

过氧化氢预氧化处理汉江水试验研究

唐友尧¹ 刘晓艳¹ 徐山源² 周丕全² 张杰²

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

摘要: 采用高级氧化技术预氧化处理汉江水,中试试验分别研究了不投加和投加过氧化氢这两种情况下的预氧化效果,结果表明 PAC 和过氧化氢联合投加时预氧化效果最好,而且过滤水经锰砂滤料过滤后,水中残留过氧化氢降到最低,对后续消毒基本上不产生什么影响。

关键词: 过氧化氢 预氧化 高级氧化技术

Study on Treatment of Pre-oxidation Hangjiang River Water with Hydrogen Peroxide in pilot plant

Liu_Xiaoyan¹ Tang_Youyao¹ Xu_Shanyuan² Zhou_Piquan² Zhang_Jie²

(1. School of Envir.Sci.& Eng.,HUST,Wuhan 430074,China; 2. Wuhan Water Supply Co.,Wuhan 430034,China)

Abstract: Treatment of pre-oxidation Hangjiang river water with hydrogen peroxide advanced oxygen technology, pilot plants were made respectively through pre-treatment with H₂O₂ before coagulation or not. The result of the pilot plant showed that the pre-treatment with hydrogen peroxide enhanced the removal rates of turbidity and organic matter pollutants, improved the quality of outlet water. After the settled water flowing the manganese sand filter, chlorine consumption rate is reduced significantly. the residual hydrogen peroxide is the lowest in outlet water and doesn't affect on disinfection.

Key Words: Hydrogen Peroxide Pre-oxidation Advanced Oxygen Technology

1 前言

汉江是长江最大的支流,中、下游江段均在湖北省境内,分布于汉江干流两岸的重要城市,自上而下有丹江口市、老河口市、襄樊市、钟祥市、潜江市、仙桃市和武汉市。汉江既是湖北省的主要航道,又是沿江居民生活用水和工业用水的重要水源,而且也是沿岸生活污水、农业和工业的废水实际上的受纳水体。早在 70 年代,汉江的水质一直符合地面水 I 级标准,其泥沙、悬浮物含量比长江干流小,特别在汛期汉江水体感官性状明显好于长江干流,是汉阳、汉口的主要饮用水源地。但近年来随着经济的高速发展,两岸城市人口的增加,工业生产急剧的扩张,而与之相应的污水处理配套设施滞后发展,致使大量超标城市污水和工业污水排入汉江,以及两岸水土流失的影响,使得湖北省境内汉江水质与日俱下,开始恶化,调查发现干流水质污染以有机污染物为主,主要污染源为城镇点源,入江主要污染物为 COD_{Mn}、SS、BOD₅、TP、TN 和挥发性酚。突出表现在 20 世纪 90 年代发生汉江武汉江段的三次严重“水华”现象。这样会对饮用水的常规处理造成混凝恶化,过滤周期缩短,消耗出厂水的余氯等问题。国外现行的某些处理技术能达到很好的效果,但考虑到投资大,运行成本高,难于在我国实际生产中推广应用。针对上述情况,探求经济有效的水处理技术尤为必要,因此,在常规处理之前增加化学预氧化是一种切实可行的方法。

过氧化氢由于氧化性强,安全易得,故为高级氧化技术中的常用氧化剂。在一定触媒(如 Fe、UV254 等)以及其他氧化剂(O₃)的作用下,可产生氧化性极强的羟基自由基·OH,使水中有机物得以氧化而降解,而且过氧化氢的分解产物是水和氧气,不会产生新的污染物,因此过氧化氢被称作绿色氧化剂,受到国内外专家学者极大关注。

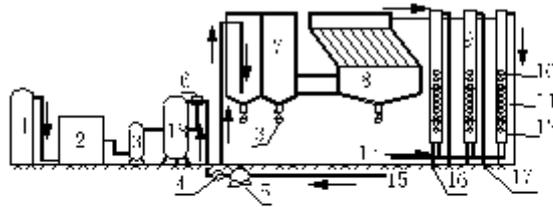
H₂O₂的高级氧化技术的反应体系主要包括:Fenton试剂、UV/O₃、H₂O₂/O₃、UV/H₂O₂/O₃,其中H₂O₂/O₃是应用最广泛的高级氧化技术(Advanced Oxygen Technology)。H₂O₂与O₃的联合使用可提高O₃进入水中

