

基于 AI 大模型的计量检测机构智能化升级路径探索

□王惠君 王凯 武宏璋 李玉红 吴姣

(西安计量技术研究院, 陕西西安 710068)

【摘要】针对传统计量检测行业面临的人工依赖度高、数据孤岛严重、决策滞后等发展瓶颈,文章对基于AI大模型技术的计量检测机构智能化升级场景、方案及路径进行探索,旨在破解业务流程低效、合规风险及设备管理粗放等核心痛点。通过融合多模态感知与自然语言处理技术,实现检测样品信息智能识别与委托单自动生成。创新应用检索增强生成(RAG)技术构建证书模板库,缩短证书审核周期。在设备管理领域,构建机器学习预测模型动态优化溯源周期,提升计量标准器使用效率。文章研究“数据采集-智能决策-设备管理”的完整技术框架,为行业智能化转型提供可复用的方法论体系。

【关键词】大模型; 计量检测; 智能化升级; 多模态融合

文献标识码: A

文章编号: 1003-1870 (2025) 06-0047-03

Exploration of Intelligent Upgrading Path for Metrology and Testing Institutions Based on AI Large Model

【Abstract】In view of the development bottlenecks faced by the traditional metrology and testing industry, such as high human dependence, serious data islands, and lagging decision-making, this paper explores the scenarios, schemes, and paths for intelligent upgrading of metrology and testing institutions based on AI large model technology, aiming to crack core pain points such as inefficient business processes, compliance risks, and extensive equipment management. Through the integration of multi-modal perception and natural language processing technology, intelligent identification of test sample information and automatic generation of entrustment orders are realized; a certificate template library is constructed by innovatively applying the retrieval-augmented generation (RAG) technology to shorten the certificate review cycle; a machine learning prediction model is built in the equipment management field to dynamically optimize the traceability cycle and improve the use efficiency of standard measuring instruments. This paper studies the complete technical framework of "data acquisition-intelligent decision-making-equipment management" to provide a reusable methodology system for the intelligent transformation of the industry.

【Keywords】large model; metrology and testing; intelligent upgrading; multi-modal fusion

引言

当前,传统计量检测行业正面临数字化转型的迫切需求:据国家市场监管总局统计,2023年我国检验检测机构平均人工成本占比达58.7%,而设备使用效率不足60%。传统作业模式存在三大核心矛盾:

一是业务流程人工依赖度过高导致效率瓶颈,如委托单录入错误率达3.2%;二是数据孤岛现象严重,检测数据与设备状态信息关联分析缺失;三是决策机制经验化导致资源配置滞后,标准器溯源周期偏离实际需求达30%^[1]。随着ISO/IEC 17025:2017新版标准

的实施，对检测数据追溯性、流程规范性提出更高要求，倒逼行业构建智能化解决方案。

AI 大模型技术的突破为行业转型提供新动能：在数据处理方面，DeepSeek 等模型在数值分析领域达到97.3%的准确率^[2]。在知识管理方面，Qwen-VL 多模态模型可实现图文混合信息的高精度解析。本研究通过构建“AI+ 计量检测”融合框架，探索智能化升级的技术路径与实践方案，推动行业向“数据-知识双驱动”范式转型。

1 业务痛点分析

1.1 委托受理

当前，计量检测机构的委托受理流程高度依赖人工操作，业务人员需手动录入客户信息、检测项目及参数要求，大量录入委托单时极易产生输入错误（如技术参数混淆、委托信息遗漏等）。此外，数据来源碎片化问题突出：企业送检数据、实验室设备原始记录、计量标准器溯源报告等分散在Excel 表格、纸质委托单及各孤立的信息系统中，缺乏统一的数据接口与标准化清洗机制。

