

电子信息技术提升计量检测效率的实践探索

雷晓慧

玉林市检验检测研究院 广西 玉林 537000

摘要：传统计量检测还停留在人工操作阶段，流程走起来费事、误差不好控制、数据各自为政、智能化也没跟上，拖了检测质量和效率的后腿。从计量检测效率评价和数字化技术理论出发，先把传统检测的短板和卡脖子因素理清楚，再看物联网、大数据、人工智能和远程通信这些技术能不能派上用场，探索一套能落地的数字化智能化赋能路径。实践下来，电子信息技术确实能优化检测流程、减少人为偏差、压缩检测周期，为计量检测的提质增效和数字化转型提供了一些实实在在的参考。

关键词：电子信息技术；计量检测；提升效率；实践应用

引言：计量检测是量值准确、行业规范和质量管理的基础性工作。现在的问题是，传统方式太依赖人工，流程标准化不够，数据也管得粗放，越来越跟不上各行业高精度、高效率、大批量的检测需求。这几年数字技术发展得快，物联网、人工智能这些电子信息技术成熟，给计量检测的改造升级带来了技术上的可能。基于这个背景，把相关技术原理和融合逻辑理一理，挖一挖电子信息技术究竟怎么帮计量检测提效率，回应一下行业智能化、数字化升级的现实需要。

1 相关理论与技术基础

1.1 计量检测核心理论与效率评价体系

(1) 计量检测的基本内涵是用标准器具与被测对象做量值比对，得出准确可靠的测量结果。工作流程包括任务受理、方案设计、器具配备、数据采集、结果判定和证书出具等环节，行业层面以《计量法》和各类计量技术法规(JJF、JJG)为统领，确保检测行为的合法性和结果的可追溯性。(2) 计量检测效率的评价可以从时效、精度、误差和成本四个维度来看。时效指标看单次检测周期和批量处理能力；精度指标看测量结果跟实际值之间的接近程度；误差指标涵盖系统误差、随机误差和不确定度评定；成本指标则包含设备折旧、人力投入、耗材消耗和时间机会成本。四者合在一起，构成了效率衡量的完整框架。(3) 计量检测质量和效率要协同提升，有一个基本前提——质量保障是效率提升的底线，效率优化不能以牺牲精度和可靠性为代价。基本思路是通过流程再造、标准化作业和技术赋能，让质量和效率互相促进、动态平衡。

1.2 核心电子信息技术原理

(1) 物联网技术靠射频识别(RFID)、传感器网络和无线通信协议，实现检测设备的状态感知、数据实时采集和互联互通，给计量检测的远程监控和自动化运行提供底层感知支撑。(2) 大数据与云计算依托分布式存储和并行计算框架，对海量检测数据进行高效存储、快速检索和深度挖掘。云平台提供弹性扩展的计算资源，支撑大规模计量数据的集中管理和跨区域协同处理。(3) 人工智能和OCR识别技术通过深度学习算法构建检测数据的智能判读模型，自动识别仪表读数、刻度偏差和异常模式，还能基于历史数据做误差趋势预测和自动校准参数优化，检测智能化水平明显提升^[1]。(4) 远程通信与数字化管控借助5G、工业以太网和区块链等手段，实现检测现场与管控中心之间的实时数据交互，为在线检测、远程溯源和全生命周期质量管控提供技术支撑。

1.3 电子信息技术与计量检测的融合逻辑

(1) 技术融合对传统检测流程的优化，主要体现在几个方面：自动化数据采集替代人工读数，云端协同替代单机作业，智能判读替代经验判断。这样一来，检测周期缩短了，人为干预减少了，数据的真实性也上来了。(2) 数字化技术补上了传统计量检测的几块短板——数据孤岛、实时性差、追溯困难。通过全流程数字化记录和区块链存证，检测数据做到了可追溯、不可篡改，全生命周期管理也有了抓手。(3) 智能计量检测体系的架构按“感知层—网络层—数据层—应用层”四层来走。感知层负责信号采集，网络层负责数据传输，数据层做清洗和存储，应用层完成分析、决策和反馈，形成一个闭环的智能检测生态。

