

# 材料试验机力值校准方法的精度提升研究

陈振兴

江门市新会区质量技术监督检测所 广东 新会 529100

**【摘要】**本文研究材料试验机力值校准方法的精度提升问题，从误差来源与测量链一致性出发，构建基于多点比对与自适应修正的优化方案。通过引入力学信号动态处理与实时补偿算法，实现力值漂移的预测与修正，显著提高了测量稳定性与重复性。研究表明，该方法能有效降低环境及结构因素引起的系统误差，提升校准结果的可追溯性与可靠性，为高精度力学测试与计量技术发展提供了重要支撑。

**【关键词】**材料试验机；力值校准；精度提升；误差分析；测量一致性

DOI:10.12417/2811-0528.26.01.025

## 引言

材料试验机的力值校准精度直接关系到实验数据的可靠性与工程检测的公正性。传统校准方法多依赖静态比对和人工操作，受温度、湿度、加载速率及设备结构等因素影响，常出现测量偏差与重复性不足的问题。近年来，随着高精度传感与智能测控技术的发展，对力值校准的准确性提出了更高要求。如何在复杂环境中实现测量链的高一致性与可追溯性，成为计量领域的重要研究方向。本文针对现有校准体系存在的误差积累与非线性响应问题，提出一种基于多点比对与自适应修正的精度提升方法，为材料试验机的高质量校准提供新的技术路径。

## 1 材料试验机力值校准中存在的主要误差问题

材料试验机在力值校准过程中，误差的来源复杂且具有多维特征。力传感器的非线性响应、迟滞效应及温漂特性是导致测量偏差的重要因素。由于传感器内部应变计灵敏度随环境温度变化而波动，信号输出会出现微小的偏移；这种漂移在高精度校准中会被放大，从而影响整个测量链的稳定性。此外，加载装置的机械摩擦与结构变形也会对力值传递路径产生影响，特别是在大吨位加载情况下，加载框架的弹性形变容易引入附加应力，破坏测量的线性关系。再者，标准器具与被校仪器之间的安装偏差、力轴不重合等问题，同样会导致系统性误差的积累。

校准过程中的环境因素同样不容忽视。空气湿度、电磁干扰以及振动噪声都会对传感信号的稳定性造成干扰。尤其是在恒温恒湿条件控制不严的实验室环境中，温差引起的材料膨胀或收缩会造成标准力值偏移。此类误差具有隐蔽性和积累性，往往难以通过单次测量发现。此外，操作人员的手动控制偏差与加载速率的不稳定，也会对比对结果造成影响，使得同一台设备在不同批次校准中表现出重复性差的现象。

传统的静态单点比对方法，在数据采集与处理环节缺乏动态补偿机制。当校准过程存在非线性响应时，单点线性拟合往往无法反映系统真实特性，导致力值曲线与理论值间产生偏差。由此，校准不确定度评定往往偏低，难以准确量化测量误差的真实水平。这些问题的存在，使得材料试验机的校准结果在长期使用中逐渐偏离标准，影响工程检测的可信度与可追溯性。

## 2 基于多点比对与自适应修正的校准精度提升方法

为改善传统校准方式的不足，本研究提出了一种基于多点比对与自适应修正算法的综合校准方案。该方案通过在不同力值区间进行多点采样，获取更全面的传感响应数据，以反映传感器在全量程范围内的真实特性。系统利用高精度数据拟合算法，对采样点进行曲线建模，建立可动态更新的非线性修正模型，使测量结果在不同载荷条件下均具备一致性。该模型能够根据实时监测到的输出变化趋势自动调整修正参数，从而实现连续、平滑的力值校准曲线。与传统单点比对方法相比，该方案更能消除非线性误差的累积效应，提升校准的灵敏度与稳定性，为高精度力学测试提供了更加科学可靠的技术支持。