1.2 证书管理

计量检测机构的证书及电子原始记录生成环节普遍采用固定模板嵌套数据的方式，但检测项目参数差异需频繁调整模板格式，检定/校准员日均需处理50 份以上证书，耗时占整体流程的40%。合规性验证更成为瓶颈：ISO/IEC 17025 标准要求每份报告需核对设备校准状态、方法标准有效性等10 余项要素，人工逐项比对，导致单份报告审核周期长达2 小时。部分机构因计量标准库或计量检定依据信息更新滞后，出现引用已废止版本的情况，从而给委托机构造成巨大损失^[3]。

1.3 设备管理

传统计量标准设备管理模式依赖固定周期的溯源计划（如每12 个月1 次），无法根据实际使用频率和环境变化动态调整。据某地市级机构统计显示，其30% 的标准器因实验室温控波动导致性能漂移，但溯源周期内无法识别异常，致使检测结果偏差率上升至2.3%^[4]。此外，计量标准设备状态监控仍停留在纸质台账阶段或孤立的信息系统，故障响应时间长，严重影响计量检测任务连续性。

1.4 数据分析

计量检测机构年均产生数十万甚至超百万条检

测数据，但90% 以上仅用于报告存档，未建立关联分析与趋势预测模型^[5]。例如，某汽车零部件检测中心积累的10 年扭矩检测数据，因缺乏聚类分析能力，未能识别出特定材料在高温环境下的失效规律，导致客户产品召回，损失超千万元。此外，计量标准建立与检测资源配置决策多依赖经验，无法通过历史数据及政策要求预测区域市场需求。

2 智能化升级需求

2.1 业务委托降低人工干预

通过图像校正工具对仪器设备铭牌图片做预处理，接着利用QwenVL 等信息识别引擎进行信息识别，最后通过大语言模型实现结构化数据提取，从而实现检测样品关键参数字段提取与委托信息的自动录入。

2.2 检测证书报告智能化检查

根据ISO/IEC 17025 标准、计量技术规范及计量检测机构内部管理体系要求，对检定、校准证书（含原始记录）设计核心规则校验，如证书报告中计量单位表述错误、检定项目数据不全、校准证书无测量结果的不确定度信息等问题。并根据不同问题给出建议的处置方式，如计量单位表述错误给出自动修正建议，对检定数据不全则直接冻结审批流程等。

2.3 预测性设备管理

基于计量标准设备使用日志与检测结果训练预测模型，在计量检定规程要求下，动态调整溯源周期，并提前3 天预警潜在故障；通过历史检测数据挖掘区域性需求热点；通过历史委托检测数据，分析计量标准设备的使用频率与溯源检测时间，合理规划溯源送检时间，提高计量标准设备使用率^[6]。

3 AI 大模型接入方案设计

3.1 业务流程智能自动化

结合图像识别算法和AI 模型的自然语言处理（NLP）技术，对多样复杂的计量检测样品实现铭牌信息或重点技术参数提取生成委托单，实现业务受智能化及非结构化数据标准化转换。

在证书报告初稿创建方面，AI 大模型基于历史模板库与RAG（检索增强生成）技术，可智能匹配相似检测案例，并根据计量标准设备溯源信息，自动填充检测数据并生成合规证书初稿。同时，基于多模态数据处理技术，集成文本、图像及传感器数据解析能力，兼容实验室质谱仪、光谱仪等异构设备的原始记录输出格式，智能更新检测证书初稿。系

统通过API对接国家标准库，实时更新法规要求，避免引用废止标准版本的风险^[7]。

在对计量标准设备的资源动态调配中，系统针对历史工单数据进行聚类算法，结合检测样品的检定周期，分析检测样品的检测周期规律，预测区域业务高峰（如压力表、热能表等），并生成设备与人员调度方案。同时，根据计量标准设备溯源周期与历史溯源数据（如溯源检定机构，溯源所需时间等），以及计量标准设备使用数据，结合遗传算法优化计量标准设备的溯源排程，提高标准设备使用率^[8]。

