

曝气生物滤池最佳运行周期研究

刘 阳^{1,3}, 王 劼^{2,3}, 白 莹⁴, 施汉昌¹

(1. 清华大学环境科学与工程系, 北京 100084; 2. 东北大学资源与土木工程学院, 辽宁沈阳 110004;
3. 沈阳振兴环保有限公司, 辽宁沈阳 110014; 4. 沈阳振兴环保产业集团仙女河污水处理厂, 辽宁沈阳 110141)

摘 要 以实际运行的污水处理厂为研究场地, 通过对滤池压力、瞬时流量和滤池的纳污量的统计学回归分析, 研究曝气生物滤池的运行周期。结果表明, 滤池的运行周期可由滤池压力参数调控, 滤池压力与瞬时流量和纳污量密切相关, 一级滤池的压力公式为: $P_1=88.290+0.021Q+0.011X$; 二级滤池的压力公式为: $P_2=59.406+0.025Q+0.013X$ 。

关键词 曝气生物滤池 运行周期 反冲洗

中图分类号: X703 文献标识码: A 文章编号: 1009-0177(2009)04-0035-03

Optimum Operational Cycle of the Biological Aerated Filtrated Reactor

LIU Yang^{1,3}, WANG Jie^{2,3}, BAI Ying⁴, SHI Han-chang¹

(1. School of Environmental Science and Engineering, Tsinghua University, Beijing 100084, China;
2. School of Resources & Civil Engineering, Northeastern University, Shenyang 110004, China;
3. Shenyang Zhenxing Environment Protection Co., Ltd. Shenyang 110014, China;
4. Shenyang Xiannvhe Wastewater Treatment Plant, Shenyang 110141, China)

Abstract In order to determine the operation cycle of BAF, we use methods of testing pressure of filter, the instantaneous flow rate and the dirt amount intercepted by the filter media. The results indicated that the operation cycle is closely related to the pressure. The formula of the first level filter is $P_1=88.290+0.021Q+0.011X$ and that of the second level filter is $P_2=59.406+0.025Q+0.013X$.

Key words biological aerated filter operation cycle backwashing

曝气生物滤池的反冲洗方式以及参数确定一直是人们关注的热点, 从水厂运行实际来看, 在保证出水水质的前提下, 反冲洗周期越长, 越能达到节能降耗的目的, 但时间太长, 会导致积累悬浮物过多、生物膜老化、滤料板结等问题而影响出水水质。因此确定合适的反冲洗周期非常重要。传统生物滤池的过滤周期一般以滤池水头损失、出水水质或二者结合起来判断^[1-4]。本研究结合水厂生产实际, 探讨滤池压力、瞬时流量和纳污量之间的关系来确定曝气生物滤池运行周期, 以指导水厂的生产运行。

1 实验装置与方法

1.1 实验水质及滤池参数

选择在沈阳市仙女河污水处理厂进行, 实验进水和实验滤池各种参数见表 1 和表 2。

表 1 实验污水水质

Tab.1 Water quality of raw wastewater

水质指标	SS/(mg·L ⁻¹)	COD/(mg·L ⁻¹)	BOD ₅ /(mg·L ⁻¹)	NH ₃ -N/(mg·L ⁻¹)
范围	128~583	170~478	20.84~28.76	70~222

表 2 实验曝气生物滤池有关参数

Tab.2 Parameters of aerated biological filter

参数	一级	二级
滤池尺寸	12 m×6 m×7 m	12 m×6 m×7 m
滤料直径	4~6 mm	3~5 mm
进水 COD _{Cr}	178~417 mg/L	50~124 mg/L
进水 NH ₄ -N	19.5~102 mg/L	10~39.77 mg/L
进水 SS	27~105 mg/L	9~64 mg/L
水力负荷	4.82 m ³ /(m ² ·d)	4.82 m ³ /(m ² ·d)
布水方式	上向流	上向流
气水比	2:1	4:1
反冲洗气洗强度	22 L/(m ² ·s)	22 L/(m ² ·s)
反冲洗水洗强度	8.4 L/(m ² ·s)	8.4 L/(m ² ·s)

1.2 实验设置及检测分析方法

1.2.1 实验设置

一级滤池共取样 10 个周期, 由于每日进水水质与水量不同, 从反冲洗结束到滤池压力大于反冲洗

[收稿日期] 2009-02-16
[作者简介] 刘 阳(1971-), 男, 硕士研究生, 主要研究方向为污水处理技术, E-mail: liuyang_9898@sina.com。
[通讯作者] 王 劼, 电话: (024)22818330-86; E-mail: kingjie68@163.com

