

doi:10.3969/j.issn.1674-4764.2012.05.019

# 大幅度快速降温对活性污泥系统的影响

左金龙<sup>1a,1b,2</sup>

(1. 哈尔滨商业大学 a. 食品工程学院; b. 省高校食品科学与工程重点实验室, 哈尔滨, 150076;  
2. 哈尔滨工业大学 市政环境工程学院, 哈尔滨 150090)

**摘要:**为了研究降低大幅快速降温对活性污泥系统的影响,采用SBR反应器,控制平均DO浓度1.5 mg/L左右,考察了大幅度降温对活性污泥系统的影响。结果表明:当系统温度从25℃大幅度降温到14℃时,可引发活性污泥沉降性指标恶化,SVI值明显升高并导致污泥膨胀。当系统温度恢复至常温25℃后,SVI值有一定程度的下降,但并未恢复到SVI的正常范围。大幅度降温对活性污泥系统磷和COD的去除效果影响较小,而对活性污泥硝化效果有较大影响。大幅度降温后系统的氨氮去除率下降至20%左右。当系统温度恢复到常温后,活性污泥的硝化效果可以恢复。

**关键词:**大幅快速降温; 活性污泥; 污泥特性; 去除效果;

**中图分类号:**X703.1 **文献标志码:**A **文章编号:**1674-4764(2012)05-0121-05

## Analysis of Effect of Quickly Decreased Temperature on Activated Sludge System

ZUO Jinlong<sup>1,2</sup>

(1a. College of Food Engineering; 1b. Key Laboratory of Food Science and Engineering,  
Harbin University of Commerce, Harbin 150076, P. R. China;

2. School of Municipal and Environmental Engineering, Harbin Institute of Technology, Harbin 150090, P. R. China)

**Abstract:** In order to investigate the effect of quickly decrease temperature on activated sludge system, with the operation of sequence batch reactor (SBR) and mean DO value at 1.5 mg/L, the sludge volume index (SVI) and pollutants removal effect with quickly decreased and return normal temperature were analyzed. The results show that the SVI increases to activate sludge bulking, and activated sludge sedimentation property worsens when the system temperature quickly decreases from 25℃ to 14℃. The SVI slightly decreases, but it cannot return to normal range when system temperature returns to 25℃. The phosphorus and COD removal effects are slightly affected by quickly decreased temperature, while the activated sludge nitrification is severely affected by quickly decreased temperature, with the ammonia removal efficiency decreased to 20%. The activated sludge nitrification can return to normal level when system temperature returns to normal temperature.

**Key words:** quickly decreased temperature; activated sludge; sludge properties; removal effect

温度是影响微生物生长和生存的重要条件之一,每种微生物都有各自的适宜生长温度<sup>[1-3]</sup>。在一

定的温度范围内,随着温度的上升,微生物的生长繁殖加速<sup>[4-7]</sup>。各种微生物都有最低、最高生长温度。

**收稿日期:**2012-01-22

**基金项目:**国家科技支撑计划项目(2006BAJ08B09);黑龙江省自然科学基金项目(E200931);黑龙江省博士后科研启动资助基金项目(CBH-Q10177)。

**作者简介:**左金龙(1970-),男,博士,副教授,主要从事水处理技术与工艺研究,(E-mail)mdjzjl@163.com。

例如球衣菌适宜的生长温度在 30 ℃ 左右,在 15 ℃ 以下生长不良。贝氏硫细菌的适宜生长温度在 30 ℃~36 ℃ 之间<sup>[8]</sup>。目前,人们对低温运行的活性污泥工艺污染物处理特性和效能已开展过大量的研究<sup>[9-14]</sup>,但对大幅度快速降温条件下,活性污泥系统的变化及其对污染物去除效能的研究很少。

