与匹配之后,最后一步是三维坐标重建与变形分析。这一步骤的主要目标是利用匹配的特征信息重建焊接区域的三维形貌,并对变形进行定量分析和评估。三维坐标重建:根据匹配的特征信息,可以利用三角测量原理或其他三维重建算法重建焊接区域的三维形貌。这一步骤需要精确的数学模型和算法支持,以确保重建结果的准确性和可靠性^[2]。重建后的三维形貌可以直观地展示焊接区域的变形情况,为后续的分析 and 评估提供基础。变形分析:在重建了焊接区域的三维形貌之后,需要对变形进行定量分析和评估。这包括计算焊缝的变形量、变形方向以及可能的变形模式等。通过比较变形前后的三维形貌,可以确定焊接过程中的变形情况,并评估其对焊接质量的影响。还可以利用先进的图像处理和分析技术,如深度学习等,对变形进行更深入的探索和研究,以揭示其内在的机制和规律。

3 基于时序匹配的散斑图像视觉检测方法研究

3.1 时序匹配散斑图像的基本原理

时序匹配散斑图像技术是一种基于数字图像相关法(Digital Image Correlation, DIC)的视觉检测方法,其核心在于通过匹配不同时间点上的散斑图像,来追踪物体表面的变形情况。散斑图像是由一系列随机分布的斑点或颗粒组成的图像,这些斑点或颗粒可以是物体表面自然的纹理,也可以是人为喷涂的散斑图案。在时序匹配的过程中,通过比较变形前后的散斑图像,利用特定的算法计算出图像中对应点的位移变化,从而实现物体变形的精确测量。时序匹配的基本原理在于,当物体发生变形时,其表面的散斑图案也会随之发生相应的变化。这种变化包括斑点位置的移动、形状的改变以及斑点间相对关系的调整等。通过捕捉这些变化,并利用图像处理技术提取出散斑图像中的特征信息,就可以实现对物体变形的追踪和测量。在实际操作中,通常需要在变形前后的散斑图像上选择一系列对应点,然后利用匹配算法计算出这些点之间的位移变化,从而得到整个物体表面的变形情况。时序匹配散斑图像技术具有非接触、高精度、全场测量等优点,因此在许多领域都得到了广泛的应用。特别是在薄板焊接热变形测量中,时序匹配散斑图像技术可以实现对焊接过程中薄板表面变形的实时监测和精确测量,为焊接质量的控制和改进提供了有力的支持。

3.2 时序匹配散斑图像在薄板焊接热变形测量中的应用

在薄板焊接过程中,由于焊接热量的作用,焊缝及其周围区域会发生明显的热变形。这种变形不仅会影响焊接接头的质量和性能,还可能对整个结构的安全性和稳定性造成潜在威胁。时序匹配散斑图像技术正是解决这一问题的有效手段之一,通过在焊接前对薄板表面进行散斑处理,并在焊接过程中实时采集散斑图像,就可以利用时序匹配算法计算出焊接过程中薄板表面的变形情况。这种方法不仅可以实现对焊接变形的实时监测,还可以提供变形前后的三维形貌对比,为焊接质量的评估和改进提供直观的依据。时序匹配散斑图像技术还具有测量范围大、测量精度高、测量速度快等优点,可以适应不同规模和复杂度的焊接变形测量需求,该技术还可以与其他检测手段相结合,如温度场测量、应力应变分析等,形成更为全面和深入的焊接质量评估体系^[3]。

3.3 实验验证与结果分析

为了验证时序匹配散斑图像技术在薄板焊接热变形测量中的有效性和准确性,我们进行了一系列实验验证。实验中,选择了不同材料和厚度的薄板进行焊接,并在焊接前对薄板表面进行了散斑处理。在焊接过程中实时采集了散斑图像,并利用时序匹配算法计算出了焊接变形情况。实验结果表明,时序匹配散斑图像技术可以准确地测量出薄板焊接过程中的变形情况。通过对比变形前后的散斑图像,可以清晰地看到焊缝及其周围区域的变形情况,包括变形的大小、方向和分布等。该技术还可以提供变形前后的三维形貌对比,为焊接质量的评估和改进提供了直观的依据。此外还对实验结果进行了深入分析,通过对比不同焊接参数下的变形情况,发现焊接电流、焊接速度和焊接温度等参数对薄板焊接热变形具有显著影响。这些发现为进一步优化焊接工艺和提高焊接质量提供了重要的参考依据。

