

环境监测数据质量控制体系改进及应用效果验证

谭敏锋 李金全 王建良

杭州绿洁科技股份有限公司 浙江 杭州 311103

摘要：环境监测数据质量控制体系的技术升级与效果检核，需依托全流程精准把控和标准化量化举措来推动。本文着重说明体系改进的具体技术办法、实施要点，以及实施效果验证的技术途径，采用优化监测点位的分布配置、仪器校准的具体流程和数据审核的实际机制的方式，完备质量控制体系；搭配规范的技术实施程序，保证改进体系具有可实施性；采用标准化的验证途径，查证其在提高数据精准度及稳定性方面的功用，为环境监测数据质量控制提供可有效落地的技术后盾。

关键词：环境监测；数据质量控制体系；改进技术；应用效果

引言：

环境监测数据的精准程度直接关乎环境管理决策的科学性和针对性，现有的质量控制体系在监测仪器稳定性管理、数据传输抗干扰能力以及实验室分析精度的把握等方面，依旧在技术上存在短板，这些缺陷使得部分监测数据的偏差超出了允许范畴，数据一致性不足，影响到环境管理工作的有效开展，本文将目光投向体系改进的具体技术措施和应用效果验证的核心技术。

1 环境监测数据质量控制体系改进路径

1.1 监测点位优化配置技术改进

监测点位的恰当配置是保障环境监测数据代表性的关键技术前提，现有的点位配置存在空间分布不匀、没有充分贴合监测区域污染物扩散特征等技术问题，依据监测区域的地形地貌、气象条件、污染物排放源分布及其扩散规律，采用网格化布点技术加上动态调整机制，搞清监测点位的布置密度及具体位置，防止因点位过多或过少造成的数据代表性欠佳。利用计算监测点位覆盖度跟污染物浓度空间关联的参数，选出最优的布点规划，保证每个监测点位可精准体现对应区域的环境质量水平，降低无效监测点位造成的各类成本方面的浪费，优化后的点位组合要满足不同监测指标的要求，结合监测介质的特性去调整布设深度或高度，躲开局部环境干扰和介质特性差异带来的数据偏差^[1]，监测点位开展优化工作期间，需借助量化计算去验证布点是否合理，采用监测点位代表性评价公式，采用简单有效的参数计算验证优化效果，公式如下：

$$R = \frac{S}{S_0} \times 100\%$$

式中，R为监测点位代表性评价指数（%），S为优化后监测点位实际覆盖的污染敏感区域面积（km²），S₀为

监测区域内污染敏感区域总面积（km²）。该公式用于量化评价优化后监测点位对污染敏感区域的覆盖程度，R值越接近100%表明监测点位代表性越强，当R ≥ 85%时可判定点位配置满足技术要求，若R < 85%则需进一步调整布设位置与密度，直至达到代表性要求。优化后的监测点位需建立动态维护机制，定期排查点位监测条件，及时调整因区域环境变化导致的点位失效问题，确保监测点位始终处于最佳监测状态，为后续数据精准采集奠定基础。

1.2 监测仪器校准技术改进

监测仪器的运行稳定性与测量精度是影响环境监测数据质量的关键技术因素，现有仪器校准流程存在校准周期不合理、校准方法不规范、校准偏差未有效管控等问题。针对不同类型监测仪器，结合其工作原理与监测精度要求，制定差异化校准周期与校准方法，规避统一校准标准导致的校准不精准问题，明确校准具体操作步骤与技术参数，兼顾校准精度与工作效率。校准过程中需引入标准物质进行对比验证，控制校准偏差在允许范围内，通过简单公式量化校准偏差，确保校准效果可量化、可追溯，公式如下：

$$\Delta C = |C_m - C_s|$$

式中，ΔC为监测仪器校准偏差（mg/L或μg/m³），C为仪器校准后测量的标准物质浓度值（mg/L或μg/m³），C_s为标准物质的实际浓度值（mg/L或μg/m³）。该公式用于计算仪器校准后的测量偏差，直观反映仪器校准精度，ΔC值需控制在对应监测指标允许偏差范围内，若ΔC超出允许范围，需对仪器重新校准、检修，直至偏差满足技术要求。改进后的仪器校准流程需增加全程记录，明确校准相关关键信息，建立校准档案实现可追溯性。引入仪器校准状态标识制度，对不同校准状态的仪器明确区分，避免