中国广大的北方地区,每年都有几个月环境温度较低。尤其是每年的秋冬和冬春交替季节,北方地区经常出现突然大幅度降温天气,往往会对污水处理系统产生较为严重的影响,本文采用 SBR 工艺,通过控制反应器内污水平均温度在 14 ℃±1 ℃~25 ℃±1 ℃ 条件下急剧变化,考察突然大幅度降低温度对活性污泥系统的影响,旨在分析突然大幅度降温的负面影响,同时考察运行一段时间后随着系统的温度恢复,活性污泥系统的除污染特性的变化。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验用水来源和水质

本试验所用生活污水取自哈尔滨商业大学家属区,水质主要指标如表 1 中所示。

表 1 试验废水成份

水质参数	单位	浓度范围
pH 值	—	6.6—8.0
COD	mg·L <sup>-1</sup>	250~500
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> -N	mg·L <sup>-1</sup>	42~55
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> -P	mg·L <sup>-1</sup>	3.4~4.8

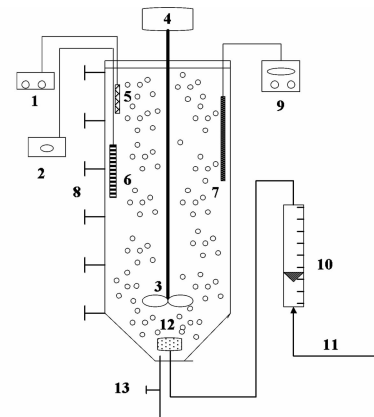
### 1.2 试验装置和方法

采用 SBR 反应器进行试验,试验地点建立在环境温度为 10~14 ℃ 左右的半地下室内,考察温度在 25 ℃ 和突然下降到 14 ℃ 以及恢复到 25 ℃ 的运行效果。试验期间将采用温度控制器调整到 25 ℃,放入到反应器内,将反应器中混合液的温度控制在 25±1 ℃。实现温度迅速下降的方法如下:在反应器内将温度控制器取出,SBR 反应器温度可实现突然下降到环境温度 10 ℃—14 ℃,然后放入温度控制器控制反应器系统的温度在 14 ℃±1 ℃。

SBR 反应器材质为有机玻璃,其上部是圆柱形,下部为圆锥体。该 SBR 反应器总高度为 700 mm,直径为 200 mm,总有效容积为 12 L,如图 1 所示。同时在 SBR 反应器壁的垂直方向上,设置一排间隔 10 cm 的取样口,分别在反应期间用于取样以及沉淀末期排水。在 SBR 反应器底部设有放空管,用于放空和排泥。

SBR 反应器曝气器采用曝气砂头,曝气量由转

子流量计进行调节。SBR 每个周期的运行方式为瞬时进水、缺氧搅拌 30 min、好氧曝气 3 h、静止沉淀 2 h 和闲置待机 2.5 h。每个周期结束后排放系统的混合液,控制控制平均 DO 浓度 1.5 mg/L 左右,MLSS 在 2 500~3 000 mg/L, SRT = 12~15 d 左右。



1. DO 测定仪 2. pH 测定仪 3. 搅拌桨 4. 转速调节器 5. DO 探头  
6. pH 探头 7. ORP 探头 8. 取样头 9. ORP 测定仪 10. 转子流量计  
11. 进气管 12. 曝气器 13. 放空管

图 1 试验装置

### 1.3 检测分析项目

水质指标采用国家环保总局颁布的标准分析方法测定。COD 采用 5B-3 型 COD 快速测定仪测定;NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N 采用纳氏试剂分光光度法;MLSS 采用滤纸重量法;COD 和氨氮的试验结果均选取试验稳定的典型周期,采用重现性较好的数据。

## 2 结果与讨论

### 2.1 迅速降温对 SVI 的影响

系统在常温状态下运行了 30 d,SVI 值稳定在 80~90 mL/g,此时将温度从 25 ℃ 左右突然降低至 14 ℃ 左右运行 30 d。降温第一天,SVI 值有明显的升高,从 87 mL/g 升高至 97.6 mL/g,之后 SVI 值逐渐升高至 230 mL/g 左右,最终 SVI 值保持在 240~260 mL/g 之间。显微镜检发现污泥中丝状菌增多,大幅度降温会使污泥沉降性能明显变差,容易导致污泥膨胀且有不断恶化的趋势。

