

电化学在有效去除污水中有机污染物的研究

陈希

天津市海跃水处理高科技有限公司

DOI:10.12238/eep.v6i6.1857

[摘要] 本文旨在探讨电化学方法在污水处理中去除有机污染物的研究进展,分析电化学方法在有机污染物去除中的优势和应用前景。首先介绍了有机污染物对环境 and 人体健康的危害,以及目前常见的污水处理方法存在的局限性。然后详细探讨了电化学方法在有机污染物去除中的原理和技术特点,包括阳极氧化、电化学氧化、电催化还原等关键技术。接着总结了电化学方法在污水有机物处理中的应用现状,并对其未来发展趋势进行了展望。最后,针对电化学方法在污水有机物处理中的问题和挑战。

[关键词] 电化学方法; 污水处理; 有机污染物; 电化学氧化; 电催化还原

中图分类号: U664.9+2 **文献标识码:** A

Research on Electrochemistry in Effectively Removing Organic Pollutants from Wastewater

Xi Chen

Tianjin Haiyue Water Treatment High tech Co., Ltd

[Abstract] This article aims to explore the research progress of electrochemical methods in the removal of organic pollutants in wastewater treatment, and analyze the advantages and application prospects of electrochemical methods in the removal of organic pollutants. Firstly, the harm of organic pollutants to the environment and human health was introduced, as well as the limitations of commonly used sewage treatment methods. Then, the principles and technical characteristics of electrochemical methods in the removal of organic pollutants were discussed in detail, including key technologies such as anodic oxidation, electrochemical oxidation, and electrocatalytic reduction. Then, the current application status of electrochemical methods in wastewater treatment was summarized, and the future development trends were discussed. Finally, regarding the issues and challenges of electrochemical methods in wastewater treatment.

[Key words] electrochemical methods; Sewage treatment; Organic pollutants; Electrochemical oxidation; Electrocatalytic reduction

引言

随着工业化和城市化进程的加快,污水中有机污染物的排放量不断增加,给环境和人类健康带来严重威胁。传统的污水处理方法在去除有机污染物方面存在着效率低、产生二次污染等问题。因此,寻求一种高效、环保的污水处理技术显得尤为重要。电化学方法作为一种新型的污水处理技术,具有操作简便、能耗低、无需添加化学药剂等优势,受到了广泛关注。本文将系统讨论电化学方法在污水处理中去除有机污染物的研究现状及未来发展趋势,旨在为相关研究提供参考和借鉴。

1 电化学方法在有机污染物去除中的原理和技术特点

1.1 有机污染物的危害与传统污水处理方法的局限性
有机污染物是指在自然环境中无法迅速分解的化学物质,

如苯、甲苯、氯苯等。这些有机污染物对环境 and 人类健康带来巨大威胁,如致癌、致突变、毒性等。当前传统的污水处理方法包括物理、化学和生物处理,虽然可以去除一部分有机污染物,但仍存在不足。物理方法只能去除一部分有机物,而不适用于难以分离或溶解的有机物;化学方法容易产生二次污染且成本高;生物处理需要较长的时间,无法在短时间内去除高浓度的有机物^[1]。因此,寻找一种高效、环保的污水处理技术显得尤为重要,而电化学方法作为一种新型的污水处理技术,正在逐渐发展和应用。

1.2 电化学方法在有机污染物去除中的原理

电化学方法利用电化学反应原理,在电极上引入合适的电流,通过阳极氧化、电化学氧化或电催化还原等过程,将有机污染物分解为无害产物或更容易处理的中间产物。在阳极氧化中,

有机物在阳极上氧化成二氧化碳和水; 电化学氧化则通过电流的作用使有机物直接氧化分解; 电催化还原则是利用电极上的催化剂促进有机物的还原反应。这些原理的运用使得电化学方法在有机污染物去除中具有较高的效率和特异性。

1.3 电化学方法的技术特点与优势

电化学方法作为一种污水处理技术, 具有许多独特的技术特点和显著的优势。首先, 电化学方法具有高效性。通过电化学反应, 可以在短时间内将有机污染物转化为无害物质, 从而实现快速去除。这种高效性使得电化学方法能够适用于处理高浓度、难降解的有机污染物。其次, 电化学方法具有广泛的适用性。不同于传统的物理化学方法, 电化学方法可针对不同种类的有机污染物进行处理。这种广泛的适用性使得电化学方法在处理复杂废水中的有机污染物时表现出了巨大的潜力。此外, 电化学方法具有环境友好性。相比传统的化学氧化方法, 电化学方法往往采用的是直接电化学反应, 无需添加过多的化学试剂, 从而减少了二次污染的风险。同时, 电化学方法还可以通过调节电流密度、电极材料等参数来实现能耗的优化, 降低处理过程对能源的需求, 减少环境压力。