3.2 证书报告智能化检查

首先，多源数据对接和建模映射完成数据集成和标准化。通过API接口，整合计量业务管理系统及检定校准装置输出数据流，实现检测数据的实时同步，并配置数据清洗规则，将单位符号及时间格式等统一化。同时，为证书报告和原始记录创建规则映射关系库，对涉及的字段关联检查规则。其次，根据ISO/IEC 17025标准、计量技术规范及计量检测机构内部管理体系要求，实现规则校验引擎和智能校验模型。其中规则校验引擎包含基础规则库，如数值逻辑验证、文档完整性检查及格式规范检查等，以及规程符合性验证，如检定依据有效性检查、设备适配性验证等。智能校验模型根据跨文档检查等对证书结论与原始记录进行比对，并针对现行计量技术规范，智能化更新规则引擎。

3.3 构建知识库辅助决策

在员工培训知识库方面，AI模型整合计量技术规范、历史案例及技术委员会专家经验，关联计量检测方法、设备参数与法律法规，构建动态知识库^[9]。新员工可通过智能问答系统获取实时指导，从而缩短培训周期。

在管理层决策看板方面，系统生成动态可视化报表（如检测中心委托增长率、设备利用率热力图、区域计量建标增长率等），并基于时间序列模型预测市场趋势。通过该功能优化设备采购计划，可大幅节约成本。

4 结语

在数字化转型浪潮下，计量检测机构智能化升级已成为破解传统业务痛点的必由之路^[10]。本文通过分析行业在效率瓶颈、数据孤岛及人力依赖等方面的核心挑战，提出基于AI大模型的系统性解决方案：

通过多模态感知技术，实现检测数据的实时解析与跨模态关联，依托本地化私有部署保障数据安全与业务深度适配，并借助混合专家系统与强化学习机制提升复杂场景的决策精度。然而，智能化转型仍需应对算力资源约束、算法误判修正及伦理风险等挑战。未来，通过构建“人机协同”的增量学习框架，配置“性能×性价比”最优解的优异模型，优化轻量化模型部署，并完善数据分级与隐私保护机制，计量检测机构将进一步释放AI潜能。

参考文献

- [1] 国家市场监督管理总局. 2023年度全国检验检测服务业统计报告[R]. 北京: 中国标准出版社, 2024.
- [2] 深度求索公司. DeepSeek-Math技术白皮书[Z]. 2023.
- [3] 姚新宇, 柯庚平, 王滔等. 计量证书常见错误探析[J]. 中国计量, 2024, (09): 75-77.
- [4] 邱志彬. 计量标准器的溯源及证书确认[J]. 中国计量, 2025, (01): 64-66.
- [5] 张博, 戴群特, 唐巨惠等. 生成式人工智能给合格评定带来的机遇与挑战[J]. 中国市场监管研究, 2024, (06): 80-84.
- [6] 卢润坤, 陈金忠, 张玉媛等. “人工智能+”赋能特种设备全生命周期高质量发展[J]. 中国市场监管研究, 2024, (06): 38-43.
- [7] 周飞, 杨正菊, 魏周华. 检验检测行业的智慧化监督管理探索[J]. 中国医疗器械信息, 2024, 30(09): 148-150.
- [8] 欧阳壮, 王荣峰, 文浩. 浅谈建立数字化计量技术供给溯源体系[J]. 中国计量, 2024, (10): 58-61.
- [9] 张亮, 陈希聪. 生成式人工智能背景下的跨境数据安全规制——基于DeepSeek、ChatGPT等主流AI的思考[J]. 湖北大学学报(哲学社会科学版), 2025, 52(02): 120-128+199.
- [10] 周自力, 缪寅宵, 刘民等. 计量筑基新质生产力促进可持续发展[J]. 中国计量, 2024, (05): 6-36.

作者简介

王惠君，工程师，现供职于西安计量技术研究院。研究方向：信息化与计量。