

# Study on variation of total phosphorus in water

Jufen Nie<sup>1</sup> Liheng Xiao<sup>2\*</sup> Jiang Qin<sup>1</sup> Dianwen Yao<sup>1</sup>

1. Yunnan Academy of Ecological Environment Sciences, Key Laboratory of Pollution Process and Management of Plateau Lakes, Kunming, Yunnan, 650034, China

2. Chuxiong Yi Autonomous Prefecture Inspection and Testing Certification Institute, Chuxiong, Yunnan, 675000, China

## Abstract

Total phosphorus in water serves as a core comprehensive indicator for assessing phosphorus pollution levels. Its concentration patterns and spatiotemporal distribution hold irreplaceable significance in identifying pollutant sources, tracking migration and transformation processes, and evaluating treatment effectiveness. In practical monitoring, we recognize that total phosphorus measurements are highly dependent on sample representativeness, the appropriateness of pretreatment techniques, and the rigor of analytical quality control. Seasonal hydrological variations and differences in human activity intensity collectively cause complex fluctuations in total phosphorus concentrations across time series and spatial patterns, which demand enhanced monitoring technologies. This study investigates the impacts of seasonal changes and geographical variations on total phosphorus measurements, while exploring reliable optimization pathways for analytical methods. These findings provide a robust scientific foundation to improve water quality monitoring data accuracy and better support water environment management and protection decision-making.

## Keywords

total phosphorus variation; different seasons; different time and space; water quality control

## 水中总磷变化研究

聂菊芬<sup>1</sup> 肖丽恒<sup>2\*</sup> 秦江<sup>1</sup> 姚殿文<sup>1</sup>

1. 云南省生态环境科学研究院云南省高原湖泊污染过程与管理重点实验室, 中国·云南 昆明 650034

2. 楚雄彝族自治州检验检测认证院, 中国·云南 楚雄 675000

## 摘要

水中总磷作为衡量水体受磷污染程度的核心综合性指标, 其浓度水平与时空分布规律对于揭示污染物来源、迁移转化过程以及评估治理措施效果具有不可替代的重要意义。在实际监测工作中, 我们意识到总磷测定结果的高度依赖性, 它深受样品代表性、前处理技术的恰当性以及分析过程质量控制严谨性的制约。不同季节的水文条件变化与人类活动强度的差异, 共同导致了总磷浓度在时间序列与空间格局上的复杂波动, 这对我们的监测技术提出了更高的要求。因此, 本研究深入探讨了季节更替与空间位置差异对总磷测定值的影响, 并寻求优化测定方法的可靠途径, 从而为提升水质监测数据的质量、更加精准地服务于水环境管理与保护决策提供坚实的科学基础。

## 关键词

总磷变化; 不同季节; 不同时空; 水质控制

## 1 引言

水体中总磷浓度呈现出显著的时空分异规律, 夏季丰水期由于径流冲刷作用, 总磷负荷通常高于冬季枯水期, 而空间分布上则明显受到排污口、农业面源等点源与面源污染的深刻影响。为确保测定结果的准确可靠, 本研究重点优化

了从样品采集、保存运输、消解处理到最终显色测定的全流程操作规范。通过建立一套完整的质量控制措施, 包括规范采样、实验室内部质控、数据严谨处理与人员能力强化, 本研究为准确捕捉水体总磷的真实变化、科学评估水体富营养化风险提供了可靠的技术依据和方法支撑。

## 2 水中总磷测定概述

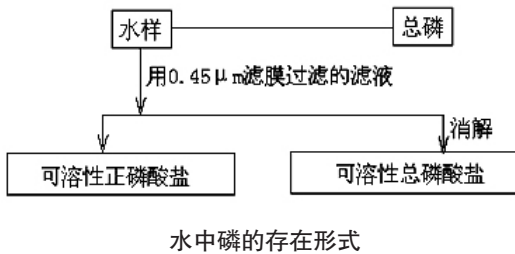
### 2.1 定义

水中总磷测定属于环境监测领域里一项颇为关键的分析工作, 其主要以便精准测定水样里各类形态磷的总含量, 其中涉及溶解态、颗粒态以及有机和无机含磷化合物。此指标与水体富营养化程度直接相关, 对于评估湖泊、河流以及近岸海域的水质状况有着关键作用<sup>[1]</sup>。在环境科学与工程实

