

Discussion and Research on Improving the Utilization Ratio of Ozone in Advanced Wastewater Treatment

Zhongchun Zhang¹ Ming Xuan¹ Deping Guo² Chaojie Zhang³

1.Qingdao Guolin Environmental Protection Technology Co., Ltd., Qingdao, Shandong, 266032, China

2.Yishui County Branch of Linyi Ecological Bureau, Linyi, Shandong, 276400, China

3.Shandong Detianjiu Environmental Protection Technology Co., Ltd., Jinan, Shandong, 250200, China

Abstract

In recent years, the treatment of wastewater by ozone oxidation technology as a new environmental protection method has attracted the attention of all walks of life and even the international community. Because of its instability, ozone is a strong oxidant that is more oxidizing than oxygen, and has the ability to oxidize a variety of organic and inorganic substances. Ozone can effectively and deeply treat various types of wastewater without causing secondary pollution and secondary hazardous solid waste, so this technology is widely used in the field of sewage treatment. However, this technology has been found to have many problems in the actual sewage treatment practice. The paper focuses on how to improve the utilization rate of ozone technology in advanced sewage treatment, and gives examples of several economical and efficient methods that currently exist.

Keywords

ozone oxidation technology; utilization rate; combined with technology

关于提高臭氧在污水深度处理中利用率的探讨研究

张仲春¹ 玄明¹ 郭德萍² 张朝杰³

1. 青岛国林环保科技股份有限公司, 中国·山东 青岛 266032

2. 临沂市生态环境局沂水县分局, 中国·山东 临沂 276400

3. 山东得天久环保科技有限公司, 中国·山东 济南 250200

摘 要

近年来, 臭氧氧化技术处理废水作为一种新型环保的方法得到了社会各界乃至国际的关注。臭氧因其不稳定性, 所以是一种比氧更具有氧化性的强氧化剂, 具有氧化多种有机物和无机物的能力。臭氧能有效深度地处理各类废水并且不引起二次污染, 产生二次危险固废, 所以这项技术在污水处理领域得到广泛应用。然而, 这项技术在实际的污水处理实践中被发现存在许多问题, 论文围绕如何提高臭氧技术在污水深度处理中的利用率进行研讨, 例举了目前存在的几种比较经济高效的方法。

关键词

臭氧氧化技术; 利用率; 结合技术

1 引言

溯源臭氧技术净水, 早在 20 世纪就有学者进行实践研究, 然而当时生产臭氧的技术未得到充分发展, 导致该项技术的成本过高而被搁置。随着现代科技的发展, 现在的臭氧生产技术已使得臭氧的价格较低, 制作简易, 因此这项技术又被重新提议用于污水处理当中。

2 臭氧氧化法在水处理中的机制

臭氧氧化技术是一种能深度并且有效地处理化工废水的方法。臭氧氧化技术主要的作用机制大致可概括为以下

几点:

第一, 将空气泵入变压吸附空分制氧装置, 去除二氧化碳、氮气等杂质生成纯氧。

第二, 利用高速带电粒子轰击纯氧使其变为氧原子进一步生成臭氧。

第三, 将臭氧与污水接触以去除与发生氧化反应生成的小分子物质, 完成初步净化处理。

第四, 将经过初步净化处理后的污水再经过过滤、微生物降解一系列操作后形成中水。

3 臭氧技术在工业废水处理中的应用

臭氧氧化技术在处理各类化工废水方面有着很大作用, 如医药废水、印染废水、含酚废水、垃圾滤渗液等。

【作者简介】张仲春 (1982-), 男, 中国山东莱阳人, 本科, 环保工程中级工程师, 从事臭氧行业工艺应用研究。

3.1 医药废水的处理

医药废水不仅有害物质含量较高，同时还存在大量微生物、病原菌等，所以仅靠物理化学方法处理成本较高除污效果不理想。因此，可以先进行预处理，然后臭氧氧化技术消毒，最后再进行生物处理，这样能提高医药废水的处理效率。

3.2 对垃圾滤渗液的处理

垃圾滤渗液是一种污染性极强，污染物含量极高的有机废水，其中污染物高达 77 余种，包括促癌物、致癌物、重金属等。垃圾滤渗液若不处理直接排放会对周围生态环境、地下水以及生物都有极大的污染。目前，较受欢迎的一种处理方法就是氧化还原法，此法利用臭氧等强氧化剂在氧化还原反应中将有毒有害物质转变为无毒无害的物质。

3.3 对含酚废水的处理

含酚废水含有酚基化合物，有很强毒性，对水环境的保护有着严重的阻碍作用。有研究表明，臭氧—活性炭法能比较有效地除酚。

3.4 印染废水的处理

常见的印染废水色度大体积大污染物复杂且量大，是国内外仍待解决的难题之一。臭氧氧化技术借助臭氧分子的氧化还原作用，破坏染料共轭体系，从而提高废水的可生化性^[1]。此外，除了臭氧氧化法以外，其他国家还重点研究了光氧化方面。利用紫外线和臭氧氧化法结合，能够更高效地除污除色。

