

污泥臭氧减量对淹没式生物膜工艺运行效能的影响

王丽¹, 王琳², 王宝贞³

(1. 哈尔滨工业大学能源与环境研究中心, 黑龙江 哈尔滨 150090; 2. 中国海洋大学, 山东 青岛 266003; 3. 哈尔滨工业大学水污染控制研究中心, 黑龙江 哈尔滨 150090)

摘要: 针对淹没生物膜法(SBF)和污泥臭氧化各自在污泥减量方面的优点, 提出了化学臭氧化和复合生物膜法相结合的污泥减量工艺, 并对臭氧化对 SBF 运行效能的影响进行了实验研究。通过 2 个并行的 SBF 系统污泥臭氧化结果进行对比, 结果显示臭氧化能够显著降低系统的污泥产率(0.043 kg/kg, 较不加臭氧化的 SBF 系统下降了 76%), 同时不对硝化和有机物的去除作用产生明显的影响, 系统出水水质良好。

关键词: 臭氧化; 污泥减量; 淹没式生物膜

中图分类号: X703

文献标识码: A

文章编号: 0253-4320(2007)01-0036-04

Influence of sludge ozonation reduction on submerged biofilter performance efficacy

WANG Li¹, WANG Lin², WANG Bao-zhen³

(1. Research Institute of Energy Source and Environment, Harbin Institute of Technology, Harbin 150090, China;

2. Ocean University of China, Qingdao 266003, China; 3. Research Center of Water Pollution Control,

Harbin Institute of Technology, Harbin 150090, China)

Abstract: A experimental study of sludge reduction in combination of the chemical ozone oxidation and biological method was made, with integrating the merits of SBF and sludge ozonation. The characteristics of sludge the ozonation and its influence on SBF performance were investigated. Two parallel SBF systems were run in order to compare ozone oxidation system and no ozone oxidation system. The results showed that ozonation was able to reduce markedly the sludge production rate of the system, with a sludge production rate of 0.043 kg/kg which was reduced by 76%, and no obvious influence was observed on nitrification and organic removal, the outflow water quality of the system was also good.

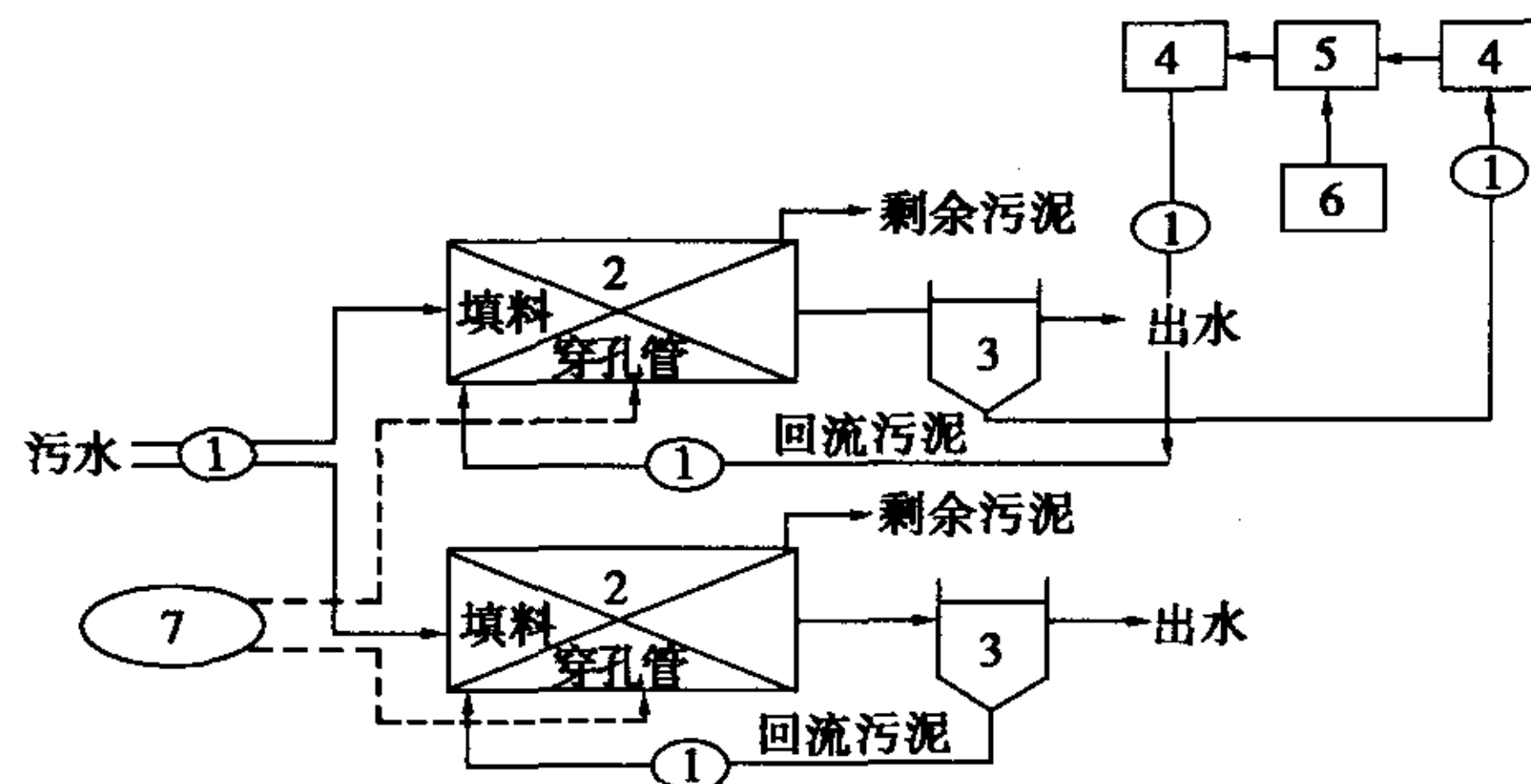
Key words: ozonation; sludge reduction; submerged biofilter

