

doi: 10.12452/j.fxcxb.26071602

“数字化+AI”助力检验检测机构质量体系 绿色构建与合规实践

杨 熙¹, 刘欣欣², 贾 丽³, 朱琳娜³, 曾 莉^{1*}

(1. 广东省科学院测试分析研究所(中国广州分析测试中心), 广东省化学测量与应急检测技术重点实验室, 广东 广州 510070; 2. 中国检验认证(集团)有限公司, 北京 100028; 3. 北京市科学技术研究院分析测试研究所(北京市理化分析测试中心), 北京 100089)

摘要: 检验检测行业在监管趋严与“双碳”目标叠加下, 正从规模扩张转向质量与效率并重。传统以人工为主的管理体系在人员能力、任务闭环、风险预警、档案管理和监督模式等方面暴露出难以为继的问题, 已成为机构合规与绿色转型的瓶颈。该文以GB/T 27025-2019与《检验检测机构资质认定评审准则》(2023)为基线, 结合T/GDSZ 007-2025《检测机构管理体系数字化系统的通用要求》等新兴标准, 辨析检验检测机构在构建数字化、智能化绿色实验室质量体系过程中面临的关键难点, 并从标准适配、流程固化、数据闭环及人工智能赋能4个维度给出可行的解决思路与实践路径。文中以多家机构的实施经验为例, 说明将合规要求前置到业务流程、以数据驱动持续改进, 能够在控制资质风险的同时压降管理成本、支撑碳足迹量化, 为行业数字化转型提供参考。

关键词: 检验检测机构; 质量体系; 数字化; 人工智能; 绿色实验室

中图分类号: O657 **文献标识码:** A **文章编号:** 1004-4957(2026)10-2315-08

Difficulties and Practices in Building Green Laboratory Quality Management Systems for Testing Institutions Enabled by Digitalization and Artificial Intelligence

YANG Xi¹, LIU Xin-xin², JIA Li³, ZHU Lin-na³, ZENG Li^{1*}

(1. Guangdong Provincial Key Laboratory of Chemical Measurement and Emergency Test Technology, Institute of Analysis, Guangdong Academy of Sciences(China National Analytical Center, Guangzhou), Guangzhou 510070, China; 2. China Certification & Inspection(Group) Co., Ltd., Beijing 100028, China; 3. Institute of Analysis and Testing, Beijing Academy of Science and Technology(Beijing Center for Physical and Chemical Analysis), Beijing 100089, China)

Abstract: Under several pressures such as tightening regulations, carbon peaking, and neutrality goals, the testing and inspection industry is shifting from scale expansion to a balanced pursuit of quality and efficiency. Traditional manually operated management systems have unsustainable weaknesses in personnel competence, task closure, risk warning, archive management, and supervision, which have become bottlenecks for compliance and green transformation. Anchored on GB/T 27025-2019 and Criteria for the Accreditation of Testing Institutions(2023) and informed by emerging standards such as the T/GDSZ 007-2025 General Requirements for the Digital System of the Management System of Testing Institution, this paper identifies the key difficulties faced by testing institutions while building digitalized and intelligent green-laboratory quality systems. Moreover, the paper proposes workable solutions and practices along four dimensions: standard adaptation, process solidification, closed-loop data, and artificial intelligence empowerment. Drawing on the implementation experiences of several institutions, this study shows that embedding compliance requirements into business processes and driving continuous improvement with data can control qualification risks while reducing management costs and supporting carbon footprint quantification.

收稿日期: 2026-07-16; 修回日期: 2026-08-17

* 通讯作者: 曾 莉, 硕士, 高级工程师, 研究方向: 检验检测机构管理、分析测试与绿色技术研究应用, E-mail: zengli@fenxi.com.cn
网络首发日期: 2026-09-01

Key words: testing institution; quality system; digitalization; artificial intelligence; green laboratory