【作者简介】聂菊芬(1978-), 女, 中国云南富源人, 硕士, 高级工程师, 从事高原湖泊及重点流域水质检测分析及研究。

【通讯作者】肖丽恒(1981-), 男, 中国云南富源人, 本科, 高级工程师, 从事产品质量及生活饮用水水质检测分析及研究。

践过程中,科研人员一般会借助氧化消解步骤把不同形态的磷都转化成可检测的正磷酸盐,接着利用分光光度法开展定量分析。钼酸铵分光光度法是当前应用较为广泛的国标分析方法,该方法是基于磷酸盐离子在酸性条件下与钼酸铵试剂发生反应生成磷钼杂多酸,之后被抗坏血酸等还原剂还原成蓝色的钼蓝复合物,其显色强度与总磷浓度在一定范围内符合朗伯-比尔定律,可借助测定特定波长下的吸光值来实现定量分析。



## 2.2 产业链

总磷测定技术在环保监管、水务运营、工业排放控制以及检测服务等诸多环节均有体现。其上游关联着检测仪器、化学试剂以及标准物质的研发制造工作;中游包含环境监测站、第三方检测机构以及污水处理厂的化验部门,这些部门承担着执行标准化分析流程并输出可靠数据的职责。下游有政府部门的水质评价、流域治理决策以及排污企业的合规自测等内容。整个链条实现有效协作,给水环境保护政策的制定与执行提供了关键的数据支持<sup>[2]</sup>。随着现代分析技术取得进展,一些在线监测设备和自动化预处理单元渐渐被引入实际应用场景,这提高了总磷测定的效率以及数据的时效性,使其在水环境管理与污染防控里持续发挥关键作用。

## 3 水中总磷变化测定

### 3.1 采集样品与保存

采样工作最先需要考量季节特性,夏季丰水期与冬季枯水期的水文条件存在较大差异,在布设采样点时需兼顾河道主流区、回水区以及关键排污口下游。在实际操作过程中,棕色玻璃瓶为首选容器,其可有效防止光照引发的水质变化。每份水样采集后需即刻加入盐酸将pH值调节至2以下,此步骤颇为关键,可有效抑制微生物活动。处理好的样品最好放置在低温阴暗之处,建议在48小时内完成分析,如此方能保证测定结果真实反映现场状况。

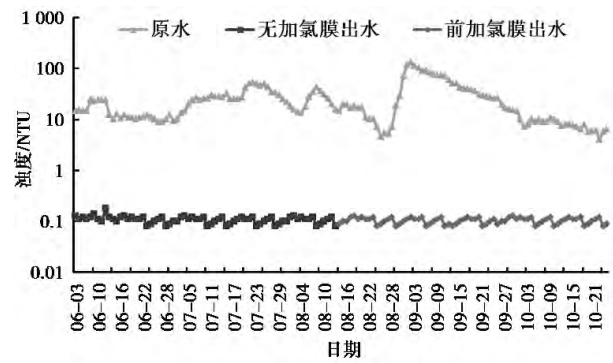
### 3.2 样品消解

在实际进行操作时,取25毫升均匀的水样,并加入4毫升5%过硫酸钾溶液,加塞后管口包一块纱布并用线扎紧,以免加热时玻璃塞冲出,将其放置于高压灭菌锅中加热,待锅内压力达1.1kg,温度达120℃的环境条件下,保持此压力、温度消解30分钟,停止加热,待压力、温度降至零后,取出放冷待测。在此过程中,有一个细节方面是需要加以留意的,不同季节的水样所有的特性会对消解效果产生影响<sup>[3]</sup>。

