

# 化学分析实验室检测数据准确性影响因素及全过程质量控制策略

罗巧霞 叶宁宁

宁夏四季鲜农产品质量检验检测有限公司 宁夏 银川 750101

**摘 要：**化学分析实验室检测数据的准确性是衡量检测结果有效性、公正性与权威性的关键指标，直接决定各类检测工作的应用价值。本文从人员、仪器设备、试剂样品、环境方法四个维度，系统分析影响检测数据精准度的各类误差成因，构建覆盖检测前、检测中、检测后的全过程质量控制体系，提出标准化管理、长效管控及智能化优化策略，并结合实际检测案例验证方案可行性，为实验室质量管控升级提供可靠依据。

**关键词：**化学分析实验室；检测数据；准确性影响因素；全过程质量；控制策略

**引言：**化学分析检测广泛应用于环境监测、化工生产、质量检验等诸多领域，精准的检测数据是开展技术研判、质量评定与科研分析的重要基础。当前部分实验室存在操作不规范、设备管控不到位、质控体系不完善等问题，易产生系统误差与随机误差，导致数据失真。为有效解决检测质量隐患，规范实验全流程操作，建立科学完善的全过程质量控制体系具有重要的现实应用意义。

## 1 化学分析实验室检测数据准确性核心影响因素

### 1.1 人员因素

(1) 检测人员专业能力是影响数据准确性的首要主观因素。理论基础薄弱将导致对检测原理理解偏差，实操技能不足会直接影响取样精度和操作规范，而数据分析水平参差不齐则可能造成计算方法错误或有效数字处理不当，三者共同构成系统性人为误差源。(2) 人员职业素养的缺失主要表现为工作态度不严谨、责任心不强及规范操作意识淡薄。此类问题常引发读数疏忽、记录遗漏、标识错误等低级失误，且具有隐蔽性强、难以通过后期复核完全规避的特点。(3) 岗前培训与定期考核机制不完善，使得新进人员难以快速掌握标准操作规程，在岗人员亦缺乏持续技能更新的动力。培训流于形式、考核脱离实际，直接导致操作不规范行为长期存在，从根本上削弱了检测数据的可靠性与可比性。

### 1.2 仪器与设备因素

(1) 检测仪器自身精度不足、长期使用导致的老化磨损及关键部件性能不稳定，会产生固定的系统误差。这类偏差往往具有单向性和重复性，若不加以识别与修正，将系统性地扭曲检测结果，且其影响程度随仪器使用年限增长而持续加剧。(2) 仪器校准、检定及维护保养计划执行不到位，或未按计量法规定定期送检溯源，是

造成数据漂移与测量偏差的又一关键成因。缺乏有效的期间核查与溯源保障，将使测量结果与国家基准失去有效关联，严重影响数据的公正性与法律效力。(3) 辅助设备及实验器皿的洁净度、密封性，以及配套设施的连接适配性等细节问题，虽不直接参与化学反应，但其对微量组分的吸附、污染或泄漏作用，足以对痕量分析结果产生不容忽视的干扰，增加数据的不确定度<sup>[1]</sup>。

### 1.3 试剂与样品因素

(1) 化学试剂的纯度等级未达实验要求、超出有效使用期限或储存环境温湿度失控，均可能引发试剂变质、分解或受污染。此类问题将导致空白值升高、反应灵敏度下降或产生异常副产物，从而对检测信号形成化学性干扰，使定量结果偏离真值。(2) 样品采集点位缺乏代表性、保存条件选择不当、运输过程中包装破损泄漏，以及预处理环节（如消解、萃取、过滤）操作偏离标准，均会引发生物降解、挥发损失或组分转化，致使最终分析的样品已不能真实反映原始物料属性，产生不可逆转的失真误差。(3) 样品自身均匀性差、基体成分复杂导致目标物分布不稳定，加之取样量过少或取样点设置不合理所带来的随机性偏差，共同构成抽样误差。该类误差难以通过重复测定完全消除，是制约检测精密度上限的重要物理因素。

### 1.4 环境与方法因素

(1) 实验室温湿度波动影响溶液体积计量与反应速率，洁净度不足引入尘埃粒子干扰痕量分析，通风不良造成有害气体积累或溶剂挥发异常，光照引发光敏物质分解。上述环境条件若偏离检测标准规定，将改变反应平衡状态与仪器响应特性，构成系统性的外部干扰。(2) 检测方法选择与待测样品基体不匹配、采用的标