活性污泥法作为常规、经济有效的污水处理技术, 在污水处理工艺中被广泛使用, 但其运行中会产生大量剩余污泥^[1]。而处置污泥的高建设费用和运行费用, 使污泥减量成为全世界关注的热点。淹没生物膜(SBF)反应器在曝气池中投加生物填料, 提高了生物量并使微生物具有多样性, 增加了反应池的抗冲击负荷及处理难降解有机物的能力。而且由于生物膜的生态系统具有较长的食物链组成(细菌、藻类→原生动物→后生动物等), 通过高营养级生物的捕食作用, 使剩余污泥量大为减少, 大约仅为活性污泥法的 1/5 ~ 1/3。臭氧化污泥减量技术近年来被广泛采用的污泥减量技术, 此法的最大特点是污泥溶解效率高且臭氧化后的污泥混合液易于生物降解^[2]。笔者针对污泥臭氧化的特点及其对 SBF 运行效能的影响进行了研究, 使系统在获得污泥减量的同时仍然具有优良的出水水质。

1 实验装置与方法

1.1 实验装置

实验装置如图 1 所示。2 个相同的复合生物反应器平行运行, 一个作为对照系统, 一个作为氧化



1—泵; 2—SBF 反应器; 3—二沉池; 4—储泥池;
5—臭氧接触反应器; 6—臭氧发生器; 7—空压机

图 1 实验装置示意图

收稿日期: 2006-09-14

基金项目: 哈尔滨工业大学博士后启动基金资助

作者简介: 王丽(1966-), 女, 博士, 副教授, 主要从事水污染及大气污染控制的研究, liwanghit@126.com。

系统。反应器内装有超细纤维填料,投加量为 40%。反应器曝气池体积 10 L,水力停留时间(HRT) 6 h,回流比(R)为 100%,曝气池中悬浮污泥质量浓度为 1 500 mg/L 左右,生物膜质量浓度为 6 000 mg/L 左右,溶氧(DO)质量浓度为 3 mg/L 左右,污泥龄 10 天。臭氧反应器由有机玻璃管制成,内径 50 mm、柱高 1 000 mm。臭氧质量浓度 20 mg/L,臭氧产量为 1.2 g/h,臭氧投量为每 g SS 0.05 g O_3 。

进污水为人工配水,C、N、P 分别用醋酸钠、氯化铵、磷酸二氢钾配制,补充微量元素,其化学组成见表 1。

表 1 人工配水组成

参数	质量浓度/ $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$	参数	质量浓度/ $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$
COD_{Cr}	350 ~ 400	$\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	4.00
$\text{NH}_4\text{-N}$	25 ~ 30	$\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	7.50
P	5	$\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	6.25

1.2 实验方法

采用完全同步运行的 2 个 SBF 系统,其中一个系统的污泥部分加入臭氧化装置,在不同臭氧污泥回流量的情况下,分析系统的污泥表观产率;出水的化学需氧量(COD)、 NH_3 等,确定臭氧化污泥减量的效能和对 SBF 系统运行情况的影响。研究过程中测定的指标有 COD、生物需氧量(BOD_5)、污泥浓度及沉降性能等,均采用标准测定方法。臭氧含量的测定采用碘量滴定法。

2 实验结果与讨论

2.1 臭氧氧化对复合生物反应器污泥表观产率系数的影响

反应器的污泥表观产率系数,降解 1 mg 溶解 COD_{Cr} (SCOD_{Cr})产生的悬浮固体(SS)量^[3],即 $Y_{\text{obs}} = [Q_w X_w + (Q - Q_w) X_e] / Q(S_0 - S_e)$,式中 Q 为进水量(L/d); Q_w 为剩余污泥量(L/d); X_w 为剩余污泥质

量浓度(mg/L); X_e 为出水悬浮物质量浓度(mg/L); S_0 为进水中溶解 COD_{Cr} 质量浓度(mg/L); S_e 为出水中溶解 COD_{Cr} 质量浓度(mg/L)。

通过强化细菌的隐性生长可以达到污泥减量的目的(隐性生长是指微生物基于自身细胞溶解产物的生长方式^[4])。臭氧是强的细胞溶解剂,臭氧氧化分解污泥时,细胞溶解释放出细胞内含物,这部分细胞溶解的有机物可被微生物代谢再利用,其中一部分碳以 CO_2 释放,从而使总污泥产量下降。复合生物反应器与臭氧氧化结合会进一步降低污泥产量。实验结果表明,污泥经臭氧氧化处理后回流到生物反应器中,能有效地进行污泥减量。而且随着污泥氧化比例的增大,污泥表观产率系数随之降低。

如图 2 所示,氧化比例为 10% 时,对照系统和氧化系统的平均污泥表观产率系数分别为每 mg $\text{SCOD}_{\text{去除}}$ 0.184 mg SS 和 0.132 mg SS,污泥减量为 28%。图 3 显示,氧化比例为 20% 时,对照系统和

