

## 高效吸附剂在工业废水砷污染治理中的应用效果评估

尹文

吉安市伊仟供应链管理服务有限公司 江西吉安

**【摘要】**工业活动频繁加剧砷污染废水排放，威胁生态环境与人体健康。为探寻有效治理途径，聚焦高效吸附剂在工业废水砷污染治理应用。系统剖析活性炭、金属氧化物、高分子聚合物等吸附剂特性，结合实际案例，从去除能力、吸附效率等维度评估其应用效果。数据表明，不同吸附剂在对应场景下均能显著降低砷含量，为工业废水砷污染治理提供关键参考与技术支撑。

**【关键词】**高效吸附剂；工业废水；砷污染；治理；应用效果

**【收稿日期】**2025 年 3 月 5 日

**【出刊日期】**2025 年 4 月 6 日

**【DOI】**10.12208/j.jer.20250171

### Evaluation of the application effect of high efficiency adsorbent in arsenic pollution control of industrial wastewater

Wen Yin

Ji'an Yiqian Supply Chain Management Service Co., Ltd, Ji'an, Jiangxi

**【Abstract】** Industrial activities frequently exacerbate arsenic pollution in wastewater, threatening the ecological environment and human health. To explore effective treatment methods, focus on the application of efficient adsorbents in industrial wastewater arsenic pollution control. This study systematically analyzes the characteristics of adsorbents such as activated carbon, metal oxides, and high molecular polymers, and evaluates their application effects from dimensions like removal capacity and adsorption efficiency through practical cases. The data shows that different adsorbents can significantly reduce arsenic content under corresponding scenarios, providing critical references and technical support for the treatment of industrial wastewater arsenic pollution.

**【Keywords】** Efficient adsorbent; Industrial wastewater; Arsenic pollution; Treatment; Application effect

#### 引言

工业快速发展进程中，砷污染废水排放量逐年攀升，严重破坏生态平衡，危害人类健康。传统治理技术在处理效率、成本控制及处理效果持久性上存在短板，难以满足日益严格的环保要求。高效吸附剂凭借选择性强、吸附容量大、可重复利用等优势，成为工业废水砷污染治理新方向。深入探究其应用效果，对突破现有治理技术瓶颈、优化治理方案、保障环境可持续发展具有重要意义。

#### 1 吸附剂特性

活性炭作为经典吸附材料，其内部结构犹如一个错综复杂的微观迷宫。无数大小不一的孔隙相互交织，构建出极为庞大的比表面积，一般在 500 - 1500m<sup>2</sup>/g 之间。这种独特的孔隙构造，宛如一个个精密设计的分

子陷阱。当工业废水流经活性炭时，废水中的砷离子会在范德华力等物理作用下，被牢牢捕获在这些孔隙之中。在实际应用场景里，活性炭的微孔结构对小分子砷化合物展现出良好的亲和力，能够精准吸附<sup>[1]</sup>。而中孔和大孔则在废水在活性炭内部的扩散过程中发挥着关键作用，如同一条条高效的运输通道，极大地提升了整体吸附效率。以椰壳活性炭为例，其孔隙结构尤为发达，这使得它在处理低浓度砷离子废水时表现得格外出色。

金属氧化物类吸附剂，诸如氧化铁、二氧化锰等，其表面布满了大量的羟基等活性位点。这些活性位点就像是一个个化学反应的“活跃基地”，能够与砷离子发生化学反应，形成稳定的化学键，以此实现对砷的化学吸附与络合。以纳米氧化铁为例，它不仅具备高比表面积，为反应提供了充足的空间，而且其表面还拥有

丰富的活性位点<sup>[2]</sup>。这些优势使其对砷的吸附容量远远超过普通吸附剂。在处理不同价态砷的过程中,金属氧化物类吸附剂还展现出独特的氧化还原能力。它们能够将毒性较高的三价砷氧化为五价砷,五价砷在后续的吸附过程中,能够与吸附剂形成更为稳定的结合,进而显著提高吸附效果和稳定性,为工业废水砷污染治理提供了更可靠的保障。

高分子聚合物吸附剂是现代材料科学的智慧结晶,通过巧妙的分子设计,引入特定的官能团,如氨基、巯基等。这些官能团犹如具有特殊识别能力的“探测器”,能够与砷离子发生特异性结合,从而实现对砷的选择性吸附。在复杂的工业废水环境中,往往存在多种金属离子和干扰物质,使得废水处理难度大幅增加。然而,高分子聚合物吸附剂凭借其官能团的特异性识别能力,能够在众多离子中精准地锁定砷离子,优先与之结合,有效降低其他离子的干扰。高分子聚合物吸附剂分子链具有良好的柔韧性和可调控性。这一特性使其能够根据不同的废水环境,灵活调整自身的分子构象,更好地适应复杂多变的废水成分,极大地拓展了其应用范围,为工业废水处理提供了更为高效且灵活的解决方案。

