

Strategy of Heavy Metal Pollution in Industrial Wastewater

Shaojun Li Zekun Mei Wei Wang Xia Ruan Lanxin Zhang

Junji Environmental Technology Co., Ltd., Wuhan, Hubei, 430074, China

Abstract

With the acceleration of the industrialization process, the problem of heavy metal pollution caused by the discharge of industrial wastewater is becoming more and more serious. Heavy metals not only pose a serious threat to the ecological environment, but also pose potential risks to human health. By analyzing the causes of heavy metal pollution, this paper discusses the limitations of traditional treatment methods and proposes a series of innovative treatment strategies. These strategies include the integrated application of various physical, chemical and biological processing technologies, as well as the development and utilization of new materials. Finally, this paper hopes to provide theoretical basis and practical reference for the treatment of heavy metal pollution in industrial wastewater, in order to promote environmental protection and sustainable development.

Keywords

industrial wastewater; heavy metal pollution; harm; treatment strategy

工业废水中重金属污染的危害与治理策略思考

李绍俊 梅泽坤 王威 阮霞 张岚欣

君集环境科技股份有限公司, 中国·湖北 武汉 430074

摘要

随着工业化进程的加快, 工业废水排放所带来的重金属污染问题日益严重。重金属不仅对生态环境造成了严重威胁, 同时也对人类健康构成了潜在风险。论文通过对重金属污染的成因进行分析, 探讨了传统治理方法的局限性, 并提出了一系列创新的治理策略。这些策略包括物理、化学和生物等多种处理技术的综合应用, 以及新材料的开发和利用。最终, 论文希望为工业废水中重金属污染的治理提供理论依据和实践参考, 以期促进环境保护与可持续发展。

关键词

工业废水; 重金属污染; 危害; 治理策略

1 引言

在现代工业生产中, 废水的排放是不可避免的, 尤其是在金属冶炼、化工、电子和矿业等行业。根据相关统计, 全球每年排放的工业废水量高达数十亿立方米, 其中重金属污染问题尤为突出。重金属如铅、汞、镉、铬及砷等, 其特性决定了它们在环境中难以降解, 且具有很强的生物累积性。这些重金属一旦进入水体, 不仅对水生生物造成危害, 还通过食物链影响人类健康, 导致各种慢性疾病和生理缺陷。面对日益严重的重金属污染, 亟需采取有效的治理策略, 以减少其对环境和人类的影响。

2 工业废水中重金属污染的危害

2.1 对人体健康的危害

重金属在人体内的积累会导致神经系统、免疫系统和内分泌系统的损害。以铅为例, 长期接触铅会影响儿童的智

力发展和行为表现, 导致学习困难和注意力缺陷。成年人则可能出现高血压、肾损害等健康问题。汞和镉等重金属同样会对肝脏和肾脏造成严重损害, 甚至引发癌症。更为严重的是, 孕妇若接触到这些重金属, 可能导致胎儿发育不良或出生缺陷。

2.2 对生态环境的危害

重金属通过水体的流动和沉积, 进入土壤和水生生物体内, 造成生态系统的失衡。这些污染物会影响水生生物的生长和繁殖, 导致物种减少甚至灭绝。例如, 镉的积累可能导致鱼类的死亡, 并通过食物链影响到整个生态系统。重金属的存在还会破坏土壤的微生物群落, 影响植物的生长和土壤的肥力^[1]。这种生态环境的恶化, 最终将影响到人类的生存条件, 导致水源污染、空气质量下降和生物多样性的丧失。

2.3 对经济发展的影响

随着环境问题的加剧, 公众对水质安全的关注度不断提高, 企业的生产成本和环保责任也随之增加。为了应对重金属污染, 企业可能需要投入大量资金用于废水处理和环境修复, 这无疑增加了生产成本。此外, 污染事件的发生还可

【作者简介】李绍俊(1994-), 男, 中国湖北荆州人, 硕士, 工程师, 从事污水深度处理技术研究。

能导致企业的声誉受损,消费者的信任度下降,进而影响产品的销售和市场竞争力。

重金属污染的危害见图1。



图1 重金属污染的危害

3 工业废水中重金属污染的治理策略

3.1 源头控制

3.1.1 优化生产工艺

生产工艺的优化不仅可以提高生产效率,还能在很大程度上减少重金属的排放。例如,在金属加工行业,通过改进切削工艺和减少冷却液的使用,可以有效降低金属屑和重金属的产生。此外,采用先进的清洁生产技术,比如绿色化学方法和物料再利用技术,能够从源头上减少重金属的使用和排放^[2]。这些技术的应用,不仅符合可持续发展的理念,也为企业创造了更大的经济效益。