举例来说,在冬季的样品里一般会含有更多的溶解态有机磷,在这种情况下,适当将消解时间延长至40分钟会显得更为稳妥。对于消解温度也需要进行精确的把控,倘若温度过低,将会致使氧化不完全,如果是温度过高,则又有可能生成难以进行测定的焦磷酸盐,这个平衡点需要实验人员根据积累的经验情况精准把握好。

### 3.3 色浊度去除

水体样品存在色度和浊度干扰这一常见情况,一般会采用离心与过滤相结合的办法来处理。首先把消解后的样品按照4000转/分钟的转速进行15分钟的离心操作,该转速可有效地分离出大部分悬浮颗粒。随后用上清液借助0.45微米滤膜进行过滤,这样的分级处理方式提升了效率,还防止了滤膜过早出现堵塞的状况。当遇到藻类繁殖旺盛的夏季水样时,可尝试添加适量锌盐来进行共沉淀预处理,此方法对于去除藻类干扰颇为有效。在进行色度校正时,最好设置专门的参比通道,借助于在测定波长同步测定空白样吸光度来达成准确补偿。



浊度去除效果

### 3.4 显色条件

在显色反应阶段,实验条件要得到严格把控,因为钼锑抗分光光度法对于反应环境颇为敏感。依靠多次进行测试,我们观察到当pH值保持在0.45至0.55这一区间时,显色效果最为理想。试剂的加入顺序同样不容忽视,应当依照抗坏血酸溶液、钼酸盐溶液的顺序逐个依次加入,每添加一种试剂之后都要进行充分的混匀操作,间隔的时间控制在大约30秒。显色时间一般需把握在15至25分钟的范围之内,不过要留意环境温度所产生的影响,在冬季实验室温度较低的情况下,最好借助恒温水浴锅将温度维持在25℃,或者适当延长显色的时间<sup>[4]</sup>。

### 3.5 其他因素

实验室环境自身潜在的磷污染源包含洗涤剂残留、实验器皿吸附等情况,所有玻璃器皿都需经过稀硝酸浸泡处理。试剂质量把控十分关键,抗坏血酸易氧化失效,故而建议现用现配。每批次测定时都要同步开展空白试验以及标准曲线验证,这种习惯可及时察觉潜在问题。鉴于不同季节环境温度存在波动,在消解每批样品时需重新建立标准曲线是

较为明智的做法。对于因空间差异产生的水体基质效应，加标回收实验是一种实用的验证手段，把回收率控制在 95% 至 105% 之间可较好地保证数据质量。这些质控措施看似繁杂，却是获取可靠数据的必要保障，它们共同构建成了完整的水质监测技术体系。

## 4 水质控制的措施

### 4.1 规范采样

规范采样作为保障数据质量的关键起始步骤，采样人员需依据水体自身特征科学地去布设采样点位，同时要充分地考量季节变化给水文条件所带来的影响。在实际操作过程当中，应当运用统一规格的采样容器，一般会选择棕色玻璃瓶，其目的在于防止光照致使水质发生变化<sup>[5]</sup>。采样时机的挑选也存在一定讲究，像在河流监测时需要避开暴雨过后泥沙含量处于较高水平的时段，而在湖泊监测时则要留意避开藻类出现异常增殖的特殊时期。采样深度要依据监测目标进行合理确定，对于存在温度分层现象的水体，在必要情况下应当开展分层采样。每一个采样点都需要记录详尽的环境信息，覆盖水温、pH 值、溶解氧等现场参数，这些原始记录对后续的数据分析有着较大帮助。样品采集完成后需要即刻依据测定指标的特性添加相应的固定剂，例如测定总磷的水样就要加酸酸化至 pH 小于 2，之后进行低温冷藏并尽快送回实验室。

