

技术总结

三种预氧化剂在水处理中的应用评估

王桂荣¹, 张杰², 黄丽², 周丕全², 唐友尧³

(1. 武汉科技学院 机电工程系, 湖北 武汉 430073; 2. 武汉市水务集团有限公司, 湖北 武汉 430034; 3. 华中科技大学 环境科学与工程学院, 湖北 武汉 430074)

摘要: 源水的富营养化将严重影响常规给水处理厂的运行, 使得出水水质不能保证。为此, 开展了 KMnO_4 、 H_2O_2 、 CD_2 的预氧化研究。结果表明, 投加这三种氧化剂均能显著提高对水中藻类、浊度、有机物的去除率, 对细菌及大肠菌群也有较好的去除效果, 但投加 KMnO_4 会增加出水色度, 采用 CD_2 作氧化剂则成本较高, 相比之下 H_2O_2 是一种较为理想的预氧化剂。

关键词: 预氧化; H_2O_2 ; CD_2 ; KMnO_4

中图分类号: TU991.41 **文献标识码:** C **文章编号:** 1000-4602(2005)04-0037-03

Assessment on the Application of Three Kinds of Preoxidants in Water Treatment

WANG Gui-rong¹, ZHANG Jie², HUANG Li²,
ZHOU Pi-quan², TANG You-yao³

(1. Dept. of Electromechanical Engineering, Wuhan University of Science and Technology, Wuhan 430073, China; 2. Wuhan Water Group Co. Ltd., Wuhan 430034, China; 3. School of Environmental Science and Engineering, Central China University of Science and Technology, Wuhan 430074, China)

Abstract: Eutrophication of source water seriously influences the operation of conventional water treatment plant, and fails to guarantee the treated water quality. And so, use of KMnO_4 , H_2O_2 , and CD_2 as pre-oxidants was studied. The result shows that the three oxidants can significantly improve the removal rate for algae, turbidity, and organic substances from water, and are efficient in removal of bacteria and coliform group. However, addition of KMnO_4 will increase the color of the treated water, and use of CD_2 as oxidant will cause the high cost. By comparison, H_2O_2 is a more favorable pre-oxidant.

Key words: preoxidation; H_2O_2 ; CD_2 ; KMnO_4

预氧化是去除水中藻类较为普遍采用的方法, 但传统的预氯化会生成对人体有害的卤代有机物。近年来, 欧美等一些发达国家采用臭氧预氧化除藻, 效果虽好, 但投资大, 运行费用较高。为寻求更好的

含藻水处理办法, 考察了 CD_2 、 H_2O_2 和 KMnO_4 的预氧化效果。

1 研究内容与方法

试验装置见图 1。一般情况下滤料采用粒径为

0.5~1.2 mm 的石英砂,滤层厚为 700 mm。当进行锰砂催化 H_2O_2 预氧化试验时滤层的构成:下层是粒径为 0.5~1.2 mm 的石英砂,厚度为 400 mm;上层是锰砂,厚度为 300 mm。

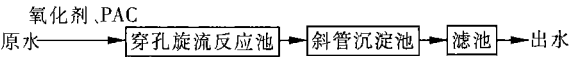


图 1 试验流程

Fig 1 Flow chart of experimental setup

ClO_2 采用稳定性二氧化氯 (试验前以活化剂活化), H_2O_2 、 KMnO_4 为化学纯试剂,混凝剂采用液体碱式氯化铝 (PAC)。PAC、 KMnO_4 的投加采用转子流量计, ClO_2 、 H_2O_2 则用可调节流速的 HL-2 型恒流泵投加。

试验期间的源水水质:浊度为 20 NTU,藻类为 2.705×10^4 个/L,细菌总数为 3.720×10^4 个/mL,大肠菌群 $>1.6 \times 10^4$ 个/L, UV_{254} 为 0.151,色度为 12 倍。首先调节 PAC 投量使沉后水浊度在 4 NTU 左右,从而得到 PAC 的最佳投量;然后分别选取 ClO_2 、 H_2O_2 、 KMnO_4 进行预氧化试验 (先投氧化剂,后投 PAC)。

