

O_3 -BAC 工艺处理高氨氮原水的问题探讨

叶 辉, 许建华

(同济大学环境科学与工程学院, 上海 200092)

摘 要: 本文结合 O_3 -BAC 工艺中试研究中出现的情况, 对该工艺在进水 NH_3-N 浓度较高时可能出现的问题进行了讨论。

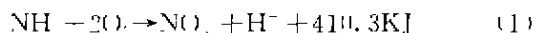
关键词: 臭氧生物活性炭(O_3 -BAC); 氨氮; 饮用水深度处理

中图分类号: TQ085⁺.4 **文献标识码:** B **文章编号:** 1000-3770(2001)05-0300-03

饮用水源的污染, 是我国自来水行业普遍面临的现实难题。为了获得高质量的饮用水, 部分水厂正在考虑采用或已经采用一些加强水质净化的饮用水处理新技术。 O_3 -BAC 工艺是六、七十年代首先从欧洲发展起来的一种饮用水深度处理技术。该工艺采用臭氧氧化和生物活性炭滤池联用的方法, 其主要目的是去除原水中的微量有机物和 THM、前体等有机指标, 提高饮用水的安全性。

1 NH_3-N 生物硝化的原理

在溶解氧丰富的条件下, 水中的 NH_3-N 先由亚硝化细菌氧化成亚硝酸盐, 然后再由硝化细菌将亚硝酸盐氧化成硝酸盐。这一过程称为硝化反应, 总反应式为:



根据(1)式的化学计量关系, 若要将 1mg NH_3-N 安全氧化成 NO_2^-N , 需要 4.57mg 溶解氧。实际上, 由于有少量的 NH_3-N 将参与微生物的同化作用, 消耗的溶解氧比 4.57mg 约低 2%。

2 O_3 -BAC 工艺去除氨氮试验结果

在上海周家渡水厂进行 O_3 -BAC 工艺的中试研究, 试验原水为水厂滤后水, 经臭氧氧化后进入生物活性炭滤池, 臭氧来自生产上的臭氧发生器。处理水量约 100m³/d。 O_3 氧化室 $\Phi 400$ mm, 高 4m; 活性炭滤池 $\Phi 800$ mm, 高 3.5m, 活性炭层高约 2m, 空柱滤

速 8~9m/h, 炭层 EBCT=13~15min。试验工艺流程见图 1。

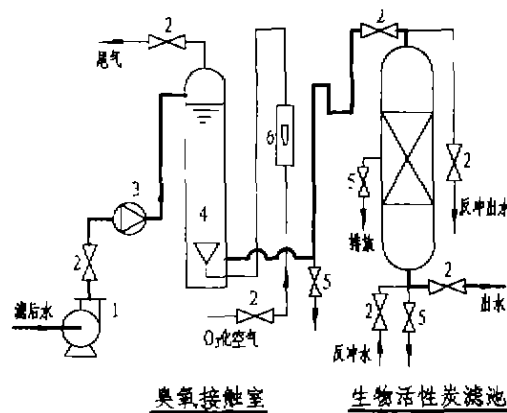
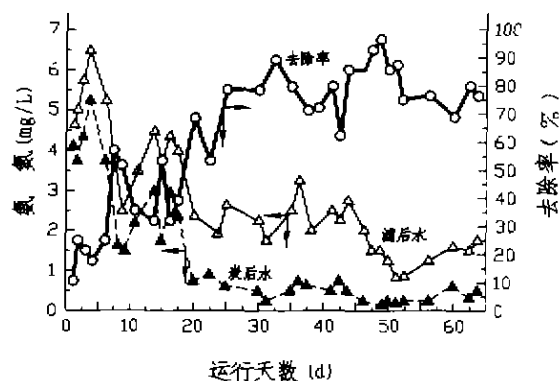
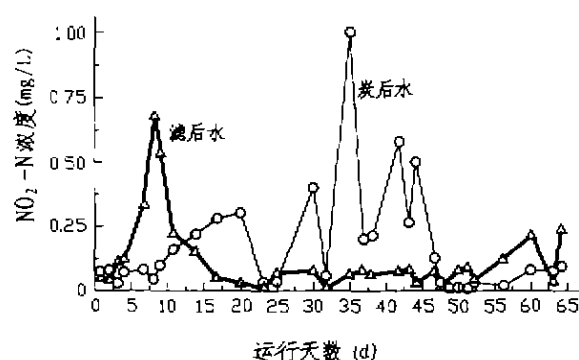
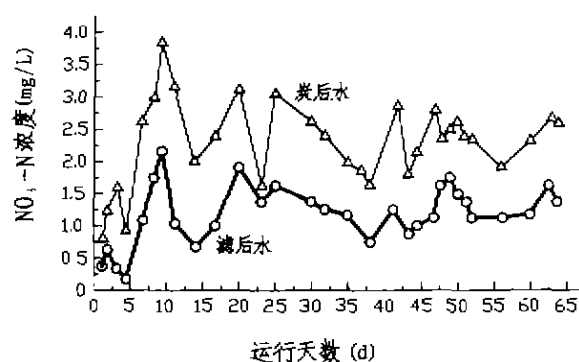


