

曝气生物滤池处理低温水源水生物活性及种群结构分析

王嘉斌^{1,2}, 李 星¹, 王 东², 邱立平², 谢 康²

(1. 北京工业大学 建筑工程学院, 北京 100124; 2. 济南大学 土木建筑学院, 济南 250022)

摘 要: 应用比好氧呼吸速率和聚合酶链式反应-变性梯度凝胶电泳结合克隆、测序技术研究了以沸石和陶粒为填料的曝气生物滤池处理低温水源水的生物活性和不同运行阶段的种群结构演替规律。研究表明:随着温度的降低,沸石和陶粒滤池对氨氮和高锰酸盐指数的去除效能也随之下降,但仍能保证一定的去除效能;沸石和陶粒滤池对氨氮的去除主要集中在滤床高度 40 cm 以下,对高锰酸盐指数的去除主要集中在滤床高度 55 cm 以下;低温影响了微生物的活性,且异养菌受影响更为显著;在整个运行过程中,2 组滤池种群多样性较为丰富,优势种群与常温条件下无显著差别,且均表现出了明显的优势种群演替规律,其中亚硝化螺菌属在低温条件下得到富集,并成为系统的优势种群,而硝化螺菌属在运行初期即被淘汰;经过长期低温驯化,2 种填料曝气生物滤池的优势种群趋于一致。

关键词: 微污染水源水; 低温; 曝气生物滤池; 生物活性; 微生物种群结构

中图分类号: U 461; TP 308

文献标志码: A

文章编号: 0254-0037(2015)03-0461-07

doi: 10.11936/bjtxb2014030012

Biological Activity and Bacterial Community Composition Analysis of Source Water Treated by Biologically Aerated Filter at Low Temperature

WANG Jia-bin^{1,2}, LI Xing¹, WANG Dong², QIU Li-ping², XIE Kang²

(1. College of Architecture and Civil Engineering, Beijing University of Technology, Beijing 100124, China;

2. School of Civil Engineering and Architecture, University of Jinan, Jinan 250022, China)

Abstract: The biological activity and bacterial community composition in biologically aerated filter (BAF) with zeolite and ceramic medium for treating source water at low temperature were investigated by oxygen uptake rate and polymerase chain reaction-denaturing gradient gel electrophoresis combined with cloning and sequencing. Results showed that the removals of the ammonia nitrogen and the permanganate index slightly decreased with the decrease of temperature in both zeolite and ceramic BAFs. Even so, the removals in two BAFs still showed a satisfactory performance. The main removals of ammonia nitrogen and permanganate index in two BAFs were performed below 40 cm and 55 cm height, respectively. Low temperature had a significant effect on biological activity of two BAFs, especially for heterotrophic bacterium. During the whole operation, the biodiversity was enriched in two BAFs. It was no significant difference of dominant species between the low and room temperature. The changes of dominant species were obvious when the temperature became lower. The *Nitrosospira* was enriched and became the

收稿日期: 2014-03-06

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(51278225); 山东省科技发展计划资助项目(2013GGB01139); 济南市科技发展计划资助项目(201302079)

作者简介: 王嘉斌(1979—), 男, 副教授, 主要从事水质净化理论与技术方面的研究, E-mail: cea_wangjb@ujn.edu.cn

通信作者: 邱立平(1968—), 男, 教授, 主要从事水质净化理论与技术方面的研究, E-mail: cea_qiulp@ujn.edu.cn

dominant species, while the *Nitrospira* disappeared in initial stage. In addition, the dominant species in two BAFs were similar after a long-term operation at low temperature.

Key words: micro-polluted source water; low temperature; biologically aerated filter; biological activity; bacterial community composition

常规净水工艺难以有效去除有机物、氨氮等污染物^[1],经常出现冬季处理出水有机物和氨氮超标的现象,已成为我国供水水质安全面临的关键问题.曝气生物滤池低温处理微污染水源水不仅可以有效去除水源水中可生物降解的有机物,减少氯耗和卤代有机物的生成,还可以减少混凝剂的投加量,从而降低制水成本^[2],在低温微污染水源水预处理中得到了广泛关注.然而,目前曝气生物滤池低温处理微污染水源水研究大都集中于工艺运行效能及特性^[3-4]方面,对该工艺在低温条件下去除污染物机理研究还不多见.本试验以在低温条件下长期运行的以沸石和陶粒为填料处理低温微污染水源水的曝气生物滤池为研究对象,通过比好氧呼吸速率和 PCR-DGGE 结合克隆、测序技术研究滤池生物膜活性和不同运行阶段的种群结构特征,以期为有效利用生物预处理技术解决水源水污染问题提供技术参考.

