

化学分析检测数据偏差溯源与关键质控节点优化研究

叶宁宁 罗巧霞

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：化学分析检测的结果精度直接关联各应用领域的决策合理性，全流程多环节的变量波动都会引发数据偏差，常规质控模式难以覆盖细节层面的隐性干扰，从采样、预处理、仪器运行到数据处理的全链条维度，梳理偏差生成的作用路径，拆解现有质控体系的落地短板，本文结合一线检测作业的实际场景，提出适配各核心节点的精细化优化方案，为检测机构压缩数据误差空间、稳定结果输出质量提供可落地的实操参考。

关键词：化学分析检测；数据偏差溯源；质控节点优化；全流程管控；检测精度提升

引言：化学分析检测是支撑环境监测、材料核验、食品安全管控等多个领域的核心技术手段，每一项检测数据的可靠性，都直接影响后续生产、监管环节的判断方向。当前不少检测场景中，多环节的零散干扰因素长期存在，常规质控流程往往只覆盖核心工序，对细节层面的隐性偏差缺乏针对性管控。顺着检测全流程的作业脉络拆解偏差来源，定位现有质控体系的薄弱点，能帮助一线检测人员快速补齐管控短板，逐步提升检测结果的稳定性。

1 化学分析检测与数据偏差基础体系

1.1 化学分析检测的流程体系构成

化学分析检测是一套闭环式精密作业体系，每一个操作环节都直接决定最终检测结果的真实性与有效性。体系整体从样品前置处理启动，涵盖现场取样、样品封存、转运留存、预处理净化等基础步骤。取样环节需依据检测介质特性划定取样点位与取样量，规避局部物料不均带来的初始误差。预处理环节通过消解、萃取、过滤、定容等操作，去除样品中的干扰杂质，将待测组分转化为可检测形态。后续衔接仪器调试、标准曲线配制、空白试样制备、样品上机检测等核心工序^[1]。检测完成后，工作人员需完成原始数据记录、数值核算、结果复核，最终形成完整检测报告。整套流程环环相扣，每个独立工序都具备专属操作规范，单一环节的操作疏漏都会打破整体流程的精密性，影响最终检测数据质量。

1.2 化学分析检测数据偏差的形成机理

化学分析检测的数据偏差来源于检测全流程的各类变量波动，不同阶段的干扰因素会催生不同类型的数值偏差。前期样品阶段，取样均匀度不足、转运过程组分挥发、预处理杂质去除不彻底，都会造成待测组分实际

含量出现偏差。仪器运行阶段，检测设备校准失效、光路与管路污染、设备运行参数波动，会直接改变仪器响应数值，引发系统性偏差。人工操作阶段，移液体积把控不准、读数视角偏移、试剂配比误差，会产生随机性数据波动。试剂环境同样会影响检测精度，试剂纯度不达标、试剂过期变质、实验温湿度异动，都会干扰化学反应程度与检测信号输出。多重干扰因素独立或间接作用，让检测数值与真实数值产生偏移，最终形成可量化或隐性的数据偏差。

1.3 化学分析检测质控体系运行架构

化学分析检测质控体系以全流程管控为核心搭建分层运行架构，全面覆盖检测前、检测中、检测后所有作业阶段。前置质控聚焦实验准备工作，包含设备定期校验、试剂质量核查、实验环境参数调控、操作人员岗前规范核查，从源头阻断基础性误差来源。过程质控依托平行样检测、空白对照实验、标准物质加标回收等核心手段，实时监测检测过程的数值稳定性，及时修正异常操作带来的数据偏移。后置质控侧重数据审核与结果验证，通过多级数据复核、偏差数值溯源、检测结果比对，排查数据异常问题。架构配套完善的台账记录与责任管控机制，固化各环节质控标准与操作要求，通过标准化、层级化的管控模式，稳定检测体系运行状态，有效约束数据偏差范围，保障化学分析检测结果的精准度与可靠性。

2 化学分析检测数据偏差的系统性溯源分析

2.1 检测前期准备环节的偏差来源

检测前期准备为整套分析工作奠定基础，筹备阶段的各类不规范行为，都会催生最原始的检测数据偏差。取样作业缺乏标准化约束，点位布设过于随意，取样体

量未结合物料均匀性合理调控,会让获取的试样不具备整体代表性,无法精准体现被测物料的真实组分结构。样品存储与运输过程缺乏精细化管控,环境温湿度出现大幅波动,密封防护措施存在缺陷,会让样品内部待测组分产生挥发、氧化、沉降等变化,彻底改变初始组分含量比例^[2]。实验配套物料管控不严,配制纯水含有杂质、试剂纯度不达标、配比比例把控精度不足,都会弱化化学反应的完整程度。实验器皿未完成彻底清洁与干燥处理,内壁附着的微量残留物质会污染待测样品,动摇检测体系的基础稳定性,生成初始性检测误差。