2 电化学方法在污水有机物处理中的应用现状

2.1 阳极氧化技术在有机污染物去除中的应用

阳极氧化技术是一种电化学方法, 通过在阳极氧化反应中产生的高氧化态氧化剂, 对有机污染物进行氧化降解。该技术具有高效、广泛的适用性、环境友好等优点, 因此在有机污染物去除中得到了广泛的应用。首先, 阳极氧化技术可以去除各种类型的有机污染物。无论是难降解的有机酸、酚类物质还是有机染料等, 都可以在阳极氧化反应中被有效地去除。实验研究表明, 阳极氧化技术对于高浓度、难降解的有机污染物也能够实现高效去除^[2]。其次, 阳极氧化技术具有高效性和速度快的特点。阳极氧化反应中, 通过在阳极表面产生的氧化剂(如 $\cdot\text{OH}$) 对有机污染物进行强氧化降解, 使得有机污染物分子快速裂解, 在短时间内实现高效去除。

2.2 电化学氧化技术在有机污染物去除中的应用

电化学氧化技术是一种基于电化学反应原理的污水处理方法, 广泛应用于有机污染物的去除。它通过在适当的电极间施加电流, 利用氧化剂产生的氧化电位将有机污染物转化为无害的产物或中间产物。在电化学氧化过程中, 阳极通常采用氧化性电极材料如金属氧化物或导电碳材料, 而阴极则通常采用惰性材料如铂。通过施加电流, 阳极上形成的氧化剂(如氢氧根离子、高价氧化物等) 与有机污染物发生反应, 引发氧化过程。这些氧化剂能够氧化有机物中的化学键, 将其分解为小分子或离子, 进而实现有机污染物的去除和降解。电化学氧化技术具有许多优势。首先, 它能够高效地去除各种类型的有机污染物, 无论是难降解的有机物还是有毒有害的有机化合物。其次, 该技术操作简便, 适用于不同规模的污水处理设备, 并且对于多种废水负荷和浓度变化较为稳定^[3]。

2.3 电催化还原技术在有机污染物去除中的应用

电催化还原技术是一种利用电流驱动的化学还原反应来降解有机污染物的方法。该技术具有高效、选择性好、操作简便等优点, 在有机污染物去除中得到了广泛的应用。首先, 电催化还原技术能够实现多种有机污染物的高效去除。通过调节电极材料、电流密度和反应条件等参数, 可以针对不同类型的有机污染物实现高效还原降解, 包括酚类、重金属离子、氯代有机物等。其次, 电催化还原技术具有良好的选择性和反应效率。在适当的电位条件下, 电催化还原可以实现对目标有机污染物的选择性还原, 避免了对环境的不必要影响, 同时具有较高的反应效率和转化率。

3 电化学方法在污水有机物处理中的未来发展趋势

3.1 电化学方法在工业废水处理中的应用前景

电化学方法作为一种高效、环保的污水处理技术, 具有广阔的应用前景。在工业废水处理中, 电化学方法已经被证明是一种有效的去除有机污染物和重金属离子的方法。首先, 电化学氧化技术可以高效去除各种类型的有机污染物, 包括难降解的有机物和有毒有害的有机化合物。这种技术对于处理不同规模、不同产业的工业废水有着广泛的适用性, 并且能够有效提高水体质量和保护环境。其次, 电化学沉积技术是一种有效的重金属离子去除方法, 比如镉、铬、铅等有毒重金属离子可以通过电化学沉积技术被降解成无害的金属元素或者沉淀物。此外, 电化学技术还可以用于处理含氨废水和含氟废水等特殊工况废水, 具有较好的处理效果。

3.2 新型电化学材料在有机污染物去除中的研究进展

新型电化学材料在有机污染物去除中的研究进展已经取得了显著的成果。这些新型材料在电化学反应过程中具有更优异的催化性能和稳定性, 为提高有机污染物去除效率和降低能耗提供了新的可能性。一类新型电化学材料是基于金属氧化物的催化电极材料, 如二氧化锆、二氧化钛、氧化铁等。这些材料具有较高的导电性、催化活性和化学稳定性, 能够有效地催化有机污染物的氧化降解。同时, 通过调控材料的结构和形貌, 可以进一步增强材料的催化性能和电化学反应动力学, 提高有机污染物的去除效率。另一类新型电化学材料是基于碳材料的催化电极材料, 如碳纳米管、石墨烯、多孔碳等^[4]。这些碳材料具有高比表面积、化学稳定性和导电性, 能够提供丰富的活性位点和较大的电极反应界面, 促进有机污染物的吸附和催化氧化。此外, 通过调控碳材料的结构和表面官能团, 可以优化其吸附和催化性能, 提高有机污染物的去除效率。

