

生物增强活性炭滤池的反冲洗方式研究

张晓彦¹, 王广智², 李伟光², 谷 军¹

(1. 黑龙江省科学院 应用微生物研究所, 哈尔滨 150010 哈尔滨工业大学 市政环境学院, 哈尔滨 150090)

摘要: 针对我国东北地区的特定水质, 进行了生物增强活性炭滤池的反冲洗方式研究. 本试验比较了单独水冲、气-水反冲和气-水二次反冲三种反冲洗方式的反冲洗效果. 试验结果表明, 气-水两段式反冲效果最佳, 但操作较繁琐, 实际应用中可采用气-水反冲, 既操作简便又能达到理想的反冲洗效果. 并针对不同的反冲洗方式, 确定了各自最佳反冲洗参数, 以供实际参考和应用.

关键词: 生物增强; 活性炭滤池; 反冲洗; 浊度

中图分类号: X703

文献标识码: A

文章编号: 1672-0946(2009)02-0146-04

Study on method of backwash of enhancing biological activated carbon filter

ZHANG Xiao-yan¹, WANG Guang-zhi², LI Wei-guang², GU Jun¹

(1. Heilongjiang Academy of Science Application Microbiology Research Institute, Harbin 150010, China

2. School of Municipal and Environmental Engineering, Harbin Institute of Technology, Harbin 150090, China)

Abstract An experiment study of specific supply water on the backwash of enhancing biological activated carbon is carried out in northeast area of China. Various methods of backwash is taken and the experimental result is analyzed. The result is that the gas-water backwash twice is the best but the operation is complex. The gas-water backwash can be used in application because of its validity and complicated. The appropriate parameter is obtained for practice with different backwash method.

Key words enhancing biological activated carbon filter; backwashing; turbidity

在生物增强活性炭滤池的运行过程中, 水中可被活性炭吸附的污染物会慢慢积累在活性炭的空隙内, 造成滤床水头损失变大, 通水能力降低, 不但影响产水量, 还影响出水水质, 甚至导致出水水质不达标, 所以需定期对活性炭滤池进行反冲洗^[1]. 普通活性炭滤池即使采用较大反冲洗强度也不会对活性炭滤池造成很大影响, 但对于生物增强活性炭滤池就不同, 反冲洗既要达到一定的反冲洗强度, 保证炭上的老化及过剩生物膜脱落、部分污染物被冲出生物滤池, 又要确保生物活性炭上保留一定的生物量以便及时形成新的生物膜, 保证炭上生

物降解作用及时、充分的发挥^[2]. 生物增强活性炭是人工培养驯化出适应特定水质的优势菌后强化固定到活性炭上的一种生物活性炭新技术. 对于生物增强活性炭, 保持一定的优势菌种类及数量, 是至关重要的. 所以, 选取合适的反冲洗方式及强度对生物增强活性炭工艺的正常运行尤为关键.

1 试验装置和分析方法

1.1 试验流程

本试验工艺流程见图 1, 处理水量为 5 m³/h

收稿日期: 2008-11-27

基金项目: 国家自然科学基金项目(50678046).

作者简介: 张晓彦(1967-), 女, 研究方向: 微生物发酵.

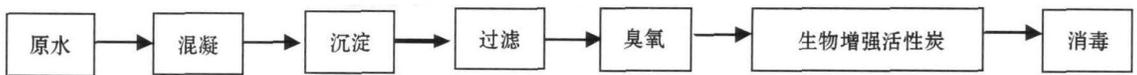


图 1 试验流程图

1.2 工艺参数

1.2.1 常规工艺单元

混凝池采用机械搅拌池,停留时间 20 min. 混凝剂采用质量分数为 5% 的 FeCl_3 , 投药量 5~15 mg/L. 沉淀采用斜管沉淀池,停留时间 30 min. 过滤采用无烟煤和石英砂双层滤料,上层为厚度 600 mm,下层为厚度 400 mm,滤速为 8 m/h.

1.2.2 深度处理单元

臭氧接触池采用钛板曝气,气水同向流,臭氧与水接触时间 12 min. 臭氧发生设备为 OZAT CF-3 型臭氧发生器. 生物增强活性炭池采用采用双层滤料,石英砂滤层厚度 300 mm. 活性炭型号 ZJ-15 装填高度 1500 mm. 消毒池总停留时间 2 h.

1.2.3 试验启动

将人工筛选驯化的优势菌种,用物理循环吸附法固定在活性炭上,具体参数见表 1.

