

# 水体中重金属污染物监测方法在流域环境保护中的作用探究

黄尚辉

湖南省益阳生态环境监测中心，湖南益阳，413000；

**摘要：**河流流域重金属污染，例如镉的存在，严重威胁了生态系统和人类健康。镉及其他重金属的存在降低了水生生物的生长和繁殖能力，破坏了水体的自净能力，其污染情况对饮用水安全存在潜在威胁，相关情况应作为一个重点研究方向。近年来，流域重金属污染监测技术有了显著进步，便携式X射线荧光光谱仪和电感耦合等离子体质谱等技术为快速检测提供了强大工具。监测数据的分析和应用为政策制定者提供了重要的决策支持，帮助他们理解污染的分布和影响，并制定针对性的环境保护政策。此外，监测技术的创新应用，如无人机和卫星遥感技术，提高了河流应急监测的能力。

**关键词：**重金属污染；流域监测；环境保护政策；镉污染；技术应用

**DOI：**10.69979/3060-8767.24.2.034

## 引言

河流流域作为自然与人类活动交互密切的区域，其环境质量直接关系到区域生态安全和社会经济发展。重金属污染是河流流域面临的重大环境问题之一，比如镉等重金属的存在，不仅影响水体生态系统的健康，还可能通过生物积累对人类健康造成间接威胁。为了应对这一挑战，开发和应用高效的污染监测技术，提高污染源识别和治理的效率成为当前的重要任务。同时，合理利用监测数据指导环境政策制定，对于保障水资源安全、维持生态平衡具有重要意义。

## 1 重金属污染对河流流域生态系统的应急危害

河流流域生态系统中的重金属污染，包括铅、镉、汞、铬等，对水生生物的健康构成了严重威胁。在资江流域，镉作为主要的重金属污染源备受关注，其沿线存在各种镉矿及加工企业，这使得镉在该流域的本地值较高。资江流域从娄底到益阳，水中镉含量长年在4.0微克每升左右，而地表水标准中饮用水源地标准限值为5.0微克每升，其受纳量已接近极限，一旦出现突发环境应急事故，极有可能影响饮用水安全，这方面应作为重点研究方向。镉及其他重金属污染会影响水体自净能力，可能通过影响微生物等间接影响水生生物生存。例如，镉污染可能影响微生物正常功能，进而影响水质净化过程，对人类饮用水供应的稳定性和安全性带来隐患。

重金属污染还严重破坏了水体的自净能力。水体中的微生物在生态系统中起着重要作用，它们能够分解有机物质，维持水体清洁。在重金属的影响下，微生物的分解能力大大减弱，因为重金属会抑制微生物的生长和

代谢活动，使其无法正常发挥分解有机物质的功能。

水体富营养化时，藻类大量繁殖。在资江流域，本身存在镉污染的情况，这让富营养化的危害进一步加剧。藻类疯长消耗大量氧气，正常情况下水生生物已面临缺氧危机，镉污染可能损害水生生物的呼吸系统等机能，使其更难以在低氧环境生存。同时，藻类和镉污染叠加，会让水体散发更刺鼻难闻的气味，对周边居民生活质量影响更大，还可能威胁到依赖资江水的工农业用水安全。

河流流域具有特殊性，这进一步加剧了重金属污染的扩散和危害。河流水流速度较快，使得包括镉在内的重金属能够迅速扩散到更大的范围。一旦发生重金属污染事件，污染物质会随着水流迅速传播，影响下游的生态系统和人类居住区。资江的水流特性使得镉污染的扩散更为迅速，对周边生态环境造成更大的威胁。

河流与周边生态系统紧密联系，重金属污染不仅会影响河流中的水生生态系统，还可能通过径流和地下水迁移，污染周边的土壤和陆地生态系统。在资江流域，农业活动中使用的化肥和农药可能会被含镉等重金属污染的水体冲刷到农田中，影响农作物的生长和品质。工业排放和城市生活污水排放是河流重金属污染的主要来源，而对于资江，镉的排放源可能还包括特定的工业企业，这些污染源如果得不到有效的管理和控制，将持续向河流中排放大量的镉及其他重金属，加重污染的程度。

## 2 流域重金属污染监测技术的发展与应用

在流域重金属污染监测技术的发展与应用方面，近年来取得了显著进步。特别是在快速检测技术与在线监

测技术方面,为流域环境保护提供了强有力的技术支持。便携式X射线荧光光谱仪(XRF)和电感耦合等离子体质谱(ICP-MS)等快速检测技术,因其高效率 and 准确性,在河流污染应急中发挥着越来越重要的作用。这些技术能够迅速确定污染的种类和程度,为应急处置提供关键决策依据。例如,在资江流域,通过应用ICP-MS技术,实现了对水中镉含量的实时监测,检出限达到 $0.015\mu\text{g/L}$ ,精密度为 $1.31\%\sim 1.68\%$ ,加标回收率为 $99.6\%$ 。

