

# Exploring on-site water quality sampling methods for environmental monitoring

Yingna Liu Yuan Yue

Liaoning Province Benxi Ecological Environment Monitoring Center, Benxi, Liaoning, 117000, China

## Abstract

Field water sampling serves as the critical preliminary step for ensuring environmental monitoring data accuracy, directly determining the reliability of water quality analysis results in pollution assessment. This study systematically explores the fundamental theories, methodological classifications, operational procedures, and quality control essentials of field water sampling based on environmental monitoring technical specifications, incorporating domestic and international research findings and practical case studies. The research reveals challenges including sampling deviations in complex water bodies (high turbidity, high salinity), lack of sampling methods for emerging pollutants (microplastics, antibiotics), and insufficient operator compliance. By comparing sampling tools (e.g., acrylic glass samplers, column samplers) and operational procedures across different scenarios such as surface water, deep water, and interstitial sediment water, we establish a comprehensive quality control system encompassing “pre-sampling preparation-mid-process control-post-sampling processing”. The study proposes optimization strategies including developing specialized sampling equipment, refining standard specifications, and enhancing operator training programs.

## Keywords

environmental monitoring; water quality field sampling; sampling methods; quality control; water quality analysis

## 探讨环境监测水质现场采样方法

刘莹娜 岳园

辽宁省本溪生态环境监测中心, 中国·辽宁 本溪 117000

## 摘要

水质现场采样是环境监测数据准确性的核心前置环节, 直接决定水质分析结果对水体污染状况评估的可靠性。本文以环境监测技术规范为依据, 结合国内外研究成果与实践案例, 系统探讨水质现场采样的基础理论、方法分类、操作流程及质量控制要点。研究表明, 当前水质采样面临复杂水体(高浊度、高盐度)采样偏差、新型污染物(微塑料、抗生素)采样方法缺失、人员操作规范性不足等问题。通过对比表层水、深层水、沉积物间隙水等不同场景的采样工具(如有机玻璃采水器、柱状采样器)与操作步骤, 构建“采样前准备-采样中控制-采样后处理”全流程质控体系, 并提出研发专用采样设备、完善标准规范、强化人员培训等优化对策。

## 关键词

环境监测; 水质现场采样; 采样方法; 质量控制; 水质分析

## 1 引言

水环境是生态系统的重要组成部分, 其质量直接关系到人类健康、工农业生产及生态平衡。根据《2023 中国生态环境状况公报》, 我国仍有 12.8% 的地表水国控断面水质为 IV - V 类, 部分流域存在总磷、化学需氧量 (COD) 超标问题, 地下水污染风险亦需持续关注。水质监测作为水环境管理的核心技术支撑, 其数据可靠性依赖于“采样 - 运输 - 分析”全链条的规范性, 而现场采样作为数据获取的首个环节, 其方法科学性与操作严谨性直接影响后续分析结

果的准确性——据统计, 因采样不规范导致的监测数据偏差占总误差的 40%-60%, 远超实验室分析误差 (10%-20%)。

随着《水质 采样技术指导》(GB/T 12998-2020)、《环境监测 分析测试技术规范》等标准的更新, 水质现场采样的技术要求不断细化, 但在实际应用中, 复杂水体环境(如高浊度河流、海水、工业废水)的采样难题、新型污染物的采样方法空白, 以及基层监测人员操作熟练度差异等问题, 仍制约着采样质量的提升。在此背景下, 系统梳理水质现场采样方法, 分析现存问题并提出优化策略, 具有重要的现实意义。

【作者简介】刘莹娜 (1985-), 女, 满族, 中国辽宁本溪人, 本科, 工程师, 从事生态环境监测研究。

## 2 水质现场采样的基础理论与影响因素

### 2.1 核心概念与采样原则

水质现场采样是指在监测点位，按照预定方案采集具有代表性的水样（或沉积物间隙水），并通过现场处理、保存与运输，确保样品特性与水体实际状况一致的过程。其核心原则包括：

