

# 钢结构焊接接头疲劳性能试验数据误差控制方法探讨

宋启桦<sup>1,2</sup> 董翔宇<sup>1,2</sup> 赵学辉<sup>1,2</sup> 王万涛<sup>1,2</sup> 刘凌宇<sup>1,2</sup>

1. 中建八局轨道交通建设有限公司 山东 青岛 266000

2. 中国建设基础设施有限公司 北京 100835

**【摘要】**：钢结构焊接接头在实际使用中经常承受交变载荷，容易出现疲劳损伤，疲劳性能测试至关重要。通过对不同焊接接头疲劳性能试验数据进行分析，发现误差来源多样，主要包括实验条件的变化、测试设备的精度及操作人员的技术水平。为了提高疲劳性能测试结果的准确性，研究提出了误差控制方法，包括合理选择实验参数、优化试验流程、加强设备维护和操作标准化等措施。本文旨在探讨这些误差控制方法，并通过具体案例分析其在钢结构焊接接头疲劳性能测试中的应用效果。

**【关键词】**：钢结构；焊接接头；疲劳性能；试验数据；误差控制

DOI:10.12417/2811-0528.25.21.051

## 引言

钢结构广泛应用于各类工程项目中，焊接接头作为结构的关键部位，其疲劳性能直接影响到整体结构的安全性与稳定性。在疲劳试验中，由于多种因素的干扰，测试数据常常出现较大误差，这对准确评估钢结构焊接接头的疲劳寿命和性能带来了挑战。如何有效控制这些误差，确保试验数据的可靠性和一致性，是当前钢结构焊接接头疲劳性能研究中的重要课题。通过对试验误差的深入分析与控制，能够提高实验数据的准确性，进而为钢结构的设计与施工提供科学依据。

## 1 钢结构焊接接头疲劳性能试验中的数据误差来源分析

钢结构焊接接头在长期使用中承受多种复杂的力学载荷，疲劳性能试验是评估其结构安全性的重要手段。在实际试验过程中，存在许多数据误差，影响了试验结果的准确性。焊接接头的几何形状、焊接工艺、材料特性等因素均可能引发误差。接头表面缺陷、焊缝不均匀性及焊接残余应力的变化，都会对疲劳性能产生不确定影响，进而导致测试数据出现偏差。测试过程中使用的样本尺寸、加载方式、试验环境等外部条件的不同，也会在不同实验阶段带来不同程度的误差。随着实验条件的变化，钢结构焊接接头的疲劳性能表现也可能不一致，这一现象对实验数据的可靠性提出了挑战。

除了样本及测试条件本身的影响，实验设备的精度和操作人员的技术水平也是误差的主要来源。设备的仪器精度、加载装置的稳定性、应变测量仪器的准确性都会影响实验结果的可靠度。不同型号或不同厂商的设备可能在测试过程中产生微小差异，从而影响结果的可比性。操作人员在实验过程中的细节处理也不容忽视，如加载速率、频率、样本的固定方式等，任何细微的偏差都可能引起疲劳实验结果的误差。操作人员的经

验和操作规范的严格程度，直接关系到数据的精确度和试验的一致性，尤其在多次实验及高精度测量要求下，人员操作不当可能成为误差产生的源头之一。

环境因素也是影响疲劳性能试验数据的一个关键因素。实验室的温度、湿度及空气流动等都可能在一定程度上影响到材料的力学性能，进而影响到实验数据的可靠性。特别是在高精度疲劳试验中，环境条件的微小变化可能引起材料的热胀冷缩、应力集中等效应，导致结果的波动。试验环境的控制难度较大，在进行疲劳性能试验时，需要特别注意实验环境的一致性，以确保实验数据的真实反映。材料批次差异也可能造成实验数据的波动，影响结果的普适性。

## 2 控制钢结构焊接接头疲劳性能试验数据误差的有效方法

控制钢结构焊接接头疲劳性能试验数据误差的关键在于合理优化实验设计和测试流程。为了减少试验数据的误差，应从焊接接头的制备入手，严格控制焊接工艺参数。焊接过程中，焊接温度、焊接速度、保护气体成分等均可能影响焊缝质量与接头的力学性能。通过优化焊接工艺，如选择适当的焊接电流、焊接速度及焊接位置，可以在一定程度上减小焊接缺陷的产生，确保接头表面和焊缝的均匀性。在焊接前，对材料的表面清理和焊接前的预热也能有效降低焊接应力，减少残余应力的产生，从而提高焊接接头的疲劳性能，减少因表面缺陷引起的误差。

