

改进的 BAF 工艺在工业废水处理中的应用

孙力平 侯红娟 林荣忱

提要 介绍了改进的 BAF(生物曝气滤池)工艺中 BOD 去除率与 BOD 容积负荷率、停留时间之间的关系,生物膜在滤料上的生长规律,反冲洗操作控制过程,并列举了改进的 BAF 工艺在工业废水处理中的应用实例。

关键词 BAF 工艺 改进 工业废水 应用

生物膜法与活性污泥法相比,具有污泥世代时间长,便于维护等特点。为了解决生物膜法处理水溢流不够清澈的问题,法国 OTV 公司开发了一个生物充气过滤设备,该工艺包括生物膜和过滤,不需要二沉池,简称为 BAF 工艺流程^[1]。

在美国和欧洲,BAF 工艺主要是为城市污水处理而开发的。使用这一流程的第一套装置是在靠近巴黎的 soissons 的污水处理厂,该工艺的主要处理对象是 BOD 和氮的硝化^[2]。

日本近年来将 BAF 工艺设备应用于工业废水处理。为了适应不同的工业废水水质,防止设备堵塞,对 BAF 设备的下部结构作了相应的改进,在工业废水处理中取得了较好的效果,且具备一定的推广价值。现介绍如下。

1 传统 BAF 工艺

1.1 传统 BAF 工艺设备简介

BAF 工艺流程见图 1。BAF 采用颗粒介质(滤料)以及水流淹没式下向流,这两方面与重力砂滤池相同。与不同的是:①滤料直径是 3~6mm(其作用似同生物膜载体);②直接在滤料层中安装工艺空气扩散管。

当废水进入设备上部,并通过颗粒层下向流动时,气泡释放氧,滤料表面上的微生物分解有机物并完成氮的硝化。当介质层截留的悬浮固体增多、生

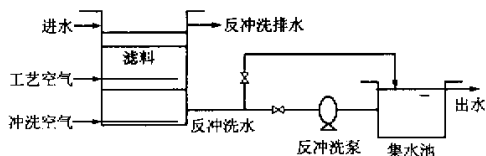


图 1 BAF 工艺流程

物膜变厚,介质层的水头损失随处理的进行而增加或是出现颗粒穿透时,设备停止运行,进行反冲洗清除滤料层中的过量污泥,并使其排出反应器。

1.2 传统 BAF 流程的特点

(1)节省占地:由于生物处理与过滤可同时进行,故不需要设二沉池,并因 BOD 负荷较高,故安装空间相对较小。

(2)能耗小,氧转移效率高,其原因:一是因空气和液体逆流,二是因气泡与滤料碰撞以迂回方式上浮。

(3)易于维护:与活性污泥工艺相比,污泥不需要回流。同时,不会发生污泥堵塞和生物膜老化剥落现象,与重力砂滤工艺相同,运行是连续的,而且易于维护管理。

2 改进的 BAF 工艺

2.1 设备的改进

在工业废水处理中,要有效地应用 BAF 工艺,必须确保设备在运行中不发生堵塞现象。为此,须对传统的 BAF 设备进行改进,改进内容集中在如图 2 所示的底部结构上^[3]。首先,去掉滤头(水收集嘴),在新装的穿孔水收集管(孔径小于 10mm)上放上砂砾层;其次,把工艺空气扩散管从滤料层降低到砂砾层中,目的是防止脱落的生物膜或滤料碎屑堵塞工艺空气扩散孔。

因过滤是在整个滤料层区域起作用,因此,将空

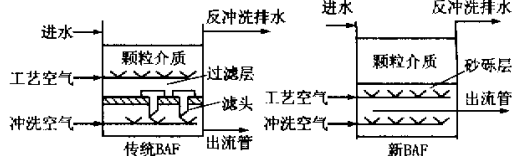


图 2 新 BAF 与传统 BAF 工艺比较



气扩散管降低到砂砾层中,并未降低过滤效率。改进工艺还促进了气泡均匀分布,使整个滤料(颗粒介质)层成为一个有氧区并在其中进行着有效的好氧生物处理,有助于节省充气量^[4]。

2.2 反冲洗

- 反冲洗操作控制程序如下:
- (1)关闭工艺空气供气阀和集水池的出水阀;
 - (2)打开中间排水阀(安装在滤料层的上边缘以上300mm),降低水位3min;
 - (3)空气冲洗3min, $q_{气}=1.0\text{m}^3/(\text{m}^2\cdot\text{min})$;
 - (4)汽水同时反冲洗2min, $q_{水}=0.45\text{m}^3/(\text{m}^2\cdot\text{min})$, $q_{气}=1.0\text{m}^3/(\text{m}^2\cdot\text{min})$;
 - (5)停1min;
 - (6)重复上面的(2);
 - (7)重复上面的(4);
 - (8)水洗4min, $q_{水}=0.9\text{m}^3/(\text{m}^2\cdot\text{min})$;
 - (9)重复以上的(2)。每次反冲洗作业大约花费21min,反冲洗排水中的SS为 $0.7\sim1.0\text{kg}/\text{m}^3$ 介质,反冲洗间隔为10.5h(预计安全余量)。

