

“仪器仪表智能化全场景计量技术的研究与应用”成果登记公示信息

成果名称:	仪器仪表智能化全场景计量技术的研究与应用
完成单位:	广东省世通仪器检测服务有限公司
完成人员:	冯社雄,廖平,田凯明,区海辉,朱萌,黄致广,庞森,张龙,谭宁易,梁东成,谢国平
研究起止日期:	2023-03-01 至 2025-04-30
成果应用行业:	制造业
高新技术领域:	电子信息
评价单位:	中科汇创(河南)科技评价中心有限公司
评价日期:	2025-05-30
成果简介:	<p>一、课题来源与背景</p> <p>1、技术趋势推动行业升级</p> <p>随着物联网、人工智能、云计算等技术的深度融合,仪器仪表行业正向智能化、网络化、高精度化方向加速演进。以5G物联网技术为例,推动了远程监控和实时数据交互需求,而人工智能算法的引入则催生了动态自适应校准、多模态数据融合等前沿研究方向。据国家863计划及《智慧地球》战略规划,高精度传感器、边缘计算模块和智能通信协议已成为行业技术突破的核心方向。</p> <p>值得关注的是,虚拟仪器技术(如LabVIEW)通过软硬件解耦显著降低了开发门槛,但现有平台在多源异构数据整合、实时反馈闭环等方面仍存在技术缺口。同时,低碳经济与智能电网的兴起,对仪器仪表的能效管理和环境适应性提出了更高要求。</p> <p>2、市场需求多样化的要求</p> <p>工业领域:高端制造、新能源、航空航天等行业对仪表的测量精度要求已提升至0.05%甚至更高,且需适应高温、腐蚀、电磁干扰等复杂工况。半导体行业中,制造过程的温度校准需达到$\pm 0.1^{\circ}\text{C}$的超高精度,而智能电网场景则要求设备支持毫秒级动态响。</p> <p>医疗与环保:医用生化分析仪需实现多参数同步校准,环保监测设备则需兼顾微型化与抗恶劣环境能力。此外,双模校准(接触式+非接触式)需求在工业现场检测中激增,但市场尚未形成标准化解决方案。</p> <p>国产替代压力:当前70%-80%的高端仪器仪表依赖进口,尤其在光谱分析仪、高精度流量计等领域,进口设备价格高昂且维护成本高。</p> <p>二、技术原理与性能指标</p> <p>1、智能校准算法核心原理</p> <p>基于深度学习与多传感器融合技术,构建动态误差补偿模型。通过卷积神经网络(CNN)分析电磁干扰、温度漂移等非线性误差源,结合自适应卡尔曼滤波算法实现实时误差修正,使校准精度提升至0.05%级。</p> <p>2、虚拟仪器平台架构</p> <p>采用“FPGA+边缘计算”异构计算框架,通过LabVIEW与Python混合编程实现硬件抽象层(HAL)。支持多协议适配(Modbus、OPCUA),并集成基于强化学习的设备健康管理模块,实现硬件资源利用率提升40%。</p> <p>3、双模校准协同机制</p> <p>建立接触式(压电传感)与非接触式(红外/激光)双模校准的物理场耦合模</p>

型，通过有限元分析优化探头布局，抑制电磁-热场交叉干扰。采用时分复用技术实现双模信号同步采集，同步误差<10ns。

4、性能指标

技术维度	性能指标	对比传统技术提升
校准精度	0.05%（压力）/±0.1℃（温度）	300%
响应速度	多模态数据融合耗时<50ms	400%
环境适应性	工作温度-40~85℃/IP67 防护等级	200%
双模协同误差	时空同步误差<0.1 μm/10ns	突破性技术

三、技术的创造性与先进性

1、全场景动态校准技术的突破性重构

传统校准系统普遍存在场景适应性差、人工干预度高的问题，本课题通过构建“多模态感知+自适应补偿”的智能校准体系，实现了计量技术从实验室环境到复杂工业场景的跨越式创新。

2、虚拟仪器平台的异构协同架构创新

针对现有虚拟仪器平台数据处理能力碎片化的问题，本课题构建了“FPGA+边缘计算+云平台”三级协同架构。该架构通过硬件抽象层（HAL）技术实现多协议兼容，支持 Modbus、OPC UA、MQTT 等 7 类工业通信协议的即插即用，设备接入效率提升 60%。

3、双模校准设备的物理场解耦技术

首次提出“时空分域+场强抑制”的双模协同理论，攻克了接触式与非接触式校准设备集成难题。通过有限元仿真构建电磁-热-力多物理场耦合模型，优化设计了具有电磁屏蔽与热传导双功能的探头结构，使双模工作时交叉干扰降低至 0.3%以下。

4、全生命周期自主可控技术体系

构建了从芯片级到系统级的国产化替代方案：基于 RISC-V 架构研发的计量专用 SoC 芯片，集成 24 位高精度 ADC 和硬件加密模块，关键指标超越 TI 同类型产品 15%；开发的支持国密算法的数据安全网关，实现校准数据从采集到存证的全流程加密，满足 GB/T 37277-2018 信息安全标准。

四、应用情况

随着工业 4.0、智慧城市和“双碳”目标的推进，智能化全场景计量技术将成为推动产业升级的核心支撑。该技术通过融合人工智能、物联网和虚拟仪器等前沿手段，在多个领域展现出广阔的应用潜力。