

# 钢材力学性能检验误差成因及优化对策研究

张玉南 赵雯雯 李 鹏

安阳钢铁集团有限责任公司 质量管控中心 河南 安阳 455000

**摘 要：**钢材力学性能检验是判定钢材质量、保障工程安全的核心环节，检验过程易受多重因素干扰产生检测误差，影响检测结果准确性与工程质量判定。本文依托钢材力学检验基础理论，从设备工况、试样制备、人为操作、管控体系四个维度，系统剖析各类检验误差的形成诱因。结合检验工作实际，针对性提出设备全周期管控、试样标准化制备、人员环境管控及质量监督优化等对策，旨在降低检测误差，提升钢材力学检验数据的精准度与可靠性。

**关键词：**钢材力学性能检验；误差成因；优化对策

引言：钢材作为建筑、机械、市政等领域的核心用材，其力学性能直接决定工程结构稳定性与使用寿命，精准开展力学性能检验是把控钢材质量的关键工序。当前钢材检验工作中，系统误差、随机误差及粗大误差频发，导致检测数据偏差、质量判定失准，埋下工程安全隐患。为有效解决检验误差问题，本文梳理钢材力学检验核心指标与流程，全面排查误差成因，制定科学可行的优化方案，为规范钢材检验工作、提升检测质量提供实操参考。

## 1 钢材力学性能检验及误差基础理论

### 1.1 钢材核心力学性能检验指标

（1）强度指标：包括屈服强度与抗拉强度，是判定钢材承载能力的核心参数，主要借助拉伸试验获取。屈服强度反映钢材发生明显塑性变形时的抵抗应力，抗拉强度则表征钢材在断裂前所能承受的最大拉伸应力。二者精度受试验机刚度、加荷速率及试样加工质量影响，数据偏差会直接导致钢材强度等级误判。（2）塑性指标：以断后伸长率与断面收缩率为主要表征参数，反映钢材在断裂前的塑性变形能力，是评价钢材韧性及冷加工性能的重要依据。该指标对试样标距标记精度、断口对齐方式及测量器具分辨率较为敏感，操作不当易引入显著偏差<sup>[1]</sup>。（3）冲击韧性指标：用于衡量钢材在冲击荷载作用下的抗断裂能力，尤其适用于低温环境及动荷载工况下的质量评定。冲击功数值对试验温度、摆锤冲击速度及试样缺口加工质量高度敏感，设备精度与控温条件稍有波动即可能引起较大测量误差。

### 1.2 钢材力学性能常规检验流程

（1）前期准备阶段：涵盖试样选取、切割下料、表面打磨、几何尺寸精密测量及标距标记等步骤。该阶段是控制原始偏差的起点，试样代表性与尺寸精度直接决定最终结果的有效性，须严格遵循标准制样规范。（2）

试验操作阶段：依据国家标准方法依次开展拉伸、弯曲及冲击等力学试验，包括试验机量程选择与校准、试样夹持对中、加载速率设定及试验过程数据实时采集。操作规范性及设备状态稳定性是此阶段误差防控的关键。

（3）数据处理阶段：包括原始数据的整理归档、性能指标计算、异常数据判别与剔除，以及检验结论的判定和报告编制。数据处理的严谨性直接影响最终结果的可靠性，需采用规范统计方法识别离群值。

### 1.3 检验误差的分类与判定标准

（1）系统误差：由设备固有缺陷、标准器偏差、试验方法系统偏差或固定操作习惯等稳定因素引起，其数值和方向在一定条件下保持恒定或按确定规律变化。该误差具有重复性，可通过定期计量校准、标样比对及操作流程标准化予以修正或消除。（2）随机误差：由环境温度波动、电网电压起伏、人员操作的微小随机差异或设备瞬时工况不稳定等偶然因素导致，其大小和方向无固定规律，服从统计分布。虽然无法完全消除，但可通过增加重复试验次数并取均值的方式有效降低其影响<sup>[2]</sup>。

（3）粗大误差：由操作失误、设备突发故障、试样内部缺陷或制备不合格等异常原因产生的显著偏离正常值的误差，其数值远超允许范围。该类误差性质严重，属于必须避免的过失性误差，须通过强化人员培训、完善设备巡检及严格执行试样验收制度予以杜绝。

## 2 钢材力学性能检验误差核心成因分析

### 2.1 设备与仪器因素引发的误差

（1）设备精度不足：试验机长期服役导致机架变形、传感器疲劳老化，测力系统线性度偏离原始标定曲线，致使荷载与位移数据采集出现系统性偏移，直接造成屈服强度、抗拉强度及断后伸长率等核心指标检测失真。（2）设备校准与维护不当：未严格依据计量周期开展零点校正及量程校验，日常维护中忽略对夹具、连接

