

处理油田含聚废水的微生物研究

孙晓君¹, 王志平², 刘莉莉², 檀桂君³, 于泽华⁴

(1. 哈尔滨理工大学化学与环境工程学院, 哈尔滨 150040; 2. 哈尔滨工业大学市政与环境工程学院, 哈尔滨 150090; 3. 河北经贸大学, 石家庄 050061; 4. 大庆石油管理局电力总公司, 黑龙江大庆 163453)

〔摘要〕 在油田普遍采用聚合物驱三次采油新技术的同时也产生了含聚丙烯酰胺(PAM)污水的处理问题。含 PAM 污水的特点是粘度大、含油多、乳化油稳定,故传统的废水处理方法及设施难以使该污水处理达到回注水水质的标准。对模拟含聚废水驯化的好氧颗粒污泥内微生物的研究将有助于油田含聚废水生物处理技术的开发。采用人工模拟油田含聚废水在实验室内驯化好氧颗粒污泥,结果表明好氧颗粒污泥对含聚驱采出水有良好的适应性。在水力停留时间为 144 h 时,好氧颗粒污泥可以将水中的聚丙烯酰胺由 350 mg/L 降低至 150 mg/L,去除率达到 57%。对颗粒污泥内的优势微生物研究表明,在模拟含聚废水中对 PAM 起主要降解作用的微生物为产碱假单胞菌。

〔关键词〕 油田含聚废水, 好氧颗粒污泥, 微生物, 产碱假单胞菌

〔中图分类号〕 TE922.1, Z703, Q939.97

〔文献标识码〕 A

〔文章编号〕 1000-7857(2005)07-0038-03

Study on Microorganism Used in Treatment of Oil Wastewater with PAM

SUN Xiao-jun¹, WANG Zhi-ping², LIU Li-li², TAN Gui-jun³, YU Ze-hua⁴

(1. School of Chemical and Environmental Engineering, Harbin University of Science and Technology, Harbin 150040, China;

2. School of Civil and Environmental Engineering, Harbin Institute of Technology, Harbin 150090, China;

3. Hebei University of Economics & Business, Shijiazhuang 050061, China;

4. General Electricity Company of Daqing Petroleum, Daqing 163453, Heilongjiang Province, China)

Abstract: A puzzle of how to treat wastewater with polyacrylamide (PAM) is presented while a new technology, tertiary recovery processes with the aid of polymer, is widely used. The feature of wastewater with PAM is highly viscous, plentiful of oil and stable for emulsified oil. Therefore, it's hard for conventional processes and equipments to treat wastewater with PAM and make it reach the national standard for reuse water. The study on microorganism in aerobic sludge granules domesticated by synthetic wastewater with PAM will be helpful for the development of bio-treatment technology which is used in oil wastewater with PAM. In this paper, the inoculated aerobic sludge granules could be well adapted to the synthetic oil wastewater with PAM. The aerobic sludge granules could degrade PAM in wastewater from 350 mg/L to 150 mg/L when HRT was 144 h. The removal ratio of PAM reached 57%. The study on superior microorganism in aerobic sludge granules showed that the main microorganism was pseudomonas alcaligenes, which played a very important role in degradation of PAM in synthetic oil wastewater.

Key Words: oil wastewater with PAM, aerobic sludge granules, microorganism, pseudomonas alcaligenes

CLC Numbers: TE922.1, Z703, Q939.97

Document Code: A

Article ID: 1000-7857(2005)07-0038-03

1 引言

大庆油田聚合物驱自 1996 年投入工业化应用以来,已有 25 个区块转变为聚合物驱工业化区块,面积达到 237.93 km²。然而,其采出液含水率高达 60% 以上,由此引发了油田废水外排量的逐年上升,使得油田生态环境急剧恶化。为了平衡油田污水的供、注矛盾,保护油田的生态环境,必须对含聚驱采出水进行有效的处理。虽然已有一些文献^[1-3]报道了关于微生物对 PAM 的利用,但一般认为 PAM 只能在细

