工业园区污水总磷监测的质量控制要点探讨

赵　亮

山东省生态环境监测中心　山东　济南　250101

摘　要：总磷是工业园区污水监测核心指标，其数据准确性直接关系水体富营养化防控与环保监管成效。本文结合园区污水总磷来源复杂、浓度波动大的特性，阐述监测基础理论与标准，重点分析监测前准备、水样采集保存、实验分析、数据处理全流程质控要点，剖析人员、设备、流程、管理层面现存问题，提出针对性优化对策，为规范监测操作、提升数据可靠性提供理论与实践参考。

关键词：工业园区；污水总磷监测；质量控制要点

引言：随着水污染防治常态化推进，工业园区污水总磷排放管控成为环保工作重点，部分园区因监测数据失真导致污水处理不达标、面临环保处罚。总磷监测质量决定污染治理方案科学性与监管执法公正性，而园区污水成分复杂、干扰因素多，给质控带来诸多挑战。基于此，本文围绕监测全流程，探讨质控核心要点、破解现存难题，为提升监测规范化水平、保障污水治理成效提供支撑。

1 工业园区污水总磷监测相关基础理论

1.1 工业园区污水总磷的来源与特性

（1）主要来源：工业园区污水中总磷主要来源于三大类，一是工业生产工艺废水，涵盖化工、制药、食品加工、冶金等行业，生产过程中使用含磷原料或添加剂会导致废水含磷；二是园区内员工及周边居民生活污水，含磷洗涤剂、食物残渣等是主要贡献者，且生活污水总磷排放浓度总体高于工业废水；三是清下水，雨水冲刷园区地面、绿地后携带地表磷汇入污水系统，形成补充来源。（2）核心特性：总磷成分复杂，包含有机磷与无机磷两种主要形态，不同行业废水的磷形态占比差异较大；浓度波动幅度大，易受工业生产周期、生产负荷及生活用水高峰影响；部分污水存在高氯、高色度等干扰因素，会影响后续监测结果的准确性，增加监测难度。

1.2 总磷监测核心方法及原理

（1）常用监测方法：主流方法包括钼酸铵分光光度法、连续流动分析法、流动注射-钼酸铵分光光度法。其中钼酸铵分光光度法操作简便、成本较低，适用于常规监测；连续流动分析法自动化程度高，适用于大批量样品检测；流动注射法则兼具高效与精准性，适用于低浓度总磷样品监测，需明确各方法的适用范围与检出限，匹配监测需求[1]。（2）核心原理：各类方法的核心原理一致，即通过消解处理，将污水中各种形态的磷统一转化为正磷酸盐；在酸性条件下，正磷酸盐与钼酸铵发生反应生成磷钼酸化合物，经还原剂还原后生成蓝色络合物，该络合物在特定波长下有特征吸收，通过光度检测测定吸光度，进而计算确定总磷浓度。

1.3 监测质量控制的核心内涵与目标

（1）核心内涵：监测质量控制贯穿样品采集、运输、保存、前处理、检测、数据上报全流程，通过规范操作流程、控制各类干扰因素、验证监测数据有效性，确保监测结果具备准确性、精密性、可比性与完整性，避免人为误差与系统偏差。（2）核心目标：杜绝监测过程中的系统误差与随机误差，使监测数据严格符合相关标准要求，为工业园区污水总磷治理方案制定、环保监管执法、污染源头管控等提供科学、可靠的数据分析依据，保障污水治理成效。

1.4 监测质量控制的相关标准与规范

（1）国家及行业标准：核心标准包括 GB11893《水质总磷的测定钼酸铵分光光度法》，明确了该方法的操作细节与质量要求；HJ671-2013《水质总磷的测定流动注射-钼酸铵分光光度法》，规范了流动注射法的监测流程，为监测工作提供统一标准。（2）监测技术规范：主要包括 HJ/T91《地表水和污水监测技术规范》、HJ/T164《地下水环境监测技术规范》，同时需遵循园区监测专项规范，规范样品采集、保存、检测等各环节操作，保障监测质量。