4 臭氧技术在污水处理方面的优势和缺点

对比传统的污水处理方法，臭氧氧化技术在处理污水方面的优势数不胜数。首先，臭氧不仅具有很强的杀菌、消毒性质，而且具有极高的氧化有机物、无机物的能力，能够去除其他污水处理工艺难以去除的物质，如臭氧氧化法大大减少了污水处理后所产生的污泥。其次，臭氧的反应完全、速度快，从而可以减小建筑物体积，有效解决传统污水处理厂占地面积大的缺点减少成本。最后，臭氧氧化工艺设备自动化程度高，且反应中不产生二次危险固废，多余的臭氧还能迅速转换成氧气溶于水，增加水中含氧量，实现废水向肥水的有效转变。最后在提高净化效果、杀菌、消毒的同时，可以除臭除味，并且制备臭氧用的电和空气不必储存和运输，适合有水厂的地区提高水质和水量^[2]。

然而，传统污水处理厂存在的缺点臭氧氧化技术也同样存在，对比传统污水处理厂大面积铺设管道，维护基础设施成本远远大于收益、污水处理效率不高来说，臭氧氧化技术也存在臭氧发生器的运行维护成本较高，臭氧利用率低并且臭氧氧化的反应具有一定的选择性氧化反应不彻底等一系列问题。因此，如何在臭氧技术处理污水中提高利用率和降低成本便成为了改进臭氧氧化技术的核心问题。目前，在提高臭氧在污水深度处理中利用率方面一般将臭氧技术与

其他技术相结合，如当前应用广泛的臭氧超声法、臭氧活性污泥法、臭氧活性炭吸附法、光催化臭氧法等。

5 臭氧结合其他技术在污水处理方面的应用

5.1 臭氧超声法

超声法降解作为现代工业废水降解处理的方法之一，已然成为一种新型降解手段，其空化降解环境条件相对温和，降解反应速率快，适用范围广，可有效地降解工业废水过程中的难溶和难降解有机物和污染物，但是使用成本也同样高昂。其与臭氧氧化法相互结合，借助臭氧超声空化化学效应以及其作用产生的有机物化作物可用来有效强化废水的化学分解，能减少 50% 臭氧的投放增，节能高效，降低生产成本，运行稳定，操作方便。

5.2 臭氧活性污泥法

臭氧活性污泥方法一般来说是指首先用活性污泥法来去除大部分有机酚、氰等多种污染物，然后用一种臭氧活性污泥法进行分解去除污水土壤中的有机胺、木质素、腐殖质、烷基、蛋白质、氨基酸、杂质和环状有机化合物以及其他不饱和有机化合物等多种污染物。此法也可降低臭氧用量降低耗能，比较经济（见图 1）。

深度处理 方法	土建投资/ 万元	设备投资/ 万元	运行成本/ (元·t ⁻¹)	运行 稳定性
臭氧氧化法	36	580	2.025	一般
臭氧-H ₂ O ₂ 高级氧化法	48	390	2.475	一般
臭氧-活性 污泥法	180	200	1.650	高

图 1 三种深度处理方法成本比较

5.3 臭氧活性炭吸附法

臭氧活性炭吸附工艺是将臭氧氧化与颗粒活性炭物理吸附及生物氧化降解技术三位一体结合的工艺。由于活性炭孔隙较多、表面积大、价格低廉，因此常常被用于污水净化，由活性炭为主要成分发展而来的生物活性炭法虽然能比较有效地治理污水，但是某些小分子物质不能有效深层净化，因此将臭氧氧化法和活性炭相结合发展而来的臭氧活性炭吸附法是能够结合两种方法所长的。污水经由臭氧预氧化，可以先将大分子有机物分解成分子量小极性强的的小分子有机物，使其具备更好的可生化性，同时也利于活性炭生物的降解，增加活性炭使用寿命。这种方法能更好地有效吸收 COD、酚、氰等有害物质，达到性价比更高的污水处理效果（见图 2）。

