

高锰酸钾复合药剂除藻臭试验

陈忠林¹, 王东田¹, 李圭白¹, 吕启忠², 罗建强², 杨长青²

(1.哈尔滨工业大学 市政环境工程学院, 黑龙江 哈尔滨 150090; 2.郑州市自来水总公司, 河南 郑州 450007)

摘要: 比较研究了高锰酸钾复合药剂(PPC)、粉末活性炭(PAC)和过氧化氢(H₂O₂)在不同处理工艺条件下去除水中由藻类引起的鱼腥臭的效果。结果表明, PPC的除臭效果最好, 除臭效率优劣顺序为: PPC>PAC>H₂O₂。最后重点探讨了PPC去除饮用水中鱼腥臭的效能与机理。

关键词: 饮用水; 除臭; 高锰酸钾复合药剂

1 试验过程

1.1 试验水厂概况

郑州市自来水公司B水厂以黄河水为水源, 于黄河南岸取水入 22.54×104m³沉砂池, 经泵站抽入 355×104 m³蓄水池, 再经 12.8km输水管线进入水厂, 经常规混凝、沉淀、过滤、加氯消毒工艺处理后出厂。每逢冬春之交, 出水鱼腥臭味时有暴发, 加热或烧开后鱼腥臭味加重。经检验出厂水指标除臭味外均符合国家生活饮用水水质标准。

1.2 试验方法

试验采用六级臭味强度法对水样进行臭味测定。先由一人对系列水样的臭味强度大小进行比较, 得出各水样的第一组臭味强度, 再由另一人进行比较得出另一组臭味强度, 两人判定结果一致则有效, 若有争议则重复比较至得出一致结论。

2 试验结果与讨论

2.1 进水水质调查

为确定出水中鱼腥臭味突然加剧的根本原因, 对进水水质进行了调查。表 1 中列出了出水臭味加剧过程中进水水质变化趋势。

由表 1 看出, 此期间进水中总铁、氨氮、耗氧量、藻类均呈现明显上升趋势, 而所监测的其他指标均较平稳, 无明显变化。从各指标增长幅度看, 藻类增长 36.6 倍, 总铁增长 3.5 倍, 氨氮增长 2.0 倍, 耗氧量增长 1.8 倍, 由此推断, 藻类急剧繁殖是突然暴发鱼腥臭的主要原因。

表 1 出水臭味加剧过程中进水水质变化监测结果

日期	1	8	15	20	23	26	30
浊度(NTU)	16	16	18	28	18	16	10
温度(°C)	4	4	4	5	6	6	5
色度(倍)	10	10	10	10	10	10	10
肉眼可见物	无	无	无	无	无	无	无
pH	8.09	8.10	8.12	8.10	8.10	8.11	8.13
总碱度(mg/L)	180	180	175	185	190	185	195
氯化物(mg/L)	94.0	94.0	94.0	92.8	90.2	95.0	102
总硬度(mg/L)	290.0	282.5	282.5	292.5	310.0	290.0	297.5
钙(mg/L)	67	66	64	66	73	64	68
总镁(mg/L)	29.79	28.58	29.79	31.01	31.01	31.62	31.01

总铁(mg/L)	0.2	0.2	0.2	0.4	0.4	0.6	0.6
氨氮(mg/L)	0.6	0.4	0.4	0.6	0.6	1.20	1.2
亚硝酸盐氮(mg/L)	0.04	0.02	0.03	0.04	0.04	0.05	0.05
硝酸盐氮(mg/L)	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.6
耗氧量(mg/L)	3.63	3.94	3.70	5.07	6.40	5.20	5.20
总锰(mg/L)	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
藻类 (10 ⁴ 个/L)	22.4	44.8	151.2	124.8	390.4	819.6	723.2

为了解从黄河取水口经沉砂池、蓄水池到进厂之间藻类变化情况，多次取相关水样进行藻类测定，结果见图 1。

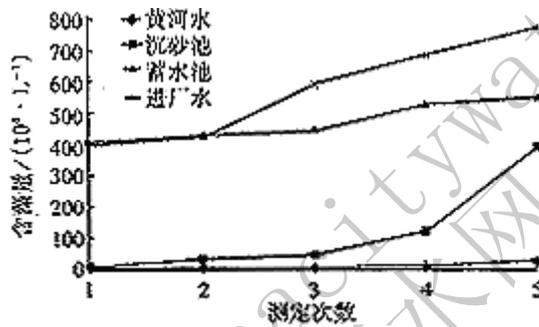


图 1 黄河水到进厂之间藻类变化情况

图 1 表明，黄河水的藻类数量并不高，经过沉砂池停留后有所上升，比黄河水增加 1.3~13.4 倍，而经过蓄水池后藻类数量进一步繁殖，蓄水池比沉砂池又增加 0.4~57.3 倍。在从蓄水池到水厂的输水管线中，藻类增减幅度不大，在-2%~40%之间。由此可见，藻类是在沉砂池和蓄水池中大量繁殖的。

