

低温 SBR 法污水处理工艺若干研究进展*

尹军 李琳 桑磊 霍玉峰 焦畅 张伦秋 谭学军

(吉林建筑工程学院市政与环境工程学院, 长春 130021)

摘要:在阐述研究低温 SBR 工艺运行特性意义的基础上,分析了目前国内外关于低温微生物的研究现状,并通过对工程应用实例的剖析,探讨了低温 SBR 工艺去除有机污染物及脱氮除磷的效能。

关键词:低温 SBR 工艺;低温微生物;污染物;去除效能;脱氮除磷

中图分类号:X 703

文献标识码:A

文章编号:1009-1288(2007)01-0001-04

近年来,SBR 工艺是颇受国内外重视的污水处理工艺,并已有很多应用实例.SBR 工艺系统不但具有工艺结构与形式简单、基建和运行费用低、处理效率高、耐冲击负荷能力强和运行方式灵活多变等特点,而且兼有同步脱氮除磷功能.目前国内外对于常温 SBR 工艺的研究与应用已经趋于成熟,但有关低温 SBR 工艺的研究却很少,所以,近年来,处于寒冷地区的国家都在加大力度研究低温条件下 SBR 工艺的运行规律和污染物去除效能,力图改进和完善低温条件下的 SBR 工艺.为了深入探讨低温 SBR 工艺的运行规律、影响因素及改进措施,在结合寒冷地区实际情况的同时,除了要充分考虑原水的水质状况、水量变化、处理水的出路、占地面积和运行费用等因素外,还需考虑低温对微生物的影响,对工艺运行情况的影响,以及采用何种方法进行改进,保证在低温季节工艺也能正常运行.

1 国内外关于低温微生物的研究现状及分析

水温是影响活性污泥培养驯化效果的主要因素.有研究表明,温度低于 15℃,微生物活性下降;低于 10℃,活性明显下降;低于 4℃,生理活性极弱.所以,温度低对活性污泥的增殖有很大影响,特别是对硝化反应影响更大^[1].根据生长温度特性,微生物大致可分为 3 类:高温菌、中温菌和低温菌.根据 Morito 的定义,低温菌通常又被细分为两类:一类是必须生活在低温条件下,其最高生长温度不超过 20℃,在 0℃可生长繁殖的微生物称为嗜冷菌(Psychrophilics);另一类是最高生长温度高于 20℃,在 0~5℃可生长繁殖的微生物称为耐冷菌(Psychrotrophs)^[2].这两类微生物的生态分布和低温微生物学特征均存在差异,它们以独特的生理功能适应环境.当环境温度超过其最高生长温度时,有些嗜冷菌细胞溶解且随之死亡.而耐冷菌比嗜冷菌更能忍受温度波动,其温度适宜范围也比较宽^[3].因此,耐冷菌更适用于污水处理^[4].

在低温条件下,分离筛选出相对高效的耐冷菌用于生物处理,将能更好地解决低温处理效果差的难题,同时将为在低温 SBR 工艺能够顺利运行提供帮助.国内外一些学者已经成功研制出一些耐低温菌,这些菌种可以在低温条件下去除污水中的氮磷及难降解的有机污染物. Chevalier^[5]从南极和北极分离到 4 株耐冷的丝状蓝细菌 Cyanobacteria,它们在低温下对氮和磷有较高的去除率; Churchill^[6]分离到一种能够降解三环、四环芳香脂肪烃类化合物的耐冷分枝杆菌; Johnson^[7]等从牛奶中分离到一株在低温下能够降解甘油三羧酸酯的假单胞菌,它所编码的脂肪酶基因已被克隆,并在大肠杆菌中表达;姜安玺^[8]等从下水道中分离出对生活污水中有机污染物有降解能力的耐冷菌,并且采用耐冷复合菌群处理低温生活污水.因此,培养驯化出活性好的耐低温菌是低温 SBR 工艺能够顺利运行的基础,同时,也对低温条件下各种工艺的运行起着一定的指导作用.

收稿日期:2006-10-13.

作者简介:尹军(1954~),男,吉林省吉林市人,教授,博士生导师.

*基金项目:国家高技术研究发展计划(863)项目(2004AA601020);吉林省重大科技发展计划项目(20040405-1).

