

低溶解氧膨胀污泥沉降性能的恢复研究

周利¹, 彭永臻², 宋娇³, 李凌云¹, 马涛¹

- (1. 青岛理工大学山东省环境工程重点实验室, 山东 青岛 266033;
2. 北京工业大学北京市水质科学与水环境恢复重点实验室, 北京 100022;
3. 高密市建设工程质量监督站, 山东 高密 261500)

[摘要] 溶解氧是影响丝状菌污泥膨胀的重要因素之一。以石化废水和啤酒废水为处理对象, 对低溶解氧污泥膨胀进行了污泥沉降性能恢复的试验研究。结果表明, 在较高的 DO 浓度下运行, 能使膨胀污泥的沉降性能恢复到良好状态, 且恢复时间及恢复速率均与污泥膨胀程度呈正相关关系。污泥负荷是影响膨胀污泥沉降性能恢复的因素, 在一定低污泥负荷下, 通过提高 DO 浓度并不能使低 DO 膨胀污泥的沉降性能得到有效恢复。

[关键词] 污水处理; 丝状菌污泥膨胀; 溶解氧; 污泥沉降性能

[中图分类号] X703.1 [文献标识码] A [文章编号] 1005-829X(2006)10-0049-03

Study on the recovery of settleability of low DO filamentous bulking sludge

Zhou Li¹, Peng Yongzhen², Song Jiao³, Li Lingyun¹, Ma Tao¹

- (1. Shandong Provincial Key Lab of Environmental Engineering, Qingdao Technological University, Qingdao 266033, China; 2. Beijing Key Lab of Water Quality Science and Water Environment Recovery, Beijing Polytechnical University, Beijing 100022, China; 3. Gaomi Supervisory Center of Construction Engineering Quality, Gaomi 261500, China)

Abstract: Dissolved oxygen is one of the most important factors which influences filamentous sludge bulking. By using brewery wastewater and petrochemical wastewater as influent, the experimental study has been made on the recovery of settleability of bulking sludge happening at low dissolved oxygen operation. The results show that the higher dissolved oxygen concentration can result in the recovery of bulking sludge settleability, and recovery time and rate are in positive correlation with bulking level. Sludge load is a factor affecting the recovery of bulking sludge settleability. Under a certain low sludge load, the bulking sludge settleability can not be improved effectively.

Key words: wastewater treatment; filamentous bulking sludge; dissolved oxygen; sludge settleability

自从活性污泥法问世以来, 丝状菌污泥膨胀(以下简称污泥膨胀)一直是在污水厂运行管理中困扰人们的难题之一, 污泥膨胀的发生不仅会导致污泥流失、出水水质恶化, 而且一旦发生就难以控制和恢复。能够导致污泥膨胀的因素很多, 如污水种类、污泥负荷、溶解氧(DO)浓度、pH、氮磷营养物等^[1], 其中 DO 浓度是其中最重要的因素之一, 国外有关该课题的研究报道很多, 得出的结论并不尽一致^[2-4]。目前普遍认为, 当曝气池内混合液中 DO 浓度过低时

容易引起污泥膨胀, 并称之为低 DO 污泥膨胀。对低 DO 污泥膨胀, 通过强化曝气提高 DO 浓度可以控制污泥膨胀, 使污泥沉降性能得以恢复, 对此国内已有工程运行实例^[5]和试验研究报道^[6,7]。笔者利用 SBR 能严格控制试验条件的特点, 对低 DO 污泥膨胀进行了污泥沉降性能恢复的试验研究, 系统研究了低 DO 膨胀污泥沉降性能恢复过程中 DO 浓度、膨胀程度及污泥负荷对其影响的规律。

[基金项目] 国家“863”重大科技攻关项目(2003AA601010); 山东省教育厅项目(J05N02)

