

升流式曝气生物滤池深度处理城市污水的工艺特性

郭天鹏¹,汪诚文¹,陈吕军¹,胡纪萃¹,靳志军²,刘旭²,周洪江²,陈玉才³,李强利³(1.清华大学环境科学与工程系环境模拟与污染控制国家重点联合实验室,北京 100084,E-mail: guotianpeng99@mails.tsinghua.edu.cn; 2.清华永新双益环保有限公司; 3.山东枣庄市排水管理处)

摘要:用升流式曝气生物滤池(UBAF)处理城市污水.经二级生化处理后,城市污水可生化性很差,但 UBAF 对其中的 COD、BOD₅、SS、氨氮以及浊度分别有 22.2%,55%,84.4%,49%,75.6% 的去除效率.进水的有机负荷、水力负荷对 BAF 的运行效果均有一定的影响.

关键词:曝气生物滤池;深度处理;去除率;反冲洗

中图分类号:X799 文献标识码:A 文章编号:0250-3301(2002)01-04-0058

Municipal Wastewater Treatment Using the Up Biological Aerated Filter

Guo Tianpeng¹, Wang Chengwen¹, Chen Lüjun¹, Hu Jicui¹, Jing Zhijun², Liu Xu², Zhou Hongjiang², Chen Yucui³, Li Qiangli³(1.State Key Joint Laboratory of Environmental Simulation and Pollution Control, Department of Environmental Science and Engineering, Tsinghua University, Beijing, 100084 China E-mail: guotianpeng99@mails.tsinghua.edu.cn; 2. Beijing Tsinghua Novel E&E Environmental Protection Co., Ltd.; 3. Zhao zhuang waste water administration)

Abstract:Up Biological Aerated Filter(UBAF) was used for the advanced wastewater treatment. The average removal rate of COD_{Cr}, BOD₅, SS, NH₄⁺-N and turbidity was 22.2%, 55%, 84.4%, 49%, 75.6% respectively. The hydraulic and COD load of influent influenced directly the quality of effluent.

Key words:biological aerated filter; advanced treatment; removal rate; backwashing

从 80 年代开始曝气生物滤池(Biological Aerated Filter,BAF)得到了迅速的发展,目前已经广泛应用于城市污水的处理中^[1,2].已经成为了一种经济、高效的污水二级、三级处理工艺.本文对升流式曝气生物滤池(UBAF)用于城市污水的深度处理的启动和运行中的工艺特性做了研究,为工程设计提供一定的参考.

1 试验概况

试验在山东省枣庄市城市污水处理厂进行,该厂对枣庄市的城市污水(含工业废水)进行二级生物处理,其出水水质已经达到了污水综合排放标准(GB8978-1996)的二级排放标准,但尚未达到回用于工业冷却水和生活杂用水的标准.试验的污水直接取自氧化沟的出水,其水质情况见表 1.

试验中的滤池采用直径 300 mm 透明有机玻璃柱制作,截面积 0.0642 m²,总高度 6 m.内装 3 m 陶粒填料,陶粒粒径 2~5 mm.陶粒层以

上每 50cm 设有一个取样口.曝气管和长柄滤头埋于 20cm 的砾石层中.采用升流式设计,空气和污水均由下部进入,从反应器的顶部流出.试验的运行参数见表 2.

表 1 试验的水质情况/ mg·L⁻¹

Table 1 The testing water quality

项目	COD	BOD ₅	SS	NH ₄ ⁺ -N	浊度/ NTU	DO	pH
最大	80.0	9.70	47	10.2	30.3	8.66	8.6
最小	21.2	5.54	1.8	3.2	1.4	3.21	7.32
平均	45.0	6.27	11	6.7	9.4	4.7	7.66

2 试验结果与讨论

2.1 曝气生物滤池的启动和生物相

本试验用氧化沟的水作为接种用水,滤速 0.25 m/h,工艺曝气量 100 L/h(标况),循环曝

作者简介:郭天鹏(1977~),男,硕士研究生,主要从事污水回用技术的研究.
收稿日期:2001-03-08;修订日期:2001-06-12

表 2 试验中的运行参数
Table 2 The parameter of experiment

水温/℃	滤速 / m·h ⁻¹	气水比	反冲水强度 / L·(m ² ·s) ⁻¹	反冲气强度 / L·(m ² ·s) ⁻¹	反冲方式
19.4~10.4	0.5~4.0	0.3:1~2.4:1	13.8	21.3	气 水 联合