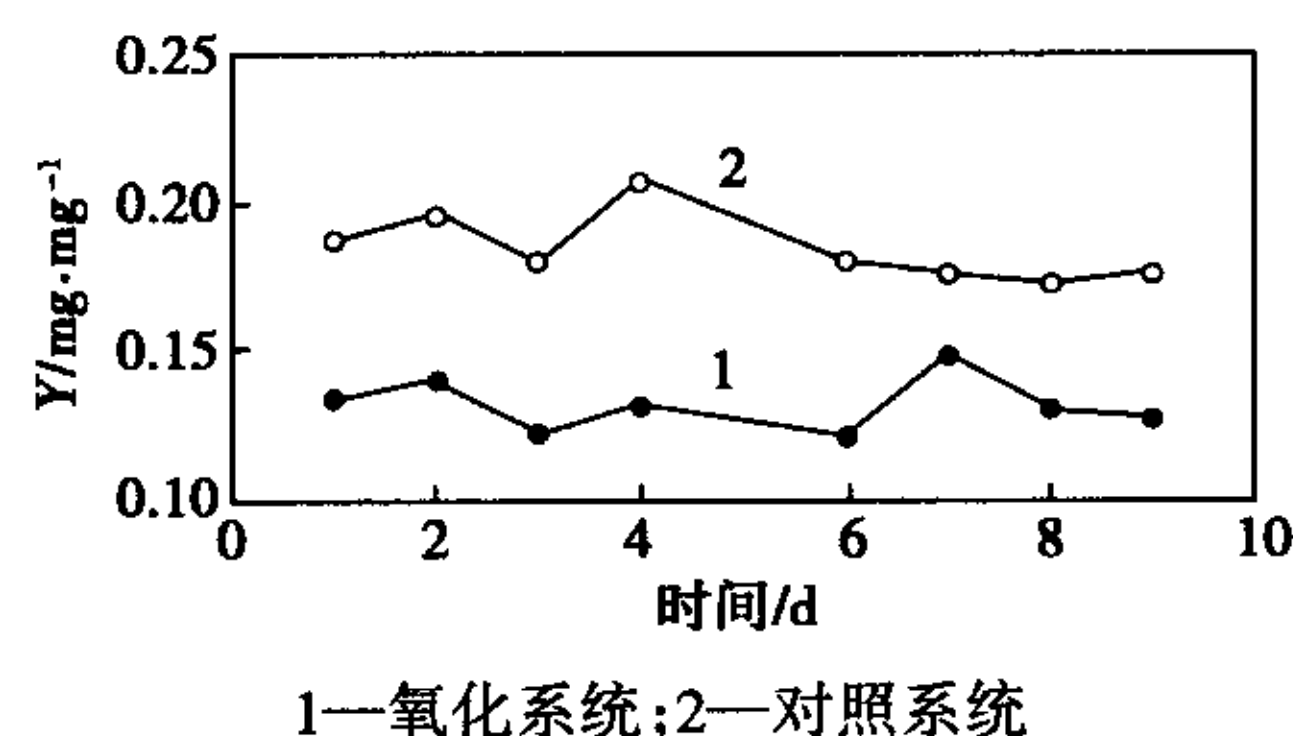


图 2 污泥氧化比例为 10% 时,氧化系统和对照系统的污泥表观产率系数

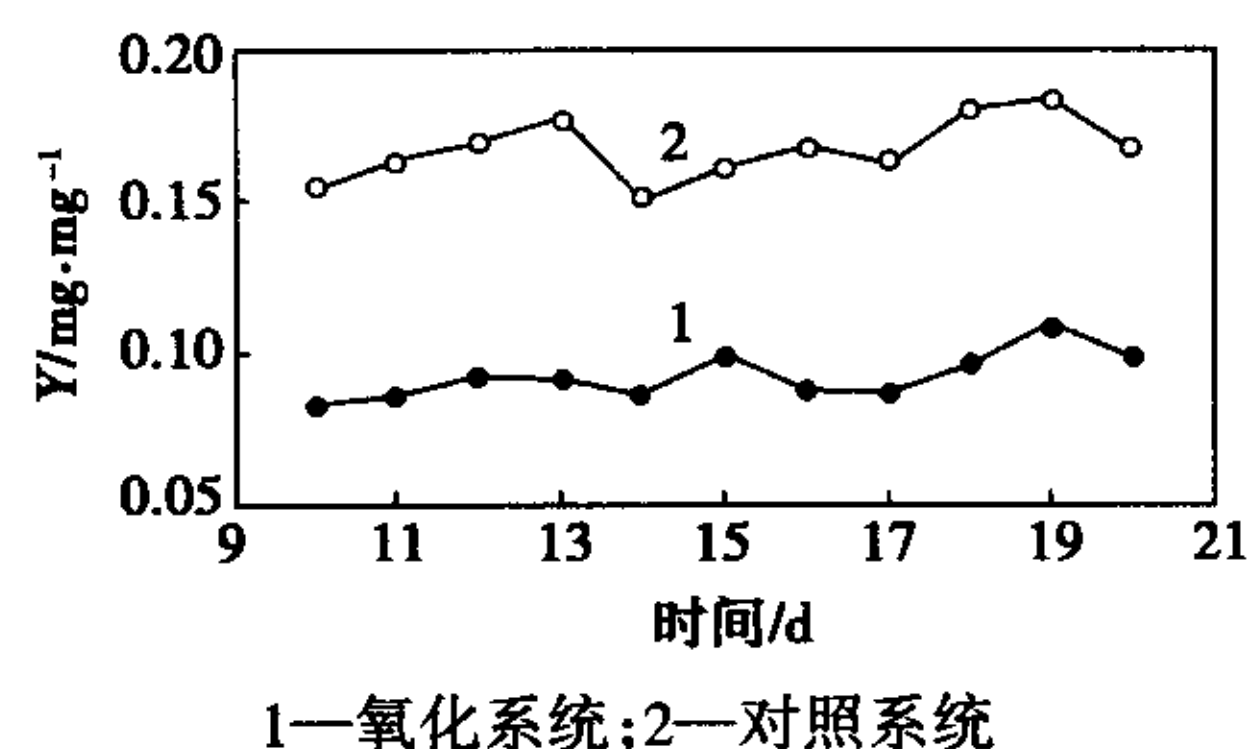


图 3 污泥氧化比例为 20% 时,氧化系统和对照系统的污泥表观产率系数

(上接第 35 页)

- [13] Erisson K E, Johnsrud S C. Microbial delignification of lignocellulosic materials[J]. Papier, 1986, 40(10A): V33 - V37.
- [14] Abuhasan M J, Pellinen J, Joyce T W, et al. Biodelignification of chemithermomechanical pulp by a fungal treatment: Proceeding of the AIChE annual meeting: New developments in pulp and bleaching[C]. Washington D. C., 1988. 1 - 7.
- [15] Paice M G, Archibald F S, Jurasek L, et al. Direct biological bleaching of hardwood kraft pulp with the fungus *coriolus versicolor*[J]. Tappi J, 1989, 72(5): 217 - 221.

