

# 环境监测技术在重金属污染控制中的对策分析

龚建华

四川精析环境检测有限公司

DOI:10.12238/eep.v8i4.2669

**[摘要]** 环境监测是重金属污染控制的重要环节,并且还是当前环境保护领域的重要课题。本文针对重金属污染的来源,提出系统化的对策,旨在为提升环境质量、保障生态安全提供理论参考。随着工业化进程的加速,重金属(如铅、镉、汞、铬等)作为具有持久性、生物累积性的污染物,已通过多种途径进入环境介质,引发全球性生态与健康危机。据统计,我国部分流域及耕地的重金属超标率长期居高不下,例如珠江三角洲土壤镉超标率达12.1%,工业废水排放导致的近海沉积物重金属污染问题持续加剧。因此为了加强重金属污染控制,必须合理应用环境监测技术,基于此,文章对环境监测技术在重金属污染控制中的对策进行了探讨分析。

**[关键词]** 环境监测; 重金属; 控制

**中图分类号:** X83 **文献标识码:** A

## Analysis of environmental monitoring technology in heavy metal pollution control

Jianhua Gong

Sichuan Jingxi Environmental Testing Co., Ltd.

**[Abstract]** Controlling heavy metal pollution in environmental monitoring is a critical issue in today's environmental protection efforts. This paper identifies the sources of heavy metal pollution in environmental media and proposes a systematic control strategy to enhance environmental quality and ensure ecological safety. The rapid industrialization has led to heavy metals (such as lead, cadmium, mercury, and chromium) entering the environment through various pathways, posing a global ecological and health crisis. Statistics show that in some regions of China, the exceedance rate of heavy metals in soil and water has remained consistently high. For instance, the cadmium exceedance rate in the Pearl River Delta soil is 12.1%, and the heavy metal pollution in coastal sediments caused by industrial wastewater discharge continues to worsen.

**[Key words]** environmental monitoring; heavy metals; control

## 引言

公众对环境安全的关注度日益提升,国家“十四五”生态环境保护规划也明确将重金属污染防治列为重点任务。在此背景下,深入分析重金属污染的传播来源,结合监测技术痛点提出针对性控制对策,对推动生态文明建设具有重要现实意义。

### 1 重金属污染的来源

#### 1.1 工业生产排放

工业活动是重金属污染的主要来源之一。在采矿、冶炼、电镀、化工等行业的生产过程中,重金属被大量使用,同时产生大量含重金属的废弃物。冶炼行业在金属提炼过程中,高温冶炼产生的废渣、废气中含有高浓度的重金属,电镀行业在镀件表面处理过程中使用含铬、镍、镉等重金属的电镀液,其产生的电镀废水若未经有效处理直接排放,会对周边水体造成严重污染。

#### 1.2 农业活动影响

农业生产中大量使用的化肥、农药和农用薄膜,也成为重金属污染的重要源头。部分磷肥中含有镉、铅等重金属杂质,长期施用会导致土壤镉含量升高。农药中的有机汞、有机砷制剂,虽然已逐步被禁用,但历史残留仍对土壤环境产生影响。重金属也会释放到土壤中,影响土壤质量和农作物生长。

#### 1.3 交通运输污染

交通运输领域同样是重金属污染的重要贡献者。传统燃油汽车尾气排放中含有铅、铬等重金属,虽然我国已全面推行无铅汽油,但过往含铅汽油的使用导致道路周边土壤和大气中铅含量长期处于较高水平。汽车轮胎磨损产生的粉尘含有锌、镉等重金属,刹车片摩擦产生的碎屑中含有铜、镍等元素,这些颗粒物会通过大气沉降或雨水冲刷进入周边土壤和水体。船舶运输过程中使用的含重金属防污漆,在船舶航行和维修过程中会释放铜、汞等重金属,对水体生态系统造成破坏。

### 1.4 生活废弃物排放

日常生活中的废弃物处理不当也会造成重金属污染。废旧电池中含有汞、镉、铅等重金属,若随意丢弃,重金属会渗入土壤和水体;电子废弃物如废旧手机、电脑等,其电路板、显示屏等部件含有铅、铬、镉等重金属,不规范的拆解处理会导致重金属进入环境。一些劣质的建筑装饰材料、化妆品中也可能含有超标的重金属,在使用和废弃过程中会对环境产生潜在威胁。

## 2 我国重金属污染现状

我国土壤重金属污染呈现区域性、累积性特征。根据《全国土壤污染状况调查公报》数据显示,全国土壤总的超标率为16.1%,其中耕地土壤点位超标率高达19.4%。镉、镍、铜、砷等重金属污染较为突出,尤其是镉污染问题最为严峻,南方部分稻米主产区受镉污染影响严重,出现“镉大米”现象。我国地表水体与地下水,长江、珠江、淮河等主要流域的部分河段检测出镉、铅、汞等重金属超标。珠江流域部分支流因矿业活动,水体砷含量超标严重。此外,我国部分湖泊与水库也受到重金属污染影响,如太湖、滇池等富营养化水体中,底泥重金属(尤其是汞、镉)含量较高,存在二次污染风险。地下水中,北方部分地区因长期污灌及矿业活动,导致铅、砷等重金属超标,影响饮用水安全。大气中的重金属污染主要来源于工业废气排放、机动车尾气及扬尘。部分城市大气PM<sub>2.5</sub>中重金属元素贡献率超过15%,其中铅、砷等毒性元素对人体健康危害显著。

