

# Research on the Treatment Measures of Heavy Metal Pollution in Industrial Sewage

Fen Liu

Shenzhen Lvtong Environmental Protection Technology Co., Ltd., Shenzhen, Guangdong, 518100, China

## Abstract

With the acceleration of the industrialization process, the environmental pollution problem caused by the industrial production activities has become increasingly serious, among which the heavy metal pollution in the industrial sewage has become the focus of global attention. Heavy metals, such as lead, mercury, chromium and cadmium, are difficult to degrade and bioenriched. Once they enter the water, they will seriously threaten the balance of the ecosystem and human health. Therefore, the effective treatment of heavy metal pollution in industrial sewage has become an urgent problem to be solved in the field of environmental protection. This paper analyzes the source of industrial sewage, and puts forward several effective heavy metal pollution treatment measures, in order to promote the protection of ecological environment.

## Keywords

industrial sewage; heavy metal pollution; harm; treatment measures

# 工业污水中的重金属污染处理措施研究

刘芬

深圳市绿通环保技术有限公司, 中国·广东深圳 518100

## 摘要

随着工业化进程的加快, 工业生产活动带来的环境污染问题日益严重, 其中工业污水中的重金属污染已成为全球关注的焦点。重金属如铅、汞、铬、镉等具有难以降解和生物富集的特性, 一旦进入水体, 将严重威胁生态系统的平衡和人类健康。因此, 对工业污水中的重金属污染进行有效处理, 成为当前环境保护领域急需解决的问题。论文通过深入研究分析了工业污水的来源, 提出了几点有效的重金属污染处理措施, 以期能够促进生态环境的保护。

## 关键词

工业污水; 重金属污染; 危害; 处理措施

## 1 引言

目前, 针对工业污水中的重金属污染处理, 主要采用了化学沉淀法、吸附法、离子交换法、生物法等多种措施。这些方法在实际应用中各有优缺点, 需要根据污水的具体情况和处理要求进行选择和优化。

## 2 工业污水的来源

工业污水是指工业生产过程中产生的各种废水, 包括生产用水、冷却用水、洗涤用水等。工业污水的来源十分广泛, 几乎涵盖了所有工业部门, 其中制造业是主要来源<sup>[1]</sup>。

在制造业中, 钢铁、化工等行业均会产生大量工业废水。以钢铁工业为例, 钢铁生产过程中需要大量用水, 如炼铁高炉冷却用水、轧钢加热炉冷却水、钢材酸洗废水等, 这些用

水在生产过程中被污染后便形成了工业废水。化工行业也是工业污水的重要来源, 由于化学品种类繁多、工艺流程复杂, 化工生产过程中会产生大量含有酸碱、有机溶剂、重金属离子等有毒有害物质的废水。

除了制造业, 采矿业、冶金业、电镀业等传统工业也是工业污水的主要来源。采矿业在开采和选矿过程中会产生含有悬浮物、重金属离子的矿井水和选矿废水; 冶金工业的废水则以高盐分、高悬浮物和重金属离子为特点; 电镀行业的废水主要污染物为重金属离子和酸碱。这些行业的工业废水若不经适当处理便直接排放, 将对环境造成严重污染。

随着新兴产业的发展, 电子信息、生物医药、新材料等高新技术产业也逐渐成为工业污水的重要来源。以电子信息产业为例, 集成电路制造、半导体器件生产等过程中会使用大量化学试剂和超纯水, 产生含有重金属、酸碱、有机溶剂等有毒有害物质的废水。生物医药行业在发酵、分离提取和制剂生产等环节也会排放含有病原体、抗生素等特殊污染物的工业废水。

【作者简介】刘芬(1994-), 女, 中国湖南永州人, 助理工程师, 从事工业污水中的重金属处理措施研究。

### 3 工业污水中重金属的危害

重金属污染不仅会对人体健康造成严重危害，而且会对生态环境产生不可逆转的破坏性影响。

重金属对人体健康的危害主要表现在以下几个方面：首先，重金属具有生物富集性，会在人体内不断积累。当人体内重金属含量超过一定阈值时，会引发各种疾病。例如，铅中毒会导致贫血、周围神经病变、肾功能损害等症状；汞中毒会损害神经系统，引发失去知觉、视力和听力下降等；镉中毒会损害骨骼和肾脏等。其次，重金属具有致癌、致畸和致突变作用，可能会增加患癌症的风险。同时，重金属会干扰人体内分泌系统的正常运作，引发生殖和发育异常。此外，重金属还会损害免疫系统，降低人体的免疫力。

重金属对生态环境的危害也不容忽视。首先，重金属会污染水体环境。工业污水中的重金属如果未经有效处理直接排放，会污染河流、湖泊和地下水等水体，破坏水生生态系统。水体中的重金属会进入食物链，不断富集和放大，最终危及人类健康。其次，重金属会污染土壤环境。工业污水中的重金属渗入土壤后，会降低土壤质量，影响农作物生长，进而危及食品安全。此外，土壤中的重金属也会进入地下水，加剧水体污染。最后，重金属会污染大气环境。部分重金属会随工业废气排放进入大气，通过大气传播扩散到远处，对广阔区域的环境造成污染。