当系统温度从 14 ℃ 恢复至 25 ℃ 运行 30 d,系统 SVI 值逐渐降低,从 250 mL/g 左右下降并稳定在 190 mL/g 左右,但是 SVI 值并没有恢复到降温前数值,污泥沉降性能及 SVI 值并没有得到完全恢复,镜检发现丝状菌只是略微减少,污泥仍然处于较轻度膨胀状态。

当温度从常温突然降低到低温,系统内的微生物形态发生改变,通过镜检发现菌胶团由原来的密

实状态,改变为松散的状态,丝状菌增多,在菌胶团之间构成网状连接,直接导致活性污泥的沉降性能下降,SVI值迅速升高。当系统温度恢复到常温时,菌胶团部分恢复为原来密实状态,丝状菌略微减少,活性污泥的沉降性能得以部分恢复,SVI值可恢复到190 mL/g左右,不能迅速恢复到常温时的80~90 mL/g状态。上述菌胶团和丝状菌的随着环境温度的变化,其形态和数量发生相应的改变,导致生物系统的沉降性随着温度的变化而变化。

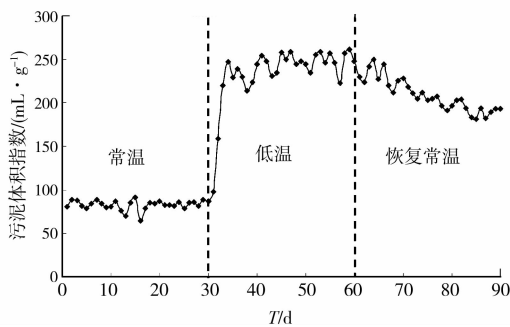


图2 大幅度降温及恢复对污泥沉降性的影响

## 2.2 迅速降温对硝化效果的影响

因为低温对污水处理的硝化效果影响较大,因此考察低温变化情况对硝化的效果十分必要。温度为25℃和14℃时系统硝化效果如图3和4所示。

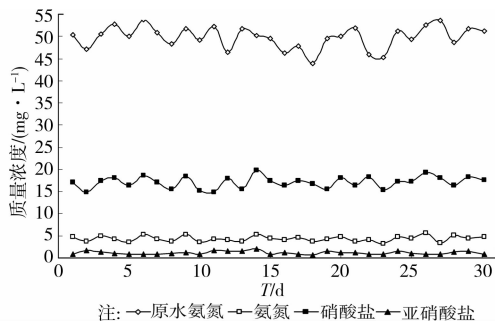


图3 常温条件下氨氮去除效果(25℃)

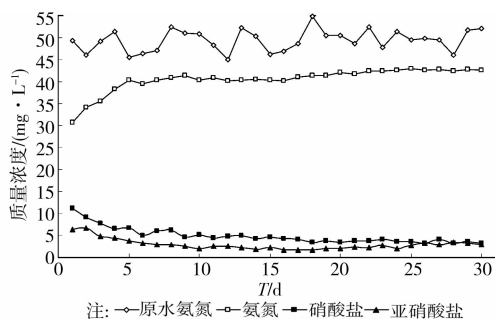


图4 低温条件下氨氮去除效果(14℃)

图3中可见常温条件下系统的硝化效果较好,氨氮去除率均保持在91%左右,硝酸盐有一定积

累,硝化效果明显,系统运行稳定。

当将温度从25℃突然迅速降至14℃,氨氮去除率开始迅速下降,从91%迅速降至20%左右,硝酸盐生成浓度比降温前明显减少,如图4所示。可见降温后硝化反应并未完全,低温使脱氮效果明显恶化,污泥硝化活性急剧下降,系统硝化功能大为降低,这与某些文献报道基本一致<sup>[15-16]</sup>。

当温度恢复到25℃时,系统的氨氮去除率开始回升,从低温时20%左右逐渐恢复到降温前的去除效率(90%左右),硝酸盐含量也逐渐增加,如图5所示。此时系统硝化功能恢复,硝化完全。