重金属污染已通过食物链传递对生态系统和人体健康造成严重威胁。长期暴露于重金属污染环境,会引发神经系统损伤(如铅中毒导致儿童智力发育迟缓)、肾脏损害(如镉暴露引发痛痛病)及致癌风险(如砷暴露增加皮肤癌、肺癌发病率),对公众健康构成重大挑战。

## 3 环境监测在重金属污染控制中的意义

### 3.1 为污染防控提供数据支撑

环境监测是重金属污染控制的“眼睛”,通过对土壤、水体、大气等介质中重金属浓度、分布及迁移规律的精准测定,能够为污染防控策略制定提供关键数据。在水体重金属监测中,实时在线监测设备能够动态追踪河流、湖泊中重金属浓度变化,帮助环保部门及时掌握污染源排放规律,为工业废水排放标准制定和污水处理设施优化运行提供数据支持。通过长期环境监测数据的积累和分析,还可预测重金属污染的发展趋势,提前制定针对性防控措施,降低污染风险。

### 3.2 保障生态系统安全

重金属具有生物毒性和生物富集性,可通过食物链传递对生态系统造成破坏。环境监测在重金属污染控制中发挥着生态预警的关键作用,通过监测土壤微生物群落结构、水体浮游生物多样性等生态指标,结合重金属浓度数据,能够评估污染对生态系统的损害程度。例如,当监测发现某水域底栖生物种类减少、生物量下降,同时重金属浓度超标时,可及时采取清淤、生态修复等措施,避免生态系统进一步退化。环境监测还能评估生态修复工程的效果,通过对比修复前后的重金属含量

和生态指标变化,判断修复技术的有效性,为生态系统的可持续发展保驾护航。

### 3.3 维护公众健康权益

重金属污染对人体健康存在潜在风险,环境监测是保障公众健康的重要屏障。通过对饮用水源地、农产品产地等关键区域的重金属监测,能够及时发现可能影响食品安全和饮用水安全的污染隐患。例如,对饮用水源地进行汞、砷等重金属的定期监测,一旦发现超标,可立即启动应急处理措施,保障居民饮水安全;对农田土壤和农作物进行镉、铅等重金属检测,可避免重金属超标的农产品进入市场,降低人群暴露风险。环境监测数据公开透明,有助于提升公众对环境质量的知情权,增强公众环保意识,推动形成全社会共同参与重金属污染防治的良好局面。

## 4 重金属污染的危害评估

### 4.1 对生态系统的破坏

#### 4.1.1 土壤重金属污染对植物生长、土壤微生物群落的影响

土壤重金属污染通过抑制植物生理功能、破坏根系结构及干扰养分吸收,对植物生长产生显著负面影响。镉(Cd)可抑制植物叶绿素合成,导致叶片黄化、光合作用效率下降;铅(Pb)会破坏植物根尖细胞结构,阻碍根系对水分和矿物质的吸收,进而影响植物株高、生物量积累。高浓度重金属还会引发植物基因毒性,改变其遗传特性,导致作物减产甚至死亡。在土壤微生物层面,重金属污染显著降低微生物群落多样性和活性。

#### 4.1.2 水体重金属污染对水生生物多样性的威胁

水体重金属污染对水生生物具有直接毒性和长期累积效应。重金属通过鳃、皮肤及食物链摄入进入水生生物体内,干扰其生理代谢与生殖功能。高浓度重金属还会破坏水生生态系统的食物链结构。浮游生物对重金属敏感,种群减少会导致以浮游生物为食的鱼类、贝类食物匮乏;而处于食物链顶端的生物(如大型鱼类、水鸟)因生物放大作用,体内重金属浓度可达水体的数千倍,面临更高的生存风险。例如,长江流域某些河段因汞污染导致底栖生物大量死亡,进而引发鱼类资源枯竭,破坏了整个水生生态系统的稳定性。

#### 4.1.3 大气重金属沉降对生态链的潜在危害

大气中重金属颗粒物(如铅、锌、镉)通过干沉降或湿沉降进入地表,对陆地和水生生态系统产生间接影响。在森林生态系统中,重金属沉降会改变土壤理化性质,抑制树木根系生长,降低林木抗逆性,导致森林生产力下降。在水生生态系统方面,大气重金属沉降是偏远地区水体污染的重要来源。研究表明,北极地区湖泊中检测到的汞和镉,主要通过大气长距离传输沉降所致,这些重金属通过食物链影响鱼类和水鸟,威胁极地脆弱生态系统的生物多样性。

