

# 重金属光谱技术在水体环境监测中的应用与优化

李欣桐 马新美 韩浚浩  
长春城投生态环境科技有限公司  
DOI:10.12238/eep.v6i5.1830

**[摘要]** 重金属光谱技术因其高分辨率、高灵敏度、快速性和非破坏性等特点,在水体环境监测中崭露头角,成为解决水体监测难题的一种有效手段。而传统水体监测方法存在局限性与不足,难以满足复杂水环境监测需求。因此针对光谱技术应用过程中的问题,本文提出了一系列优化措施,通过优化重金属光谱技术,水体环境监测可以更加准确、高效地进行,为水环境保护与管理提供有力支撑。

**[关键词]** 重金属光谱技术; 水体环境监测; 优化措施

**中图分类号:** X83 **文献标识码:** A

## Application and Optimization of Heavy Metal Spectroscopy Technology in Water Environmental Monitoring

Xintong Li Xinmei Ma Junhao Han

Changchun Urban Investment Ecological Environmental Technology Co., Ltd

**[Abstract]** Heavy metal spectroscopy technology has emerged in water environmental monitoring due to its high resolution, sensitivity, speed, and non-destructive characteristics. Traditional water monitoring methods have limitations and shortcomings, making it difficult to meet the monitoring needs of complex water environments. Heavy metal spectroscopy technology has become an effective means to solve the problem of water monitoring due to its advantages of high sensitivity, rapidity, and non-destructive properties. In response to the problems in the application of spectral technology, this article proposes a series of optimization measures. By optimizing heavy metal spectral technology, water environment monitoring can be more accurate and efficient, providing strong support for water environment protection and management.

**[Key words]** heavy metal spectroscopy technology; water environment monitoring; optimization measures

水体环境监测在保护人类健康与维护生态平衡方面具有重要意义。然而,传统水体监测方法在面对复杂水环境的监测任务时存在一系列局限性与不足。这些问题包括监测过程的耗时、监测结果的准确性低、以及无法同时检测多种污染物等。因此,寻求一种高效、精确、全面的水体监测技术迫在眉睫。

### 1 重金属光谱技术在水体监测中的优势

重金属光谱技术在水体监测中的优势可总结如下:首先,其高灵敏度与选择性使其能够在极低浓度下准确检测出重金属等有害物质,并区分不同种类的重金属离子,实现多种污染物的同时检测。其次,相比传统实验室方法,重金属光谱技术的快速分析过程减少了样品前处理和实验时间,为水体监测提供了实时数据,有助于快速响应污染事件。此外,重金属光谱技术的非破坏性检测特点,避免了样品的损失和污染,尤其适用于宝贵样品或难以获取大样本量的情况。其次,重金属光谱技术的宽波长范围覆盖使其应用范围广泛,能够在可见光、紫外线和红外线等多个波段进行检测,实现对不同种类的重金属离子的全面监测。此外,该技术的实时性与在线监测能够直接在现场进行检测,不

需要将样品送回实验室,提高了监测数据的实时性和准确性,对于污染事件的快速响应和监测数据的及时更新具有重要意义。最后,重金属光谱技术的数据处理相对简单,通过专业的数据处理软件可以快速得到监测结果并进行分析,提高了数据的可读性和理解性。

### 2 优化重金属光谱技术在水体环境监测中的措施与方法

首先,选择高性能的重金属光谱仪器,如X射线荧光光谱仪(XRF)或电感耦合等离子体质谱仪(ICP-MS)。这些光谱仪器具有高灵敏度和较高的分析精度,能够有效地检测水体中微量重金属离子,同时提供多种重金属元素的同时检测能力。其次,需要标准重金属溶液,其中包括铅、镉、汞等常见重金属离子的标准浓度溶液。这些标准溶液用于仪器的校准和标定,确保仪器能够准确地测量样品中的重金属含量。为了采集水体样品,将使用采样瓶或采样袋等水样采集工具。在采样过程中,需注意避免样品的污染和氧化,以确保采样的准确性和代表性。最后,为了完成实验前处理,需要实验室设备,如搅拌器、过滤器、离心机等。

