

污泥臭氧化减量技术的影响因子*

何圣兵¹, 薛罡², 王宝贞³

(1. 上海交通大学环境科学与工程学院, 上海 200240; 2 东华大学环境科学与工程学院, 上海 200051; 3 哈尔滨工业大学水污染控制中心, 黑龙江 哈尔滨 150090)

摘要:采用臭氧作为剩余污泥的细胞裂解剂, 并与生物接触氧化工艺相结合进行污泥减量的实验研究, 臭氧化后的污泥上清液回流入曝气池与污水合并处理。结果表明: 在臭氧投量为 0.05 kg O₃/kg MLSS, 臭氧化污泥量为进水量的 5% 条件下, 生物接触氧化系统对 SCOD 和 NH₄-N 的平均去除率分别为 87.06% 和 84.80%, 出水水质同对比实验相当; 同时获得了 0.054 (g MLSS/去除 1 g SCOD) 的剩余污泥产率, 与对比实验相比降低了 78.4%。

关键词:臭氧化; 污泥减量; 生物接触氧化工艺; 剩余污泥产率

中图分类号: X703 文献标识码: A 文章编号: (K)04259(原 1002-1264)(2005)03-0020-03

Factors Affecting the Minimization of Sludge Production by Ozonation Process

HE Sheng-bing¹, XUE Gang², WANG Bao-zhen³

(1. School of Environmental Science and Engineering, Shanghai Jiaotong University, Shanghai 200240, China;

2. School of Environmental Science and Engineering, Donghua University, Shanghai 200051, China;

3. Water pollution control research center, Harbin Institute of Technology, Harbin 150090, China)

Abstract: Combined with submerged biofilm process, ozone was used as cell lysis agent to treat excess sludge, then the ozonated supernatant was returned to the aeration tank. The results revealed that COD and NH₄-N removals in this system were 87.06% and 84.80%, respectively. The effluent quality was comparable with that of the control test. Meanwhile, a low excess sludge yield coefficient of 0.054 (g SS/g SCOD removed) was acquired. Compared with that of the control test, the ozonation process configuration decreased its excess sludge production by 78.4%.

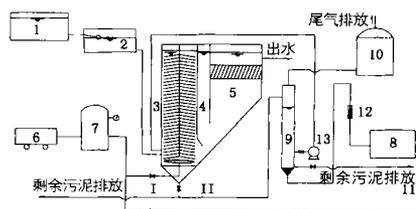
Key words: ozonation; sludge minimization; biological contact oxidation process; excess sludge yield

在污水的生物处理过程中, 一部分有机物在被微生物分解的同时, 另一部分会通过合成代谢形成新的生物体, 这部分增生污泥的处理和处置约占污水处理厂总运行费用的 40%~60% 左右^[1]。而且, 由于可用土地的减少和气体排放标准的严格限制, 通过填埋和焚烧来作为污泥的最终处置变得越来越困难, 这使得人们对于能够减少污泥产量的处理工艺越来越感兴趣。本文对臭氧化污泥减量的技术和经济可行性进行了分析, 并考察了臭氧化污泥量对系统污泥产量的影响。

1 实验装置及方法

实验采用系统 I、II 并行运行, 系统 I 为对比实验系统。两套系统的污水处理工艺和参数完全相同, 都是采用生物接触氧化反应池和斜板二沉池。二者的区别在于对剩余污泥的处理上, 系统 I 每天产生的剩余污泥量排出系统, 系统 II 采用

臭氧化处理系统的剩余污泥, 臭氧化后的污泥用水泵回流入曝气池的进口端, 少量的剩余污泥排出系统。实验装置图如图 1 所示。



对比实验工艺流程 臭氧化污泥工艺流程

1. 贮水箱
2. 平衡水箱
3. 生物接触氧化反应池
4. 导流区
5. 斜板二沉池
6. 空压机
7. 贮气罐
8. 臭氧发生器
9. 污泥臭氧接触柱
10. 尾气破坏器
11. 硅胶干燥器
12. 气体流量计
13. 臭氧化污泥回流泵