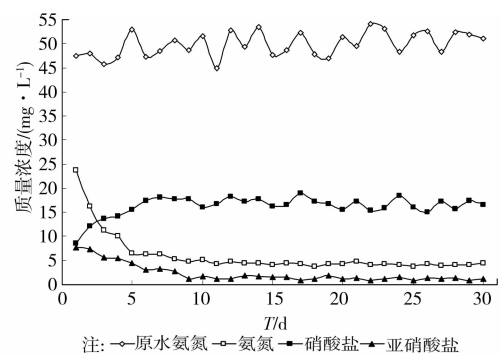


图5 恢复常温氨氮去除效果(25℃)

试验表明,迅速降温对活性污泥工艺硝化效果有明显抑制作用,尤其在低温时活性污泥硝化功能较差。但当恢复温度后,活性污泥系统硝化功能仍可以恢复到正常范围并稳定运行。因此建议北方地区在冬季低温期,当进水水温低于15℃时,采用减少进水量、延长曝气时间、增加反应池内污泥浓度等一些有效方法,缓解低温对系统硝化效果的影响。

## 2.3 迅速降温对除磷效果的影响

为了考察迅速降温对除磷效果的影响,分别考察了常温、迅速降温和温度恢复时,活性污泥系统的除磷效果,如图6所示。

从图6中看出,常温、低温、恢复常温各运行了30 d。降温前后系统的除磷效果却并没有较大的改变。正磷酸盐的去除率只是从降温前84%略微下降至81%,去除效率变化不大。在水温为14℃时,SBR工艺除磷效果并没有较大的影响,出水中正磷含量始终保持在1 mg/L以下。当水温恢复到常温时,活性污泥系统除磷效果稳定,和常温、低温相比较,系统出水中正磷含量始终保持在1 mg/L以下。

因此温度突然下降、恢复常温对活性污泥系统的磷处理效果影响不明显,其原因是聚磷菌对温度的适应性比较强,当系统温度在5~30℃时,活性污泥的除磷性能没有明显的变化。国内外的一些研究

也发现,在 5~30 °C 活性污泥系统除磷效果均很好<sup>[17]</sup>。这与本实验结果基本一致。

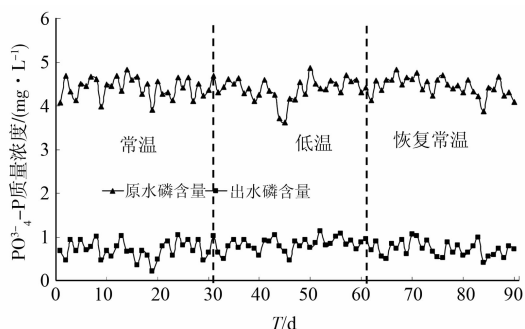


图 6 大幅度降温及恢复对磷去除的影响

#### 2.4 迅速降温对 COD 去除的影响

为了考察迅速降温对除 COD 去除效果的影响,分别考察了常温、迅速降温和温度恢复时,活性污泥系统的 COD 去除效果,如图 7 所示。

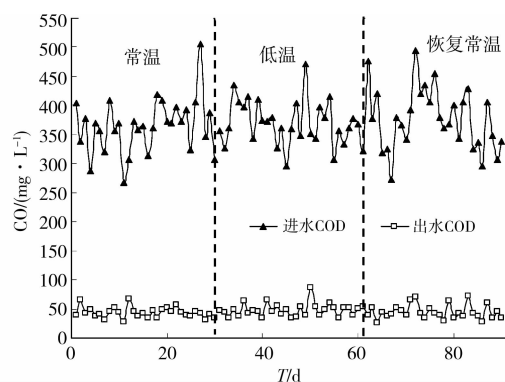


图 7 大幅度降温及恢复对 COD 去除的影响

从图 7 中可看出,在常温、迅速降温和温度恢复的过程中,COD 去除率始终保持在 80% 左右,对比正常情况下 COD 去除率并没有明显下降。因此迅速降温对 COD 的去除率影响较小,出水 COD 始终保持在 50 mg/L 左右。