图 1 O_3 -BAC 工艺流程示意图

1. 加压泵, 2. 控制阀, 3. 水表,
4. 微孔钛板, 5. 取样龙头, 6. 气体流量计

试验从 6 月初至 8 月底, 试验期间水温在 22~31℃ 之间, 进水 $COD_{Mn}=4.0\sim 6.3\text{mg/L}$, COD_{Mn} 平均去除率 27.5%。 O_3 -BAC 试验运行稳定后, 对水厂滤后水, 活性炭池出水的 NH_3-N 、 NO_2^-N 和 NO_3^-N 进行了长期检测, 其结果分别见图 2~4。

试验检测发现, 臭氧氧化不能去除 NH_3-N , 有时甚至使 NH_3-N 略微升高, 估计是有机氮被氧化的结果。这说明 O_3 -BAC 工艺去除 NH_3-N 完全靠生物活性炭池内的微生物完成。

图2 O_3 -BAC 工艺进出水 NH_4^+-N 及去除率的变化图3 O_3 -BAC 工艺进出水 $NO_2^- - N$ 的变化图4 O_3 -BAC 工艺进出水 $NO_3^- - N$ 的变化

从图2~4中可以看出, O_3 -BAC 工艺对水中 NH_4^+-N 有一定的去除能力, 尤其是当进水 NH_4^+-N 浓度在 $2mg/L$ 以下时, 对 NH_4^+-N 有较高的去除率, 且能够较完全地转化为 $NO_2^- - N$, 活性炭池出水的 $NO_2^- - N$ 较低。但是如果进水的 NH_4^+-N 较高, NH_4^+-N 的硝化作用不完全, 出水的亚硝酸盐氮浓度就升高, 这从表1的统计结果得到证实。

当进水 NH_4^+-N 浓度高时, 硝化反应不完全可从硝化反应同溶解氧之间的关系得到解释。如前所

述, $1mg$ 的 NH_4^+-N 完全氧化成 $NO_3^- - N$ 需要略低于 $4.57mg$ 的溶解氧。 O_3 -BAC 工艺中生物活性炭池为淹没式滤池, 不能向池中充氧, 进水在 O_3 接触室内将溶解氧提高到饱和状态进入生物活性炭滤池。氧在水中的溶解度受水温控制, 在正常的水温范围内, 水中氧的最大溶解度在 $10mg/L$ 左右, 因而 NH_4^+-N 硝化要受溶解氧的限制。

表1 进水 $NH_4^+-N > 2mg/L$ 和 $NH_4^+-N < 2mg/L$ 时出水 $NO_2^- - N$ 浓度的统计结果

统计条件	统计天数	水样名称	NH_4^+-N 平均值 (mg/L)	$NO_2^- - N$ 平均值 (mg/L)
NH_4^+-N $> 2mg/L$	20	进水	3.49	0.147
	20	出水	1.88	0.238
NH_4^+-N $< 2mg/L$	11	进水	1.45	0.162
	11	出水	0.51	0.036

NH_4^+-N 硝化过程分两步进行, 生成 $NO_2^- - N$ 的反应需氧量较低 ($3.43mg/mg$), 因而当进水 NH_4^+-N 浓度较高, 溶解氧不足的情况下, 虽然也能维持相对较高的 NH_4^+-N 去除率, 但不能完全转化为 $NO_3^- - N$, 而是一部分转化 $NO_2^- - N$, 造成出水的 $NO_2^- - N$ 浓度升高。

3 O_3 -BAC 工艺在进水 NH_4^+-N 浓度过高时的问题讨论

先讨论是否会出现 NH_4^+-N 浓度过高的问题。本实验中原水 NH_4^+-N 浓度多数超过 $2mg/L$, 严重时甚至达到 $7mg/L$ 以上。不仅上海, 我国其它污染严重地区的水源水, 也常有 NH_4^+-N 浓度很高的报道。目前, 我国绝大多数生活污水处理厂都没有除磷脱氮工艺, 加上农业氮肥和工业污染, 使地表水中的 NH_4^+-N 浓度逐年上升。