2 低温 SBR 工艺的有机物去除及脱氮除磷效能

2.1 有机物去除的研究

SBR 工艺对有机物具有很好的去除效果,可以在很短的时间内降解大量的有机物.但如果温度降低,微生物的活性就会下降,使处于低温状态下的 SBR 工艺降解为有机物的能力变差,处理效果大幅度降低.因此,国内外学者对于提高低温条件下 SBR 工艺去除有机物的效果进行了深入研究,虽然研究还不够系统,且在某些环节上还存在一定问题,但通过结合寒冷地区的实际情况,一些研究成果已经被应用于工程实践当中,并且通过采取某些方法和措施,明显提高了低温 SBR 工艺去除有机物的能力.

青藏高原是世界上著名的低温、低压、低氧的气候恶劣地区,这样的气候特点必须在废水处理设计中予以充分考虑.大气压低会导致氧气在水中的溶解、转移率降低,同时,空气中低含氧量更加恶化了水中溶解氧的保持和提高,尤其夜间气温低就必须考虑夜间的防冻问题.因此,有研究提出在青藏高原地区采用强化 UASB + SBR^[9-10]生物系统处理啤酒废水的思路,并在拉萨啤酒有限公司进行了工程实践,其设计平均进、出水水质见表 1.该工艺首先充分利用厌氧工序,使污染物主要在厌氧工序去除,以减轻后续好氧处理的负荷,这样虽然要增加土建投资,但可以最大限度地减小低温、低压带来的不利影响;经厌氧工序处理后的混合液进入 SBR 反应器中,充分混合,采用充氧效率高的曝气设备,同时,在需氧及氧有效转移率、利用率计算中充分考虑大气压、温度等不利因素.运行结果表明,该工艺对有机物的去除率达 95% 以上,尽管进水指标很不稳定,但出水皆能稳定达到国家排放标准^[11].

表 1 设计进、出水水质^[11]

项目	COD/(mg L ⁻¹)	BOD ₅ /(mg L ⁻¹)	SS/(mg L ⁻¹)	pH 值
进水	1 830	980	780	6.0~8.0
出水	150	30	50	6.0~9.0

有研究指出,SBR 工艺处于低温状态时,活性污泥的增殖速率慢、培养周期长且污泥凝聚性差,特别在调试初期表现明显.为此,提出了采用一套生物酶催化培养技术,即在培养初期按比例投加 C,N,P(葡萄糖、尿素、磷酸二氢钾),同时投加淀粉酶,这样,将大大提高活性污泥微生物的活性,明显提高活性污泥增殖速率,缩短培养周期,增强污泥的凝聚性能,这也为寒冷地区采用废水生物处理方法和活性污泥的培养积累了宝贵经验.实践表明,一旦凝聚性及沉淀性能良好的活性污泥培养起来后,低温 SBR 工艺即可稳定运行^[11].

2.2 脱氮的研究

虽然 SBR 工艺的脱氮效果非常显著,但在低温条件下,SBR 工艺的脱氮效果却不理想,有时甚至脱氮功能极差,这也是许多水处理工艺在低温条件下运行时的通病.国内外许多学者对此现象进行了深入研究,虽然对低温 SBR 工艺的脱氮规律研究的不是很透彻,但在如何提高低温 SBR 工艺的脱氮效果方面取得了一些成果.

有研究称沸石是一种天然矿物,它对水中的铵离子具有选择吸附的作用,在城市污水处理过程中可以作为交换剂吸附氨氮.为了解决现有城市污水厂尤其在冬季低温时的脱氮难题,逐步开发了沸石强化脱氮工艺技术.该工艺是在 SBR 工艺的基础上投加沸石粉,通过沸石粉对氨氮的吸附——生物再生沸石粉来强化生物脱氮,取得了较好的效果.该工艺将沸石粉按一定的比例投入到 SBR 反应器中,此时对进水的氨氮进行选择吸附,经过一段时间反应达到吸附平衡,沸石粉利用表面高浓度铵离子的条件,形成 BOD/NH₃-N 比例较低的环境,硝化菌可以在沸石粉表面充分生长,使得硝化菌能将吸附的铵离子氧化为亚硝酸盐氮和硝酸盐氮,这样,原先吸附了铵离子的沸石粉得到再生.经过一段时间,再生后的沸石粉进入到反硝化阶段,此时由于沸石粉内部受到传质效率影响,溶解氧浓度较低,硝化作用产生的硝酸盐氮和亚硝酸盐氮更容易被反硝化细菌还原,促进反硝化过程,达到最终氮的去除^[12].

