

计量检定工作中误差来源分析与控制方法研究

陈晓

威海市水务集团有限公司 山东 威海 264200

摘要: 计量检定是保障量值准确可靠、维护市场秩序、推动产业高质量发展的核心环节,其结果的准确性直接影响科研生产、民生保障及行业规范。在实际检定工作中,误差不可避免,各类误差因素的叠加会导致检定结果偏离真实值,影响计量检定的权威性与实用性。本文基于计量检定误差理论基础,系统分析仪器设备、环境因素、方法标准、人员操作、数据处理五大类误差来源的产生机制与影响规律,结合误差传播规律,针对性提出对应的误差控制方法,构建全方位、多层次的误差控制体系。研究旨在明确各类误差的核心影响因素,为计量检定机构优化检定流程、提升检定精度提供理论支撑与实践参考,推动计量检定工作向标准化、精准化方向发展,保障量值传递的准确性与可靠性。

关键词: 计量检定; 误差来源; 系统误差; 误差控制

引言: 计量检定作为量值传递与溯源的关键手段,广泛应用于工业生产、科研实验、医疗卫生、环境保护等多个领域,是确保各类计量器具量值准确、统一的重要保障。随着我国产业升级与科技进步,各行业对计量检定精度的要求不断提升,而误差作为影响检定结果准确性的核心因素,其来源复杂、影响广泛,若无法有效控制,会导致计量器具量值偏差,进而影响产品质量、科研数据可靠性及民生安全。基于此,本文深入研究计量检定误差的理论基础,系统剖析各类误差来源,探索科学有效的误差控制方法,为提升计量检定工作质量、保障量值准确提供科学依据,具有重要的理论价值与实践意义。

1 计量检定误差理论基础

1.1 误差的基本概念与分类

误差是计量检定过程中,检定结果与被检器具真实值之间的偏差,是客观存在且无法完全消除的,其大小直接反映计量检定的精度水平。根据误差的性质与产生规律,可将其分为系统误差、随机误差和粗大误差三类。系统误差由固定因素引起,具有确定性、可重复性和可修正性,如仪器设备自身精度不足、检定方法不完善等,其偏差方向固定、大小相对稳定,可通过校准、修正等方式降低影响。随机误差由偶然因素引起,具有偶然性、对称性和抵偿性,如环境温度微小波动、人员读数微小偏差等,其偏差大小和方向随机变化,无法单独消除,但可通过多次测量取平均值的方式削弱影响。粗大误差由异常因素引起,具有突发性、异常性和可剔除性,如操作失误、仪器故障等,其偏差远超正常范围,会严重影响检定结果,需通过合理方法识别并剔除^[1]。

1.2 误差的数学表达与传播规律

误差的数学表达是量化误差大小、分析误差影响的基础,常用绝对误差、相对误差和引用误差三种形式。绝对误差是检定结果与真实值的差值,反映误差的绝对大小,单位与被测量值一致;相对误差是绝对误差与真实值的比值,用于衡量误差的相对程度,便于不同量值、不同类型计量器具的误差对比;引用误差是绝对误差与计量器具量程的比值,常用于衡量计量器具的精度等级。误差传播规律是指在间接计量检定中,输入量的误差通过函数关系传递到输出量,导致输出量产生误差的规律。通过建立误差传播模型,可量化分析各输入量误差对检定结果的影响程度,明确误差的传递路径与叠加效应,为误差控制方法的制定提供数学依据,确保误差控制更具针对性和科学性。

1.3 误差控制的理论框架

计量检定误差控制的理论框架以“预防为主、全程管控、精准施策”为核心,涵盖误差识别、误差量化、误差控制、效果验证四个核心环节,形成闭环管理体系。误差识别是前提,通过全面梳理计量检定全流程,明确各类误差的来源、性质及影响范围,建立误差清单;误差量化是基础,通过数学方法量化误差大小、传播路径及影响程度,确定各类误差的优先级;误差控制是核心,针对不同类型、不同优先级的误差,制定针对性的控制方法,从源头、过程、结果三个层面管控误差;效果验证是保障,通过对比控制前后的误差数据,评估误差控制方法的有效性,及时优化调整控制策略,确保误差控制效果持续提升。

2 计量检定误差来源系统性分析

2.1 仪器设备误差

仪器设备误差是计量检定误差的核心来源之一,贯

穿检定全过程,主要由仪器设备自身精度、老化磨损、校准状态等因素引起。仪器设备自身精度不足,出厂时存在固有偏差,未达到检定要求,会直接导致检定结果出现系统性误差;长期使用过程中,仪器设备零部件老化、磨损,如传感器灵敏度下降、传动机构间隙过大等,会导致精度逐渐下降,产生误差;仪器设备未及时校准或校准不合格,量值无法溯源到国家基准,会导致量值传递偏差,影响检定结果准确性;仪器设备的安装、调试不规范,如安装位置偏差、调试参数不合理等,也会引入额外误差。这类误差多为系统误差,可通过规范校准、定期维护等方式进行控制。

