

臭氧-陶粒一元化系统去除水中 微污染有机物的研究

于秀娟¹, 刘玉², 张熙琳¹, 王宝贞¹

(1. 哈尔滨建筑大学 市政环境工程学院, 黑龙江 哈尔滨 150090; 2. 河南省开封供水总公司, 河南 开封 475000)

摘要: 在臭氧化反应柱内填装陶粒滤料, 组成了臭氧-陶粒一元化水处理系统, 研究结果表明该系统对 COD_{Mn}、色度、浊度有较好的去除效果, 与单独臭氧化反应柱的净化结果相比, 一元化系统对浊度的去除效果明显。臭氧-陶粒一元化系统去除微污染有机物是臭氧的氧化作用、陶粒的吸附截留作用以及陶粒表面好氧微生物的生物降解作用共同完成的。

关键词: 臭氧化; 陶粒; 有机微污染物; 水处理

中图分类号: TU991.2 **文献标识码:** A

Study on micro-organic pollutant removal from water by the ozonation-ceramist unified unit

YU Xiu-juan¹, LIU Yu², ZHANG Xi-lin¹, WANG Bao-zhen¹

(1. School of Municipal & Environmental Engineering, Harbin Univ. of Civil Eng. & Arch., Harbin 150090, China; 2. Kaifeng Water Supply Head Company of Henan, Kaifeng 475000, China)

Abstract: The filtrate ceramists were filled in the ozonation unit. The ozone-ceramists unified unit was used to purify water. The results show that this unit could reduce effectively COD_{Mn}, colourity and turbidity. Compared with the experiment results of the ozonation, the turbidity removal by the unified unit was obviously. The removal of micro-organic pollutants in water by the ozone-ceramists unified unit were completed by way of the ozonation, filtration of ceramists and degradation of the microorganisms at the surface of ceramists.

Key words: ozonation; ceramists; micro-organic pollutants; water treatment

0 引言

随着经济的发展和人民生活水平的提高, 污染物排放量急剧增加, 使水体受到严重污染。水源水中含有的有机物来源于自然界和人类活动, 在进入水处理厂前它们已经历了生命或非生命的转化, 它们的含量虽然很少, 但能导致饮用水源和饮用水水质下降, 因此与人类健康密切相关。在饮用水中越来越多的有机污染物被检测出来^[1], 引起了人们对饮用水水质的重视, 并广泛开展了饮用水除污染新技术的试验研究。研究表明, 氧化与吸附技术是饮用水深度净化的有效方法。目前, 国内外基本有三种典型的净化系统^[2], 第一种是以美国为代表的活性炭除污染系统; 第二种是以法国为代表的臭氧氧化除污染系统; 第三种是以德国为代表的臭氧氧化与活性炭吸附相结合的除污染系统, 该方法称为臭氧-生物活性炭法, 是处理受污染水源水技术上最有效并且经济上可行的处理系统。臭氧是一种强氧化剂, 在饮用水深度净化和给水处理的预处理等方面得到了广泛应用^[3-5]。从理论上讲, 臭氧可以将有机物氧化降解, 最

收稿日期: 1998-05-25

作者简介: 于秀娟(1965-), 女, 哈尔滨建筑大学副教授。

终形成二氧化碳和水，但是这样需要消耗大量臭氧，很不经济，在饮用水处理的实际应用中，通常采用低投量(1~3mg/L)的臭氧化处理，水中有机物只有一小部分转化为 CO₂ 和 H₂O，其余则降解为多种中间产物，在后续的吸附、过滤、沉淀和生物处理等过程中除去。在臭氧-生物活性炭工艺中，臭氧化出水除含有大量的有机物外，还保留一定的色度和浊度，因此后续的生物活性炭处理段的负荷较大，必将影响生物活性炭的使用寿命，增加生物活性炭处理再生的费用。本文考察了在臭氧化反应柱中添加陶粒滤料，即组成臭氧-陶粒一元化反应柱，目的是增强臭氧化阶段臭氧的利用率和去除有机物包括色度和浊度的能力，以减轻后续处理段的负荷。陶粒是一种新开发的净水滤料，具有比表面积大、化学稳定性好、不含对人体有害成分和具有较高的机械强度等优点，清华大学已经将陶粒应用于微污染水源水净化研究中^[6]。