2 工业园区污水总磷监测全流程质量控制要点

2.1 监测前准备阶段质量控制

（1）采样器皿准备：采样器皿需经过严格清洗处理，优先使用专用无磷洗涤剂或 10%盐酸浸泡 24 小时以上，彻底去除器皿表面残留的磷污染物，严禁使用含磷洗涤剂，防止引入干扰。对于塑料采样容器，需提前检查其材质，确认不会释放磷酸盐类添加剂，清洗完成后自然晾干或烘干，妥善存放备用，避免二次污染。（2）试剂与标准物质控制：监测所用试剂需选用优级纯及以上级别，确保试剂纯度符合监测要求，其中过硫酸钾、钼酸铵等核心试剂需严格按照国家相关标准配制，配制过程规范操作、准确计量，配制完成后按要求密封保存，注明配制日期与有效期。标准物质必须选用有证标准溶液，定期核查其浓度有效性与保存状态，发现异常立即更换，杜绝因试剂或标准物质问题影响监测结果[2]。（3）仪器调试与校准：监测前需对分光光度计、连续流动分析仪等核心设备进行全面检查与调试，先进行充分预热，确保设备运行稳定；仔细检查仪器流路的密闭性与液体流动顺畅性，排查泄漏、堵塞等问题。同时，严格按照仪器操作规程与监测标准，完成仪器校准工作，选取合适的校准点，确保校准结果合格，使仪器处于最佳工作状态，为精准监测奠定基础。

2.2 水样采集与保存阶段质量控制

（1）采样点位控制：结合工业园区污水排放特点、管网分布及污染来源，严格按照监测技术规范设置采样点位，确保点位覆盖园区主要排污口、污水处理厂进出口、管网关键节点等，兼顾代表性与全面性，避免遗漏重点污染区域，确保采集的水样能够真实反映园区污水总磷的整体排放状况。（2）采样操作控制：采样时需规范操作，对于含颗粒物、悬浮物的污水，需充分混匀后再采样，确保水样组分均匀。同时，详细记录采样时间、污水温度、pH 值、流量等相关信息，全程避免水样与皮肤、毛发等接触，防止采样过程中水样受到污染，或因操作不当导致水样组分发生变化，影响监测准确性。（3）水样保存控制：采样完成后需立即进行处理，总磷水样需加入浓硫酸调节 pH 值 ≤ 2，抑制微生物活动，防止磷形态转化，随后置于 4℃冷藏环境中保存，保存期限严格控制在 28 天以内。对于低浓度总磷水样，除冷冻保存外，避免使用聚乙烯瓶贮存，防止容器吸附或释放磷，确保水样在保存期间性质稳定[3]。

2.3 实验分析阶段质量控制

（1）消解环节控制：消解是总磷监测的关键环节，需严格控制消解温度、时间与试剂用量，确保各类形态的磷完全转化为正磷酸盐。采用高压灭菌法消解时，温度需控制在 120℃±1℃，保持 30 分钟；采用电热板法消解时，需保持溶液微沸状态 30-40 分钟，全程密切观察，避免消解不完全导致磷转化不彻底，或过消解造成磷损失，影响监测结果。（2）显色反应控制：显色剂与还原剂需按标准比例精准配制，配制后及时使用，避免失效。显色过程中严格控制环境温度在 20-30℃，显色时间控制在静置 15 分钟后再进行测定，确保显色反应完全。同时，严格控制反应体系的 pH 值在最佳范围（0.4-0.6），避免 pH 值偏离导致显色不完全、络合物稳定性下降，产生测定误差。（3）测定环节控制：根据监测方法选择合适的测定波长，比色皿使用前需用待测液润洗 3 次，去除残留水分与杂质，使用过程中避免指纹、划痕污染比色皿表面，定期对其进行清洗维护。测定过程中同步做空白试验与平行样测定，空白试验用于扣除试剂干扰，平行样相对偏差需符合标准要求，及时排查异常测定结果。

2.4 数据处理与报告阶段质量控制

（1）数据计算控制：严格按照监测标准规定的公式计算总磷浓度，计算过程中仔细核对各项数据、系数与单位，确保计算无误。对于监测过程中出现的异常数据，需结合采样、实验环节的记录进行分析，查明原因后规范处理，严禁随意舍弃或修改数据，保证数据的真实性。（2）数据审核控制：建立完善的三级审核制度，一级审核由监测人员自行核对原始数据、实验记录，确认无遗漏、无错误；二级审核由专人检查分析流程、操作规范性及数据计算准确性；三级审核由技术负责人确认数据的合理性、完整性，确保监测数据符合相关标准与技术要求[4]。（3）报告编制控制：监测报告需编制规范、内容完整，明确监测目的、监测方法、采样点位、质控措施、数据结果及分析结论，如实反映监测全过程。报告编制过程中严格核对各项信息，确保无错别字、无数据偏差，保证报告的真实性、科学性与规范性，符合环保监管与园区污水治理的使用需求。

