

# 重金属监测技术在水环境监测中的应用

王晓惠

南通市如皋生态环境监测站

DOI:10.12238/eep.v7i12.2361

**[摘要]** 本文综述了水环境中重金属污染的来源、危害以及常用的监测技术。重金属污染主要源于工业生产、农业活动和生活排放,对人体健康和生态系统安全构成严重威胁。文章详细介绍了电感耦合等离子体质谱法(ICP-MS)、酶抑制检测技术、分光光度法和流动分析检测法等几种常见的重金属检测技术,分析了各自的优缺点及适用范围。最后,文章提出了完善水环境监测制度、因地制宜选择检测方法以及加强资源管理等应用策略,以期有效控制水环境重金属污染提供参考。

**[关键词]** 重金属污染; 水环境监测; 检测技术; 应用策略

中图分类号: X83 文献标识码: A

## Application of heavy metal monitoring technology in water environment monitoring

Xiaohui Wang

Nantong Rugao Ecological Environment Monitoring Station

**[Abstract]** This article reviews the sources, hazards, and commonly used monitoring techniques of heavy metal pollution in water environments. Heavy metal pollution mainly originates from industrial production, agricultural activities, and domestic emissions, posing a serious threat to human health and ecosystem security. The article provides a detailed introduction to several common heavy metal detection techniques, including inductively coupled plasma mass spectrometry (ICP-MS), enzyme inhibition detection technology, spectrophotometry, and flow analysis detection, and analyzes their respective advantages, disadvantages, and scope of application. Finally, the article proposes application strategies such as improving the water environment monitoring system, selecting detection methods according to local conditions, and strengthening resource management, in order to provide reference for effectively controlling heavy metal pollution in the water environment.

**[Key words]** Heavy metal pollution; Water environment monitoring; Testing technology; Application Strategy

## 引言

水是生命之源,水环境质量直接关系到人类健康和社会经济发展。然而,随着工业化和城镇化的快速发展,水环境污染日益严重,其中重金属污染尤为突出。重金属元素由于其持久性、生物累积性和高毒性,即使低浓度也可能对人体健康和生态系统造成不可逆转的损害。因此,开展有效的重金属监测,及时掌握水环境中重金属的污染状况,对于预防和控制重金属污染,保障水资源安全具有重要意义。

### 1 水环境中的重金属污染源

#### 1.1 工业污染

工业生产是重金属污染的主要来源,其污染途径复杂且广泛。冶金、化工、电子、制革等重工业企业是重金属排放的“重灾区”。例如,冶炼厂在金属冶炼过程中会产生大量的含铅、镉、铬、汞等重金属废水和废气,这些废物如果未经有效处理直接排

放,将会严重污染周边水体,造成水质恶化,甚至引发重金属中毒事件。化工产业的生产过程中,也含有大量的重金属,如铅、镉、汞等。这些废弃物如果不进行规范的回收和处理,很容易被雨水冲刷进入河流、湖泊等水体,造成严重的重金属污染。

#### 1.2 农业污染

农业生产活动虽然看似与工业生产相去甚远,但也是重金属污染的重要来源之一。长期使用含重金属的化肥和农药,是农业重金属污染的主要原因。一些化肥和农药中含有铅、镉、砷等重金属,这些重金属会在土壤中积累,并通过灌溉水、雨水等途径进入水体,造成水体污染<sup>[1]</sup>。此外,一些工业废渣被非法用于农业生产,也加剧了农业重金属污染。这些废渣中往往含有大量的重金属,长期使用会使土壤重金属含量超标,并最终污染农作物和水体。

### 1.3 生活污染

生活污染虽然单个污染源的排放量相对较小,但由于来源广泛,累积效应不容忽视。生活污水中含有大量的重金属,如铅、汞、镉等,这些重金属主要来源于生活垃圾、电池、化妆品等。例如,废旧电池中含有大量的重金属,如果随意丢弃,则会造成土壤和水体的污染。此外,一些家庭装修材料中也含有重金属,装修过程中产生的废水也可能含有重金属,这些废水如果未经处理直接排放,也会污染水体。此外,一些城市生活垃圾填埋场渗滤液中也含有重金属,这些渗滤液如果未经处理直接渗入地下水,也会造成地下水污染。

