

# 水质检测采样过程中的关键注意事项与误差控制研究

陈 锐

方圆检测技术(海南)有限公司 海南 海口 571199

**摘 要:** 水质检测是水环境管理、水资源保护及公共卫生安全的核心环节,其结果的准确性直接关系到决策的科学性与有效性。然而,大量研究表明,水质检测全过程中的误差主要来源于采样阶段,而非实验室分析阶段。本文系统探讨了水质检测采样过程中存在的各类潜在误差源,深入剖析了采样点位布设、采样时间选择、采样器具与容器、样品保存与运输、现场操作规范以及人员素质等关键环节对检测结果的影响机制。在此基础上,提出了构建“全流程质量控制体系”的综合策略,包括标准化操作规程(SOP)的制定与执行、人员专业培训、先进采样技术的应用以及信息化管理平台建设。研究旨在为提升水质监测数据的代表性、准确性和可比性提供理论支撑与实践指导,从而保障水环境管理决策的科学性与可靠性。

**关键词:** 水质检测; 采样误差; 质量控制; 代表性; 标准化操作

## 引言

水是生命之源,是维系生态系统平衡和人类社会可持续发展的基础性战略资源。随着工业化、城市化的快速推进,水环境污染问题日益严峻,对水质进行科学、精准的监测已成为全球共识。水质检测作为获取水环境信息的唯一途径,其数据质量直接决定了污染源解析、环境风险评估、治理成效考核等一系列工作的成败。传统观念往往将检测误差归因于实验室分析环节的仪器精度或化学试剂纯度等问题。然而,国际标准化组织(ISO)及众多环境监测机构的研究反复证实,在整个水质检测流程中,高达70%以上的总误差产生于采样阶段。这是因为,一旦采集的样品不能真实、客观地反映目标水体在特定时空条件下的实际状况,后续无论采用多么精密的分析方法,所得结果都将是“精确的错误”。因此,采样环节是确保水质检测数据质量的“第一道也是最重要的一道防线”。

### 1 水质采样误差的类型与来源分析

水质采样的核心目标是获取具有高度代表性的样品。任何导致样品偏离其真实状态的因素均可视为误差。根据误差的性质和来源,可将其分为以下几类:

#### 1.1 系统误差(偏倚)

系统误差是指在相同条件下,对同一被测量进行多次测量时,误差的绝对值和符号保持恒定或按一定规律变化的误差。在采样中,它通常源于采样方案或操作方法的固有缺陷。(1) 点位布设偏倚:若采样点未能覆盖水体的关键区域(如排污口下游、水流交汇处、死水区等),或忽略了垂向、横向的水质梯度变化,则所获数据无法全面反映水体的真实状况。(2) 时间选择偏倚:仅

在工作日白天采样,而忽略了夜间、周末或雨季等特殊时段的水质波动,会导致对污染物排放规律的误判。(3) 容器材质偏倚:使用不合适的采样容器(如用玻璃瓶盛装需测重金属的样品,可能导致吸附损失;用塑料瓶盛装有机物样品,可能造成溶出污染)会系统性地改变待测组分的浓度。

#### 1.2 随机误差(偶然误差)

随机误差是由一系列难以控制的微小、偶然因素引起的,其大小和方向均无规律可循,但服从统计规律。增加平行样数量可在一定程度上减小其影响。(1) 操作手法差异:不同采样人员在开启瓶盖、浸入深度、灌装速度等方面的细微差别。(2) 瞬时水文波动:采样瞬间水流速度、湍流程度的微小变化导致样品组成的瞬时差异。(3) 环境干扰:采样过程中风、雨、阳光直射等外部环境的随机干扰。

#### 1.3 过失误差

过失误差是由于采样人员的疏忽、违规操作或设备故障造成的明显错误,应通过严格的质量管理体系予以杜绝。(1) 样品混淆:标签贴错、样品瓶混淆。(2) 保存剂遗漏:忘记添加必要的固定剂或防腐剂。(3) 记录缺失:未记录关键的现场参数(如水温、pH、溶解氧、天气状况等)。

## 2 采样过程中的关键注意事项

### 2.1 科学合理的采样点位与时间布设

在点位布设方面,应遵循“突出重点、兼顾全面”的原则。对于河流水体,常规做法是在上游设置背景断面以反映区域本底水质,在中游关键位置(如工业或生活排污口下游)设置控制断面以捕捉污染负荷,在下游设