2.3 BOD去除

图3所示为BOD负荷与BOD去除率的关系,当BOD负荷 $3\text{kg}/(\text{m}^3\cdot\text{d})$ 时,BOD去除率在90%以上。

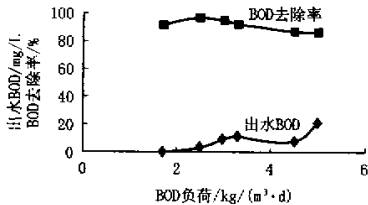


图3 BOD负荷与BOD去除率的关系

BOD去除的速率方程,近似于一次方程,可以采用下述方程:

$$S_e/S_o = -kt \tag{1}$$

$$t = 1.44(\epsilon \cdot V/Q) \tag{2}$$

$$N_V = (S_o \cdot Q \cdot 10^{-3})/V \tag{3}$$

- 式中 S_o ——流入液BOD, mg/L ;
 S_e —— t 分钟之后的BOD, mg/L ;
 t ——停留时间, min ;
 k ——BOD去除的速率常数, min^{-1} ,一般为 $(0.1\sim0.2)^3$,最小为0.07;

- V ——滤料层的容积, m^3 ;
 Q ——流量, m^3/d ;
 ϵ ——滤料层的空隙率,取0.5。

2.4 附着生物膜

改进的BAF工艺运行中,颗粒介质(滤料)上附着的生物膜量与滤料体积之比值从滤料层上边缘到1000mm深度,最大为 $7000\text{mg}/\text{L}$,但在1500mm的深度则小到 $5000\text{mg}/\text{L}$,生物膜的厚度为 $50\sim70\mu\text{m}$ ^[5]。

附着到颗粒介质(滤料)上的生物膜量列于表1。

表1 颗粒介质(滤料)上的生物膜量

介质厚度/mm	生物膜量与滤料重量之比/ mg/g	生物膜量与滤料体积之比/ mg/L	生物膜厚度/ μm
500	9.15	7320	72
1000	8.79	7030	69
1500	6.20	4960	49

3 改进的BAF工艺在工业废水处理中的应用实例

3.1 纸板厂废水处理

3.1.1 处理流程

某纸板厂废水流量 $33000\text{m}^3/\text{d}$,SS $300\text{mg}/\text{L}$,BOD $180\text{mg}/\text{L}$,COD $378\text{mg}/\text{L}$ 。原处理工艺流程是:废水总量先经过絮凝沉淀后,其中 $15000\text{m}^3/\text{d}$ 溢流循环使用,剩下的 $18000\text{m}^3/\text{d}$ 用普通生物滤池工艺处理后排放,但该工艺处理效果不甚理想。改造后将通过普通生物滤池工艺的废水处理量减少至 $6000\text{m}^3/\text{d}$,其余的 $12000\text{m}^3/\text{d}$ 进入BAF。工艺流程如图4。

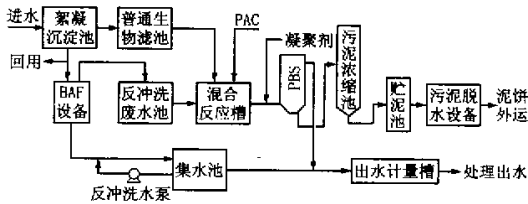


图4 纸板厂废水处理流程

因该处理流程是在原处理流程基础上进行改造的,安装面积有限,故处理方案把BAF工艺的反冲洗水与生物滤池出水混合,并应用PBS(Pellet Blanket Separator)使混合液泥水分离。

3.1.2 运行条件及结果

BAF工艺流程的运行条件及处理结果见表2、



表 3。

表 2 BAF 工艺运行条件(纸板厂废水处理)

项目	数值
流量/ m^3/d	11 000~12 000(11 500)
滤速 $L_v/\text{m}/\text{d}$	36~39
BOD 负荷/ $\text{kg}/(\text{m}^3 \cdot \text{d})$	2.8~3.9
供气量/ m^3/h	1 120

表 3 BAF 工艺运行结果(纸板厂废水处理)