当原水 NH_4^+-N 浓度较高时, 可能给 O_3 -BAC 工艺带来以下两个问题。

3.1 亚硝酸盐问题

饮用水含有较高浓度的亚硝酸盐是危险的。亚硝酸盐在人体内可能同仲胺类物质反应生成亚硝胺, 而绝大多数亚硝胺有致癌作用。欧共体将饮用水标准中的 $NO_2^- - N$ 确定为 $0.1mg/L$ 。亚硝酸盐是氨和硝酸盐之间转化的中间产物, 在水中较不稳定, 在微生物作用下容易转化为氨或硝酸盐。氧化剂(如氯)也能将其氧化成硝酸盐, 实际上自来水厂出厂水中一般不含较高浓度的亚硝酸盐。

O₃-BAC 工艺的情况有所不同。在活性炭池内,由于活性炭的吸附作用,在活性炭表面富集了大量有机物,其中如果有仲胺类物质,可能与在炭层中形成的亚硝酸盐反应生成亚硝胺。

3.2 影响有机物的去除效果

水厂采用 O₃-BAC 工艺的主要目的是去除水中微量有机污染物,提高饮用水的安全性。如前所述,进水 NH₃-N 浓度过高,硝化细菌将占优势,溶解氧会被硝化细菌迅速耗光。生物活性炭滤池中的异养菌得不到足够的溶解氧来氧化去除有机物,会影响活性炭的生物再生效果,从而降低生物活性炭池去除有机污染物的效率。

根据以上讨论可知,O₃-BAC 工艺应避免进水 NH₃-N 浓度过高。根据水温 and 氧饱和溶解度的关系,建议在夏天时进水 NH₃-N 浓度不超过 1.5mg/L,冬天不超过 2.0mg/L,如果原水 NH₃-N 浓度持续较高,则应采取措施去除 NH₃-N。

4 解决进水 NH₃-N 浓度过高的方法

在我国,拟采用 O₃-BAC 工艺的自来水厂,其原水有机污染一般已较严重,NH₃-N 浓度也会较高,因而对选用 O₃-BAC 工艺应慎重权衡。确定要采用该工艺时,可能有以下几种方法来解决过高的原水 NH₃-N 问题。

4.1 折点加氯及其局限性

折点加氯就是投加过量的氯来消除水中的 NH₃-N。折点加氯的局限较大,NH₃-N 浓度高时,加氯量大,费用较高;过量加氯也会使水中产生大量有机氯化物。

4.2 两级活性炭滤池

文献^[1]中提出用两级生物活性炭滤池的方法解决进水 NH₃-N 浓度过高的问题,就是第一级生物活性炭滤池出水经充氧后再进入第二级生物活性炭滤池。由于活性炭滤池的造价很高,实施比较困难。且即使使用两级活性炭滤池,去除 NH₃-N 的能力也有限

制。

4.3 生物预处理同 O₃-BAC 工艺联用

生物预处理工艺是在混凝沉淀之前对原水进行生物法预处理。由于生物预处理池有曝气设备,能向水中连续充氧,因而对 NH₃-N 的去除效果明显。根据文献^[2]所述,能达 65%~90%,从而可使 O₃-BAC 进水 NH₃-N 浓度达到 2mg/L 以下。另外,生物预处理工艺还对 COD_{Mn}、色度、浊度和锰等有一定的去除效果。目前为止,生物预处理是解决 O₃-BAC 工艺进水 NH₃-N 浓度过高的最好方法。

5 结 论

O₃-BAC 是很好的饮用水深度处理工艺。由于活性炭滤池存在大量微生物,该工艺对 NH₃-N 有一定的去除能力。受水中溶解氧的限制,当进水 NH₃-N 浓度较高时,对 O₃-BAC 工艺有不良影响。

进水 NH₃-N 浓度过高是可能出现的,它有两方面不良影响,其一是 NO₂-N 在炭层内积累,可能生成致癌的亚硝胺类化合物;其二是由于硝化反应过度消耗溶解氧,影响 O₃-BAC 工艺去除有机物的效率。根据水温和氧饱和溶解度的关系,建议在夏天时进水 NH₃-N 浓度不超过 1.5mg/L,冬天不超过 2.0mg/L。

O₃-BAC 工艺的选用宜慎重。解决进水 NH₃-N 浓度过高的最好方法是生物预处理同常规处理和 O₃-BAC 工艺联用。

参考文献

- [1] 吕锡武,严熙世.生物活性炭去除氨氮的实践与机制[J].上海环境科学,1988,7(1):13~16.
- [2] 许建华,等.微污染原水的生物接触氧化预处理研究[J].同济大学学报,1995,23:376~381.
- [3] 余健,许建华.生物接触氧化法处理污染原水[J].中国给水排水,1993,9(6):47~49.