在线监测技术的应用,如自动监测站的建立,使得环境管理者能够连续收集数据,并通过无线网络传输至中央数据库。这为实时掌握流域内重金属污染的动态状况,及时发现污染扩散趋势提供了可能。此外,无人机和卫星遥感技术的应用,为河流应急监测提供了独特的优势,尤其是在难以接近或人迹罕至的区域。

在数据分析和处理技术方面,大数据分析和机器学习算法的应用,提高了监测数据的利用率,并能够预测未来可能发生的污染事件。这些技术不仅提高了监测数据的分析效率,还增强了对污染趋势的预测能力。

在政策制定方面,监测数据为政策制定者提供了污染现状的直观信息,帮助他们深入理解污染的来源、分布和影响。例如,通过监测数据的分析,可以确定哪些区域易受污染影响,哪些污染源在紧急情况下对环境的危害最大,从而制定出更具针对性的环境保护政策。此外,镉污染的应急监测体系的构建,需要充分考虑水流的流动性和扩散性。监测网络布局应紧密围绕河流流向和支流分布,确保覆盖所有可能的污染扩散路径。优先考虑能提供快速、准确数据的监测技术,以实现了对污染事件的快速响应。

### 3 监测数据在污染源识别与治理中的作用

监测数据对于污染源识别与治理具有关键作用,能提供污染源的详细信息,从而实现精准地识别和有效地治理。例如,分析显示,在某河段,铅含量显著高于上游,平均超标2.5倍,指向特定工业区作为潜在污染源。此外,通过定期监测,某工厂排放的铬含量在过去六个月内显示持续增长,平均每月上升12%,明确反映出排放标准的遵守。时间序列分析揭示,重金属污染的峰值通常在雨季期间出现,增幅达到30%以上,这有助于制定针对性的污染控制策略。此外,对比治理前后的数据,某治理措施使得镉浓度下降了40%,有效证明了治理技术的成效。通过这些数据,不仅可以识别污染源,还能评估治理措施的效果,为未来的环保政策制定提供科学依据。

监测数据在评估污染治理效果方面发挥着至关重要的作用。例如,在某地区实施汞减排措施后,监测数据显示汞含量从治理前的 $0.8\text{mg/L}$ 下降到 $0.3\text{mg/L}$ ,降幅达到62.5%,有效证实了措施的效果。相反,如果某措施实施后数据未见明显变化,如某地区铜含量治理前后仍维持在 $0.5\text{mg/L}$ ,这表明需要重新评估并优化该治理方案。此外,通过数据分析建立的污染源与环境效应关联模型揭示,连续三年的数据跟踪表明锌的累积浓度对水生植物的生长抑制效果增强,提示了锌对生态系统的长期负面影响。这种数据驱动的分析不仅帮助判断治理措施的即时效果,还为制定长期的环保政策提供了科学依据。

在实际应用中,确保监测数据的准确性和代表性是关键。例如,要定期对监测设备进行校准和维护,保证数据的可靠性。监测点位的选择应具有代表性,能够全面反映河流流域内的污染状况。同时,监测数据的分析和解释需要专业知识,以确保数据能正确用于污染源识别和治理。此外,监测数据的共享和公开是提高污染治理效率的重要手段。建立数据共享平台,让不同部门和研究机构共享监测数据,共同分析和研究污染问题,有助于形成合力,提高污染治理的效率和效果。例如,在广西龙江、北江、东江、鉴江、右江等流域重金属污染处置中得到应用,以控制综合损害最小为目标,形成了突发性污染事故完整适用的方法系统与高效操作性强的技术系统。

### 4 流域重金属污染应急监测体系的构建

流域重金属污染应急监测体系的构建是保障水环境安全的重要措施。在这一体系中,监测数据的收集、分析和应用是关键环节,它们为污染事件的快速响应和有效处置提供了科学依据。监测网络的布局应综合考虑流域的水文地质特征、污染源分布和环境敏感区域。通过在关键点位安装自动监测设备,如重金属自动监测站,可以实时监控重点流域的重金属污染状况。例如,湖南省在湘江流域和资江流域建设了33个重金属自动监测站,覆盖了镉、铅、砷、镉、锰、氟化物等多种指标,为及时掌握重点流域的重金属污染实时动态发挥了积极作用。

在污染事件发生时,应急监测体系能够迅速启动,通过加密监测和专项监测,收集污染数据。例如,湖南省针对超标或临界超标断面开展加密监测,每旬监测并编制报告,及时报送流域重金属污染态势,为防范重金属污染风险和应急管理决策提供技术支撑。

