

水污染源在线自动监测系统的数据准确性优化策略研究

陈镭

上海金艺检测技术有限公司，上海宝山，201999；

摘要：水污染源在线自动监测系统是环境监管核心手段，数据准确性决定污染防控决策科学性。长期运行中，受硬件老化、环境干扰、运维不规范等影响，数据常偏差失真，制约环境管理效能。本文以保障数据准确性为核心，先分析监测设备性能、样品采集等关键影响因素，再从技术优化、流程规范、质控强化维度，提出设备升级、工艺改进等优化策略，指出多维度协同管控可提升数据真实性，为水污染精准治理提供支撑，研究成果对完善监测体系、提升监管水平意义重大。

关键词：水污染源；在线自动监测系统；数据准确性；采样规范

DOI：10.69979/3041-0673.26.03.063

引言

我国水污染防治进入精准化阶段，水污染源在线自动监测系统成为掌握企业排污、评估治理效果、执法监管的重要支撑。《污染源自动监控管理办法》要求重点排污单位安装设备并联网，保证数据真实。但系统涉及采样、分析等多环节，任一环节出问题均会降低数据准确性，进而影响环境监管判断，可能导致企业超标排污未被及时发现，引发污染风险。因此，分析影响数据准确性的因素并提出优化策略意义重大，本文围绕系统全流程，从设备、工艺、管理层面研究，为构建稳定可靠的监测体系提供参考。

1 水污染源在线自动监测系统数据准确性的影响因素

1.1 监测设备性能与选型问题

监测设备是在线自动监测系统的核心组成部分，其性能直接决定监测数据的准确性。首先，部分企业为降低成本，选择未通过国家认证的监测设备，这类设备在分析单元、测量范围、稳定性等方面均不符合规范要求，易出现监测结果漂移、重复性差等问题。其次，设备选型与实际监测需求不匹配，例如在高浓度废水监测场景中使用低量程分析仪，会导致数据“超限值”，判定为无效数据；而在低浓度污染监测中使用高量程设备，则会因精度不足造成数据误差。此外，设备核心部件如光源、电极、检测器等长期运行后会出现老化磨损，若未及时更换，会导致检测精度逐渐下降，进一步影响数据准确性。

1.2 系统采样环节的关键影响因素

采样环节是监测数据生成的源头，其规范性直接决定样品代表性，是影响数据准确性的首要环节。

首先采样位置布设缺乏科学性是数据偏差的首要诱因。部分企业未根据人工采样口情况，来设置在线系统采样位置。极易出现手工样品和在线样品不一致的情况；通过采样池采样的情况，未合理设置垂直方向的采样深度，仅采表层水样忽视底层沉积物释放污染物，出现样品代表性不足的情况。

样品代表性不足还体现在采样频次与时机不合理。多数企业采用固定间隔采样，未结合生产周期与排水规律动态调整，如间歇排放时段未设置流量触发采样，易遗漏高浓度排污峰值。

供样管路系统设计缺陷与维护缺失加剧数据失真。管路材质选择不当，如普通PVC管输送含重金属废水会因溶出或吸附产生偏差；管路直径与流速不匹配引发样品滞留；且管路清洗机制不完善，部分系统无反冲洗装置，长期运行结垢堵塞导致样品流通不畅，形成“虚假低浓度”数据。

1.3 数据传输与处理过程的误差

数据传输与处理环节是监测数据从设备端到监管平台端的关键链路，任一环节的漏洞都可能导致数据失真。在数据传输方面，部分系统仍采用传统的模拟信号传输方式，易受电磁干扰、信号衰减等影响，导致数据传输过程中出现丢包、错码等问题；即使采用数字信号传输，若未按《污染物自动监测监控数据传输技术要求》也可能存在无效数据的风险。

1.4 运维管理体系的不完善

运维管理是保障在线自动监测系统长期稳定运行的重要保障，管理体系的不完善是导致数据准确性下降的重要人为因素。首先，运维人员专业素养不足，部分人员未经过系统培训，对设备原理、操作规范、故障排查等知识掌握不扎实，在日常维护中存在操作失误，例如校准操作不规范、试剂更换不及时等。其次，运维管理制度不健全，缺乏定期巡检、维护记录、故障报修等标准化流程，导致设备故障无法及时发现和处理，长期处于非正常运行状态。此外，部分企业存在人为干预监测数据的行为，如故意修改采样点位、伪造运维记录、干扰设备正常运行等，严重破坏了监测数据的真实性，对环境监管造成极大干扰。

1.5 外部环境因素的干扰

在线自动监测系统通常安装在户外或企业生产厂区内，易受外部环境因素影响，导致设备运行稳定性下降，进而影响数据准确性。首先，温度、湿度等气象条件变化会干扰设备正常工作，例如高温环境会导致电子元件性能下降，低温环境会造成试剂结晶、管路冻结，高湿度环境会引发设备受潮短路。其次，厂区内的振动、电磁辐射等因素也会对监测设备产生干扰，例如邻近车间的机械振动会影响分析单元的检测精度，高压设备产生的电磁辐射会干扰数据传输信号。此外，废水排放过程中的流量波动、水质突变（如pH值骤变、污染物浓度突然升高）等情况，若超出设备工作量程，也会导致检测数据出现异常波动，影响数据准确性。