2.2 环境因素误差

环境因素误差是由计量检定环境条件不符合规范要求引起的,主要包括温度、湿度、气压、振动、电磁干扰等因素。温度波动超出检定规范要求,会导致计量器具与标准器具的性能发生变化,如金属构件热胀冷缩,影响检定精度,尤其对长度、温度类计量器具影响更为显著;湿度超标会导致仪器设备零部件锈蚀、绝缘性能下降,影响电子类、精密类计量器具的正常运行;气压变化主要影响气体、液体类计量器具的检定结果,导致量值偏差;振动干扰会导致检定仪器运行不稳定,产生随机误差,影响数据读取的准确性;电磁干扰会影响电子类计量器具的信号传输,导致数据失真、波动,引入额外误差。环境因素误差多为随机误差,需通过搭建标准化检定环境进行管控。

2.3 方法与标准误差

方法与标准误差是由检定方法不完善、标准器具不符合要求引起的,直接影响计量检定的规范性与准确性。检定方法选择不当,与被检器具的类型、精度要求不匹配,如采用简化方法替代标准方法,会导致检定结果出现系统性误差;检定方法本身存在缺陷,如计算公式不合理、测量步骤缺失、操作流程不规范等,会影响检定数据的准确性;标准器具精度未达到检定要求,或未定期校准、溯源,会导致量值传递偏差,无法作为检定的基准^[2]。量值溯源不规范,未按照国家量值溯源体系进行溯源,导致检定结果缺乏可比性与权威性;检定标准更新不及时,未跟上行业技术发展与相关法规修订步伐,也会引入误差。

2.4 人员操作误差

人员操作误差是由检定人员的操作行为、专业能力、责任意识等因素引起的,是人为因素导致的主要误差来源。检定人员未熟练掌握检定操作流程与方法,操作失误,如器具安装偏差、读数错误、测量时机不当等,会

产生粗大误差;操作流程不规范,未严格按照计量检定规程进行操作,如未进行充分预热、校准步骤缺失、数据记录不规范等,会导致误差产生;检定人员专业能力不足,对误差理论、仪器设备操作、检定标准的掌握不深入,无法精准识别误差来源,也难以准确读取、处理检定数据;检定人员责任心不足,操作粗心大意,如数据记录错误、读数偏差过大等,会进一步加剧误差,影响检定结果的准确性。这类误差可通过加强人员培训、规范操作流程进行控制。

2.5 数据处理误差

数据处理误差是在检定数据的记录、计算、整理、分析过程中产生的误差,主要由数据记录不规范、计算方法不当、数据修约不合理等因素引起。检定人员数据记录不规范,如记录错误、遗漏数据、单位标注错误等,会导致后续数据处理出现偏差;计算方法不当,如选用错误的计算公式、忽略误差传播规律,会导致计算结果偏离真实值;数据修约不符合规范,如修约位数不当、修约方法错误,会引入修约误差;另外,对检定数据的分析不全面,未剔除粗大误差、未考虑随机误差的抵偿性,会导致最终检定结果出现偏差。这类误差虽然影响程度相对较小,但会贯穿数据处理全过程,需通过规范数据处理流程、提升人员数据处理能力进行管控。

3 计量检定误差控制方法研究

3.1 仪器设备误差控制

针对仪器设备误差,需构建“准入-校准-维护-淘汰”全生命周期控制体系,从源头控制器具误差。严格执行仪器设备准入制度,筛选精度符合检定要求、性能稳定的计量器具与标准器具,确保设备质量;建立完善的校准制度,定期对仪器设备进行校准与检定,明确校准周期,确保量值溯源到国家基准,及时修正仪器设备的固有偏差;加强仪器设备的日常维护与保养,定期检查零部件状态,及时维修、更换老化、磨损的零部件,优化设备运行参数,确保设备处于良好运行状态;建立仪器设备淘汰制度,对老化严重、精度无法达标、无法修复的设备,及时淘汰更换,避免因设备问题引入误差。同时,规范仪器设备的安装、调试流程,确保安装位置、调试参数符合要求^[3]。