图 1 实验装置图

生物接触氧化反应池尺寸为 16 cm × 16 cm × 64 cm, 有效贮水容积为 16.3 L, 斜板二沉池容积为 8.5 L, 斜板的安装角度为 70°, 生物载体填料

* 基金项目: 霍英东青年教师基金优选资助课题(94004); 上海市自然科学基金(04ZR14010); 北京市水质科学与水环境恢复工程重点实验室开放基金

收稿日期: 2004-12-15

的装填密度为反应池容积的 30 % ,污泥接触臭氧柱的直径为 4 cm ,高度为 100 cm ,反应池和二沉池以及臭氧接触柱都是用有机玻璃加工而成。

污水在生物接触氧化反应池中的停留时间为 6 h ,二沉池的沉淀污泥全部回流至反应池。对比系统 I 的剩余污泥每天从污泥斗的下部排出,测试系统 II 的剩余污泥排入接触柱用臭氧处理,然后再经沉淀后上清液回流进入生物接触氧化反应池。曝气池中溶解氧浓度维持在 2.0 mg/L 左右,水温保持在 22 。

2 实验用水

实验用水采用人工配置,原料为直链淀粉、蔗糖、蛋白胨、NH₄Cl、K₂HPO₄ 和 KH₂PO₄,用量按 C N P 120 5 1 的比例投加。重点考察工艺的污泥产量。

3 臭氧化污泥产量影响因素的确定

污泥臭氧化减量工艺包括污水的生物处理和污泥臭氧化两大单元,利用臭氧的强氧化性来提高污泥的可生化性。臭氧处理过的污泥作为有机物成分回流至生物处理单元进行下一阶段的降解,一部分用于微生物的合成,另一部分被矿化,因而系统产生的剩余污泥量就会减少。结合生物处理单元中生物量的变化情况建立如下方程:

$$V(dX_V/dt) = YQ(L_a - L_e) - bX_V - Q_W X_V - Q_R X_V + yQ_R(X_V + X_i) \tag{1}$$

$$V(dX_i/dt) = - Q_W X_i - Q_R X_i + b'Q_R(X_V + X_i) \tag{2}$$

$$X = X_V + X_i \tag{3}$$

在系统运行达到稳态后,式(1)和(2)的左式均为零,则这两个方程式可以合并成式(4):

$$Q_W/V = YN_s - bX_V/X - [1 - (y + b')]Q_R/V \tag{4}$$

式中:V 为生物反应器有效体积,L; X_V 为生物反应器中活性污泥量,mg/L; X_i 为生物反应器中惰性污泥量,mg/L; Y 为污泥产率常数,gMLSS/gCOD; y 为臭氧化污泥作为有机基质的产率系数,gMLSS/gMLSS; b 为污泥比衰减率,d⁻¹; b' 为臭氧化污泥作为有机基质的残余率,gMLSS/gMLSS; Q 为进水流量,L/d; Q_W 为剩余污泥排除量,L/d; Q_R 为臭氧化污泥量,L/d; L_a 为进水有机物浓度,mg/L; L_e 为出水有机物浓度,mg/L; N_s 为有机负荷,kgCOD/(kgMLVSS·d)。

从式(4)可以看出,剩余污泥排除量与参数 Y、N_s、b、X_V/X、Q_R 和 [1 - (y + b')] 相关,一旦生

物处理工艺和原水水质以及工艺运行参数确定了以后, Y、N_s 和 b 均基本上成为常数,剩余污泥排除量则取决于 X_V/X、Q_R 和 [1 - (y + b')] 这三项,其中 X_V/X 代表了污泥的活性成分,[1 - (y + b')] 指代臭氧化污泥作为可利用基质的生物矿化率。这两项均受臭氧化程度的影响,臭氧化程度越高,臭氧化污泥的可生物降解性能越高, X_V/X 也能够维持在一个较高的水平。因此,可以推断出臭氧化降低污泥量仅仅受到臭氧化过程的影响,即受臭氧投量和臭氧化污泥量以及臭氧化效率的影响。