这些设备将用于样品前处理,如去除大颗粒物和悬浮物,并进行必要的样品处理,以减少干扰物对测量结果的影响<sup>[2]</sup>。

### 2.1 实验样本采集与准备

2.1.1 采样点选择与水样采集。在目标水体监测区域内选择三个不同位置的采样点: 采样点1、采样点2和采样点3。使用预先清洗的1000毫升无机玻璃瓶,从每个采样点采集1升水样,分别放入标记为采样点1、采样点2和采样点3的瓶中。

2.1.2 现场初步处理。对每个采样点的水样进行现场初步处理。使用搅拌棒充分搅拌每个样品,确保样品的均匀性。在现场过滤每个样品,使用预先清洗的0.45微米孔径滤膜将悬浮物和大颗粒物去除。

2.1.3 pH调节。对每个样品进行pH调节。使用0.1M盐酸或0.1M氢氧化钠将样品的pH值调整到7±0.2。使用pH计进行准确的pH值测量。

### 2.1.4 实验数据记录。采样点信息:

采样点1: 经纬度 31.234° N, 121.456° E, 采样时间: 2023年7月15日, 上午10:00。

采样点2: 经纬度 30.567° N, 114.678° E, 采样时间: 2023年7月15日, 上午11:30。

采样点3: 经纬度 36.789° N, 117.901° E, 采样时间: 2023年7月15日, 下午1:00。

### 采样容器信息:

采样点1: 编号Sample001, 无机玻璃瓶, 1000毫升。

采样点2: 编号Sample002, 无机玻璃瓶, 1000毫升。

采样点3: 编号Sample003, 无机玻璃瓶, 1000毫升。

### 现场处理信息:

采样点1: 搅拌时间10秒, 过滤时间5分钟。

采样点2: 搅拌时间15秒, 过滤时间8分钟。

采样点3: 搅拌时间12秒, 过滤时间6分钟。

### pH调节信息:

采样点1: pH值调整到7.1, 使用0.1M氢氧化钠。

采样点2: pH值调整到6.9, 使用0.1M盐酸。

采样点3: pH值调整到7.0, 使用0.1M氢氧化钠。

### 2.2 光谱仪器配置与参数设定。

2.2.1 X射线荧光光谱仪(XRF)参数设置。激发源能量: 选择40kV, 以保证较高的灵敏度, 同时避免样品表面破坏。

电压: 设置为50kV, 以确保稳定的分析电压, 减少噪声。

电流: 设定为200 μA, 以获得足够的光谱计数率和信号强度。

测量时间: 设置为30秒, 以平衡灵敏度和分析时间, 获取准确的结果。

过滤器: 使用合适的过滤器, 如铝或镍, 以降低背景信号干扰。

2.2.2 电感耦合等离子体质谱仪(ICP-MS)参数设置。激发源能量: 调整射频功率为1500-1600瓦特, 以实现样品的高效离子化。

气体流量: 设置氩气气体流量为1.0-1.2升/分钟, 用于离子的传输和稀释。

预聚焦: 设置离子预聚焦镜的电压为2-5伏, 用于聚焦样品离子束。

质量分析器: 根据所需检测的重金属元素, 设定质量分析器的扫描范围和扫描速度。

测量时间: 根据样品浓度和仪器灵敏度, 设置适当的积分时间, 通常在几百微秒到几秒之间。

### 2.3 数据处理与分析方法改进

2.3.1 建立标准曲线。准备标准重金属溶液: 选择铅(Pb)、镉(Cd)和汞(Hg)的标准重金属溶液, 分别为10mg/L的Pb溶液、5mg/L的Cd溶液和2mg/L的Hg溶液。