1. 代表性原则：采样点需反映监测区域的整体水质，避免选择岸边、排污口正下方等局部异常区域；采样量需满足实验室分析需求（通常单次采样量为分析用量的 2-3 倍），同时考虑平行样、空白样的采集需求。<sup>[1]</sup>

2. 时效性原则：易降解污染物（如溶解氧、亚硝酸盐氮）需现场测定；需保存的样品需在采样后立即添加固定剂（如测总氮的样品添加硫酸至  $\text{pH} \leq 2$ ），并在规定时间内运输至实验室（如 COD 样品需在 4℃ 冷藏条件下 24 小时内分析）。

3. 规范性原则：采样工具、容器需根据污染物特性选择（如测重金属的样品使用聚乙烯容器，测有机物的样品使用棕色玻璃容器），且需经过严格清洗（如酸洗、有机溶剂润洗），避免交叉污染。

### 2.2 关键影响因素分析

水文参数：流速（ $> 1\text{m/s}$  的水体需使用流速仪辅助确定采样深度，避免表层水扰动）、水深（ $< 1\text{m}$  的浅水区需采集表层下 0.5m 处水样， $> 10\text{m}$  的深水区需分层采样，每层采样间距不超过 5m）、浊度（高浊度水需静置 30 分钟后采集上清液，避免泥沙吸附污染物导致数据偏差）。<sup>[2]</sup>

污染物类型：挥发性污染物（如苯系物）需使用带聚四氟乙烯衬垫的密封采样瓶，采样时需“满瓶采样”（无顶空）；易氧化污染物（如亚铁离子）需现场添加抗氧化剂（如盐酸羟胺）；颗粒态污染物（如悬浮颗粒物中的重金属）需采集混合样，避免过滤导致损失。

## 3 水质现场采样方法分类与操作流程

### 3.1 按采样介质与场景分类

根据监测对象与水体类型，水质现场采样方法可分为表层水采样、深层水采样、沉积物间隙水采样及特殊水体（工业废水、地下水）采样，不同方法的适用场景、工具选择与操作要点存在显著差异，具体如下表所示：（表 1）

表 1 水质现场采样方法分类及操作规范表

采样类型	适用场景	核心采样工具	关键操作步骤	注意事项
表层水采样	水深 $< 5\text{m}$ 的河流、湖泊、水库	有机玻璃采水器(1-5L)	1. 采样器降至水面下 0.5m 处； 2. 打开进水阀，待水满后关闭； 3. 缓慢提升，避免溢出	避免在岸边 10m 内采样；雨天需在采样点上方搭建遮雨棚，防止雨水混入
深层水采样	水深 $> 5\text{m}$ 的湖泊、海洋	多通道分层采水器（如 Niskin 采水器）	1. 用测深仪确定水深，设定采样层次； 2. 采水器降至目标深度，触发开关取水； 3. 每层采集后冲洗采水器	分层采样间隔不超过 5m；采水器需提前用待采水体润洗 3 次，减少吸附损失
沉积物间隙水采样	湖泊、河流底泥上层（0-20cm）	离心式间隙水采样器、真空抽吸装置	1. 采集柱状沉积物样品； 2. 分层切割（每 5cm 一层）； 3. 离心（3000r/min, 15min）或真空抽吸分离间隙水	沉积物样品需现场冷藏（4℃）；间隙水需在 1 小时内完成过滤（ $0.45\mu\text{m}$ 滤膜）
工业废水采样	企业排污口、工业园区管网	自动采样器（如在线混合采样器）	1. 监测排污口流量，设定采样间隔（如每 15 分钟 1 次）； 2. 采集 24 小时混合样； 3. 现场测定 pH、温度	含强酸 / 强碱的废水需先调节 pH 至 6-8 再保存；含油废水需单独采集油相样品
地下水采样	监测井、泉眼	贝勒管、潜水泵	1. 清洗井管（抽取 3 倍井管体积的水）； 2. 稳定抽水 30 分钟后采样； 3. 采集井水表层下 0.5m 处样品	监测井需提前 24 小时开启井盖通风；采样后需补充井水至原水位，避免井管干涸