## 2 水环境监测中重金属检测必要性

### 2.1 污染源头溯源与风险管控

准确、及时的重金属检测是有效识别和控制水体污染源的关键。许多重金属污染并非源于单一排放点,而是来自多个分散的来源,例如工业废水排放、农业化肥和农药残留、矿山开采以及大气沉降等。传统的监测方法往往难以精确定位污染源,而现代化的重金属检测技术,如电感耦合等离子体质谱法(ICP-MS)、原子吸收光谱法(AAS)以及原子荧光光谱法(AFS)等,能够对水样中多种重金属元素进行高灵敏度、高精度的测定。通过对不同水域、不同时间段的重金属含量进行分析,并结合水文地质条件、工业布局等信息,可以有效地追踪污染源头。

### 2.2 水质精准评估与环境管理优化

重金属检测结果的精准性直接关系到水质评估的准确性和环境管理措施的有效性。传统的监测方法可能存在一定的误差,而现代化的检测技术能够显著提高检测精度和效率。例如,ICP-MS技术可以同时测定多种重金属元素,并具有极低的检出限,能够准确地反映水体中重金属的含量,即使是痕量级的重金属污染也能被及时发现。精准的重金属检测结果为水质评估提供了可靠的数据支撑,能够更准确地判断水体的污染程度,并根据不同水质标准对水体进行分类管理。

### 2.3 保障人体健康与生态系统安全

重金属污染对人体健康和生态系统安全构成严重威胁。许多重金属元素,如铅、汞、镉等,具有高毒性,即使是低浓度的重金属也会对人体健康造成危害,例如导致神经系统损伤、肾脏损害、癌症等。对于水生生物而言,重金属污染会导致生物毒性,破坏水生生态系统的平衡,影响生物多样性。因此,进行水环境重金属监测,及时发现并控制重金属污染,对于保障人体健康和维护生态系统安全至关重要<sup>[2]</sup>。

## 3 水环境监测中常见的重金属检测技术

### 3.1 电感耦合等离子体检测技术

电感耦合等离子体质谱法(ICP-MS)是一种灵敏度极高的痕量元素分析技术,广泛应用于水环境中多种重金属的检测。该技术利用电感耦合等离子体(ICP)将样品中的元素电离,然后通过质谱仪对离子的质量电荷比进行分离和检测,最终得到各元素的含量信息。ICP-MS的优势在于其多元素同时测定能力、极低的检出限以及较宽的线性范围。它能够同时测定多种重金属元

素,例如铅(Pb)、镉(Cd)、铬(Cr)、汞(Hg)等,极大地提高了检测效率。其极低的检出限使其能够检测环境样品中痕量甚至超痕量的重金属,满足了对高灵敏度检测的需求。此外,ICP-MS的线性范围较宽,能够适应不同浓度范围的样品分析。然而,ICP-MS也存在一些局限性。首先,仪器设备价格昂贵,运行和维护成本较高,需要专业的技术人员操作和维护。其次,样品制备过程较为复杂,需要进行消解等预处理步骤,这可能会引入污染或造成元素损失。最后,一些易电离元素的干扰可能会影响测定结果的准确性,需要采取相应的措施进行校正。

### 3.2 酶抑制检测技术

酶抑制检测技术利用重金属离子对酶活性的抑制作用进行定量分析。许多酶对重金属离子非常敏感,其活性会随着重金属浓度的增加而降低。通过测量酶活性的变化,可以推断出样品中重金属的浓度。该技术具有操作简便、成本相对较低、无需复杂仪器设备等优点,使其在现场快速检测中具有优势<sup>[3]</sup>。例如,可以使用特定酶对水样进行处理,通过比色法或荧光法检测酶活性的变化,从而快速评估水体中重金属的污染程度。常用的酶包括乙酰胆碱酯酶(AChE)和碱性磷酸酶(ALP)等。然而,酶抑制检测技术的灵敏度和选择性相对较低,容易受到其他因素的干扰,例如温度、pH值等。此外,不同酶对不同重金属离子的敏感性不同,需要选择合适的酶才能获得较好的检测效果。该技术通常更适用于对特定重金属进行半定量或定性分析,而非高精度定量分析。