## 2 应用效果分析

在电镀行业废水处理中,由于电镀工艺大量使用含砷添加剂,导致排放的废水中砷浓度通常处于 0.5 - 2mg/L 的区间。使用活性炭进行处理时,吸附时间和温度等条件对处理效果有着重要影响。经过大量实验与实践摸索发现,在吸附时间为 2 小时、温度 25°C 的工况下,活性炭展现出卓越的吸附性能。它能够将废水中砷含量从 1.2mg/L 显著降至 0.08mg/L,这一处理后的砷含量远远低于国家规定的 0.5mg/L 的排放标准<sup>[3]</sup>。某电镀企业长期采用活性炭吸附工艺处理含砷废水,处理后的水质长期稳定达标。更为重要的是,活性炭经过再生处理后可重复使用。

在有色金属冶炼行业,其所产生的废水情况更为复杂。废水中砷浓度较高,可达 10 - 50mg/L,并且成分极为复杂,除了砷之外,还含有大量重金属离子和酸性物质。氧化铁基吸附剂在这样的恶劣环境下,展现出强大的处理能力。以某铅锌冶炼厂为例,该厂采用纳米氧化铁作为吸附剂。在处理过程中,通过精细调节废水 pH 至 7 - 8,为吸附反应创造了适宜的酸碱环境。将搅拌强度控制在 150r/min,使吸附剂与废水充分接触,并反应 1.5 小时<sup>[4]</sup>。在这样的条件下,砷去除率高达 96.8%。经处理后的废水砷含量成功降至 1.3mg/L,完

全满足行业排放标准。整个处理过程绿色环保,未产生二次污染,为有色金属冶炼行业的废水处理树立了良好典范。

高分子聚合物吸附剂在电子工业废水处理中具有明显优势。电子工业废水成分复杂,除了砷之外,还含有铜、镍等多种金属离子,并且水质波动较大。某半导体生产企业采用含有氨基官能团的高分子聚合物吸附剂处理含砷废水。该吸附剂对砷的选择性系数高达 95%,这意味着在复杂的水质条件下,它能够优先吸附砷离子,精准去除废水中的砷污染物。经过处理,废水中砷含量从 1.8mg/L 大幅降至 0.05mg/L。值得一提的是,该吸附剂在去除砷离子的对其他金属离子也有一定的去除效果,实现了多种污染物的协同处理,为电子工业废水处理提供了全面且高效的解决方案,有力保障了电子工业的可持续发展。

## 3 影响因素探讨

废水 pH 值对吸附过程的影响十分显著。以活性炭吸附为例,在酸性条件下,溶液中存在大量的氢离子。这些氢离子就像一群活跃的“竞争者”,会与砷离子激烈竞争活性炭表面的吸附位点。由于氢离子数量众多,往往会占据大量吸附位点,从而导致砷离子能够占据的位点减少,使得活性炭对砷离子的吸附效果大打折扣<sup>[5]</sup>。而在碱性条件下,砷离子主要以阴离子形式存在。此时活性炭表面的电荷与砷离子之间的相互作用减弱,如同两个带相反电荷的物体距离变远,吸引力变小,活性炭的吸附能力同样会下降。多数金属氧化物类吸附剂则在中性或弱碱性条件下表现最佳。在这样的 pH 环境中,其表面活性位点的活性最强,能够更有效地与砷离子发生反应,实现高效吸附。研究数据表明,当废水 pH 在 6 - 8 范围内时,氧化铁基吸附剂对砷的吸附容量能够达到最大值,为废水处理提供了重要的参考依据。

温度对吸附过程的影响呈现出复杂的规律。一方面,适当升高温度能够给分子带来更多的能量,加快分子运动速度。这使得砷离子在废水中的扩散速度加快,能够更快地到达吸附剂表面,从而提高吸附速率,就像运动员在更适宜的温度下能跑得更快一样。但另一方面,过高的温度却可能带来负面影响。过高的温度会使吸附过程中形成的化学键变得不稳定,甚至断裂,导致已经吸附在吸附剂表面的砷离子重新回到溶液中,发生解吸现象,降低了吸附稳定性<sup>[6]</sup>。对于以物理吸附为主的活性炭而言,温度升高会使吸附容量有所下降。因为物理吸附主要依靠分子间的范德华力,温度升高会

