

正交试验确定好气滤池气水反冲洗参数的研究

曹相生^{1,2}, 孟雪征¹, 张杰², 孙现伟³

(1. 北京工业大学建工学院, 北京 100022; 2. 哈尔滨工业大学市政环境工程学院, 黑龙江 哈尔滨 150090)

(3. 山东城乡建设规划设计研究院, 山东 济南 250014)

摘要:好气滤池是一种用于污水深度处理的新型滤池。反冲洗对好气滤池的成功运行有着重要影响。研究发现,反冲洗会使滤池的生物作用受到一定的伤害。与反冲洗前出水相比,反冲洗后滤池出水中COD和氨氮等与生物作用有关的指标均有不同程度的升高。好气滤池的反冲洗应综合考虑反冲洗后滤池出水水质下降和水头损失恢复之间的矛盾。通过正交试验得出了合适的气水反冲洗参数。

关键词:反冲洗; 空气擦洗; 正交试验; 好气滤池; 污水深度处理

中图分类号:X703.1 **文献标识码:**A **文章编号:**1000-3770(2004)04-0279-05

目前最常用的气水反冲洗方式是气水顺序冲洗,即先用气冲,然后气和水联合冲洗,最后用水漂洗。对于气水顺序反冲的方式应用于好气滤池的具体参数报导较少。本文对此进行了试验研究。

1 试验方法

1.1 试验设计

影响气水反冲洗的因素很多,每个因素也有较大的变化范围。为了减少试验次数,同时又能获得正确、可信的试验结果,本文采用正交试验的方法。

1.1.1 因素的确定

依据气水反冲洗试验步骤,确定如下7个因素,单独气冲强度 Q_{0g} 、联合冲洗水强度 Q_{1w} 、联合冲洗气强度 Q_{1g} 、水漂洗强度 Q_{2w} 、单独气冲时间 T_0 、联合冲洗时间 T_l 和水漂洗时间 T_2 。

1.1.2 各因素水平的确定

单独气冲的目的是使滤层产生松动,为后续的气水同时冲洗做准备。气水同时冲洗时,滤层内绝大部分杂质会和滤料分离开来,同时被反冲洗水带出滤池。这个阶段的气水冲洗强度应保证可以把杂质带出滤层,同时又不致使滤层产生较大的膨胀。最大冲洗强度一般控制在滤层膨胀度小于10%。最后水漂洗的目的是把前一阶段已经与滤料分离的杂质尽可能多的带出滤层,恢复滤池的纳污能力。单

独水漂洗时一般控制滤层膨胀度在25%左右。参照这些控制条件,作了多次预备试验以确定各因素的范围,最后确定每个因素选择两个水平,具体数值见表1。

1.1.3 评价指标的确定

好气滤池反冲洗目的是恢复滤层纳污能力并对滤层内的生物膜进行适当的冲刷。反冲洗后和反冲洗前滤池的水头损失之比 RH 可以反映滤层的冲洗洁净程度,因此把 RH 作为水头损失恢复能力的评价指标。

预备试验时发现,由于滤层内生物量的损失,与反冲洗前出水相比,反冲洗后滤池出水中与生物作用相关的指标,如COD、氨氮、BOD等有升高现象。但随着过滤时间的延长,这些指标逐渐会恢复到原有水平。因此可以用反冲洗后出水水质下降程度来评价反冲洗情况。本试验中采用反冲洗后和反冲洗前滤池出水的COD和氨氮各自的比值 R_{COD} 和 R_{AM} 作为评价参数。为了简化分析,确定 WQ 作为评价反冲洗的综合水质下降评价指标。 WQ 按照公式1计算。

$$WQ = (R_{COD} + R_{AM}) / 2 \quad (1)$$

另外,反冲洗的能耗也是衡量反冲洗效率的重要指标。为此确定把反冲洗耗水量 C_w 和反冲洗好气量 C_g 作为评价参数。同样为了简化分析,确定ECI作为评价反冲洗的综合能耗评价指标。ECI按照公

收稿日期:2002-11-11

基金项目:黑龙江省科技厅项目(G00C1808201)