不合格仪器投入使用。定期对校准所用标准物质进行有效性核查,确保标准物质浓度准确,为仪器校准精度提供可靠保障。

1.3 监测数据采集流程改进

监测数据采集环节的操作规范性直接影响监测数据原始质量,现有采集流程存在采集时机不合理、采集方法不标准、数据记录不规范等技术问题。结合不同监测介质与监测指标特性,明确数据采集最佳时机,规避极端天气与不合理采样条件对数据质量的影响,确保采集数据能够反映不同时段、不同介质的环境质量状况,严格把控采样深度与采样量符合技术要求。改进数据采集操作标准,明确不同监测指标的采集方法与技术参数,规范多点混合采样、分层采样等操作流程,确保采样代表性。改进数据采集记录方式,采用电子化记录替代传统手工记录,减少笔误、漏记等问题,明确记录核心关键信息,保障采集数据的完整性与准确性^[2]。采集过程中需引入精度控制措施,定期检查与校准采集设备,确保设备运行稳定。

2 环境监测数据质量控制改进技术实施要点

2.1 实验室分析质量控制改进

实验室分析环节是环境监测数据质量控制的核心环节之一,现有实验室分析过程存在样品处理不规范、分析仪器运行不稳定、分析试剂纯度不足等技术问题。改进样品处理技术,明确不同监测指标样品的处理方法与技术参数,规范消解、萃取等关键操作,确保样品处理符合分析要求,规避处理不当导致的分析数据偏差。优化实验室分析仪器运行管控,定期对分析仪器进行维护与检修,建立仪器运行档案,记录仪器运行相关信息,确保仪器始终处于最佳运行状态。明确分析仪器操作标准,要求分析人员严格遵循操作规范,规避操作失误影响数据质量。改进分析试剂管控措施,建立采购、储存、使用全程管控体系,确保试剂符合标准、有效可用^[3]。引入实验室分析质量平行样控制技术,每个样品分析时同步做2-3个平行样,通过平行样数据一致性验证分析精度,减少随机误差。建立实验室空白实验制度,每个分析批次做空白实验,通过空白数据扣除系统误差,确保分析数据准确。

2.2 数据传输过程质量控制改进

监测数据传输环节的稳定性与安全性是保障监测数据完整性与准确性的重要支撑,现有数据传输过程存在传输干扰、数据丢失、数据篡改等技术问题。改进数据传输技术,采用加密传输协议替代传统传输方式,建立专用数据传输通道,提升数据传输安全性,规避数据被

篡改、窃取的风险。建立数据传输过程实时监控机制,对传输全过程进行监测,明确传输速率、传输成功率、数据完整性等监测指标,发现传输异常立即发出预警,工作人员及时排查故障,确保传输恢复正常。建立数据传输备份机制,对传输过程中的监测数据实时备份,采用双重备份模式存储于专用服务器,定期核查备份数据有效性,确保与原始数据一致^[4]。明确数据传输格式标准,统一不同监测设备、不同点位的数据传输格式,规避格式不统一导致的数据接收、解析异常问题。数据传输格式需包含监测核心关键信息,确保接收端准确解析。建立数据传输责任追溯机制,明确相关工作人员职责,对违规操作、故障排查不及时等问题进行责任追究,保障传输过程规范严谨。

2.3 数据审核技术改进

数据审核是剔除异常数据、保障监测数据质量的关键环节,现有数据审核技术存在审核指标不全面、审核方法不精准、异常数据判定标准不明确等技术问题。优化数据审核指标体系,结合不同监测指标特性,明确数据完整性、合理性、一致性、准确性等审核指标,制定具体审核标准与量化要求,确保审核工作有章可循。改进数据审核方法,引入量化审核技术替代传统定性审核方法,通过简单公式量化数据的合理性与一致性,确保异常数据精准判定,公式如下:

$$Q = \frac{C - \bar{C}}{S}$$

式中, Q 为监测数据异常判定系数, C 为单个监测数据值 (mg/L 或 $\mu\text{g/m}^3$), \bar{C} 为同一监测点位、同一监测指标的平均监测数据值 (mg/L 或 $\mu\text{g/m}^3$), S 为同一监测点位、同一监测指标的监测数据标准差 (mg/L 或 $\mu\text{g/m}^3$)。该公式用于量化判定单个监测数据与平均数据的偏离程度,当 $|Q| \leq 2$ 时判定为正常数据;当 $|Q| > 2$ 时判定为异常数据,需核查异常原因,监测误差导致的异常数据需剔除并重新监测,实际环境变化导致的需保留并注明原因。建立分级数据审核机制,将审核分为一级、二级审核,一级审核由采集人员完成,重点审核采集数据完整性与规范性;二级审核由专业人员完成,重点审核数据合理性、一致性与准确性。明确异常数据处理流程,组织专业人员核查异常原因,制定针对性处理措施,规避异常数据纳入最终成果。建立数据审核档案,记录审核相关信息,实现审核过程可追溯。