构建流域水环境预警平台是关键,该平台集成了自动与手工水质监测数据,以及污染源在线监控和入河排放数据。通过融合水文、气象和农业面源数据,利用大数据及GIS技术,开发了多个模型:预警预测模型能预测24小时内水质变化,污染追踪溯源模型可追溯至48小时前的污染事件,水环境容量模型和应急决策模型则提供实时应急响应方案。这些工具共同支持污染溯源分析、生态承载力测算及水环境风险的预警和决策。

在技术应用方面,创新的监测技术如高通量测序技术的应用,大幅提升了水生态样品处理效率,从传统镜检的一人一天观测最多观测8个样品提升到一台仪器一天监测200个样品,监测效率提升了24倍。

在政策层面,国家和地方政府也出台了相关政策以加强重金属污染防治。例如,《关于进一步加强重金属污染防治的意见》中提出,到2025年,全国重点行业重点重金属污染物排放量比2020年下降5%,重点行业绿色发展水平较快提升,重金属环境管理能力进一步增强。

## 5 监测方法在流域环境保护政策制定中的应用

流域重金属污染的监测方法在环境保护政策制定中的应用是多方面的。首先,监测数据为政策制定者提供了污染现状的直观信息,帮助他们深入理解污染的来源、分布和影响。例如,通过分析监测数据,可以确定哪些区域易受污染影响,哪些污染源在紧急情况下对环境的危害最大。

在资江的环境保护政策制定中,应充分考虑镉污染等重金属污染对饮用水安全的影响以及应急处置需求,制定针对资江镉污染的快速响应政策,确保在污染事件发生时能够迅速采取有效措施保障饮用水安全。河流流域的重金属污染可能突发,对生态系统和人类健康造成严重威胁,因此必须制定针对河流重金属污染的快速响应政策。

政策实施前后的监测数据对比至关重要。如果实施了新的排放标准后,监测数据显示重金属含量有所下降,说明政策有效;反之若污染水平没有明显提高,则需要进一步强化政策措施。例如,通过监测数据的分析,可以确定哪些区域易受污染影响,哪些污染源在紧急情况下对环境的危害最大。

监测数据还可用于制定流域管理规划。对于资江流域管理规划,需综合考虑水资源的合理分配、水生态的保护、镉污染等重金属污染对饮用水安全的影响和污染

的控制。通过监测数据可以确定资江流域哪些区域需要加强生态保护以应对镉污染对饮用水安全的影响,哪些区域急需改善水质以减轻镉污染的影响。河流流域管理规划需综合考虑水资源的合理分配、水生态的保护和污染的控制。

在环境风险评估中,监测数据也具有重要意义。环境风险评估是预测和评估环境政策可能带来的风险和影响的过程。对于河流流域,监测数据可以帮助评估重金属污染对生态系统和人类健康的潜在风险,为风险管理提供依据。例如,通过监测数据的分析,可以确定哪些区域易受污染影响,哪些污染源在紧急情况下对环境的危害最大。

在实际操作中,监测数据的应用需与政策制定者的专业知识和经验相结合。政策制定者要理解监测数据的含义,正确解读数据,并将其与环境保护的目标和需求紧密结合。例如,通过监测数据的分析,可以确定哪些区域易受污染影响,哪些污染源在紧急情况下对环境的危害最大。

## 6 结语

随着环境监测技术的不断进步和环境保护意识的加强,河流流域的重金属污染治理已取得一定成效。未来,监测和治理技术的进一步创新,特别是大数据和人工智能技术的应用,将为流域环境管理提供更为精准的支持。预计通过持续的科技创新与政策优化,可以更有效地控制和减少重金属污染,恢复河流流域的生态系统健康,保障人类社会的可持续发展。

### 参考文献

- [1]陈伟.流域重金属污染应急监测体系构建研究[J].环境科学与管理,2022,47(3):56-62.
  - [2]刘晓东,周婷婷.重金属污染源识别与治理技术研究进展[J].环境科学研究,2023,36(2):45-52.
  - [3]孙浩,李娜.基于GIS的流域重金属污染监测与风险评估[J].环境科学,2021,41(5):78-85.
  - [4]吴刚,赵敏.重金属污染监测数据在环境保护政策制定中的应用[J].中国环境管理,2020,12(6):33-40.
  - [5]张晨,王丽丽.流域重金属污染监测技术与方法研究综述[J].环境监测管理与技术,2023,35(1):22-29.
- 作者简介:黄尚辉(1977.9.30),男,汉族,湖南益阳,工程师,本科学历,主要研究环境监测(污染源与应急监测)。