1 检验检测机构的现状

检验检测服务业是质量基础设施的重要一环,其出具的数据直接关系产品质量、生态环境与公共安全。据国家市场监督管理总局认可与检验检测监督管理司统计,截至2024年底全国检验检测机构约5.3万家、全年营收4 875.97亿元,其中规模以上机构以约15%的数量贡献了超80%营收,集约化特征显著;但机构数量同比下降1.44%,为近二十年首次出现拐点^[1]。行业正从规模扩张转向质量提升,合规高效的体系运行已成为检验检测机构质量提升的重要支撑,也是提升内部质量管理效率和品牌竞争力的重要保障。在此环境下,数字化管理工具成为持续合规高效的必要条件:孙腾成等^[2]指出其在提升效率、优化管理与改善服务三方面均有明确落点;国家认监委2025年指导意见要求到2029年六成以上认证机构实现全过程数字化管理与数据可追溯^[3];吴尚睿、马德京、杨梅等分别就数智化应用、基础设施滞后与计量实验室转型做了系统梳理^[4-6]。这些研究表明,数字化与智能化已不是可选项,而是行业应对监管与竞争的必答题。绿色化同样不可回避——我国获认可的双碳检测相关实验室已突破3 000家^[7],能耗、试剂与危废须量化考核;但数字化在检测行业的渗透并不均衡,大量中小机构信息化基础薄弱,所谓“转型”常止步于几张电子表单,标准、流程、数据“建而不用”,正是本文要破解的核心难点,也是后文构建数字化绿色管理体系的逻辑起点。

2 机构运行遵循管理体系的必要性和意义

检验检测机构必须运行规范的管理体系,根源在于检测数据的公信力不能建立在个人经验之上。GB/T27025-2019《检测和校准实验室能力的通用要求》从人员、设备、方法、环境、样品、记录、报告等环节提出系统化要求,核心是确保结果的真实、准确与可追溯^[8];2023版《检验检测机构资质认定评审准则》将评审要素聚焦到机构主体、人员、场所环境、设备设施和管理体系5方面,对数据真实性与过程可追溯提出更高要求^[9]。获得中国合格评定国家认可委员会(CNAS)认可意味着检测能力达到国际互认水平,其报告可在百余个国家和地区获得承认^[10];检验检测机构资质认定(CMA)资质则是机构向社会出具具有证明作用数据的法定前提。二者共同构成我国检验检测机构运行的“双轨”合规底座,其底层逻辑与ISO/IEC 17025-2017一脉相承^[11]。遵循体系的意义不止“过关”:其一,它是降低资质风险的直接抓手,评审结果本质上取决于日常管理动作是否真正落地、记录是否完整;其二,它为规模化扩张提供可复制模板,标准化的体系能保证多地点、多领域以同样的质量要求进行管理运行,新地点启动成本与时间大幅压缩;其三,它与绿色实验室建设内在协同——设备定期校准本身节能降耗,试剂按量领用减少浪费,降本与减碳本是同一目标,契合“四减少一提高”。管理体系从来不是合规包袱,其价值在于把规范内化为习惯、将经验转化为组织能力。

3 传统管理体系痛点和不足

尽管管理体系的价值清晰,但在大量机构的日常运行中,体系往往“写在纸上、挂在墙上、落不到地上”,痛点集中在5个方面且彼此牵连,单一环节的修补难以奏效,共同导致体系运行成本高、效率低、风险不可控,难以满足日益严格的监管要求。其一,体系运行能力薄弱:新上岗或轮岗的质量、技术负责人常缺乏体系经验,中层质量人员亦难独立承担维护职责,员工往往不知从何入手,面对GB/T 27025及评审准则中成体系的计划、表单与流程节点无从着力;以培训管理为例,计划制定、报名、学习、考核、归档环环相扣,仅靠人工跟踪极易脱节。马丽等^[12]的研究也指出,现场与文件管理的失序会直接拖累体系执行。其二,任务闭环缺失:布置的工作常收不回来,检定校准计划、内审整改、方法验证常流于形式,布置方与承接方均可能遗忘,责任悬空、部门推诿;标准换版后无人组织培训、变更确认表千篇一律勾选“无变化”,真正的变化反被漏掉,这种责任悬空、过程失控的状态直接削弱体系有效性。其三,风险预警缺位:上岗证、校准证书、标准作废长期缺乏主动监控,往往到评审或飞检前才暴露。风险未被发现不等于不存在,孙锋锋等^[13]关于检验员分级评价的研究,正说明人员能力状态的可视化仍是普遍难题。其四,档案管理混乱:记录未进对应档案、换岗搬迁致资料大

量丢失，评审现场资料堆积、调取困难，机构难以形成可复用的知识基础，同类错误在不同项目反复出现。其五，监督模式落后：管理依赖线下人工，突击补记录、代做资料、未经核实签字等现象常见，且过度依赖少数骨干，关键人员离职即陷失序，本质上是对个人经验化体系的依赖，而个人经验存在疲劳、流动与偏差等固有局限，使体系抗风险能力脆弱。这5点相互强化——能力弱致执行差、执行差致风险失控、风险失控又倒逼临时补资料，单靠增人、加班或加表均无法破解，必须把体系由个人经验驱动转为系统驱动，这正是数字化与人工智能可以切入之处(如表1所示)。