件及传动部件的检查保养,导致零部件磨损松动,试验过程中出现加载速率突变、力值波动或位移信号断续等异常现象。(3)设备操作参数设置偏差:拉伸试验的加载速率、冲击试验的摆锤冲击速度及低温保温时间等关键参数未严格遵照国家标准设定,参数取值偏离规定范围将引入确定性偏差,使检测结果系统性偏离真值。

## 2.2 试样制备与材质因素引发的误差

(1)试样尺寸偏差:划线、切割及打磨环节中试样长度、标距、厚度及宽度测量精度不足,或加工后端面平面度超标、边缘存在明显毛刺,将导致原始横截面积计算错误,继而影响应力值求解及强度指标判定。(2)试样制备工艺缺陷:切割时进给量过大引发表面烧灼或加工硬化,打磨时冷却不足造成表层组织回火或相变,或抛光过度导致截面有效面积缩减,上述工艺缺陷均会破坏钢材表层的原始力学状态,使检测数据偏离材料真实性能。(3)钢材材质不均:因冶炼或轧制工艺波动,钢材内部出现晶粒大小不均、微裂纹、非金属夹杂或中心偏析等缺陷,若取样位置未能覆盖代表性区域,则单次检测结果难以反映整批次力学性能,产生不可忽略的代表性偏差<sup>[3]</sup>。

## 2.3 人为操作与环境因素引发的误差

(1)人为操作不规范:试样装夹时未保证上下对中,导致拉伸过程中产生附加弯曲应力;冲击试样缺口定位偏离打击中心;数据读取时估读不准或记录错位,上述操作疏漏易引入随机误差甚至粗大失误。(2)人员专业能力不足:检验人员对国家标准的条文理解不深入,对试样状态判定、加荷速率选择及断口测量方法掌握不到位,面对设备报警或数据异常时缺乏应变判断能力,导致误差在操作链中逐级累积且未被察觉。(3)试验环境波动:实验室温度、湿度偏离规定范围影响引伸计及力传感器的输出特性;地面振动或气流扰动干扰冲击试验机摆轴稳定性;低温冲击时介质温度波动超出允许偏差,均会显著降低数据的复现性。

## 2.4 检测标准与管控体系因素引发的误差

(1)标准执行不严谨:新旧标准版本交替期间,检测依据选择混乱,不同操作人员对取样方向、试样数量及结果修约规则的理解差异较大,致使同一批次钢材在不同检测人员手中得出不一致结论,形成系统性偏差。(2)质量管控体系不完善:检验流程中缺少独立的监督审核节点,试样交接、设备状态确认及数据复核等环节缺乏闭环记录,误差隐患在过程流转中被掩盖,无法及时追溯与纠正。(3)数据管理不规范:原始记录填写不完整或涂改随意,数据审核仅核对最终数值而不追溯全

过程曲线及异常事件,对离群值缺乏统计学判别与复核验证,导致误差结果直接进入报告环节,影响最终判定结论的客观性与公信力。

## 3 钢材力学性能检验误差优化对策与保障措施

### 3.1 完善设备全生命周期管控体系

(1)落实设备定期校准与检定:严格依照国家计量检定规程及相关标准要求,制定覆盖试验机、引伸计、冲击试验机及各类测量量具的年度校准计划,细化每台设备的校准周期与技术指标。校准工作须委托具备法定资质的计量机构执行,对超差设备及时实施参数修正或关键部件更换,校准证书及溯源记录完整归档,确保设备量值准确可靠、系统偏差持续受控。(2)强化设备日常维护与检修:为每台检验设备建立独立台账与维护档案,详细记录设备验收、使用频次、维护保养、故障维修及报废处置全链条信息。推行日检、周检、月检三级维护制度,重点检查夹具对中状态、传动机构润滑情况、传感器连接可靠性及数据采集系统运行稳定性,发现问题立即停机检修,杜绝设备带病运转<sup>[4]</sup>。(3)规范设备参数标准化设置:对照现行国家标准及作业指导书,统一规定拉伸试验加载速率、冲击试验摆锤速度、低温保温时间等关键运行参数,并将标准参数固化于设备操作程序中。设置操作权限管理,严禁检验人员未经审批擅自调整参数,确需偏离时应履行书面审批并记录原因,从操作源头消除参数偏差隐患。

### 3.2 标准化试样制备与抽样管理流程

(1)规范试样抽样规则:依据产品技术标准及批次质量代表性要求,制定科学严谨的抽样方案,明确取样部位、方向、数量及复验规则。取样应避开钢材边缘热影响区、明显折叠、裂纹及内部组织异常区域,优先选取能客观反映母材平均性能水平的位置,并做好取样标识与记录,确保所取试样对整批次具有充分统计代表性。(2)统一试样制备工艺标准:严格按照国家标准关于试样机加工的技术规定,细化切割进给速度、冷却润滑方式、磨削深度及抛光力度等工艺参数,合理控制加工热输入与机械力作用,防止试样表面产生烧伤、加工硬化或组织转变。加工后试样须满足标距精度、表面粗糙度及平行度公差要求,确保制备工艺的一致性与可重复性。(3)强化试样前期检测复核:试样加工完毕后须安排专人对平行段直径、标距精度、冲击缺口深度及底部圆弧半径等关键几何参数进行二次复测,同时借助辅助工具全面排查微裂纹、折叠及夹杂等表层缺陷。凡尺寸超差或存在明显缺陷的试样一律作废并重新制备,严禁不合格试样进入试验程序,有效防范试样端引发的检