准规范未及时跟进版本更新,以及方法本身对特定浓度范围的适用性未经充分验证,都会直接破坏方法学有效性。方法缺陷所导致的数据偏差具有传导性,将贯穿前处理至结果计算的完整流程。(3)实验操作步骤未严格遵循规程、数据读取与转录过程中的粗心大意、计算时单位换算错误或公式套用失当,均属于典型的人为操作偏差。此类失误虽可通过双人复核与平行测定进行部分检出,但仍然是影响日常检测数据准确性的高频直接因素。

## 2 化学分析实验室检测全过程质量控制体系构建

### 2.1 检测前质量事前控制

(1)人员管控:建立岗前培训、持证上岗、定期实操考核与技能提升的闭环管理机制。所有检测人员须完成涵盖理论基础、标准方法、安全规范及仪器操作的系统培训,经理论与实操双项考核合格后持证上岗。日常管理中实施周期性能力验证与盲样考核,动态评估人员技能保持状况,建立个人技术档案记录历次考核成绩,据此制定针对性再培训计划,确保团队整体技术能力持续满足检测要求。(2)设备管控:对全部仪器设备实施"一机一档"管理制度,档案涵盖设备采购验收、技术参数、校准证书、维护维修及期间核查记录。制定年度校准检定计划并按期执行,确保量值溯源有效。日常运行中定期开展性能核查,使用标准物质或质控样对关键指标进行验证,及时识别设备漂移或异常,确保仪器始终处于受控状态。(3)试剂与样品管控:试剂管理方面,严格执行采购验收程序,核查纯度等级、有效期及外观性状,按试剂特性分区分类储存,监测储存环境条件,遵循先进先出原则。样品管控方面,制定采样方案确保代表性,明确样品采集、保存及运输环节的标准化操作要求,样品接收后按规定进行制备、均质化与预处理,确保检测对象具备完整可溯源性<sup>[2]</sup>。(4)实验环境管控:对实验室温湿度、洁净度、通风等环境参数配置监测设备并建立记录台账,根据不同检测方法设定的环境标准,通过调控设备维持条件在规定允差范围内,消除环境波动对反应体系与仪器响应带来的系统性干扰。

### 2.2 检测中质量事中控制

(1)标准化操作管控:检测全过程严格对照现行有效标准方法执行,将关键步骤的操作细则与注意事项编制为作业指导书,规范称量、移液、定容、滴定等核心操作细节,推行操作前确认、操作中核对、操作后检查的三步确认机制,最大限度地减少因操作随意性引入的人为误差。(2)过程溯源管控:建立完善的实验原始记录制度,要求检测人员即时如实记录操作步骤、试剂批号、设备编号、环境参数及实验现象,确保任一测量数

据均可沿记录链条逆向追溯至具体操作环节。推行电子化与纸质记录并行模式,提升溯源信息的完整性。(3)质控实验同步开展:每批样品检测中按规定比例插入平行样、空白样及加标回收试验,平行样评估精密度,空白样监控本底污染,加标回收检验方法准确度,通过质控图动态监控过程稳定性,发现异常立即中断检测并排查原因<sup>[3]</sup>。

### 2.3 检测后质量事后控制

(1)数据两级审核机制:实行检测人员自审与专职复核人员复审的二级审核制度。自审侧重原始记录完整性及计算的准确性,复审从方法适用性、数据逻辑性及结果合理性等维度综合评判,两级确认后方可进入报告编制环节。(2)偏差分析与整改流程:对可疑结果、离群值或质控不合格数据,启动系统化偏差溯源程序,从人员操作、仪器状态、试剂质量、方法执行及环境条件等维度逐项排查,确定原因后制定整改措施并验证效果,形成书面报告归档,作为质量管理持续改进的依据。(3)报告规范化管理:实验报告按统一格式编制,信息要素齐全、结论明确,经审核签字后发布。实行电子版与纸质版双轨归档,分类存储便于查询追溯,同时做好数据备份管理,为体系运行、外部评审及历史复验提供完整可靠的数据支撑。

## 3 化学分析实验室质量控制优化策略与应用案例分析

### 3.1 完善实验室标准化管理制度

(1)建立全覆盖的检测质控管理制度,将质量管理要求贯穿于检测前、中、后各环节。制度内容应涵盖人员职责划分、操作规范细则、设备管理规程、试剂验收标准及数据审核流程,明确各岗位在质量控制中的具体职责与权限,形成权责清晰、运转有序的制度框架,使每一环节均有章可循、有据可查。(2)落实常态化质控监督机制,定期开展实验室内部审核与自查整改工作。制定年度内审计划,依据质量管理体系要求逐项核查制度执行情况与操作合规性,对发现的不符合项及时下达整改通知并跟踪验证。同时推行日常巡查与突击抽查相结合的监督方式,强化全员质控意识,确保制度规范从纸面真正落实到实际操作中<sup>[4]</sup>。(3)对接国家、行业检测标准的最新动态,建立标准变更预警与快速响应机制。安排专人跟踪标准更新信息,一旦涉及现行方法变更,及时组织方法验证、设备适配调整及人员培训,同步修订作业指导书与质控文件,确保实验室操作与质控体系始终与现行有效标准保持同步。