表1 传统管理体系主要短板与数字化解决思路对照

Table 1 Comparison of major weaknesses in conventional management systems and digital solutions

短板	典型表现	数字化解决思路
能力薄弱	新人不会做、流程节点多、经验集中在个人	标准适配+模板化，把个人经验转化为系统能力
闭环缺失	任务布置后收不回、责任悬空	流程固化、事找人、逾期逐级上报
预警缺位	证书/标准过期被动发现	有效期自动预警、提前干预
档案混乱	记录分散丢失、评审翻不动	记录自动归集、按要素索引、一键导出
依赖个人	骨干离职体系塌方	知识沉淀、权限与流程标准化

4 绿色实验室管理系统的建立和实践

绿色实验室是绿色发展和“双碳”目标在检验检测场景下的具体载体，其内涵可概括为“减量、量化、协同、持续”四个维度。减量，指通过优化前处理方法、提高仪器与设备能效、按量领用试剂等方式降低能耗、物耗与危废产生；量化，指依托数字化系统对用电、用水、试剂与碳排放进行可测、可算、可比对的管理，使绿色绩效从定性倡导转为定量指标；协同，指绿色目标与质量管理体系内在统一——设备定期校准本身节能降耗，试剂按量领用减少浪费，降本与减碳同源；持续，指以数据驱动的闭环改进替代运动式整治，使减碳成为日常运行的自然结果。需要说明，绿色实验室并非单纯的管理低碳，也包含分析方法层面的绿色化(如高选择性吸附剂、绿色萃取技术)，二者与管理端数字化碳核算共同构成“技术减量+管理量化”的一体化框架。

4.1 建立理念和路线图

构建数字化绿色实验室管理体系，首先要回答“依据什么建、按什么顺序建”。依据很明确：以GB/T 27025-2019、CMA评审准则、CNAS认可准则为底层要求，把质量管理的知识、方法和经验做模型化、数字化转化^[8-10]。2025年发布的团体标准T/GDSZ 007-2025《检测机构管理体系数字化系统的通用要求》，第一次对“数字化系统应具备哪些通用功能”给出系统性答案，从查询统计、流程设置、开放性、安全可靠到备份与审计都列出具体要求，相当于为这类系统的建设提供了系统化指引^[14]。该标准把长期以来各机构“各做各的”的零散实践，收敛为一组可对照、可验收的通用功能清单，使机构在选型、实施与验收时有了统一标尺，也降低了因理解不一致导致的返工风险。在设备层面，智能实验室设备标准体系的构建研究为仪器设备的数字化纳管提供了可参照的框架^[15]。

如图1所示，实施路线图可分为3步，且宜循序渐进、以小见大。第一步“标准适配”：把散落在各份标准、准则里的要求，翻译成系统里的管理要素和校验规则，使合规要求由人员记忆转为系统校验，从根源上减少“记不住、漏执行”。第二步“流程固化”：把人员、设备、标准、文件、内审、资质等核心业务迁移至线上，责任到岗、节点可控，让每一笔质量动作都有迹可循。第三步“数据闭环”：业务记录自动生成、全程留痕、风险自动预警，评审资料可按条款一键导出。这3步远不止将电子表格迁移至云端，而是把管理体系从一套文档，重构成一套持续运转的机制。需要强调的是，3步之间并非严格串行，标准适配可先行试点，流程固化随业务节奏分批上线，但逻辑顺序不宜颠倒——没有清晰的标准映射，流程固化就会变成“把混乱搬到线上”。从体系建设规律看，“先适配、再固化、后闭环”的节奏，能够把风险控制在每一步可控的范围内，避免一次性大投入带来的推行阻力与人员抵触。