### 4.2 对人体健康的风险

#### 4.2.1 铅、汞等重金属引发的神经毒性、肾脏毒性等健康问题

重金属对人体的毒性具有器官特异性和不可逆性。铅(Pb)是典型的神经毒素,儿童血铅浓度超过50 μg/dL时,会导致智力

发育迟缓、注意力缺陷和学习障碍;成年人长期暴露于铅污染环境,可引发记忆力减退、周围神经病变。汞(Hg)的毒性主要表现为中枢神经系统损伤,甲基汞可透过血脑屏障,导致视力模糊、语言障碍和共济失调;日本水俣病事件便是甲基汞污染水体导致的群体性汞中毒悲剧。镉(Cd)则主要损害肾脏,长期低剂量摄入会引发肾小管功能障碍,严重时导致肾衰竭;同时,镉也是I类致癌物,与肺癌、前列腺癌等发病风险相关。

#### 4.2.2 流行病学调查数据支撑的健康风险评估

大量流行病学研究证实了重金属污染对人体健康的危害。世界卫生组织(WHO)数据显示,全球每年约有14万例过早死亡与重金属暴露相关。我国研究表明,南方某镉污染地区居民尿镉平均水平较对照区高3倍,人群慢性肾病患病率显著上升;华北某铅冶炼厂周边儿童血铅超标率高达35%,远高于非污染区。我国《全国土壤污染状况调查公报》指出,受重金属污染的耕地生产的农产品中,重金属超标率达20%以上,直接威胁居民饮食安全。这些数据为量化重金属污染的健康风险、制定防控标准提供了科学依据。

### 5 环境监测技术在重金属污染控制中的对策研究

#### 5.1 优化传统监测技术,提升检测精度

传统原子吸收光谱(AAS)、电感耦合等离子体质谱(ICP-MS)等技术仍是重金属定量分析的核心手段。针对其在复杂基质样品分析中的局限性,需通过技术改进提升检测性能。对AAS技术进行火焰-石墨炉联用升级,可扩大检测范围,实现痕量重金属(如汞、镉)的高灵敏度测定;在ICP-MS分析中引入碰撞反应池技术,能够有效消除多原子离子干扰,提高数据准确性。

#### 5.2 推广便携式与在线监测设备,实现动态预警

便携式X射线荧光光谱仪(XRF)、便携式阳极溶出伏安仪等设备具有操作简便、响应快速的特点,适用于现场筛查与应急监测。在线监测设备则可实时追踪水体、大气中重金属浓度变化,如在河流断面部署多参数水质监测站,集成重金属离子选择性电极(ISE)和光谱传感器,实现镉、汞等指标的24小时连续监测,并通过物联网技术将数据实时传输至预警平台。一旦浓度超标,系统可自动触发报警,为污染溯源和应急处置争取时间。

#### 5.3 发展生物监测与遥感技术,拓展监测维度

生物监测通过指示生物(如藻类、蚯蚓)的生理指标变化反映重金属污染程度,具有成本低、生态效应直观的优势。利用水生生物(如大型溞)的急性毒性试验,可快速评估水体重金属污染综合毒性;土壤微生物群落结构分析则能反映长期污染对生

态功能的影响。高光谱遥感技术可通过分析植被光谱特征,反演土壤重金属含量,实现大范围污染区域的非接触式监测。基于无人机高光谱影像,可绘制农田重金属污染空间分布图,为精准治理提供依据。

#### 5.4 构建多源数据融合的智慧监测平台

整合传统实验室分析数据、在线监测数据、遥感数据及地理信息系统(GIS),构建重金属污染智慧监测平台。通过大数据分析和机器学习算法,对海量数据进行深度挖掘,实现污染源解析、扩散趋势预测和风险等级评估。利用时空插值模型结合气象数据,可预测大气重金属颗粒物的扩散路径;通过建立污染物迁移模型,模拟水体重金属在不同水文条件下的扩散规律。平台可对接环保执法系统,将监测数据与污染源清单联动,为精准监管和污染治理提供决策支持。

#### 5.5 加强新技术研发与标准体系完善

鼓励研发新型检测技术,如基于纳米材料的生物传感器、表面增强拉曼光谱(SERS)快速检测技术等,以突破传统方法在灵敏度、便携性方面的瓶颈。同时,加快制定和更新环境监测标准,针对新型污染物(如纳米材料中的重金属)和新兴监测技术(如无人机遥感)建立技术规范,确保监测数据的科学性和可比性。推动产学研合作,加速监测技术成果转化,提升我国重金属污染监测的整体技术水平。

### 6 结语

未来,需进一步推动传统监测技术升级,加速便携式、智能化监测设备的应用,构建多维度、全链条的智慧监测体系。同时,结合政策监管与公众参与,形成“监测-评估-治理”协同机制,方能有效遏制重金属污染态势,助力生态文明建设与可持续发展目标的实现。

#### [参考文献]

- [1]金宝书.环境监测中重金属污染的控制对策分析[J].冶金与材料,2020(4).
- [2]赵光骞.环境监测中重金属污染的控制对策分析[J].环境与发展,2020(2).
- [3]吉祖峰.环境监测中重金属污染的控制对策分析[J].世界有色金属,2019(18).

#### 作者简介:

龚建华(1983--),男,汉族,四川宜宾人,大学本科,环境工程师,环境监测,化学分析方向。