表 1 优势菌种固定化参数

菌液浓度 $/(\text{个} \cdot \text{mL}^{-1})$	循环流量 $/(L \cdot \text{min}^{-1})$	循环时间 $/\text{h}$	反洗前出水菌数 $/(\text{个} \cdot \text{mL}^{-1})$	反洗后出水菌数 $/(\text{个} \cdot \text{mL}^{-1})$
10^9	0.2	12	500	23

1.3 反冲洗方式及检测指标

本试验采用的反冲洗方式为:单独水冲、气-水反冲、气-水二次反冲. 反冲洗前,停止生物增强活性炭滤池的进水,待池内水面降至炭层以下约 20~30 cm 时关掉炭池出水,然后再进行反冲洗. 试验期间生物增强活性炭滤池进水温度为 18~20 $^{\circ}\text{C}$,反冲洗周期为 10 d 左右.

浊度检测采用 HACH 的 2100N 浊度仪;

COD_{Mn} 采用高锰酸钾酸性法;

细菌总数采用平板计数法.

2 试验结果与分析

以相同反冲历时下的反冲废水浊度、反冲废水浊度与反冲初始浊度的比值、反冲废水浊度与初始 COD_{Mn} 的比值(浊污比)、从高浊度到持续低浊度的出现历时、从高浊污比到持续低浊污比的出现历时作为评价指标. 以反冲洗废水浊度 5 ntu 作为结束反冲洗的控制指标.

2.1 单独水冲

2.1.1 反冲洗强度

反冲洗主要去除活性炭滤池中的过剩微生物和吸附在活性炭上的部分污染物,反冲洗出水浊度高说明从活性炭上冲洗下来的微生物和污染物较多. 从图 2 可知,反冲洗强度为 15 $\text{L}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ 时的反冲洗出水浊度在前 7 min 内比强度为 10 $\text{L}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ 时高,而在反冲洗进行 7 min 之后比强度为 10 $\text{L}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ 时低. 强度较大时,水流和炭颗粒之

间以及炭炭颗粒之间的摩擦加剧,附着在炭上的过剩微生物和污染物被冲洗下来的量就会较大. 因此反冲洗浊度为 15 $\text{L}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ 时,前几分钟出水浊度、色度均比反冲洗强度为 10 $\text{L}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ 时要大. 所以单独采用水冲时应采用高的反冲洗强度,但是对于石英砂、活性炭双层滤料的活性炭滤池,太高的反冲洗强度极易导致石英砂和活性炭的混层,而且如果活性炭强度不是很大还有可能造成活性炭表面磨损,所以针对石英砂、活性炭双层滤料的活性炭滤池,反冲洗强度不可过大. 冲洗强度为 15 $\text{L}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ 时,试验中未发现明显的混层现象,所以反冲洗方式为单独水冲时冲洗强度可采用 15 $\text{L}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$.

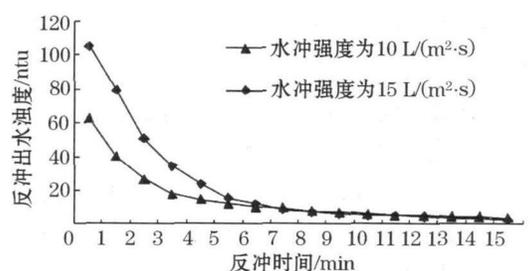


图 2 单独水冲不同冲洗强度出水浊度对比

2.1.2 反冲洗时间

在反冲洗出水前 1 min 内,反冲洗出水浊度、色度均很高,而且存在大量肉眼可见物. 随着时间的延长,出水浊度、色度逐渐降低. 冲洗强度为 10~15 $\text{L}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ 时,反冲洗出水浊度达到 5 ntu 所需

时间分别为 12 10 min 反冲洗浊度与反冲洗初始浊度比值达到 10% 所需时间分别为 10 7min

因此,单独水冲冲洗强度为 15 L/(m²· s)时,适宜的反冲时间为 10 min 左右.

2.2 气-水反冲洗

2.2.1 气冲强度与时间

1) 气冲强度对生物增强活性炭反冲效果的影响

采用气-水反冲洗方式进行生物增强活性炭的反冲洗时,气冲强度的选择很重要.气冲强度过低,不能使生物活性炭上的生物膜脱落,冲强度过高将导致炭上的生物膜脱落严重,微生物被过量冲出,影响下一轮微生物挂膜和生物活性的发挥,继而影响生物活性炭的处理效果^[3].

工艺正常运行情况下,生物增强活性炭上微生物的分布情况为炭层上部最多、中部次之、下部最少,微生物量一般为 10³ (CFU/g)数量级.图 3 为气冲强度对生物增强活性炭上生物量的影响图,图 3 中采用的气冲时间为 5 min 水冲强度为 12 L/(m²· s),冲洗时间为 15 min.从图 3 中可以看出,气冲强度为 10 L/(m²· s)时,反冲后炭池上部的生物量被冲掉 30%~40%,炭上剩余生物量适当,炭池中部和下部被冲掉的生物量较大,使气冲效果得以充分发挥,而且还保证了炭上留有足够的生物量以形成稳定的生物膜.因此,气冲强度采用 10 L/(m²· s)是比较合适的.