胞外酰氨酶的作用下作为氮源被微生物利用,而作为碳源利用非常困难,除了由于其高分子量难以被微生物摄入到细胞体内进行降解外,即使在小分子量的情况下,其抗生物降解能力仍然很强。然而,也有人认为聚丙烯酰胺因为具有与氨基酸相近似的结构而能被微生物所代谢^[4-6]。本文通过采用模拟油田含聚废水驯化好氧颗粒污泥,并对其中的微生物进行系统研究,可望为确定合理的油田含聚废水处理工艺提供依据。

收稿日期: 2005-05-24

基金项目: 黑龙江省教育厅科技项目(10541041)

作者简介: 孙晓君,女,哈尔滨市南岗区学府路 52 号哈尔滨理工大学化学与环境工程学院,教授,主要从事环境污染与防治方面的研究;E-mail: sunxjhit@yahoo.com.cn

2 实验材料及方法

- 1) 实验装置:内径为 5 cm、高 60 cm 的柱状 SBR 反应器,底部采用微孔曝气。
- 2) 模拟含聚废水:PAM 350 mg/L, KH_2PO_4 11 mg/L, 自来水。
- 3) 接种颗粒污泥:粒径 1.2~2.0 mm, 沉降速率 6.5~10.0 mm/s, SVI 为 43 ml/g。
- 4) 运行控制:反应器运行周期为 72 h, 其中进水 5 min, 曝气 68 h, 沉降 4 h, 排水 5 min, 换水率为 1/2。
- 5) 分析方法:COD、MLSS 和 SVI 的测定均采用标准方法,PAM 分析采用的是目前应用较为广泛的淀粉-碘化镉比色法^[7]。采用可拍照显微镜对驯化前后好氧颗粒污泥内微生物的组成进行了观察。微生物的分离采用稀释平板划线接种法,所用平板采用的是 PAM 凝胶培养基。

3 结果与讨论

3.1 周期内 PAM 的降解趋势

试验中采用向好氧颗粒污泥培养液中逐步增加模拟含聚组分的方法来驯化好氧颗粒污泥。经过 1 个月的驯化期,最终将进水完全替换为模拟含聚废水。对某个周期内混合液中聚丙烯酰胺的浓度分析发现,聚丙烯酰胺在开始曝气后的 2 h 内基本没有变化,这可能是因为模拟含聚废水中的 PAM 尚没有完全舒展成线性分子,微生物没能与 PAM 完全混合接触。经过 2 h 的曝气后,模拟含聚废水中的 PAM 迅速下降,这一趋势一直维持了约 24 h,其时的 PAM 降解速率约为 1 mg/(gMLSS·h)。其后,尽管反应器仍照常运行,然而 PAM 的去除却趋向于停滞,特别是在 48 h 后,混合液中的 PAM 含量近似不变,这可能是由于聚丙烯酰胺的某些结构相互缠绕而不能有效分散,微生物的活性酶无法攻击

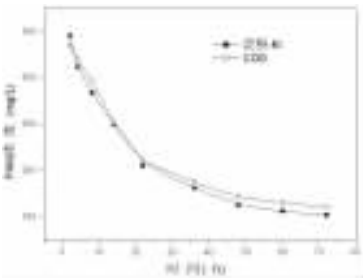


图 1 好氧颗粒污泥对 PAM 的降解曲线

污泥内的微生物观察

图 2 显示接种的好氧颗粒污泥是以葡萄糖基模拟废水培养出来的直径约为 2 mm 的黑色颗粒,然而经过 1 个月的驯化后,颗粒污泥不仅由黑色变成了咖啡色,且粒径也大大减小了(由 2.0 ± 0.2 mm 减小到 0.8 ± 0.1 mm)。这可能是由于含聚废水的粘度比较大,同样的运行条件下,水相中的有机物向颗粒内的扩散传质作用较弱、传质深度变小而引起的。驯化后的颗粒污泥表面更加光滑,SVI 值约为 40 ml/g,略小于接种的葡萄糖颗粒污泥,说明驯化后的颗粒比接种颗粒更加密实,这可能是由于模拟含聚废水的有机分子比好氧颗粒污泥葡萄糖培养液中葡萄糖结构更复杂所引起的。从驯化前后的颗粒污泥形貌来看,颗粒污泥内的微生物相组成显然已经发生了显著的变化。通过对颗粒污泥内部

