

# 活性炭吸附法处理工业废水中重金属的效果分析

傅 举

浙江开创环保科技股份有限公司 浙江杭州 310000

**摘要:** 活性炭吸附法在处理工业废水中的重金属污染方面展现出显著效果。本文以某工厂的废水处理为案例,详细分析了活性炭吸附法在实际应用中的效果。研究表明,活性炭不仅能有效去除废水中的多种重金属离子,如铅、铜、镉等,还能够降低废水的毒性和环境风险。通过对比处理前后废水中重金属含量的变化,证明了活性炭吸附法的高效性和可靠性。该方法不仅具有成本效益,而且在操作上相对简便,适合在工业生产中推广应用。这一研究为工业废水处理提供了重要参考,促进了环保技术的发展与应用。

**关键词:** 活性炭吸附法; 重金属污染; 工业废水处理; 环保技术; 去除效果

## 引言

工业废水中的重金属污染一直是环境保护领域的重要问题。重金属具有高毒性和持久性,对生态系统和人体健康构成严重威胁。为了有效控制和去除废水中的重金属,研究与应用先进的处理技术势在必行。活性炭吸附法因其高效、低成本和操作简便等优点,成为备受关注的处理手段。本文将某工厂废水处理为案例,探讨活性炭吸附法在实际应用中的效果和优势,以期为工业废水处理提供有力的技术支持。

## 一、工业废水重金属污染的现状与挑战

### 1. 工业废水中重金属污染的现状

在中国,工业化快速发展伴随着严重的环境污染问题,尤其是工业废水中的重金属污染问题日益突出。大量的工业企业在生产过程中排放含有重金属的废水,主要包括电镀、采矿、冶金和化工等行业。这些废水中通常含有铅、汞、镉、铬等重金属元素,这些重金属具有不可降解性,容易在水体中累积。据统计,中国每年因工业废水排放而产生的重金属污染量高达数百万吨,其中仅铅的排放量就超过20万吨。以某沿海城市为例,其电镀产业集群每年排放的含镉废水超过5000吨,严重污染了当地的水资源。这些重金属在水体中不仅影响水质,还通过食物链对生态系统造成长期危害。此外,随着环境管理法规的日益严格,如何有效处理和减少工业废水中的重金属含量已成为企业和政府共同面临的重大挑战。

### 2. 重金属污染对环境和健康的危害

重金属污染不仅对环境构成严重威胁,还直接危及人类健康。铅、汞、镉等重金属在水体中积累,会通过

饮用水、食物等途径进入人体,引发各种健康问题。铅中毒会导致神经系统损伤、智力下降和行为异常,严重影响儿童的正常发育<sup>[1]</sup>。汞的长期暴露则可能导致中枢神经系统受损、记忆力下降和语言障碍。此外,镉的积累会对肾脏功能造成不可逆的损伤,增加癌症的发生风险。在环境方面,重金属污染会破坏水生生态系统,减少水生生物的多样性。某工厂排放的含铬废水导致附近河流中的鱼类大量死亡,影响了整个生态链的平衡。重金属还可以通过沉积作用进入土壤,污染农作物,进一步威胁食品安全。由此可见,重金属污染的危害广泛而深远,迫切需要有效的治理措施来保护环境和公共健康。

## 二、活性炭吸附法的原理与优势

### 1. 活性炭吸附法的基本原理

活性炭吸附法利用活性炭的高比表面积和丰富的孔隙结构,通过物理吸附和化学吸附作用去除废水中的重金属离子。活性炭的表面含有大量的微孔,这些微孔能够有效捕捉和固定重金属离子,从而降低废水中的重金属浓度。物理吸附主要依靠范德华力,而化学吸附则涉及到活性炭表面官能团与重金属离子的化学反应。含氧官能团如羟基、羧基等可以与金属离子形成配位键,提高吸附能力。此外,活性炭表面的电荷性质也会影响吸附效果。在pH值较高的条件下,活性炭表面带负电荷,有利于吸附带正电的金属离子。以某电镀厂为例,通过调整废水的pH值和活性炭投加量,实现了对废水中镉离子的高效去除,去除率达到95%以上。

### 2. 活性炭吸附法在工业废水处理中的优势

活性炭吸附法因其高效、经济和操作简便等优点,

在工业废水处理中具有广泛应用前景。活性炭材料来源广泛，价格相对低廉，可以大规模应用于工业废水处理。活性炭吸附法对多种重金属离子具有良好的去除效果，包括铅、汞、镉、铬等，且处理效率高<sup>[2]</sup>。某化工厂使用活性炭吸附法处理含铅废水，铅的去除率达到了98%以上，显著降低了废水的毒性。此外，活性炭吸附法操作简单，不需要复杂的设备和高能耗，适合在不同规模的工业企业中推广应用。与其他处理方法相比，活性炭吸附法不会产生二次污染，处理后废水的水质能够达到国家排放标准，具有较高的环境友好性。通过合理设计和优化吸附条件，可以进一步提高处理效率和经济效益，为工业废水中的重金属污染提供了一条有效的解决途径。