置削减断面以评估水体自净效果,同时在重要支流汇入口增设辅助点位以识别跨界污染。对于湖泊或水库等静水水体,则需综合考虑面积、水深及水动力特征,采用网格法或扇形法进行空间布点,并特别注意分层采样——因为温跃层的存在常导致表层、中层与底层水体在溶解氧、营养盐及污染物分布上存在显著差异。点位一经科学确定,应长期固定,以确保历史数据的连续性与可比性<sup>[1]</sup>。在时间布设上,常规监测通常按月或季度执行,但针对特定目的(如突发水污染事件应急响应、季节性农业面源污染调查或企业偷排行为排查),则需加密采样频次。尤其应关注水文情势剧烈变化的时期,如汛期暴雨冲刷带来的污染物峰值、枯水期污染物浓缩效应,以及企业生产周期(如节假日停产前后)对废水排放规律的影响,这些特殊时段的采样数据往往蕴含着关键的环境信息。

## 2.2 采样器具与容器的选择与处理

不同分析项目对容器材质的要求截然不同。例如,在测定重金属、放射性核素等无机污染物时,应优先选用聚乙烯(PE)或聚四氟乙烯(PTFE)等惰性塑料容器,因其表面不易吸附金属离子,且不含可能干扰测定的杂质;而玻璃容器则因硅羟基的吸附作用,通常不适用于此类项目。相反,在测定挥发性有机物(VOCs)、农药或多环芳烃(PAHs)等有机污染物时,棕色玻璃瓶是更优选择,因其既能有效避光防止光解反应,又能最大限度减少塑料容器中增塑剂等有机溶出物的污染风险。除了材质选择,容器的清洗程序同样至关重要。所有容器在使用前必须经过严格清洗:先用自来水冲洗去除可见污物,再用中性洗涤剂浸泡刷洗,随后用自来水彻底冲洗干净;对于无机项目,还需用10%的硝酸或盐酸溶液浸泡24小时以去除痕量金属残留,最后用实验室I级纯水反复冲洗2-3次;而对于有机项目,除上述步骤外,还需用重蒸馏的丙酮等有机溶剂淋洗,并在高温马弗炉中灼烧以彻底清除有机残留。任何清洗环节的疏漏都可能成为污染源或损失源,进而影响分析结果的准确性。

## 2.3 样品的采集、保存与运输

在现场采集环节,操作应尽量轻柔,避免剧烈搅动水体而扰动底泥,否则悬浮物浓度异常升高将干扰多项指标的测定。对于需要分析溶解态组分(如溶解性重金属、溶解性有机碳)的样品,应在现场立即使用0.45微米滤膜过滤,并将滤液收集于专用容器中,以排除颗粒物的干扰。除少数特殊项目(如溶解氧、生化需氧量BOD<sub>5</sub>)外,绝大多数样品瓶应完全充满,不留顶空,以减少氧气接触导致的氧化反应或挥发性物质的逸失,瓶

盖必须旋紧密封,防止运输途中泄漏。样品保存是延缓其变质的核心手段,通常结合冷藏与化学固定两种方式。几乎所有水样在采集后都应置于4℃左右的冷藏环境中,以抑制微生物的代谢活动。更重要的是,根据不同分析项目添加特定的保存剂:例如,重金属样品需加入浓硝酸酸化至pH12,防止HCN挥发;硫化物则需加入醋酸锌形成沉淀以固定<sup>[2]</sup>。保存剂的种类、浓度及加入顺序必须严格遵循国家标准方法,任何偏差都可能引入不可逆的误差。在运输环节,时效性与稳定性并重。各类样品均有明确的最长保存期限,如粪大肠菌群要求6小时内完成检验,COD、氨氮等常规指标通常要求在24-48小时内分析完毕,因此必须科学规划采样路线与实验室交接时间。同时,样品必须置于配备温度记录仪的专用冷藏箱中,确保全程冷链不断,并采取防震、防倾倒措施,防止容器破损或样品混合。

## 2.4 现场记录与元数据完整性

完整的现场记录应包含采样日期与精确到分钟的时间、GPS定位的经纬度坐标、采样人员姓名、当日天气状况(晴、雨、风力等)、水体感官性状(如颜色、气味、透明度、是否有油膜或泡沫)、以及使用便携式仪器现场测定的关键参数(如水温、pH、电导率、溶解氧、浊度等)。此外,还应详细注明所采用的采样方法(如瞬时采样、混合采样、分层采样)、使用的容器类型与编号、添加的保存剂种类与体积、样品唯一性编号等信息。这些元数据共同构成了样品的“数字孪生”,使得分析结果能够被置于具体的时空与环境背景下进行科学解释。为提升记录的准确性与效率,应逐步推广使用电子化采样APP,实现数据实时录入、自动校验与云端同步,从而有效减少手写笔误、信息遗漏或后期转录错误,增强整个监测过程的可追溯性与公信力。