数据来源：依据《水质 采样技术指导》（GB/T 12998-2020）及《环境监测 地下水采样技术规范》（HJ 164-2020）整理

### 3.2 通用操作流程（以地表水为例）

#### 3.2.1 采样前准备

1. 工具与试剂准备：根据监测项目选择容器（如测总磷用聚乙烯瓶，测石油类用棕色玻璃瓶），并按规范清洗（如测重金属的容器需用 10% 硝酸浸泡 24 小时，再用超纯水冲洗 3 次）；准备固定剂（如硫酸、氢氧化钠、硝酸）、现场测定仪器（pH 计、溶解氧仪、浊度仪）及安全防护装备（防滑鞋、防护服、护目镜）。

2. 点位确认与方案制定：通过 GPS 定位采样点，记录

点位周边环境（如是否有排污口、植被覆盖情况）；根据水体深度、流速制定采样层次与频次，如水深 8m 的湖泊需采集表层（0.5m）、中层（4m）、底层（7m）3 个层次的样品。

#### 3.2.2 现场采样操作

1. 样品采集：使用有机玻璃采水器采集表层水时，将采水器垂直放入水中，待水满后缓慢提升，避免水流扰动；采集深层水时，通过钢缆控制采水器深度，触发开关后静置 30 秒，确保水样充满采水器。<sup>[3]</sup>

2. 现场处理与测定：溶解氧需现场用便携式溶解氧仪

测定(测定前需用校准液校准仪器); pH、电导率、浊度等参数需在采样后 10 分钟内完成测定; 需保存的样品需立即添加固定剂, 如测氨氮的样品添加硫酸至  $\text{pH} \leq 2$ , 每 100mL 水样添加 1mL 浓硫酸, 摇匀后密封。

3. 样品标识与记录: 每个样品瓶需粘贴标签, 标注采样点编号、日期、时间、采样深度、监测项目、固定剂种类与用量; 同时填写《水质现场采样记录表》, 记录水温、天气、流速、周边环境等信息, 确保“样品-记录-标识”一一对应。

### 3.2.3 采样后样品管理

1. 样品保存: 水样需分类保存, 如冷藏样品 ( $4^{\circ}\text{C}$ ) 需放入带冰袋的保温箱, 避光样品 (如测叶绿素 a) 需放入棕色保温箱; 保存时间需严格遵循标准, 如 COD 样品保存不超过 24 小时, 总氮样品保存不超过 7 天。

2. 样品运输: 运输过程中需避免剧烈震动, 防止样品溢出或容器破损; 到达实验室后, 与接收人员共同核对样品数量、标识、保存条件, 填写《样品交接单》, 完成样品移交。

### 3.3 特殊污染物采样方法 (以微塑料为例)

随着微塑料污染问题的凸显, 传统采样方法已无法满足监测需求。当前微塑料水质采样需采用专用方法:

1. 采样工具: 使用不锈钢采水器 (避免塑料工具释放微塑料)、玻璃纤维滤膜 ( $0.7\mu\text{m}$  孔径) 及陶瓷漏斗 (避免塑料漏斗污染)。

2. 操作要点: 采集 100L 水样, 通过真空抽滤装置将水样过滤至玻璃纤维滤膜上; 过滤后, 将滤膜放入无粉手套包裹的玻璃培养皿中, 避光冷藏保存; 采样过程中需全程佩戴无粉乳胶手套, 避免衣物纤维、头发落入样品中。<sup>[4]</sup>

## 4 当前水质现场采样方法存在的问题与优化对策

### 4.1 现存主要问题

#### 4.1.1 复杂水体采样技术适配性不足

高浊度水 (如黄河中下游河段, 浊度常  $> 500\text{NTU}$ ) 采样时, 泥沙易堵塞采水器进水口, 导致采样量不足; 高盐度水 (如海水, 盐度  $> 30\text{‰}$ ) 采样时, 盐分会腐蚀金属采水器, 同时影响 pH、电导率等参数的现场测定准确性; 高浓度工业废水 (如化工废水,  $\text{COD} > 5000\text{mg/L}$ ) 采样时, 污染物易吸附在采水器内壁, 导致样品浓度偏低。