4.2 初步建立

初步建立阶段，不宜追求大而全，更可行的做法是先覆盖“人、机、料、法、环”五大要素，把高频、高风险的管理动作先固化下来，让体系“先用起来”，再以用促建、以用促优。

人员模块要管住“证”和“能”：证书上传后由系统识别有效期并分级预警，培训从计划、实施到

考核发证形成闭环, 监督记录自动归入个人档案, 化解“人走茶凉、能力断档”的隐患。设备模块给每台仪器建全生命周期档案, 校准证书上传后自动提取有效期、修正因子并完成计量确认, 期间核查计划按频次自动推送, 把“设备带病上岗”挡在出报告之前。标准模块建动态标准库, 能够对接权威数据库核验有效性, 发现作废或变更立即预警, 并借助自然语言处理生成新旧标准差异对照, 自动触发方法验证流程。文件控制模块落实受控: 发布前在线审核, 发布后自动推送, 修订时旧版自动回收并标注作废。资质模块则把机构的能力附表、授权签字人、方法资质统一纳管, 任何一项即将到期或范围变化都触发提醒, 避免“超资质出数”这类高风险违规。内部审核、管理评审、资质管理同样在线运行, 不符合项直接转入纠正措施流程, 评审材料支持一键归集, 从根本上改变“评审前突击补记录”的被动局面。

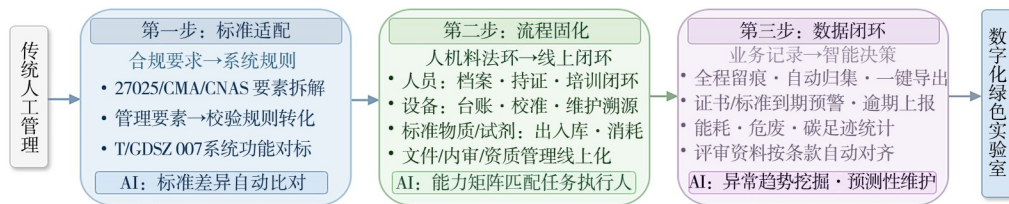


图1 检验检测机构数字化绿色实验室管理体系转型路线图

Fig. 1 Roadmap for the digital and green transformation of laboratory quality management systems in inspection and testing institutions

环境与绿色模块通过传感器采集温湿度、大气压等参数, 超限即向检测人员和质量负责人预警, 把环境风险从“事后发现”提前到“事中干预”; 同时按月汇总各实验室的用电、用水、试剂消耗量(尤其是危险化学品)与危险废物产生量, 并按评价规则核算单位检测项目的碳排放强度, 使绿色绩效从“年底算总账”变为“平时看得见”。值得注意的是, 绿色数据的可信度依赖于监测设备的定期校准与数据链路的防篡改, 因此绿色模块应与设备模块、安全模块联动, 而非孤立建表。质控、不符合、投诉、风险等模块把关键质量要素串成闭环, 所有过程留痕、整改实时跟踪, 消除管理盲区。安全要求不能后置: 系统所依赖的物理环境、通信网络与计算环境应符合 GB/T 22239-2019 规定的网络安全等级保护第二级要求^[16]; 用户身份唯一、操作日志可审计, 是事后追溯的基础。从底层逻辑看(如表2所示), 质量管理体系的诸多概念仍可追溯到 GB/T 19000-2016 对“管理体系”的定义^[17], 而这类系统自身的文件结构与起草规则, 也参照了 GB/T 1.1-2020 的通用要求^[18]。在系统构建方法上, 基于数字孪生的企业管理体系智能优化办法及系统, 已将标准、流程与资源的动态映射固化可为运行的系统原型, 为管理体系从文档驱动转向系统运行提供了技术实现路径^[19]。

表2 管理要素与系统覆盖要点

Table 2 Management elements and core system coverage

管理要素	系统覆盖要点
人员	档案、持证、培训、监督与能力监控全生命周期管理
设备	基本信息、量值溯源、期间核查、保养、维修、停用全程可溯
标准物质与试剂	基本信息、使用记录、期间核查(标准物质)、出入库管理
方法与标准	标准库、查新、变更确认、方法验证与质量控制
文件与体系运行	受控文件、内审、管理评审、资质与能力管理
环境与安全(绿色)	环境参数监测、能耗与危废统计、碳足迹核算

4.3 改进优化

系统上线只是起点, 结合多家机构的运行反馈, 几个方向的优化最能转化为实效。其一是把“事找人”做扎实: 在到期预警、逾期上报之外, 增加任务执行时效的量化评价, 按部门、岗位、个人生成绩效视图推给管理层; 对反复逾期的任务自动触发根本原因分析, 要求责任部门回填原因与整改措施, 并关联进管理评审输入, 使“预警-整改-改进”形成真正闭环, 而非停留在“发了提醒”的层面。其二是打通数据孤岛: 标准变更时不仅推送差异表, 还要自动核查关联设备的量程、精度是否满足新要求; 把物料消耗与检测项目绑定, 录入结果时按系数自动扣减库存并生成单项目的物料成本与碳足迹基础数据, 让减碳从口号落到每一份报告。其三是让评审资料“自己长出来”: 用语义匹配解析最新评审准则条款, 与系统内质量记录自动对齐, 标准完成方法验证批准后自动更新能力表并归集相

