

高锰酸盐与臭氧预氧化对生物工艺的影响

任芝军^{1,2}, 马 军³, 张 军⁴

(1. 哈尔滨工业大学 航天学院, 哈尔滨 150001, renzhijun2003@126.com; 2. 哈尔滨工程大学 建筑工程学院, 哈尔滨 150001; 3. 哈尔滨工业大学 市政环境工程学院, 哈尔滨 150090; 4. 黑龙江大学 建筑工程学院, 哈尔滨 150080)

摘 要: 通过对比高锰酸盐-生物活性炭工艺与臭氧-生物活性炭工艺的出水水质和生物工艺中微生物的特性, 考察了高锰酸盐与臭氧预氧化对后续生物工艺的影响。实验结果表明, 高锰酸盐预氧化-生物活性炭工艺出水水质优于臭氧预氧化-生物活性炭工艺的出水水质。与臭氧-生物活性炭工艺相比, 高锰酸盐预氧化后生物活性炭上异养菌种属类别更加单一化; 亚硝酸菌种属类别不一致, 前者为亚硝化单细胞属, 后者为亚硝化螺属和亚硝化单细胞属; 硝化菌属的种类是一致的, 均为硝化杆菌属和硝化刺菌属。

关键词: 高锰酸盐复合药剂; 臭氧; 预氧化; 生物活性炭; 微生物特性

中图分类号: TU991.2 **文献标识码:** A **文章编号:** 0367-6234(2009)04-0055-03

Effects of PPC and O₃ preoxidation on microbiological characteristics of BAC process

REN Zhi-jun^{1,2}, MA Jun³, ZHANG Jun⁴

(1. School of Astronautics, Harbin Institute of Technology, Harbin 150001, China, renzhijun2003@126.com;

2. School of Civil Engineering, Harbin Engineering University, Harbin 150001, China; 3. School of Municipal and Environmental Engineering, Harbin Institute of Technology, Harbin 150090, China;

4. School of Civil Engineering, Heilongjiang University, Harbin 150080, China)

Abstract: By comparing the effluent quantity and microbiological characteristics in each water treatment process and in BAC process, the effects of PPC and O₃ preoxidation on BAC process were studied. The results show that the effluent quantity of biofilter with PPC preoxidation is better than that with ozone preoxidation. Compared with *Nitrosomonas* in O₃-BAC, *Nitrosomonas* and *Nitrosospira* are the predominant nitrite bacteria in PPC-BAC process. *Nitrobacter* and *Nitrospina* are the predominant nitrate bacteria in both of BAC process.

Key words: PPC; ozone; preoxidation; BAC; microbiological characteristics

高锰酸盐复合药剂作为一种经济高效的氧化剂已在我国广泛使用^[1,2]。专家学者研究并探讨了高锰酸钾与活性炭(粉末活性炭^[3]和颗粒活性炭^[4])联用技术对水中污染物的去除效能与机制。结果表明, 高锰酸钾明显地强化了活性炭对水

中污染物的去除效能, 二者之间表现为协同作用。为进一步探索高锰酸盐应用的新方向, 本文将高锰酸盐预氧化与生物活性炭工艺相结合处理受污染水体^[5]。

1 试验装置及方法

实验工艺流程如图 1 所示。原水取自北方某地表水, 水箱盛装的为混凝沉淀水。高锰酸盐投量为 1.0 mg/L⁻¹, 预氧化时间为 20~30 min。臭氧投量为 1.0 mg/L⁻¹, 原水从臭氧接触柱底部进水, 臭氧曝气装置设在底部, 则气水均是由滤柱底部向上流动。臭氧发生器以空气为气源, 臭氧投量可通过臭氧发生器和气体流量计控制。

收稿日期: 2007-10-11

基金项目: 国家“十五”重点科技攻关资助项目(2002BA806B04); 哈尔滨工程大学基础研究基金资助项目(HEUFT07006); 黑龙江省博士后基金资助项目(LBH-Z06107); 哈尔滨科技创新人才基金资助项目(RC2007QN012002)。

作者简介: 任芝军(1978—), 男, 副研究员;

马 军(1962—), 男, 教授, 博士生导师。

原水分别经高锰酸盐和臭氧预氧化后,加入混凝剂进行混凝沉淀.混凝剂采用硫酸铝,投量为 $25\sim 30\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$.混凝条件:快速搅拌 1 min ,转速为 $200\sim 300\text{ r/min}^{-1}$;慢速搅拌 10 min ,转速为 60 r/min^{-1} ;沉淀时间为 $30\sim 45\text{ min}$.混凝沉淀后水经石英砂过滤后,通过恒流泵提升,作为生物活性炭滤池的进水.