### 3.3 分光光度法

分光光度法是基于物质对光的吸收特性进行定量分析的一种方法。在水环境重金属检测中,分光光度法常与显色反应相结合使用。通过加入特定的显色剂,使重金属离子形成有色络合物,然后利用分光光度计测量络合物的吸光度,根据朗伯-比尔定律计算重金属的浓度。分光光度法操作简便,成本低廉,易于普及,是常用的重金属检测方法之一。例如,原子吸收分光光度法(AAS)和火焰原子吸收分光光度法(FAAS)等技术广泛应用于水质监测中,可以测定多种重金属元素。然而,分光光度法的灵敏度相对较低,选择性也受到限制,容易受到其他离子的干扰。此外,显色反应的条件需要严格控制,否则会影响测定结果的准确性。通常,分光光度法更适用于浓度相对较高的重金属样品的检测。

### 3.4 流动分析检测法

流动分析检测法是一种自动化分析技术,通过将样品与试剂在流动系统中混合反应,然后利用检测器对反应产物进行检测。该技术具有自动化程度高、分析速度快、样品消耗量少、精密度高等优点,适用于大批量样品的分析。流动注射分析(FIA)和连续流动分析(CFA)是两种常用的流动分析技术,可以与多种检测方法结合使用,例如分光光度法、电化学法等,用于检测水体中的重金属。流动分析技术能够提高分析效率,降低人为误差,适用于大规模水质监测。然而,流动分析系统需要一定的维护和保养,设备成本相对较高。此外,流动系统的管路容易堵塞,需要定期清洗和维护。

## 4 重金属监测技术在水环境监测中的应用策略

### 4.1 完善水环境监测制度

完善的水环境监测制度是有效监测重金属污染的关键。这包括制定科学合理的监测计划,明确监测指标、频率和方法,并建立健全的质量控制体系。监测计划应覆盖重点区域和污染源,例如工业排放口、农业灌溉区和城市污水处理厂。监测指标应涵盖常见的重金属污染物,如铅、镉、铬、汞和砷等<sup>[4]</sup>。此外,需要建立规范的数据管理和信息共享机制,确保监测数据的准确性、完整性和可追溯性。定期对监测设备进行校准和维护,并对监测人员进行专业培训,也是保证监测质量的重要环节。最后,需要建立有效的监督和执法机制,确保监测结果得到有效应用,并对违规行为进行处罚。

### 4.2 因地制宜选择检测方式

选择合适的重金属检测方法需要综合考虑多种因素。首先,需要根据待测样品的基体成分和重金属的浓度范围选择合适的检测技术。例如,对于痕量重金属的检测,ICP-MS具有更高的灵敏度和准确度;而对于样品量较大的常规监测,流动分析法则具有更高的效率。其次,需要考虑检测成本、设备投入和人员技术水平等因素。一些先进的检测技术虽然精度高,但成本也相对较高,需要根据实际情况进行权衡。例如,偏远地区水质监测可能更适合使用便携式、成本相对较低的检测设备,而大型实验室则可以选择更先进、更精确的仪器。

### 4.3 加强资源管理

有效的重金属监测需要充足的资源保障。这包括资金投入、人员配备和技术支持等方面。需要加大对水环境监测的资金投入,购置先进的监测设备,并对监测人员进行专业培训,提高监

测能力。同时,需要加强部门间的协调合作,共享监测数据和信息,提高监测效率。建立健全的重金属污染数据库,并利用大数据分析技术,可以更好地分析污染趋势,预测污染风险,为制定有效的污染防治措施提供科学依据。此外,还需要加强公众参与,提高公众对重金属污染的认识,共同保护水环境。

## 5 结束语

有效控制水环境重金属污染,需要多部门协同努力,综合运用多种监测技术和管理策略。未来,应加强对新型重金属检测技术的研发和应用,提高监测精度和效率,完善水环境监测网络,建立健全的重金属污染防治体系,保障水资源安全和人民群众健康。进一步的研究方向可以集中在开发更灵敏、更便捷、更低成本的重金属检测技术,以及建立更完善的重金属污染风险评估模型。

## [参考文献]

[1]蒋晶,甘杰,皇甫晓东,等.水中重金属铈在线自动监测技术在湘江上游典型区域水环境预警中的应用[J].环境监控与预警,2023,15(6):24-28.

[2]惠亚梅.生物监测技术在水环境监测中的应用[J].中国资源综合利用,2023,41(1):124-126.

[3]高瑶,方瑾,陈韵.重金属检测技术在水环境检测中的应用分析[J].皮革制作与环保科技,2024,5(19):130-132.

[4]杜开健.水环境检测中重金属检测技术的应用[J].清洗世界,2023,39(4):80-82.

## 作者简介:

王晓惠(1987--),女,汉族,江苏如皋人,研究生,工程师,研究方向:环境监测。