气.24h 后通入要处理的氧化沟的出水,在一个月滤速从 0.5 m/h 逐步升高到 4 m/h.试验中发现曝气量是影响生物挂膜和出水效果的重要因素.曝气量大,滤池中的溶解氧(DO)高,提高好氧微生物的活性和生物膜内氧化分解有机物的速率,从而出水的 COD 就低.此外,加大曝气量后气流上升产生的剪切力有助于老化的生物膜的脱落,防止生物膜过厚,并防止堵塞,提高滤池中的传质效率,有利于废水在滤池中的扩散.但是启动阶段过大的曝气量会对生物挂膜产生负面的影响.特别对于本试验所处理的污水,污染物浓度低,其生化可降解性并不好,在大曝气量情况下,微生物极易在营养不够时消耗自身,难以在填料表面附着生长.

通过观察反冲时带出的污泥对滤池中的生物相进行研究,发现 UBAF 中的生物相与氧化沟在微生物种类上有着明显的不同.在曝气的生物滤池中除了氧化沟中常见的累枝虫,钟虫,楯纤虫和轮虫外较为常见还有变形虫、漫游虫、油滴虫、独缩虫、吸管虫、太阳虫、线虫、红斑瓢虫,此外还有种类和数量不少的微型藻类.从中可以看出反映污泥成熟以及老化特征的微生物都存在.其中纤毛虫属占 70%以上,说明滤池内的活性污泥处于较活跃的形成和增长期^[4].

2.2 UBAF 对污染物的去除

在本实验中,对于该厂低浓度的二级出水虽然 COD 的去除率并不高,只有 20%~30%,BOD₅ 的去除率 40%~70%.但是经深度处理后的污水中的 COD 可以稳定在 20~40 mg/L,BOD₅ 在 5 mg/L 以下.BAF 对 SS 的去除一直都有很明显效果,出水中的 SS 低于 2 mg/L,平均去除率达 79%.另外,试验发现 COD 的去除和 SS 的去除有着良好的相关性(图 1).由于污水中的混浊主要是由于其中的悬浮物引起的,所以污水

的浊度随悬浮物含量降低也大大降低.试验最终出水的浊度一般稳定在 1.0 以下,外观上澄清透明和自来水已经没有明显的区别.另外,污水中的臭味也得到了消除.UBAF 对氨氮也有明显去除,出水平均浓度 4.3 mg/L,去除率达到 40%以上(见图 2).以上各项污染物经 UBAF 处理后均达到了污水综合排放的一级标准(GB 8978-1996)和生活杂用水水质标准(CJ 25.1-89).

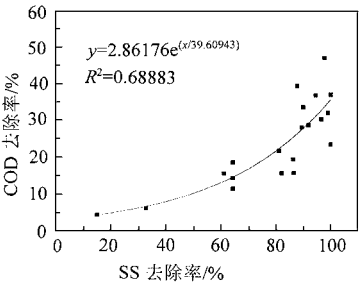


图 1 SS 与 COD 去除率关系
Fig.1 Relation of removal rate between SS and COD

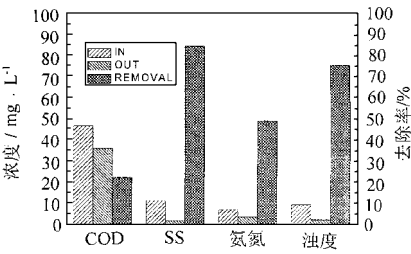


图 2 UBAF 对各项污染物的去除效果
Fig.2 Removal rate of contaminations

2.3 水力负荷与有机负荷对去除率的影响

曝气生物滤池的优点之一就是水力负荷与有机负荷大,水力停留时间短^[5].试验中发现随着水力负荷和有机负荷的增大,出水的 COD 浓度也随着增大(图 3,4),去除率也受到相应影响(图 5).但从图 5 中看 COD 去除率与水力负荷并不是简单的线性关系,存在一个最佳滤速.这是由于在滤速很低的情况下一方面气、水在

滤池中的传递输移的阻力较大,容易造成气、水在滤池中的分布不均;另一方面低滤速的情况下有机负荷也很低,微生物会出现营养不足的情况,从而 COD 的去除率较低.随着滤速的提高滤池中的传质条件得到改善,有机负荷随之提高(图 6),滤池中的微生物得到丰富的营养,促进了生物膜的生长和生物活性,使 COD 的去除率得到提高.但是,滤速进一步提高,超过一个限度时会使污水在曝气滤池中的水力停留时

