

SBR 中好氧颗粒污泥的培养与除污效能

黄玉峰¹, 张丽丽¹, 郝薇², 蔡伟民¹

(1. 上海交通大学 环境科学与工程学院, 上海 200240; 2. 哈尔滨市环境监测中心站, 黑龙江 哈尔滨 150076)

摘要: 以普通絮状活性污泥为种泥, 采用人工配水, 通过控制运行条件在 SBR 中成功地培养出了好氧颗粒污泥。研究表明, 该好氧颗粒污泥具有良好的同步硝化反硝化和去除 COD 的性能。好氧颗粒污泥成熟后平均直径为 4~5 mm, 沉速为 72~90 m/h, 反应器中 MLSS 为 7.8 g/L, 使反应器对 COD 和 $\text{NH}_3\text{-N}$ 的去除率分别达到了 95%~98% 和 75%~90%。

关键词: 序批式反应器; 好氧颗粒污泥; 同步硝化反硝化

中图分类号: X703.1 **文献标识码:** C **文章编号:** 1000-4602(2005)02-0053-03

Cultivation and Removal Efficiency of Aerobic Granular Sludge in SBR

HUANG Yu-feng¹, ZHANG Li-li¹, HAO Wei², CAI Wei-min¹

(1. School of Environmental Science and Engineering, Shanghai Jiaotong University, Shanghai 200240, China; 2. Research Center for Environmental Monitoring, Harbin 150076, China)

Abstract: Floccular activated sludge was used as seeding sludge. Aerobic granular sludge was cultivated in sequencing batch reactor (SBR) fed with synthetic wastewater by controlling operational conditions. It is demonstrated that simultaneous nitrification and denitrification, and COD removal can be achieved with high performance. The matured aerobic granular sludge has an average diameter of 4~5 mm and settling rate of 72~90 m/h, with MLSS 7.8 g/L in reactor. The removal rate of COD and $\text{NH}_3\text{-N}$ comes up to 95%~98% and 75%~90% respectively.

Key words: sequencing batch reactor; aerobic granular sludge; simultaneous nitrification and denitrification

1 试验材料和方法

1.1 试验装置

SBR 反应器的容积为 2.4 L, 内径为 5 cm, 总高度为 1.42 m, 出水口设在距底部 0.72 m 处。原水经蠕动泵由上部进入 SBR 反应器(排水也由该泵完成), 微孔曝气器设在反应器的底部, 由气泵供氧, 曝气量为 4.5 L/min。反应器置于恒温室内, 控制水温在 $(25 \pm 4)^\circ\text{C}$ 。用 PLC 控制进水、曝气、沉淀、排水全过程, 每个周期为 4 h, 其中进、排水均为 5 min, 沉淀时间则根据需要在 1~20 min 变化, 其余为曝气时间。

1.2 原水水质

原水采用人工配制, 其水质见表 1。

表 1 原水水质

Tab. 1 Raw water quality

项目	COD/($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)	$\text{NH}_3\text{-N}/(\text{mg} \cdot \text{L}^{-1})$	pH
范围	800~2 200	55~150	7.0 ± 0.5

1.3 分析项目及方法

COD、SV、SVI、MLSS、OUR: 标准方法; DO: 溶氧仪; $\text{NH}_3\text{-N}$: 凯氏定氮仪; $\text{NO}_3^- - \text{N}$: 紫外分光光度法; $\text{NO}_2^- - \text{N}$: N-(1-萘基)-乙二胺光度法; 好氧颗粒污泥直径: 多目分筛法; 生物相通过光学显微镜和扫描电镜观察。