4 实验结果与讨论

4.1 臭氧投量的确定

为了确定处理污泥所需投加的 O₃ 量,首先进行了下述静态实验:先取一定量的泥水混合液,测定它的 MLSS、MLVSS、COD 和 SCOD 值,然后通入稳定浓度为 1.2 mg/L 的 O₃,在不同的反应时间测定反应液的 MLSS、MLVSS、COD 和 SCOD,寻求一个合适的 O₃ 投量,使得污泥的细胞能有较大程度的裂解,同时又不至于因 O₃ 投量过大而过分增加污泥的处理费用,实验结果见图 2、图 3。

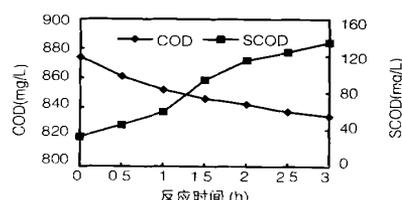


图2 COD、SCOD 随臭氧化时间的变化

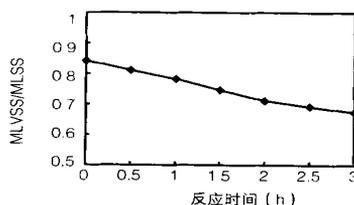


图3 MLVSS/MLSS 随臭氧化时间的变化

对泥水混合液进行 3 h 的臭氧氧化,COD 降低程度很少,约为 4.58 %;SCOD 随臭氧化的进行增高幅度较大,由最初的 32mg/L 增加至 135mg/L; 而 MLVSS/MLSS 则随臭氧化的时间延长,由 0.842 降至 0.674。分析认为臭氧将一小部分小分子有机物矿化;同时,臭氧的氧化作用使污泥中的一部分有机成分由于细胞外壁的裂解而融入液态成分中,引起了 SCOD 的升高和 MLVSS/MLSS 的降低。

根据实验结果的趋势,细胞裂解的速率在最初的2 h进行的较快,在此阶段 SCOD 的升高占 SCOD 总升高值的 81%;MLVSS/MLSS 的降低为总降低值的 77%。本着经济有效的出发点,拟采用 2 h 为污泥的臭氧化时间。从而计算出臭氧的投量为 0.05kg O₃/kg MLSS。

4.2 臭氧化污泥量(QR)的确定

在确定臭氧投量的基础上,研究臭氧化污泥量对系统的污泥减量效果的影响。

臭氧化工艺与对比工艺同时运行了 2 个月的时间。臭氧化工艺按臭氧化污泥量的不同分为 3 个阶段,每个阶段持续时间约为 20 d,实验结果如图 4 所示。

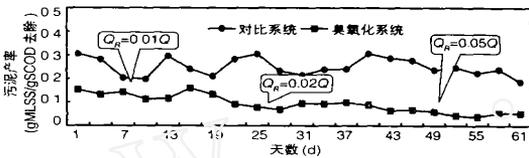


图 4 臭氧化污泥量对污泥产率的影响

对比系统在实验的 61 d 中,污泥产率在 0.186~0.306 g MLSS/gCOD 之间变化,平均为 0.25 g MLSS/gCOD。臭氧化系统在臭氧化污泥量为进水流量的 1%时,平均污泥产率为 0.135 g MLSS/gCOD;当 Q_R 值为 0.02 Q 时,污泥产率降至 0.087 g MLSS/gCOD;当 Q_R 值增加至 0.05 时,污泥产率降至 0.054 g MLSS/gCOD,降低幅度有所下降。分析认为由于生物膜工艺中,悬浮污泥浓度较低,在 3 个阶段中分别为 863 mg/L、758 mg/L 和 587 mg/L,虽然按 1:2:5 的比例逐渐增加了臭氧化污泥量,但臭氧处理的干污泥量却低于此比例。