4 薄板焊接热变形视觉检测方法的优化与改进

4.1 图像预处理技术的优化

在薄板焊接热变形的视觉检测方法中,图像预处理技术扮演着至关重要的角色。它直接关系到后续特征提取、匹配以及三维重建的准确性。传统的图像预处理技术主要包括去噪、增强对比度、边缘检测等步骤。在薄板焊接热变形的视觉检测中,由于焊接过程中产生的强烈热辐射和复杂的光照条件,图像往往存在严重的噪声干扰和对比度不均等问题。为了解决这些问题,引入了更先进的图像预处理技术。首先,在去噪方面,采用自适应滤波算法。这种算法能够根据图像局部区域的特征自动调整滤波器的参数,从而更有效地去除噪声,同时保留图像中的关键细节。在增强对比度方面,采

用直方图均衡化和对比度受限的自适应直方图均衡化 (CLAHE) 等算法, 这些算法能够显著提高图像的对比度, 使焊缝和周围区域的特征更加清晰。在边缘检测方面, 结合多种边缘检测算子, 如Canny算子、Sobel算子等, 并根据实际情况选择最合适的算子进行边缘提取, 以提高边缘检测的准确性和鲁棒性。

4.2 三维重建算法的改进

三维重建是薄板焊接热变形视觉检测中的核心环节之一。它通过将二维图像中的特征点映射到三维空间中, 从而实现对接焊变形的精确测量。然而传统的三维重建算法往往存在计算量大、精度低等问题, 难以满足实际应用的需求。为了改进三维重建算法, 采用了基于结构光的三维重建技术, 这种技术通过在物体表面投射特定的光模式, 并利用相机捕捉这些光模式在物体表面的变形情况, 从而实现对接焊变形的三维重建。与传统的三维重建算法相比, 基于结构光的三维重建技术具有计算量小、精度高、实时性强等优点。在算法实现上, 采用立体匹配算法和三角测量原理。立体匹配算法能够准确地找到左右相机图像中的对应点, 而三角测量原理则利用这些对应点的坐标信息计算出物体表面的三维坐标。为了提高算法的准确性和鲁棒性, 还引入深度学习技术, 通过训练神经网络来优化立体匹配算法的性能。通过改进三维重建算法, 实现对薄板焊接热变形的精确测量, 为后续的变形分析和质量控制提供了有力的支持。

4.3 数据处理与分析软件的开发

在薄板焊接热变形的视觉检测中, 数据处理与分析软件是连接硬件设备和最终用户的桥梁。它负责接收和处理来自图像采集系统的数据, 并提供直观、易用的界面供用户进行结果分析和质量控制。为了开发高效、稳定的数据处理与分析软件, 采用了模块化设计思想, 将软件分为图像预处理、特征提取与匹配、三维重建、数据分析与可视化等模块^[4]。每个模块都实现特定的功能,

并通过接口与其他模块进行通信和数据交换。在软件实现上, 采用了先进的编程语言和开发工具, 如Python、C++等, 以确保软件的性能和稳定性。同时还注重软件的易用性和可扩展性, 通过提供友好的用户界面和丰富的功能选项, 使用户能够轻松地进行结果分析和质量控制。此外还为软件提供丰富的数据导出和报告生成功能, 方便用户将分析结果与其他系统进行集成和共享。通过开发数据处理与分析软件, 实现了对薄板焊接热变形视觉检测结果的全面分析和质量控制, 为焊接工艺的优化和改进提供了有力的支持。

结束语

综上所述, 本文所研究的薄板焊接热变形视觉检测方法, 在焊接质量监测与控制领域具有重要意义。通过不断的优化和改进, 成功构建了一套高效、准确的检测系统, 为焊接工艺的优化和质量的提升提供有力的技术支持。未来, 将继续探索新的技术和方法, 以进一步提高检测系统的性能和实用性, 为焊接行业的发展贡献更多力量。

参考文献

- [1]王明明,赵建博,王立忠,等.薄板焊接热变形的视觉检测方法研究[J].机床与液压,2020,48(21):82-85.DOI:10.3969/j.issn.1001-3881.2020.21.018.
- [2]卢昱君.装配式建筑钢结构超大构件焊接变形检测方法[J].散装水泥.2023,(2).DOI:10.3969/j.issn.1007-3922.2023.02.063.
- [3]付白强.王立忠.张振,等.数字图像相关中的裂纹变形测量方法[J].西安交通大学学报.2021,55(10).174-183. DOI:10.7652/xjtub202110020.
- [4]杨靖丞.王立忠.戴晨光.桥壳内高压成形工艺参数优化及试验研究[J].机械强度.2021,43(3).747-751.DOI:10.16579/j.issn.1001.9669.2021.03.034.