关记录,将人员从重复的资料整理中解放出来,把精力投向真正的分析与改进。

绿色维度的深化同样关键。绿色实验室的量化评价可参照T/CCAA PAS 83-2024《低碳实验室评价指南》给出的评价原则与程序^[20]。在按月统计用电、用水、试剂与危废的基础上,增加单位检测项目的能耗与碳排放强度分析,支持按时间、实验室、项目类别横向纵向对比,并将绿色指标固化进管理评审的固定输入,自动生成年度绿色报告。有条件的机构可凭积累的数据申请碳足迹标识认证,使绿色管理转化为可量化的竞争优势,也让“绿色”从合规成本变成品牌资产。更进一步,可将单位检测项目的碳排放强度纳入部门与人员的绩效考核,让减碳从“倡议”变为“责任”。在人员资质与项目授权的动态管控方面,基于区块链的培训与项目动态授权引擎方法可将培训记录、能力确认与项目授权关联固化,使授权的可追溯性与防篡改获得技术保障^[21]。

4.4 实践应用

实践中,难点的破解比系统的功能清单更有说服力(如图2所示)。以广东省科学院测试分析研究所(中国广州分析测试中心)为例,该机构“本部+基地+多分地点”布局,过去各点的人员持证率、设备校准及时率总部很难实时掌握。引入数字化管理体系后,证书过期由系统自动预警,质量记录自动归集不再丢失,评审准备周期从数周压缩到一两天,管理模式从被动应付转为主动防控。在绿色方面,系统对多个分地点的能耗与危废实时监测并自动核算碳排放强度,该机构已就水质重金属等项目完成碳足迹认证,签发了载明碳足迹信息的监测报告。北京市科学技术研究院分析测试研究所(北京市理化分析测试中心)、广东省农产品质量安全中心、钦州市检验检测中心等机构的实践也表明,数字化手段在解决档案分散、任务落地难、标准更新滞后等长期存在的问题上确实行之有效。这些案例的共同启示是:系统的价值不在于功能多寡,而在于是否真正嵌入业务流程、是否让合规从“事后补”变为“事前防”。

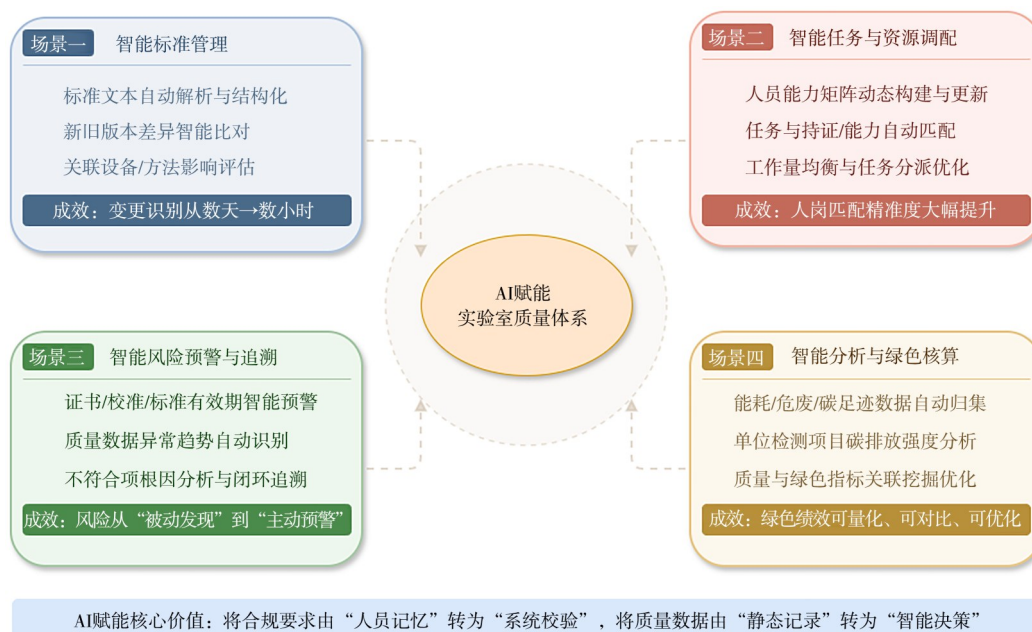


图2 人工智能赋能实验室质量体系的关键应用场景示意

Fig. 2 Schematic of key application scenarios for AI-empowered laboratory quality systems