的质量迁移（提高因子为 1.7），而且对TCE、PCE的去除率 95%时所需要的O₃量比单独用O₃处理少的多。与UV高级氧化法相比，H₂O₂/O₃法不需要UV使分子活化，而且就是在浊度较高的水中仍然运行良好。

2 H₂O₂预处理工艺中试试验研究

2.1 试验装置

试验装置由混合器、絮凝池、沉淀池、滤柱等单元组成。



1—氧气瓶；2—臭氧发生器；3—气水分离器；4—水表；5—潜水泵；
6—水射器；7—孔室旋留反应器；8—斜板沉淀池；9—滤柱；
10—观察孔；11—滤层；12—承托层；13—排泥管；14—反冲洗水管；
15—原水管；16—清水管；17—反冲洗废水管；18—混合器

图1 试验装置

2.2 H₂O₂投加量

前期的研究工作表明：过氧化氢在投加聚合铝之前 1~2min投加，有助于混凝效果，但时间不宜过长，时间过长反而增加沉淀水的浊度。过氧化氢与聚合铝最佳投加时间间隔控制在 1~2min左右为宜。从去除有机物和除油、除藻的角度来看，经过反复的小试试验，因此选定 4.0mg/L作为本次中试试验过氧化氢的投加量。

2.3 矾投加量确定

试验采用的混凝剂是聚合氯化铝（PAC），PAC的投加量一般在 25mg/L左右，但根据原水水质情况进行调节，这样才能保证过滤出水水质。

2.4 中试试验

中试试验在武汉市某水厂进行，该水厂是从汉江取水，试验时间在 8、9、10 月份，中间正遇上汉江汛期，一度原水的浊度高达 1000 度以上。分别考察了不投加过氧化氢只投加PAC和过氧化氢和PAC一起投加的情况。

2.5 试验结果及讨论

试验考察了滤后水的浊度、UV254、和过氧化氢残余量对后续消毒的影响。

表 1：单独投加 PAC 滤后水水质

日期	8-19	8-20	8-21	8-22	8-25	8-26	8-27	8-28	8-29	9-1
原水浊度 (NTU)	54.3	172	258	189	63.6	30.4	22.7	23.0	14.7	57.1
滤水浊度 (NTU)	0.65	1.08	1.43	1.17	0.81	1.03	0.61	0.67	0.73	1.07
原水 UV254	0.076	0.084	0.097	0.112	0.101	0.101	0.106	0.101	0.089	0.168
滤水 UV254	0.053	0.067	0.077	0.082	0.081	0.077	0.086	0.081	0.065	0.131

由表 1 可知，单独投加 PAC 时，浊度大大得以去除，但是 UV254 值下降的不明显，平均下降 23.4% 左右，滤后出水仍然具有较高的 UV254 值，说明原水中的有机物仅一小部分得以去除，滤后出水仍然残留大量的有机物，可见单独投加 PAC 只能对浊度有一定的去除效果，对水中有机物去除效果不明显，处理后的水质还达不到国家生活饮用水卫生标准。

表 2：过氧化氢和 PAC 联合投加时滤后水水质

日 期	8-19	8-20	8-21	8-22	8-25	8-26	8-27	8-28	8-29	9-1
原水浊度 (NTU)	54.3	172	258	189	63.6	30.4	22.7	23.0	14.7	57.1
滤水浊度 (NTU)	0.56	0.48	0.51	0.37	0.41	0.54	0.26	0.42	0.31	0.20
原 水 UV254	0.076	0.084	0.097	0.112	0.101	0.101	0.106	0.101	0.089	0.168
滤 水 UV254	0.031	0.035	0.043	0.046	0.040	0.033	0.040	0.042	0.032	0.059
H2O2 的残留量	0.56	0.70	0.68	0.64	0.49	0.24	0.05	0.17	0.79	0.41

附：H₂O₂的残留量的单位 10⁻⁵mol/L

从表 2 分析：过氧化氢和PAC联合投加时，滤后水的浊度在 0.50 度左右，甚至更低，滤后水的浊度比相应的单独投加PAC效果要好一些；UV254 值下降很明显，平均下降 61%，可见原水中的大部分有机物得以去除，而且滤后水H₂O₂的残留量近乎痕量。