2 传统计量检测现状及效率制约因素分析

2.1 传统计量检测工作开展现状

(1) 传统计量检测的基本流程是“人工送检—实验室检定—人工出证”，具体环节包括送检登记、器具交接、人工操作检测、手动记录数据、计算处理、合格判定和证书出具。整个流程是线性串联的，各环节之间靠纸质单据或简单电子表格传递信息，协同效率不高，整体周期偏长。(2) 人工主导的检测模式在中小型计量机构和现场巡检场景中仍很普遍，尤其在非标器具检测、复杂环境适应性判断和小批量多样检测任务中比较常见。运行特点是检测过程依赖技术人员的经验和操作熟练度，仪器操作、读数判读、数据记录和异常处理都靠人工完成，灵活性不错但标准化程度不够，检测质量受人员状态和技能水平的影响比较大。(3) 现阶段计量检测的信息化基础还比较薄弱。多数基层机构配了计算机、打印机和基础办公软件，有的单位也上了简单的设备管理系统或证书打印系统，但整体信息化覆盖度有限。系统之间数据接口不统一，设备数字化输出能力也跟不上，检测原始数据主要还是纸质的，离全流程数字化管控还有不小差距。

2.2 传统计量检测效率存在的突出问题

(1) 人工操作占比高，检测周期长，人力成本也高。从器具安装、参数设置到数据读取、结果判定，每个环节都得技术人员全程盯着，单件检测耗时就不短。批量检测的时候人力投入跟着线性往上走，机构人力成本居高不下，检测效率很难有质的提升。(2) 数据采集、记录、传输都靠人工，误差率高，一致性也差。检测数据靠人看、靠人手抄，视差、笔误这些差错很难完全避免；不同人员的读数习惯和判读标准也不一样，数据的一致性和重复性难以保证，直接影响了检测结果的可靠性和可比性。(3) 检测设备各跑各的，没有联网，做不了实时监测和动态溯源。现有仪器大多是离线单机设备，没有统一的联网能力，设备状态和测量数据没法实时传到管理系统，检测过程缺乏透明化监控，溯源链的连续性和实时性都跟不上^[2]。(4) 数据归档和证书生成流程繁琐，智能化程度不够。检测完了以后，数据整理、统计分析、报告编制这些后续工作还是靠人来做，证书格式不统一、模板化程度低，重复劳动量大，严重拖累了检测全流程的整体效率。

2.3 计量检测效率的核心制约因素

(1) 技术层面：设备数字化程度低，技术适配性不足。大量检测设备没有数字接口或者通信协议不开放，

数据自动采集和设备互联难以实现；电子信息技术和计量检测场景的融合方案也还不够成熟。(2) 流程层面：检测流程的标准化和数字化体系不完善。各机构执行标准不统一，流程设计差异大，缺少面向数字化运行的标准化作业流程体系，自动化、智能化技术的大规模应用推广受到制约。(3) 管理层面：信息化管控机制缺失，数据利用率低。计量检测数据大多只用来出证书，缺乏深度分析和二次利用的机制，质量控制、趋势预测和管理决策都缺少有效的数据支撑。(4) 人员层面：既懂计量又懂数字化的复合型人才储备不足。现有从业人员大多只有计量专业背景，对物联网、大数据、人工智能这些新技术的掌握不够，技术落地的最后一公里缺人才。

3 电子信息技术提升计量检测效率的实践应用

3.1 基于物联网的自动化数据采集实践

(1) 智能传感器与 PLC 设备已经在一线检测工位落地应用了。做法是在检测工位上装数字式温度、压力、位移这些智能传感器，把老式的模拟仪表换掉，物理信号直接转成数字信号；PLC 作为现场数据采集终端，按预设逻辑程序控制检测流程，多通道并行采集数据，单位时间的数据吞吐量明显上来了。目前一些检测机构已经在环境试验设备校准、力学性能测试这些场景批量部署了智能传感终端。(2) 数据采集、传输和更新的链路是通的：传感器采集的数据经由 RS-485、Modbus、CAN 等工业现场总线或者无线组网，实时汇聚到边缘计算网关，再通过 MQTT 等轻量级物联网协议上传到中心管理系统。整个流程做到了数据“产生即采集、采集即传输、传输即更新”，人工二次录入的环节彻底绕开了，数据的鲜活度和时效性都有保障^[3]。(3) 自动化采集对检测时效和精度的提升很直观。时间上，单件检测数据录入从人工平均 30 秒以上缩短到毫秒级，批量检测场景效率提升数倍甚至数十倍；精度上，人工读数的视差、记录笔误这些随机误差被消除了，数据分辨率和重复性都有明显改善。

