

# Analysis on the Countermeasures of Water and Soil Heavy Metal Pollution Caused by Chemical Industry

Yueying Zhang<sup>1</sup> Xiaoyan Wang<sup>2</sup> Kaixiang Sun<sup>3</sup>

1. Shaoxing Ecological Environment Pollution Prevention and Control Center, Shaoxing, Zhejiang, 312000, China

2. Shaoxing Ecological Environment Protection and Development Center, Shaoxing, Zhejiang, 312000, China

3. Zhejiang Tuli Survey, Design and Research Institute Co., Ltd., Shaoxing, Zhejiang, 312000, China

## Abstract

With the acceleration of industrialization, the chemical industry, as an important pillar of the national economy, has also brought serious environmental pollution problems, especially the heavy metal pollution in water and soil. Heavy metals are difficult to degrade, easy to accumulate in living organisms and produce toxic effects, which pose a great threat to the ecological environment and human health. Especially with the vigorous development of social economy, the problem of heavy metals in water and soil caused by the chemical industry is becoming more and more obvious. In this context, this paper discusses the countermeasures of the prevention and control of heavy metal pollution in water and soil caused by the chemical industry, and aims to lay a solid foundation for promoting the long-term and stable development of the chemical industry.

## Keywords

chemical industry; water body; soil; heavy metal pollution; prevention control measures; analysis

# 化工行业引起的水体及土壤重金属污染防治的对策探析

张越颖<sup>1</sup> 王晓燕<sup>2</sup> 孙凯祥<sup>3</sup>

1. 绍兴市生态环境污染防治中心, 中国·浙江 绍兴 312000

2. 绍兴市生态环境保护发展中心, 中国·浙江 绍兴 312000

3. 浙江土力勘测设计研究院有限公司, 中国·浙江 绍兴 312000

## 摘 要

随着工业化进程的加快, 化工行业作为国民经济的重要支柱, 其迅猛发展的同时也带来了严重的环境污染问题, 尤其是水体和土壤中的重金属污染。重金属因其难以降解、易在生物体内积累并产生毒性效应, 对生态环境和人类健康构成了巨大威胁。特别伴随社会经济蓬勃发展, 化工行业引起的水体、土壤重金属问题愈发明显。在此背景下, 论文就化工行业引起的水体及土壤重金属污染防治的对策展开探讨, 旨在推进化工领域长期稳定发展打下坚实基础。

## 关键词

化工行业; 水体; 土壤; 重金属污染; 防治措施; 分析

## 1 重金属的来源

据统计, 生活垃圾与化工行业污染是导致重金属来源的重要因素, 相比之下, 化工污染占较大比例。目前, 工业污染由废渣、废弃、废水组成。也就是说, 这些化合物、重金属如果直接暴露或排放到地面、土壤中, 会对自然环境造成负面影响。不仅会改变农作物基因, 还会威胁人们身体健康。例如, 使用受污染水源浇灌庄稼, 或在污染土地上种植农作物, 无形中给重金属迁徙到食物链提供了途径。基于此, 中国提出未来生产应从宏观视角出发, 将环保理念、无污染

材料、可再生技术研发嵌入到生产经营当中, 进一步实现化工领域生态化发展目标。

## 2 化工行业引起的重金属对水体及土壤污染现状

### 2.1 重金属对水体污染现状

众所周知, 化工行业排放的污水、废物量十分庞大, 加上工矿企业分布范围广, 导致化合物、重金属扩散速度快, 大大加剧了控制难度。由重金属引发的人体慢性中毒、亚急性中毒和急性中毒屡见不鲜, 这是因为人体内的酶、蛋白质会与重金属产生效应, 从而削弱它们的活性; 或者出现重金属富集于某一处器官的现象, 一旦超出人体耐受值, 就会破坏免疫系统, 出现中毒、器官受损等问题。举个例子, 在蓄电池生产过程中, 如果废弃物直接排放到地面或水体中, 重

【作者简介】张越颖 (1985-), 女, 中国浙江杭州人, 本科, 工程师, 从事土壤、地下水污染防治, 危险废物、固体废物环境管理等环保研究。

金属会通过渗入地下、汇入河渠等途径污染地下水，导致群众血铅超标，长此以往，人类机能受到严重威胁。

## 2.2 重金属对土壤污染的现状

数据显示，受重金属污染的耕地每年呈递增趋势。约占总耕地面积的五分之一。由此可知，粮食污染与减产数量每况愈下。在如此严峻的局面下，如果不加以干预，将动摇中国社会经济、国民经济之根本，不利于社会主义长治久安。基于此，制定长效的土壤重金属防治策略至关重要。首先，以污染分布为导向，识别重度工业废区。一般情况下，北方地区相较于南方地区，其污染程度较低，而南方的西南与中南地区最为凶险。与此同时，在自然环境中，很难降解重金属，意味着土壤无法自我修复到最初状态，并且通过日积月累，土壤中的胶体会不断吸附重金属，加快化学反应。例如，pH 值变化会导致土壤中价态与形态发生变化，不利于土壤良性使用。