再考察滤后水H₂O₂的残留量是否对后续消毒的影响：取其滤后水，往其中加入一定浓度的次氯酸钠，再用余氯计测其含氯量。结果见表 3：

表 3 水中残留H₂O₂对后续消毒的影响

项 目	余氯量 (mg/L)
蒸馏水+一定浓度的 NaClO	0.42
未加 H2O2 预氧化的过滤水+一定浓度的 NaClO	0.37
加 H2O2 预氧化经均质滤料过滤+一定浓度的 NaClO	0.06
加 H2O2 预氧化经锰砂滤料过滤+一定浓度的 NaClO	0.41
加 H2O2 预氧化后的沉淀水+一定浓度的 NaClO	0.08

结果发现：过氧化氢和 PAC 联合投加预氧化汉江水时，如果沉淀水经锰砂滤柱过滤，则滤后水中残留的痕量的过氧化氢基本上不影响后续消毒，也就是说滤后水中残留的痕量的过氧化氢很少消耗后续消毒中的余氯。由此可知：过氧化氢和 PAC 联合处理汉江水时，能有效去除水中有机污染物和除浊，使其符合国家生活饮用水卫生标准。

3 结论

比较一下以上两种情况：由图 1 和图 2 得出：过氧化氢去除汉江水有机污染物具有明显的效果，而且滤后水H₂O₂的残留量很小，近乎痕量。主要原因有以下几点：

- ① H₂O₂在水溶液中可离解成HO₂⁻，可诱发产生羟基自由基·OH，羟基自由基·OH一旦形成，通过电子转

移等途径会诱发一系列的自由基链反应,攻击水体中的各种污染物,直致降解为二氧化碳、水和其他矿物盐。因此,可以说高级氧化技术主要是是羟基自由基·OH在起作用。

② 因为过滤采用了锰砂滤柱, 锰砂作为触媒, 可催化过滤水中残留的过氧化氢, 使残留的过氧化氢最大限度的生成羟基自由基·OH来继续降解过滤水中的有机物。

③ 由于过氧化氢高级氧化技术对有机污染物的非选择性、强氧化性,将会更广泛应用到饮用水处理。

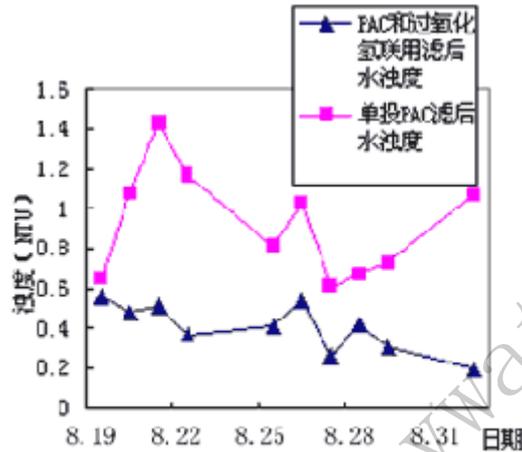


图2 除浊效果对比

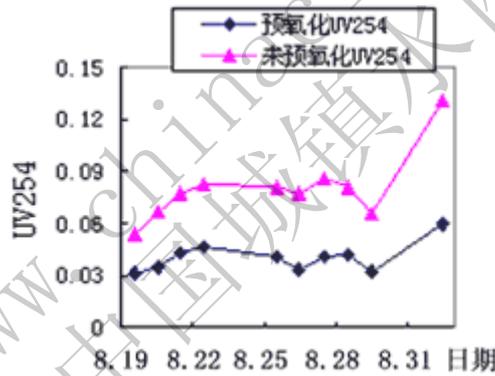


图3: UV254曲线

参考文献

- [1] 夏 军.湖北省水问题与可持续发展研究[J].科技进步与对策,2000,17(10):17-19.
- [2] 况琪军等.汉江中下游江段藻类现状调查及“水华”成因分析.长江流域资源与环境,2000,9(1):63~69.
- [3] 沙鸿勋.对汉江两度出现“水华”污染的思考.环境导报,2000,(3):23~24.
- [4] 陈冠杰.给水处理中的除藻、除臭技术.给水排水,2000,(5):1~2.
- [5] 周克钊.过氧化氢预氧化技术试验研究.中国给水排水,1999,15:15~18.
- [6] 陈伟.超声辐射降解水中有机物染物的研究.同济大学博士学位论文,2000.3.