1 材料和方法

试验中以化工和啤酒两种工业废水作为研究对象。化工废水中主要含有乙酸、苯酚、偏苯酸三酸、油脂等, 啤酒废水中主要含有各种糖类、色素、蛋白质、多种氨基酸等。它们都是常见的易于发生污泥膨胀的工业废水。试验装置及控制系统如图 1 所示。

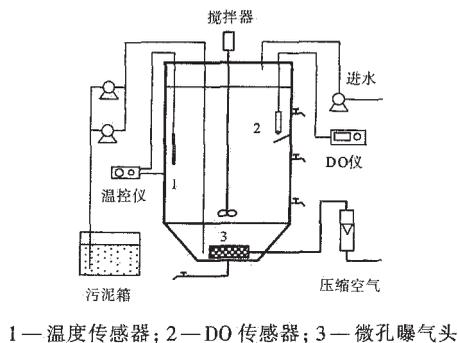


图 1 SBR 试验系统

SBR 反应器为圆柱型, 有效容积为 38 L, 底部采用微孔曝气头, 外部缠有电热丝并通过温控仪控制反应器内为恒温 20℃, 在线检测溶解氧浓度。进水方式为一次性加注。采用 SBR 工艺, 可以严格地控制试验条件, 例如对进水底物浓度、起始污泥浓度、曝气量及反应时间的控制能做到相当的精确。在本试验中: 进水底物 COD 为 1 000 mg/L; $m(\text{BOD}_5) : m(\text{N}) : m(\text{P}) = 100 : 5 : 1$; pH 6.5~8.5; MLSS=2 000 mg/L。

2 结果与讨论

2.1 恢复过程中 SVI 变化规律

试验中当低 DO 污泥膨胀发生, SVI 达到一定值后, 提高反应器内 DO 浓度并运行相当长的时间, 结果表明, 对于低 DO 污泥膨胀, 通过提高 DO 浓度运行一定数量的周期, 膨胀污泥的沉降性能可以得到有效的恢复, 使 SVI 降低到正常水平。在恢复过程中, SVI 值呈规律性变化: 在恢复初期 SVI 值下降速度较快, 当 SVI 值下降至 150 mL/g 以后, 其下降速度变慢。如图 2 是两种废水低 DO 污泥膨胀发生后, 在 DO 为 3.4 mg/L 的条件下运行时, 其 SVI 值的变化规律。

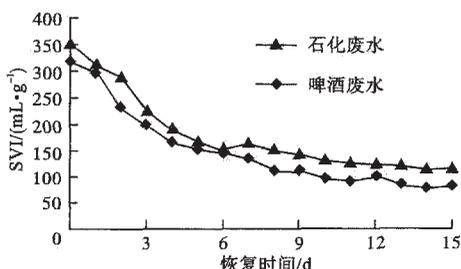


图 2 膨胀污泥在高 DO 下 SVI 值的变化

2.2 DO 浓度对膨胀污泥沉降性能恢复的影响

在低 DO 污泥膨胀达到同一程度后, 进行了不同曝气量(DO 浓度) 条件下的恢复试验, 以考察恢复过程中 DO 浓度对恢复过程长短的影响。恢复过程中曝气量在 0.45~1.2 m³/min(DO 在 0.9~3.4 mg/L) 范围内变化, 恢复前石化废水膨胀污泥 SVI = 350 mL/g, 以 SVI = 120 mL/g 为恢复过程的终点; 恢复前啤酒废水膨胀污泥 SVI = 320 mL/g, 以 SVI = 80 mL/g 为恢复过程的终点。图 3 为恢复时 DO 浓度与恢复周期数之间的关系。

