



过氧化氢预氧化除藻效能研究

唐友尧¹, 王桂荣¹, 张杰², 胡鸿雁²

(1.华中科技大学环境科学与工程学院, 武汉 430074; 2.武汉自来水公司, 武汉 430034)

摘要: 水源水质富营养化和藻类大量繁殖, 是影响供水水质的重要因素, 预氧化可较大程度提高藻类及有机物的去除效果。通过过氧化氢预氧化对水中藻类、有机物及浊度的去除试验表明, 投加适量的过氧化氢可以显著提高水中藻类、有机物及浊度的去除率, 因此过氧化氢是一种有效适用的预氧化剂。

关键词: 过氧化氢预氧化 除藻

Study on Algae Removal Efficiency by Pre-oxidation with Hydrogen Peroxide

WANG GUI-rong¹, TANG YOU-yao¹, ZHANG-jie², HU HONG-yan²

(1.School of Environ. Sci. and Engi., Univ. of Sci. and Tech., Wuhan 430074;

2.Wuhan Water Supply Co., Wuhan 430034)

Abstract: Eutrophication of water quality of raw water and algae multiplying greatly is an important factor which affected water quality. Pre-oxidation could improve removal efficiency of algae and turbidity. The experiment of the removal of algae, organism and turbidity by pre-oxidation with hydrogen peroxide was studied by jar test. The results showed that dosing suitable hydrogen peroxide could distinctly enhance removal efficiency of turbidity, algae and organism. So hydrogen peroxide is a kind of better agent of pre-oxidation.

Keywords: hydrogen peroxide; pre-oxidation; algae removal; turbidity removal

藻类过量繁殖会严重影响常规给水处理效果。由于藻类形成的浊度其 ζ 电位较高, 且具有较高的稳定性, 因此混凝剂对含藻悬浮颗粒脱稳效果较差, 形成的絮体强度较弱、体形较小、易穿透滤层, 使滤池堵塞, 过滤周期缩短, 反冲洗水耗加大。藻类和其他微生物灭活后的残骸形成腐殖质产生臭味物质, 或氯与藻类代谢化合物产生臭味物质, 这些物质进入管网送至用户, 而使自来水中带“腥味”, 影响居民身心健康。常规处理工艺很难去除水中藻类和臭味。

水中藻类的去除主要有微滤、气浮、接触过滤或投加氧化剂等几种方式, 其中氧化预处理是去除水中藻类较为普遍采用的方法。传统的预加氯预氧化和消毒, 虽能部分去除藻类, 但是预加氯过程中氯与源水中较高浓度的有机物作用会生成对人体有害的卤代有机物, 如三卤甲烷等致癌物质。

近年来, 欧美等一些发达国家采用臭氧预氧化除藻。臭氧化技术虽然效果好, 但设备投资大, 运行操作管理技能要求严, 运行费用较高。研究净水除藻技术, 已成为提高饮用水水质的一个重要而迫切的问题。

过氧化氢的标准氧化还原电位高于 KMnO_4 , 能直接氧化水中有机污染物和构成微生物的有机物质, 同时, 其本身只含氢和氧两种元素, 分解后成为水和氧气, 不会产生有毒有害的副产物。在现有研究经验的基础上, 我们对过氧化氢代替预氯化对藻类的去除效果进行了试验研究, 得出了一些试验结论, 分别进行讨论。

1 试验

1.1 试验仪器及试剂

试验仪器有: ZR—6 型六联搅拌器, 2100P 便携式浊度仪, PHS 型 pH 计, OLYMPUSBH-2 型光学显微镜。

化学试剂: 液体聚合氯化铝(聚合铝), 配制浓度 10%(1ml=10mg); 过氧化氢(H_2O_2)溶液, 配制浓度

3‰(1ml=3mg);
高锰酸钾(KMnOD 溶液，配制浓度 0.1N.

1.2 过氧化氢去除浊度、TOC、藻类试验

含藻水取自实验室培养的藻水，水的颜色呈黄褐色(主要含硅藻的原因)，源水水质见表 1。烧杯搅拌试验在 ZR-6 六联搅拌器上进行。将含藻水转移至一系列 1 升的玻璃烧杯中，投加一定量预氧化剂，以 350r / min 的转速快速搅拌 2min；再投加一定量的混凝剂(聚合铝)，模拟投加聚合铝的混合条件，以 350r / min 的转速快速搅拌 1min；模拟絮凝条件，先以 120r / min 的转速搅拌 4min，再以 60r / min 的转速慢搅 5min；静置 20min 后，抽取上清夜测定水中剩余浊度、藻类及总有机碳(TOC)含量。根据上述试验条件和方法，进行多次试验，试验结果见表 1，并取其平均值绘成曲线，见图 1、图 2、图 3。