3.1.2 使用无毒或低毒原料

许多工业过程中的重金属污染,往往源于生产原材料本身的选择。因此,企业在原料采购时,应优先选择那些无毒或低毒的材料。例如,在电镀、涂装等行业,使用低铅或无铅的替代材料,可以有效减少重金属的使用。同时,开发新材料也是降低重金属污染的重要方向。通过研发新型环保材料,企业不仅能满足市场需求,还能在一定程度上引领行业的发展方向。

3.1.3 加强废水管理

企业应建立健全废水管理体系,制定明确的废水排放标准和监测制度,确保生产过程中产生的废水能够得到有效处理。通过定期对废水进行监测和分析,企业能够及时掌握废水中重金属的含量,发现问题并采取相应措施。此外,企业还应加强员工的培训与意识提升,使其了解重金属污染的危害及废水管理的重要性,形成全员参与的良好氛围。

3.2 末端治理

3.2.1 物理法

①吸附法。吸附法是利用固体材料的表面吸附能力,将水中的重金属离子捕获并去除。常用的吸附材料包括活性

炭、沸石、改性聚合物以及天然矿物等。这些材料通过物理或化学作用与重金属离子形成结合,从而有效降低其浓度。在实际应用中,吸附法的效果受到多个因素的影响,如吸附剂的性质、重金属的种类和浓度、pH值以及温度等^[3]。在选择吸附剂时,需考虑其成本、再生能力及环境友好性。近年来,随着纳米材料的发展,纳米吸附剂因其高比表面积和优良的吸附性能而越来越受到关注。

②膜分离法。膜分离法通过半透膜的选择性渗透特性,将水中重金属离子与水分子分开。根据膜的孔径和分离机制,膜分离法可以分为微滤、超滤、纳滤和反渗透等多种类型。微滤和超滤主要用于去除较大颗粒和胶体物质,而纳滤和反渗透则能够有效去除小分子离子及重金属离子。膜分离法的优点在于其能耗低、操作简单、无二次污染等特点,尤其在处理高浓度重金属废水时显示出良好的经济性和适应性。

③电化学法。电化学法是利用电流在电极表面引发还原反应,将重金属离子转化为低溶解度的沉淀物,进而实现去除。电化学法具有操作灵活、反应速率快、去除效率高等优点,还能够实现重金属的回收利用,从而达到资源化的目的^[4]。在实际应用中,电化学法可以与其他处理技术结合,形成多种联用工艺,提高去除效果。例如,将电化学法与吸附法结合,可以在沉淀过程中进一步去除残留的重金属离子。

3.2.2 化学法

①化学沉淀法。化学沉淀法是通过向污水中添加适当的沉淀剂,使重金属离子转化为不溶性沉淀,从而实现去除。常用的沉淀剂包括石灰、氢氧化钠和硫化钠等。在沉淀反应中,重金属离子与沉淀剂发生化学反应,形成沉淀物,最终通过物理分离的方式去除。这一过程不仅简单易行,而且处理效率较高^[5]。化学沉淀法适用于多种类型的重金属污染物,如铅、镉、铜等。然而,该方法也存在一些不足之处,比如可能产生二次污染和沉淀物的后续处理问题。

②离子交换法。离子交换法的核心在于利用离子交换树脂的特性,通过选择性吸附重金属离子,将其从废水中去除。离子交换树脂通常分为阳离子交换树脂和阴离子交换树脂,前者主要针对带正电的重金属离子,如铅、铜等,而后者则用于去除带负电的阴离子。离子交换法的优点在于其高效性和选择性,能够在较短的时间内去除水中低浓度的重金属离子。尽管如此,离子交换法的适用范围受限于水质条件,特别是水中其他离子的干扰可能影响重金属的去除效率。因此,在实际应用中,需要对水质进行前期评估,以选择合适的树脂并优化操作条件。

③氧化还原法。氧化还原法是利用氧化剂或还原剂与重金属离子反应,改变其化学状态,从而实现去除。例如,对于二价铅离子(Pb^{2+}),可以通过添加氧化剂如氯酸钠,使其转化为四价铅(Pb^{4+}),而后通过沉淀法去除。氧化还

原法的优点在于其适用范围广，能够有效去除多种重金属离子。同时，该方法在特定条件下能够实现重金属的回收，具有一定的经济价值。然而，氧化还原法的操作过程相对复杂，要求对反应条件进行严格控制，以确保反应的完全性和选择性。