从价值维度看,人工智能在质量体系中的落地可归为流程优化、数据分析与风险预警3类具体实践,以下结合机构实例说明。难点往往藏在细节里,数字化与人工智能的价值也正是在这些细节上显现。其一是标准新旧差异的自动生成:以食品安全国家标准为例,新版发布后机构要在短时间内识别技术指标、检测方法、前处理要求的变化并调整作业,人工逐条比对效率低下且易遗漏。用大模型抓取并解析标准文本、生成结构化差异对照,能将应对周期从数天缩短至数小时,也减少了因更新滞后造成的无效检测和试剂浪费。其二是计量确认的辅助:设备计量确认要综合设备用途、标准要求、检定规程、说明书等多源信息,是公认的技术难点。大模型按设备名称与检测参数匹配确认依据、提取

量程精度等关键指标并生成确认记录模板,既降低了对个人能力的依赖,也避免了确认疏漏导致的误用与重复检测。

其三是报告与记录的智能校核:大模型对照评审准则与作业指导书,自动核查报告中的单位、修约、判定依据、方法编号是否一致,把人工复核的疏漏降到最低。把视野拉到检测技术本身,绿色实验室不只是管理上的低碳,也包含分析方法层面的减量。潘自宇等^[22]综述了功能化 COFs 材料在样品前处理中的应用,强调以高选择性吸附剂减少溶剂与吸附剂用量;高同飞等^[23]将电膜萃取评价为一种绿色高效的前处理技术;王思涛等^[24]关注表面印迹微球在水相介质中的选择性富集。这些方法层面的“减排”与管理系统的“算碳”,分别对应于绿色实验室减量与量化两个层面——前者减少资源消耗,后者实现量化管理。人工智能在标准查新、计量确认、质控预警等环节的嵌入,则为这一“减量+量化”闭环提供了持续优化的动力。从这些实践看,数字化与人工智能并非替代管理体系,而是把管理体系从“靠人记住”升级为“靠系统运行”,让合规成为业务流转的自然结果而非额外负担^[25]。

技术端绿色改造与管理端数字化碳核算的协同,是“减量+量化”闭环得以持续运转的关键。一方面,前文所述 COFs 材料、电膜萃取等绿色前处理技术从方法层面减少了溶剂、吸附剂与能耗(减量);另一方面,数字化系统按检测项目自动记录试剂领用、能耗与危废产生,并核算单位项目的碳排放强度(量化)。二者的关联在于:系统积累的试剂消耗与碳足迹数据,可反向识别高消耗、高排放的检测项目与方法环节,为维护与研发人员优化前处理条件(如缩短萃取时间、降低试剂浓度、改用更绿色材料)提供量化依据;方法优化后的消耗数据再回流系统,形成“减量-核算-持续改进”的闭环。人工智能在标准查新、计量确认、质控预警等环节的嵌入,则为这一闭环提供持续优化的动力——它使“哪里该减、减多少、减完如何验证”由经验判断转为数据驱动,从而把绿色实验室从单点改良推向体系化降碳。

4.5 人工智能在质量体系中的角色、机制与成效

前文实践表明,人工智能在质量体系中的作用已超出“辅助工具”范畴。从角色看,它正从被动的记录与提醒,转向主动的合规前置与决策支持:在标准查新、计量确认、质控预警等环节嵌入模型能力,使体系从“靠人记住”升级为“靠系统运行”。从机制看,其落地依赖三类关键技术:一是以大语言模型与自然语言处理解析标准文本、生成结构化差异与确认模板,把非结构化的规范转化为可执行的系统规则;二是以数据驱动模型(趋势预测、异常识别)支撑风险预警与设备预测性维护,把事后报警推向事前预防;三是以知识图谱与流程挖掘打通标准、流程、数据之间的关联,实现变更影响的自动评估与资料自动归集;上述机制在前述数字孪生管理体系^[19]、区块链授权引擎^[21]等系统原型中已有技术实现路径。从成效看,人工智能的嵌入带来三重价值:合规成本下降(评审准备周期由数周压缩至一两天)、管理效率提升(重复校核与资料整理被自动替代)、绿色绩效可量化(试剂消耗与碳足迹数据反哺方法优化)。需要强调,人工智能并非替代管理体系,而是放大体系的执行力与持续改进能力——这正是数字化绿色实验室质量体系从“建起来”走向“用得好”的关键。

