

电子式万能试验机检定中的误差控制

欧安军

林市检验检测研究院 广西 玉林 537000

摘要：电子式万能试验机是材料力学性能测试的关键设备，其检定至关重要，需对力值、位移、加载速率等关键参数校准验证，误差控制是保障数据可靠性的前提。误差主要源于设备自身、环境及操作因素。控制误差需采取设备校准、环境控制、规范操作等技术。优化策略包括完善检定规程与标准体系、采用先进测量与数据处理技术、加强人员培训与质量意识教育，形成覆盖全链条的质量控制体系，提升误差控制水平，确保测量结果准确可靠。

关键词：电子式万能试验机；检定；误差控制；设备因素；环境因素；操作规范

引言：在材料力学性能测试领域，电子式万能试验机是不可或缺的关键设备，其测量准确性直接关乎科研创新、工业生产及产品质量控制成效。然而，在检定过程中，设备自身因素如传感器非线性误差、传动系统机械误差等，环境因素如温度、湿度、振动及电磁干扰，还有操作因素如试件安装偏差、加载控制不规范等，均会引入误差，影响测量结果的可靠性。这些误差若未得到有效控制，可能导致对材料性能的错误评价，进而引发工程质量隐患与产品质量问题。因此，深入剖析电子式万能试验机检定中的误差来源，并探索有效的误差控制技术与优化策略，对于提升测量准确性、保障试验数据可靠性具有重要意义。

1 电子式万能试验机检定概述

电子式万能试验机作为材料力学性能测试的关键设备，在科研、工业生产以及质量控制等诸多领域发挥着不可或缺的作用。它主要由加载系统、力值测量系统、位移测量系统以及控制系统等核心部分构成。加载系统负责按照预设要求对试样施加可控的力或位移；力值测量系统精准感知并记录试样所承受的力的大小；位移测量系统则精确测量试样在受力过程中的变形量；控制系统则如同“大脑”，对整个试验过程进行统筹协调与精准控制，确保试验按照既定程序有序进行，从而获取材料在受力过程中的力学响应数据。（1）电子式万能试验机的检定工作是保障其测量准确性和可靠性的重要环节，需严格按照相关检定规程有序开展。检定的核心目标是对试验机的力值示值误差、位移示值误差、加载速率误差等关键参数进行全面、细致的校准和验证。力值示值误差直接关系到对材料承载能力的准确判断；位移示值误差影响着对材料变形特性的精确分析；加载速率误差则可能改变材料的受力状态，进而影响试验结果的准确性。通过对这些关键参数的严格检定，能够确定试

验机是否符合使用要求，为后续的材料试验提供坚实的数据支撑。（2）误差控制在电子式万能试验机检定过程中占据着至关重要的地位。准确的检定结果是保证材料试验数据可靠性的前提和基础。一旦检定误差过大，所获取的材料力学性能数据将失去真实性，可能导致对材料性能的错误评价。在工程领域，这可能引发潜在的工程质量隐患；在产品质量控制方面，也可能导致不合格产品流入市场，给企业和社会带来严重损失。因此，在检定过程中，必须采取一系列有效措施，如选用高精度的检定设备、规范操作流程、加强环境控制等，将误差控制在允许范围内，确保试验机的各项性能指标满足实际使用需求^[1]。

2 电子式万能试验机检定中误差的主要来源

2.1 设备自身因素导致的误差

在力学性能检测领域，设备固有特性引发的系统误差是影响检测结果准确性的核心要素。力值测量系统的核心部件传感器，其技术指标直接决定测量基准精度。非线性误差会导致量程范围内示值偏离真实力值曲线，滞后效应则造成加载-卸载循环中示值差异，而长期服役引发的蠕变特性会使零点漂移和灵敏度衰减，最终导致量程范围内示值系统性偏移。传动系统的机械误差主要体现在运动副配合间隙与摩擦特性变化：滚珠丝杠的轴向间隙会造成加载力传递延迟，导轨直线度误差则引发附加弯矩，而摩擦系数变化会导致预压段力值波动，尤其在低速加载时易产生爬行现象。控制系统作为设备中枢，其算法架构与硬件性能至关重要：采样频率不足会造成动态力值捕捉失真，PID控制参数失调会导致稳态误差，而伺服电机响应滞后则直接影响加载速率控制精度。这些因素相互耦合，最终在检测数据中体现为量程依赖性误差、重复性误差及再现性误差，需通过定期校准、传感器补偿算法及机械系统预紧调整等手段进行综