1 试验材料与方法

1.1 试验装置与原水水质

试验装置由2支有机玻璃滤柱组成,柱体直径100 mm,高度为2 000 mm,填料高度均为1 000 mm,

分别装填沸石填料和陶粒填料,填料粒径均为2~5 mm.以底部滤板为零点,每隔150 mm设一取样孔,取样口内径10 mm.距滤板100 mm处装有曝气扩散器,使用空气压缩机曝气,维持滤池溶解氧2~4 mg/L.原水由蠕动泵从水箱送入进水管,以上向流方式流经滤池,处理出水由出水管排出系统.滤池反冲洗采用气水联合反冲^[5],气反冲洗强度为4.88 L/(s·m²),水反冲洗强度为1.44 L/(s·m²),气预冲洗时间为4 min,气水同时反冲洗时间为5 min,单水反冲洗时间为3 min.

试验用原水按照文献[6]所述的污染地表水水质特征,利用某高校人工湖湖水与自来水按一定比例混合,适当添加氯化铵等配比而成,水质如表1所示.

1.2 分析方法

1.2.1 常规水质指标分析方法

高锰酸盐指数、UV₂₅₄、NH₄⁺-N、NO₂-N、NO₃-N均按《生活饮用水标准检验方法》(GB/T5750.5—2006)进行分析,温度和pH采用便携式pH计(Sartorius PB-10)测定,浊度采用浊度计(HACH 2100P)测定,溶解氧采用便携式溶氧仪(YSI-5100)测定.

表1 试验用原水水质

Table 1 Water quality of source water

水温/℃	pH	高锰酸盐指数/ (mg·L ⁻¹)	ρ(DO)/ (mg·L ⁻¹)	浊度/ NTU	ρ(氨氮)/ (mg·L ⁻¹)	UV ₂₅₄ /cm ⁻¹
2~20	6.86~8.35	1.86~6.83	1.5~2.8	2.41~10.10	1.22~6.38	0.036~0.082

1.2.2 生物活性分析方法

生物活性分析采用比好氧呼吸速率的方法,具体试验方法参见文献[7].

1.2.3 分子生物学分析方法

基因组总DNA采用OMEGA公司生产的土壤DNA提取试剂盒(E. Z. N. A. TM Soil DNA Kit)进行提取.提取后的基因组总DNA采用琼脂糖凝胶电泳进行检测.为了增强扩增产物的特异性,试验中采用嵌套式PCR(nested PCR)反应.第1轮扩增所用通用引物为27f(5'-AGAGTTTGATCCTGGCTCAG-3')和1492r(5'-GGTACCTGTTACGACTT-3'),第2

轮扩增所用通用引物为F357GC(5'-CGCCCGCC-GCGCGCGCGGGCGGGGCGGGGACCGGGGGCC-TACGGGAGGCAGCAG-3')和R518(5'-ATTACCG-CGGCTGCTGG-3'),片段长度约160 bp左右.

采用Bio-Rad公司的Bio-Rad DcodeTM Universal Mutation Detection System对第2轮PCR产物进行变性梯度凝胶电泳分析.其中聚丙烯酰胺(丙烯酰胺/甲叉双丙烯酰胺质量比为37.5:1.0)质量浓度为80 g/L,变性剂浓度梯度范围为35%~55%.DGGE电泳分离试验电压80 V,60℃电泳12 h.电泳完毕以后,采用SDNA-Nucleic Acids Stain

Dye (BIO BASIC INC., Canada) 染色 20~30 min, 用无菌水冲洗后在紫外成像系统下观察每个电泳条带并拍照。通过凝胶成像系统拍照、分析, 并切割目标条带置于离心管中。将所得 DNA 进行 PCR 扩增, 扩增产物用 DNA 纯化回收试剂盒纯化后用于基因克隆。经蓝白斑筛选后, 挑取白斑培养至培养基浑浊, 取 1 mL 培养液测序。