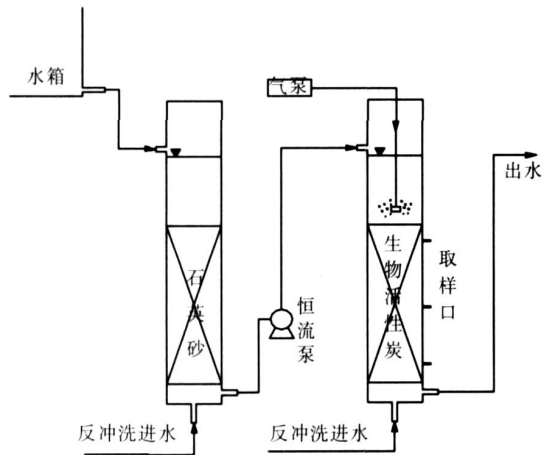


图 1 实验示意图

砂滤池中石英砂高度为 1000 mm ,粒径为 1 mm ;炭滤池中活性炭高度为 900 mm ,粒径为 $2\sim 3\text{ mm}$,活性炭下层设有 100 mm 的石英砂承托层.过滤工艺均采用下向流方式运行,每套工艺用

水量为 20 L/d^{-1} .在活性炭滤池进水端设有曝气装置,以提供足够的溶解氧.

2 材料及方法

2.1 异养菌分离与鉴定

异养菌的倍比稀释、菌种培养和鉴定过程按照《污染控制微生物学实验》中细菌计数的实验完成.

2.2 硝化菌的分离与鉴定

1)取样. 分别从活性炭柱上层 20 cm 处取 2.5 g 活性炭置于 100 mL 灭菌的锥形瓶内,瓶内装有 22.5 mL 无菌水及玻璃珠,在恒温振荡器上($25\text{ }^{\circ}\text{C}$, 125 r/min^{-1})振荡 30 min ,使附着在炭上菌胶团充分打散.

2)硝化菌的富集、倍比稀释、菌种培养和鉴定参照《污染控制微生物学实验》中硝化细菌计数实验完成.

3 结果与分析

3.1 各工艺流程对污染物的去除

实验研究从 2004 年年底进行,本次实验对整个运行过程各个工艺流程出水的有机物、氨氮和亚硝酸盐氮的变化进行了测定,测定结果见表1.

表 1 O_3 - BAC 与 PPC - BAC 工艺对污染物的去除情况对比

指标	流程	原水	沉后		砂滤		生物活性炭	
			O_3 - BAC	PPC - BAC	O_3 - BAC	PPC - BAC	O_3 - BAC	PPC - BAC
COD_{Mn}	范围/ $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$	4.41 - 10.7	3.41 - 7.35	3.25 - 6.47	2.54 - 5.99	2.59 - 5.99	1.65 - 4.27	1.40 - 4.20
	均值/ $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$	5.02	3.63	3.48	2.82	2.84	1.80	1.63
	去除率/%	—	27.79	30.65	43.78	43.46	64.24	67.6
氨氮	范围/ $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$	2.88 - 4.44	1.86 - 4.6	1.98 - 4.72	0.73 - 4.56	0.83 - 4.6	0 - 3.93	0 - 3.5
	均值/ $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$	3.85	3.35	3.44	2.74	2.79	0.95	0.90
	去除率/%	—	13.02	10.61	28.69	27.43	75.18	76.70
亚硝酸盐氮	范围/ $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$	0.12 - 0.46	0.082 - 0.49	0.098 - 0.4	0.019 - 0.53	0.02 - 0.70	0.005 - 0.82	0.0045 - 0.79
	均值/ $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$	0.332	0.175	0.226	0.194	0.135	0.145	0.094
	去除率/%	—	47.43	31.86	41.77	59.47	56.28	71.86

从表1可以看出,高锰酸盐-生物活性炭工艺出水中有机物、氨氮和亚硝酸盐氮的平均含量分别为 1.63 、 0.90 和 0.094 mg/L^{-1} ,去除率分别达到 67.6% 、 76.7% 和 71.86% ,比臭氧-生物活性炭工艺的去除率分别提高了 2.36% 、 0.52% 和 15.58% .

从长期运行效果上看,高锰酸盐-生物活性炭工艺出水水质要优于臭氧-生物活性炭工艺.

3.2 高锰酸盐与臭氧预氧化对生物膜特性的影响

3.2.1 异养菌的分离与鉴定

实验对两组活性炭上的异养菌进行了分离,

实验结果如表2所示.由表2可以看出,在两组活性炭上芽孢杆菌属的菌种数量最多,是微污染深度处理中生物膜的优势异养菌群,分别占总菌株数的 57.1% 和 42.86% .这一数量上的优势,表明在微污染水处理过程中,起主导作用的是芽孢杆菌属.但两组生物活性炭上的优势菌种也存在不同之处.经臭氧氧化后,生物活性炭上菌种较为丰富,除芽孢杆菌属外,微杆菌属和假单细胞菌属数量也较多,分别占总菌株数的 21.43% 和 14.29% ;经高锰酸盐预氧化后,生物活性炭上菌