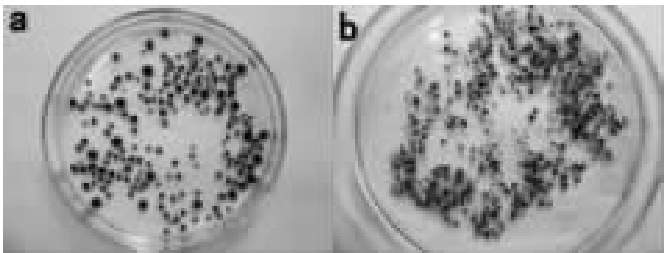


图 2 颗粒污泥的 Leica 照片
(a 接种颗粒污泥;b 含聚废水驯化后的颗粒污泥)

优势菌群的显微镜观察发现,在接种颗粒污泥内浅黄色的节杆菌是优势菌种;而在模拟含聚废水驯化后的颗粒内,深褐色的短杆菌却占据了绝对的优势。显然,这种短杆菌是颗粒污泥在模拟含聚废水的驯化中逐步取得优势地位的,它即是降解聚丙烯酰胺的优势种(见图 3)。

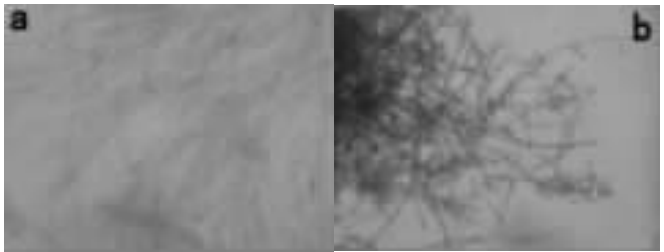


图 3 颗粒污泥内优势微生物族群
(a 接种颗粒污泥;b 含聚废水驯化后的颗粒污泥)

3.3 优势菌的性状

采用稀释接种分离出了这种对 PAM 有较高降解速率的菌种。该微生物的菌落直径为 1 mm 左右、圆形凸面、边缘整齐、浅咖啡色、半透明。在 30℃ 的模拟含聚废水中经 7 天振荡培养后发现,该种微生物并没有如其在颗粒污泥内一样连成串,而是呈单个狭长的近椭圆形,大小为 $0.6\sim1.0\ \mu\text{m}\times2.0\sim2.8\ \mu\text{m}$,极生多鞭毛,革兰氏阴性,好氧。显然,在 SBR 反应系统内,为了更好地与其它微生物缠绕成团而不被冲洗出反应系统,该微生物选择了联结成串的基本适应策略;而在模拟废水培养液内,由于缺少其它微生物的竞争和水力剪切等不利影响,它迅速恢复了其单独生存的本性。进一步按照伯杰氏细菌鉴定手册对其进行鉴定,发现该微生物为假单胞菌属中的产碱假单胞菌,其生理生化特征如表 1 所示。作为自然环境中常见的土著,产碱假单胞菌基本不需要生长因子,在简单的有机化合物为碳源和能源的无机培养基中即可生长,且其可利用各种有机化合物作为唯一的或主要的碳源而生长,因此在各种环境中均有很强的竞争力。一般认为,只有硫酸盐还原菌才能利用含聚废水中的聚丙烯酰胺生长,而在本项研究中却发现实情并非如此。通过对更多微生物分解 PAM 的研究,可望发现更多有 PAM 分解活性的微生物,并最终成功开发出能应用于油田实际废水处理的高效生物处理系统。

表 1 模拟含聚废水驯化颗粒污泥内优势种的生理生化特征

氧化酶 反应	精氨酸 双水解酶	反硝化	水解明胶	水解聚-β- 羟基丁酸盐	β-苯丙氨酸	荧光色素
+	+	-	+	-	+	-

基于语言分类的 www 网络中社会经济指标幂律分布

聂 锐¹, 黄传峰^{1,2}

(1. 中国矿业大学管理学院, 江苏徐州 221008; 2. 枣庄学院, 山东枣庄 277100)

