

生物滤池低温堵塞问题的研究

张 杰 白 宇 郜玉楠 陈淑芳

(哈尔滨工业大学市政环境工程学院, 黑龙江 哈尔滨 150090)

摘要:好氧生物滤池应用在污水深度处理中有很多优越性,但低温条件下生物滤柱易堵塞,反冲洗频繁,氨氮去除效果不好。采用短时反冲洗有效缓解了滤柱的堵塞问题,延长了工作周期,平均产水率由 $2.65 \text{ m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$ 变为 $2.84 \text{ m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$,氨氮去除率由 15% 提高到 40%。通过正交试验得出,影响生物滤柱平均产水率顺序为过滤周期、短时反冲洗时间、短时反冲洗水强度、短时反冲洗气强度;确定了短时反冲洗的气洗强度为 $63 \text{ m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$,水洗强度为 $25.2 \text{ m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$,反冲洗时间为 60 s,过滤周期为 72 h。

关键词:生物滤池;低温;堵塞;短时反冲洗

中图分类号:TQ051.893

文献标识码:A

文章编号:0253-4320(2004)06-0053-03

Research of biofilter clogging at low temperature

ZHANG Jie, BAI Yu, GAO Yu-nan, CHEN Shu-fang

(School of Municipal and Environment Engineering, Harbin Institute of Technology, Harbin 150090, China)

Abstract: Aerobic biofilter used in deep treatment of wastewater has many advantages, but it often trends to clogging at low temperature and need frequent backwash, the removal rate of $\text{NH}_3\text{-N}$ is low. Backblowing can slow down the above problems, prolong the working cycle, improve the average flux from 2.65 to $2.84 \text{ m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$ and the removal of $\text{NH}_3\text{-N}$ from 15% to 40%. By means of a factorial design, different backblowing parameters influencing on flux include filtration cycle, time of backblowing, water pressure and air pressure. The results show that the best flux is obtained when the air pressure is $63 \text{ m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$, water pressure, $25.2 \text{ m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$, time of backblowing, 60 s and filtration cycle, 72 h.

Key words: biofilter; low temperature; clogging; backblowing

生物膜反应器成功应用于水处理工艺长达一个世纪之久,然而近 20 年来它在污水深度处理中的优越性才日益引起人们的关注:一是由于其生物量较大,能够实现在污水原有一级、二级处理基础上的高负荷运行,从而可减少深度处理部分的占地面积;二是由于生物膜具有粘附性,可较好地实现二级污水中剩余营养盐的去除,缓解二级出水不达标窘境。

1 试验装置与方法

生物滤池的净化过程是由物理截滤和生物氧化共同完成的,随着运行时间的延长,水头损失逐渐加大,会发生阻塞、短流现象,需要进行定时反冲洗。当生物滤池在低温下运行,尤其当冬季和春季到来时,大量的融雪水进入城市排水系统,生物滤池的堵塞问题会更严重,运行周期会大大缩短。试验以污水深度处理为依托,研究了温度对滤池堵塞以及对反冲洗周期的影响,并提出有效的缓解措施。试验装置如图 1 所示。