有研究指出,沸石粉可在 SBR 反应器中积累达到一定的平衡浓度.在常温下,沸石粉对过量氨氮选择吸附的优势无法发挥,但在低温时可以保证处理出水中氨氮浓度达标.不同的曝气时间会影响 SBR 工艺的处理效果.试验研究表明,在同样初始条件下,常温时曝气 6 h 后,出水 COD 浓度小于 60 mg/L,氨氮浓度小于

5mg/L(见图1);在低温时曝气6h后,出水COD浓度小于60mg/L,氨氮浓度接近15mg/L(见图2)。可见,无论是在低温还是常温的条件下,只要选择合适的曝气时间,就可以提高SBR工艺污染物的去除效能^[12]。

2.3 除磷的研究

在生物除磷系统中,聚磷菌被认为是一种嗜冷性细菌,在低温条件下仍能获得良好的生物除磷效果。Sell等人的研究表明,5时聚磷菌的生物除磷量比15时高40%^[13]。然而,在实际工程或实验室研究过程中,却常常发现低温条件下生物除磷效果明显下降,甚至消失;在低温条件下启动生物除磷系统也非常困难。为此,国内外学者进行了深入研究,探索了低温条件下SBR工艺生物除磷系统的启动和除磷情况,为低温条件下获得良好且稳定的生物除磷效果提供了帮助。

有研究指出,将接种污泥通过试验污水驯化后转入4个SBR反应器中,4个SBR反应器的进水水质和运行工况完全一样,但污泥龄不同,分别为5d(1#),15d(2#),30d(3#),60d(4#)。其中4#反应器按活性污泥外循环方式运行^[14-15],通过排出厌氧富磷污水实现SBR系统磷的去除。将醋酸HAc加在污水中使污水的有机酸VFA范围从15mg/L~20mg/L增加到80mg/L~120mg/L,试验在低温条件下运行。启动试验结果表明,当试验污水VFA含量较低(20mg/L)时,即使系统处于理想的温度状态,也很难获得良好的生物除磷效果;而当试验污水VFA含量较高(80mg/L)时,即使系统处于相对较低的温度(8~13)状态时,仍然可以快速启动生物除磷系统。该试验研究表明,在低温条件下,影响生物除磷系统的关键因素是VFA,而不是温度。根据生物除磷理论可知,当污水中没有或只有少量VFA时,聚磷菌的优势将逐渐减弱甚至消失,所以,在冬季低温条件下,适当补充低分子有机酸VFA可以获得好的生物除磷效果。同时,试验还发现,SBR系统按照活性污泥外循环模式运行时具有最佳的生物除磷效果,当进水磷酸盐浓度高至9mg/L时仍然能保证出水磷酸盐浓度低于0.5mg/L。这是由于该系统用排除厌氧富磷的生物除磷方式替代了传统排除除磷的生物除磷模式,使剩余污泥排除量和除磷效果不再具有直接关系,此时的SBR系统具有较高的污泥浓度及低的有机物负荷,不利于糖原积累,为聚磷菌成为优势菌群创造了条件,大大提高了低温条件下SBR工艺的除磷效果^[16]。

3 结语

结合不同地区的水质特点,培养驯化出活性好的耐低温菌,是研究低温SBR工艺运行的前提条件,今后,还需要通过生产实践不断地改进低温SBR工艺,通过采取各种工程措施不断提高低温条件下SBR工艺的污染物去除效能。低温SBR工艺与常温SBR工艺运行特性存在着很大差异,不断研究和总结低温SBR工艺运行规律是对污水生物处理的必要的补充,同时,也对污水处理水平的不断提高具有重要的意义,因此,我国应不断加强这方面的研究。