### 4.2 实验室分析过程中的质量控制

实验环境的洁净是首要前提，要防止交叉污染出现，所有玻璃器皿都需经过稀硝酸浸泡以及超纯水冲洗的处理过程。试剂纯度要定期核查，容易变质的还原性试剂最好现用现配，每批新试剂使用前都要依靠空白试验验证其纯度<sup>[6]</sup>。仪器设备的校准维护要严格依照规程开展，分光光度计需每天用标准溶液检查其吸光度值的稳定性，天平则要定期由计量部门进行检定。分析过程中，平行样品的测定能反映实验精密性，一般要求相对偏差控制在 5% 以内；加标回收实验是检验准确度的关键手段，理想回收率应保持在 90%-110% 之间。水质分析使用的校准曲线测量应按样品测定的相同步骤进行，用线性回归方程计算出校准曲线的相关系数、截距和斜率，应符合标准方法中规定的要求，一般情况相关系数 ( $r$ ) 应  $\geq 0.999$ 。实验室还应定期使用有证标准物质进行验证，这是评估整体分析方法可靠性的有效途径。所有这些质控措施都要形成完整记录，为数据质量提供可追溯的证据支撑。

### 4.3 合理传输数据

原始记录要依照统一格式给予整理，如样品编号、采样时间、测定项目以及测定结果等关键信息均不可遗漏。数据审核环节需构建分级审核制度，先是由分析人员展开自查，接着由经验丰富的技术人员进行复核，关键数据还需实

验室主任最终给予确认。当下多数实验室都运用电子化的实验室信息管理系统，这提升了工作效率，还降低了人为转录错误的发生几率<sup>[7]</sup>。在数据报送过程中，要格外留意单位的统一以及有效数字的规范，防止因格式问题致使数据被误解。对于异常数据的处理要十分谨慎，不可随意剔除，而应结合采样记录与实验条件展开综合分析，必要时安排复测以进行验证。

### 4.4 强化人员能力

实验室需制定一套系统的培训规划，新入职人员必须经过严格的操作技能培训以及内部理论考核合格之后方可独立上岗。培训内容要包含实验室安全管理、质量管理、质量保证、采样技术、分析方法以及仪器操作等硬技能，还得囊括质量意识、数据伦理等软实力的培育。鼓励技术人员参与能力验证以及实验室间比对活动，这是检验并提升技术水平的重要途径。在日常工作中，构建老带新的传帮带机制颇为有益，经验丰富的老同志可将实践中积累的技巧与心得传授给年轻同事。实验室还应当营造持续学习的氛围，定期组织技术交流会，使大家有机会探讨所遇到的问题并分享解决方案。要完整地建立人员的专业技术档案，其中覆盖教育背景、培训记录、能力考核结果等信息，这对人才队伍的长期建设颇具助益。

## 5 结语

综上所述，本研究通过系统监测与分析方法优化，揭示了水体总磷含量具有显著的时空分部规律，其变化深受季节水文条件与人类活动强度的共同驱动。研究证实，建立从规范采样到精密分析的全流程质量控制体系，是准确获取总磷数据、科学评估水体富营养化风险的根本保障。这些发现为深化解磷循环过程、制定针对性治理策略提供了重要的科学依据和实践参考。

### 参考文献

- [1] 黄自强,暨卫东.长江口水中总磷、有机磷、磷酸盐的变化特征及相互关系[J].海洋学报,1994,16(1):51-60.
- [2] 李国莲,谢发之,张瑾,陈广洲,汪静柔.巢湖水及沉积物中总磷的分布变化特征[J].长江流域资源与环境,2016,25(5):830-836.
- [3] 虞精明,戴小明,胡立军,陈纬.桐庐县饮用水源水中总氮总磷含量动态观察结果[J].中国卫生检验杂志,2007,17(12):2268-2269.
- [4] 何丽,云冠群.钼酸铵分光光度法测定水中总磷研究进展[J].西安文理学院学报(自然科学版),2023,26(3):77-80.
- [5] 董彦霞,黄蔷薇,张慧妍,等.分光光度法测定工业循环冷却水中总磷的改进[J].广州化工,2023,51(5):115-118,146.
- [6] 陈健梅.排口中总磷含量测定的方法改良[J].云南化工,2023,50(1):71-73.
- [7] 高海勇.水质保护中影响总磷测定的误差因素研究[J].山西化工,2025,45(8):98-99.