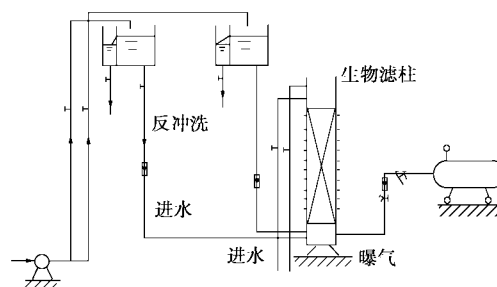


图 1 试验装置流程图

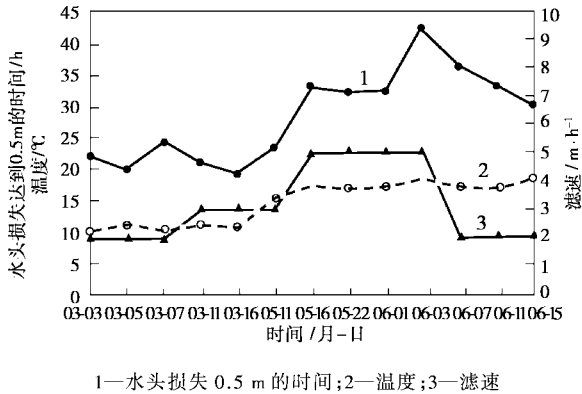
生物滤柱采用气水同向流运行方式,滤柱高 2 500 mm,直径 100 mm,内装 1 600 mm 高的黏土陶粒填料,填料粒径 2~4 mm,密度 $1 820 \text{ kg}/\text{m}^3$,孔隙率为 0.42。启动阶段水力停留时间为 120 min,气水比为 3:1。水头损失达到 0.6 m 左右时进行反冲洗。

2 影响因素

2.1 滤速和温度对生物滤池堵塞的影响

研究表明,在水质稳定的情况下,滤速对生物滤

池的堵塞和对反冲洗周期有较大影响^[1]。较高的滤速导致无机颗粒和脱落的生物膜向滤床的纵深方向发展,从而加快了堵塞。图 2 是 2003 年试验阶段观察到的滤速和温度分别对水头损失的影响。

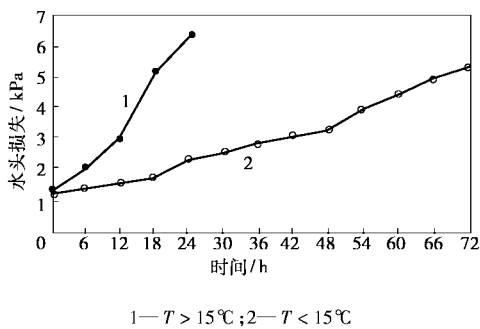


1—水头损失 0.5 m 的时间;2—温度;3—滤速

图 2 滤速和温度对水头损失的影响

由图 2 可知,温度对生物滤柱堵塞的影响要大于滤速的影响。滤速为 2、3、5 m/h 时生物滤柱水头损失达到 0.5 m 的时间变化不大,这一点可能与进水的的水质有关。经深度处理的进水中悬浮物质较少,有机物浓度低。与 Visvanathan 进行的污水二级处理相比,滤速的变化引起的容积负荷变化不大,滤柱的堵塞相对也会慢一些。

图 3 是不同温度下生物滤柱随着运行时间的延长水头损失的变化。



1— $T > 15^{\circ}\text{C}$; 2— $T < 15^{\circ}\text{C}$

图 3 不同温度下生物滤柱水头损失的变化

水温在 15℃ 以上时,生物滤柱的运行周期大约为 72 h,水头损失由 0.11 m 升高至 0.55 m;而当温度在 15℃ 以下时,生物滤柱的堵塞相对严重,水头损失在 24 h 之内由 0.10 m 增加至 0.65 m,从而导致反冲洗频繁且严重影响了氨氮的去除效果。

这是因为温度升高一方面使水中氧的溶解度降低^[2];另一方面,根据微生物的酶促反应原理,温度升高有利于增加微生物活性,使其耗氧量变大,因此易在生物膜的内侧形成厌氧的微环境,产生气体和使周围环境酸化的挥发性有机酸,有利于生物膜的

脱落,从而能够缓解生物滤柱的堵塞。研究发现,厌氧环境产生的硫化物会破坏污泥絮体的形成,因此可以推测它对生物滤柱填料之间类似污泥的悬浮生物量的稳定性也会有一定的影响^[3]。温度降低时,微生物新陈代谢能力下降,水中氧的溶解度也会增加,生物滤柱不易产生厌氧区,减少了生物膜的脱落,悬浮物质和生物量增加,生物滤柱在运行中易发生阻塞。