除了对人体健康和生态环境造成危害外，工业污水中的重金属污染还会给社会 and 经济发展带来严重负面影响。受重金属污染的农产品和水产品会失去市场竞争力，造成经济损失。重金属污染区域的土地和水体也会污染，影响当地的房地产业发展。此外，重金属污染治理和修复需要投入大量人力物力，也会给社会和经济带来沉重负担。

## 4 工业污水中的重金属污染处理措施

### 4.1 化学沉淀法

化学沉淀法是向含有溶解态重金属离子的废水中加入适当的化学沉淀剂，使重金属离子转化为难溶性的金属盐沉淀，从而实现重金属的去除<sup>[1]</sup>。

化学沉淀法中常用的沉淀剂主要包括氢氧化物、硫化物、碳酸盐等。其中，氢氧化物沉淀是最常见的一种方式。通过调节 pH 值，使重金属离子发生水解反应生成氢氧化物沉淀，实现重金属的去除。例如，在碱性条件下，重金属离子会生成相应的氢氧化物沉淀，如铜离子生成  $\text{Cu}(\text{OH})_2$ 、铅离子生成  $\text{Pb}(\text{OH})_2$ 、锌离子生成  $\text{Zn}(\text{OH})_2$  等。这些沉淀物由于溶解度极低，可以通过沉淀、过滤等方式从废水中分离出来，从而达到净化的目的。

除了氢氧化物沉淀外，硫化物沉淀也是一种常用的化学沉淀方式。向含有重金属离子的废水中加入硫化钠或硫化钙等硫化剂，重金属离子会生成相应的硫化物沉淀，如

$\text{CuS}$ 、 $\text{PbS}$ 、 $\text{ZnS}$  等。这些硫化物沉淀的溶解度极低，可以通过固液分离的方式从废水中去除。硫化物沉淀法适用于处理多种重金属离子，如铜、铅、锌、镉、汞等，具有较高的去除效率。

碳酸盐沉淀法也是一种常用的化学沉淀方法。向含有重金属离子的废水中加入碳酸钠或碳酸钙等碳酸盐，重金属离子会生成相应的碳酸盐沉淀，如  $\text{CuCO}_3$ 、 $\text{PbCO}_3$ 、 $\text{ZnCO}_3$  等。这些碳酸盐沉淀的溶解度较低，可以通过固液分离的方式从废水中去除。碳酸盐沉淀法适用于处理铜、铅、锌等重金属离子，但对于汞、镉等重金属离子的去除效率则较低。

化学沉淀法虽然操作简单、成本较低，但也存在一些不足之处。例如，对于某些重金属离子的去除效率不理想；产生的污泥量较大，需要进一步处理和处置；部分沉淀剂会引入新的污染物质等。因此，在实际应用中，化学沉淀法通常需要与其他处理方法相结合，以提高重金属去除效率，减少二次污染的风险。

### 4.2 吸附法

吸附法是一种利用吸附剂对重金属离子进行富集和去除的污水处理技术，在工业污水重金属污染处理中发挥着重要作用<sup>[2]</sup>。该方法操作简单、成本较低、去除效率高，因此被广泛应用于各类工业废水的重金属处理。

吸附剂是吸附法的核心材料，根据其性质可分为无机吸附剂和有机吸附剂两大类。无机吸附剂主要包括活性炭、沸石、粘土矿物、氧化铁等，它们具有发达的孔隙结构和丰富的官能团，能够通过静电作用、配位作用等机理与重金属离子结合。有机吸附剂则主要是一些天然高分子材料或合成高分子材料，如生物质残渣、壳聚糖、离子交换树脂等，它们也能够与重金属离子发生吸附作用。

吸附过程通常在固液两相之间进行，污水中的重金属离子在吸附剂表面富集。影响吸附效率的主要因素包括吸附剂的性质、重金属离子种类和浓度、溶液 pH 值、温度等。根据实际情况，可以优化这些条件以提高吸附效率。吸附过程结束后，富集了重金属的吸附剂需要进行再生或处置，以回收吸附剂和处理富集相。

在实际应用中，吸附法主要有几种常见工艺形式，如吸附柱、吸附池和吸附膜等。吸附柱是将吸附剂装填在柱体内，污水从柱内通过实现重金属的吸附富集。吸附池则是在池中加入吸附剂，污水在池内停留一定时间后排出，实现重金属的去除。吸附膜工艺则是将吸附剂制成膜的形式，污水通过膜表面时重金属离子被吸附富集<sup>[4]</sup>。

吸附法在处理不同工业污水中的应用有所差异。对于冶金工业废水，常采用活性炭、氧化铁等无机吸附剂对铜、铅、锌等重金属离子进行吸附处理。而对于电镀废水，则可以使用离子交换树脂等有机吸附剂，对六价铬、镍等离子进行选择性吸附。此外，吸附法也可应用于核工业、化工等行业重金属污染处理。

