

用空气代替臭氧处理微污染水

李 靖, 张玉先

(同济大学环境科学与工程学院, 上海 200092)

摘 要: 在 O_3 +GAC 微污染水原水的深度处理工艺中, O_3 是一种强氧化剂, 并能向水中提供溶解氧, 有利于生物净化作用。当水中的 COD_{Mn} 含量较低时, 用空气代替臭氧可以得到同样的处理效果。

关键词: 微污染水; 氧化剂; 生物净化作用; 空气

中图分类号: X703.1

文献标识码: B

文章编号: 1000-3770(2005)09-0072-03

臭氧 - 生物活性炭工艺是国内外研究较多的一种深度处理工艺。臭氧是强氧化剂, 可以将生物难降解的大分子有机物质分解为易于生物降解的小分子有机物, 对于水中产生色度、嗅味的污染物有良好的去除效果, 还可以起到向水中补充溶解氧的作用。但臭氧生产成本较高, 并且一般需要尾气处理装置对生产工人的健康有一定的影响。

近年随着环境保护投入力度的加大, 部分饮用水源的水质有了明显的改善, 针对这种情况, 我们在对利用活性炭处理上海黄浦江上游微污染水源中尝试利用空气代替臭氧进行曝气, 发现效果良好。这对促进活性炭深度处理工艺推广和改善供水水质有一定的价值。

1 水质特点

上海自来水水源水 70%取自黄浦江上游大桥泵站, 源水中化学耗氧量较高, 平均超过 5mg/L , 在夏季溶解氧含量较低 ($<2\text{mg/L}$)。Ames 试验水样呈阳性; 自来水水质以杨树浦水厂的出水状况为例, 出水中氨氮平均为 0.59mg/L , 化学耗氧量平均为 3.9mg/L , 有微弱氯气味等现象。这些现象的存在, 不仅影响出水的感官性状和健康安全性, 而且可能会降低出厂水的生物和化学稳定性, 引起管网的二次污染。

2 试验方法和工艺

根据对上海自来水水质的分析, 影响水质主要是 COD_{Mn} 、氨氮、锰和色度等偏高, 以及有微弱的氯

气味等现象存在, 我们在探索臭氧 - 活性炭工艺适合黄浦江水源的水处理工艺参数的同时, 试验利用空气代替臭氧, 为类似水源处理提供有益参考。

空气 - 活性炭采用模型试验形式, 试验的设备是自制的两个有机玻璃活性炭柱, 柱子内部直径为 100mm , 炭层装填高度为 1.8m , 下层铺 20cm 的碎石起承托层和反冲洗时均匀布水的作用, 与活性炭池相当。在柱子的侧面各设有若干个取样口, 以便检测不同深度活性炭的生物生长状况和水质变化情况。炭柱从上面进水, 1# 模型进水采用均质滤池的出水 (前面经预臭氧接触池 - 加矾沉淀 - 砂滤的处理工艺), 2# 模型进水采用双层滤池的出水 (前面经生物陶粒池 - 加矾沉淀 - 双层滤池), 在进水管同样高度处设有溢水管。曝气管在水面下约 40cm 处, 空气泵采用 400kPa 的小型气泵, 24h 连续曝气。反冲洗水用模型各自的进水, 反冲洗强度以活性炭膨胀 50% 为准, 反冲洗时间 $5\sim 8\text{min}$, 反冲周期根据进水质状况和流量不同作适当调整, 一般为 $3\sim 7\text{d}$ 。

3 结果与讨论

3.1 空气 - 活性炭对污染物的去除

3.1.1 对 COD_{Mn} 的去除

当温度为 $(20\pm 2)^\circ\text{C}$, 流速变化时, 活性炭对 COD_{Mn} 去除率的影响, 如表 1 所示。

活性炭对耗氧量的作用, 一方面是吸附, 一方面是生物降解。在活性炭柱刚开始运行时, 主要是活性

收稿日期 2004-09-10

作者简介: 李 靖 (1973-) 女, 在读博士, 主要研究方向为环境评价和生态规划, 联系电话: 021-65984220; E-mail: hongmiaohong@163.com。

炭吸附作用,再加上为培养生物膜,流速较低, COD_{Mn} 的去除率可达到 80%。

表 1 流速对 COD_{Mn} 去除的影响

流速(m/h)	3	5	7.2	10	12
进水 COD _{Mn} (mg/L)	4.08	4.34	3.76	3.83	3.84
出水 COD _{Mn} (mg/L)	0.82	1.36	1.42	1.68	2.46
去除率(%)	80	69	62	56	36