2.2 短时反冲洗对氨氮去除的影响

在生物滤池的实际运行之中,一般以水头损失作为反冲洗的控制参数^[4]。低温条件下滤池水头损失加快,为避免堵塞,要进行频繁的反冲洗。试验采用短时气水反冲洗,有效缓解了滤柱的堵塞问题,延长了滤池运行周期。生物滤柱每运行 12 h 后进行一次短时反冲洗,当运行时间积累至 72 h 后,进行正常的气水反冲洗。图 4 是低温下生物滤柱在运行 24、36、48、60 h 后采用短时反冲洗时水头损失的变化,每次短时反冲洗后水头损失降至 0.38 m 左右。

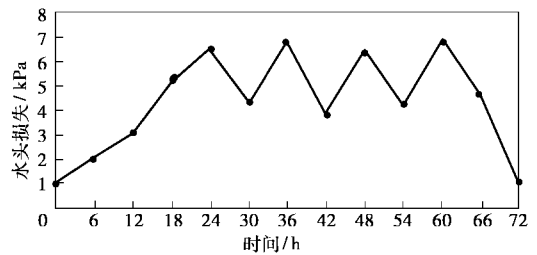
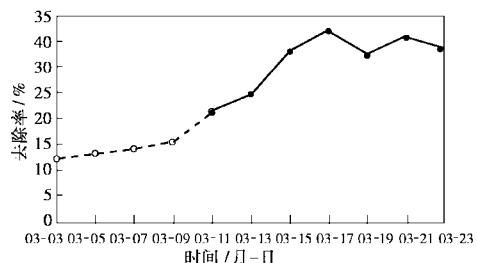


图 4 低温下生物滤柱短时反冲洗水头损失变化

亚硝化细菌在 10℃ 时的比增殖速率仅为 0.3/d,如反冲洗过于频繁,亚硝化细菌难以成为优势菌种^[5],严重影响氨氮的去除效果。图 5 是 2003 年生物滤柱短时反冲洗前后氨氮去除效果比较。



1—正常运行阶段;2—短时反冲洗阶段

图 5 低温条件下生物滤柱短时反冲洗对氨氮去除效果的影响

冬季低温情况下,滤柱容易发生堵塞,氨氮的去除率仅为 15% 左右,经常要进行反冲洗。经短时反冲洗,去除率提高到 40% 左右。这主要是因为在此

当的时期经过小强度短时反冲洗,滤柱的生物膜经过脱落和重新分布以及滤料自身的位置改变,使生物量和生物相都有了新的变化,生物膜由原来的底部积累变为全层分布,这样既缓解了滤柱的堵塞问题,又可有效保护硝化自养菌的存在,提高低温下氨氮的去除率。

2.3 短时反冲洗参数的确定

短时反冲洗有别于正常的反冲洗,试验中发现其参数的确定十分关键,既要使滤料产生搅动,缓解滤柱的堵塞,又要避免过大的反冲洗强度和过长的反冲洗时间,从而能够有效保护亚硝化菌和硝化菌,节约反冲洗水资源。试验采用正交试验对其参数进行确定,正交表如表1所示。