项目	进水	出水	去除率/%
温度/ $^{\circ}\text{C}$	24~26	24~26	
pH	6.3~6.6	6.4~6.8	
透明度/ cm	21~35(26)	43~>50(>50)	
浊度/NTU	24~32(28)	8~12(10)	58~68(64)
SS/ mg/L	14~25(20)	4~7(5)	70~78(73)
COD _{Mn} / mg/L	150~187(168)	25~30(27)	83~84(84)
BOD/ mg/L	146~201(170)	6~11(8)	94~97(96)

由表 2、表 3 看出 :①在滤速 36~39m/d、BOD 负荷 2.8~3.9kg/($\text{m}^3 \cdot \text{d}$)的处理条件下 ,BOD 去除率达 94%~97% ,SS 去除率达 78% ,处理效果很好 ;②去除每 kgBOD 的充气量为 12~17 m^3 (平均值 15 m^3)。

3.2 印染废水处理

改进的 BAF 工艺还被成功地应用于印染废水处理 ,图 5 所示为处理流程。该厂设置了一个平衡池 ,用以调节水质水量。同时反冲洗 BAF 废液也返回到平衡池。

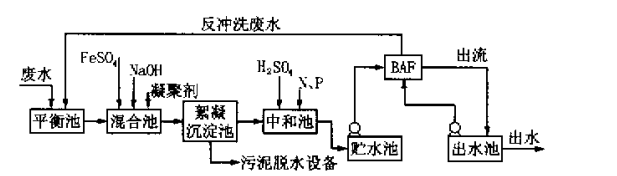


图 5 印染废水处理流程

运行条件和水质处理结果列于表 4、表 5。与处理纸板厂废水的情况相比 ,BOD 去除率稍低一点 ,推测原因是由于其基质不同所致。

4 结论

改进的 BAF 通过去掉滤头 ,增加了砂砾层厚度并在砂砾层中放置充气扩散管 ,在保证过滤效率的前提下 ,完全防止了设备堵塞 ,由于空气扩散点的降低 ,使整个滤料层均处在有氧状态 ,有助于好氧生物反应的进行。

表 4 BAF 工艺运行条件(印染废水处理)

项目	数值
流量/ m^3/d	240
滤速 $L_v/\text{m}/\text{d}$	36
BOD 负荷/ $\text{kg}/(\text{m}^3 \cdot \text{d})$	1.3~2.6
供气量/ m^3/h	23

表 5 BAF 工艺运行结果(印染废水处理)

项目	进水	出水	去除率/%
温度/ $^{\circ}\text{C}$	22~25	22~24	
pH	7.2~7.7	7.2~7.6	
色度/度	120~260(200)	100~260(160)	0~40(19)
SS/ mg/L	16~33(23)	4~7(5)	56~88(72)
COD _{Mn} / mg/L	89~119(104)	49~64(55)	39~54(47)
BOD/ mg/L	71~140(98)	6~13(11)	85~91(88)

改进的 BAF 不会发生填料堵塞及膜的老化剥落现象 ,与重力砂滤池的运行状况相似 ,运行是自动的 ,解决了生物接触氧化工艺的膜更换问题 ,同时还具备了 SS 去除效率高 ,无需设置二沉池的特点。

改进的 BAF 工艺应用于工业废水处理(纸板厂废水和印染废水) ,其 BOD 负荷在 3kg/($\text{m}^3 \cdot \text{d}$)以下 ,BOD 去除率达 90% 左右 ,出水 SS 在 10mg/L 以下。去除每 kgBOD 所需充气量低于 15 m^3 ,水气比为 1:2.34 ,远远小于生物接触氧化工艺处理印染废水的水气比 1:20^[6]。

参考文献

- 1 Leglise J P ,Gilles P ,and Moreaud H. A New Development in the Biological Aerated Filter Bed Technology. Paper presented at the 53rd Annual Water Pollution Conference. Las Vegas Nevada USA , October ,1980. 10 :15~17
- 2 Lubin G R. The Biological Aerated Filter-Progress of Development in the USA. Form Proceedings of the 9th Technical Seminar on Sewage Treatment between the USA and Japan ,1983
- 3 Fuchu Y. BIOPAC Process(Ⅲ). Ebara-Inflico Engineering Review ,1986. 94 5~6
- 4 Fuchu Y. Organic Wastewater Treatment by Biogilm Filter. Journal of Water and Waste ,1986 ,25(5) :224~225
- 5 Reiber S ,Stensel D. Biologically enhanced oxygen transfer in a fixed-film system. J WPCF ,1985 ,57(2) :13~14
- 6 张自杰 ,等编著. 排水工程(下)第三版. 北京 :中国建筑工业出版社 ,1996

△作者通讯处 :300381 天津城市建设学院市政与环境工程系
电话 (022) 23699498 23792737
收稿日期 2000-3-23