参 考 文 献

- [1] 傅金祥,腾险峰,李丹岩. 低温下DAT-IAT工艺污水处理厂活性污泥培养驯化[J]. 沈阳建筑大学学报(自然科学版),2005,21(1): 43-46.
- [2] Morita R. Y. Psychrophilic bacteria[J]. Bacterial Rev,1975,39:146-147.
- [3] 孟雪征,曹相生,姜宝玺. 利用耐冷菌处理低温污水的研究[J]. 山东建筑工程学院学报,2001,16(2):53-57.
- [4] LaPara T M,Alleman J E. Thermophilic aerobic biological wastewater treatment[J]. Wat Res,1999,33(4):895-908.
- [5] Chevalier P. Nitrogen and phosphorus removal by high latitude mat-forming cyanobacteria use in tertiary wastewater treatment[J]. J Appl

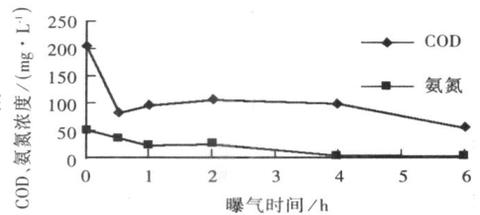


图1 COD、氨氮浓度随曝气时间的变化^[12]

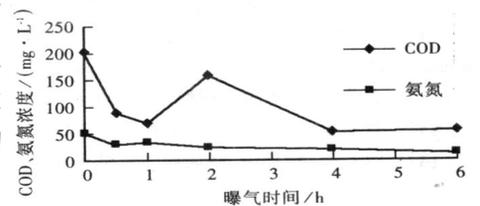


图2 低温条件下曝气时间对COD、氨氮去除的影响^[12]

Phycology, 2000, 12(2): 105 - 113.

- [6] Churchill S A, Harper J P, Churchill P F. Isolation and characterization of a mycobacterium species capable of degrading three - and - four - ring aromatic and aliphatic hydrocarbons [J]. Appl Environ Microbiol, 1999, 65(2): 549 - 552.
- [7] Johnson L A, Beacham I R, Macrae I C. Degradation of triglycerides by a pseudomonas isolated from milk: Molecular analysis of alipase - encoding gene and its expression in Escherichia coli [J]. Appl Environ Microbiol, 1992, 58(5): 1776 - 1779.
- [8] 孟雪征, 曹相生, 姜安玺. 利用耐冷菌处理低温污水的研究 [J]. 山东建筑工程学院学报, 2001, 16(2): 39 - 44.
- [9] 李学平. UASB - SBR - 陶粒过滤工艺处理白酒生产污水 [J]. 环境工程, 2001, 19(3): 24 - 25.
- [10] 张振家. UASB - SBR 工艺处理啤酒生产废水 [J]. 中国给水排水, 2001, 17(9): 54 - 56.
- [11] 付永胜, 鄂铁军, 熊春梅. 青藏高原上的啤酒废水生物处理工程 [J]. 中国给水排水, 2003, 19(7): 88 - 90.
- [12] 麦穗海, 吴志超, 陈绍伟. 沸石强化生物脱氮工艺研究 [J]. 上海环境科学, 2002, 21(10): 640 - 643.
- [13] Henze M, Harrenmoes P, Jansen J L C, Arvin E. Wastewater Treatment/ Biological and Chemical Processes [M]. 2nd Edition. New York: Springer, 1997.
- [14] 吉芳英, 罗固源. 活性污泥外循环系统生物除磷能力 [J]. 中国给水排水, 2002, 18(5): 1 - 5.
- [15] 贺延龄. 废水的厌氧生物处理 [M]. 北京: 中国轻工业出版社, 1998.
- [16] 吉芳英, 袁春华, 许晓毅. 低温条件下生物除磷系统的强化启动和运行 [J]. 重庆环境科学, 2003, 25(10): 3 - 6.

Several Study Development of Low Temperature SBR Process

YIN Jun, LI Lin, SANG Lei, HUO Yu-feng, JIAO Chang, ZHANG Lur-qiu, TAN Xue-jun

(School of Municipal and Environmental Engineering, Jilin Architectural and Civil Engineering Institute, Changchun 130021)

Abstract :Based on the introduction of operating property significance of low temperature SBR process, the investigative status of low temperature microorganisms was analyzed around the world at present. The capability of organic matter removal and denitrification and dephosphorization of low temperature SBR process was explored by analyzing several engineering cases.

Key words :low temperature SBR process; low temperature microorganisms; pollutants; removal capability; denitrification and dephosphorization