1 试验方法

1.1 试验装置

装置包括两根有机玻璃柱，内径 10cm、高 2.0m，其中一根填装陶粒(粒径 2~4mm)，高度为 1.0m，陶粒下面是 0.3m 厚的木鱼石垫料。水自反应柱上部进入，臭氧自反应柱的下端进入，气水逆向接触，两根柱水流速度均为 3m/h，接触时间 20min。

1.2 臭氧发生系统

采用上海环保设备厂生产的 SY-1 型臭氧发生器，空气从大气进入空压机，经过滤器除尘除油后，进入吸附干燥装置，臭氧产量可以通过调节升压变压器的初级电压来控制，用转子流量计计量进气量，臭氧浓度采用碘量法测定。臭氧投量控制在 3mg/L 左右，臭氧尾气经过活性炭柱催化分解为氧气后排入大气。

1.3 原水组成

以自来水及哈尔滨市马家沟河水人工配制成模拟砂滤出水作为深度净化的原水：pH7~8、COD_{Mn} 为 5.0 左右、色度为 30 铂-钴单位、浊度为 3 左右。

1.4 实验参数的测定

试验中测定了 COD_{Mn}、色度、浊度、溶解氧、臭氧浓度、细菌总数等^[7]参数来考察臭氧-陶粒一元化系统的净水效果。

2 结果与讨论

2.1 臭氧-陶粒一元化系统的净水效果

臭氧是一种强氧化剂，可以氧化分解有机物，如果投加量足够大，能将有机物彻底转化为 CO₂ 和 H₂O，过量的臭氧可以转化为氧气，对环境不产生新的污染和危害。图 1 的结果显示，原水经臭氧的氧化作用，其中的部分有机物被降解，出水的 COD_{Mn} 降低了 6% 左右，在反应柱中填充陶粒后，由于陶粒可以吸附截留一部分有机污染物、陶粒表面的微生物能够同化一部分有机物，因此臭氧-陶粒一元化系统出水 COD_{Mn} 的去除率约为 8%，说明在相同的操作条件下，臭氧-陶粒一元化系统对有机污染物的去除效果更好。COD_{Mn} 去除率与进水的有机物含量有关。

水中形成浊度的主要是不溶性的絮状物或胶状物，填料柱主要通过物理截留或吸附去除浊度。从图 2 可以看出，原水经过臭氧氧化后，浊度不但没有下降，反而升高了，这主要是由于在水处理中臭氧的助絮凝作用：臭氧可以改变胶体电荷的带电特性，使水中溶解性小分子之间以及溶解性小分子与脱稳

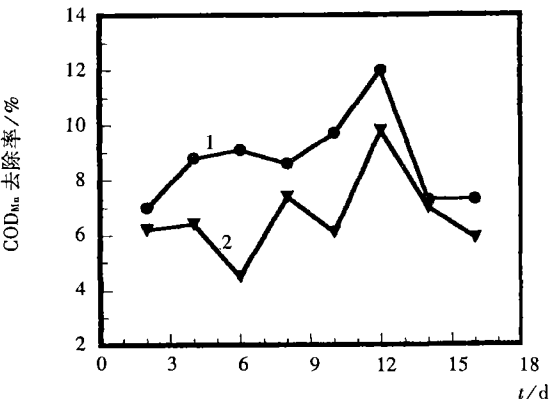


图 1 COD_{Mn} 去除率的变化

1. 臭氧-陶粒一元化柱；2. 臭氧柱

的胶体分子之间凝聚，形成微小的絮状物，导致臭氧化出水的浊度增加。反应柱内填充陶粒滤料后，由于陶粒表面粗糙度较高、颗粒内部孔隙发达，可以通过截留和吸附作用降低原水的浊度，臭氧-陶粒一元化系统出水浊度大大低于臭氧化出水，并且明显低于原水的浊度，说明陶粒的加入有利于浊度的去除。

