

仪器设备量值溯源在计量校准工作中的应用探析

张文杰

内蒙古中诚华信检测技术服务有限公司 内蒙古 海拉 021008

摘要：值溯源是保障仪器测量数据精准统一的关键技术，也是计量校准合规开展的重要基础。随着国内制造业与检测行业规范化升级，行业对仪器测量可靠性要求持续提高，量值溯源管控价值愈发明显。本文介绍量值溯源的概念、层级与技术形式，厘清其与计量校准的内在联系。结合行业发展现状，归纳现阶段溯源工作存在链条不完善、管理制度松散、人员能力不足、数字化水平偏低等问题。分析量值溯源在质量管控、误差修正、行业监督中的应用作用，并给出优化改进对策，以此完善校准作业流程，保障量值传递稳定，为计量校准行业规范化发展提供理论参考。

关键词：仪器设备；量值溯源；计量校准；量值传递；质量管控

引言：计量校准是工业质量管控与量值统一的重要技术保障，仪器精度直接决定校准数据可信度，而量值溯源可依托逐级比对方式关联国家计量基准，有效消除仪器系统误差。目前检测机构与生产企业仪器保有量持续增加，设备漂移、老化失准问题频发，部分机构存在溯源意识不足、流程不规范等问题，容易造成数据偏差，产生质量风险。基于此，本文梳理量值溯源应用逻辑，分析行业现存短板并制定优化方案，进一步强化仪器管控能力，提升校准工作精准度，推动计量行业标准化、科学化稳健发展。

1 量值溯源与计量校准相关概述

1.1 量值溯源基本内涵

量值溯源是指通过不间断的比较链，将测量结果溯源至国家计量基准或国际计量基准的过程，该比较链被称为溯源链，具备单向性、连续性、准确性三大特征。量值溯源核心目标是保障各类仪器设备测量结果统一、可靠、可对比，消除地域、设备、人员带来的测量偏差。溯源工作以法定计量规范为依据，通过检定、校准、比对等方式，判定仪器示值误差、稳定性、重复性等性能指标，明确设备误差范围。溯源对象涵盖工作计量器具、标准计量器具、辅助检测设备，覆盖长度、力学、温度、电磁、理化等多个计量领域。区别于普通设备检测，量值溯源强调层级传递关系，严格遵循从基准、标准器具到工作器具的逐级溯源逻辑，是计量领域的基础性技术工作。

1.2 量值溯源主要层级与方式

我国量值溯源层级分明，自上而下分为国家计量基准、社会公用计量标准、部门计量标准与工作计量器具，逐级完成量值传递与溯源，构成完整闭环体系。国家基准为最高等级，负责保存和定义量值。行业常用溯源方式分为检定、校准、能力验证、期间核查四类，检定具

备法律强制性，校准多用于普通仪器，也是机构主流方式；能力验证用于实验室比对，期间核查监控高频使用设备。不同溯源方式适配不同设备，需结合仪器精度、使用频率和工作环境合理选用，保障量值统一可靠^[1]。

1.3 计量校准工作基本流程

计量校准以评定仪器计量性能为核心，作业流程分为前期准备、校准实施、数据处理、证书出具四个阶段。前期需检查仪器状态、调控实验室环境，确认标准器具溯源合格且在有效期内。校准过程严格依照规范开展重复测量，精准记录原始数据，减少人为误差。数据阶段完成误差计算、数值修约及不确定度评定，判定仪器性能。最终出具带有溯源信息的正规校准证书。量值溯源贯穿整套校准流程，是保障校准作业合规、测量数据精准的重要前置条件^[2]。

1.4 量值溯源与计量校准的关联性

量值溯源与计量校准相辅相成、联系紧密，溯源是校准开展的基础，校准是溯源落地的载体。量值溯源为校准提供精准计量标准，未完成溯源的标准器具无法保障校准数据可信度；校准工作则为溯源提供应用场景，实现量值传递落地应用。管控层面，溯源把控仪器本身精度，校准评定设备使用性能，共同保障测量准确。同时溯源数据可为不确定度评定提供依据，校准偏差数据又能优化溯源周期，形成双向优化机制，二者协同构成计量量值管控核心体系。

2 仪器设备量值溯源在计量校准中的具体应用

2.1 保障校准数据精准可靠

精准的数据是计量校准工作的核心要求，量值溯源能够从源头控制误差，保障校准数据真实有效。仪器设备在长期使用中，受环境温湿度、振动磨损、电磁干扰影响，零部件易出现老化漂移，产生固定系统误差。通