合修正。

2.2 环境因素引起的误差

环境条件对电子式万能试验机检定结果的影响不容忽视。温度是最主要的环境因素,温度变化会导致传感器、标准砝码、试件等发生热胀冷缩,影响力值和位移的测量精度。例如,高温环境可能使传感器的输出信号产生漂移,低温环境则可能增加传动系统的摩擦阻力。湿度也是一个重要因素,高湿度环境容易导致设备部件锈蚀,影响传动系统的灵活性;同时,湿度变化可能引起电路绝缘性能下降,干扰测量信号。此外,振动和电磁干扰也会对检定产生影响,周围环境的振动会使试验机产生附加位移或力值波动,而电磁干扰则可能干扰传感器和控制系统的正常工作^[1]。

2.3 操作因素造成的误差

操作因素对电子式万能试验机检定误差的影响贯穿于整个检测流程,具有显著的人为干预特征。在试件安装阶段,操作人员的技能水平直接决定加载系统的初始状态:若砝码安装时重心偏离载荷轴线,或试件夹持未达到规定的对中精度,会导致力值传递路径偏移,在测量系统中引入附加弯矩和扭矩,这种非轴向力分量会显著降低力值测量的纯度。加载控制过程中,操作规范性对动态响应特性影响突出:速率控制的均匀性不足会改变材料变形机制,尤其在屈服阶段易造成应力-应变曲线畸变;而数据读取环节中,视觉误差的累积效应不可忽视,读数时机选择偏差会截断峰值信号,估读分辨率不足则直接降低测量精度。此外,检定前的设备预热和环境适应性调节是系统性误差控制的关键环节,预热不充分会导致传感器非线性特性加剧,环境参数监测缺失则无法实施有效的误差修正,最终使测量结果偏离真实值^[2]。

3 电子式万能试验机检定中的误差控制技术

3.1 设备方面的误差控制技术

在电子式万能试验机的使用中,设备自身因素易引发误差,为此需采取一系列精准的误差控制技术。(1)力值传感器作为关键部件,其准确性直接影响测量结果。要定期采用高精度标准测力仪作为基准,依照规定周期与方法进行严格校准,将示值误差牢牢控制在允许范围内。传动系统的状态也不容忽视,定期清洁、润滑并调整,能有效消除间隙,减少摩擦阻力波动,保障传动平稳,避免因传动问题产生额外误差。(2)选用高质量元器件与先进控制算法是提升设备性能稳定性的关键。如采用带温度补偿功能的传感器,可降低环境温度变化对测量的干扰;运用伺服控制系统搭配高精度滚珠丝杠,能显著提高加载速率控制精度与位移测量准确

性。此外,设备使用前充分预热和试运行,能让各部件快速达到稳定状态,进一步减少误差,确保试验数据精准可靠。

3.2 环境方面的误差控制技术

环境因素对电子式万能试验机检定误差影响显著,有效控制环境条件是确保检定精准的关键举措。试验机应安置于恒温恒湿实验室,温度严格控制在 $20^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ 范围,湿度保持在45% - 75%之间,并配备高精度温湿度监控设备,实时精准反馈环境参数,以便及时调整。实验室选址要远离振动源,像大型机床、泵类设备等产生的振动会干扰试验机运行,必要时采用减振装置;同时避开强电磁场,如高压线路、变压器附近,可通过屏蔽措施降低电磁干扰。检定过程中,要防止环境条件突变。避免在阳光直射、通风口处操作,防止温度骤升骤降影响测量结果;高湿度天气时,加强实验室除湿。此外,标准器具要与试验机在同一环境放置足够时间,使其温度与环境平衡,消除因温度差异导致的测量误差,保障检定数据准确可靠。

3.3 操作方面的误差控制技术

操作环节的规范与否,对电子式万能试验机检定误差控制起着决定性作用。操作人员必须经过系统、专业的培训,全面且深入地熟悉检定规程与设备操作方法,严格依照规程要求开展各项操作。在安装标准砝码时,要确保其放置平稳,使砝码重心与力轴精准重合,防止因重心偏移产生额外力矩。夹持试件时,保证夹持力均匀分布,避免试件出现歪斜或滑动现象,以免影响测量结果的准确性。加载过程中,需严格按照规定的加载速率进行,杜绝加载过快或过慢,确保试验条件的一致性。读取数据时,优先采用自动采集系统或高精度读数装置,最大程度减少人为读数误差。检定前,要对设备进行全面细致的检查,涵盖电源电压、设备运行状态等,保证设备处于正常工作状态。此外,认真做好检定记录,详细记录环境条件、操作步骤和测量数据,为后续的误差分析和问题追溯提供有力依据^[3]。