2.2 水中鱼腥臭产生的机理

模拟常规处理工艺，对“进水→混凝沉淀→过滤→加氯消毒”试验流程中各水样进行了臭味测定，结果表明，进水中不存在鱼腥臭，混凝沉淀后水和滤后水也未产生鱼腥臭，而加氯消毒后的出水水样鱼腥臭很明显。由此推断，水中鱼腥臭的产生方式是：水中藻类或其代谢物经过常规处理后未能全部去除，仍有很大一部分穿透滤池进入清水池，在清水池加氯消毒过程中，藻类被杀死后尸体产生具有鱼腥臭味的物质，或是氯与藻类的某些代谢产物化合产生具有鱼腥臭味的物质。根据以上推断，模拟预氯化工艺进行试验，对各处理后水样进行臭味强度对比测定，结果同上。

对清水池中藻类进行的测定结果表明，清水池中藻类增加，出水中臭味加剧，与进水中藻类增殖趋势一致，且水中硅藻通常占总藻数的 80%~90%，最高达 88.9%。据文献^[2]所述，硅藻门中的星杆硅藻、平板硅藻、针杆硅藻等均产生鱼腥臭。图 2 是进水中藻类剧增和出水中鱼腥臭味加剧过程中硅藻所占百分比的变化曲线，硅藻百分比剧增的趋势与进水藻类增殖、清水池藻类增加和出水中臭味加剧的趋势一致，进一步说明出水中鱼腥臭味与进水中藻类有直接关系。

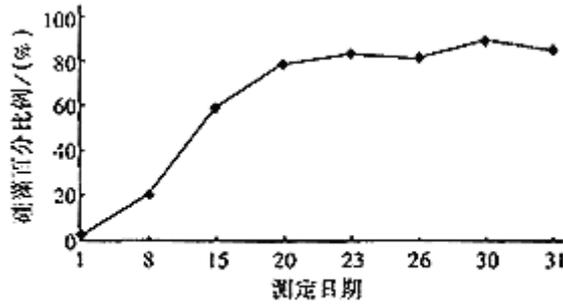


图2 进水中硅藻所占比例变化规律

另经考察,不同过滤条件下水的浊度范围在 6.5~0.1NTU 之间,其鱼腥臭味没有差异,即水的浊度与水的鱼腥臭味没有明显相关性,说明臭味物质在水中有良好的均匀分散性且不依附于水中浊质颗粒。

2.3 除臭工艺效能比较

首先取鱼腥臭较大的清水池水样进行试验,直接将 PPC、 H_2O_2 、PAC 等加入臭味水中,考察其除臭效能。用 3 个 1000mL 烧杯取 1L 有鱼腥臭的水样,分别加入预先用无臭水配制好的 H_2O_2 10mg、PAC 10mg、PPC 1mg,用多联搅拌器快搅(300r/min)30s 混匀,慢搅(30~60r/min)反应 20min,静置 20min 后取上清液测定臭味,重复数次。结果表明,投加 10mg/L H_2O_2 几乎没有去除鱼腥臭的效果,投加 10 mg/L PAC 的效果较明显,使鱼腥臭由 4~5 级降到 1~2 级;投加 PPC 效果最佳,几乎可完全消除水中鱼腥臭味。几种药剂直接去除清水池水样中鱼腥臭的优劣顺序为: PPC>PAC> H_2O_2 。以上试验探讨了各种药剂的除臭效能。但实际应用时,在清水池之后处理鱼腥臭味则需要投资建设后续处理单元,是不经济合理的。因此,处理对策应该与水厂现有常规处理工艺结合起来,把鱼腥臭味消除在滤池以前或清水池加氯消毒以前。