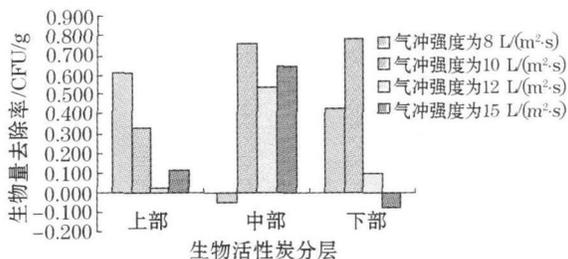


图 3 气冲强度对生物增强活性炭上生物量的影响

2) 气冲时间

实验结果表明,在水冲强度一定的情况下,经过 5 min 的气冲后,水冲出水初始浊度明显高于 3 min 气冲后的水冲出水浊度,并且出水浊度下降较快.气冲时间越长,气冲冲下的生物量越大.根据微生物挂膜情况,可采用不同的气冲时间.一般,水温较高时微生物生长繁殖快,形成的生物膜较厚,此时可采用较长时间的反冲洗;水温较低时,微生物生长繁殖很慢,生物膜较薄,此时的反冲洗时间应缩短.因此,建议夏季气冲时间采用 5 min,冬季气

冲时间采用 3 min

2.2.2 水冲强度与时间

水冲能使气冲时脱落的过剩生物膜和部分污染物冲出池外,保障了生物增强活性炭工艺的正常运行.控制其他条件相同,在一定范围内增大水冲强度会改善反冲洗效果.反冲洗强度为 10 12 15 18 L/(m²· s)时,反冲洗出水浊度达到 5 ntu 分别为 9 8 6 5 min.从图 4 可以看出,水冲强度越高,反冲洗出水初始浊污比越大,高浊污比到持续低浊污比历时越短,浊污比与初始浊污比的比值为 10% 的所需时间越短.这表明采用高强度水冲对滤层冲洗得较为彻底.

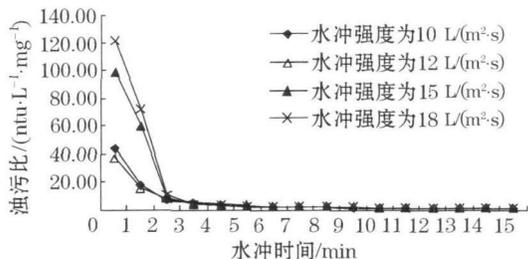


图 4 气-水反冲不同反冲洗强度下的浊污比

试验所用原水中的污染物质量浓度较低 (TOC 为 40 mg/L 左右),而且从工艺流程图中可知,砂滤出水经过臭氧氧化后进入生物增强活性炭滤池,所以生物增强活性炭滤池中的污染物浓度会很低,因此反冲洗时水冲强度不易大,以免在气冲的基础上又一次冲掉大量微生物,影响下一轮生物膜的成熟.建议水冲强度采用 12~15 L/(m²· s),水冲时间为 8~10 min

2.2.3 生物增强活性炭初滤水浊度的变化

图 5 为生物增强炭池经过气冲强度为 10 L/(m²· s),气冲时间为 5 min 水冲强度为 12 L/(m²· s),水冲时间为 10 min 反冲洗后的初滤水浊度变化情况.从图 5 中可以看出,随着时间的延长,炭池出水浊度有逐渐变小的趋势,经过 1 h 后炭池出水可稳定在 0.100~0.150 ntu

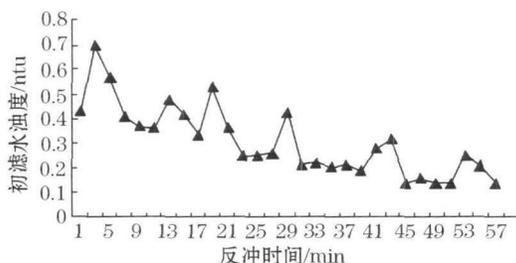


图 5 初滤水浊度变化

2.3 气-水二次反冲洗

气-水二次反冲洗,即连续进行两次气-水反冲洗,可以更彻底地冲掉过剩的生物膜和被活性炭吸附的部分污染物,从而延长生物增强活性炭的反冲洗周期.试验过程中,气-水二次反冲洗时两次气冲采用的强度均采用 $10 \text{ L}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$,时间均为 3 min .

从图 5 中反冲洗出水浊度变化情况可以看出,第一次水冲浊度变化很明显,尤其在水冲 $0 \sim 3 \text{ min}$ 变化尤为明显,第二次水冲时初始浊度比第一次水冲结束时的出水浊度高许多,第二次水冲 $0 \sim 3 \text{ min}$ 浊度变化较明显, 3 min 后浊度趋于稳定,浊度可降到 5 ntU , 5 min 后浊度可降到 1 ntU 左右.浊污比的变化情况与之相似,如图 6 因此,采用气-水+气-水两段式反冲洗方式时,可采用较小的水冲强度即可,建议两次水冲的强度均采用 $12 \text{ L}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$,水冲时间均为 5 min 即可.