4 电子式万能试验机检定误差控制的优化策略

4.1 完善检定规程与标准体系

完善检定规程与标准体系是提升电子式万能试验机误差控制效能的核心路径。(1)需构建动态更新的技术规范框架,紧密跟踪材料测试技术发展需求,定期评估现有检定规程的适用性,重点完善新型传感器、高精度加载系统等关键部件的误差评定方法,确保技术指标与测量原理的先进性相匹配。(2)应建立分级标准器具管理体系,制定覆盖全量程的校准规范,明确标准砝码、

力传感器等基准设备的溯源链要求,通过周期性量值传递保证基准的统一性。(3)强化检定主体资质监管,实施检定机构能力认证制度,要求其配备符合JJF规范的环境控制设施和辅助测量设备,同时推行检定人员职业资格准入与持续培训机制,确保操作规范性。通过组织跨区域比对试验,建立检定数据互认机制,系统分析机构间差异来源,推动误差控制策略的标准化迭代,最终形成覆盖"规程-器具-人员-执行"全链条的质量控制体系。

4.2 采用先进的测量与数据处理技术

采用先进的测量与数据处理技术是提升电子式万能试验机误差控制水平的关键手段。(1)在测量技术层面,应优先选用基于非接触式原理的高精度传感器,如激光干涉仪、电容式位移传感器等,这类技术通过消除机械接触引入的摩擦与变形,可显著提升微小位移测量的溯源性。同时,集成多参数同步采集系统,实现力、位移、应变等信号的时空同步获取,避免分时测量导致的相位误差。(2)在数据处理环节,需构建智能化误差修正体系:运用机器学习算法对历史校准数据进行深度挖掘,建立传感器非线性、温漂等特性参数的动态修正模型;采用小波变换等时频分析方法,有效分离信号中的噪声成分与有效特征;通过蒙特卡洛模拟评估测量不确定度来源,为误差溯源提供量化依据。最终形成"前端高精度采集-中端智能处理-后端动态修正"的全流程误差控制闭环,确保测量结果的准确性与可靠性^[4]。

4.3 加强人员培训与质量意识教育

加强人员培训与质量意识教育是构建电子式万能试验机误差控制长效机制的核心要素。需建立系统化培训体系,围绕检定规程解读、设备工作原理、误差溯源分析等维度设计模块化课程,结合虚拟仿真技术开展操作技能实训,使操作人员深入理解误差产生的物理机制与控制要点。通过典型案例剖析与行业经验分享,强化

质量风险认知,例如展示因操作失当导致的测量数据失真案例,剖析其对材料性能评估及产品安全性的连锁影响,从而提升人员对误差控制的重视程度。在管理层,应构建覆盖全流程的质量管控框架:制定标准化作业指导书,明确各环节操作规范与质量标准;实施分级审核机制,由技术主管对关键测量数据进行二次确认;将误差控制成效与个人绩效挂钩,通过正向激励与负向约束双重机制,推动操作人员形成严谨细致的工作作风,最终实现误差控制从被动执行向主动管理的转变。

结束语

电子式万能试验机检定误差控制是一项系统性工程,需从技术规范、设备性能、环境保障、人员素养等多维度协同推进。通过完善动态更新的检定规程与标准体系,构建覆盖全要素的质量控制框架;依托高精度非接触式测量技术与智能化数据处理算法,实现误差溯源与动态修正;强化人员系统化培训与质量责任意识,推动误差控制向主动管理转型。唯有将标准引领、技术创新与人文管理深度融合,形成"规程-技术-人员"三位一体的误差控制闭环,才能持续提升试验机检定的科学性与精准性,为材料力学性能测试提供可靠的数据支撑,进而保障科研创新、工业生产与产品质量控制的稳健发展。

参考文献

- [1]乌仁图雅,姜浩然.拉力、压力和万能试验机的检定方法初探[J].模具制造,2023,23(11):145-147.
- [2]易军,陈铭,黄蓓.拉力剪切力试验机的校准探讨[J].电子产品可靠性与环境试验,2022,40(S2):54-57.
- [3]刘慧军.拉力、压力和万能试验机的检定方法初探[J].大众标准化,2022,(14):190-192.
- [4]史春珍.拉力试验机检定装置的研究[J].内燃机与配件,2021,(11):109-110.