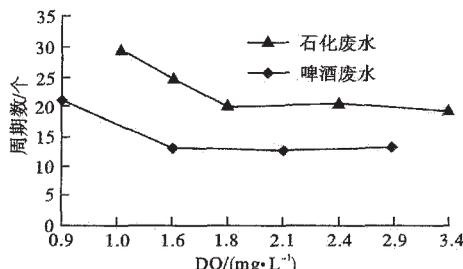


图 3 DO 质量浓度与恢复周期数的关系

由图 3 可以看出, 在一定 DO 浓度范围内, 污泥膨胀恢复的周期数随 DO 浓度的提高而减少, 当 DO 浓度提高到一定程度后, 恢复周期数基本不再随 DO 浓度而变化, 而是基本保持不变。在本试验条件下, 在石化废水和啤酒废水的 DO 质量浓度分别 > 1.8 mg/L 和 > 1.6 mg/L 时, 膨胀恢复过程中 DO 浓度的大小与完成恢复过程所需要的周期数无关。

2.3 污泥膨胀程度对沉降性能恢复的影响

低 DO 膨胀发生后, 在某一恒定的高 DO 下运行, 使污泥沉降性能恢复到污泥膨胀前时的良好状态, 其恢复时间即恢复过程的长短可以用周期个数表示, 恢复的快慢(恢复速率) 则用每周 SVI 值的降低值来表示。试验中分别对不同膨胀程度的污泥在同一高 DO 浓度下进行恢复, 结果表明, 污泥膨胀的程度与恢复时间之间呈正相关关系, 即污泥膨胀的程度越高恢复时间越长, 与平均恢复速率也呈正相关关系。图 4 是曝气量为 0.9 m³/min, 石化废水活性污泥从不同的 SVI 值恢复到 120 mL/g 以及啤酒废水活性污泥从不同的 SVI 值恢复到 90 mL/g 时污泥膨胀的程度与恢复时间之间的关系。图 5 是相应的污泥膨胀程度与平均恢复速率之间的关系。

试验中发现, 不同程度的污泥膨胀其恢复速率的差别主要体现在恢复过程中最初的几个周期。在恢复初期, 污泥膨胀的程度越高, 其恢复速率越快, 而当 SVI 值降到 150 mL/g 以后其恢复的速率就明

显降低了, 从而形成了污泥膨胀的程度与平均恢复速率也呈正相关关系的现象。这与低负荷膨胀污泥恢复过程中表现出的规律十分相似^[8]。

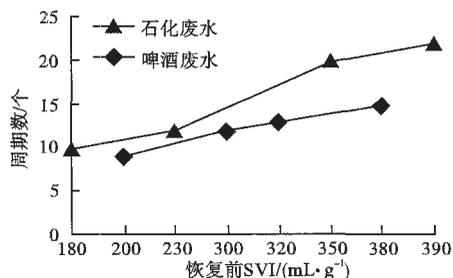


图4 污泥膨胀程度与恢复周期数的关系

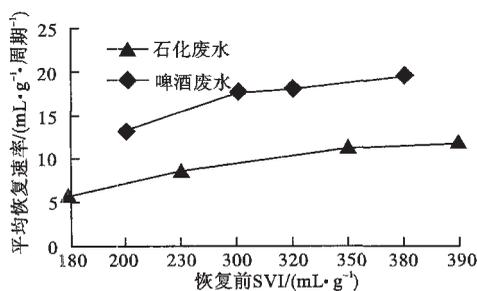


图5 污泥膨胀程度与平均恢复速率的关系

2.4 污泥负荷对污泥沉降性能恢复的影响

污泥负荷是影响污泥膨胀的另一个重要因素, 笔者前期进行的污泥负荷对污泥膨胀影响的试验研究中发现, 在与本试验相同条件下 SBR 中单位污泥 COD 负荷 < 1.6 kg/(kg·d) 时容易发生低负荷膨胀。在低溶解氧膨胀污泥恢复过程中, 将污泥 COD 负荷控制在 1.2 kg/(kg·d) 时, 恢复过程中 SVI 值变化情况如图 6 所示。