4.3 经济评价

以此实验数据为基础进行经济评价。污泥臭氧化的投量为 0.05 kgO₃/kgMLSS,现国产臭氧发生器每产生 1 kgO₃ 耗电量在 15~20 kW·h 之间,即电费约为 15 元/kgO₃,接触氧化工艺中悬浮污泥浓度较低,当臭氧化污泥量为 0.05 Q 时,生化池中 MLSS 为 587 mg/L;此时,如果将污泥臭氧化增加的运行费用折算到污水处理费用上,则每 m³ 污水增加的处理费用为 (0.05 kgO₃/kgMLSS × 15 元/kgO₃ × 0.587 kgMLSS/m³ × 0.05 Q/Q) = 0.022 元/m³ 污水。此增加的费用应该是可以接受的。

4.4 臭氧化工艺与对比工艺运行参数及结果

以臭氧投量 0.05 kgO₃/kgMLSS、臭氧化污泥量 0.05 Q 作为臭氧化工艺的运行参数,比较臭氧化工艺与对比工艺的运行效果,实验结果见表 1。

表 1 实验运行参数表

检测项目	对比系统	臭氧化系统
进水流量 (L/d)	65.20	65.20
回流臭氧化污泥量 (L/d)	- - -	3.16
停留时间 (h)	6.00	5.72
剩余污泥浓度 (mg/L)	1140.00	587.00
DO (mg/L)	1.94	2.12
排放的剩余污泥量 (L/d)	4.00	1.20
进水 SCOD (mg/L)	316.00	316.00
出水 SCOD (mg/L)	34.80	41.70
臭氧化污泥上清液的 SCOD (mg/L)	- - -	128.40
SCOD 去除率 (%)	88.99	87.06
臭氧化污泥的 SS (mg/L)	- - -	840.00
进水 NH ₄ -N (mg/L)	32.40	32.40
出水 NH ₄ -N (mg/L)	3.60	5.20
臭氧化污泥上清液的 NH ₃ -N (mg/L)	- - -	37.50
NH ₄ -N 去除率 (%)	88.89	84.80

从表 1 看出:对比系统对于 SCOD 和 NH₄-N 的去除率分别达到了 88.99% 和 88.89%,臭氧化系统由于臭氧化污泥的上清液回流入曝气池而增加了 SCOD 和 NH₃-N 的浓度,去除率也很高,分别为 87.06% 和 84.80%。臭氧化系统的出水 SCOD 较对比系统稍差,分析认为臭氧化污泥回流液中含有一定比例的难生物降解有机成分,它们随出水流出,从而增加了出水中的有机物含量,两个系统中硝化效果均良好,表明污泥臭氧化回流并没有对氨氮的硝化产生抑制作用,这是因为硝化细菌在生物膜上附着式生长,臭氧化处理的悬浮污泥中硝化细菌含量很少,故对硝化效果影响较小。

5 结论

5.1 通过实验证实采用臭氧氧化部分生物污泥并将上清液回流进入接触氧化生物反应池能够达到污泥减量的目的。在本实验中,臭氧的合适投加量为 0.05 kg O₃/kg MLSS,采用的臭氧化污泥量为进水量的 5%。

5.2 臭氧氧化剩余污泥使系统获得了 0.054 (g MLSS/g SCOD 去除) 的低污泥产率,与对比的接触氧化生物系统相比降低了 78.4%。

5.3 臭氧化系统在对 SCOD 和 NH₄-N 保持了较高的去除效果,平均去除率分别为 87.06% 和 84.80%。

参考文献

- [1] G. H. Chen, H. K. Mo, S. Saby, et al. Minimization of Activated Sludge Production by Chemically Stimulated Energy Spilling[J]. Wat. Sci. Tech., 2000, 42 (12): 189 - 200.

作者简介:何圣兵(1974-),男,安徽全椒县人,博士,讲师,主要从事水污染控制方面的研究,已发表论文 20 余篇。