试验装置见图1。

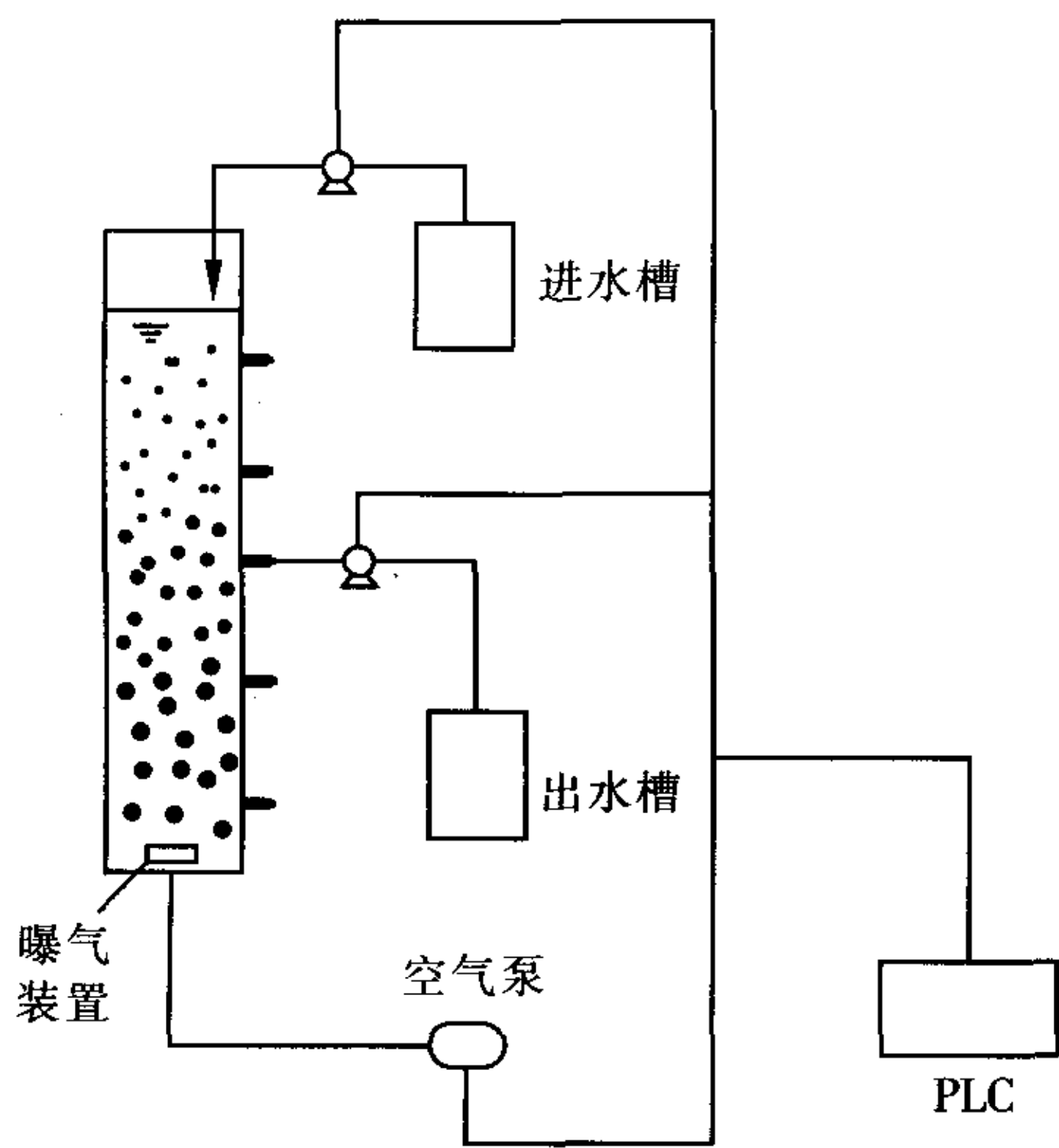


图1 试验装置

Fig.1 Schematic diagram of experimental setup

2 结果及讨论

2.1 好氧颗粒污泥的形成过程

以上海市闵行区污水厂曝气池中的活性污泥为种泥(MLSS为2 g/L,SVI值为232 mL/g),启动后根据其形态的变化将好氧颗粒污泥的形成过程分为3个阶段:启动驯化期、颗粒污泥出现期、颗粒污泥成熟期,不同阶段的试验结果见表2。