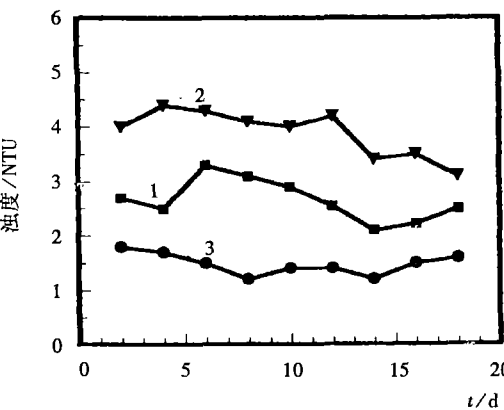


图2 浊度的变化

1. 原水；2. 臭氧化出水；3. 一元化柱出水

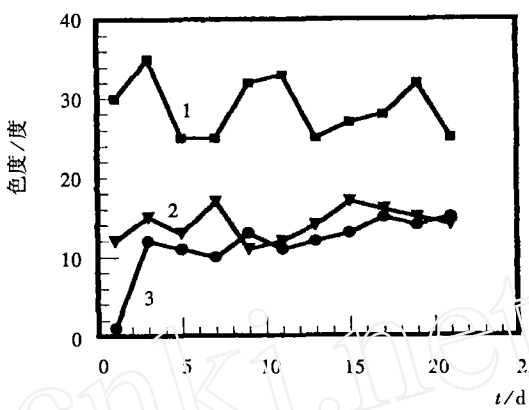


图3 色度的变化

1. 原水；2. 臭氧化出水；3. 一元化柱出水

图3是色度的去除结果。水中产生色度的物质主要是溶解态的或胶态的带有生色基团的有机物，通过吸附及过滤具有颜色的有机物分子或破坏有机物分子上的生色基团可以去除色度。臭氧是一种强氧化剂，它可以进攻有机物的生色基团，通过破坏生色基团达到脱色的目的。图3的结果表明，经过臭氧化后，平均色度由30度下降到15度，臭氧-陶粒一元化系统出水色度略低于臭氧化柱的色度，平均为12度，可见，臭氧-陶粒一元化系统可以使色度得到较好的去除。

通过测定臭氧化柱和臭氧-陶粒一元化柱出水中的溶解氧浓度及其中的臭氧浓度发现(见表1)，当原水、进口臭氧浓度及停留时间相同时，臭氧-陶粒一元化柱出水中溶解氧浓度高于臭氧化柱，而尾气中的臭氧浓度低于臭氧化柱，说明陶粒的存在增大了汽水接触的表面积，有利于加强臭氧同污染物的反应，提高了柱内臭氧的利用率，溶解氧的增加更具有实际的现实意义，因为臭氧-陶粒处理段的后续工艺通常为生物活性炭床，溶解氧的提高可以使后续的生化过程在富氧的环境下进行，对于提高好氧微生物的活性及其对有机污染物的生物降解能力均有重要作用。

表1 臭氧和溶解氧浓度

	尾气中臭氧浓度	出水中溶解氧浓度
	mg · L ⁻¹	mg · L ⁻¹
臭氧化柱	0.12	13.5
臭氧-陶粒柱	0.09	12.0

2.2 臭氧-陶粒一元化系统去除污染物的机理探讨

理论上讲，处理水中臭氧浓度越大，越有利于有机物的氧化分解，但实际上并不是臭氧投加量大就能提高溶液中的臭氧含量，这与臭氧在水中的溶解度有关。水处理中使用的是臭氧含量较低的臭氧化空气，过分投加臭氧会提高臭氧气相分压，而对溶液中臭氧浓度提高较慢，过剩的臭氧随尾气排出，使臭氧的利用率降低，另外，水中臭氧浓度过大，容易将分子量较大的有机物氧化成极性较大的小分子有机物而不利于后续活性炭的吸附。