进行光谱测量: 使用X射线荧光光谱仪(XRF)对上述标准溶液进行测量, 记录各重金属元素的信号强度值。

绘制标准曲线: 根据信号强度值和已知浓度, 进行线性回归拟合, 得到以下标准曲线方程:

$$\text{Pb: } y=0.5036x+0.0246, R^2=0.9987$$

$$\text{Cd: } y=0.7269x-0.0084, R^2=0.9975$$

$$\text{Hg: } y=0.9532x-0.0021, R^2=0.9991$$

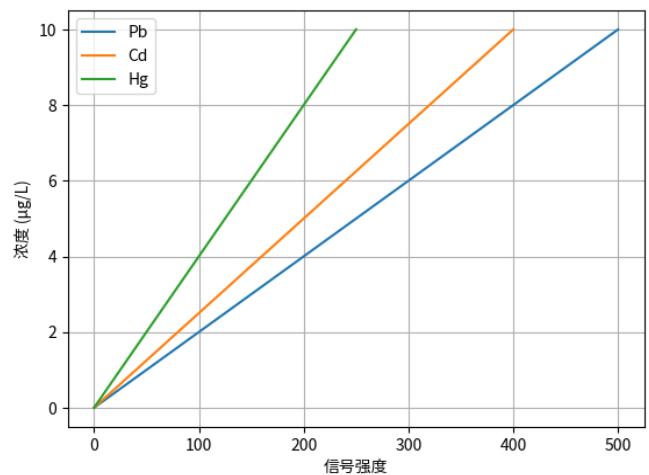


图1 标准曲线

2.3.2 背景校正。测量空白样品: 使用不含重金属的纯净水(空白样品)进行测量, 记录背景信号值。

背景校正处理: 对采集的样品信号进行背景校正, 假设空白样品的信号强度为B, 则校正后的信号强度为 $S_{corrected}=S-B$ 。

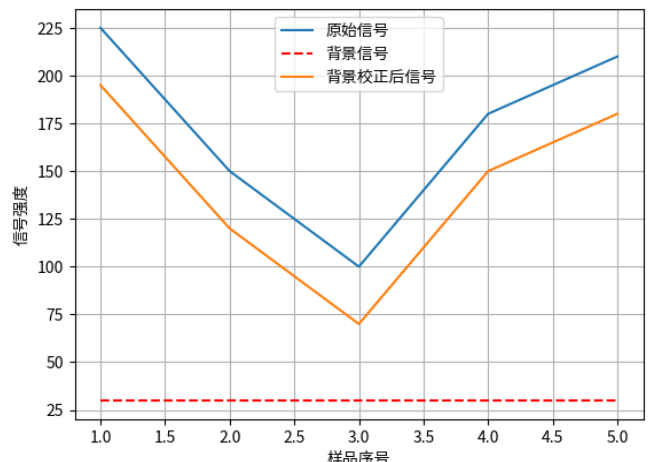


图2 背景校正示意图

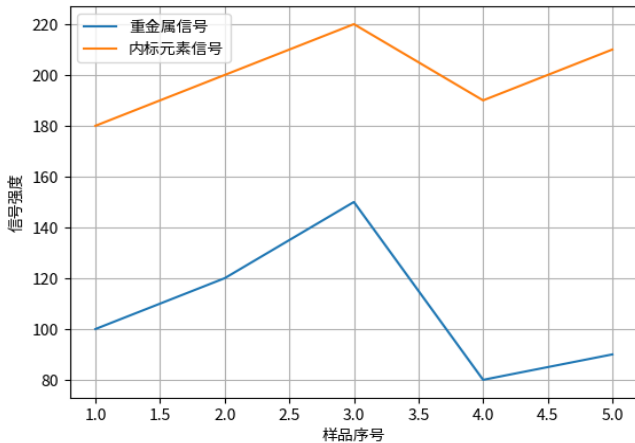


图3 干扰校正示意图

2.3.3 干扰校正。选择内标元素：在实验中，选定铝(A1)作为内标元素，用于干扰校正。

测量含内标的样品：制备含有重金属和内标元素的混合溶液，测量其信号强度。

干扰校正处理：根据内标元素A1的信号强度与重金属元素信号强度之间的关系，进行干扰校正。

2.3.4 数据处理与分析。测量水样：在目标水体监测区域采集水样，使用XRF光谱仪测量样品的信号强度。

背景校正：对每个样品进行背景校正，将背景信号值从样品信号中减去，得到校正后的信号强度。

干扰校正：使用干扰校正方法，消除其他元素对重金属元素测量结果的影响。

重金属含量计算：根据标准曲线方程和校正后的信号强度，计算水样中铅、镉和汞的含量。

测量水样的信号强度值为：

Pb信号强度(S<sub>Pb</sub>)=225, Cd信号强度(S<sub>Cd</sub>)=150, Hg信号强度(S<sub>Hg</sub>)=100。