1.3 试验方法

试验装置自 2012 年 11 月开始启动, 由于水温较低 (10~14 °C), 因此采用接种挂膜方式启动。接种污泥取自某人工湖底泥, 将污泥加入滤池中闷曝 24 h, 24 h 后将滤池放空, 重新接种进行闷曝, 此过程重复 3 次。闷曝结束后改用小流量进水, 后逐步加大流量至设计流量 112.32 L/d。此时, 滤池滤速为 0.6 m/h, 水力停留时间为 30 min, 有机负荷为 75.56 g/(m³·d), 氨氮负荷为 40.84 g/(m³·d), 气水比为 1:1。沸石和陶粒滤池分别在启动 26 d 和 30 d 后对氨氮的去除率稳定在 80% 以上, 进入低温稳定运行阶段。

2 结果与讨论

2.1 曝气生物滤池低温运行的除污染物效能

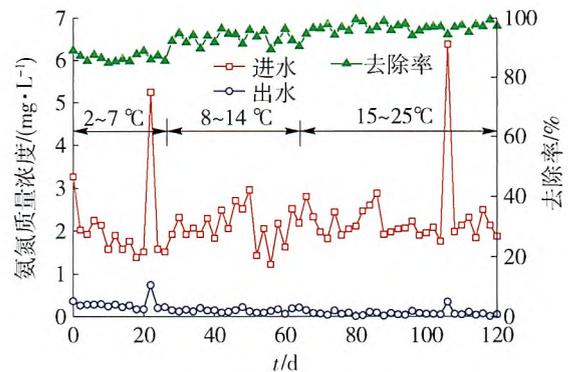
2.1.1 对氨氮的去除

图 1 为 2 组滤池在 2~7 °C、8~14 °C 和 15~25 °C 时对氨氮去除情况。

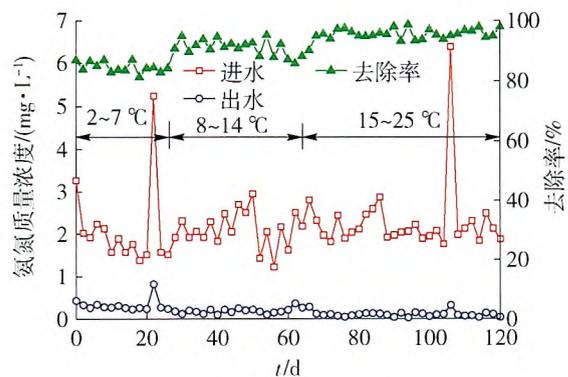
图 1 显示, 在平均质量浓度为 2.20 mg/L 的进水氨氮条件下, 沸石曝气生物滤池在 2~7 °C 的低温条件下对氨氮的平均去除率为 86.54%, 出水氨氮的平均质量浓度为 0.28 mg/L; 在 8~14 °C 时对氨氮的平均去除率为 93.19%, 出水氨氮的平均质量浓度为 0.14 mg/L; 15~25 °C 时对氨氮的平均去除率为 96.82%, 出水氨氮的平均质量浓度为 0.078 mg/L; 陶粒曝气生物滤池在 2~7 °C 时对氨氮的平均去除率为 84.45%, 出水氨氮的平均质量浓度为 0.33 mg/L; 8~14 °C 时对氨氮的平均去除率为 90.60%, 出水氨氮的平均质量浓度为 0.19 mg/L; 在 15~25 °C 时对氨氮的平均去除率为 95.41%, 出水氨氮的平均质量浓度为 0.11 mg/L。可见, 随着温度的降低, 2 种填料曝气生物滤池对氨氮的去除效果均有所下降, 但即便在 2~7 °C 的低温条件下, 2 组滤池依然能保持对氨氮较好的去除效果。