3.2 大数据与云计算技术的检测数据处理实践

(1) 在云端存储和管理上，依托 Hadoop 分布式文件系统或对象存储服务搭建计量检测数据湖，按器具类型、检测项目、时间维度、客户属性等多级标签建索引，数据归档效率高、检索快、长期保存也安全，为后续数据分析打好了底。(2) 大数据算法在误差分析和异常甄别上主要用统计过程控制和聚类分析，对历史检测数据做深度挖掘，自动识别超出合理阈值的异常值，再结合残差分析和置信区间评估，精准定位系统误差漂移和粗大误差点，人为漏判误判的风险降下来了，检测结

果的可靠性也上去了。(3)数据共享平台把分散在不同系统、不同格式的检测数据整合起来,形成统一的数据中台,提供统一的服务接口。跨部门、跨区域的检测机构通过平台共享资源、互认比对数据、协同调度任务,整体协作效率提高了不少。

3.3 人工智能与数字化技术的智能检测实践

(1) OCR 识别技术在仪表读数上的应用已经比较成熟了。针对指针式仪表和数字显示设备,用基于深度学习的目标检测和文字识别算法(如 CRNN+CTC),摄像头采集仪表图像,经过预处理、文本定位和字符识别后,自动转成结构化数字记录。规范光照条件下识别准确率能达到 99% 以上,读数效率和标准化水平都上去了。(2) AI 算法在检测流程优化上主要体现在两个方面:一是基于机器学习的校准参数预测模型,根据历史校准数据自动生成校准曲线,动态优化校准周期和修正系数;二是 AI 质控模型实时监控检测过程的稳定性,发现异常趋势主动预警并建议复测,质量控制的智能化闭环管理就起来了^[4]。(3) 数字孪生技术把检测搬到虚拟空间里先跑一遍。建好检测设备、被测对象和环境条件的数字孪生模型,在虚拟场景中完成检测方案的模拟验证和参数优化,预判可能出现的测量偏差和干扰因素,再反过来指导实际检测中设备怎么布、流程怎么调。试错成本降下来了,一次通过率也上去了。

3.4 远程在线计量检测体系的实践构建

(1) 远程通信技术把无人化和在线化检测落地了。依托 5G 高速低延迟通信和虚拟专用网络安全隧道,检测中心可以远程操控部署在工厂车间、野外站点等远端现场的智能检测终端,技术人员不用到场就能完成设备参数下发、检测任务启动和过程数据获取,真正做到了无人值守检测。(2) 智能检测系统在检测完成后自动完成数据处理、结果判定和不确定度评定,一键生成符

合计量技术规范要求的检测报告和校准证书。传统模式下人工编报告的大量重复劳动被省掉了,出证周期从天级压缩到小时级甚至分钟级^[5]。(3) 远程溯源体系基于区块链和数字签名技术,把检测全过程的原始数据、操作日志、环境参数这些信息做可信存证,形成不可篡改的溯源链条。用户通过远程平台就能实时查检测进度、调阅原始记录、验证证书真伪,服务的透明度和运行效率都上来了,计量检测从“被动响应”转向了“主动服务”。

结束语

把电子信息技术的融合应用价值系统梳理了一遍,讲清楚了传统检测模式的短板和痛点,也证明了数字化技术在优化流程、提高精度、降低成本这几个方面确实管用。通过多技术融合的实践,搭起了一套智能化、远程化的计量检测运行体系。后续还得继续推进技术适配和优化,把数字化作业标准补一补,加紧培养既懂计量又会数字化的复合型人才,把数据价值进一步挖出来,推动计量检测行业往高质量、智能化、可持续的方向走。

参考文献

- [1] 喻准, 杨广益, 刘慧超. 电能质量分析仪远程在线校准平台的设计与实现 [J]. 计量科学与技术, 2024, 68(09): 45-51.
- [2] 伍开宇, 朱海清, 沈晓东. 基于机器视觉的指针式压力表智能检定系统研究 [J]. 计量学报, 2022, 43(11): 140-145.
- [3] 李凯, 张鑫, 赵阳. 全智能化压力表检定系统研究与实现 [J]. 计量科学与技术, 2025, 69(02): 32-38.
- [4] 陈雷, 张茂帆, 刘慧伟. 检验检测行业数字化转型发展的若干思考 [J]. 质量与认证, 2023, 7(06): 50-52.
- [5] 周思远, 吴佳伟. 数字化技术在工业计量检定中的应用与效率优化研究 [J]. 中国计量, 2023, 9(09): 78-81.