种更加单一化,由 O₃ - BAC工艺中的 6个种属减少到 4个种属,主要菌种为芽孢杆菌属。

表 2 菌种分离结果

细菌名称	PPC - BAC		O ₃ - BAC	
	菌株数	百分比 /%	菌株数	百分比 /%
乳杆菌属 (<i>Lactobacillus</i> Beijerinck)	0	0	1	7.14
芽孢杆菌属 (<i>Bacillus</i>)	4	57.1	6	42.86
微杆菌属 (<i>Microbacterium</i>)	1	14.0	3	21.43
短杆菌属 (<i>Micrococcus</i>)	1	14.0	0	0
假单细胞菌属 (<i>Pseudomonas</i>)	1	14.0	2	14.29
不动细菌属 (<i>Acinetobacter</i>)	0	0	1	7.14
微球菌属 (<i>Micrococcus</i>)	0	0	1	7.14

3.2.2 硝化菌的分离与鉴定

对生物活性炭上的亚硝酸菌和硝酸菌分离纯化后,需要对其进行鉴定,判断是否为硝化菌。经臭氧预氧化后,BAC上分离纯化出四个菌株,其中亚硝化单细胞属(*Nitrosomonas*)一株,另外三株菌采用格利斯试剂鉴定后认为不属于亚硝酸菌属。经高锰酸盐预氧化后,BAC上分离纯化出四个菌株,包括亚硝化螺属(*Nitrospira*)两株、亚硝化单细胞属(*Nitrosomonas*)一株,另外一株不属于亚硝酸菌属。由亚硝化菌分离纯化可知,臭氧预氧化后,生物活性炭工艺中亚硝化菌种属类别单一,只有亚硝化单细胞属,而高锰酸盐预氧化丰富了后续生物活性炭中亚硝酸菌的种属类别,亚硝酸菌属为亚硝化螺属和亚硝化单细胞属。在亚硝酸菌的分离中发现,O₃ - BAC工艺中有三个菌株,高锰酸盐 - BAC中有一菌株能够在亚硝酸盐氮的培养基中生长。研究表明,除了专性能自养微生物外,有些异养微生物^[6]也能进行硝化作用,如恶臭假单胞菌(*Pseudomonas putida*)、脱氮副球菌(*Paracoccus denitrificans*)、粪产碱杆菌(*Alcaligenes faecalis*)等。这些微生物可以在低碳条件下进行硝化作用,也可以在有机土环境中进行硝化作用。但根据亚硝酸菌的鉴定结果可以初步判断上述四株菌不能够进行硝化作用。

硝酸菌的分离鉴定结果表明,经臭氧预氧化后,BAC上分离纯化出三个菌株,分别是硝化杆菌属(*Nitrospira*)一株和硝化刺菌属(*Nitrospina*)两株;经高锰酸盐预氧化后,BAC上分离纯化出四个菌株,分别是硝化杆菌属(*Nitrospira*)一株和硝化刺菌属(*Nitrospina*)三株。由上述硝化菌分离纯化可知,在两组生物活性炭中硝化菌属的种类是一致的,分别为硝化杆菌属和硝化刺菌属。

4 结论

- 1)生物活性炭工艺出水水质测定表明,高锰酸盐预氧化 - 生物活性炭联用工艺出水水质优于臭氧预氧化 - 生物活性炭联用工艺的出水水质。
- 2)生物活性炭上异养菌的分离结果表明,芽孢杆菌属数量最多,是微污染深度处理中生物膜的优势异养菌群。与臭氧 - 生物活性炭工艺相比,高锰酸盐预氧化后生物活性炭上异养菌种属类别更加单一化,由 O₃ - BAC工艺中的 6个种属减少为 4个种属。
- 3)臭氧 - 生物活性炭与高锰酸盐 - 生物活性炭上的亚硝酸菌种属类别不一致,前者为亚硝化单细胞属,后者为亚硝化螺属和亚硝化单细胞属;硝化菌属的种类是一致的,均为硝化杆菌属和硝化刺菌属。

参考文献:

[1] 陈忠林,牛晚扬,马军,等. 高锰酸盐复合药剂强化混凝处理高有机物含量的地表水[J]. 工业水处理, 2001, 21(5): 15 - 16

[2] 马军,陈忠林,李圭白,等. 高锰酸盐复合药剂助凝处理高稳定性地表水[J]. 中国给水排水, 1999, 15(9): 1 - 3

[3] 姜成春,马军,王志军,等. 高锰酸钾与粉末炭联用处理微污染源水[J]. 中国给水排水, 2001, 17(3): 12 - 15

[4] 范洁,李圭白,陈忠林. 高锰酸钾复合药剂与粒状活性炭联用去除水中有机污染物的研究[J]. 中国给水排水, 1999, 15(1): 5 - 8

[5] 马军,任芝军. 高锰酸盐预氧化 /BAC处理受污染地表水[J]. 中国给水排水, 2005, 21(11): 59 - 61

[6] CASTIGNETTID, HOLLOCHER T C. Heterotrophic nitrification among denitrifiers[J]. Appl Environ Microbiol, 1984, 47(4): 620 - 623

(编辑 张 红)