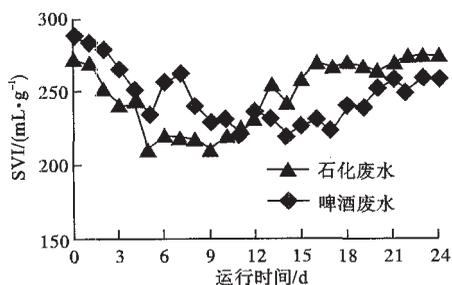


图6 低负荷下恢复时 SVI 值的变化

从图 6 中可以看出, 在恢复初期 SVI 值有所下降, 后期又开始逐渐上升, 最后石化和啤酒废水的 SVI 值分别稳定在 270 mL/g 和 260 mL/g。这表明在一定低负荷下, 提高 DO 浓度并不能使低 DO 膨胀污泥的沉降性能得到有效恢复。其原因是由于活性

污泥中丝状菌的最大比增长速率和饱和常数比胶团菌的小, 在低底物浓度下丝状菌与胶团菌相比具有更高的繁殖速率, 因此低负荷造成了有利丝状菌繁殖的环境, 膨胀污泥的沉降性能不能恢复到正常水平。

3 结论

(1) 对于低 DO 下发生的污泥膨胀, 在较高的 DO 浓度下运行, 污泥膨胀能得到有效控制, 使膨胀污泥的沉降性能恢复到良好状态。

(2) 在较低的 DO 浓度范围内, 膨胀污泥沉降性能恢复所需要的时间随 DO 浓度提高而减少, 当 DO 浓度达到一定值(本试验条件下石化废水和啤酒废水中的 DO 质量浓度分别为 1.8 mg/L 和 1.6 mg/L) 后, 恢复所需时间不再随 DO 浓度而变化, 而是基本保持不变。

(3) 在一定的 DO 浓度下, 污泥膨胀程度不同则恢复其沉降性能所需要的时间也不同, 恢复时间即恢复速率均与污泥膨胀程度呈正相关关系。

(4) 污泥负荷是影响低 DO 膨胀污泥沉降性能恢复的因素, 在一定低污泥负荷下, 通过提高 DO 浓度并不能使低 DO 膨胀污泥的沉降性能得到有效恢复。

[参考文献]

- [1] 王凯军. 活性污泥膨胀的机理与控制[M]. 北京: 中国环境科学出版社, 1992: 31-57.
- [2] Sezgin M, Jenkins D, Parker D S. A unified theory of filamentous activated sludge bulking[J]. Water Pollut. Control Fed., 1978, 50(9): 362-381.
- [3] Larry D B, Randall C W, King P H. The stimulation of filamentous microorganisms in activated sludge by high oxygen concentration[J]. Water Air and Soil Pollution, 1986, 15(4): 327-332.
- [4] Palm J C, Jenkins D, Parker D S. Relationship between loading, dissolved oxygen concentration and sludge settleability in the completely-mixed activated sludge process[J]. J. Water Pollut. Control Fed., 1980, 52(10): 2484-2496.
- [5] 邹芙蓉, 李宏敏, 梁袁华, 等. 污泥膨胀控制实例[J]. 给水排水, 2003, 29(7): 16-17.
- [6] 鞠宇平, 张林生, 余静. 有机负荷和溶解氧的变化对 SBR 污泥膨胀的影响及控制方法[J]. 环境污染治理技术与设备, 2002, 3(12): 21-24.
- [7] 王凯军. 同一的活性污泥丝状菌型膨胀理论[J]. 环境科学, 1993, 14(2): 44-48.
- [8] 周利, 彭永臻. 膨胀污泥沉降性能的恢复试验研究[J]. 中国给水排水, 2004, 20(2): 1-4.

[作者简介] 周利(1963—), 1999年哈尔滨工业大学市政工程专业, 博士毕业, 教授。电话: 0532-5071262, 13589227369, E-mail: zhoul@qtech.edu.cn.

[收稿日期] 2006-06-30(修改稿)