2.1.2 对高锰酸盐指数的去除

2 组滤池在 2~7 °C、8~14 °C 和 15~25 °C 时对高锰酸盐指数的去除情况见图 2。



(a) 沸石填料生物滤池



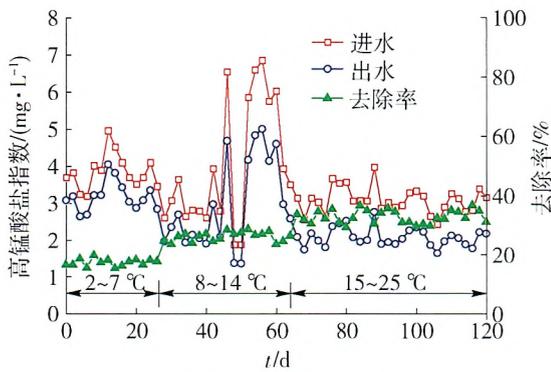
(b) 陶粒填料生物滤池

图 1 低温运行阶段沸石和陶粒生物滤池对氨氮的去除情况

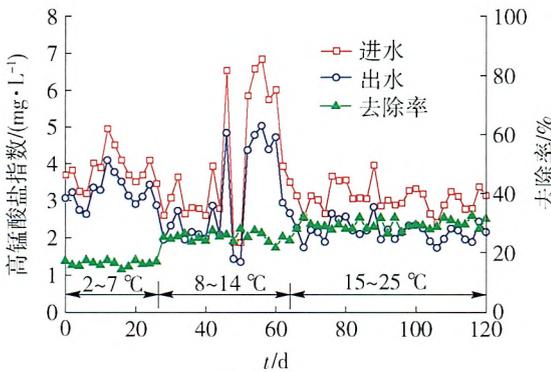
Fig. 1 Removal of ammonia nitrogen at low temperature

图 2 显示, 进水高锰酸盐指数平均为 3.52 mg/L, 沸石和陶粒滤池在 2~7 °C 时对高锰酸盐指数的平均去除率分别为 17.28% 和 16.22%, 出水高锰酸盐指数平均分别为 3.20 mg/L 和 3.24 mg/L; 8~14 °C 时 2 滤池对高锰酸盐指数的平均去除率分别为 25.67% 和 24.70%, 出水高锰酸盐指数平均分别为 2.92 mg/L 和 2.96 mg/L; 在 15~25 °C 时对高锰酸盐指数的平均去除率分别为 32.72% 和 29.33%, 出水高锰酸盐指数平均分别为 2.07 mg/L 和 2.17 mg/L。沸石滤池对高锰酸盐指数的去除优于陶粒滤池, 且低温会降低 2 种填料曝气生物滤池对高锰酸盐指数的去除效果, 但即便在 2~7 °C 的低温条件下, 2 种填料曝气生物滤池仍能保持对高锰酸盐指数的去除效果。

滤池对高锰酸盐指数的去除主要集中在滤床高度 55 cm 以下。在 2 °C、10 °C 和 20 °C 时沸石滤池滤床高度 55 cm 以下对高锰酸盐指数的去除率占总去除率的 90.60%、82.83% 和 80.90%; 陶粒滤池滤床高度 55 cm 以下对高锰酸盐指数的去除率占总去除率的 95.07%、90.55% 和 91.01%。与氨氮的沿程