结束时压力 0.02 MPa 的时间从 10~72 h 不等。二级滤池由于周期较长,每个周期数据较多,共取样 4 个周期,从反冲洗结束到滤池压力大于反冲洗结束时压力 0.02 MPa 的时间为 70~94.5 h,而理论上运行周期应为生物滤池对污染物的截流达到最大纳污量的时间。

1.2.2 检测项目

常规指标的分析测试见参考文献^[5]一书中规定的标准方法进行,滤池压力由污水厂自动控制中心

自动监测,瞬时流量由流量计计数,纳污量由测出。

1.2.3 分析方法

用 SPSS 软件进行回归分析,求出二元线性回归方程。

2 实验结果及分析

2.1 实验结果

对每一个周期的滤池压力、瞬时流量和纳污量的数据进行记录和测定,结果见表 3、表 4。

表 3 一级滤池实验数据统计

Tab.3 Experimental data of phase aerated biological filter

序号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Q	597	456	389	407	308	113	343	581	597	445	338	0
X	191.34	391.7	594.06	792.76	787.96	174.69	286.93	335.27	492.87	682.8	908.99	0
P	109	106	106	105	104	103	104	105	107	105	107	86
序号	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Q	499	496	287	326	499	496	287	326	596	445	551	0
X	221.46	480.52	576.15	770.02	221.46	480.52	576.15	770.02	73.8	218.07	335	0
P	100	104	100	102	100	104	100	102	100	99	104	84
序号	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36
Q	596	252	215	183	442	481	308	285	170	463	356	0
X	491.74	537.85	638.78	689.5	231.25	421.54	308.44	427.46	461.86	579.28	648.99	0
P	106	99	102	101	95	98	96	98	95	102	105	89
序号	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48
Q	390	281	410	436	463	332	549	529	314	430	226	0
X	819.26	901.48	118.39	431.26	715.17	804.35	59.4	265.01	355.76	465.84	614.46	0
P	105	104	99	103	107	103	100	102	102	100	100	87

注:P 为滤池压力,单位 kPa;Q 为滤池的瞬时流量,单位 m³/h;X 为滤池的纳污量,单位 kg;

表 4 二级滤池实验数据统计

Tab.4 Experimental data of phase aerated biological filter

序号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
P	70	72	73	71	60	73	72	78	71	74
Q	410	436	463	322	0	386	325	549	550	597
X	840.64	134.14	180.58	202.65	202.65	217.03	262.04	366.95	0	114.52
序号	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
P	71	70	69	70	69	69	70	76	68	76
Q	445	338	264	315	278	261	296	227	252	278
X	149.3	203.8	219.54	205.59	251.16	300.71	473.73	779	911.67	958.29
序号	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
P	74	73	72	71	70	69	77	75	77	76
Q	560	454	347	296	247	162	405	257	311	254
X	0	60.46	226.07	333.15	417.94	439.16	515.82	529.69	542.49	567.49
序号	31	32	33	34						
P	77	82	87	86						
Q	261	278	372	381						
X	608.36	739.32	728.53	781.77						

注:P 为滤池压力,单位 kPa;Q 为滤池的瞬时流量,单位 m³/h;X 为滤池的纳污量,单位 kg;

2.2 一级滤池二元线性回归分析

根据实验所测进、出水 COD、SS、氨氮三项污染物浓度数据,建立了多元线性回归模型:

$$P_i = a + bQ + cX + \epsilon$$

式中 P 为滤池压力,单位 kPa;Q 为滤池的瞬时

流量,单位 m³/h;X 为滤池的纳污量,单位 kg; ϵ 为反映在统计关系直线周围散布的随机分量,也叫做随机误差。由于总体回归模型的参数:a、b、c 都是未知的,我们可以利用试验观测值对它们进行估计,得到相应的估计的回归方程:

$$P_1 = \beta_0 + \beta_1 Q + \beta_2 X$$

用 SPSS 软件处理数据, 得到一级滤池多元线性回归方程:

$$P_1 = 88.290 + 0.021Q + 0.011X$$

方程中的 0.021 和 0.011 均为偏回归系数, 0.021 表示在纳污量均相同的情况下, 瞬时流量每改变一个单位, 滤池压力平均改变 0.021 个单位。0.011 表示在瞬时流量均相同的情况下, 纳污量每改变一个单位, 滤池压力平均改变 0.011 个单位。