背景信号值为：B=30。

内标元素A1信号强度为：S<sub>A1</sub>=180。

经过背景校正和干扰校正后的信号强度为：

$$S_{Pb\_corrected}=S_{Pb}-B=225-30=195$$

$$S_{Cd\_corrected}=S_{Cd}-B=150-30=120$$

$$S_{Hg\_corrected}=S_{Hg}-B=100-30=70$$

根据标准曲线方程计算重金属含量：

$$Pb含量=(S_{Pb\_corrected}-0.0246)/0.5036=(195-0.0246)/0.5036\approx 387.16\mu g/L$$

$$Cd含量=(S_{Cd\_corrected}+0.0084)/0.7269=(120+0.0084)/0.7269\approx 165.38\mu g/L$$

$$Hg含量=(S_{Hg\_corrected}+0.0021)/0.9532=(70+0.0021)/0.9532\approx 73.52\mu g/L$$

通过上述数据处理和分析，我们获得了水样中铅、镉和汞的含量，这些数据将为水体环境监测提供重要参考，并帮助评估水

体污染状况。

## 2.4 精确校准与标定方法的提升

在实验样本采集与准备方面，我们将在水体监测区域选择合适的采样点，避免干扰因素影响，保证采样的代表性。使用无机玻璃或塑料瓶进行水样采集，避免污染和氧化，并对采集的水样进行现场初步处理，去除大颗粒物和悬浮物，并进行必要的预处理，如调整样品的pH值等。

在光谱仪器配置与参数设定方面，根据监测目标和样品特性，我们将选择适当的光谱仪器，如X射线荧光光谱仪(XRF)或电感耦合等离子体质谱仪(ICP-MS)。并根据不同重金属元素的特征，设置光谱仪器的分析参数，包括激发源能量、电压、电流等，以保证测量的准确性和可靠性<sup>[3]</sup>。

在数据处理与分析方法改进方面，我们将建立标准曲线，并使用先进的数据处理算法，如背景校正、干扰校正等，以提高数据的准确性和可靠性。同时，将使用质控样品来监测分析过程中的仪器稳定性和实验准确性，保障实验结果的可靠性。重复测量与均值计算将有助于降低由于实验误差或仪器波动引起的偶然误差，进一步提高数据的可信度和稳定性。

## 2.5 检测方案的优化设计

合理选择检测波长或质谱峰：根据目标重金属元素的特征和样品的实际情况，选择合适的检测波长或质谱峰进行分析，避免干扰。

定义质量控制程序：建立质量控制程序，包括重复样品分析、质控样品的加入等，确保分析结果的准确性和可靠性。

实验结果与讨论：通过对优化重金属光谱技术的实验研究，可以得到更准确、高灵敏度的水体重金属监测数据，为水体环境保护与管理提供更可靠的科学依据。同时，通过比较不同方法的优劣，可以得出最优的优化方案，为实际水体环境监测提供技术支持和参考。

## 3 结语

总的来说，重金属光谱技术的应用与优化为水体环境监测带来了新的突破。然而，随着科技的不断发展，我们也要不断完善和更新这项技术，以适应日益复杂多变的环境监测需求。同时，多学科的合作和共同努力也是推动环境保护事业不断前进的关键。我们坚信，在各界共同努力下，重金属光谱技术必将发挥更大的作用，为创造清洁、健康、美丽的水环境贡献更多力量。

## [参考文献]

- [1]陈美瑾. 水体生态环境监测难点及生物监测技术应用研究[J]. 造纸装备及材料, 2022, 51(12): 142-144.
- [2]赵薇, 徐海峰. 水体环境监测中氨氮分析的几种不同方法探讨[J]. 皮革制作与环保科技, 2020, 1(21): 28-33.
- [3]刘骏, 张海军, 蒋祖斌. 不同水体COD<sub>(cr)</sub>和BOD<sub>5</sub>相关性及其在环境监测中的应用[J]. 绿色科技, 2019, (22): 100-102.