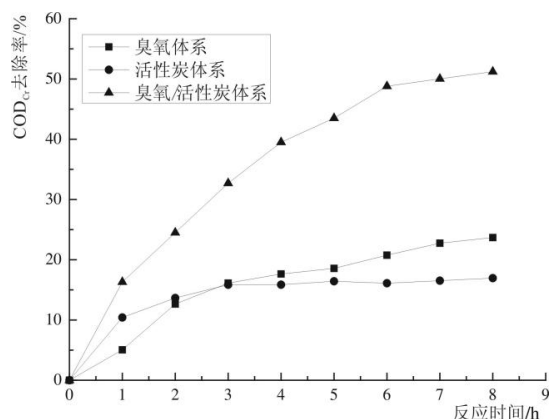


图2 不同反应体系下废水 CODCr 去除效率

5.4 光催化臭氧法

光催化臭氧法,也称臭氧紫外线法,是一种在臭氧氧化法中加以紫外线照射的方法。通过吸收紫外线将臭氧分解而成为活泼的次生有机氧化剂并用来迅速氧化其他有机物、无机物^[3]。这种臭氧工艺工作机理目前主要有两种说法解释:一种说法是当臭氧被较强紫外线照射时,它会产生一个游离氧自由基然后与臭氧水合物发生氧化反应;而另一种说法则是臭氧—紫外线过程中先产生过氧化氢,然后在紫外线的照射下进一步生成羟基。这两种理论的真实性仍有待确认,但是毫无疑问的是臭氧紫外线法可以显著加快有机物的降解。有研究表明,光催化臭氧技术反应 3h 后,废水

中 COD 去除率达到 95%,氨氮去除率 70%;在停留 2h 后, COD 值明显低于 30mg/L,此时一吨水处理成本为 2.56 元。紫外线照射起着促进污染物的臭氧分解,加快臭氧对过氧化反应速度的控制作用,从而大大缩短臭氧反应时间,臭氧的利用率大幅度提升,增加了经济效益。

6 结语

总而言之,臭氧技术的研究也有百年之久,在污水处理方面也被广泛研究。目前,在欧洲部分国家已经在排水、治水中投入使用,而在中国并没有大面积全面使用,归根结底还是运行费用过高,臭氧利用率过低造成的。但是随着中国经济科技的不断发展,总有一天能够广泛使用臭氧氧化技术治理污水,为我们带来更加健康清洁的环境。“绿水青山就是金山银山”,环境保护也不仅仅靠治理污水,同时也要我们从源头上减少污染,发展新型清洁能源,提高生产效率和环保意识,这样才能为我们自己提供更好的生存环境和为我们的子孙后代留下一个健康美丽的家园。

参考文献

- [1] 刘仲明,陈伟兴,封伟,等.臭氧高级氧化技术在废水处理中的研究进展[J].染料与染色,2021,58(4):57-61+54.
- [2] 叶杨.臭氧氧化技术在水处理中的应用[J].资源节约与环保,2019(10):103.
- [3] 李婷,万新南.臭氧氧化法及其联合技术在废水处理中的应用[J].广东微量元素科学,2006(11):14-18.
- [6] Zhou K, Martin-Perez B, Lounis Z. Finite element analysis of corrosion-induced cracking, spalling and delamination of RC bridge decks[C]//Proceedings of the 1st Canadian Conference on Effective Design of Structures. Hamilton, Ontario, Canada, 2005:187-196.
- [7] Val D V, Chernin L, Stewart M G. Experimental and numerical investigation of corrosion-induced cover cracking in reinforced concrete structures[J]. Journal of Structural Engineering, ASCE, 2009,135(4):376-385.
- [8] Saouma V E, Chang S Y. Numerical simulation of reinforced concrete deterioration due to steel corrosion, freezing-thawing and mechanical load effects[C]//Proceedings of the 3rd IABMAS Workshop on Life-Cycle Cost Analysis and Design of Civil Infrastructures Systems. Lausanne, Switzerland, 2003:102-107.
- [9] Hansen E J, Saouma V E. Numerical simulation of reinforced concrete deterioration: part II -steel corrosion and concrete cracking[J]. ACI Material Journal, 1999,96(3):331-338.
- [10] Shaikh F, Uddin A, Mohamed M, et al. Cover cracking of reinforced concrete beams due to corrosion of steel[J]. ACI Materials Journal, 2007,104(2):153-161.
- [11] Du Y G, Chan A H C, Clark L A. Finite element analysis of the effects of radial expansion of eroded reinforcement[J]. Computers and Structures, 2006,84(13/14):917-929.
- [12] Jang B S, Oh B H. Effects of non-uniform corrosion on the cracking and service life of reinforced concrete structures[J]. Cement and Concrete Research, 2010,40(9):1441-1450.
- [13] 夏宁,任青文.混凝土中钢筋不均匀锈胀的数值模拟及锈蚀产物量的预测[J].水利学报,2006,37(1):70-74.
- [14] Zhao Y X, Hu B Y, Jin W L. Non-uniform distribution of rust layer around steel bar in concrete[J]. Corrosion Science, 2011,53(12):4300-4308.
- [15] Zhao Y X, Karimi A R, Wong H S, et al. Comparison of uniform and non-uniform corrosion induced damage in reinforced concrete based on a Gaussian description of the corrosion layer[J]. Corrosion Science, 2011,53(9):2803-2814.