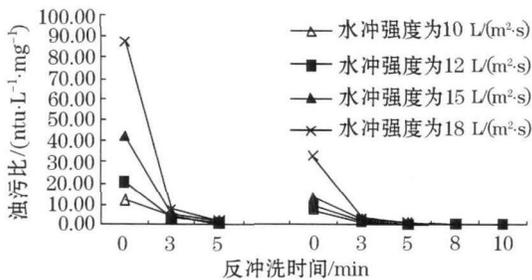


图 6 不同水冲强度下出水浊污比

2.4 不同反冲洗方式的对比

图 7 为不同反冲洗方式的反冲洗效果对比图.图中单独水冲采用的水冲强度为 $15 \text{ L}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$,时间为 15 min ;气-水反冲洗采用的气冲强度为 $10 \text{ L}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$,时间为 3 min ;水冲强度为 $15 \text{ L}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$,时间为 15 min ;气-水二次反冲洗气冲强度均为 $10 \text{ L}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$,时间均为 3 min ;水冲强度均为 $12 \text{ L}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$,第一次水冲时间为 5 min ,第二次水冲时间为 10 min .

从图 7 中的比较可以看出,气-水反冲洗效果明显好与单独水冲效果.气-水反冲洗从高浊污比到趋于稳定的低浊污比所用时间 (8 min) 短于后者 (10 min),前者反冲洗出水浊污比与初始浊污比的比值达到 10% 所用时间 (2 min) 短于后者 (6 min).原因在于较大的紊流气体能预先冲松滤层并更好地冲刷活性炭表面的生物膜^[4].

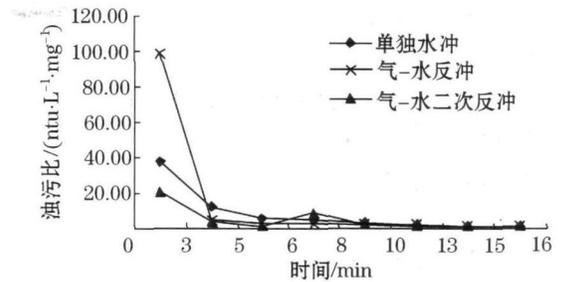


图 7 不同反冲洗方式的反冲洗效果比较

气-水二次反冲洗在第一次反冲洗时出水浊度和浊污比变化非常明显,第二次反冲洗时反冲洗出水浊度和浊污比变化较为缓和,但比单独水冲和气-水反冲的水冲同时间的浊度和浊污比变化要明显,说明气-水二次反冲洗的效果比单独水冲和气-水反冲洗的效果好.但气-水二次反冲洗程序较繁琐,操作较复杂^[5].因此,结合各反冲洗方式的特点,在实际应用中可采取不同的反冲洗方式.这里建议采用气-水反冲洗,既能达到理想的反冲洗效果,又操作简便.

3 结论

- 1) 如果采用单独水冲,适宜的反冲洗参数为:水冲强度为 $5 \text{ L}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$,时间 10 min .
- 2) 气-水反冲洗效果优于单独水冲效果,可采用的气冲强度为 $10 \text{ L}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$,时间夏季 3 min 冬季 5 min ;水冲强度 $12 \sim 15 \text{ L}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$,时间 $8 \sim 10 \text{ min}$.
- 3) 气-水二次反冲洗的效果优于单独水冲和气-水反冲洗的效果,但操作复杂.可采用的气冲强度均为 $10 \text{ L}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$,时间均为 3 min ;水冲强度均为 $12 \text{ L}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$,水冲时间均为 5 min .
- 4) 建议实际应用中采取气-水反冲洗方式,既能达到理想的反冲洗效果,又操作简便.

参考文献:

- [1] AHMAD R, AM RTHATAJAH A. Effects of backwashing on biological filter [J]. AWWA, 1998, 90(12): 62-73.
- [2] 孙 昕, 张金松. 生物活性炭滤池的反冲洗方式研究 [J]. 中国给水排水, 2002, 18(2): 14-17.
- [3] 张 杰, 陈秀荣. 曝气生物滤池反冲洗的特性 [J]. 环境科学, 2003, 24(5): 86-91.
- [4] AHMAD R, AM RTHARA JAH A. Detachment of particles during biofilter backwashing [J]. AWWA, 1998, 90(12): 74-85.
- [5] 程晓如, 方 正. 三层滤料滤池移动式气水反冲洗研究 [J]. 武汉水利电力大学学报, 1996, 29(1): 70-74.