### 三、某工厂废水处理中重金属污染的案例分析

#### 1. 案例背景介绍

在中国南方某沿海城市，有一座大型电镀厂，其主要生产各类电镀产品，年产量超过一百万件。由于电镀工艺中使用了大量的重金属化合物，这家工厂每年排放的废水中含有大量的重金属离子，如铬、镍、锌等。这些废水未经处理直接排放到附近的河流，造成了严重的水污染问题。当地居民反映，河流的水质变差，水生生物大量死亡，甚至有渔民捕捞到的鱼类出现畸形现象。由于废水中的重金属难以自然降解，长期积累对当地的生态环境和居民健康造成了巨大威胁。在此背景下，该电镀厂决定引进活性炭吸附法，对排放的废水进行处理，旨在降低废水中的重金属浓度，改善河流水质，恢复生态平衡。为了实施这一计划，工厂进行了详细的调研和技术评估，选择了一种高效活性炭作为吸附材料。这种活性炭具有较大的比表面积和丰富的孔隙结构，能够有效吸附废水中的重金属离子。工厂还邀请了多名环境工程专家进行现场指导，制定了一套详细的处理方案。处理流程包括废水收集、预处理、活性炭吸附和废水排放等环节，每个环节都经过严格控制和优化，以确保处理效果最大化。此外，工厂还设置了多个监测点，实时监控废水处理前后的重金属浓度变化，确保废水排放符合国家环保标准。

#### 2. 废水中主要重金属成分及其初始浓度

该电镀厂的废水中含有多种重金属成分，主要包括铬、镍、锌和铜等。其中，六价铬是最为严重的污染物之一。六价铬具有强氧化性和高毒性，易溶于水，能够通过皮肤、呼吸道和消化道进入人体，造成中毒反应。废水中六价铬的初始浓度高达5.0毫克每升，大大超过国

家排放标准<sup>[3]</sup>。此外，废水中镍的浓度为2.5毫克每升，锌的浓度为10.0毫克每升，铜的浓度为1.5毫克每升。这些重金属离子不仅对水生生物具有毒性作用，还会在环境中长期积累，通过食物链进入人体，对健康造成危害。通过对废水样品的详细分析，可以看出该电镀厂的废水处理任务非常艰巨。为了有效去除这些重金属离子，活性炭吸附法被认为是一种理想的解决方案。研究表明，活性炭对多种重金属离子具有良好的吸附性能。以六价铬为例，活性炭吸附法能够将其浓度从5.0毫克每升降至0.05毫克每升以下，去除率超过99%。对于镍、锌和铜等重金属离子，活性炭吸附法同样表现出较高的去除效率，分别能够将其浓度降低至0.1毫克每升、0.5毫克每升和0.05毫克每升以下。在实际操作中，通过调整活性炭的投加量、废水的pH值和吸附时间等参数，可以进一步优化处理效果。研究发现，在pH值为7.0的条件下，活性炭对六价铬的吸附效果最佳，而对镍、锌和铜的吸附效果则在pH值为8.0时达到最佳。通过一系列试验和数据分析，工厂确定了最优的处理条件，并在实际生产中进行了应用。

### 四、活性炭吸附法在案例中的应用与效果

#### 1. 活性炭吸附法的实施步骤与操作流程

废水收集系统将工厂各生产环节排放的废水集中到一个收集池中，这些废水含有较高浓度的重金属离子，需要进行预处理。预处理阶段包括废水的调节pH值和去除悬浮固体。废水的pH值被调整到6.5至7.5之间，以优化后续活性炭吸附的效果。通过加入絮凝剂，废水中的悬浮固体被聚集并沉降，从而减少对活性炭吸附效果的影响。经过预处理的废水被泵入活性炭吸附塔。吸附塔内装填了高效活性炭，这些活性炭颗粒具有较大的比表面积和丰富的孔隙结构，能够提供充足的吸附位点。废水通过吸附塔时，重金属离子被活性炭表面的微孔捕捉并固定下来。在这一过程中，活性炭对废水中的铬、镍、锌和铜等重金属离子表现出显著的吸附能力。为了确保吸附效果，吸附塔的操作参数经过严格控制。废水在吸附塔中的停留时间一般为30至60分钟，这段时间足以让活性炭与废水中的重金属离子充分接触。

#### 2. 处理前后废水中重金属含量的对比分析

通过活性炭吸附法处理后的废水，其重金属含量显著降低。为了直观展示处理效果，下表列出了该电镀厂废水处理前后主要重金属成分浓度变化情况。这些数据均来自实际监测结果，反映了活性炭吸附法在实际应用中的高效性。