### 3 结论

1) 系统温度从 25 °C 大幅度降温到 14 °C 时,可引发活性污泥系统沉降性恶化,SVI 值有明显升高并导致污泥膨胀。当系统温度恢复至常温 25 °C 后,SVI 值有一定程度的下降,但并未恢复到 SVI 的正常范围。

2) 大幅度降温对系统的磷和 COD 的去除效果影响较小。

3) 大幅度降温对活性污泥硝化效果有较大影响,系统的氨氮去除率下降至 20% 左右。但是当恢复到常温后,系统硝化效果可以恢复。

#### 参考文献:

- [1] 吴磊, 龙天渝, 王俊. CAST 工艺在低温、较高负荷下的运行模式优化研究[J]. 中国给水排水, 2010, 26(13): 38-42.  
WU Le, LONG Tianyu, WANG Jun. Optimization of operating mode of CAST in low temperature and high load conditions [J]. China Water and Wastewater, 2010, 26(13): 38-42.
- [2] Rory M, McKeown, Colm S, et al. Long-term (1243 days), low-temperature (4-15 °C), anaerobic biotreatment of acidified wastewaters: Bioprocess performance and physiological characteristics [J]. Water Research, 2009, 43(6): 1611-1620.
- [3] Dopuong K, Laiminh Q, ZHANG Wenjie, et al. Effect of temperature on low-strength wastewater treatment by UASB reactor using poly(vinyl alcohol)-gel carrier [J]. Bioresource Technology, 2011, 102(24): 11147-11154.
- [4] Katja J, Jorien G, Robbert K, et al. Short- and long-term temperature effects on aerobic polyhydroxybutyrate producing mixed cultures [J]. Water Research, 2010, 44(6): 1689-1700.
- [5] Alma S, Anne M E, Vincent O. Low-temperature (7 °C) anaerobic treatment of a trichloroethylene-contaminated wastewater: Microbial community development [J]. Water Research, 2011, 45(13): 4035-4046.
- [6] 耿昭宇, 董春娟, 王增长. 常低温下 EGSB 处理生活污水的影响因素研究[J]. 中国给水排水, 2010, 26(7): 54-58.  
GENG Zhaoyu, DONG Chunjuan, WANG Zengzhang. Influencing factors of domestic sewage treatment by EGSB at ambient and low temperature [J]. China Water and Wastewater, 2010, 26(7): 54-58.
- [7] Guo J B, Wang J H, Cui D, et al. Application of bioaugmentation in the rapid start-up and stable operation of biological processes for municipal wastewater treatment at low temperatures [J]. Bioresource Technology, 2010, 101(17): 6622-6629.
- [8] Joe O, Changsoo L, Fabio C, et al. Microbial community dynamics associated with biomass granulation in low-temperature (15 °C) anaerobic wastewater treatment bioreactors [J]. Bioresource Technology, 2010, 101(16): 6336-6344.
- [9] 尹军, 李琳, 桑磊, 等. 低温 SBR 法污水处理工艺若干研究进展[J]. 吉林建筑工程学院学报, 2007, 24(1): 1-4.  
YIN Jun, LI Lin, SANG Lei, et al. Several study development of low temperature SBR process [J]. Journal of Jilin Architectural and Civil Engineering