2.2 检测操作实施环节的偏差来源

检测操作实施依托人工完成,实操过程的细节疏漏会持续叠加,逐步形成明显的偏差。样品预处理是影响检测精度的关键步骤,消解时长不足、萃取力度不足、过滤工序操作不严谨,都会导致目标组分提取不完全,体系内干扰杂质残留过多,大幅降低检测结果的真实程度。移液、定容等基础实操动作存在人为差异,液面观测视角出现偏移、操作速度与力度把控失衡,会造成试样实际取用体积偏离规范标准。化学反应阶段缺乏稳定管控,反应时长未严格参照标准执行,实验环境温湿度出现无序波动,会打乱化学反应平衡状态。细微的操作问题会层层累积,持续拉大检测数值与真实数值之间的差距。

2.3 仪器设备运行环节的偏差来源

仪器设备承担信号采集与数值输出的核心工作,运行状态异常是系统性数据偏差的核心诱因。设备校准流程落实不到位,超周期持续运行、标准物质选型出错,会导致设备基础响应参数出现偏移,造成整批次检测数据出现整体性偏差。设备腔体内部、检测光路、输送管路留存废液、粉尘或固体杂质,会干扰检测信号的采集与传输效率,引发信号失真、数值不稳等问题。设备运行核心参数处于浮动状态,工作温度、流体流量、运行电压的波动,都会改变设备固有检测灵敏度。核心零部件长期使用产生老化、磨损、性能衰减问题,设备整体运行稳定性持续下降,会生成长期存在、规律稳定的检测偏差。

2.4 数据处理流转环节的偏差来源

数据处理流转是检测结果成型的最终环节,流程管控漏洞会直接造成最终检测数据失真。原始数据记录与录入环节出现人为失误,会让后续所有数值核算工作依托错误基数开展,从根源产生数据偏移。数据核算阶段,工作人员选用计算公式有误,有效数字取舍、数

据修约未遵循行业规范,会擅自改变原始数据的真实区间。检测过程中产生的异常数据未做深度核查与溯源复盘,隐性问题得不到有效整改,错误数据会直接留存归档。数据整理与存档环节出现批次混淆、数值漏记、录入错漏等问题,直接破坏数据完整性与真实性,最终引发检测数据偏差问题。

3 化学分析检测关键质控节点现存问题

3.1 样品采集与预处理环节质控问题

样品采集与预处理是质控工作的首要核心节点,直接决定检测样品的代表性与纯净度。现场采集作业需要严格遵循采样规范,合理布设采样点位,严控采样深度与采样体量,规避物料不均匀带来的检测干扰^[3]。采集完成后需要做好样品密封、恒温存放与时效管控,规避组分损耗与污染问题。预处理环节涵盖消解、萃取、过滤、定容等核心工序,全程需要严格把控操作时长、试剂用量、反应条件。现阶段该节点普遍存在操作标准化程度不足的问题,采样流程随意性较强,预处理工序把控不严,杂质去除不彻底,会直接给后续检测埋下数据偏差隐患。

3.2 实验环境与器血管控环节质控问题

实验环境与器血管控是保障检测体系稳定运行的基础质控节点。实验过程需要维持温湿度、洁净度的稳定状态,规避环境因素干扰化学反应与仪器检测精度。实验器皿需要经过清洗、浸泡、烘干、存放全套标准化流程处理,彻底清除内壁残留的杂质与污染物。当前管控工作存在明显短板,实验环境缺乏常态化监测调控,温湿度浮动范围较大。器皿清洗流程流于形式,残留杂质清理不彻底,分类存放管理不规范,极易对试样造成二次污染,破坏检测工作的基础条件。

3.3 仪器运维与参数管控环节质控问题

仪器运维与参数管控是规避系统性检测误差的关键质控节点。日常运维需要落实定期清洁、故障排查、周期校准等基础工作,保障设备性能稳定。仪器检测参数需要根据检测标准精准调试,锁定温度、流量、波长等核心指标,维持稳定的检测状态。现场质控落实存在诸多不足,设备校准频次不足,日常清洁养护不到位,管路 with 光路残留污染物积累。参数调试仅凭经验操作,未严格对照标准规范核验,设备检测灵敏度与稳定性持续下降,诱发持续性检测误差。