表2 不同阶段的试验结果

Tab.2 Operating results in different stages

阶段	运行时间/d	COD 负荷/(g·L ⁻¹ ·d ⁻¹)	污泥浓度/(g·L ⁻¹)	SVI/(mL·g ⁻¹)	沉速/(m·h ⁻¹)	COD 去除率/%	NH ₃ -N 去除率/%
1	20	2.5~3.0	3.2	232~96	0.5~5.2	95.4	75.6
2	46	3.3~5.0	5.2	88~43	32~56.5	98.7	88.6
3	54	5.4~6.7	7.8	56~44	72~90	96.5	91.5

接种污泥为絮状,沉降性能较差,经过10 d的驯化后其颜色逐渐由黑色转变为浅黄色。在以后的试验过程中不断提高COD负荷,并逐步减少沉淀时间,选择性地排出沉降性能较差的污泥。启动驯化期结束后SVI已降至100 mL/g左右,MLSS达到3.2 g/L,污泥的沉降性能改善明显。经过40 d的运行后反应器中出现了肉眼可见的细小好氧颗粒污泥,至第60天时淡黄色米粒状的好氧颗粒污泥在反应器中大量出现,SVI也降至43 mL/g,MLSS则达到了5.2 g/L。运行了80 d后,颗粒污泥的外观变化不大,可认为颗粒污泥已成熟。成熟的颗粒污泥表面光滑,呈球形或椭圆形。

在颗粒污泥逐渐形成的过程中,尽管进水COD浓度逐渐提高,但出水COD基本稳定在70~140 mg/L,对COD的平均去除率高达95%,这是微生物量逐渐增加的结果。

在启动驯化期,进水NH₃-N为55~65 mg/L,出水NH₃-N为13~15 mg/L,出水NO_x⁻-N浓度偏高(3~5 mg/L)。当试验进行到第40天时,好氧颗粒污泥初步形成,出水NO_x⁻-N浓度呈明显下降趋势。试验后期进水NH₃-N高达150 mg/L,但出水NH₃-N仅为13~17 mg/L,出水NO_x⁻-N保持在0.5~1.5 mg/L。这表明,随着好氧颗粒污泥直径的逐渐增大,反应器对NH₃-N的去除效果也逐步提高,其原因是:好氧颗粒污泥粒径的增大使其内部出现了局部缺氧或厌氧区域,形成了有利于同步硝化反硝化的微观环境。

2.2 同步硝化反硝化效果

为了考察该好氧颗粒污泥实现同步硝化反硝化的情况,在试验的第100天于一个运行周期内隔30 min取样一次测定COD、NH₃-N、NO_x⁻-N,结果表明,进水COD为1 800 mg/L、NH₃-N为94 mg/L,随着反应的进行则COD和NH₃-N浓度逐渐降低,其中大部分COD在前30 min就已被降解,这为硝化过程创造了良好条件。当反应进行到第60 min时,反应器中的COD已降至100 mg/L,NH₃-N降至70 mg/L,NO_x⁻-N约为1.0 mg/L。运行周期结束后,反应器中的COD、NH₃-N分别降至50、14 mg/L,而NO_x⁻-N浓度则升至1.4 mg/L(见图2)。