间过短,污染物还未来得及被降解就被水流带出,所以去除率明显降低.而 SS 和浊度的去除率和水力负荷却成线性关系.滤速小,阻力大,物理截留的 SS 多,浊度的去除高.滤速大,对陶粒表面的冲击力大,生物膜容易脱落,大的水流也容易将脱落的生物膜同截留在陶粒缝隙之间的悬浮物带出,所以 SS 的去除率降低.试验发现最佳的滤速为 2~3 m/h.

2.4 填料层高度与 DO 的变化

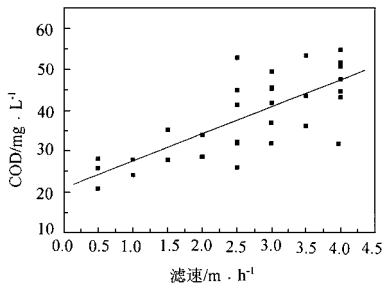


图 3 滤速与出水 COD 关系
Fig.3 Relation between filtrating velocity and COD concentration

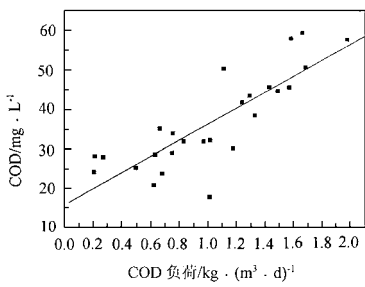


图 4 COD 负荷与出水 COD 关系
Fig.4 Relation between COD load and COD concentration

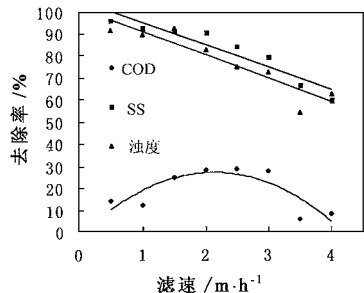


图 5 去除率与滤速的关系
Fig.5 Relation between filtrating velocity and removal rate

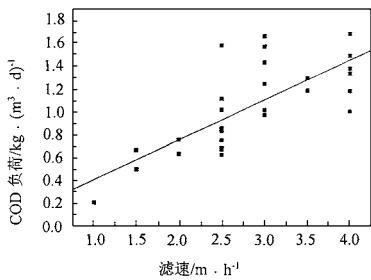


图 6 滤速与有机负荷的关系
Fig.6 Relation between filtrating velocity and COD load

微生物在填料层不同高度的种类和数量不同,这是由于沿着水流和气流的方向在填料不同的高度污水中的有机污染物浓度和 DO 浓度不同.环境的不同使微生物的种类和数量也存在较大的差别^[6].总的说来,生物的种类和数量成反比^[4].沿着水流方向微生物的数量不断减少,而种类不断增加.本试验采用气、水同向流的升流式设计,气、水均从滤池的底部进入,其 DO 随填料高度的变化见图 7.从图 7 可见,BAF 中的 DO 随陶粒层高度的增加而增加.这与文

献[7]结果相同.说明在进水端的微生物繁殖快,数量多,活性高,需氧量大.高度增加,微生物数量减少,需氧量也随着减少,溶解氧增加.

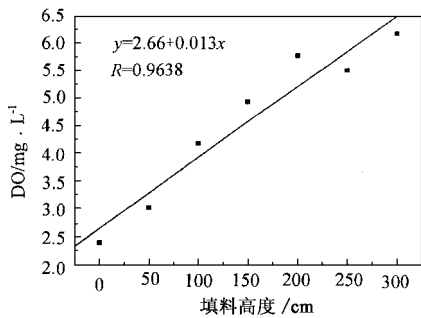


图 7 DO 随填料层高度变化
Fig.7 Relation between filling height and DO concentration

2.5 UBAF 反冲周期的确定和恢复

UBAF 运行一段时间后,陶粒填料中截留的 SS 和生物量不断增加,填料空隙率减少,水头损失增加,造成动力消耗增加;进一步出现布气不均匀的现象,使生物膜表面以及填料层局部出现 DO 供应不足;另外,集中于滤池内某处