5 发展与展望

展望未来,以下几方面趋势值得关注。一是人工智能从“辅助”走向“前置”:标准变更影响自动评估、质控数据趋势预测、设备预测性维护,将合规管控从被动报警推向主动预防。二是绿色评价与业务系统深度融合,碳足迹、能耗等指标有望实现实时采集与动态评价,届时绿色将变成随时可查的运行仪表盘。三是数据互通打破机构内部的信息孤岛,同时也对网络安全、数据出境合规提出更高要求,网络安全等级保护第二级仅是基础要求。四是复合型人才成为制约转型最关键的瓶颈——既懂质量体系又懂数据与人工智能的复合型人才,决定了转型能走多深。具体而言,行业需要的不是单一的体系工程师或 IT 工程师,而是能够把评审准则、业务流程与数据模型打通的“翻译者”:既理解 GB/T 27025 与资质认定要求的合规逻辑,又能驾驭大模型、数据分析和系统集成工具。为此,可从 3 方面细化:其一,推动产学研协同育人,鼓励检验检测机构与高校、软件企业共建实训基地,在真实项目中进行体系与数据的交叉训练;其二,建立数字化能力内部认证与岗位胜任力模型,把“懂数据、会用

人工智能”纳入质量负责人、技术负责人的考核与晋升条件；其三，完善知识沉淀与传承机制，借助本文所述数字化系统将骨干经验固化为可复用的组织能力，降低对少数关键个人的依赖，从根本上缓解人才断层风险。总体而言，检验检测机构的数字化、绿色化转型已是不可逆转的趋势，唯有将标准、流程、数据与人工智能持续融合，方能夯实合规与低碳双重约束下的核心竞争力，为行业数字化转型提供可复制的实践参考。

参考文献：

- [1] Department of Inspection, Testing and Certification Supervision, State Administration for Market Regulation. 2024 Statistical Bulletin on the National Inspection, Testing and Certification Service Industry(国家市场监督管理总局认可与检验检测监督管理司. 2024年度全国检验检测服务业统计简报), 2025. [2026-07-09]. https://www.samr.gov.cn:8085/rkjcs/sjdt/gzdt/art/2025/art_6c8863c81929487a832f690724c85d1b.html.
- [2] Sun T C, Dong L, Zhang C L. *China Qual. Certif.* (孙腾成, 董磊, 张彩丽. 质量与认证), 2024, (6): 33-35.
- [3] Certification and Accreditation Administration of China (CNCA). Guiding Opinions on Enhancing the Digital Management Capability of Certification Bodies(2025-2029): Guo Ren Jian Fa[2025] No.6(国家认监委. 关于提升认证机构数字化管理能力的指导意见(2025-2029年)), 2025. [2026-07-09]. https://www.gov.cn/zhengce/zhengceku/202511/content_7047008.htm.
- [4] Wu S R, Zuo Z Y, Wang F Q, Han B Y, Li Y K. *Shanghai Qual.* (吴尚睿, 左兆迎, 王法强, 韩宝瑜, 李雅坤. 上海质量), 2024, (2): 63-67.
- [5] Ma D J, Liu H, Zhang C L. *China Qual. Certif.* (马德京, 刘晖, 张彩丽. 质量与认证), 2023, (11): 48-50.
- [6] Yang M, Li F, Wang Y X, Li X Y. *Labor Praxis* (杨梅, 李峰, 王永霞, 李晓宇. 实验与分析), 2023, 2(2): 77-81.
- [7] China National Accreditation Service for Conformity Assessment (CNAS). Number of Accredited Dual-Carbon Testing Laboratories in China Exceeds 3 000(中国合格评定国家认可委员会. 我国获认可双碳检测实验室数量突破3 000家), 2025. [2026-07-09]. https://content-static.cctvnews.cctv.com/snow-book/index.html?item_id=7574736241543190589.
- [8] GB/T 27025-2019. General Requirements for the Competence of Testing and Calibration Laboratories. National Standards of the People's Republic of China(检测和校准实验室能力的通用要求. 中华人民共和国国家标准).
- [9] State Administration for Market Regulation. Criteria for the Accreditation of Inspection and Testing Bodies: Announcement No.21[2023](国家市场监督管理总局. 检验检测机构资质认定评审准则), 2023. [2026-07-09]. https://www.samr.gov.cn/zw/zfxgk/fdzdgknr/rkjcs/art/2023/art_b97b0b1addbf4e8aaca43cb26f13883b.html.
- [10] CNAS-CL01-2018. Criteria for the Accreditation of Testing and Calibration Laboratories. China National Accreditation Service for Conformity Assessment(检测和校准实验室能力认可准则. 中国合格评定国家认可委员会).
- [11] ISO/IEC 17025-2017. General Requirements for the Competence of Testing and Calibration Laboratories(检测和校准实验室能力的通用要求).
- [12] Ma L, Zhao Y L, Nan Q, Pan Q, Hu W W, Liu D D. *Stand. Qual. Light Ind.* (马丽, 赵毅力, 南倩, 潘清, 胡威威, 刘端端. 轻工标准与质量), 2025, (3): 55-57.
- [13] Sun F F, Zuo Z Y, Sun D, Ge H Y. *China Qual. Certif.* (孙锋锋, 左兆迎, 孙丹, 葛海燕. 质量与认证), 2024, (2): 61-63.
- [14] T/GDSZ 007-2025. General Requirements for Digital Management Systems of Testing and Inspection Bodies. Guangdong Standardization Association Group Standard(检测机构管理体系数字化系统的通用要求. 广东省标准化协会团体标准).
- [15] Liu X X, Chen Z F, Chen Z Q. *China Qual. Certif.* (刘欣欣, 陈志锋, 陈子桥. 质量与认证), 2025, (6): 38-40, 44.
- [16] GB/T 22239-2019. Information Security Technology-Baseline for Classified Protection of Cybersecurity. National Standards of the People's Republic of China(信息安全技术 网络安全等级保护基本要求. 中华人民共和国国家标准).
- [17] GB/T 19000-2016. Quality Management Systems-Fundamentals and Vocabulary. National Standards of the People's Republic of China(质量管理体系 基础和术语. 中华人民共和国国家标准).
- [18] GB/T 1.1-2020. Directives for Standardization-Part 1: Structure and Drafting Rules of Standardization Documents. National Standards of the People's Republic of China(标准化工作导则 第1部分: 标准化文件的结构和起草规则. 中华人民共和国国家标准).
- [19] Guangzhou Shuanghe Software Co., Ltd., JSTI Group Guangdong Testing and Certification Co., Ltd., Guangzhou Analytical Testing Center Keli Technology Development Co., Ltd., Guangzhou Customs Technical Center, Institute of Analysis, Guangdong Academy of Sciences(China Guangzhou Analysis and Test Center). China Patent(广州双合软件有限公司, 苏交科集团广东检测认证有限公司, 广州分析测试中心科力技术开发公司, 广州海关技术中心, 广东省科学院测试分析研究所(中国广州分析测试中心). 中国专利), ZL2025113403348.8. [2026-06-16].