### 4.3 离子交换法

离子交换法是利用离子交换树脂与溶液中的离子进行可逆的离子交换反应,从而实现重金属离子的选择性富集和分离。离子交换树脂一般由高分子合成而成,具有亲和力强、选择性好、操作简单等优点,因此在重金属污染处理领域得到了广泛应用。离子交换法处理工业污水中的重金属离子主要分为以下几个步骤:

首先,离子交换树脂的选择和预处理。根据待处理污水的特征以及目标金属离子的种类和浓度,选择合适的阳离子交换树脂或阴离子交换树脂。常用的阳离子交换树脂有苯乙烯-二乙烯基苯交换树脂、醚型阳离子交换树脂等,阴离子交换树脂有强基型和弱基型等。对选定的树脂进行预处理,如酸洗、碱洗等,以活化树脂,提高其离子交换能力。

其次,离子交换过程。将预处理后的树脂装填到离子交换柱或反应器中,通入待处理的污水。污水中的目标金属离子在树脂的作用下被选择性地吸附,而其他离子则被排出。离子交换过程可在间歇式或连续式操作下进行,需根据实际情况选择合理的空床停留时间、流速等工艺参数,以提高处理效率。

再次,树脂再生。当树脂吸附饱和时,需要对其进行再生,使之解吸附目标金属离子,恢复离子交换能力。再生剂的选择取决于所吸附的金属离子种类及树脂类型,常用的再生剂有盐酸、硝酸、氢氧化钠等。再生过程中,树脂与再生剂发生反应,金属离子被置换下来,形成富集的金属盐溶液,可进一步回收利用或妥善处置。

最后,树脂再使用。经过再生后的树脂需进行水洗,去除残留的再生剂,然后即可重新投入使用。离子交换法的这一循环过程可持续进行,直至树脂老化失效为止。老化树脂需及时更换,以确保处理效果。

离子交换法具有选择性强、操作方便、自动化程度高等优点,适用于工业污水中重金属离子浓度较低的情况。但当重金属离子浓度较高或存在其他干扰离子时,离子交换效果会受到一定影响。此外,离子交换过程产生的富集液需要进一步处理,处理成本较高。因此,在实际应用中,常与其他处理技术(如化学沉淀、膜分离等)相结合,以提高重金属去除效率和经济性。

### 4.4 生物法

生物法是一种利用微生物对重金属进行富集、转化或降解的污水处理技术,在工业污水重金属污染处理中发挥着重要作用。该方法具有操作简单、成本低廉、环境友好等优

势,因此受到广泛关注和应用<sup>[5]</sup>。

生物法主要利用微生物细胞对重金属离子的亲和力,通过生物吸附、生物转化或生物富集等机制实现重金属的去除。常见的微生物包括细菌、真菌、藻类等,它们能够通过细胞壁或细胞外聚合物与重金属离子结合,从而达到富集和去除的目的。生物法可以分为活性富集和非活性富集两种方式。

活性富集是指利用活体微生物对重金属进行富集,主要依赖于微生物的代谢活动。在这一过程中,微生物可以通过细胞内外的一系列生物化学反应,将重金属离子转化为较低毒性或不溶性形态,从而实现重金属的去除和固定。常见的活性富集机制包括细胞内酶促反应、细胞外分泌物络合、细胞内隔离等。

非活性富集则是利用死亡或惰性微生物细胞对重金属进行吸附和富集。这种方式不依赖于微生物的代谢活动,主要是通过细胞壁上的官能团(如羧基、氨基等)与重金属离子发生静电作用或化学键合,实现重金属的吸附和固定。非活性富集过程操作简单,成本较低,但富集效率和选择性较活性富集略低。

生物法在不同工业污水的重金属处理中具有广泛的应用前景。对于冶金工业废水,可以利用铜绿微菌等细菌对铜、镉等重金属进行富集和转化。而对于电镀废水,则可以采用藻类或真菌菌株对铬、镍等重金属进行生物吸附和富集。此外,生物法还可用于核工业、化工等行业的重金属污染处理。

## 5 结语

综上所述,工业污水中的重金属污染处理是一个复杂而严峻的问题。在实际应用中,需要综合考虑污水的性质、处理要求、处理成本等因素,选择适合的处理方法。同时,还需要加强研究,不断开发新的处理技术,以提高重金属废水处理的效率和质量,维护人类健康和生态环境的稳定。

### 参考文献

- [1] 陈丽华.基于城市污水处理系统的重金属污染物检测及治理工艺分析[J].资源节约与环保,2024(2):5047-5063.
- [2] 张艳萍.城市污水处理过程中重金属的检测方法及处理技术研究[J].中文科技期刊数据库(全文版)自然科学,2024(1):140-143.
- [3] 高迪,王艳玲,张扬.MOFs处理水中重金属污染的研究进展[J].辽宁化工,2017,46(2):177-179.
- [4] 曹文庚,王妍妍,张栋,等.工业废水去除重金属技术的研究现状与进展[J].中国地质,2023,50(3):756-776.
- [5] Cleopatra Ashley Ngwenya,汪本金,吴朕君,等.工业污水中的重金属污染处理[J].广东化工,2020,47(13):99-100.