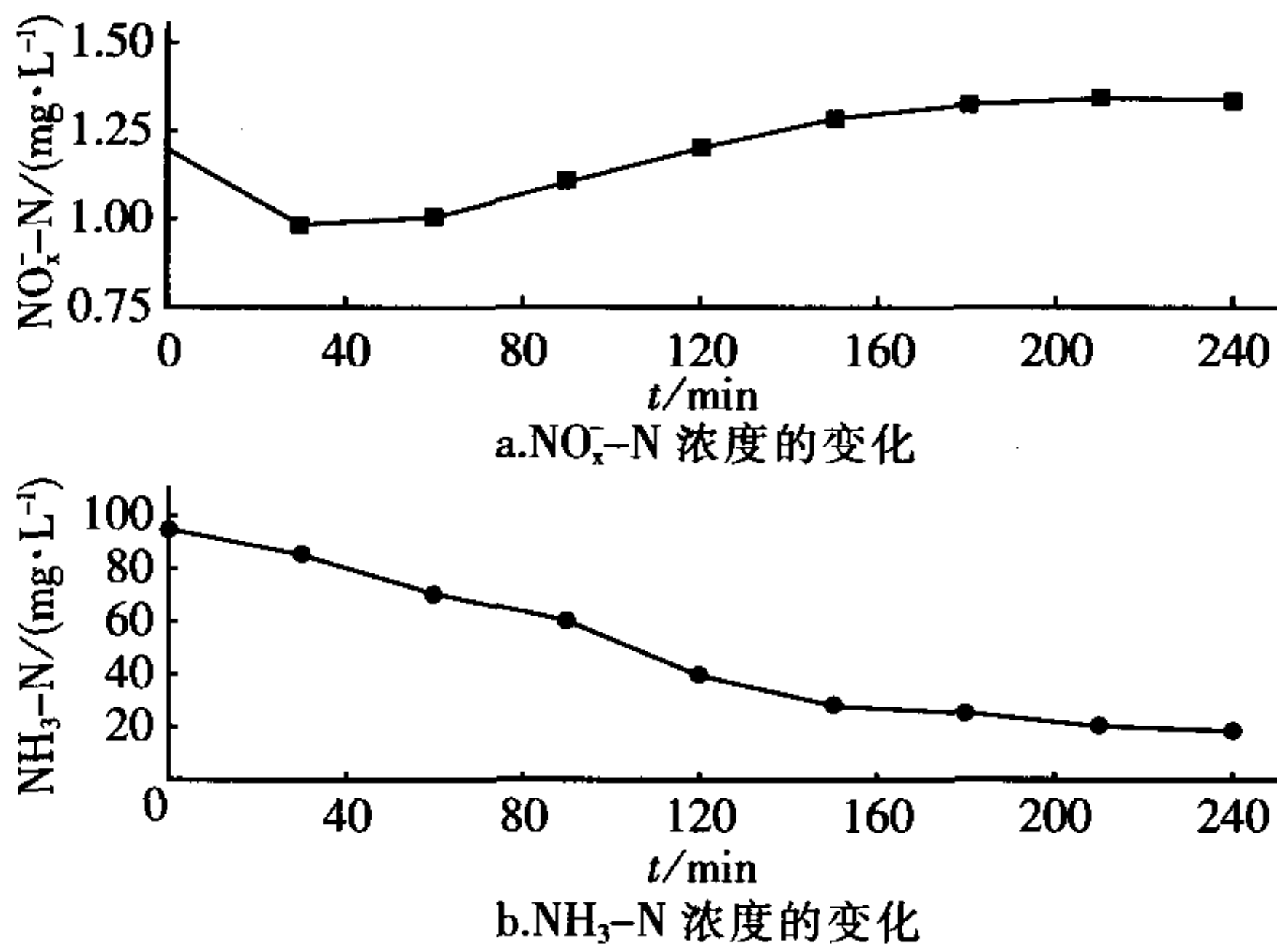


图2 氮形态的变化

Fig.2 Variation of nitrogen concentration with time

根据缺氧微环境理论,好氧颗粒污泥外表面的溶解氧浓度较高,微生物以异养好氧菌、硝化菌及氨

化菌为主, $\text{NH}_3\text{-N}$ 首先被氧化为 $\text{NO}_3^- \text{-N}$ 或 $\text{NO}_2^- \text{-N}$ 。成熟的好氧颗粒污泥呈球形, 较大的粒径(平均直径为 4~5 mm)在一定程度上妨碍了溶解氧向内部扩散, 使其内部产生了缺氧或厌氧区, 反硝化菌在缺氧或厌氧环境中, 直接将 $\text{NO}_3^- \text{-N}$ 或 $\text{NO}_2^- \text{-N}$ 还原为氮气。