- [16] Reid I D, Paice M G, Ho C, et al. Biological bleaching of softwood kraft pulp with the fungus *trametes (coriolus) versicolor*[J]. Tappi J, 1990, 73(8): 149 - 153.
- [17] Fujita K, Kondo R, Sakai K, et al. Biobleaching of kraft pulp using white-rot fungus IZU-154[J]. Tappi J, 1991, 74(11): 123 - 127.
- [18] Sykes M. Bleaching and brightness stability of Aspen biomechanical pulps[J]. Tappi J, 1993, 76(11): 121 - 126.
- [19] Fukui H, et al. Biodelignification of secondary fiber by *Phanerochaete chrysosporium* improvement of culture and treatment conditions: 6th International symposium on wood and pulping chemistry[C]. Melbourne, Australia, 1991. 277 - 284. ■

氧化系统的平均污泥表观产率系数分别为每 mg SCOD_{去除} 0.167 mg SS 和 0.092 mg SS, 污泥减量 45%。

图 4 显示, 氧化比例为 30% 时, 对照系统和氧化系统的平均污泥表观产率系数分别为每 mg SCOD_{去除} 0.171 mg SS 和 0.043 mg SS, 污泥减量 76%。

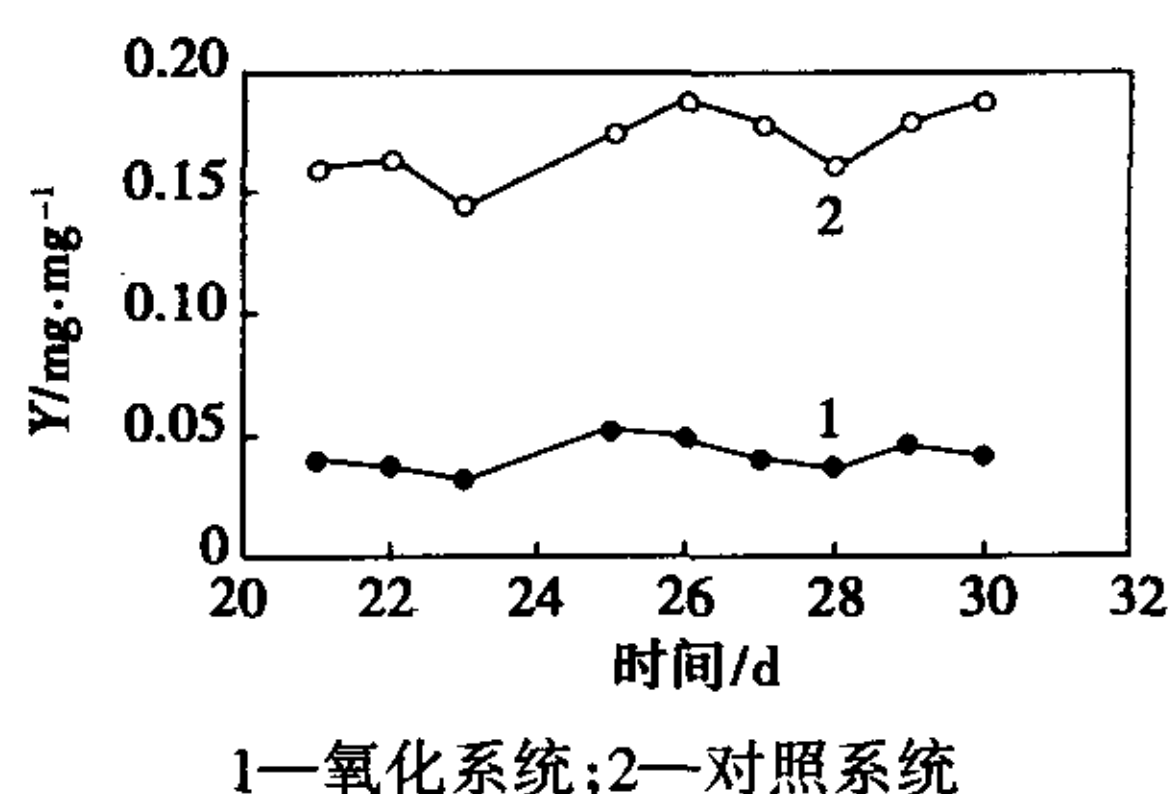


图 4 污泥氧化比例为 30% 时, 氧化系统和对照系统的污泥表观产率系数

2.2 臭氧氧化对出水 COD_{Cr} 的影响

图 5 显示, 在污泥氧化比例为 10% 时, 氧化系统出水 COD_{Cr} 质量浓度平均为 18.6 mg/L; 对照系统出水 COD_{Cr} 质量浓度平均为 16.5 mg/L, 2 个系统出水的 COD_{Cr} 基本没有区别。