(a) 沸石填料生物滤池



(b) 陶粒填料生物滤池

图2 低温运行阶段沸石和陶粒生物滤池对高锰酸盐指数的去除情况

Fig.2 Removal of potassium permanganate index at low temperature

去除情况相同,陶粒滤池相对于沸石滤池能更迅速地去除污染物。

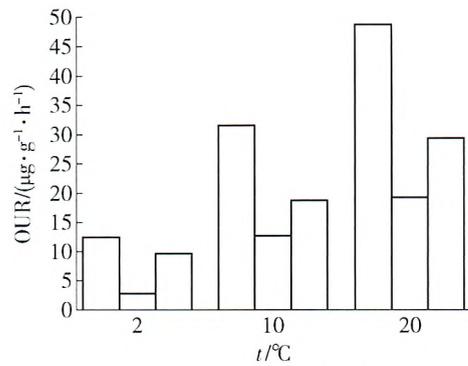
2.2 温度对滤池生物活性的影响

为进一步考察温度的变化对滤池生物活性的作用规律,采用比好氧呼吸速率(OUR)研究不同温度下的生物活性,所取滤料为滤床高度为40 cm处的填料,结果见图3。

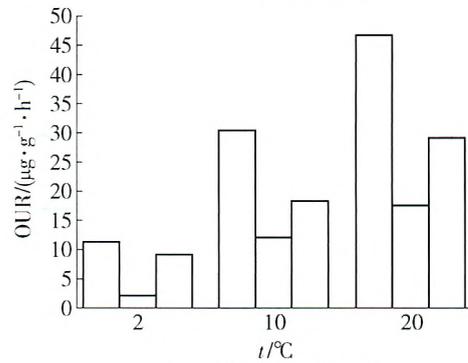
由图3可知,随着温度的降低,总呼吸速率、异养菌呼吸速率和硝化菌呼吸速率均大幅度下降,沸石滤池2 °C时异养菌的呼吸速率为20 °C时的14.51%,硝化菌的呼吸速率为20 °C时的32.76%;陶粒滤池2 °C时异养菌的呼吸速率为20 °C时的12.50%,硝化菌的呼吸速率为20 °C时的31.27%。可见,异养菌的活性受温度的影响更为显著,即低温对有机物的去除效能影响更大。因此,低温条件下曝气生物滤池对污染物的去除效果降低主要是因为低温影响了微生物的生物活性。

2.3 低温运行不同阶段生物膜的DGGE分析

在滤池低温运行过程中每隔30 d对2组滤池取样各1次,共取样3次,加之接种污泥,共7个生



(a) 沸石填料生物滤池



(b) 陶粒填料生物滤池

□总量 □异养菌 □硝化菌

图3 低温运行阶段不同温度沸石和陶粒生物滤池比好氧呼吸速率

Fig.3 OUR at different temperatures

物膜样品。提取7个样品的基因组DNA,并以其为模板进行PCR扩增,扩增产物进行DGGE分析,结果见图4。

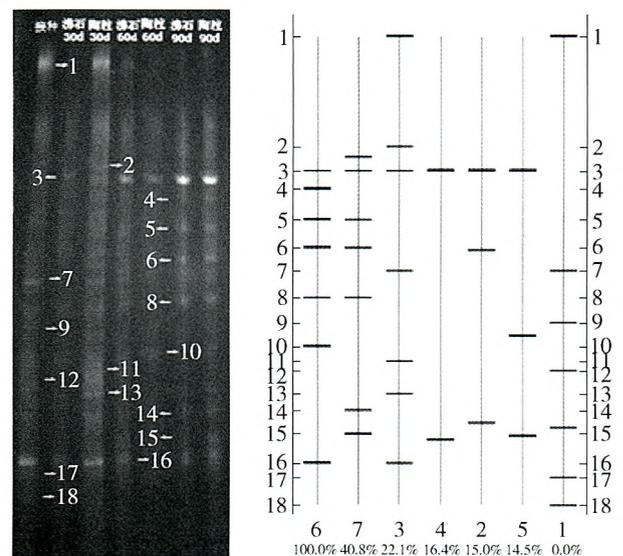


图4 不同运行阶段沸石和陶粒生物滤池生物膜样品DGGE图谱

Fig.4 DGGE profiles of biofilm samples at different temperatures

电泳图谱表明, 2 组滤池在不同运行阶段的种群多样性均较为丰富. 滤池运行至不同阶段时反应器的优势种群也随之变化, 表现出明显的优势种群的演替规律. 接种污泥中, 条带 1、7、9、12、17、18 均为优势种群, 但随着反应器的运行逐渐被淘汰. 相反, 条带 3、4、5、6、8、14、15 在接种污泥中均未出现, 但随着运行时间的增长, 菌群逐渐得到富集和增殖, 即这些种群的微生物能适应低温环境并发挥其生态作用. 在反应器运行至不同阶段, 也有一些种群虽然成为优势种, 但只出现在反应器的某一阶段, 如条带 2、10、11、13. 条带 16 在反应器运行的各个运行阶段均有出现, 说明该种群具有较宽的生态幅, 能适应比较剧烈的温度变化. 对比 2 组滤池, 在反应器

运行初期, 陶粒滤池的种群更为丰富, 但随着运行时间的延长, 2 种滤料滤池的种群数量及丰富程度差异逐渐减弱, 表现出很大的相似性, 说明经过较长时间的运行, 滤料对滤池在低温条件下的微生物种群结构影响不大.

将上述 18 条条带切胶回收, 克隆、测序后在 NCBI 中比对, 继而用 Molecular Evolutionary Genetics Analysis (version 4.0) 建立系统发育树, 如图 5 所示. 比对结果表明, 18 条条带分属于 4 个门类, 其中条带 1、11 属于 *Firmicutes*, 条带 2、3、4、5、6、7、8、10、12、13、14、15、16 属于 *Proteobacteria*, 条带 9、18 属于 *Bacteroidetes*, 条带 17 属于 *Nitrospirae*. 因此在该生物系统中 *Proteobacteria* 的数量占有绝对优势.