活性炭在吸附饱和以后, COD_{Mn} 的去除率明显降低,但由于生物膜生成,使得 COD_{Mn} 的去除率比较稳定。可以看出, COD_{Mn} 的去除效果受在活性炭床中的停留时间影响很大。

当流速 7.2m/h,温度变化对 COD_{Mn} 的去除有明显影响,结果如表 2 所示。

表 2 温度对 COD_{Mn} 去除的影响

水温()	27	22	18	12	8
进水 COD _{Mn} (mg/L)	3.86	4.23	3.76	5.72	4.85
出水 COD _{Mn} (mg/L)	1.97	1.56	1.42	2.57	2.72
去除率(%)	51	63	62	55	44

进水温度不同,活性炭在吸附和生物降解两个过程之间的主次关系也不同。在低温时期,不论难降解的或易降解的有机物,都会被吸附积累在活性炭表面,温度升高后,原水中繁殖的微生物,进入炭床后继续增生,并将已吸附的可降解有机物进行生物氧化降解,从而提高活性炭的去除 COD_{Mn} 的能力。并且从总体上看,低温时出水 COD_{Mn} 的浓度波动较小。

3.1.2 氨氮的去除

氨氮的去除受温度、pH 值、浓度、流速、停留时间等因素的影响。流速对氨氮去除率的影响如表 3 所示。

表 3 流速对氨氮去除的影响

流速(m/h)	3		5		7.2		10		12	
进水浓度(mg/L)	0.2	0.8	0.23	0.55	0.12	1.8	0.2	1.0	0.15	1.2
出水浓度(mg/L)	0.02	0.2	0.02	0.15	0.05	1.4	0.1	0.6	0.1	1.0
去除率(%)	90	75	91	73	60	44.4	50	40	33.3	17

从表 3 的结果可以看出,当流速增大后,由于处理水与生物膜接触时间缩短,氨氮的去除率降低;当氨氮的浓度高时,绝对去除值是增加的,但去除率有所降低;活性炭在进水氨氮浓度较低的情况下(<0.3mg/L),出水氨氮比较稳定,一般小于 0.05mg/L。另外值得注意的是,氨氮的浓度变化会影响生物膜的作用,不能突然把氨氮的浓度调到很大,中间要有一个过渡阶段,逐渐增大。

温度对氨氮去除效果影响和去除 COD_{Mn} 的原理相似。在低温时,适当延长处理水在活性炭中的停留时间,有助于提高氨氮的去除效果。在水温低于 8 时,生物膜受温度的影响较大,氨氮的去除效果较差。水温在 12~25 时,活性炭出水的氨氮含量稳定,说明在一定条件下用空气代替臭氧使水中的溶解氧满足了生物氧化氨氮的需要。

3.1.3 其他污染物

对铁、锰的去除,由于前面预处理和常规处理已减少在较低水平(在检测限以下),所以一直没有明显效果。

从出水的浊度来看,活性炭虽然对浊度有一定的去除率,但无论流量怎样变化,出水浊度变化不受太大影响,这与活性炭池出水状况一致,浊度的去除主要靠常规处理工艺。另外,由于炭层上部附着和悬浮着大量微生物,生物絮凝和生物降解对浊度的去除起了重要作用,但在过滤后期,游离在水中的菌胶团增多,容易在取样时随水流溢出;空气+活性炭中的微生物丝状菌较多,形成的菌胶团松散不密实,所以模型活性炭的出水浊度有时不是很稳定。

对色度的去除,臭氧+活性炭与空气+活性炭没有明显的区别,出水的色度都在 2~3 左右。色度的去除主要是活性炭的吸附作用和生物降解有色有机物。从目前的运行状况来看,两种处理方式相差不明显。

3.2 与臭氧-活性炭比较

在对 COD_{Mn} 的去除方面,活性炭前投加臭氧,为活性炭上生物的繁衍生长提供好氧的条件,并且容易破坏难以生物分解的有机物。根据黄浦江上游的水质,试验时臭氧的投加量为 1.2mg/L。用空气代替臭氧后,在水温<20 时,水中的溶解氧基本相同,但空气中的氧气不能很快氧化分解大分子有机物,故处理效果比投加臭氧的略差。