在技术实现层面，该系统的设计充分融合了精密测控与智能算法的优势。高分辨率数字信号处理模块具备强大的实时计算能力，可在毫秒级时间内完成信号采样与处理，显著提升了数据响应速度与稳定性。动态滤波算法针对不同频段的噪声特征进行自适应调整，使有效信号与干扰信号在频域上得到精准区分，从而提高了测量精度。卡尔曼滤波预测模型的引入，使系统能够在力值变化过程中实现连续性修正，对微小漂移进行动态补偿，有效消除因温度波动、机械振动等引起的随机误差。此外，闭环控制结构通过对位移与力值信号的协同反馈，确保加载路径的线性与可重复性，为整个校准过程提供高稳定性的动态控制基础。整体系统的优化设计使得力值校准在复杂实验条件下仍能保持高一致性与高可靠性，体现出智能测控技术在

计量领域的深度应用潜力。

数据处理方面，采用多元回归与贝叶斯融合算法，对多次比对结果进行加权平均，以获得更具代表性的修正系数。该方法不仅能够降低随机误差的影响，还能通过概率模型评估各测点的可信度，实现数据的自适应筛选与优化。此外，系统通过自动校准软件实现全过程数据记录与可追溯性分析，确保每一次力值修正均可溯源到具体实验条件与测量状态。经过多组实验验证，应用该方法的材料试验机在重复加载与多周期校准中的标准偏差显著降低，校准结果的稳定性与可比性得到明显提升。

### 3 校准精度提升方法的应用效果与优化方向

基于多点比对与自适应修正的校准方法在实际应用中展现出卓越的测量稳定性与可重复性。优化后的校准系统通过对多维信号的动态分析与实时修正，实现了力值传递链路的一致化与标准化，极大提升了测量的可靠性。该方法能够自动识别外界干扰因素并进行补偿，使力值响应更为平滑稳定，避免了因温度、湿度或加载速率变化带来的随机波动。与传统方法相比，新技术在操作便捷性、数据一致性和结果可信度方面均表现出显著优势，为高精度检测提供了有力保障，也使材料试验机在复杂工况下依然能够保持测量精度的持续稳定。

在工程应用层面，该方法的推广不仅局限于实验室环境，还被广泛应用于各类材料检测、结构试验及工业生产质量控制环节。技术人员在多次验证中发现，该系统能够在复杂环境条件下保持稳定输出，展现出优异的抗干扰能力。其自动化控制程序可根据设备运行状态实时调整加载速率与信号采集频率，

从而保障校准过程的连续性与精确性。与此同时，系统的智能数据分析模块能对历史校准记录进行趋势分析与偏差预警，使设备维护更具前瞻性和科学性。该方法的实施不仅显著提升了检测效率，也推动了力学计量工作的数字化转型，为材料性能评估、设备检定及质量监督提供了坚实的技术支撑。

未来的发展方向将聚焦于智能算法与数字化系统的深度融合，以实现更高水平的自动化与精密化。通过引入人工智能和机器学习技术，校准系统可在大数据支撑下进行自学习与模式识别，对不同工况下的误差分布规律进行分析与建模，从而实现对系统误差的实时预测与主动修正。物联网与云计算平台的结合，将促使力值校准向远程化、网络化方向发展，形成可在线监控、自动反馈的智能校准体系。该模式不仅能提升设备维护的及时性与经济性，还能实现跨地域的协同管理。随着智能测控、数据融合与自适应优化技术的不断完善，材料试验机的力值校准将迈入智能决策与自我优化的新阶段，为计量领域的数字化转型和高端制造业的发展提供坚实的技术支撑。

### 4 结语

本文围绕材料试验机力值校准的精度提升展开探讨，提出基于多点比对与自适应修正的优化方法，通过动态信号处理与误差补偿实现高稳定度与高一致性的校准效果。研究结果表明，该方法在减少系统误差、提升可追溯性和操作智能化方面具有显著优势，为力学计量领域的技术创新提供了有效支撑。未来，结合人工智能与物联网技术的深度融合，将进一步推动校准系统向自动化、数字化方向发展，促进检测装备整体精度的持续提升。

### 参考文献：

- [1] 刘志诚,周立宏.高精度力值校准系统误差补偿技术研究[J].计量科学与技术,2023,68(4):55-60.
- [2] 陈瑞峰,郑宇翔.基于数据融合的材料试验机力值校准方法优化[J].实验力学,2024,39(2):112-118.
- [3] 胡景涛,梁志坤.自适应算法在力学测量校准中的应用与评估[J].中国测试,2023,49(6):87-93.