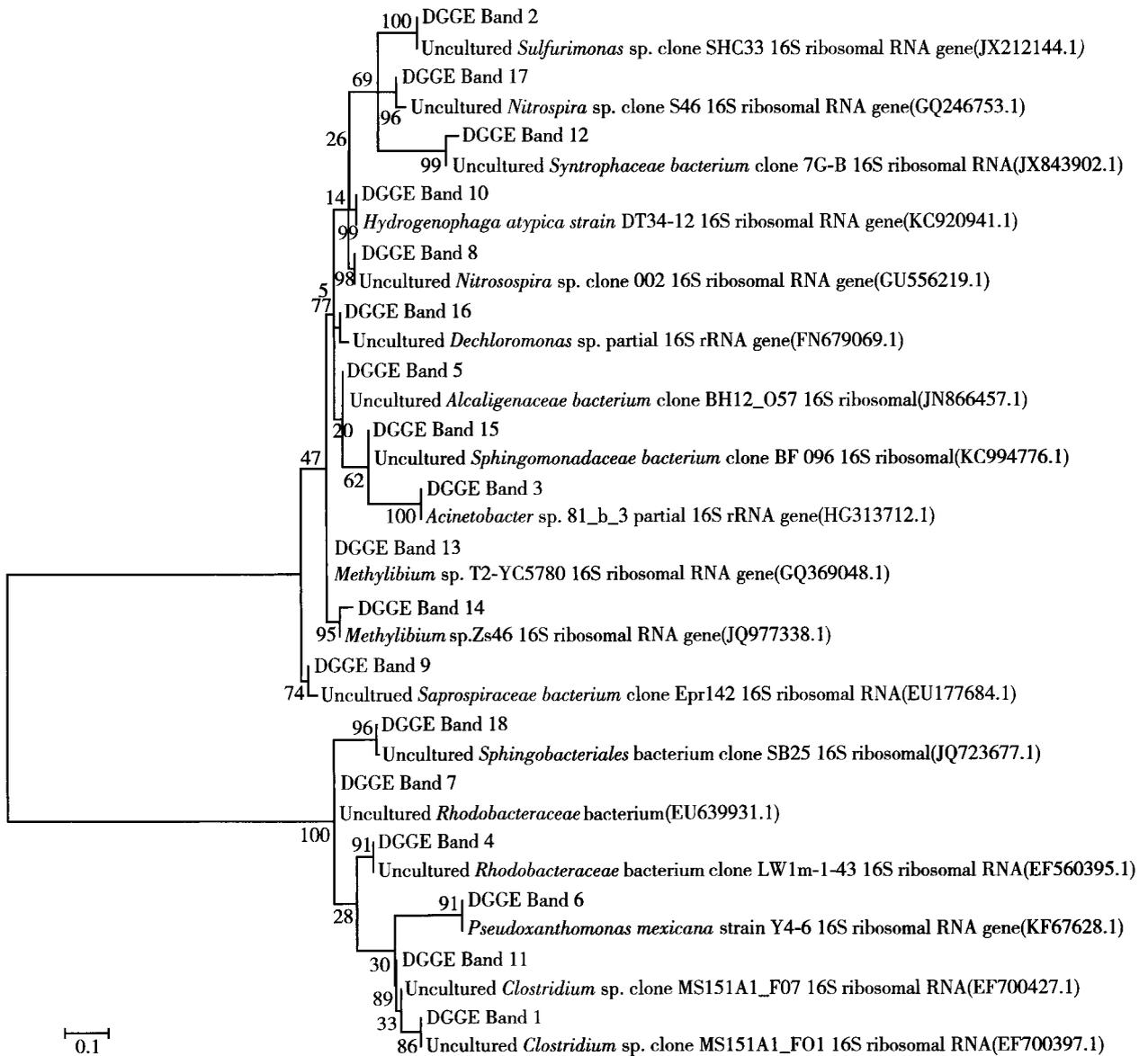


图 5 系统发育树

Fig. 5 Phylogenetic tree

样品中属于 *Firmicutes* 的菌属是 *Clostridium*, 属于 *Proteobacteria* 的菌属是 *Sulfurimonas*、*Acinetobacter*、*Brevundimonas*、*Alcaligenaceae*、*Pseudoxanthomonas*、*Rhodobacteraceae*、*Nitrosospira*、*Hydrogenophaga*、*Syntrophaceae*、*Methylibium*、*Sphingomonadaceae*、*Rhodocyclaceae*, 属于 *Bacteroidetes* 的菌属是 *Saprospiraceae* 和 *Sphingobacteriales*, 属于 *Nitrospirae* 的菌属是 *Nitrospira*.