### 3.2 强化人员与设备长效管控

(1)搭建分层培训体系,针对新入职人员侧重于基

础理论、操作规范与安全意识的系统培养,对其安排导师带教与阶段性考核;针对在岗人员侧重于新标准新方法、疑难问题解析及质控技术更新的继续教育,按年度制定培训计划并开展分层考核,实现技能提升与职业发展同步推进。(2)建立仪器设备全生命周期管理机制,从采购环节的技术论证与选型比价,到验收安装与初期性能确认,再到日常使用维护、定期检定校准、维修记录登记,直至报废评估与合规处置,覆盖设备完整生命周期的每一阶段均设置明确的管理要求与责任人,最大限度延长设备稳定运行周期。(3)引入设备性能验证机制,定期开展仪器精度比对与误差校正工作。通过标准物质测试、实验室间比对及同一项目不同仪器间的交叉验证等多种方式,系统评估仪器测量的一致性与准确性,对发现的系统偏差及时实施校正操作,确保检测数据的溯源链完整可控。

### 3.3 智能化质控技术的应用推广

(1)利用实验室信息管理系统(LIMS)实现检测数据的自动采集、电子化记录与全流程追溯,将人员操作、设备状态、试剂信息与环境参数纳入统一管理平台,减少人工记录带来的转录误差,同时实现质控数据的实时汇总与异常报警,大幅提升质量管理的信息化水平与响应效率<sup>[5]</sup>。(2)依托智能监测设备对实验室环境参数及大型仪器运行状态实施全天候实时监控。通过温湿度传感器、电压监测仪、振动检测装置等硬件设施,将关键指标数据传输至中央控制端,设定预警阈值后一旦指标异常即触发提醒,使管理人员能够第一时间介入处理,有效规避因环境骤变或设备异常引发的检测偏差。(3)通过大数据分析技术对历史检测数据及质控记录进行深度挖掘,总结误差发生的规律性特征与高频分布环节,识别质控体系中的薄弱点与风险趋势,从而为质控方案的优化调整提供数据驱动型决策依据,实现质量控制从事后补救向事前预防的转型。

### 3.4 工程案例应用与效果分析

(1)选取水质化学需氧量(COD)常规检测项目作为应用对象,按照前文所述全过程质量控制体系开展实操验证。从人员资质确认、设备校准状态核查、试剂验

收与保存条件检查,到检测中平行样与加标回收试验的同步运行,再到数据两级审核与偏差分析,完整走通质控全链条。(2)对比质控体系优化前后各三个月内的检测数据,精密度方面,平行样相对标准偏差由优化前的5.8%降至2.1%;准确度方面,加标回收率由70%~125%收窄至92%~105%区间;重复性实验的极差显著缩小,数据离散程度大幅降低,充分验证了质控体系对提升检测数据质量的显著成效。(3)总结质控策略应用成效,确认全过程管控对减少人为与系统性误差作用突出,但亦发现部分环节仍存在信息化程度不足、个别老旧设备精度难以满足更高要求等实际问题。后续优化方向聚焦于加快LIMS系统功能升级、推进高精度设备更新换代以及深化质控数据分析应用,持续提升实验室综合检测能力与数据公信力。

### 结束语

本文全面分析了化学分析检测数据准确性的核心影响因素,搭建了全方位、全过程的实验室质量控制体系,通过实际工程案例证实质控策略可显著提升检测数据的精密度与准确度。同时总结当前实验室质控工作的薄弱环节,明确制度优化、设备升级、智能技术赋能的改进方向,助力实验室实现规范化、信息化质控,持续提升检测数据质量与行业公信力。

### 参考文献

- [1]王艳,李刚.化学分析实验室检测数据准确性的关键影响因素与质量控制对策[J].分析试验室,2023,42(07):812-817.
- [2]刘春娟,陈丽,赵晓宇.化学分析全过程质量控制对检测结果可靠性的影响研究[J].理化检验(化学分册),2022,58(09):1089-1093.
- [3]张海波,王佳宁.实验室化学检测数据偏差溯源及预防性质量控制策略[J].中国测试,2024,50(03):136-141.
- [4]陈明,林晓燕.标准化视域下化学分析实验室数据质量管控体系构建[J].实验室研究与探索,2023,42(11):267-271.
- [5]周莉,吴敏.化学分析仪器误差对检测数据的影响及校准质控方法[J].现代科学仪器,2025,23(04):156-159.