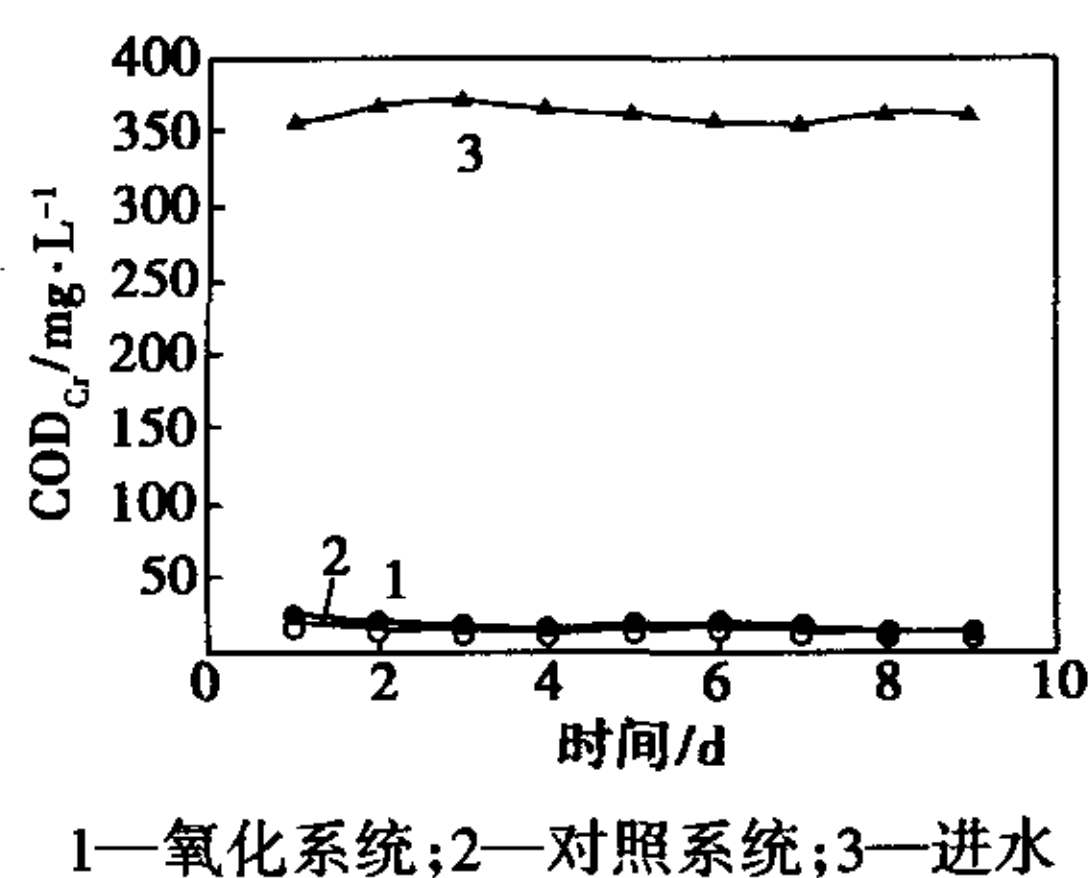


图 5 污泥氧化比例为 10% 时, 臭氧氧化对出水 COD_{Cr} 的影响

如图 6 所示, 氧化比例为 20% 时, 氧化系统出水 COD_{Cr} 质量浓度平均为 18.7 mg/L, 对照系统出水 COD_{Cr} 质量浓度平均为 14.1 mg/L, 2 个系统出水的 COD_{Cr} 相差不大。

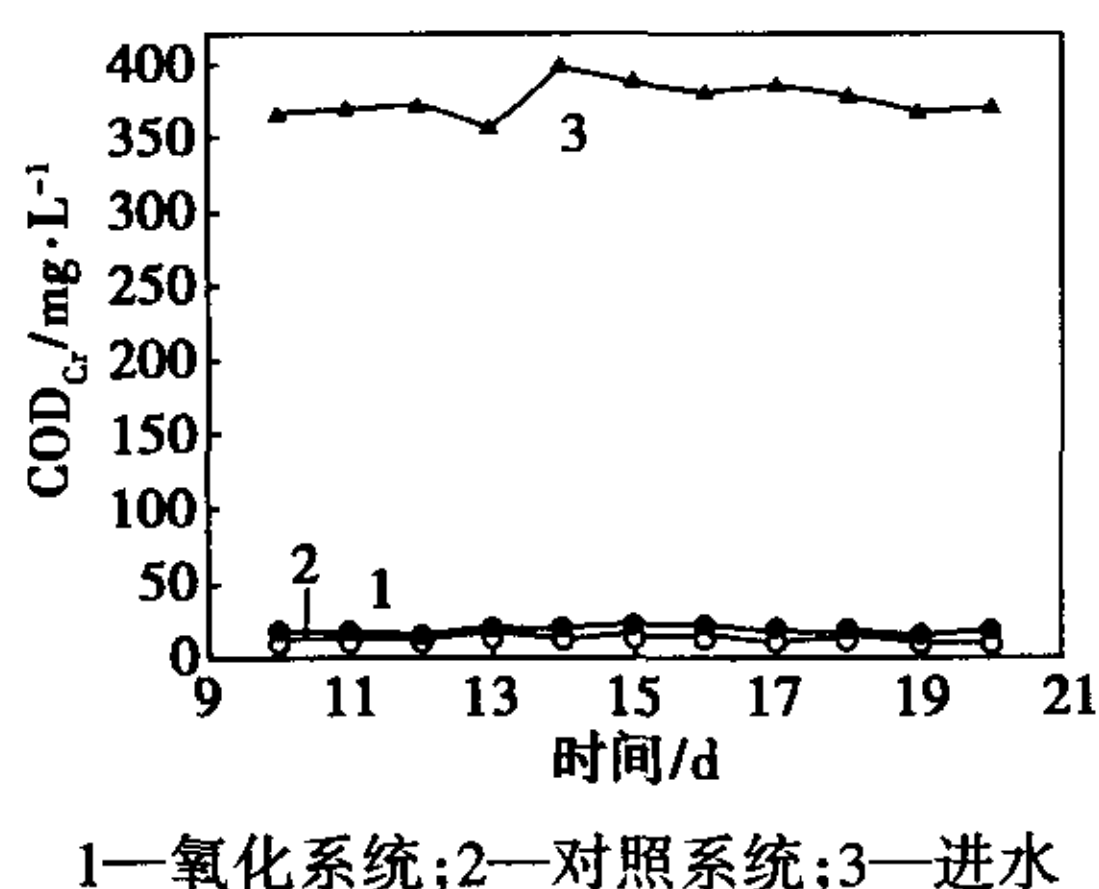


图 6 污泥氧化比例为 20% 时, 臭氧氧化对出水 COD_{Cr} 的影响

图 7 显示, 氧化比例为 30% 时, 氧化系统出水 COD_{Cr} 平均为 24.7 mg/L, 对照系统出水 COD_{Cr} 质量浓度平均为 16.8 mg/L。氧化系统出水 COD_{Cr} 稍有