由此看出,在低温条件下经过长期的驯化,微生物群落结构表现出了较高的丰度. 其中条带 8 为亚硝化螺菌属,属于氨氧化菌,出现在运行 90 d 后的 2 组滤池中,为滤池中的优势种群. 这与钦颖英等^[8]通过构建细菌 16S rDNA 克隆文库研究一生产性规模的给水生物预处理反应器的细菌种群多样性所得到的结果相同,这也是在低温下 2 组滤池仍具有较好的氨氮去除能力的原因所在. 而条带 17 为硝化螺菌属,该菌属近年来被认为是在亚硝酸盐氧化过程中起主要作用的菌属,而非传统认为的硝化杆菌属^[9]. 该菌属在接种污泥中为优势菌,但是在滤池运行 30 d 后便不再为优势菌,其菌群数量可能减少甚至在滤池中消失.

由此说明,在低温条件下,经过一定时间的驯化,部分硝化菌可以适应低温环境,在低温条件下得到富集并发挥其生理机能,而有些硝化菌则对温度变化表现出较高的敏感性,在低温条件下数量逐渐减少甚至消失. 滤池稳定运行后,2 组滤池的优势种群主要表现为变形菌门,而厚壁菌门和拟杆菌门逐渐消失,且填料的不同对滤池种群结构的影响甚微. 此外,不动杆菌(条带 3, HG313712.1)、产碱杆菌(条带 5, JN866457.1)、红环菌(条带 7, EU639931.1)是经常报道的具有除磷作用的微生物^[10],也是该系统稳定运行后的优势种群.

3 结论

1) 随着温度的降低,沸石和陶粒滤池对氨氮和高锰酸盐指数的去除效能也随之下降,在 2~7℃ 的低温环境下,沸石和陶粒滤池对氨氮的平均去除率分别为 86.54% 和 84.45%,对高锰酸盐指数的平均去除率分别为 17.28% 和 16.22%.

2) 沸石和陶粒滤池对氨氮的去除主要集中在滤床高度 40 cm 以下,对高锰酸盐指数的去除主要集中在滤床高度 55 cm 以下.

3) 低温影响了微生物的活性,且异养菌受影响更为显著.

4) 在整个运行过程中,2 组滤池种群多样性较为丰富,优势种群与常温条件下无显著差别,且均表现出了明显的优势种群演替规律,其中亚硝化螺菌属(条带 8, GU556219.1)在低温条件下得到富集,并成为系统的优势种群,而硝化螺菌属(条带 17, GQ246753.1)在运行初期即被淘汰.

5) 滤池稳定运行后填料的差异对滤池优势种群的影响甚微.

参考文献:

- [1] 郭春辉. 基于物化强化的季节性重污染淮河水源水生物处理技术研究[D]. 济南: 济南大学土木建筑学院, 2012.
GUO Chun-hui. Chemical-physical enhanced biological treatment of seasonal heavy polluted Huaihe raw water [D]. Jinan: School of Engineering and Architecture, University of Jinan, 2012. (in Chinese)
- [2] 马军, 邱立平. 曝气生物滤池及其研究进展[J]. 环境工程, 2002, 20(3): 7-11.
MA Jun, QIU Li-ping. Biological aeration filter and research progress [J]. Environmental Engineering, 2002, 20(3): 7-11. (in Chinese)
- [3] 薛记中. 生物陶粒滤池预处理溢阳河微污染源水[J]. 中国给水排水, 1999, 15(11): 66-68.
XUE Ji-zhong. Biological ceramsite filter preprocessing Fuyang river source water [J]. China Water and Wastewater, 1999, 15(11): 66-68. (in Chinese)
- [4] 吴为中, 王占生. 水库水源水生物陶粒滤池预处理中试研究[J]. 环境科学研究, 1999, 12(1): 10-14.
WU Wei-zhong, WANG Zhan-sheng. Pilot-scale bio-ceramic filter for reservoir source water pretreatment in southern China [J]. Research of Environmental Sciences, 1999, 12(1): 10-14. (in Chinese)
- [5] 邱立平, 陈京英, 刘永正, 等. 曝气生物滤池处理机理及反冲洗控制研究进展[J]. 济南大学学报: 自然科学版, 2010, 24(2): 216-220.
QIU Li-ping, CHEN Jing-ying, LIU Yong-zheng, et al. Development of treatment mechanics and backwashing control on biological aerated filters [J]. Journal of University of Jinan: Sci & Tech, 2010, 24(2): 216-220. (in Chinese)
- [6] 郭春辉, 邱立平, 翟学东, 等. 生物活性炭循环床工艺处理微污染水源水[J]. 济南大学学报: 自然科学版, 2011, 25(4): 331-335.
GUO Chun-hui, QIU Li-ping, ZHAI Xue-dong, et al. Treatment of light-polluted raw water by biological activated carbon circulating fluidized bed (BACCFB) [J]. Journal