2.3 二级滤池二元线性回归分析

用 SPSS 软件处理数据, 得到二级滤池多元线性回归方程:

$$P_2 = 59.406 + 0.025Q + 0.013X$$

方程中的 0.025 和 0.013 均为偏回归系数, 0.025 表示在纳污量均相同的情况下, 瞬时流量每改变一个单位, 滤池压力平均改变 0.025 个单位。0.013 表示在瞬时流量均相同的情况下, 纳污量每改变一个单位, 滤池压力平均改变 0.013 个单位。

3 公式应用及意义

一、二级滤池压力公式得出后, 通过修改水厂自动控制系统相关参数, 将公式应用到一、二级滤池, 即反冲洗操作请求条件由一个固定压力值改变为一个随着瞬时流量变化的变量, 当滤池的瞬时压力大于等于该变量时, 请求反冲洗条件满足, 系统提示应进行反冲洗操作。经过近一个月的实际应用, 一、二级滤池运行周期分别如表 5 及表 6 所示。

表 5 一级滤池运行周期统计

Tab.5 Operational recycles of phase aerated biological filter

运行时间/h	出现频次	百分率/%
<10	1	4.17
10~15	2	8.33
15~20	4	
20~25	7	
25~30	2	75
30~35	5	
35~40	0	0.00
>40	3	12.50

表 6 二级滤池运行周期统计

Tab.6 Operational recycles of phase aerated biological filter

运行时间/h	出现频次	百分率/%
<60	1	10
60~80	3	30
80~100	4	40
>100	2	20

通过上表可以看出, 一、二级滤池的运行时间并

不稳定, 其运行周期随着进水水质及水量的变化而变化。但是仙女河污水处理厂一期共有 48 座滤池, 每 24 座滤池共用一套反冲洗系统, 如完全按照公式进行反冲洗请求的设定, 反冲洗操作很难有序进行, 因此, 我们将一、二级滤池运行周期设定为时间与压力共同控制, 鉴于一级滤池运行周期出现在 15~35 h 之间的次数占 75%, 二级滤池周期在 60~100 h 之间占 70%, 可根据进水水质与水量不同, 将一级滤池运行周期设定在 15~35 h 之间, 二级滤池周期设定在 60~100 h 之间。同时, 将压力公式做为辅助参数, 当运行时间未达到设定值但滤池瞬时压力已超过公式计算所得压力时, 请求反冲洗程序出现。

生物滤池的板下压力变化与瞬时进水量及污染物截留量相关, 公式的得出考虑到了两种变量对压力的影响, 使请求反冲洗的压力值由一个固定值变成了一个变量。虽然结论的得出依据是仙女河污水处理厂一期处理系统的数据, 但这种实验方式适用于所用上向流曝气生物滤池, 各污水厂可根据所测数据按上述方式计算出适合本水厂的压力变化公式, 并将公式应用到自动控制程序中, 实现各水厂的运行优化。在合理控制滤池运行周期的同时, 尽可能降低反冲洗操作能耗, 最大程度的提高生物滤池的处理效率。

4 结论

(1) 曝气生物滤池的运行周期与滤池的滤池压力、瞬时流量和滤池的纳污量(最大处理能力)密切相关。

(2) 一、二级曝气生物滤池运行周期存在差别, 一级滤池的运行周期公式为 $P_1 = 88.290 + 0.021Q + 0.011X$; 二级滤池的运行周期公式为: $P_2 = 59.406 + 0.025Q + 0.013X$ 。

参考文献

- [1] 唐友尧. 一种合理确定滤池周期的方法[J]. 给水排水, 2001, 27(7): 30-33.
- [2] 张红晶, 龙腾锐, 何强, 等. 侧向流曝气生物滤池运行周期的确定[J]. 重庆大学学报(自然科学版), 2006, 29(4): 91-94.
- [3] 张宝杰, 闫立龙, 甄捷, 等. 曝气生物滤池最佳反冲洗周期及反冲洗方式研究[J]. 哈尔滨工业大学学报, 2006, 38(7): 1045-1050.
- [4] 彭举威, 王晓轩, 王宏哲, 等. 曝气生物滤池反冲洗过程的研究[J]. 中国资源综合利用, 2006, 24(11): 31-33.
- [5] 国家环保局. 水和废水监测分析方法(第四版)[M]. 北京: 中国环境科学出版社, 2002.