2 水污染源在线自动监测系统的数据准确性优化策略

2.1 优化监测设备选型与性能管控

针对监测设备性能不足的问题，需从选型、校准、维护三个层面构建全周期性能管控体系。首先，严格遵循设备选型规范，优先选择通过国家环境保护产品认证、符合行业标准的监测设备，确保设备测量范围、检出限、重复性等参数与实际监测需求匹配。例如，对于高浓度有机废水监测，应选择TOC法在线监测仪通过系数转换测量COD；对于低浓度废水监测，可选用化学比色法测量。其次，建立设备定期自动校准机制，采用标准物质进行两点校准，及时修正设备仪器漂移，确保设备精度符合要求。此外，加强设备核心部件的预防性维护，建

立部件老化预警机制，根据部件使用寿命提前更换光源、电极、检测器等易损件，避免因部件老化导致数据误差。

2.2 规范系统采样全流程管理

在线系统采样位置应根手工采样口位置，就近设置。避免因在线系统与人工采样口距离问题导致水样不一致，而影响后续开展人工比对、监督检查等工作。

根据企业的排放规律，合理设置采样模式：连续排放时，每日按时间等比例或流量等比例采样（如每15分钟采一次样）；间歇排放时，设置流量触发采样，每1小时为一个时间段，确保在排放期间采集到水样。

供样管路系统升级需兼顾材质适配与功能优化。优先选用优质的聚氯乙烯（PVC）、三丙聚丙烯（PPR）等不影响分析结果的硬管；合理选择管路直径，确保流速处于推荐范围内（通常为0.5-2m/s），以维持较高的雷诺数，避免层流导致的滞留；安装反冲洗系统，根据现场水质情况，定期冲洗管路。

2.3 强化数据传输的稳定性及准确性

首先，升级数据采集方式，采用数字信号，确保原始数据的准确性；同时，选择具备数据补发、掉线后自动上线等技术的数据采集单元，进一步提升数据传输的稳定性。此外，建立数据审核机制，发现数据缺失及时追溯异常原因。

2.4 完善运维管理体系与监督机制

构建标准化、规范化的运维管理体系是保障数据准确性的关键，需从人员管理、制度建设、监督考核三个方面入手。首先，提升运维人员专业素养，建立运维人员培训与考核机制，定期组织设备原理、操作规范、故障排查、应急处理等方面的培训，考核合格后方可上岗；同时，鼓励运维人员参加行业技能认证，提升专业能力。其次，健全运维管理制度，制定《在线监测系统运维管理规范》，明确定期巡检、维护保养、故障报修、校准记录等流程，要求运维人员如实填写运维日志，记录设备运行状态、维护内容、异常情况等信息；同时，建立运维档案管理制度，对设备台账、校准报告、运维记录等资料进行统一管理，便于追溯。此外，强化监督考核机制，环境监管部门应定期对企业在线监测系统运维情况进行检查，采用远程监控与现场核查相结合的方式，核查运维记录的真实性、设备运行的规范性；对存在数据造假、运维不规范的企业，依法依规进行处罚，倒逼

企业落实运维主体责任。

2.5 构建外部环境适应性保障体系

采用专用监测小屋并优化环境管控能力。首先选址严格遵循“三远离”原则，即距车间振动源 ≥ 10 米、高压线路 ≥ 15 米、强电磁辐射源 ≥ 20 米，从空间布局上减少干扰源影响。其次小屋内部配置具备来电自启动功能的智能恒温恒湿系统，当温度超出 $15\text{--}30^{\circ}\text{C}$ 区间或湿度高于 $80\%RH$ 时，系统自动启动调温除湿程序，给在线系统提供一个良好的分析环境。

3 结论与展望

3.1 结论

水污染源在线自动监测系统数据准确性保障需多维度协同，监测设备性能不足、样品采样不规范、数据传输处理误差、运维管理不完善及外部环境干扰是主要影响因素。对应从设备管控、传输优化、运维完善、环境适应保障五方面提出策略，可解决系统关键问题，构建“源头控制-过程管控-结果保障”全流程数据质量体系，为环境监管与污染精准治理提供可靠数据支撑。

3.2 展望

未来可借物联网、大数据、AI等技术优化系统，如AI智能运维预警设备故障、大数据融合多源数据交叉验证实现数据溯源防造假；还需完善监测标准，推动技术创新与产业升级，构建更智能高效的监测体系，助力水污染防治。

参考文献

- [1] 杜兆东. 污染源水质在线监测系统研究与应用[D]. 中南大学[2025-11-25]. DOI: 10.7666/d.y1536482.
- [2] 李霞, 奚海明. 水污染源在线监测系统运行存在的问题与建议[J]. 环境科学与技术, 2010(S1): 3. DOI: 10.3969/j.issn.2095-2104.2013.20.213.
- [3] 张万松, 缪旭波, 朱凤松, 等. 水污染源在线监测系统常见问题及核查方法研究[J]. 环境监控与预警, 2012, 4(2): 5. DOI: 10.3969/j.issn.1674-6732.2012.02.006.
- [4] 孙海林, 李巨峰, 朱媛媛, 等. 水污染源在线监测系统的运营管理[J]. 中国环保产业, 2008(11): 5. DOI: 10.3969/j.issn.1006-5377.2008.11.017.
- [5] 王茹萍. 水污染源在线监测系统在污水处理厂中的应用[J]. 电子技术(上海), 2023.