- of University of Jinan: Sci & Tech, 2011, 25(4): 331-335. (in Chinese)
- [7] JOANNA S G, KRIST G, CARL D, et al. Nitrification monitoring in activated sludge by oxygen uptake rate (OUR) measurements [J]. Water Research, 1996, 30(5): 1228-1236.
- [8] 钦颖英, 李道棠, 杨虹. 给水生物预处理反应器的细菌种群多样性和群落结构[J]. 应用与环境生物学报, 2007, 13(1): 104-107.
- QIN Ying-ying, LI Dao-tang, YANG Hong. Population diversity and community structure of bacteria on biofilms in a potable water pretreating bioreactor[J]. Chinese Journal of Applied & Environmental Biology, 2007, 13(1): 104-107. (in Chinese)
- [9] BURRELL P, KELLER J, BLACKALL L. Characterisation of the bacterial consortium involved in nitrite oxidation in activated sludge [J]. Water Science Technology, 1999, 39(6): 45-52.
- [10] 吴蕾, 宋志文, 温少鹏, 等. 生物除磷微生物研究进展[J]. 四川环境, 2007, 26(3): 94-98.
- WU Lei, SONG Zhi-wen, WEN Shao-peng, et al. Progress of research on microbes for phosphorus removal [J]. Sichuan Environment, 2007, 26(3): 94-98. (in Chinese)

(责任编辑 张 蕾)

我校参加 2014 中国国际工业博览会获佳绩

来源:北京工业大学信息门户网站 发布时间:2014-11-20

2014年中国国际工业博览会(以下简称“工博会”)于2014年11月3—8日在上海浦东新国际博览中心举办,本届中国工博会以“高端、智能、绿色”为主题,有来自27个国家和地区的2101家中外展商参展,是中国工博会历史上规模最大,也是亚洲最大的工业博览会。

高校展区是历年来工博会业界关注的焦点。今年全国共有69所高校的670项科技成果参展,创参展高校历年之最。为做好本次参展工作,我校科学技术发展院与投资公司经过了半年多的精心准备,认真做好参展项目组织、展台设计、奖项申报等工作,最终携“密集矩阵式高倍聚光光伏模组及系统”“大功率半导体激光器”“镭印3D打印机”等15个项目进行了特装展示,参展项目涉及先进制造、新材料、新能源、生物医药、节能环保和电子信息六大领域。展会开幕当天,教育部科技发展中心李志民主任亲临我校展位,听取我校“镭印3D打印机”等项目的汇报,对我校的参展项目给予了高度评价。

为提升高校参展成效,促进高校项目与社会企业交易对接,本届工博会高校展区组委会组织上海、浙江、江苏等地20多个企业家专业观众团队前来高校展区观摩。近1000名专业观众在高校展区“淘金觅宝”。期间,我校展位吸引了众多企业人士的关注,他们纷纷驻足展板前,了解成果信息,踊跃索取项目简介资料及项目负责人的联系方式,其中有50多家企业的人员与参展项目组成员进行了深入交流。

经过本届工博会评审委员会的层层筛选,我校参展的“密集矩阵式高倍聚光光伏模组及系统”项目获得高校展区优秀展品奖二等奖,因我校精心组织本次展览,获得高校展区优秀组织奖。展会为我校科技成果的推广起到了良好的促进作用,提高了我校的知名度,为学校赢得了良好的声誉。