- Institute, 2007, 24(1):1-4.
- [10] Sun H W, Yang Q, Peng Y Z, et al. Advanced landfill leachate treatment using a two-stage UASB-SBR system at low temperature [J]. *Journal of Environmental Sciences*, 2010, 22(4):481-485.
- [11] Wasala M K R T W, Bandara H S, Manabu S. Removal of residual dissolved methane gas in an upflow anaerobic sludge blanket reactor treating low-strength wastewater at low temperature with degassing membrane [J]. *Water Research*, 2011, 4(11): 3533-3540.
- [12] Halalsheh M, Kassab G, Yazajeen H, et al. Field effect of increasing the surface area of primary sludge on anaerobic digestion at low temperature [J]. *Bioresource Technology*, 2011, 102(2):748-752.
- [13] 钱程, 任丽波, 姚瑶. 寒冷地区冬季低温对污水处理厂运行效率的影响研究[J]. *环境科学与管理*, 2008, 33(5):84-86.
- QIAN Cheng, REN Libo, YAO yao. The Effect of wastewater treatment plant in low temperature north [J]. *Environmental Science and Management*, 2008, 33(5):84-86.
- [14] Feng X, Jun M, Peng Y, et al. Effects of low temperature on coagulation of kaolinite suspensions [J]. *Water Research*, 2008, 42, (12): 2983-2992.
- [15] Gao D, Yu T, Rui A, et al. Fate of organic carbon in UAFB treating raw sewage: Impact of moderate to low temperature [J]. *Bioresource Technology*, 2011, 102(3): 2248-2254.
- [16] Lenka V, Martin S, Radek S, et al. Wanner comparison of denitrification at low temperature using encapsulated *Paracoccus denitrificans*, *Pseudomonas fluorescens* and mixed culture [J]. *Bioresource Technology*, 2011, 102(7): 4661-4666.
- [17] 王晓莲. A<sup>2</sup>/O 工艺运行优化及其过程控制的基础研究[D]. 北京:北京工业大学, 2007.
- (编辑 胡 玲)

(上接第 120 页)

- [2] Fan F G, Ahmadi G, Mostaghel N, et al. Performance analysis of aseismic base isolation systems for a multi-story building [J]. *Soil Dynamics and Earthquake Engineering*, 1991, 10(3):152-171.
- [3] 李宏男, 霍林生. 结构多维减震控制[M]. 北京:科学出版社, 2008.
- [4] Ou Y C, Song J W, Lee G C. A parametric study of seismic behavior of roller seismic isolation bearings for highway bridges [J]. *Earthquake Engineering and Structure Dynamics*, 2010, 39:541-559.
- [5] Lee G C, Ou Y C, Niu T C, et al. Characterization of a roller seismic isolation bearing with supplemental energy dissipation for highway bridges [J]. *Journal of Structural Engineering*, 2010, 136(5):502-510.
- [6] Jangid R S, Londhe Y B. Effectiveness of elliptical rolling rods for base isolation [J]. *Journal of Structural Engineering*, 1998, 124(4):469-472.
- [7] Jangid R S. Stochastic seismic response of structures isolated by rolling rods [J]. *Engineering Structures*, 2000, 22:937-946.
- [8] Guerreiro L, Azevedo J, Muhr A H. Seismic tests and numerical modeling of a rolling-ball isolation system [J]. *Journal of Earthquake Engineering*, 2007, 11:49-66.
- [9] 舒文超. 桥梁与房屋结构水平地震力隔离理论与试验研究[D]. 长沙:长沙铁道学院, 1998.
- [10] 史红福, 樊剑, 李黎. 滚动基础隔震机构的动力分析[J]. *振动与冲击*, 2005, 24(6):91-94.
- SHI Hongfu, FAN Jian, LI Li. Dynamic analysis of structure isolated by rolling base [J]. *Journal of Vibration and Shock*, 2005, 24(6):91-94.
- [11] 王荣辉, 许群, 舒文超, 等. 竖向弹簧—钢球隔震系统的隔离水平地震作用[J]. *华南理工大学学报:自然科学版*, 2003, 31(6):20-25.
- WANG Ronghui, XU Qun, SHU Wenchao, et al. Horizontal earthquake isolating function of the vertical spring-steel rolling base isolation seismic system [J]. *Nature Science of Journal of South China University of Technology*, 2003, 31(6):20-25.
- [12] Fahjan Y, Ozdemir Z. Scaling of earthquake accelerograms for non-linear dynamic analysis to match the earthquake design spectra [C]//The 14th World Conference on Earthquake Engineering, Beijing, China, 2008.
- [13] Clough R W, Penzien J. Dynamics of structures [M]. New York:Mc Graw-hill, Inc, 1993.
- (编辑 王秀玲)