3.3 电化学方法与其他污水处理技术的结合与创新

在污水处理领域, 电化学方法与其他污水处理技术的结合和创新呈现出巨大潜力。首先, 电化学方法可以与生物技术相结合, 形成电化学生物反应器, 以加强有机污染物的降解效果。电化学生物反应器将电化学氧化或还原与微生物降解过程相结合, 可以提高降解效率, 并能应对复杂的废水组分。其次, 电化学方法与化学氧化技术的结合也是一种创新。常见的化学氧化技术如高级氧化过程(例如Fenton、光催化等), 可以与电化学氧化技

术相结合,形成电化学-化学氧化联合系统。这种联合系统能够充分利用电化学方法的高电化学活性和化学氧化方法的高氧化能力,有效地降解有机污染物。

4 电化学方法在污水有机物处理中的问题与挑战

4.1 电化学方法的成本与可持续性问题

电化学方法在有机污染物处理中具有许多优点,但其成本和可持续性问题也需要引起重视。首先,电化学方法需要高纯度的电极材料和电解质,其制备和处理过程需要耗费大量的能源和资源,导致成本较高。此外,电化学方法还需要较高的电压和电流密度,从而导致能耗较大。其次,电化学方法的可持续性也需要考虑。在电化学氧化过程中,电极表面产生的氧化物会对环境产生一定的影响,如产生有机物和重金属离子等。此外,电解质的选择和再生问题也是电化学方法可持续性的关键问题。

为解决电化学方法的成本和可持续性问题,需要进行技术创新和经济分析。一方面,可以通过研究新型电极材料或改进电解质的性能来提高电化学方法的效率和可持续性。另一方面,还需要进行经济评估和成本分析,以确定电化学方法的实际应用效果和经济可行性。

4.2 电化学方法的工程应用与实际推广的难点

电化学方法作为一种有机污染物去除的技术,具有许多潜在的工程应用和实际推广的难点。首先,电化学方法在工程应用中需要考虑规模化和稳定性的问题。在实际处理过程中,需要将实验室中的研究成果转化为大规模的工程应用^[5]。这涉及到设计和构建适合工业规模的电极系统、电解槽和电源等设备。同时,还需要考虑电化学反应的稳定性,确保长时间运行时能够维持良好的反应效果。其次,电化学方法的应用还面临着成本和能耗的挑战。一方面,电化学方法需要消耗大量的电能,因此需要寻找节能降耗的方式,如优化电极材料和反应条件,提高电化学反应的效率。另一方面,电化学方法的设备和材料成本较高,需要通过技术创新和产业链的发展来降低成本,使其更具经济可行性。

4.3 电化学方法在大规模污水处理中的技术难题

电化学方法在大规模污水处理中面临一些技术难题。首先,电化学方法在大规模污水处理中需要应对高流量和高浓度的挑

战。大规模污水处理厂通常处理大量的废水,而电化学方法需要在较短的时间内高效地处理这些废水。此外,由于污水中有机的浓度通常较高,电化学反应需要能够有效地处理高浓度的有机污染物,而不会导致反应效果的降低或电极表面的污染。其次,电化学方法在大规模污水处理中需要解决电极的耐久性问题。由于电化学反应通常需要在较长时间内进行,电极表面会受到物理、化学和电化学反应的影响,导致电极性能的降低或电极的寿命减少。因此,需要研究和开发具有优良耐久性的电极材料,并设计适合大规模应用的电极结构和电极配置。

5 总结

本文介绍了电化学方法在污水处理中去除有机污染物的研究进展,分析了其在有机污染物去除中的优势和应用前景。首先介绍了有机污染物对环境和人体健康的危害,以及目前常见的污水处理方法存在的局限性。然后详细探讨了电化学方法在有机污染物去除中的原理和技术特点,包括阳极氧化、电化学氧化、电催化还原等关键技术。接着总结了电化学方法在污水有机物处理中的应用现状,并对其未来发展趋势进行了展望。最后,针对电化学方法在污水有机物处理中的问题与挑战,提出了进一步研究的方向和建议。电化学方法作为一种新型的污水有机物处理技术,具有操作简便、能耗低、无需添加化学药剂等优势,在实际应用中具有广阔的前景和市场前景。

[参考文献]

- [1]叶永梅,蔡河山,杨富国.电化学方法处理分散大红HF-BF模拟染料废水的研究[J].佛山科学技术学院学报(自然科学版),2015,33(03):48-51.
- [2]高耀寰,王勇,艾珂宇.煤化工废水来源及电化学方法在处理煤化工废水中的应用[J].应用化工,2023,52(3):801-809+814.
- [3]杨虹燕,齐高相,王建辉.废水中难降解污染物电化学处理技术研究进展[J].应用化工,2020,49(03):681-686.
- [4]彭定华,张辉,马雪菲.基于减污降碳和水质目标约束下的黄河兰州段城区污水处理厂出水排放限值研究[J/OL].环境科学研究:1-13[2023-11-28].
- [5]贺德春,郑密密,黄伟.污水处理过程中典型PPCPs的污染特征及降解转化研究进展[J/OL].环境科学:1-20[2023-11-28].