控制实验设备的精度和操作过程中的一致性对于减少数据误差至关重要。试验设备应定期进行校准和维护，确保加载机、应变计等测量仪器的准确性与稳定性。应变测量装置的选择需考虑其灵敏度和稳定性，尤其是在高频疲劳试验中，仪器的精度直接影响到试验数据的可靠性。为了排除操作人员因素

带来的误差,应制定统一的操作规程,确保每个操作步骤的标准化和规范化。加载速率的控制、加载方向的一致性以及加载过程中的持续监控,都会对疲劳试验结果产生影响。严格的质量控制与标准化的操作流程能够有效减少人为误差,提高实验结果的重复性和准确性。

在控制外部环境因素方面,实验室环境的温湿度应严格控制,以确保每次试验在相同的条件下进行。温度变化可能引起材料的热膨胀或收缩,从而影响疲劳试验的加载情况和材料的力学性能。在一些情况下,材料在温度变化下的疲劳行为可能与常温条件下有所不同,进而影响实验结果的准确性。在进行高精度疲劳试验时,使用温控设备和加湿设备对实验环境进行严格调节,能够有效减少环境变化带来的影响。使用多个批次的材料进行试验,并对材料的初始性能进行全面评估,可以避免由于材料批次差异引起的试验误差。这些措施有助于提供更加可靠、真实的疲劳性能数据,确保试验结果的准确性和可重复性。

### 3 钢结构焊接接头疲劳性能试验数据误差控制的应用与实践

钢结构焊接接头疲劳性能试验的数据误差控制在实际应用中已经取得了显著成效。通过对试验过程中误差来源的深入分析,结合具体应用场景,对焊接接头的制备过程进行了严格的控制。在一些建筑工程项目中,焊接接头的质量是保证结构安全性的关键。针对这些焊接接头的疲劳性能试验,采用了精确的焊接工艺控制和多次验证方法。通过优化焊接参数(如焊接电流、焊接速度、焊接材料的选择等),减少了因焊接缺陷带来的数据偏差。在实际应用中,焊接接头的预处理和焊后处理工艺,如对焊接接头进行应力消除热处理,也有效降低了残余应力的影响,进一步提高了试验数据的稳定性和可靠性。

#### 参考文献:

- [1] 王伟,刘强.钢结构焊接接头疲劳性能研究进展[J].焊接技术,2020,49(5):23-28.
- [2] 李杰,赵磊.焊接接头疲劳性能及其影响因素分析[J].结构工程师,2019,35(12):112-118.
- [3] 张宏,孙艳.钢结构焊接接头疲劳性能试验的误差来源与控制[J].土木工程学报,2021,54(7):45-51.

在设备精度控制方面,通过定期校准和维护实验设备,确保了测试仪器的准确性和一致性。在多个项目的实践中,通过对加载设备、应变计等精密仪器进行严格的性能测试和校准,有效地消除了设备误差带来的不确定性。为了提高实验过程的可控性,严格按照标准化操作程序执行每一项测试,保证了每次实验的重复性和一致性。操作人员按照预定的加载速率和频率进行疲劳试验,并在每次实验后对设备进行彻底检查,确保所有设备处于最佳工作状态,这些措施大大提高了疲劳性能试验结果的准确度。

在环境控制方面,结合不同实验室的实际条件,对试验环境进行了有效的调节。为了减少温度、湿度变化对实验结果的影响,在多个实验中采用了温控设备,保持试验室的温湿度稳定。通过在特殊环境条件下进行试验,研究人员能够获得更接近实际使用条件下的疲劳性能数据。这些环境控制措施有效减少了外部因素对试验结果的干扰,确保了数据的可靠性。通过这些应用与实践,焊接接头疲劳性能试验的误差控制得到了显著改善,为钢结构设计和施工提供了更加精确的疲劳寿命预测数据。

### 4 结语

钢结构焊接接头的疲劳性能试验是确保结构安全性的关键环节,而试验数据的准确性直接关系到评估结果的可靠性。通过对焊接接头疲劳性能试验误差来源的分析和控制方法的实施,能够显著提高试验结果的精确性。控制焊接工艺、优化实验设备、严格操作规范以及有效环境管理,都为减少数据误差提供了有力保障。随着这些措施的逐步应用,钢结构焊接接头的疲劳性能试验将更加科学、精准,为钢结构的设计与施工提供坚实的数据支持。