本文的臭氧-陶粒一元化净水系统中，臭氧投加量较低，仅为3mg/L，作为强氧化剂，臭氧只能将一小部分有机物彻底氧化形成CO₂和H₂O，而大部分有机物则形成臭氧化中间产物，如大分子有机物氧化为小分子有机物，从而提高了原水中有机物的可生化性和可吸附性，同时，臭氧是一种不稳定气体，在水中可以自动分解为O₂，为好氧微生物的生存提供了条件；陶粒是一种滤料，可以吸附截留水中浊质颗粒和有机物，在臭氧投加前陶粒已经通水运行了一周，表面形成了较稳定的生物膜，这些好氧微生物以陶粒表面吸附截留的有机物作为养料进行同化作用，将它们转化为CO₂和生物量，从原水中去除了部分有机物。

表2是臭氧-陶粒一元化反应柱上、中、下三个高度臭氧浓度和细菌总数的测定结果，由于采用

气水逆流的运行方式，即处理水由上向下流过反应柱、臭氧化空气则自下而上通过反应柱，因此在柱的下部即臭氧进口处臭氧浓度最高，为 2.8mg/L，反应柱上部臭氧浓度最低，为 1.6mg/L，减少的臭氧有两个去向：氧化水中的有机物和自分解产生 O₂；由于臭氧具有杀菌作用，在柱下部臭氧浓度最高的部位细菌总数最少，由下而上随着臭氧浓度的减少，微生物的数目逐渐增多。因此臭氧 - 陶粒一元化系统去除有机物、色度和浊度是臭氧的氧化作用、陶粒的吸附截留作用以及陶粒表面好氧微生物的生物降解作用共同完成的，并且只有在柱的上部微生物的生物降解作用比较明显。

3 结论

1. 通过对臭氧 - 陶粒一元化反应系统去除 COD_{Mn}、浊度和色度的研究以及与臭氧化反应柱净水效果的比较可以看出，陶粒的填加能增大汽水接触面积，提高臭氧的利用率，一元化反应系统对 COD_{Mn}、浊度和色度的去除效果均好于臭氧化反应，降低浊度的能力明显优于单独臭氧化反应体系，该系统出水中的溶解氧含量明显增加，可以为后续生物活性炭处理段提供富氧环境，以其作为生物活性炭柱的前处理段能够达到减少生物活性炭柱处理负荷的效果。
2. 试验结果表明，臭氧 - 陶粒一元化系统去除有机物、色度和浊度是臭氧的氧化作用、陶粒的吸附截留作用以及陶粒表面好氧微生物的生物降解作用共同完成的，并且在一元化柱的上部微生物的生物降解作用比较明显。

参 考 文 献：

[1] 凌波. 饮用水中微量有机物的去除方法[J]. 环境保护, 1993, (9): 15.

[2] 王宝贞. 水污染控制工程[M]. 北京: 高等教育出版社, 1990.

[3] BRUNO L, DAVID A R, DEBORAH R B. Ozone in water treatment: application and engineering[M]. Lewis Publishers, INC, 1991.

[4] JEKEL M R. The benefits of ozone treatment prior to flocculation processes[J]. Ozone Sci. Engrg., 1983, (5): 21.

[5] VAN der Kooij D. The effects of ozonation, biological filtration and distribution on the concentration of easily assailable organic carbon in drinking water[J]. Ozone Sci. Engrg., 1989, 11(3): 297.

[6] 周春生, 李永秋, 俞毓馨, 等. 陶粒柱反应器生物膜特性的研究[J]. 中国环境科学, 1995, 15(5): 351.

[7] 国家环保局水和废水检测分析方法编委会. 水和废水检测分析方法·3·[M]. 北京: 中国环境科学出版社, 1989.



待 发 论 文 摘 要

新型节能墙体——免浆保温砌块砌体

摘 要：混凝土小型砌块已有百余年历史，并取得了显著的社会经济效益。我国是一个人口众多的大国，人多地少，土地资源极其珍贵，因此发展混凝土砌块代替粘土实心砖这项工作是很意义的。本文介绍了一种保温兼承重的免浆砌筑的砌块新品种，其特点是保温和承重性能在砌块上集中体现，又免去复合的复杂性。通过试验，探讨了免浆保温砌块砌体的静力性能。最后对试验中发现的一些技术问题进行了讨论，提出了一些改进意见。