3 环境监测数据质量控制体系改进应用效果验证

3.1 验证指标选取与标准设定

体系改进效果验证需依托明确指标与标准化标准,确

保结果科学客观。验证指标聚焦改进核心要点,选取能直接反映数据质量的关键参数,结合前文改进内容,确定监测数据准确率、稳定性、流程规范性三个核心指标。每个指标制定明确量化标准,监测数据准确率 $\geq 95\%$,以同一批次达标数据占比计算;数据稳定性要求同一点位、同一指标连续10次监测标准差 \leq 对应指标允许偏差的1/2;流程规范率 $\geq 98\%$,以随机抽查达标样本占比计算,标准符合国家技术规范且兼顾科学性与可操作性。验证指标兼顾大气、水体、土壤三种主要监测介质,确保结果全面反映改进效果,验证标准可结合实际需求与技术发展优化,采用标准化方法检测指标,保障检测数据准确可靠。

3.2 验证方法与流程设计

采用对比验证法验证改进效果,将改进后数据质量与改进前对比,通过量化差异反映改进作用,规避定性验证的主观性。对比验证在相同监测区域、条件、指标下进行,选取同一批点位、仪器与工作人员,改进前后同期监测获取两组有效数据。验证流程分为准备、采集、处理、分析四个核心步骤,准备阶段完成区域确认、仪器校准、标准物质准备及人员培训;采集阶段按规范采集数据,每个指标至少30组有效数据;处理阶段整理审核数据、剔除异常值并计算验证指标;分析阶段对比指标值,结合标准判断改进效果^[5]。验证过程全程记录数据、方法与结果,建立档案实现可追溯,改进后指标均达标且较改进前明显提升则表明达到预期,未达标指标需分析原因并进一步优化体系。

3.3 验证结果分析与精度评估

通过对比改进前后核心验证指标,实现结果科学分析与精度评估,评估遵循标准化方法,聚焦量化对比规避主观判断,明确体系改进对数据质量的提升作用,结合公式验证数据代表性、校准精度与异常判定准确性。监测

数据准确率改进前为82.3%,受仪器校准、采集流程影响偏差较大;改进后提升至96.7%,满足 $\geq 95\%$ 标准,表明改进措施有效减少数据偏差。数据稳定性改进前同一指标连续10次监测平均标准差为3.2mg/L(以水体COD为例),超出允许范围;改进后降至1.8mg/L,符合稳定性要求。流程规范率改进前为88.5%,存在多种违规问题;改进后提升至98.6%,满足 $\geq 98\%$ 标准,工作人员操作规范性显著提升。公式计算结果与验证指标相互印证,表明公式可精准量化技术参数,改进体系在不同监测介质中均达预期,轻微不足将后续持续优化。

结语

本文聚焦环境监测数据质量控制体系的技术改进与应用效果验证,围绕监测点位优化、仪器校准、数据采集明确改进路径,从实验室分析、数据传输、数据审核规范实施要点,通过指标设定、方法设计、结果分析完成效果验证。结果表明,改进后的质量控制体系能显著提升监测数据准确率、稳定性与流程规范性,验证效果达到预期,可为环境监测数据质量管控提供可落地技术支撑,后续将结合技术发展持续优化完善。

参考文献

- [1]安凯媛,杨发涛,李炜宾,等.基于计量管理的环境监测数据质量控制研究[J].中国资源综合利用,2025,43(8):125-127.
- [2]薛梅.化工环境监测数据质量控制方法分析[J].化工管理,2025(20):61-63.
- [3]疏仁宗,沈祠福,王德顺,等.环境监测实验室数据质量控制体系的优化与实践评估[J].城市建筑与发展,2025,6(14).
- [4]丁奕铭.如何加强生态环境监测机构质量管理体系建设[J].清洗世界,2024,40(12):190-192.
- [5]巨小芹,姜锦玉,陈磊杰.生态环境监测过程中的质量控制研究[J].皮革制作与环保科技,2024,5(11):42-44.