2.3 好氧颗粒污泥的特性

① 粒径分布

运行至第 100 天时, 取一定体积的好氧颗粒污泥测定直径分布, 结果显示, 其直径多集中在 4~5 mm, 少量较大粒径(7 mm)与较小粒径(3 mm)的颗粒污泥也共存在反应器中。

② 沉降特性和耗氧速率(SOUR)

试验过程中污泥的 SVI 及 SOUR 变化情况如图 3 所示。

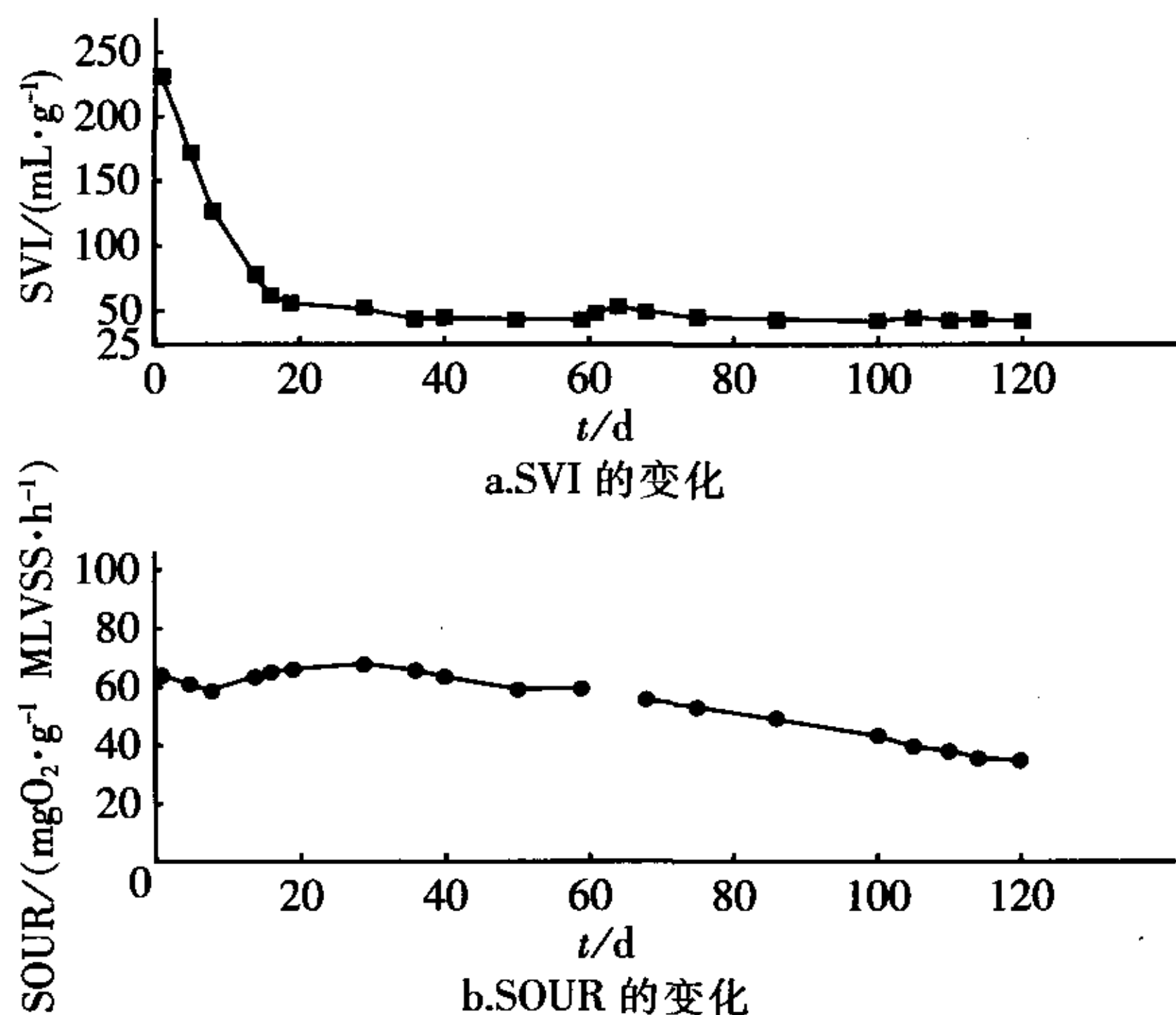


图3 SVI 和 SOUR 的变化

Fig. 3 Variation of SVI and SOUR with operating time

由图 3 可知, 随着好氧颗粒污泥的形成则污泥的沉降性能逐步改善, 并远优于普通活性污泥, 这使得 SBR 的沉淀时间大大缩短, 从而可增加曝气反应时间, 提高了反应效率。

SOUR 能够表征好氧微生物的活性。当颗粒污

泥大量出现时测得 SOUR 为 $68 \text{ mgO}_2/(\text{gMLVSS} \cdot \text{h})$, 随着运行时间的延长则 SOUR 值逐渐降低, 并最终降至 $35 \text{ mgO}_2/(\text{gMLVSS} \cdot \text{h})$ 左右。可见, 颗粒污泥直径的增大减少了颗粒污泥内部与氧的相对接触面积, 同时也增大了对氧的传质阻力, 这为好氧颗粒污泥进行反硝化提供了厌氧环境。但耗氧速率的降低并未对 COD、 $\text{NH}_3\text{-N}$ 的去除效果产生太大影响。

③ 生物相观察

在低倍镜下观察发现, 好氧颗粒污泥结构致密、表面光滑, 形状规则。扫描电镜则显示, 颗粒污泥表面有很多空穴, 这些空穴能够保证营养物质的传递, 同时也利于有毒代谢副产物排出颗粒污泥内部。好氧颗粒污泥主要由细菌、真菌等微生物与胞外多聚物相互嵌合构成。另外, 在扫描电镜下还观察到了丝状微生物的存在, 且被胞外多聚物所包裹。