过规范溯源流程,可精准测定仪器示值偏差,明确误差区间,为校准数据修正提供依据。同时溯源严格管控标准器具性能,杜绝超期、失准标准设备投入校准作业,降低基准误差。在高精度校准场景中,溯源链条的完整性直接决定数据不确定度等级,完整的溯源链可压缩误差范围,提升数据稳定性。行业实践证明,落实溯源管控能够大幅降低校准数据离散性,减少数据异常、结果失真等问题,保障校准结果具备法律效力与参考价值。

2.2 规范校准机构质量管理

正规计量校准机构需通过CNAS、CMA等资质认定,量值溯源是资质审核的硬性指标,也是机构内部质量管控的关键环节。溯源管理能够规范仪器采购、入库、使用、溯源、报废全生命周期流程,建立仪器台账,明确溯源周期、溯源机构、检定状态,实现设备动态管控。机构依托溯源数据划分设备管控等级,对高精度、高频使用仪器缩短溯源周期,强化管控力度^[3]。同时溯源记录可形成完整追溯档案,方便内审、评审、监管核查,优化内部管控体系。规范的溯源管理能够规避仪器混用、超期使用、随意调试等乱象,优化机构作业秩序,提升管理标准化水平,助力机构合规运营,增强行业公信力。

2.3 优化仪器设备使用与维护

量值溯源不仅用于判定仪器精度,还可反馈设备运行状态,为维护保养提供数据支撑。每次溯源比对可记录仪器误差变化趋势,技术人员结合偏差波动规律,判断设备老化程度、故障隐患,提前开展保养、调试、维修工作,避免设备带故障作业。针对稳定性较差的精密仪器,通过期间核查缩短溯源间隔,实时监控设备性能变化,降低突发失准风险。同时溯源结果可优化仪器使用方案,明确设备适用环境、测量量程、操作规范,减少不合理使用造成的损耗。合理利用溯源数据能够延长仪器使用寿命,降低设备采购与维修成本,平衡设备使用效率与管控成本,提升仪器资源利用效率。

2.4 支撑行业监督与市场公平

计量数据广泛应用于工业生产、贸易结算、环境监测、安全检测等领域,量值溯源能够统一行业量值标准,维护市场公平秩序。不同地区、不同机构的校准仪器通过溯源链接至国家基准,保障同类设备测量结果具备可比性,避免因量值不统一产生贸易纠纷、质量判定分歧。监管部门依托溯源记录开展行业抽查,核查仪器合规性,打击无证校准、虚假校准等违规行为,净化行业环境。在产品质量检测中,溯源合格仪器出具的数据可作为质量判定依据,为产品质检、风险排查、责任划分提供技术支撑。溯源体系的完善能够强化行业监管力度,规范

市场竞争秩序,保障生产经营活动合法合规开展。

3 现阶段量值溯源应用存在的问题

3.1 溯源重视程度不足,意识较为薄弱

当前多数中小校准机构与生产企业溯源认知不足,片面将量值溯源等同于普通仪器检测,忽视溯源链条的连续性。管理人员普遍存在重使用、轻管控的思想,为压缩成本刻意延后溯源,甚至违规使用超期仪器开展校准作业。一线人员专业培训不足,无法区分检定、校准、比对的适用场景,溯源方式选用不合理。多数企业缺乏常态化管控思维,仅在资质审核前集中完成溯源,日常监管松散,难以及时捕捉仪器性能波动,容易产生不合格校准数据,埋下质量隐患,阻碍行业规范化推进。

3.2 溯源管理制度不完善,流程不规范

中小计量机构普遍缺少完善的溯源管理制度,仪器管控标准模糊、作业流程混乱。仪器台账记录简单,缺少误差、维修、溯源时间等关键资料,追溯性较差。仪器送检、转运、存放防护措施不足,精密仪器易受环境振动、温度干扰产生附加误差。多数机构未实行分级管控,全部仪器采用统一溯源周期,高频精密仪器管控频次不足。同时期间核查落实不到位,仅依靠年度溯源,无法监控两次溯源间隔的仪器状态,仪器隐性失准难以排查,造成校准质量波动不稳定。

3.3 溯源链条存在断点,量值传递不连贯

完整溯源链是保障量值准确的基础,目前不少机构存在溯源断点问题。部分小众精密仪器缺少上级计量标准,只能依靠厂家校准,溯源权威性不足;部分机构合作第三方溯源单位资质不全,标准器本身未完成溯源,导致校准数据无效。此外,仪器维修调试后未重新溯源便投入使用,维修偏差无法评定,破坏溯源链条完整性^[3]。溯源链条断裂会造成量值传递失真,不同机构测量数据偏差较大,数据难以互认,降低校准结果公信力,不利于计量行业协同统一发展。