藻类的测定采用显微镜记数法进行。经镜检观察到水中藻类主要有小环藻、针杆藻、舟形藻、栅藻、盘腥藻、布纹藻等。

表 1 烧杯试验水质变化情况						
时间	H2O2(mg/L)	0	2	4	6	8
	PAC(mg/L)	20	20	20	20	20
2001.2.3	余浊(NTU)	4.0	3.9	3.8	3.5	3.6
	去浊率(%)	85.	86.	86.	87.	87.
	残余 TOC	7.8	6.1	4.4	4.4	4.4
	TOC 去除率(%)	10.	29.	48.	49.	48.
	剩余藻个数(万)	78	69	60	61	60
	藻类去除率(%)	74.	77.	79.	79.	79.
	源水 TOC=8.63，温度 13℃，pH=8.0，浊度 27.8NTU,藻类 3000 万/L					
2001.3.5	余浊(NTU)	6.9	5.5	5.2	5.5	5.5
	去浊率(%)	83.	86.	87.	86.	86.
	残余 TOC	9.5	7.8	6.0	5.5	5.4
	TOC 去除率(%)	10	26.	42.	47.	47.
	剩余藻个数(万)	12	97	10	10	10
	藻类去除率(%)	85.	88.	87.	87.	87.
	源水 TOC=10.5，温度 15℃，pH=8.2，浊度 40.8NTU,藻类 8350 万/L					
2001.3.22	余浊(NTU)	5.6	4.4	5.4	5.4	5.3
	去浊率(%)	83.	87.	85.	84.	84.
	残余 TOC	8.5	8.4	5.9	4.4	4.8
	TOC 去除率(%)	12.	13.	39.	54.	50.
	剩余藻个数(万)	17	14	98	98	99
	藻类去除率(%)	73.	77.	85.	85.	84.
	源水 TOC=9.76，温度 19℃，pH=8.2，浊度 34.8NTU,藻类 6584.2 万/L					
平均值	平均去浊率(%)	84.0	86.	86.	86.	86.
	平均藻类去除率(%)	77.8	81.	84.	84.	84.
	平均 TOC 去除率(%)	10.7	23.	43.	50.	49.

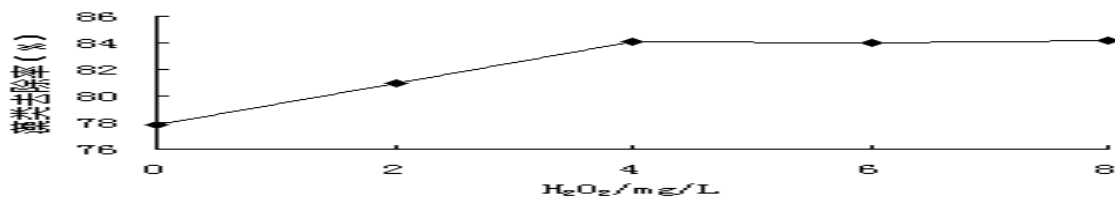


图1 H₂O₂对藻类的去除

1.3 H₂O₂剩余量的测定

在5个烧杯中加入2mg/L H₂O₂预氧化2分钟，再在每个烧杯中分别加0、5、10、15、20mg/L的PAC进行搅拌，搅拌程序同1.1。待反应30min、60min、80min、110min后取样测定水中剩余H₂O₂的浓度，测定方法采用KMnO₄滴定法，从而可得H₂O₂投加量、接触时间与剩余量之间的关系（见图4）。

2 结果与讨论

2.1 H₂O₂对有机物、藻类、浊度的影响

从图1可看出，过氧化氢的投加量对藻类的去除效果有较为重要的影响。在0-4mg/L的范围内，藻类去除率几乎与H₂O₂投加量呈线性增长，随着H₂O₂投量的增加，藻类去除率呈上升趋势。当投量大于4mg/L时，除藻率由单纯投加PAC的77.8%提高到84.2%，提高了将近7个百分点。但再增加投加量时，对藻类的去除率不再进一步提高。这表明H₂O₂对水中藻类有明显的去除作用，而且取得较高除藻率的H₂O₂最佳投加量应为4mg/L左右。