表1 生物膜滤柱短时反冲洗参数正交试验

	短时反冲洗				水头 损失/ kPa	流速/ $\text{m}\cdot\text{h}^{-1}$	温度/ $^{\circ}\text{C}$	平均产 水率/ $\text{m}^3\cdot$ $(\text{m}^2\cdot\text{h})^{-1}$
	气洗强 度/ $\text{m}^3\cdot$ $(\text{m}^2\cdot\text{h})^{-1}$	水洗强 度/ $\text{m}^3\cdot$ $(\text{m}^2\cdot\text{h})^{-1}$	反冲洗 时间/ s	过滤 周期/ h				
1	39.6	25.2	60	24	0.65	3	11.2	2.63
2	39.6	39.6	120	48	0.62	3	12.4	2.74
3	39.6	50.4	180	72	0.66	3	11.0	2.71
4	50.4	25.2	120	72	0.64	3	13.0	2.83
5	50.4	39.6	180	24	0.66	3	13.4	2.57
6	50.4	50.4	60	48	0.70	3	14.5	2.77
7	63.0	25.2	180	48	0.63	3	14.2	2.75
8	63.0	39.6	60	72	0.64	3	12.4	2.84
9	63.0	50.4	120	24	0.65	3	11.5	2.58
K_1	8.08	8.21	8.24	7.78				
K_2	8.17	8.15	8.15	8.26				
K_3	8.17	8.06	8.03	8.38				
\bar{K}_1	2.693	2.737	2.747	2.593				
K_2	2.723	2.717	2.717	2.753				
K_3	2.723	2.687	2.677	2.793				
R	0.03	0.05	0.07	0.20				

生物滤柱运行1个周期内单位时间、单位面积的产水量为平均产水率^[6]。对正交表中的各因素进行分析得知,影响生物滤柱平均产水率顺序为:过滤周期>短时反冲洗时间>短时反冲洗水强度>短时反冲洗气强度^[7]。生物膜过滤周期延长、短时反冲洗时间缩短均有助于提高平均产水率。但试验发现

短时反冲洗时间过长,生物滤柱水质恢复较慢,产水率下降。试验中反冲洗时间为180s时,30min后出水浊度才合格,平均产水率为 $2.677\text{ m}^3/(\text{m}^2\cdot\text{h})$ 。短时反冲洗气洗强度对平均产水率的影响并不明显,但较小的强度不能缓解生物滤柱的堵塞,因此会降低净化效果。根据正交试验和生物滤柱水质恢复试验,确定短时反冲洗的最佳气洗强度为 $63\text{ m}^3/(\text{m}^2\cdot\text{h})$,水洗强度为 $25.2\text{ m}^3/(\text{m}^2\cdot\text{h})$,反冲洗时间为60s,过滤周期为72h。

3 经济效益分析

图6是正常运行周期内采用不同的短时反冲洗参数后生物滤柱的平均产水率。

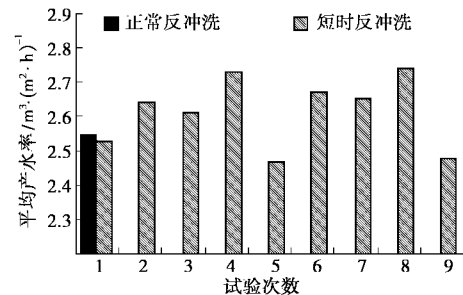


图6 生物滤柱在不同的短时反冲洗参数下的平均产水率

虽然短时反冲洗需要一定量的反冲洗水、气,但是从图6可以看出,采用适当的参数后,它能够延长整个滤柱的运行周期,有效提高滤柱的平均产水率(平均产水率可提高7%左右)。以4000 m^3/d 再生水厂为例,再生水价按1.0元/ m^3 计算,每年可增加10万元收入(未考虑短时反冲洗所消耗的能耗)。

参考文献

- [1] Visvanathan C, Nhien T T H. [J]. Environ Technol, 1995, 16: 301 - 304.
- [2] 张白杰. 排水工程[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 1996. 358.
- [3] Le Bihan Y, Lessard P M. [J]. Environ Technol, 1998, 19: 555 - 566.
- [4] Boiler M, Kobler D, Koch G. [J]. Wat Sci Tech, 1997, 36(4): 239 - 247.
- [5] 郑兴灿, 李亚新. 污水除磷脱氮技术[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 1998. 256 - 259.
- [6] Niina Laitinen, Luonsi Antero, Levänen Erkki, et al. [J]. Sep Pur Tech, 2001, 25(1-3): 323 - 331.
- [7] 李燕城. 水处理实验技术[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 1988. 35 - 42. ■