3.2 环境因素误差控制

环境因素误差的控制核心是搭建标准化检定环境,实现环境参数的稳定管控。根据计量检定规程要求,配备温度、湿度、气压、振动、电磁干扰等环境因素的监测与调控设备,建立标准化检定实验室,确保环境参数稳定控制在规范范围内;建立环境参数实时监测与记录制

度,利用智能化监测设备,实时采集环境数据,及时发现环境波动,采取针对性调控措施,避免环境因素对检定结果产生影响;根据不同类型计量器具的检定要求,设置专用检定区域,如精密仪器检定区域、电子类器具检定区域,避免环境因素的交叉影响;加强实验室环境管理,定期维护环境调控设备,确保设备正常运行,同时规范实验室操作,避免人为因素导致的环境波动。

3.3 方法与标准误差控制

针对方法与标准误差,需从规范检定方法、完善标准体系两个方面入手,提升检定的规范性与准确性。结合被检器具的类型、精度要求,选择科学、合理的检定方法,严格按照计量检定规程开展检定工作,杜绝简化方法、违规操作;优化检定流程,完善计算公式与测量步骤,明确各环节的操作要求,减少方法本身的缺陷导致的误差;严格选用精度符合要求的标准器具,定期对标准器具进行校准与溯源,确保量值传递的准确性;建立检定标准动态更新机制,及时跟踪行业技术发展及相关法规修订步伐,更新检定标准与方法,确保检定工作与行业发展同步;规范量值溯源流程,严格按照国家量值溯源体系进行溯源,确保检定结果具有可比性与权威性。

3.4 人员操作误差控制

人员操作误差的控制关键是提升检定人员的专业能力与责任意识,规范操作行为。建立完善的检定人员培训体系,定期开展误差理论、检定规程、仪器设备操作、数据处理等方面的培训,邀请行业专家授课,提升检定人员的专业能力与操作技能;制定标准化的检定操作流程,明确各环节的操作要求、操作规范,规范检定人员的操作行为,杜绝操作失误;建立操作质量监督与考核机制,加强对检定人员操作过程的监督,及时纠正不规范操作,将操作质量纳入人员绩效考核,提升人员的责任意识;强化检定人员的责任心教育,规范数据记录与处理流程,要求人员认真、细致完成每一项操作,避免因粗心大意导致的误差。

3.5 数据处理误差控制

数据处理误差的控制核心是规范数据处理流程,提升数据处理的准确性与规范性,为检定结果的可靠性提供保障。建立标准化的数据记录流程,明确数据记录的具体要求、统一格式及核心内容,要求检定人员严格遵

循客观真实原则,如实、准确记录每一项检定数据,清晰标注数据单位、测量时间、测量人员、测量仪器型号及环境参数等关键信息,杜绝数据记录错误、遗漏、涂改等问题,确保原始数据的完整性与可追溯性。规范数据计算流程,明确各类检定数据的计算公式与具体计算步骤,采用精准的计算方法,充分考虑误差传播规律,对计算过程中的中间数据保留足够有效位数,避免因计算步骤简化、公式套用错误导致的误差。严格按照数据修约规范进行数据修约,明确修约位数与修约方法,遵循“四舍六入五考虑”的修约原则,杜绝主观随意修约,避免修约误差累积^[4]。加强数据审核与分析,组建专业审核小组对采集的检定数据进行全面复核,通过逻辑分析、对比验证等方式剔除粗大误差,深入分析随机误差的影响规律,采用多次测量取平均值的方式削弱随机误差,确保最终检定结果的准确性与可靠性,为后续检定工作的优化提供数据支撑。

结束语

计量检定工作的核心目标是保障量值准确可靠,而误差控制是实现这一目标的关键环节。本文基于计量检定误差理论基础,系统分析了仪器设备、环境因素、方法标准、人员操作、数据处理五大类误差来源的产生机制与影响规律,明确了各类误差的核心特征与控制重点,针对性提出了对应的误差控制方法,构建了全方位的误差控制体系。未来,随着计量技术的不断发展,需进一步深化误差理论研究,优化误差控制方法,融入智能化技术,推动误差控制向精准化、自动化方向发展,为计量检定工作高质量发展提供有力支撑,保障量值传递的准确性与可靠性。

参考文献

- [1]栗洋洋.基于误差分析的电子天平计量检定方法[J].品牌与标准化,2025(6):267-269.
- [2]李婷.压力表检定过程中的常见误差来源与预防措施研究[J].仪器仪表用户,2024,31(12):61-63.
- [3]唐秋晨.数字指示秤的误差来源与检定方法研究[J].大众标准化,2024(5):184-186.
- [4]钱福颖.数字指示秤检定误差要素和减小措施[J].计量与测试技术,2024,51(5):84-86.