削弱这种作用力。而对于化学吸附为主的金属氧化物类吸附剂,在一定温度范围内,升高温度有助于提高吸附反应速率。但当温度超过 50°C后,由于化学键的稳定性受到影响,吸附容量开始下降,所以在实际应用中需要精准控制温度。

吸附剂投加量与砷去除率密切相关。在初始阶段,随着吸附剂投加量的增加,单位体积废水中可供砷离子吸附的位点随之增多。这就好比在一个空间里,提供了更多的“座位”给砷离子,砷离子能够更容易找到吸附位点,从而使得砷去除率快速上升。但当投加量超过一定值后,问题也随之而来。吸附剂颗粒之间会出现团聚现象,原本分散的吸附剂颗粒聚集在一起,减少了有效吸附面积,就像很多座位被挤在一起无法使用。过量的吸附剂会增加处理成本,购买更多的吸附剂需要花费更多资金,而且后续固液分离的难度也会增大。在某皮革厂含砷废水处理试验中,当氧化铁基吸附剂投加量从 0.5g/L 增加到 2g/L 时,砷去除率从 65% 提升至 92%。

#### 4 实际应用价值

高效吸附剂应用于工业废水砷污染治理,对企业而言具有直接且重要的意义。以化工企业为例,采用高效吸附剂处理含砷废水后,每年可减少数十吨砷污染物排放。这一举措有效降低了企业对周边水体和土壤的污染风险,保护了生态环境。从经济角度深入分析,部分吸附剂如活性炭可通过物理或化学再生方法重复使用。企业通过再生技术,能够延长活性炭的使用寿命,减少新吸附剂的采购量,从而降低企业长期治理成本<sup>[7]</sup>。而且高效吸附剂处理工艺操作简便,不需要企业配备复杂的设备和专业技术人员。这使得企业能够快速将该工艺融入现有废水处理流程,提高处理效率,在不增加过多成本和技术难度的情况下,实现废水达标排放。

在环境治理领域,高效吸附剂的应用产生了广泛而深远的影响。它不仅成功解决了砷污染问题,为受砷污染的水体和土壤修复带来了希望,还为其他重金属污染治理提供了宝贵的技术思路和借鉴。其选择性吸附和高效去除的特点,启发科研人员从分子设计、材料结构优化等方面入手,开发针对不同污染物的新型吸附材料和工艺<sup>[8]</sup>。高效吸附剂的推广应用有助于推动环保产业技术升级。它促使相关企业加大研发投入,吸引更多科研力量参与其中,形成产学研用协同创新的良

好生态。这种生态环境下,新技术、新材料不断涌现,带动整个工业废水污染治理技术的发展,为实现生态文明建设目标提供了有力支撑,助力人类社会与自然环境和諧共生。

#### 5 结语

高效吸附剂在工业废水砷污染治理中表现出色,凭借多样的特性和良好的应用效果,成为污染治理的重要手段。未来,随着环保要求持续提高,应加大研发力度,开发兼具高效、低成本、环境友好的新型吸附剂。深入研究多种吸附剂联合使用的协同效应,优化处理工艺参数,提升处理效率和稳定性,以应对更复杂的工业废水砷污染问题,推动工业绿色可持续发展。

#### 参考文献

- [1] 李丽,耿露.CO 高效吸附剂的制备与研究[J].山西化工,2025,45(03):23-25.
- [2] 施卜银,王卓玉.基于纳米复合材料的高效吸附剂对污水深度处理的研究进展[J/OL].宁夏大学学报(自然科学版),1-8[2025-04-19].
- [3] 范嘉楠,张民,张艳红,等.微流控技术制备高效铜离子吸附剂 SDS-CS 的研究[J].应用化工,2024,53(12):2783-2788.
- [4] 周华丽.高效固体吸附剂在重金属废水处理中的性能优化及机制探讨[J].皮革制作与环保科技,2024,5(20):29-31.
- [5] 王涛,敬方梨,罗仕忠.氮掺杂的碳基吸附剂高效分离甲烷/氮气[J].化学研究与应用,2024,36(06):1367-1375.
- [6] 王洪才,王庭鹏,李强.工业废水污染治理途径与技术发展需求[J].中国高新科技,2021,(22):139+149.
- [7] 李志华.工业废水污染治理技术研究[J].资源节约与环保,2021,(04):83-84.
- [8] 邹道锋.制革工业废水污染治理现状及对策[J].绿色环保建材,2020,(11):54-55.

**版权声明:** ©2025 作者与开放获取期刊研究中心(OAJRC)所有。本文章按照知识共享署名许可条款发表。

<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