## 3 水体重金属污染的防治

### 3.1 源头控制阶段实施严格的分类和收集

在水体重金属污染过程中，源头控制至关重要。它涉及储存、收集等环节。总的来说，制定合理的储存方案、收集措施为第一步，在这一过程中，需要充分考量固体废物的物理特性与化学成分，避免生产中不同种类的废物在相互反应下交叉污染。以下对具体操作步骤进行详细说明：首先，热分解法得到广泛应用。涵盖固体残渣处理、气体冷凝、裂解反应以及废物预处理等，这一系列操作通过高温裂解炉获取源源不断的动力，支持废物重金属分解。一般情况下，600℃~800℃为最佳裂解温度。然后，引入能源回收系统至关重要。因为可燃气为裂解后产物，系统可以储存、利用这些气体，以减少不可再生能源的消耗，贴合环保理念。其次，充分燃烧是焚烧法的技术要点，化工企业应确保焚烧炉的温度达到相关要求，在氧化作用下，才能实现有机废物向无害气体转化，并且做好热能回收工作。在焚烧过程中，要求空气供给充足，且温度不得低于 850℃，从根本上防止燃烧不完全情况发生。最后，飞灰问题不容马虎。燃烧产生的飞灰隐藏重金属危害，因此需要集中收集并通过无害技术处理。只有从源头上控制重金属污染，才能最大程度确保水体安全。

### 3.2 稳定化与固化技术

首先，基于重金属污染具有不确定性。因此，对其进行稳定化处理必不可少。在这一过程中，化学稳定剂展示出显著效果。常见稳定剂涵盖硅酸盐、水玻璃、石灰等，其工作原理是通过添加稳定剂促进重金属离子反应，进而削弱重金属的迁徙性与溶解度，这是因为反应过程生成的化合物具备难溶性。其次，固体技术在重金属稳定化处理中发挥着不可替代的作用。其工作原理是利用化学、物理反应，通过胶凝材料形成固态基质，如石灰、水泥等，将重金属离子牢牢

包裹其中，以放缓水体中重金属的移动速度与溶解程度。值得注意的是，胶凝材料的固化湿度、温度以及比例控制，对废渣固化后结构的持久性、稳固性起决定性作用。最后，另一个稳定化处理方法包括梯度分离法。这一方法适用多种成分金属废渣。以下对具体操作步骤进行详细说明：首当其冲是沉淀废渣，以分离高浓度金属离子，这一步骤可以利用化学沉淀法实现。接下来，低浓度金属组分可以通过溶剂萃取法进行剥离。更进一步，采用各种冶金技术或电解沉积法提纯分离出的金属成分，提纯结束后，还要安全填埋剩余残渣。确保废渣不会对地下水造成污染危害。

### 3.3 废水回用与资源化

针对化工行业引起的水体重金属污染防治，我们还可以采取废水回用与资源化。首先，化工废水回用系统的建立要求针对不同类型的废水，设计相应的处理流程。应采用多级处理技术，包括物理法、化学法和生物法的结合，以实现废水的深度净化。具体流程可为：初步沉淀去除大颗粒悬浮物后，利用絮凝剂（如聚合氯化铝）进行中和处理，接着通过膜分离技术（如超滤、反渗透）去除溶解性有机物及其他污染物，最终达到回用水质标准。此处理后的水可重新用于冷却、清洗及稀释工艺，提高资源的利用效率，减少新水的需求和相应环境负担。其次，针对化工行业废水中重金属回收建议采取物理化学方法与生物技术相结合。具体做法包括：利用化学沉淀法，将废水中的重金属离子通过添加适当的沉淀剂（如氢氧化钠）使其转化为不溶性化合物，随后通过过滤和离心等方式分离沉淀物。此外，还可引入离子交换技术，选用高效的离子交换树脂，将废水中的重金属离子与无害阳离子进行置换，达到浓缩与去除的目的。最后，考虑应用生物修复技术，利用特定的微生物菌株在废水中去除重金属，降低其毒性并实现资源的再利用。这些微生物能够通过生物吸附、生物转化等途径，将重金属离子固定或转化为无害形态，从而实现环境保护与资源回收的双重目标。

## 4 土壤重金属污染防治

### 4.1 电动修复法

电动修复法的工作原理是施加电极使重金属离子迁移，这对土壤修复产生积极作用。在这一过程中，电场强度与实施效果呈正比，也就是说，精准把握污染土壤和电极之间的反应是关键。首先，电场强度不同，金属离子在迁移速率上表现出差异化。一般情况下，迁移速率越快，说明电场强度越高。但是，如果考量不充分，过快的迁移速率也会隐藏金属离子沉淀或反向迁移等问题，导致修复效率不理想。在此背景下，脉冲电压法得到普及。它是一种有效的电场强度优化手段。进行连续修复时，停止电压、周期性施加为技术要点，旨在扰乱土壤中原有的电场平衡，只有打破长期形成的电化平衡，才能避免金属离子沉淀、反向迁移等形成。与此同时，灵活调节电场强度是脉冲电压法的另一个关键要