作者简介:曹相生(1973),男,山东济南人,哈尔滨工业大学博士研究生,研究方向为污水处理及回用。

表 1 反冲洗正交试验不同因素的水平值

水平 因素	Q_{0g} (L/m ² ·s)	Q_{1w} (L/m ² ·s)	Q_{1g} (L/m ² ·s)	Q_{2w} (L/m ² ·s)	T_0 (min)	T_1 (min)	T_2 (min)
α	6.7	4.5	6.7	6.7	3	3	3
β	11.1	6.7	11.1	8.9	6	6	5

式 2 计算。

$$ECI_i = \frac{(C_{Wi} + C_{Gi})}{MAX(C_{Wi} + C_{Gi})} \quad (2)$$

式中 i 为正交试验顺序号 ($i=1-8$)

根据选定的因素和各因素的水平数, 确定选用 $L_8(2^7)$ 正交表。具体试验方案见表 2。

1.2 试验装置

试验采用一个内径 282mm 的有机玻璃柱, 柱高 3800mm。柱内装粒径 2~4mm 的页岩陶粒做滤料, 滤料层高 2300mm。承托层采用 400mm 厚的卵石, 卵石粒径 4~32mm, 从下向上逐渐减小。采用滤后水做反冲洗水。反冲洗水和反冲洗气分别由水泵和空压机打入滤柱底部经多孔板均匀分配后进入承托层和滤层。反冲洗水和反冲洗气管道上分别装有用来计量流量的 LZB 型转子流量计。滤柱通过软胶管和测压板相连, 以测量滤柱的水头损失。

1.3 试验过程

试验期间, 滤柱采用下向流恒滤速变水位过滤, 当滤柱水头损失达到 0.8~1.0m 时开始反冲洗, 每次反冲洗前后, 测量滤柱水头损失并化验滤柱出水的 COD 和氨氮值。反冲洗后各指标的测定均在恢复过滤 1h 时进行。试验期间, 滤柱进水水温 24~28℃, pH 值 7.12~7.91。

2 结果与分析

试验结果见表 3。对每个因素的极差和各水平的效应值计算结果见表 4。

从表 4 的数据可以看出, 对水头损失影响最大

的是水漂洗时间 T_2 和气水联合冲洗时间 T_1 。这说明要想把滤柱冲洗干净, 必须保证足够的冲洗时间。试验中也发现, 如果水漂洗时间 T_2 太短, 会造成前一阶段已经与滤料分离开的杂质有一部分不能被带出滤柱, 造成反洗后滤柱的水头损失仍然较大, 过滤周期减少。

从水质下降指标 WQI 来看, 影响因素最大的是单独气冲强度 Q_{0g} 、联合气冲强度 Q_{1g} 和单独气冲时间 T_0 。长时间较大的气体强度会对滤料造成强烈的冲刷, 使过多的生物膜剥落下来, 从而使随后而来的过滤中生物量相对不足, 造成滤柱出水水质的下降。表 3 的数据表明, 与 COD 指标相比, 氨氮更容易受到反冲洗的影响。这可能是滤层内硝化菌的附着能力要差一些的原因所致。

表 4 的数据还说明, 对能耗指标 ECI 影响最大的是气水联合冲洗时间 T_1 和单独气冲时间 T_0 。为了降低能耗, 在保证反冲洗效果的前提下, 应尽可能缩短单独气冲和联合冲洗的时间。

综合分析表 4 的数据可以发现, 水质下降指标 WQI 和水头损失恢复指标 RH 是矛盾的。加大反冲洗强度和时间的, 滤层更容易冲洗干净, 随后的过滤水头损失变小, 过滤周期延长。但这样会造成对生物膜的过度冲刷, 使滤层内生物量减少, 致使随后的过滤中滤柱对有机物指标的去除能力下降。因此好气滤池反冲洗的关键是寻求反冲洗后水质下降和水头损失恢复之间的平衡, 做到两者兼顾, 同时应尽量降低反冲洗的能耗。