增加, 但不明显, 氧化系统仍能保持其生物处理能力。对照系统的 COD 平均去除率为 96%, 在污泥氧化比例分别为 10%、20%、30% 时, 氧化系统 COD_{Cr} 平均去除率分别为 95%、95%、92%, 稍有降低, 仍有较高的 COD_{Cr} 去除率, 臭氧氧化对出水水质没有明显影响。

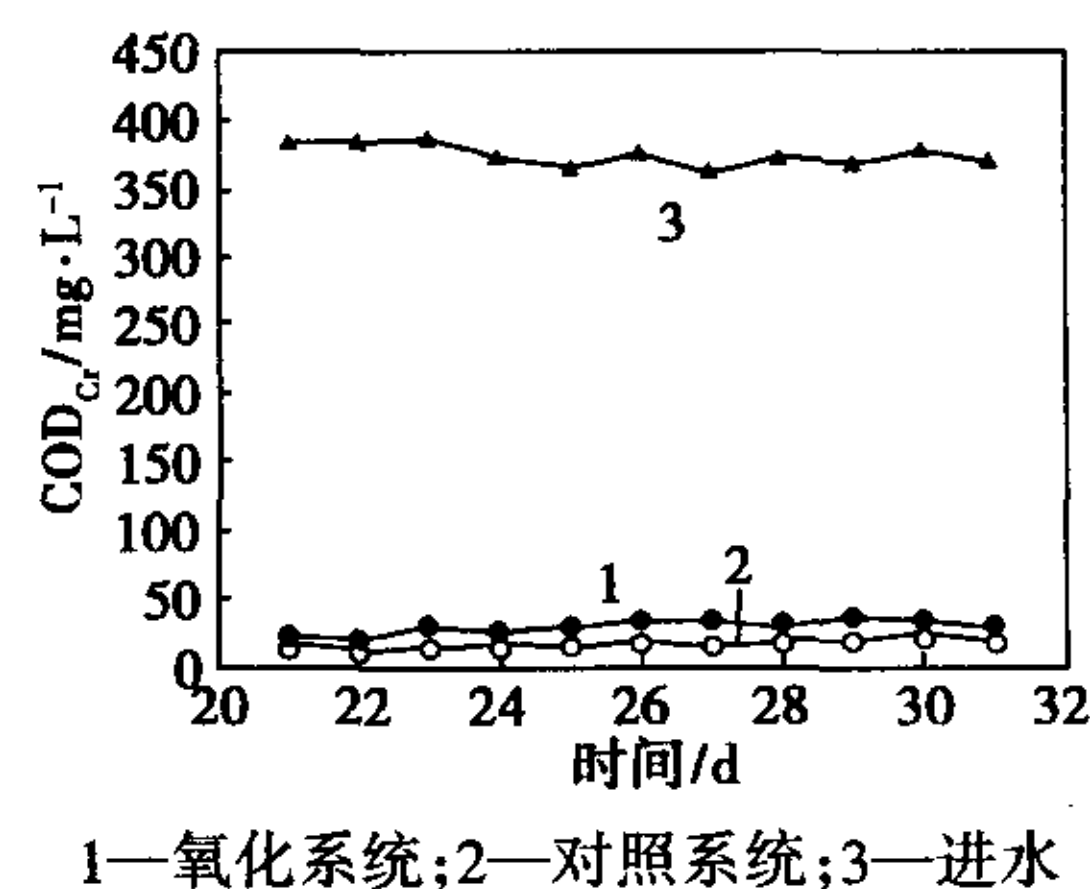


图 7 污泥氧化比例为 30% 时, 臭氧氧化对出水 COD_{Cr} 的影响

2.3 臭氧氧化对出水 NH₄-N 的影响

如图 8 所示, 对照系统出水 NH₄-N 平均质量浓度为 1.55 mg/L, 去除率为 94.4%, 氧化系统出水 NH₄-N 平均质量浓度为 2.50 mg/L, 去除率为 91.1%; 图 9 污泥氧化投加比例为 20% 时, 对照系统出水 NH₄-N 平均质量浓度为 1.34 mg/L, 去除率为 95.3%, 氧化系统出水 NH₄-N 平均质量浓度为 1.95 mg/L, 去除率为 93.2%。图 8、图 9 表明, 氧化系统出水 NH₄-N 浓度与对照系统相差不大。