3 结论

① 通过控制 SBR 反应器的运行条件可成功地培养出具有同步硝化反硝化和去除有机物功能的好氧颗粒污泥。

② 好氧颗粒污泥成熟后可使反应器对 COD、 $\text{NH}_3\text{-N}$ 的去除率分别达到 95%~98%、75%~90%。

参考文献:

- [1] APHA. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater [M]. Washington DC: American Public Health Association, 1995.
- [2] 白晓慧. 利用好氧颗粒污泥实现同步硝化反硝化[J]. 中国给水排水, 2002, 18(2): 26-28.
- [3] 张自杰, 张忠祥, 钱易. 环境工程手册(水污染防治卷) [M]. 北京: 高等教育出版社, 1996.

电话: (021) 54740400

E-mail: hyf4202@yahoo.com.cn

收稿日期: 2004-10-15

· 工程信息 ·

山东省文登市污水处理厂改扩建工程

该工程改建规模: $3 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$, 扩建规模: $5 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$, 处理工艺: 卡鲁塞尔氧化沟, 占地面积: 4 hm^2 , 投资额: 5 000 万元, 运营方式: BOT。设计单位: 山东省环境保护科学研究设计院。目前文登市政府已与总承包商签订合同。

(济南二机床集团公司环保公司 崔炳勇)