2 结果与分析

试验期间的源水水质很稳定,水厂沉淀池出水浊度在 4 NTU 左右,据此调节 PAC 的投量得 PAC 最佳投量为 25 mg/L。

2.1 ClO_2 的预氧化效果

在最佳 PAC 投量下选取不同的 ClO_2 投量进行试验,结果见表 1。

表 1 ClO_2 的预氧化效果

Tab 1 Result of pre-oxidation by ClO_2

项 目	数 值				
ClO_2 投量 / (mg · L ⁻¹)	0	0.2	0.4	0.6	0.8
沉后水浊度 / NTU	4.45	4.12	3.75	3.5	3.7
沉后藻类 / (10 ⁴ 个 · L ⁻¹)	1 428	1 186	1 014	851	800
滤后细菌总数 / (个 · mL ⁻¹)	960	880	824	600	480
滤后大肠菌群 / (个 · L ⁻¹)	>16 000	2 380	1 140	960	520
ClO_2 残余量 / (mg · L ⁻¹)	0	0.15	0.28	0.45	0.65
UV_{254}	0.121	0.115	0.107	0.102	0.096

从表 1 可知,投加 ClO_2 可使浊度、藻类及 UV_{254} 去除率明显提高,同时对细菌、大肠菌群也有一定的杀灭效果。

分析 ClO_2 投量与残余量的关系可知,当 ClO_2 与水样的接触时间一定时,其消耗量随投量的增加

而增加,但当投量增加到一定值后消耗量增幅较小,表明 ClO_2 消耗量取决于水中的有机物含量以及有机物的易氧化程度。

2.2 H_2O_2 的预氧化效果

采用 H_2O_2 进行预氧化时的试验结果见表 2。

表 2 H_2O_2 的预氧化效果

Tab 2 Result of pre-oxidation by H_2O_2

项 目	数 值				
H_2O_2 投量 / (mg · L ⁻¹)	0	2	4	6	8
沉后水浊度 / NTU	4.45	4.23	3.90	3.62	3.50
沉后藻类 / (10 ⁴ 个 · L ⁻¹)	1 403.6	1 127.4	878	700	724
滤后细菌总数 / (个 · mL ⁻¹)	112	60	6	2	1
滤后大肠菌群 / (个 · L ⁻¹)	>16 000	730	540	270	240
H_2O_2 残余量 / (mg · L ⁻¹)	0	1.34	2.86	4.68	6.76
UV_{254}	0.117	0.105	0.100	0.096	0.087

由表 2 可知,投加 H_2O_2 可使沉淀出水藻类数明显降低,且除藻率随着 H_2O_2 投量的增加而增加;从浊度去除来看, H_2O_2 预氧化有助于提高混凝效果,如 H_2O_2 投量为 8 mg/L 时的浊度去除率比只投 PAC 的提高了约 10%。此外,投加 H_2O_2 也可使 UV_{254} 值明显降低,并且有较好的杀菌效果。

分析 H_2O_2 投量与残余量之间的关系可知, H_2O_2 消耗量随其投量的增加而增加,但总的来看消耗量较少。

2.3 天然锰砂催化 H_2O_2 的预氧化效果

在滤料中加入一定量的天然锰砂研究其对 H_2O_2 的催化作用,结果见图 2、3 和表 3。

由图 2、3 和表 3 可知,经天然锰砂催化后 H_2O_2 的消耗量大大增加,并提高了对 UV_{254} 、细菌和大肠菌群的去除率。由于 H_2O_2 消耗量的大大增加,使得加氯消毒时的投氯量不会明显增加。