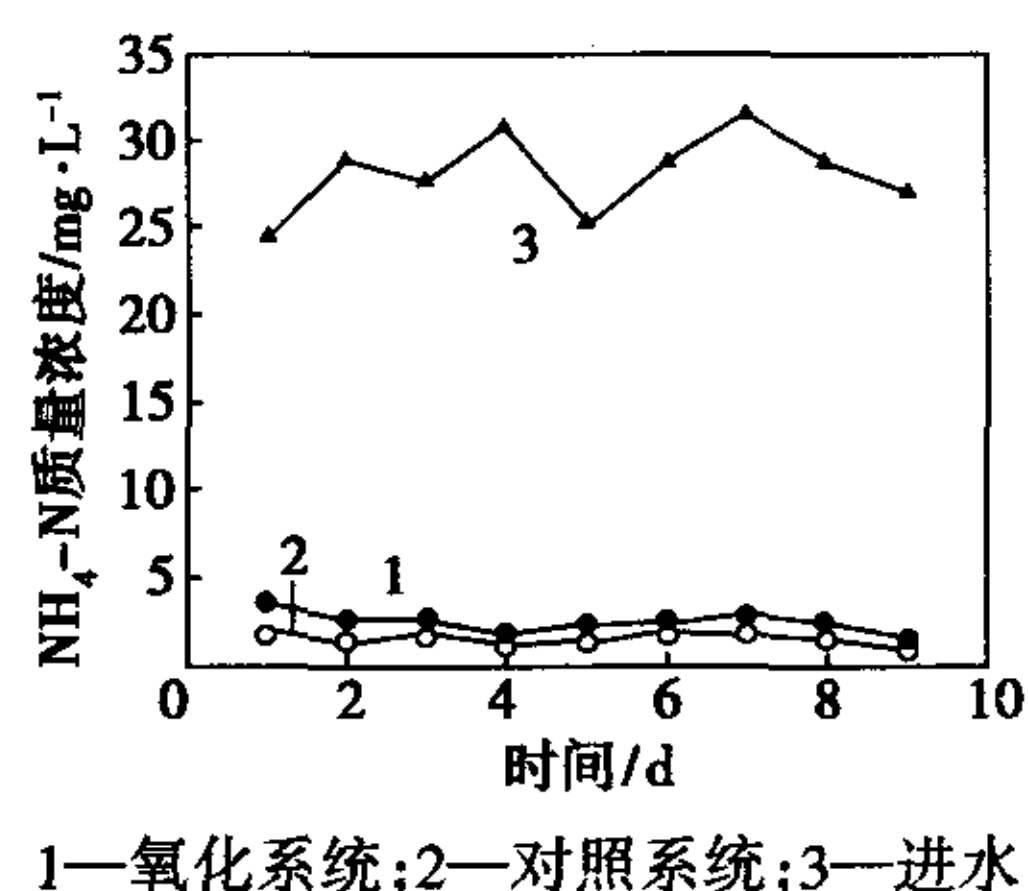


图 8 污泥氧化比例为 10% 时, 臭氧氧化对出水 NH₄-N 的影响

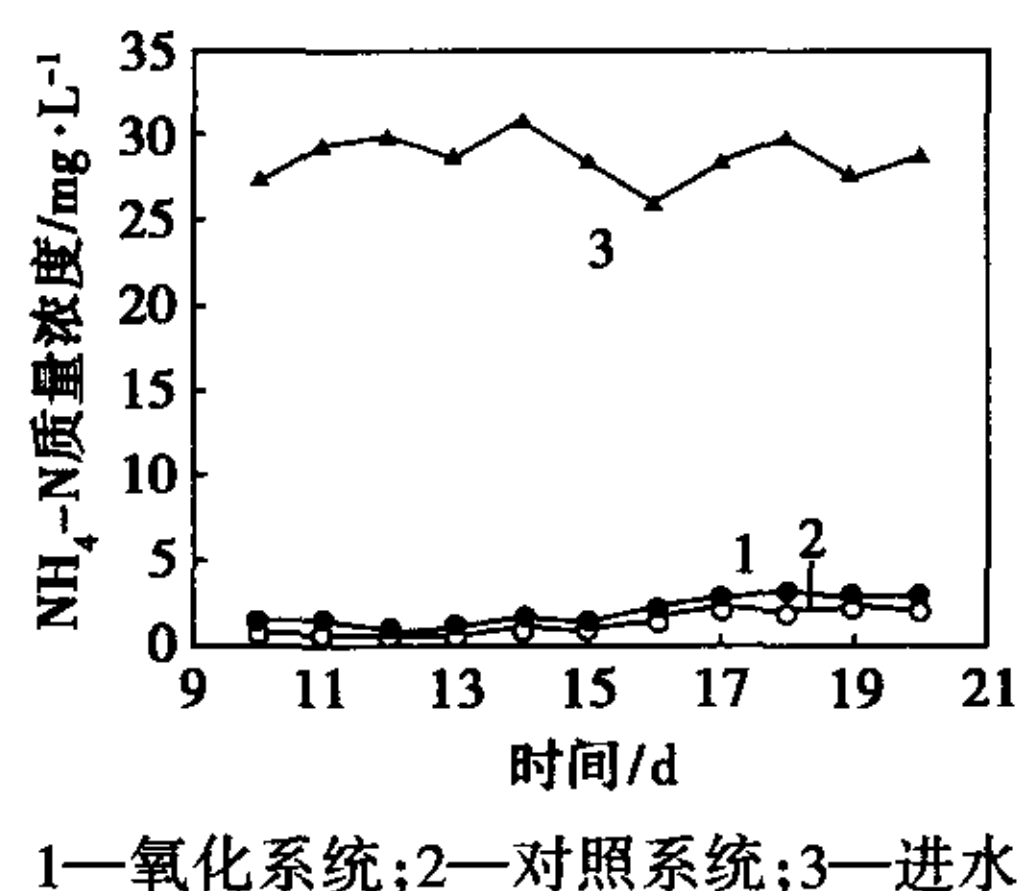
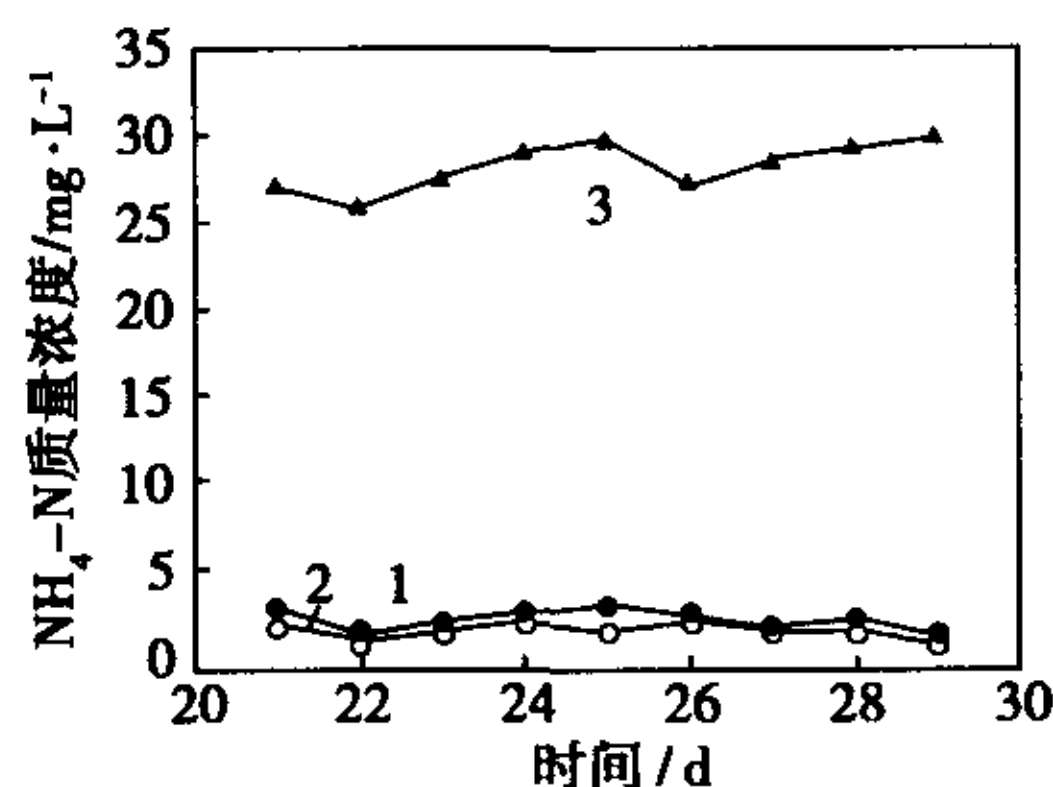