3.2.3 生物法

①微生物法。微生物法是利用微生物对重金属的生物降解和转化能力，来去除工业废水中的重金属污染物。在微生物法的应用中，选择合适的微生物种类至关重要。例如，某些微生物如铜绿微囊藻和红酵母，对铅、镉、铬等重金属具有良好的去除效果。通过优化培养条件，如温度、pH值和营养元素的添加，可以进一步提高微生物对重金属的去除效率。此外，微生物法还可以与其他处理技术联用，如与膜过滤、沉淀等技术相结合，以增强处理效果。

②植物修复法。植物修复法是利用植物的生长特性和代谢功能，来去除或稳定土壤和水体中的重金属污染物。这一方法的核心在于植物通过根系吸收、转运和富集重金属，从而降低环境中重金属的浓度。例如，某些植物如水葱、芦苇和向日葵等，具有较强的重金属吸收能力，可以有效去除水体中的重金属。此外，植物的根系分泌物还可以改变土壤和水体的化学环境，促进重金属的生物可利用性，从而提高去除效率。

4 工业废水中重金属污染综合管控策略

4.1 完善法律法规

当前，中国在环境保护方面已经建立了一定的法律框架，但在具体执行和监管上仍存在漏洞。例如，一些企业可能会因成本考虑而选择不合规的方式处理废水，导致重金属随意排放。因此，政府需要进一步细化和完善相关法律法规，制定更为严格的排放标准，并加大对企业的监察和处罚力度。此外，建立健全环境责任追究机制，确保企业对其排放行为负责，可以有效震慑违规行为。通过法规的完善，不仅能够提高企业对环境保护的重视程度，还能为社会各界提供法律依据，从而形成全社会共同参与治理的良好氛围。

4.2 推广清洁生产

清洁生产不仅关注产品的生产过程，还强调资源的合理利用和废物的减少。在这个过程中，企业可以通过改进工艺、优化生产流程、引入新技术等方式来降低重金属的生成和排放。例如，一些企业在生产过程中引入了先进的废水处理技术，使得重金属的去除率大幅提高。与此同时，政府可以通过政策激励、财政补贴等方式，鼓励企业进行清洁生产

的转型升级，帮助他们在技术和资金上实现突破。通过推广清洁生产，不仅可以降低重金属的排放，还能提升企业的经济效益，实现环境保护与经济发展的双赢。

4.3 加大科研投入

科研的进步为重金属污染的监测、治理和修复提供了技术支撑。目前，虽然已有一些技术可以有效去除废水中的重金属，但在实际应用中仍面临着成本高、效率低等问题。因此，国家应当加大对环境科研的投资，鼓励高校、科研机构和企业联合开展相关研究，推动新技术的开发和应用。此外，建立产学研合作机制，促进科技成果转化，使得先进的处理技术能够更快地在实际生产中应用，从而有效降低工业废水中的重金属含量。通过科研投入的增加，我们能够更深入地了解污染物的特性，开发出更为高效的治理手段。

4.4 增强公众环保意识

公众的环保意识是推动政府、企业和社会共同参与环境保护的重要动力。通过加强环境教育，尤其是在学校和社区中普及环境保护知识，可以使公众更加了解重金属污染的危害及其治理的重要性。此外，媒体的宣传和报道也起到了推动作用，能够引导社会舆论关注这一问题，形成良好的社会氛围。与此同时，政府可以通过组织环保活动、志愿者行动等方式，鼓励公众积极参与到环保行动中来，从而增强他们对环境保护的责任感和参与感。公众的环保意识的提高，不仅可以促进政策的落实，还能推动企业自觉承担环境责任，形成全社会共同推动环境保护的良性循环。

5 结语

总之，治理工业废水中的重金属污染是一项复杂的系统工程，需要政府、企业、公众等各方共同努力。只有从源头控制入手，完善监测预警体系，大力发展治理技术，加强宣传教育，才能最终实现工业废水中重金属污染的有效治理，守护我们赖以生存的青山绿水。

参考文献

- [1] 余程凤,胡旻,徐聪.工业化背景下工业废水中重金属污染的危害与治理研究[J].皮革制作与环保科技,2024,5(9):24-26.
- [2] 潘易,营志亚,俞艺沁.工业用地中土壤重金属污染治理的必要性及治理措施[J].化工管理,2024(2):62-64+75.
- [3] 任宇,曹文庚,肖舜禹,等.重金属在土壤中的分布、危害与治理技术研究进展[J].中国地质,2024,51(1):118-142.
- [4] 唐讯.催化剂生产工业废水中重金属的危害及治理[J].石油化工,2004,33(Z1):1395-1397.
- [5] 王霞.工业废水重金属污染的危害及治理策略分析[J].资源节约与环保,2020,35(9):95-96.