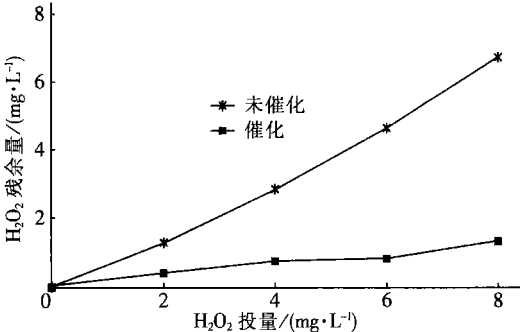


图 2 H_2O_2 残余量对比

Fig 2 Comparison on residual H_2O_2

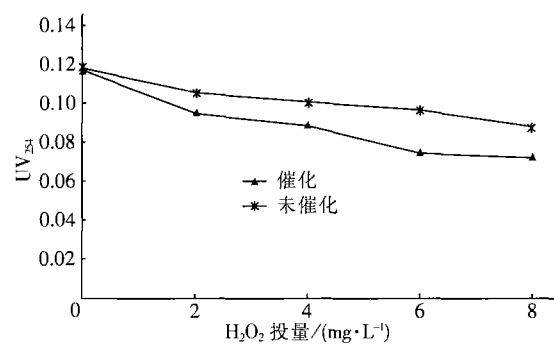


图 3 UV₂₅₄对比

Fig 3 Comparison on UV₂₅₄ removal effect

表 3 天然锰砂催化对杀菌效果的影响

Tab 3 Effect of catalysis on bacteria and coliform removal

项 目	数 值				
H ₂ O ₂ 投量 / (mg · L ⁻¹)	0	2	4	6	8
未催化 滤后细菌总数 / (个 · mL ⁻¹)	112	60	6	2	1
未催化 滤后大肠菌群 / (个 · L ⁻¹)	>16 000	730	540	270	240
催化后 滤后细菌总数 / (个 · mL ⁻¹)	112	2	1	0	0
催化后 滤后大肠菌群 / (个 · L ⁻¹)	>16 000	560	240	40	<3

2.4 KMnO₄ 的预氧化效果

采用 KMnO₄ 进行试验时的结果见表 4。

表 4 KMnO₄ 的预氧化效果

Tab 4 Result of pre-oxidation by KMnO₄

项 目	数 值				
KMnO ₄ 投量 / (mg · L ⁻¹)	0	0.3	0.6	0.9	1.2
沉后水浊度 / NTU	4.73	4.55	4.33	3.90	4.22
沉后藻类 / (10 ⁴ 个 · L ⁻¹)	1 450	1 300	1 145	1 050	980
滤后细菌总数 / (个 · mL ⁻¹)	1 600	1 001	980	880	720
滤后大肠菌群 / (个 · L ⁻¹)	> 16 000				
Mn ²⁺ 残余量 / (mg · L ⁻¹)	0.01	0.01	0.01	0.02	0.03
UV ₂₅₄	0.121	0.110	0.103	0.102	0.096
色度 倍	10	9	10	10	12

从试验结果看,投加 KMnO₄ 对水中细菌有一定的杀灭作用,也能提高对藻类的去除效果,但没有 CD₂ 和 H₂O₂ 那么显著。在除浊方面,当 KMnO₄ 投量为 0.9 mg/L 时余浊值降至最低,此后增加 KMnO₄ 投量会使余浊升高,并观察到滤前水带有明显的淡

红色(致使出水色度增加),而且还增加了水中 Mn²⁺ 的含量。因此,从水质安全角度考虑不宜采用 KMnO₄ 作预氧化剂。

3 实际应用评估

H₂O₂ 的单价为 1 800 元 / t (含量为 25%); CD₂ 的单价为 2 400 元 / t (含量为 2.5%),如以 H₂O₂ 投量为 4 mg/L、CD₂ 投量为 0.4 mg/L 计,则投加预氧化剂的费用: H₂O₂ 为 0.028 8 元 / m³, CD₂ 为 0.038 4 元 / m³。

从存储、投加方面来说, H₂O₂ 可存储于大的防腐耐酸池中(池面以黑塑料布遮盖)并可采用计量泵投加,而 CD₂ 的存储则必须有大仓库并应配备专门的投加装置。可见,采用 H₂O₂ 作预氧化剂较 CD₂ 成本低,存储更方便,投加也更简单。

4 结论

① H₂O₂、KMnO₄、CD₂ 三种药剂去除浊度、藻类、有机物、细菌及大肠菌群作用的大小顺序为 H₂O₂ > CD₂ > KMnO₄。由于 KMnO₄ 预氧化会增加处理出水的色度及锰离子含量,故不宜用作预氧化剂。

② 使用 CD₂ 作预氧化剂的成本较高,投加 H₂O₂ 的成本比氯气的稍高一点,因此用 H₂O₂ 取代氯气作预氧化剂有广阔的应用前景。

③ 天然锰砂催化 H₂O₂ 预氧化提高了对细菌及大肠菌群的去除效果,滤后水的 H₂O₂ 残余量也大大降低,对滤后加氯不会产生大的影响。

参考文献:

[1] 唐友尧,王桂荣. 汉江水华成因分析及防治[J]. 重庆环境科学, 2001, 3(5): 21 - 23
[2] 陈翼孙,翁晓姚. 二氧化氯在饮用水处理中应用的几个问题[J]. 给水排水, 1998, 24(11): 61 - 64

E - mail:wgr1977@163.com

收稿日期: 2004 - 11 - 28

珍惜水,保护水,实现人与自然和谐共处