## 3 误差控制的综合策略与质量保证体系构建

### 3.1 制定并严格执行标准化操作规程(SOP)

针对不同水体类型(如地表水、地下水、工业废水、生活污水)、不同监测目的(如常规例行监测、污染源监督性监测、突发环境事件应急监测)以及不同分析项目(如理化指标、微生物指标、有机污染物),应分别编制详尽、可操作的SOP。这些规程不仅应明确每一步操作的具体动作、允许的公差范围、所需耗材规格,还应包含异常情况(如设备故障、天气突变、样品异常)的应急处理预案。更重要的是,SOP不是一成不变的文本,而应随着标准方法的更新、新技术的应用和实践经验的积累,定期进行评审、修订与再培训,确保其始终处于技术前沿并贴合实际需求。唯有通过制度化的SOP执行与监督,才

能将人为因素导致的随机误差和过失误差降至最低。

### 3.2 强化人员专业培训与资质认证

再完善的SOP若缺乏高素质的执行者,也难以发挥应有效能。因此,必须建立常态化的、多层次的专业培训与资质认证机制。培训内容应涵盖理论与实操两个维度:理论层面包括水化学基础、水文学知识、采样原理、相关国家标准与技术规范、实验室安全与个人防护等;实操层面则需在模拟或真实水体环境中,对各类采样技术(如深层采样、底泥采样、自动采样器操作)、现场参数测定、样品保存处理、应急处置等进行反复演练,直至操作熟练、动作规范<sup>[3]</sup>。在此基础上,应推行采样人员持证上岗制度,通过严格的理论考试与现场操作考核,对合格者颁发资质证书,并实行定期复审,确保其知识与技能持续更新。这种“以人核心”的质量控制策略,是从根本上提升采样数据可靠性的长效保障。

### 3.3 应用先进的采样技术与设备

传统的人工瞬时采样虽简便,但难以捕捉水质的动态变化,且易受主观因素影响。相比之下,自动水质采样器能够根据预设程序实现定时、定量、分瓶的连续或混合采样,特别适用于流量波动剧烈的河流或需要获取时间加权平均浓度的场景,有效克服了人工采样的局限性。原位多参数水质传感器则可在现场实时、高频地获取水温、pH、溶解氧、电导率、浊度等多项指标,不仅为实验室分析提供即时参考,还能通过长时间序列数据揭示水质变化的内在规律。此外,全球定位系统(GPS)与地理信息系统(GIS)技术的集成应用,确保了采样点位的厘米级精确定位,并支持历史采样数据的空间可视化分析,为污染溯源与趋势研判提供直观依据。这些先进技术的推广应用,标志着水质采样正从“经验驱动”向“数据驱动”和“智能驱动”转型。

### 3.4 建立全流程信息化管理平台

在数字化时代,构建覆盖采样、流转、分析、审核全链条的信息化管理平台,是实现质量控制闭环管理的必然选择。实验室信息管理系统(LIMS)的深度集成,使

得从采样任务智能派发、现场数据移动端录入、样品唯一性条码标识、冷链运输状态监控、实验室接收登记、分析任务分配到最终报告自动生成,全过程均可实现电子化追踪与留痕。这不仅极大提升了工作效率,更关键的是杜绝了纸质记录易篡改、易丢失、难追溯的弊端<sup>[4]</sup>。更进一步,探索将区块链技术应用于关键采样节点(如采样时间戳、地理位置、操作人员身份、保存剂添加确认)的数据存证,利用其去中心化、不可篡改的特性,可为监测数据的真实性与公信力提供强有力的第三方技术背书,这对于环境执法、司法鉴定等高敏感应用场景尤为重要。

## 4 结语

水质检测采样绝非简单的“取一瓶水”之举,而是一项高度专业化、系统化的科学工程。本文通过对采样过程中关键注意事项的系统梳理和误差来源的深入剖析,揭示了采样环节在保障水质监测数据质量中的决定性作用。研究认为,要有效控制采样误差,必须摒弃“重分析、轻采样”的传统思维,将质量控制的关口前移。未来,水质采样工作的发展方向在于标准化、智能化与信息化的深度融合。通过构建以SOP为核心、以高素质人才为依托、以先进技术为支撑、以信息化平台为纽带的全流程质量保证体系,方能真正实现“让每一滴水说话”的目标,为水生态文明建设和国家水安全战略提供坚实、可靠的数据基石。

## 参考文献

- [1]高瑞东,陶萄.环境监测中水质采样质量控制方法探讨[J].科技创新与应用,2025,15(34):153-156.
- [2]弓跃华.水质检测微生物指标的采样质量控制探讨[J].山西化工,2024,44(01):101-102.
- [3]陈瑜.环境监测水质现场采样技术的要点分析[J].皮革制作与环保科技,2025,6(18):36-37+55.
- [4]毛旻,赵文闯.水环境监测中影响水质采样质量的因素与对策[J].农村科学实验,2025,(23):63-65.