3 工业园区污水总磷监测质量控制现存问题及优化对策

3.1 现存主要质量控制问题

（1）人员层面：监测人员专业素养参差不齐，整体水平有待提升。部分人员缺乏系统专业培训，对总磷监测原理、操作规范及全流程质控要点掌握不熟练，实操中易出现消解时间把控不准、显色反应操作不规范等问题；少数人员责任意识薄弱，操作随意，未严格遵循标准流程，直接影响监测数据准确性。（2）设备层面：监测设备保障不足，影响监测有序开展。部分园区监测仪器使用年限久，存在老化、精度下降问题，且日常维护

不及时，未能及时排查隐患；仪器校准频率未达标准，校准流程不规范，导致数据偏差较大。此外，连续流动分析仪等精密设备，常因污水杂质过多出现流路堵塞、泄漏，未及时处理会造成监测中断或数据失真。（3）流程层面：全流程质控执行不到位，存在诸多薄弱环节。部分园区未严格落实全流程质控要求，采样环节有点位偏移、水样混匀不充分等问题；水样保存时，存在未及时调节 pH 值、冷藏温度不达标、保存超期等情况；实验分析阶段，空白试验与平行样测定不及时、不规范，部分甚至省略质控步骤，无法有效排查实验误差。（4）管理层面：质控管理制度不完善，监督考核机制缺失。部分园区未建立健全质控管理体系，监测各环节职责划分不明确；缺乏有效监督考核，未对人员操作规范性、设备维护、数据真实性进行常态化监督，难以形成约束；试剂与标准物质管理混乱，存在存放不当、过期使用等问题，原始记录填写不规范、保存不完整，无法实现监测数据可追溯。

3.2 针对性优化对策

（1）强化人员培训与管理：建立常态化专业培训机制，定期组织监测人员开展总磷监测方法、操作规范、质控要点及应急处理等内容的培训，邀请行业专家进行现场指导，提升人员专业技能。同时，建立严格的考核机制，将实操能力、数据准确性、流程规范性纳入考核范围，考核不合格者暂停上岗，倒逼监测人员提升专业素养与责任意识。（2）完善设备维护与校准体系：制定科学的仪器维护、校准计划，明确维护频次、校准周期及责任人员，定期对监测仪器进行全面检查、清洁与维护，及时更换老化、损坏的设备部件；严格按照标准要求完成仪器校准工作，选取有资质的校准机构，确保校准结果有效，同时定期组织设备能力验证，保障仪器监测精度，及时排查并处理流路堵塞、泄漏等设备问题。（3）规范全流程质控流程：严格落实监测全流程质控要求，明确采样、保存、实验分析、数据处理各环节的操作标准，安排专人负责各环节质控监督。采样时严格按照点位要求操作，确保水样代表性；规范水样保存流程，及时调节 pH 值、控制冷藏温度，严格遵守保存期限；实验阶段强制执行空白试验、平行样测定、标准物质验证等质控措施，及时排查并纠正实验过程中的误差[5]。（4）健全质控管理制度：建立完善的质控管理体系，明确各岗位的职责与工作标准，实现监测全流程可追溯、可监督。建立常态化监督考核机制，定期开展质控专项检查，对发现的问题及时整改，将考核结果与绩效挂钩；规范试剂与标准物质的采购、存放、使用管理，建立台账，杜绝过期试剂使用；完善原始记录保存制度，明确记录填写规范与保存期限，确保监测数据真实、完整、可追溯。

结束语

工业园区污水总磷监测质量控制是系统性工程，贯穿监测全流程，需兼顾规范性、科学性与实用性。本文梳理了各环节质控要点，针对人员、设备、流程、管理短板提出优化路径，旨在规范操作、减少误差。后续需结合新国标要求，完善质控体系，强化人员能力与设备运维，推动监测提质增效，为园区总磷精准管控、水体生态保护提供可靠数据支撑。

参考文献

[1] 王林平, 刘立. 工业园区污水处理厂运行管理控制要点分析 [J]. 皮革制作与环保科技,2022,3(10):158-160.

[2] 黄艳. 工业园区污水处理厂运行管理控制要点分析 [J]. 环境与发展,2020,32(02):212-214.

[3] 张林. 工业园区污水处理厂的运行与管理 [J]. 广东化工,2021(06):172-175.

[4] 原臻逸. 城镇污水处理厂运行成本分析 [J]. 环境科学与管理,2021(01):107-109.

[5] 徐真恩. 工业园区污水处理厂运营问题及对策探讨 [J]. 城市建设理论研究,2021(05);79-82.