3.4 数据整理与归档流转环节质控问题

数据整理与归档是把控最终检测成果的收尾质控节点,直接决定检测数据的真实性与可追溯性。数据整

理需要规范记录、核算、修约全过程,逐一核查异常数值,完成数据交叉复核。归档工作需要分类梳理检测批次、原始记录、核算数据,建立完整的数据台账。目前该节点质控漏洞较为突出,数据复核流程执行不严,数值修约规则落实不规范,异常数据未完成溯源核查。数据归档分类混乱,记录信息完整性不足,大幅降低检测数据的可靠性与追溯价值。

4 化学分析检测关键质控节点的优化路径

4.1 前置准备阶段质控流程优化

前置准备阶段是把控检测质量的第一道关口,流程优化核心在于统一标准、细化细则,从源头削减基础偏差。针对样品采集与预处理环节,需要建立标准化采样作业细则,结合不同检测物料的物性特征,明确采样点位、采样深度和采样体量的具体标准,杜绝随意化操作^[4]。规范样品存储与转运标准,根据待测组分特性设定专属温控、密封及存放时效要求,杜绝组分挥发、氧化和样品污染问题。预处理工序需细化各步骤操作参数,明确消解温度、萃取时长、过滤方式、定容标准等关键指标,保障待测组分提取充分、杂质去除彻底。同步完善试剂与耗材管控流程,严格核查试剂纯度、有效期与配比精度,落实器皿精细化清洁、烘干与分类存放制度,全面夯实检测前置阶段的质控基础。

4.2 实验操作阶段质控规范优化

实验操作阶段人为干扰因素最多,质控优化重点在于固化操作规范、约束实操误差。针对日常检测实操乱象,统一全流程标准化操作准则,对移液、定容、加样、反应等基础工序制定精细化操作要求,规范操作手法与读数视角,减少人工操作带来的随机误差。搭建实验环境常态化管控机制,定期监测实验室内温湿度、洁净度等关键指标,及时调整环境参数,维持稳定的实验反应条件。针对不同检测项目,明确专属的反应时长、试剂用量、操作节奏标准,杜绝凭经验随意调整操作参数的行为。定期组织操作人员专项培训与实操考核,规范岗位作业行为,强化人员质控意识,从实操层面降低人为偏差的产生概率。

4.3 设备运维阶段质控体系优化

设备运维阶段优化聚焦设备稳定性与检测精准度,通过体系化管控杜绝系统性检测误差。建立设备分级运维管理制度,根据设备使用频次与精密等级,划定差异化的清洁、检修、保养周期,定期清理设备光路、管

路、腔体残留杂质,保障设备运行工况良好。严格落实设备周期校准制度,依照行业标准选用合规标准物质,按时完成设备全参数校准与精度核验,及时修正设备参数偏移问题。细化设备运行参数管控标准,针对不同检测项目固化温度、流量、波长等核心参数阈值,杜绝参数随意改动。建立设备运行台账,完整记录运维、校准、故障修复信息,实现设备状态全程可追溯,持续稳定设备检测性能。

4.4 数据流转阶段质控机制优化

数据流转阶段优化旨在完善全链条数据管控,保障最终检测数据真实、精准、可追溯。搭建多层次数据复核机制,划分原始记录、数据核算、结果审核多级岗位权责,对检测数值、计算公式、修约规则执行情况逐一核查,重点标注并复盘异常数据。统一数据处理执行标准,严格落实行业数据修约、有效数字保留规范,杜绝人为随意改动数据的行为^[5]。优化数据归档管理模式,按照检测批次、检测项目分类整理原始记录、核算报表与最终检测结果,构建条理清晰、信息完整的数据台账。完善数据溯源机制,针对异常数据反向排查操作、设备、环境等潜在问题,形成闭环质控管理,全面提升检测数据的可靠性与规范性。

结束语

各环节质控节点的针对性调整,可逐步压缩数据偏差的浮动区间,让检测全流程的操作规范性得到持续强化。这套适配不同作业场景的优化方案,能帮助一线检测人员快速定位数值异常的根源,减少无效重复检测的资源消耗,推动化学分析检测的整体数据质量稳步提升,为下游各应用领域提供更可靠的检测支撑。

参考文献

- [1] 赵玉霞,张显强.化学计量学在物证检测数据分析中的应用研究进展[J].化学分析计量,2022,31(8):90-96.
- [2] 邹勇,谢山宇,胡芳,等.化学分析实验室检测数据准确性的控制策略[J].中国石油和化工标准与质量,2024,44(16):92-94.
- [3] 赵路,运威旭.化学分析检测中仪器校准与质量控制[J].大众标准化,2026(8):190-192.
- [4] 李娟,刘芳庆.化学分析在建筑材料检测中的应用与研究[J].内蒙古石油化工,2026,52(3):5-8.
- [5] 乔盼.化学实验中微量样品快速检测技术及质量控制分析[J].实验室检测,2026,4(1):186-188.