3.4 数字化水平偏低,溯源信息化滞后

目前多数计量机构仍沿用人工登记、纸质存档的传统管理模式,数字化溯源建设滞后。人工记录容易出现错记、漏记,仪器有效期管控不及时。溯源数据分散存放,未建立统一数据库,难以统计分析仪器误差变化规律。溯源系统与校准业务系统相互独立,仪器合规状态无法实时同步,存在超期仪器误用风险。同时老旧仪器缺少数据传输功能,不能实现自动化监测,全程依靠人工管控。落后的信息化手段难以满足新时代计量精细化、智能化管控要求,制约溯源管理效率提升。

4 优化量值溯源在计量校准中应用的对策

4.1 强化溯源意识,明确管控责任

提升溯源管控水平首先要强化全员溯源意识,树立科学计量管控理念。机构需定期开展计量法规、溯源知识专项培训,讲解溯源原理、方式、规范,区分检定与校准适用场景,提升管理人员、操作人员专业认知。明确岗位职责,划分仪器管控责任,将溯源执行情况纳入绩效考核,杜绝随意拖延溯源、违规使用仪器等行为。加大溯源资金投入,合理规划溯源周期,杜绝片面压缩成本忽视溯源质量的行为。同时通过行业宣讲、案例科普,普及溯源对校准质量、生产安全的重要意义,转变粗放管理思维,形成全员重视、全员管控、全员负责的溯源管理氛围,夯实溯源工作开展基础。

4.2 完善管理制度,规范溯源流程

结合机构业务范围与仪器类型,搭建标准化溯源管理制度,细化管控细则。建立精细化仪器台账,完整记录仪器型号、精度、采购时间、溯源记录、维修情况、使用状态,实现一台一档、动态更新。依据仪器精度、使用频率、工作环境划分管控等级,精密高频仪器缩短溯源周期,常规仪器采用标准周期管控,实行差异化管理。规范送检流程,选用具备法定资质的溯源机构,做好仪器运输、防护、验收工作,减少附加误差。完善期间核查制度,在两次溯源间隔期抽检稳定性,及时排查仪器漂移问题。明确溯源合格判定标准,不合格仪器立即停用维修,复检合格后方可复用,保障投入校准作业的仪器全部合规。

4.3 补齐溯源链条,保障量值连贯

针对溯源断点问题,多措并举完善溯源链条,实现量值完整传递。特殊小众仪器优先对接国家级、省级专业计量院所,依托专项标准完成溯源;无对应国家标准的仪器,采用比对试验、能力验证方式辅助判定设备精度,留存比对记录作为溯源依据。严格筛选溯源合作机构,核查资质证书、标准器溯源证明,杜绝无资质机构开展溯源作业。建立仪器维修复检制度,设备调试、维修后必须重新溯源,判定合格后方可投入使用,避免维

修偏差影响测量结果。定期梳理溯源链条,排查资质失效、标准缺失、流程断层等问题,优化溯源链路,保障量值传递连续、准确、可追溯^[4]。

4.4 推进数字化建设,提升管控效率

顺应行业数字化发展趋势,搭建智能化溯源管理平台,实现仪器溯源信息化管控。录入全部仪器基础信息与溯源记录,系统自动判定溯源有效期,到期推送提醒,杜绝超期使用。打通溯源系统与校准作业系统数据通道,实时同步仪器合规状态,锁定不合格仪器作业权限。接入智能传感设备,实时监测实验室环境参数与仪器运行状态,自动采集偏差数据,生成溯源分析报表,研判设备老化规律。实现溯源档案电子化存储,简化查询、调取、审核流程,减少人工失误。同时做好数据加密、备份工作,保障溯源档案安全完整。数字化改造能够简化管控流程,提升溯源精准度与工作效率,推动溯源管理向智能化升级。

结束语

本文系统探析仪器设备量值溯源在计量校准工作中的应用,梳理溯源基本概念、层级方式,阐明溯源与校准的内在关联,总结溯源在数据管控、机构管理、设备维护、行业监督方面的应用价值。未来计量机构需持续强化溯源管控意识,完善管理制度、补齐溯源链条、推进数字化升级,构建规范化、智能化、全闭环溯源管控体系,不断提升校准工作质量,为工业生产、质量检测、行业监管提供可靠计量支撑,助力计量行业长效稳健发展。

参考文献

- [1]高伟,郑鹏,杨绪,等.流速类监测仪器量值溯源方法研究[J].水电站机电技术,2026,49(1):86-90.
- [2]王谷雨.法定计量检定机构的仪器设备管理[J].设备管理与维修,2023(12):30-32.
- [3]安娜,徐成智,王尚德.检测机构仪器设备的计量检定及校准管理策略[J].品牌与标准化,2024(2):132-134.
- [4]王小丽.法定计量检定机构仪器设备全生命周期计量管理策略[J].机械工业标准化与质量,2025(5):43-45.