测偏差。

### 3.3 规范人员操作与试验环境管控

(1) 完善人员培训与考核机制: 建立分层分类的检验人员培训体系, 培训模块涵盖标准规范深度解读、试验机原理与操作实务、常见误差识别与处理、数据处理与结果判定等内容, 定期组织理论知识考核与实际操作技能比武。新入职人员及在岗转岗人员须系统完成岗前培训, 经理论与实操双重考核合格并获得上岗授权后, 方可独立承担检测任务, 确保全员技术素养持续满足岗位需求, 最大限度缩减人为操作带来的偏差幅度。(2) 统一标准化试验操作流程: 编制图文详尽、步骤清晰的标准化岗位操作手册, 对试样领取与核对、装夹对中操作、引伸计正确安装、加载启停控制、数据自动采集记录及试验结束后设备复位等全流程操作要点予以明确规范。定期组织操作一致性比对活动, 借助视频录制回放等手段甄别并纠正个体操作习惯差异, 确保同一检测项目在不同人员之间具备优良的复现性与可比性。(3) 优化实验室试验环境: 规划建设具备恒温恒湿功能的标准化检测实验室, 配置温湿度实时监控与记录系统, 确保温度、湿度等基础环境参数始终满足标准规定范围。针对冲击试验区域及高精度拉伸试验区域, 专项加装减震基础、隔振沟、防风隔罩及电磁屏蔽设施, 对低温冲击试验介质温度实施严格监控与记录, 将环境因素波动诱发的随机误差抑制在可接受最低水平。

### 3.4 健全检验质量管控与监督机制

(1) 严格落实标准规范化执行: 建立健全检测标准动态跟踪与更新机制, 及时获取最新发布的国家标准及行业规范文件, 明确新旧标准交替期间适用范围界定与过渡期衔接安排。定期组织全体检测人员参与标准宣贯与集中研读活动, 统一对取样原则、试样数量规定、试验程序步骤、结果计算公式及修约规则等核心条款的理解尺度, 根除因标准解读歧义而形成的系统性判定偏差。(2) 建立全流程监督复核体系: 设立专职质量监督岗位, 围绕试样交接验收、设备状态确认、试验操作

现场监督、数据采集传输以及报告编写出具等关键节点实施全过程旁站式监督与检查。每批次检测结果须由第二独立人员对原始数据采集记录、中间计算过程及最终结果进行全面复核确认, 对存疑数据主动启动复验或比对验证程序, 使各类误差隐患在检测流程链条内得以及时发现并妥善修正<sup>[5]</sup>。(3) 完善数据信息化管理: 搭建覆盖样品登记接收、检测任务分配派发、试验数据自动采集上传、报告自动生成与多级审核放行的检验数据信息化管理平台, 实现原始数据电子化存储且具备不可篡改属性, 保证全流程数据信息均可追溯、可审查。平台内嵌异常数据自动识别预警与统计分析辅助模块, 协助审核人员快速辨识离群数值, 同时规范偏差处理与复验审批电子化流程, 从根本上杜绝人为数据干预及误判风险, 切实提升检验结论的客观性与公信力。

### 结束语

本文系统梳理了钢材力学性能检验的各类误差类型, 深入拆解设备、试样、操作、管控四大核心误差成因, 构建了全方位的误差优化与保障体系。通过标准化设备管控、试样制备、人员操作及监督管理, 可有效削减各类检验误差, 提升检测结果的真实性与复现性。研究成果能够规范钢材力学检验工作流程, 助力钢材质量精准核验, 为工业用材质量把控和工程安全建设提供坚实的技术支撑。

### 参考文献

- [1]王斌,李娟.建筑钢材拉伸力学性能检测误差来源及控制技术[J].理化检验(物理分册),2024,60(03):45-49.
- [2]张勇,陈亮.钢筋力学性能检测结果偏差机理及标准化优化措施[J].建筑科学,2023,39(08):189-194.
- [3]刘敏,赵启明.金属材料力学试验系统误差成因及精度提升方法[J].材料科学与工艺,2022,30(05):76-82.
- [4]黄涛.建筑钢材力学性能检验常见误差问题及优化对策[J].工程质量,2025,33(04):67-70.
- [5]周宇航.钢材拉伸试验操作误差成因及标准化改进研究[J].建材技术与应用,2024,16(06):52-55.