对氨氮、浊度、色度、铁、锰等的去除效果没有明显差别。空气-活性炭与臭氧-活性炭的区别突出的表现在对亚硝酸盐的去除上。

15 左右时不同流速下空气-活性炭对亚硝酸盐的去除效果如表 4 所示。

流速 7.2m/h(停留时间 15min)时,不同温度下,空气—活性炭对亚硝酸盐去除效果如表 5 所示。

臭氧-活性炭工艺相对应处理条件的出水,亚硝酸盐的含量均在检测线以下(<0.005mg/L)。利用空气曝气,当进水中氨氮的浓度增加,出水的亚硝酸

表 4 流速对亚硝酸盐去除的影响

流速(m/h)	3		5		7.2		10		12	
进水氨氮浓度(mg/L)	0.2	0.8	0.23	0.55	0.12	1.8	0.2	1.0	0.15	1.2
进水亚硝酸盐浓度(mg/L)	0.001	0.002	0.01	0.008	0.01	0.005	0.002	0.002	0.01	0.005
出水亚硝酸盐浓度(mg/L)	0.005	0.01	0.012	0.05	0.002	0.02	0.005	0.01	0.005	0.005

盐含量增高。虽然水中有足够氧化亚硝酸盐的氧，但不能使亚硝酸盐含量在短时间内减少到规定值。特别是在夏季水温在 25 以上时，水中的溶解氧不是很高，即使进水的氨氮浓度不是很高，也会造成出水的亚硝酸含量很高。水温较低时，虽然进水的氨氮浓度增加，微生物活性减弱，但氨氮的硝化过程受到阻碍，所以出水的亚硝酸盐含量比温度高时反而降低。

表 5 温度对亚硝酸盐去除的影响

温度()	10	15	20	25	30
进水氨氮浓度(mg/L)	0.30	0.23	0.25	0.20	0.22
进水亚硝酸盐浓度(mg/L)	0.01	0.005	0.01	0.005	0.005
出水亚硝酸盐浓度(mg/L)	0.002	0.005	0.01	0.04	0.1

4 空气 - 活性炭模型中的生物学特征

模型中的菌落数相当于臭氧 - 活性炭池的十分之一，基本在 2.5×10^5 至 9.0×10^5 个 / cm^3 ；活性炭自然挂膜较活性炭池慢，可采用人工挂膜法，聚落形态多为小菌落，菌胶团不密实，在后期有原生动物与后生动物出现，如豆虫、蛭膜虫、颤体虫等出现。

空气 + 活性炭模型中生物膜生成速度较慢，一方面可能是受营养物质、溶解氧等生长因素限制，另一

方面可能由于模型的内壁影响，流速不均匀造成。模型中溶解氧含量比活性炭池中的低，微生物为取得有利的生存条件，得到充分的氧气，形成的菌胶团不密实，在反冲洗过程中部分菌胶团容易随反冲洗水溢出。

5 小 结

利用空气 - 活性炭工艺进行微污染水处理，可能会在活性炭表面滋生藻类。在臭氧 - 活性炭工艺中，有锥形螺的繁殖，空气 - 活性炭中也可能存在，控制活性炭中的生物环境需要进一步探索。

有机污染物的去除一般与溶解氧浓度有关，在温度较高时，水中的溶解氧较低，使用空气 - 活性炭工艺受到一定限制。应增加氧气在水中的溶解量，可采用压力式曝气有利于空气在水中的溶解。

空气 - 活性炭工艺运行中，生物膜的形成比臭氧 - 活性炭的时间长，可以通过生物接种较快地形成生物膜。

空气 - 活性炭工艺运行中存在亚硝酸盐超标的危险，在氨氮浓度较高且水温也较高时不适合使用；对于黄浦江水源，水温低于 10 时，完全可以利用空气代替臭氧，降低水处理成本。

TREATMENT OF MICRO-POLLUTED WATER BY AIR IN PLACE OF OZONE

Li Jing, Zhang Yu-xian

(College of Environmental Science and Engineering, Tongji University, Shanghai 200092, China)

Abstract: In the technological process of deep treatment for micro-polluted raw water by O_3 +GAC, O_3 is a strong oxidant and can provide dissolved oxygen for water, being advantageous to purification of biological action. When COD_{Mn} content in water was lower, air in place of ozone could acquire the same treating effect as ozone did.

Keywords: micro-polluted water; oxidant; biological purification; air

简 讯

法国通用水务 BOT 模式投资扩建邯郸东污水厂

该工程是省重点建设项目，建设规模为日处理污水 10 万吨。该市采用 BOT 模式利用外资建设，全球最大的水务集团 -- 法国通用水务公司投资 1.29 亿元，在竞标中胜出，该项目建设采用国际先进的曝气生物滤池工艺，将于 2007 年竣工投运，建成后该市的东、西两个污水处理厂日处理污水可达到 26 万立方米，城市污水处理率将超过 70%，实现滏阳河退污还清。

(汪东林)