表 2 反冲洗正交试验方案

	Q_{0g} (L/m ² ·s)	T_0 (min)	Q_{1w} (L/m ² ·s)	Q_{1g} (L/m ² ·s)	T_1 (min)	Q_{2w} (L/m ² ·s)	T_2 (min)
1	6.7	3	4.5	6.7	3	6.7	3
2	6.7	6	6.7	6.7	6	8.9	5
3	6.7	3	4.5	11.1	3	8.9	5
4	6.7	6	6.7	11.1	6	6.7	3
5	11.1	6	4.5	11.1	6	6.7	5
6	11.1	3	6.7	11.1	3	8.9	3
7	11.1	6	4.5	6.7	6	8.9	3
8	11.1	3	6.7	6.7	3	6.7	5

表 3 反冲洗正交试验结果

	R_H	R_{COD}	R_{AM}	WQI	$C_W(L)$	$C_G(L)$	ECI
1	0.69	1.07	1.07	1.07	126	151	0.44
2	0.30	1.09	1.10	1.10	317	226	0.87
3	0.36	1.12	1.17	1.14	217	275	0.79
4	0.38	1.14	1.20	1.17	226	400	1.00
5	0.25	1.21	1.39	1.30	227	374	0.96
6	0.58	1.14	1.23	1.19	175	249	0.68
7	0.46	1.18	1.35	1.27	201	400	0.96
8	0.34	1.16	1.29	1.22	201	325	0.84

本试验中，虽然反冲洗造成冲洗后滤柱出水水质下降，但滤柱出水仍能达到《生活杂用水水质标准征求意见稿 2002》的要求，因此在本试验条件下，反冲洗参数的选择应主要从水头损失恢复能力指标和能耗指标来考虑。综合考虑各种因素后确定的反

冲洗参数如下：单独气冲强度 11. 1L/m²•s、单独气冲时间 3min、联合冲洗水强度 4. 5L/m²•s、联合冲洗气强度 11. 1L/m²•s、联合冲洗时间 6min、水漂洗强度 8. 9L/m²•s、水漂洗时间 5min。

3 结 论

与反冲洗前相比，反冲洗后好气滤池出水存在有机物和氨氮等与生物作用相关的指标升高现象。反冲洗对滤池的生物作用造成了一定的伤害，其中气冲强度影响最大。

反冲洗参数的选择应综合考虑反冲洗后出水水质下降和水头损失恢复之间的矛盾，另外还应考虑能耗问题。

在滤后水能满足相应标准的前提下，通过正交试验，得出合适的好气滤池气水顺序反冲洗参数。

表 4 各因素和各水平效应值计算结果

		Q_{0g}	T_0	Q_{1w}	Q_{1g}	T_1	Q_{2w}	T_2
RH	α 水平效应值	0.43	0.46	0.44	0.45	0.49	0.42	0.53
	β 水平效应值	0.41	0.39	0.40	0.39	0.35	0.43	0.31
	极差	0.03	0.07	0.04	0.06	0.15	0.01	0.22
WQI	α 水平效应值	1.12	1.16	1.19	1.16	1.16	1.19	1.17
	β 水平效应值	1.24	1.20	1.17	1.20	1.17	1.17	1.19
	极差	0.12	0.04	0.02	0.04	0.01	0.02	0.02
ECI	α 水平效应值	0.77	0.74	0.79	0.78	0.69	0.81	0.77
	β 水平效应值	0.86	0.90	0.85	0.86	0.95	0.82	0.86
	极差	0.09	0.16	0.06	0.08	0.26	0.01	0.09

BACKWASHING PARAMETERS DETERMINATION BY ORTHOGONAL TEST FOR AEROBIC FILTER WITH AIR SCOUR PLUS SUBFLUIDIZATION WATER FLOW

CAO Xiang-sheng¹, MENG Xue-zheng², ZHANG Jie¹

(1.School of Municipal and Environmental Engineering, Harbin Institute of Technology Harbin Heilongjiang 150090)

(2.Postdoctoral Chongqing University Shapingba Chongqing 400045)

Abstract:Backwashing is a critical part of effective operation of the novel aerobic filter used for wastewater tertiary treatment. Banckwashing with air scour plus subfluidization water flow is a detriment to the biological performance of the aerobic filter, which is demonstrated by the higher COD and ammonia in effluent after backwashing in our test. The conflict of head loss development and effluent quality decline should be fully considered in determining backwashing parameters. At last, the suitable parameters of backwashing are derived through by orthogonal test.

Key words: backwashing; Air Scouring; orthogonal test; aerobic filter; wastewater tertiary treatment