点。具体而言,电场强度、脉冲周期的确定离不开土壤电化学性质的考量,因为电化学性质不是固化不变的。举个例子,为了确保金属离子迁移的均匀性,在面向较低强度电场时,施加间隔应当适当延长;对于较高强度的电场,则需要缩短施加间隔,避免形成沉淀物。

提升土壤重金属的迁移能力与溶解度,辅助试剂发挥着至关重要的作用,进一步为了提升修复效果。目前,碱性溶液、酸性溶液为常见辅助试剂,能够帮助土壤中 pH 值的调节。配置辅助试剂可以从重金属形态、土壤实际化学性质入手。打个比方,针对铜、铅这些重金属,溶解速率的提升是关键,可以考虑酸性溶液的应用,以期在电场条件下重金属迁移至电极。除此之外,铬、镍等金属在碱性溶液下,也展现出显著迁移效果。以下对具体操作步骤进行详细说明:测定土壤中 pH 值,旨在评估污染程度,包括确定 pH 缓冲能力,这一步至关重要。因为它能够避免过量添加剂破坏土壤结构。更为重要的是,必须进行实地勘察,进行多次现场实验,并根据结果调整辅助试剂的添加频率与用量,使 pH 值可控。

## 4.2 微生物修复法

在化工行业土壤治理措施中,微生物修复法受到广泛青睐。这一技术的优势体现在它能够吸附植物的重金属。尤其是富集区域,通过增加微生物的活性来促进微环境中植物根际的分解能力。举个例子,加入硫酸还原菌、胶菌等,可以将土壤中的重金属离子进行有效固定与螯合。这是因为这些特定菌种能够分泌胞外聚合物。就拿硫酸还原菌来说,在螯合作用下,重金属离子和胞外聚合物呈现出的络合状态趋于稳定,使重金属的迁移性与可溶性得到进一步降低。通常微生物修复法在重金属污染环境(镉、铅浓度较高的情况)下更为适合。其修复效率与土壤中根际微生物的密度与种群息息相关,因此需要精确调节。以下对技术要点进行详细说明:在操作过程中,混合使用各种有机物效果更佳。例如,将腐殖酸、有机肥和特定微生物菌株有机结合,能够增加植物根际微生物产能,使其吸附重金属的能力最大化。其次,不断优化、改善微环境,如调节根际的氧气供给、水分含量以及 pH 值等,能够最大程度提升重金属固定效果与微生物活性,对修复能力的增强有重要帮助。

此外,生物转化能力是微生物修复法的另一个显著特点。其工作原理是降低重金属毒性,使其从有毒形态向微毒性转化。例如,蓝细菌、硫酸还原菌等微生物在转化重金属形态、改变毒性方面具有卓越性。打个比方,甲基汞可以在一些微生物的脱甲基化作用下向单质汞转化,旨在有效降低其毒性。具体而言,在污染土壤中施加蓝细菌或硫酸还原菌,并且保障适宜的生长环境,包括合理控制土壤 pH 值、氧气供给和水分等,为脱甲基化反应打下坚实基础。再者,微生物膜技术的应用有利于转化效率高效化,具体操作为通过微生物生长速率与表面吸附能力的提高来带动生物化学反应。也就是说,根据现场条件,明确微生物菌株,通过科学调控,使现场的有毒重金属得到去除。制定修复方案时,需要确保其持续性,只有长期监测、跟踪重金属形态与微生物群落的变化,才能不断优化修复策略、保障修复效果,为土壤修复创造先天性条件。

## 5 结语

综合而言,在新时期背景下,化工行业引发的水体和土壤重金属污染问题已然成为一个重要议题,它关乎社会稳定、国民经济发展,亟待关注与解决。在此过程中,我们提出了严格控制源头和废物管理措施,旨在有效管理污染物的排放。探讨了先进修复技术的应用,包括电动修复和化学改良法,突出其在污染治理中展现的卓越成效,旨在在不产生二次污染的前提下提高修复效率。此外,对于土壤重金属污染治理技术的分析,可以引入电动修复法和微生物修复法,以期提高生物转化能力与效率。

## 参考文献

- [1] 高碧声,郭琳,刘芳.土壤和地下水污染特征及防治对策——以上海市金属表面处理及热处理加工行业为例[J].环境保护科学,2023,49(4):33-42.
- [2] 刘光辉.基于黑麦草/生物炭组合的铅镉污染底泥修复及土壤化利用研究[D].济南:山东建筑大学,2023.
- [3] 曾建辉,李忠,孙永伟.中轻度重金属污染土壤的绿色资源化修复技术研究[J].自然科学,2024(15):6.
- [4] 王榕,赵永超,刘凯,等.山东省某镇土壤重金属污染现状评价与防治对策研究[J].皮革制作与环保科技,2023,4(21):189-190.