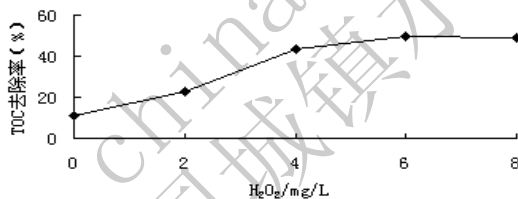


图2 H₂O₂对TOC的去除

从图2可看出，H₂O₂对水中总有机碳也有明显的去除作用。当投加量达6mg/L时，曲线趋于平缓，表明水中总有机碳与过氧化氢基本作用完全。

图3表示H₂O₂对混凝效果的影响。对于PAC，H₂O₂投加量为2-8mg/L时，随着H₂O₂投加量增加，浊度去除率变化不明显。但投加过氧化氢后除浊率较单纯投加PAC提高2个百分点。从降低浊度的角度来讲，H₂O₂的投加量只需2mg/L时，但沉淀后出水残余藻量仍很高，流经滤池过滤时，会堵塞滤池，导致滤池过滤周期缩短。因此，在“水华”期间，为满足对藻类去除率的要求，H₂O₂投加量应该取4mg/L较为理想。

2.2 PAC投加量、接触时间与H₂O₂剩余量之间的关系

从图4可看出，当H₂O₂投量为2mg/L，在一定的接触时间内，随着FAC浓度的增加，H₂O₂消耗量也随着增加，表明PAC能有效的促进H₂O₂的氧化。这是因为PAC(液体)中含有少量的Fe、Hn，而它们是促进H₂O₂快速水解的有效催化剂。

H₂O₂与水样的接触时间也是一个很重要的因素。从图4可看出，H₂O₂与水样的接触时间越长，其消耗量也越多，但再继续延长接触时间，H₂O₂消耗量变化不大。对于本实验水样，最佳接触时间为60min左右，此时H₂O₂的残余浓度为原来的60%，这样既发挥了H₂O₂预氧化的作用，又保证了较长时间的残留消毒作用。

2.3 pH值和温度对H₂O₂预氧化的影响

“水华”期间原水pH值由原来的7.7上升到8.2最高达到8.4。(见图5)这是因为藻的大量繁殖和生长通过光合作用消耗了水中的CO₂，影响了水中的碳酸盐平衡，导致水体酸度降低。值得注意的是，源水pH值的增高将大大降低氯消毒的效果，致使耗氯量的增加。从理论上讲，H₂O₂在低pH值条件下具有较强的氧化性，



若我们人为的将原水pH值降低至 6.0 以下,对除藻率将有一定的提高,但在酸性条件下,PAC的混凝效果将降低。综合这两方面的因素,故试验时没有考虑pH值对H₂O₂预氧化的影响。温度也是“水华”形成的一个因素,据自来水公司水质监测中心对 2000 年汉江水华期间进行的水质调查结果显示,硅藻大量繁殖的适宜温度为 10~17℃。因预氧化试验是在“水华”形成以后进行,因此可不考虑温度对H₂O₂预氧化的影响。

3 结语

通过试验发现,过氧化氢预氧化可显著提高对水中藻类,浊度、有机物的去除率,而且与传统的预加氯工艺相比,不会产生三卤甲烷等消毒副产物,对饮用水水质无副作用,因而在含藻水处理上将具有很大的应用前景。

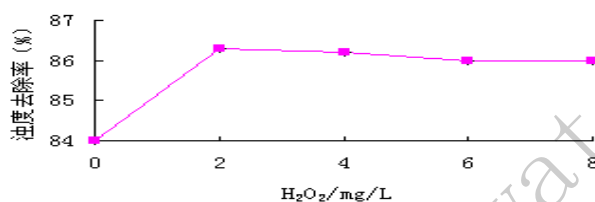


图3 H₂O₂对混凝的影响

参考文献

- [1] 陆家训.过氧化氢去除水中各种污染物的应用概配, 国外环境科学技术 1992, (2)45---48.
- [2] Beltran F J et al. Oxidation of atrazine by Fenton's reagent: condition optimization and product quantification. Environ. Sci. and Techno. 1995,29 (8) :2083---2089.
- [3] Chin-Hsiang Liao et al. Chemical oxidation by photolytic decomposition of hydrogen peroxide. Environ. Sci. and Techno. 1995,29(12):3007---3014.
- [4] 马军等.高铁酸盐复合药剂预氧化除藻效能研究冲田给水捶水.1990, 14(5): 9~11.
- [5] Pedahzur R et al. The interaction of silver ions and hydrogen peroxide in the inactivation of E.coli:a preliminary evaluation of a new long acting residual drinking water disinfectant.Water Sci & Techno. 1995,31(1): 123---129.