图 9 污泥氧化比例为 20% 时, 臭氧氧化对出水 NH₄-N 的影响

图 10 显示,氧化比例为 30% 时,对照系统出水 $\text{NH}_4\text{-N}$ 平均质量浓度为 1.64 mg/L,去除率为 94.2%,氧化系统出水 $\text{NH}_4\text{-N}$ 平均质量浓度为 2.78 mg/L,去除率为 90.2%。上述实验结果表明,2 个系统之间 $\text{NH}_4\text{-N}$ 的去除率相差不大,因为硝化菌 SRT 的减小会被系统因污泥减量而增大的 SRT 补偿,所以氧化系统的硝化能力基本没有因臭氧氧化而受到影响。



1—氧化系统;2—对照系统;3—进水

图 10 污泥氧化比例为 30% 时,臭氧氧化对出水 $\text{NH}_4\text{-N}$ 的影响

3 结语

复合生物反应器与臭氧氧化结合会进一步降低污泥产量。臭氧作为细胞溶解剂,促进细胞溶解,增大了细胞衰减速率,强化了细菌的隐性生长从而使污泥产量降低。在臭氧投量为每 g SS 0.05 g O_3 ,每天氧化的污泥分别为反应器内污泥的 10%、20%、30% 时,氧化系统的污泥表观产泥系数分别为每 mg

SCOD_{去除} 0.132、0.092、0.043 mg SS,比平行对比系统污泥减量率分别为 28%、45%、76%。

臭氧氧化对出水水质没有明显影响,整个实验期间,对照系统的 COD_{Cr} 平均去除率为 96%;在污泥氧化比例分别为 10%、20%、30% 时,氧化系统 COD_{Cr} 平均去除率分别为 95%、95%、92%,仍有较高的 COD_{Cr} 去除率,氧化系统仍能保持其生物处理能力。

在臭氧氧化系统中,硝化菌 SRT 的减小会被系统因污泥减量而增大的 SRT 补偿。两个系统之间氨氮的去除率相差不大,氧化系统的硝化能力基本没有受到臭氧氧化的影响。在污泥氧化比例分别为 10%、20%、30% 时,氧化系统 $\text{NH}_4\text{-N}$ 去除率分别为 91.1%、93.2%、90.2%,仍有较高的去除率。

参考文献

- [1] Park K Y, Ahn K H, Maeng S K, et al. Feasibility of sludge ozonation for stabilization and conditioning. *Ozone*[J]. Science & Engineering, 2003, 25(1):73-80.
- [2] Lee J W, Cha H Y, Park K Y, et al. Operational strategies for an activated sludge process in conjunction with ozone oxidation for zero excess sludge production during winter seasonp[J]. Water Research, 2005, 39(7):1199-1204.
- [3] Ødegaard H. Sludge minimization technologies-an overview[J]. Water Science and Technology, 2004, 49(10):31-40.
- [4] Wu C C, Huang C, Lee D J. Bound water content and water binding strength on sludge flocs[J]. Water Research, 1998, 32(3):900-904. ■

朗盛收购陶氏化学南非业务 北美纺织化学品业务完成剥离

世界领先的化工企业朗盛集团宣布收购了陶氏化学在南非的铬鞣化学业务。朗盛将获得位于南非纽卡斯尔(Newcastle)的 Chrome International South Africa (CISA)公司 50% 的权益,这是陶氏化学目前通过它的子公司 Sentrachem 而拥有的业务。其余 50% 的 CISA 公司业务早已为朗盛公司拥有。交易预计在 2007 年第一季度完成。

朗盛集团管理董事会主席贺德满博士表示:“朗盛历史上的首次收购,使我们独资拥有了世界上最先进的铬鞣工艺设备,获得了从铬矿到皮革鞣制材料这样一条完整价值链。这将进一步加强朗盛皮革化学

品部门铬鞣化学品业务的盈利能力”。

CISA 于 1999 年投入生产,年产 7 万 t 重铬酸钠,其主要用于皮革的鞣制生产过程,原材料来自位于南非 Rustenburg 的铬矿。CISA 的主要客户是位于南非 Merebank 的朗盛皮革鞣制生产厂以及朗盛的无机颜料业务部门。

与此同时,朗盛正在将其位于北美的纺织化学品业务全部剥离。被称为纺织化学专家及生产特殊化学品的美国 Star Chem 公司将收购朗盛纺织化学品在美国和加拿大的业务,大部分的职工也将被吸纳,整个交易在 2006 年底结束。(刘龙芝)