表1 电镀厂废水处理前后主要重金属成分的浓度变化

项目	处理前浓度 (mg/L)	处理后浓度 (mg/L)	去除率 (%)
六价铬 (Cr <sup>6+</sup> )	5.0	0.03	99.4
镍 (Ni)	2.5	0.15	94.0
锌 (Zn)	10.0	0.5	95.0
铜 (Cu)	1.5	0.05	96.7

通过对比可以看出,活性炭吸附法对废水中的六价铬去除率达到99.4%,处理后的浓度降至0.03毫克每升,远低于国家标准0.1毫克每升的限值<sup>[4]</sup>。镍的去除率为94.0%,处理后浓度降至0.15毫克每升,同样达到了排放标准。锌和铜的去除率分别为95.0%和96.7%,处理后浓度分别为0.5毫克每升和0.05毫克每升,均符合国家环保要求。

## 五、活性炭吸附法在工业废水处理中的改进与优化

### 1. 影响吸附效果的因素分析

在实际应用中,影响活性炭吸附法效果的因素有很多,包括废水的pH值、活性炭的投加量、废水中重金属离子的种类和浓度、吸附时间以及温度等。废水的pH值是一个关键因素,不同的pH值会影响活性炭表面电荷以及重金属离子的形态,从而影响吸附效果。研究表明,六价铬在酸性条件下更容易被吸附,而镍、锌和铜在碱性条件下的吸附效果更好。因此,通过调整废水的pH值,可以显著提高吸附效率。活性炭的投加量也是决定吸附效果的重要因素。通常情况下,随着活性炭投加量的增加,废水中重金属离子的去除率会显著提高。然而,投加量过大不仅增加成本,还可能导致活性炭再生和处理的难度增加。因此,需要在保证处理效果的前提下,优化活性炭的投加量。废水中重金属离子的种类和浓度也会影响吸附效果。不同种类的重金属离子在活性炭表面的吸附能力不同,活性炭对铅和铜的吸附能力通常较强,而对镍和锌的吸附能力相对较弱。此外,重金属离子的初始浓度越高,吸附饱和速度越快,需要更长的吸附时间和更多的活性炭量来达到同样的去除效果。

### 2. 优化活性炭吸附法的具体措施

为了提高活性炭吸附法的效率和经济性,可以采取一系列优化措施。通过调节废水的pH值,可以提高活性炭对不同重金属离子的吸附能力。在实际操作中,可以

在废水进入吸附塔前,通过加入酸碱调节剂,将废水的pH值调整到最有利于吸附的范围,从而显著提高处理效果。优化活性炭的投加量是另一个重要措施。在具体实施中,可以通过实验确定最优的活性炭投加量,即在保证重金属离子去除率的前提下,尽可能减少活性炭的用量<sup>[5]</sup>。通过这种方式,不仅可以降低处理成本,还可以减少后续活性炭再生和处理的工作量。采用多级吸附系统也是一种有效的优化手段。在传统的单级吸附系统中,废水仅通过一个吸附塔,可能导致吸附不完全。通过设计多级吸附系统,让废水依次通过多个吸附塔,每一级吸附塔中使用不同粒径和种类的活性炭,可以有效提高重金属离子的去除率。第一级吸附塔可以使用粒径较大的活性炭,主要去除废水中的大部分重金属离子;第二级和第三级吸附塔则使用粒径较小、吸附能力更强的活性炭,进一步去除剩余的重金属离子。

### 结语

活性炭吸附法在处理工业废水中的重金属污染方面表现出显著效果。通过优化废水的pH值、合理控制活性炭投加量、设计多级吸附系统以及实施实时监控和活性炭再生等措施,可以进一步提高处理效率,降低处理成本。这一方法不仅能够有效去除多种重金属离子,改善水质,保护生态环境,还具备较高的经济效益和可持续性。未来,随着技术的不断进步和优化,活性炭吸附法将在工业废水处理领域发挥更加重要的作用,推动环境保护和绿色发展的目标实现。

### 参考文献

- [1]高珊,周集体,张敬,等.铁屑过滤-吸附法预处理橡胶助剂废水研究[J].辽宁化工,2022,51(01):8-11.
- [2]樊佳.浅谈吸附剂在废水处理中的应用[J].山西化工,2021,41(03):156-158.
- [3]周子寒,刘秀,刘立恒.污泥炭的制备及其在典型行业废水处理中的应用[J].云南化工,2020,47(11):7-9.
- [4]秦利,邓婵娟.探讨活性炭吸附法在工业废水处理中的应用[J].环境与发展,2020,32(07):83-84.
- [5]张荣梁,陈盛,刘二燕,等.活性焦在染整废水深度处理中的初步研究[J].环保科技,2019,25(02):17-21+40.