模拟“进水→预氯化→混凝沉淀→过滤→加氯消毒→管网”处理工艺,即进水先加 1~2mg/L 的氯进行预氯化,然后投加混凝剂聚合氯化铝 7.5mg/L,再分别投加 H_2O_2 10mg/L、PAC 10mg/L、PPC 1mg/L,经混凝沉淀、过滤,再加氯消毒,然后测定消毒后水的臭味。结果表明,常规处理后鱼腥臭味为 3~4 级,投加 H_2O_2 后鱼腥臭味为 2~3 级,投加 PAC 后鱼腥臭味为 1~2 级,投加 PPC 后鱼腥臭味为 0 级。由此可见,采用预氯化及各种药剂处理控制水中鱼腥臭味的优劣顺序为: PPC>PAC> H_2O_2 >常规处理。各种药剂去除鱼腥臭的规律与采用清水池水样试验结果一致,PPC 去除水中鱼腥臭的效果最好。

为了进一步比较几种处理方法的除臭效能,模拟常规处理工艺进行了比较研究。即进水投加 7.5mg/L 聚合氯化铝,再分别投加 H_2O_2 10mg/L、PAC 10mg/L、PPC 1mg/L,经过混凝沉淀、过滤、加氯消毒,再对消毒后水进行臭味测定。多次平行试验的结果表明,常规处理后水样鱼腥臭味仍为 3~4 级,采用 H_2O_2 、PAC 处理后水样的鱼腥臭味也为 3~4 级,而采用 PPC 处理后水样鱼腥臭味为 0~1 级,可见 PPC 具有很好的除臭效果。几种药剂除臭效果优劣顺序为 PPC>PAC≈ H_2O_2 ≈常规处理。

综上所述,无论预氯化与否,采用 PPC 处理是唯一有效的除臭方案。

2.4 PPC 除臭效能

根据以上研究结论,确定采用 PPC 对 B 水厂进水进行除臭处理。因此,重点比较了水厂常规处理(预加氯 2mg/L,聚合氯化铝 7.5mg/L)和高锰酸钾复合药剂处理(预加氯 2mg/L,聚合氯化铝 7.5mg/L,PPC 1~2mg/L)两种工艺。图 3 给出的是常规处理和投加不同剂量 PPC 处理时加氯消毒后水鱼腥臭味强度的多次测定结果。

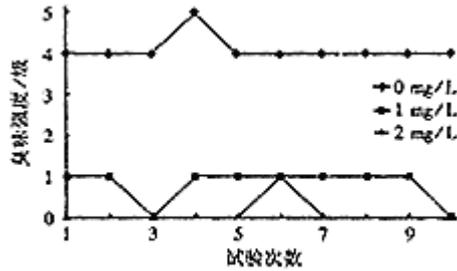


图3 不同PPC投量的除臭效果

由图3可以看出, PPC投加量在1~2mg/L即可控制出水鱼腥臭味在0~1级, 达到可饮用标准。这一结果表明, 采用PPC控制B水厂出水中鱼腥臭味是可行的。

2.5 PPC除臭机理探讨

由于臭味是由水中藻类及其代谢物产生的, 水中臭味来源于藻类胞外有机物, 而藻类主要通过被动释放和自体分解这两种方式向水中传递臭味物质, 使处理后水中产生鱼腥臭味。PPC各组间的协同作用是其具有显著除臭效果的关键, PPC对藻类代谢臭味物质的氧化作用和PPC被还原后产生的中间产物如水合二氧化锰等的吸附作用对鱼腥臭味的去除有主要贡献。水中臭味物质是微量的且有很好的均匀分散性, PPC溶解投加到水中后也有很好的均匀分散性, 可以对水中微量臭味物质进行充分的氧化或吸附去除, 因此除臭效果显著。

3 结论

B水厂出水中的鱼腥臭味是由藻类及其代谢物产生的; 用 H_2O_2 、PAC和PPC对进水处理的结果表明, PPC的除臭效果最好, H_2O_2 的除臭效果最差, PAC的除臭效果介于二者之间; PPC的除臭机理是: PPC溶解投加到水中后有很好的均匀分散性, 可以对水中均匀分散的微量臭味物质进行充分的氧化或吸附去除, PPC各组间的协同作用是其具有显著除臭效果的关键。

参考文献:

- [1] 李镜明, 叶舟, 蒋海涛. 富营养化湖泊水除臭试验研究 [J]. 给水排水, 1996, 22(3): 5.
- [2] 许保玖, 安鼎年. 给水处理理论与设计 [M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 1992.