〔摘要〕 从语言角度对 www 网络的社会经济指标以及它们之间的相互关系进行了分类研究。通过统计模型计算发现, 这些以网民/网页使用的语言为分类的指标, 在不同尺度上近似地遵守幂律分布, 反映了网络世界中社会、经济现象的分布与演化特征。指出语言已成为 www 网络中社会与经济活动的自然边界, 形成了 www 网络中的语言群落和语言市场, 它们的发展状况和规模受到所处的相应社会经济水平的较强约束, 因此, 在企业通过网络进行全球化经营中语言的重要性也越来越显著。同时, 通过初步估计, 给出了规模在前几位的网络语言市场, 并论证了它们均服从幂律分布。

〔关键词〕 www 网络, 幂律分布, 网络语言群落, 网络语言市场

〔中图分类号〕 TP393

〔文献标识码〕 A

〔文章编号〕 1000-7857(2005)07-0040-04

Power Law of Social and Economical Indexes Based on Languages on the Web

NIE Rui¹, HUANG Chuan-feng^{1,2}

(1. School of Management, China University of Mining and Technology, Xuzhou 221008, Jiangsu Province, China;

2. Zaozhuang University, Zaozhuang 277100, Shandong Province, China)

Abstract: From a new angle of language, we studied the distributions and correlativity of the social and economical indexes on the Web. Based on the computation to the model of statistics, we found out that these indexes obey the power law approximatively on different scales, they are the reflections of the distributions and evolving characters of the social and economical phenomena on the Web. We pointed out that languages have been the nature boundaries of social and economical on the Web, and so, web language communities and web language markets have been shaped. Their evolutive status and size are restricted strongly by the real language economical level correspond to languages. At the same time, we have estimated the upper web language markets' size at present, and discovered that these markets' size obeys the power law, too.

Key Words: world wide web, power law, web languages community, web language market

CLC Number: TP393

Document Code: A

Article ID: 1000-7857(2005)07-0040-04

收稿日期: 2005-01-24

作者简介: 聂锐, 男; 江苏省徐州市解放南路中国矿业大学管理学院院长, 教授, 研究方向为管理科学理论与方法、战略管理、产业组织理论; E-mail: adean@cumt.edu.cn

4 结论

1) 通过对驯化后好氧颗粒污泥的 PAM 降解研究发现, 微生物对 PAM 的降解是有限度的, 即只能部分降解 PAM, 而不能实现 PAM 的完全矿化。

2) 研究表明, 采用好氧颗粒污泥处理油田含聚废水是可行的。

3) 驯化前后的微生物研究表明, 对 PAM 起主导降解作用的优势微生物与接种颗粒污泥内的优势微生物是完全不同的两种微生物, 对模拟含聚废水中 PAM 起主要降解作用的微生物经鉴定为产碱假单胞菌。

参考文献(References)

- [1] 程林波, 张鸿涛. 废水中聚丙烯酰胺的生物降解试验研究初探[J]. 环境保护, 2004, (1): 20~23
- [2] Jeanine L, Kay-Shoemaker, Mary E, et al. Polyacrylamide as an

organic nitrogen source for soil microorganisms with potential effects on inorganic soil nitrogen in agricultural soil [J]. *Soil Biol. Biochem.* 1998, 30(8/9): 1 045~1 052

- [3] Rachid El-Mamouni, Jean-Claude Frigon, Jalal Hawari, et al. Combining photolysis and bioprocesses for mineralization of high molecular weight polyacrylamides[J]. *Biodegradation*, 2002, 13(4): 221~227
- [4] 廖广志, 石梅, 李蔚, 等. 以部分水解聚丙烯酰胺和原油为营养源的微生物筛选及性能评价[J]. 石油学报, 2003, 24(6): 59~63
- [5] 雷乐成, 陈琳, 张瑞成. 油田含聚废水的 COD 构成分析及生物可降解性研究[J]. 给水排水, 2002, 28(6): 44~47
- [6] 杨云霞, 张晓健. 我国油田采出水处理回注的现状和技术发展[J]. 给水排水, 2000, 26(7): 32~35
- [7] 田利, 邹明珠, 许宏鼎. 采油污水中部分水解聚丙烯酰胺浓度的测定[J]. 吉林大学学报(理学版), 2003, 41(2): 224~227

(责任编辑 李慧政)