- [20] T/CCAA PAS 83-2024. Guidelines for Low-Carbon Laboratory Evaluation. China Certification and Accreditation Association Group Standard(低碳实验室评价指南. 中国认证认可协会团体标准).
- [21] Guangzhou Analytical Testing Center Keli Technology Development Co., Ltd., Guangzhou Customs Technical Center, Institute of Analysis, Guangdong Academy of Sciences (China Guangzhou Analysis and Test Center), Guangzhou Shuanghe Software Co., Ltd., JSTI Group Guangdong Testing and Certification Co., Ltd.. China Patent(广州分析测试中心科力技术开发公司, 广州海关技术中心, 广东省科学院测试分析研究所(中国广州分析测试中心), 广州双合软件有限公司, 苏交科集团广东检测认证有限公司. 中国专利), ZL2025113030836.6. [2026-05-12].
- [22] Pan Z Y, Liu Z M, Xu Z G. *J. Instrum. Anal.* (潘自宇, 刘智敏, 许志刚. 分析测试学报), **2025**, 44(1): 12-24.
- [23] Gao T F, Dong Z Z, Shen X T, Huang C X. *J. Instrum. Anal.* (高同飞, 董壮壮, 沈先涛, 黄垂秀. 分析测试学报), **2025**, 44(1): 25-33.
- [24] Wang S T, Liu Z M, Xu Z G. *J. Instrum. Anal.* (王思涛, 刘智敏, 许志刚. 分析测试学报), **2025**, 44(1): 61-72.
- [25] Zhang L M. *Implementation and Application of Laboratory Information Management System (LIMS) in Third-Party Testing Laboratories*. Qingdao: Ocean University of China(张丽敏. 实验室信息管理系统(LIMS)在第三方检测实验室的实施及应用. 青岛: 中国海洋大学), **2008**.

(责任编辑: 盛文彦)