过大的曝气量对填料层剧烈扰动可能造成某种程度上的穿透,出水水质会突然变差.为避免以上情况的发生,曝气生物滤池必须通过定期进行反冲洗来恢复处理能力.曝气生物滤池一般采用的是气-水联合反冲.反冲周期的长短和水力负荷、有机负荷的大小以及每次的反冲强度和时间的关系.水力、有机负荷大,滤池中产生的污泥量就多,反冲的周期就短,反之反冲周期就长;反冲的强度大,时间长,对滤池的冲洗干净,到下次所需反冲的周期就长,反之反冲周期就短.但是,如果冲洗过度,会使滤池中的生物量过低,滤池的恢复处理能力时间就很长.一般通过观察工艺气在滤池中的分布是否均匀、监测滤池中的水头损失和出水水质来决定何时需要反冲^[8].反冲强度和时间的长短需要在运行中摸索.图 8 是一个月内每天 SS 的进出水浓度和去除率的变化,图中显示 SS 去除率的变化具有一定的周期性,去除率下降说明滤池已经需要反冲洗了.试验中的反冲洗周期在 48 ~ 72h.由于反冲洗后滤池中微生物量减少,对有机污染物的降解能力会暂时减弱,恢复到最佳的处理能力需要一定的时间.图 9 显示当 COD 去除率不再升高时滤池恢复到最佳的处理状态,其恢复时间为 6h.

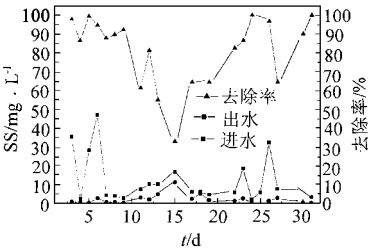


图 8 一个月內 SS 的变化

Fig. 8 variety of SS concentration in one month

3 小结

将 UBAF 用于城市污水的深度处理有着良好的处理效果,处理后的污水在 COD、BOD₅、SS、NH₄-N 和浊度上完全达到了污水综合排放的一级标准(GB 8978-1996)和生活杂用水水质

标准(CJ 25.1-89).水力负荷对 SS 和浊度的去除率为线性关系,滤速升高去除率相应地降低.水力负荷对 COD 去除率是非线性的,存在一个最佳的滤速.在不同填料层高度,UBAF 对有机物的去除率也不同,陶粒表面附着的生物膜过厚和过薄都不利于对有机物的降解.反冲周期的确定是曝气生物滤池运行好坏的关键,根据水头损失的大小,出水水质的好坏来确定合适的反冲周期.反冲后滤池需要一定的时间才能恢复到最佳的处理状态.

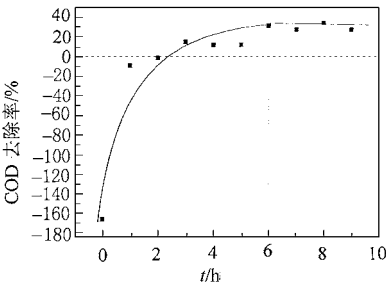


图 9 反冲后 COD 去除率的变化

Fig. 9 Variety of COD removal rate after backwashing

参考文献:

- 1 李汝琪,孙长虹,钱易.曝气生物滤池处理啤酒废水的研究.环境科学,1999,20(4):83~85.
- 2 李汝琪,钱易等.曝气生物滤池去除污染物的机理研究.环境科学,1999,20(6):49~52.
- 3 Allan Mann. Performance of floating and sunken media biological aerated filter under unsteady state conditions. Wat. Res., 1999,33(4):1108~1113.
- 4 上海市环境保护局 编.废水生化处理.上海:同济大学出版社,1999,130~145.
- 5 Rogalla F, J Sibony. Biocarbonate aerated filters: ten years after: Past, present and plenty of potential. Wat. Sci. Tech., 1992,26(9~11):97~101.
- 6 Christiam H Mobius. Waste water biofilters used for advanced treatment of paper mill effluent. Wat. Sci. Tech., 1999,40(11~12):101~108.
- 7 Amar D, J Partos. The use of an upflow fixed bed reactor for treatment of a primary settled domestic sewage. Wat. Res., 1986,20(1):9~14.
- 8 FDZ-Polanco F, E Mendez. Spatial distribution of heterotrophs and nitrifiers in a submerged biofilter for nitrification. Wat. Res., 2000,43(16):4081~4089.