#### 4.1.2 新型污染物采样方法缺失

当前针对微塑料、抗生素、纳米颗粒等新型污染物的采样标准尚未完善, 如微塑料采样缺乏统一的滤膜孔径标准 (现有研究使用  $0.45\mu\text{m}$ - $10\mu\text{m}$  不同孔径的滤膜), 导致不同实验室的数据无法对比; 抗生素采样时, 因缺乏专用固定剂, 样品在运输过程中易发生降解, 检测值偏差可达 20%-30%。

#### 4.1.3 基层人员操作规范性与技术水平待提升

据调研, 我国县级环境监测机构中, 仅 42.6% 的采样人员接受过系统的采样技术培训; 部分人员存在“简化操作流程”的问题, 如省略容器润洗步骤、未按要求采集平行样; 同时, 基层机构缺乏先进的采样设备 (如自动分层采

水器、微塑料专用采样装置), 仍依赖人工采样, 效率低且误差大。

## 5 水质监测采样实践

### 5.1 采样方法选择

该流域水深 2-10m, 其中上游对照点水深 2-3m, 采用表层水采样法 (采集 0.5m 处水样); 中游控制点水深 5-8m, 采用分层采样法 (采集表层 0.5m、中层 4m、底层 7m 水样); 下游削减点水深 8-10m, 采用分层采样法 (采集表层 0.5m、中层 5m、底层 9m 水样)。

重金属样品使用聚乙烯容器 (10% 硝酸浸泡 24 小时), COD、氨氮、总磷样品使用玻璃容器; 微塑料作为补充监测项目, 使用不锈钢采水器采集 100L 水样, 通过  $0.7\mu\text{m}$  玻璃纤维滤膜过滤。

### 5.2 质控措施实施

采样前: 对所有容器进行空白试验, 重金属容器空白值均  $< 0.001\text{mg/L}$ , 符合要求; pH 计、溶解氧仪用标准溶液校准, 误差  $< \pm 0.1$ 。

采样中: 每 10 个样品采集 1 组平行样, 共采集 3 组平行样, 平行样相对偏差分别为 5.2%、6.8%、4.5%, 均  $< 10\%$ ; 开展 1 次加标回收试验, 氨氮加标回收率为 92.3%, 符合 80%-120% 要求。

采样后: 样品放入  $4^{\circ}\text{C}$  保温箱运输, 2 小时内到达实验室, 样品保存时间均符合标准; 数据审核发现 1 个采样点的溶解氧数据异常 (与水温不匹配), 经核查为仪器校准偏差, 重新采样后数据正常。

## 6 结论

1. 水质现场采样需遵循“代表性、时效性、规范性”原则, 水体特性 (水深、流速、污染物类型)、时空条件 (采样时间、点位)、人为操作是影响采样质量的关键因素, 需针对性制定采样方案。

2. 不同采样类型 (表层水、深层水、沉积物间隙水、工业废水) 需匹配专用工具与流程, 如深层水采样需使用分层采水器, 工业废水采样需采集混合样并针对性添加固定剂, 确保样品特性与水体实际一致。

3. 当前采样方法面临复杂水体适配性不足、新型污染物方法缺失、人员操作不规范等问题, 需通过研发专用设备、完善标准规范、加强人员培训等对策, 提升采样质量。

### 参考文献

- [1] 王红宇, 李娜, 张莉. 高浊度河流水质现场采样方法优化研究 [J]. 中国环境监测, 2023, 39 (2): 125-132.
- [2] 刘敏, 赵建亮, 王翠苹. 地表水微塑料采样方法的比较与优化 [J]. 环境科学, 2022, 43 (8):
- [3] 张勇, 王丽, 陈明. 基层环境监测机构水质现场采样质量控制问题与对策 [J]. 环境监测管理与技术, 2023, 35 (4): 78-81.
- [4] 李海英, 赵文涛. 工业废水水质现场采样技术规范与实践 [J]. 工业水处理, 2022, 42 (11): 245-248.