

DOI :10.3969/j.issn.1004-6933.2012.04.017

微生物法处理陕北采油污水

高小鹏,王平,薛小龙,贺晓龙,任桂梅

(延安大学生命科学学院,陕西延安 716000)

摘要 :从陕北油区的靖边天赐湾注水井、子长余家坪选油站、青化砭选油站采集采油污水,利用高效石油降解菌 CT-6 的菌液以及加入营养物质的菌液两种方法进行了净化处理。实验结果为:靖边县天赐湾水样用不加营养物的实验菌株处理 2 d 后,石油类物质质量浓度为 7.86 mg/L,达到国家石油类物质排放二级标准;8 d 时,石油类物质质量浓度下降至 4.21 mg/L,达到一级标准;子长余家坪选油站水样用不加营养物的实验菌株处理 8 d 后,石油类物质质量浓度为 19.52 mg/L,达到国家石油类物质排放三级标准;青化砭选油站的水样用两种方法处理后水样中的含油量均没有明显下降。在青化砭选油站水样处理过程中,只给水样中投加菌体的处理效果优于给水样中添加菌体和营养物质的效果。

关键词 :陕北;采油污水;石油降解菌;净化;生物处理

中图分类号 :X172 文献标识码 :A 文章编号 :1004-6933(2012)04-0074-04

Microbial treatment of oil wastewater in Northern Shaanxi

GAO Xiao-peng, WANG Ping, XUE Xiao-long, HE Xiao-long, REN Gui-mei

(College of Life Sciences, Yan'an University, Yan'an 716000, China)

Abstract :The oil wastewater from Tianciwan, Yujiaping, and Qinghuabian oil stations in Northern Shaanxi was purified by two methods: using the oil-degrading strain CT-6 and adding nutrients. The results show that the oil content in the oil wastewater from Tianciwan Station in Jingbian County was 7.86 mg/L after two days of treatment using the test strains without adding nutrients, reaching the Grade II National Emissions Standard for petroleum materials, and the oil content was 4.21 mg/L on the eighth day, reaching the Grade I National Emissions Standard for petroleum materials; the oil content in the oil wastewater from Yujiaping Station was 19.52 mg/L after eight days of treatment using the test strains without adding nutrients, reaching the Grade III National Emissions Standard for petroleum materials; and the oil content in the oil wastewater from Qinghuabian Station did not decrease significantly after treatment using the two methods. During the processing of the oil wastewater from Qinghuabian Station, the result of purification treatment using only strains was superior to that using both strains and nutrients.

Key words :Northern Shaanxi; oil wastewater; oil-degrading strain; purification; biotreatment

陕北是我国重要的新兴能源化工基地,石油产业在开采、储运、加工等过程中,经常会发生泄漏,陕北油井中 10% 的井场位于水源一级、二级保护区^[1],泄漏的原油对水体、土壤造成了严重的污染,使陕北地区的环境污染与生态破坏有加剧趋势^[2-3]。石油污染的修复技术研究是目前环境科学技术领域

的研究热点^[4]。理化方法处理石油污染物因其造价高、二次污染严重等问题而使其应用受到限制^[5],而生物处理法是迄今为止处理石油烃污染比较好的一种方法,因处理效果好、费用低、无二次污染等优点而受到人们的广泛关注^[6]。笔者利用已有的高效石油降解菌,对从陕北油区靖边天赐湾注水井、子长余

基金项目:陕西省科统筹创新工程计划项目(2011KTCL01-8);延安大学大学生科技创新训练计划项目(YD2009-211);延安市科技计划项目(2011KS-38)

作者简介:高小鹏(1976—),男,讲师,主要从事资源与环境微生物学研究。E-mail:gaoxiaopengyd@163.com

家坪选油站和青化砭选油站采集采油污水进行了净化实验,为陕北地区的采油废水的微生物净化提供一定的技术探索、为建设环境友好型社会提供一定的科学依据。

1 材料与方法

1.1 材料

a. 实验材料:实验菌株 CT-6 由延安大学生命科学学院微生物实验室提供;实验所用采油污水和石油分别来自靖边天赐湾注水井、子长余家坪选油站、青化砭选油站(编号分别为油样 A、油样 B、油样 C、水样 A、水样 B、水样 C)。

b. 试剂:浓硫酸(95%~98%,分析纯,西安三浦精细化工厂生产)、石油醚(沸程 90~120℃,分析纯,天津市科密欧化学试剂有限公司生产)、无水硫酸钠(分析纯,天津市北方天医化学试剂厂生产)。

c. 仪器:隔水式电热恒温培养箱(PYX-DHS-40*50-BS,上海跃进医疗器械厂生产)、紫外分光光度计(UVmini-1240,日本岛津生产)、pH计(pHS-25C,上海康仪仪器有限公司生产)、立式压力蒸汽灭菌锅(LS-B50L,江阴滨江医疗仪器厂生产)。

1.2 方法

a. 实验菌株的活化与扩大培养:将实验菌株 CT-6 接种于 LB 液体培养基中,实验条件为 37℃、180 r/min、24 h 后将菌液按 5% 的接种量接种于 LB 培养基中,实验条件为 37℃、180 r/min、培养 13 h,如此重复 3 次。

b. 污水中石油类物质质量浓度的检测。①石油波长的选择^[7]:不同产地的石油及其产品在紫外区不同波长处都有特征吸收峰,不同产地的石油敏感波长不同^[8],将不同来源的石油样品进行全波长扫描,确定各种样品的敏感吸收峰。②不同样品标准曲线的绘制^[9]:将原油样品用石油醚稀释至 10 mg/mL 作为储备液待用,分别取储备液 1.0 mL、2.0 mL、3.0 mL、4.0 mL、5.0 mL 于 10 mL 容量瓶中,用石油醚定容,得到质量浓度分别为 1.0 mg/mL、2.0 mg/mL、3.0 mg/mL、4.0 mg/mL、5.0 mg/mL 的石油-石油醚标准质量溶液。以石油醚为参比,测定其在特征波长下的光密度(OD)值,以质量浓度为横坐标、相应 OD 值为纵坐标绘制标准曲线。由于不同产地原油组分不同,需分别绘制不同产地原油的标准曲线。③石油类物质质量浓度的测定。用紫外分光光度法^[10]测定各样品中的石油类物质质量浓度。

c. 实验菌株对污水中石油的降解实验:根据已有研究结果^[11-12],菌株 CT-6 能够在质量浓度分别为葡萄糖 5.7 g/L、氯化铵 3.8 g/L 的培养基中迅速生

长,且在接种量 8%、39.6℃、198 r/min 实验条件下对石油有较高的降解率,故该实验在前叙条件下进行。在每种污水中按 $\rho = 5.7 \text{ g/L}$ 、 $\rho = 3.8 \text{ g/L}$ 的质量浓度分别加入葡萄糖和氯化铵为实验 I 组,不加任何营养物质的污水为实验 II 组,两组实验各做 3 个重复,每组同时以不加菌的污水作为对照组,从实验开始,2 d、4 d、6 d、8 d 后分别测定各污水水样中的残油量。

2 结果与分析

2.1 全波长扫描结果

对采集 3 个地点的原油样品进行全波长扫描,结果见图 1。图 1 中的 1 2 3 4 ... 分别代表扫描曲线在此处峰值的数量。

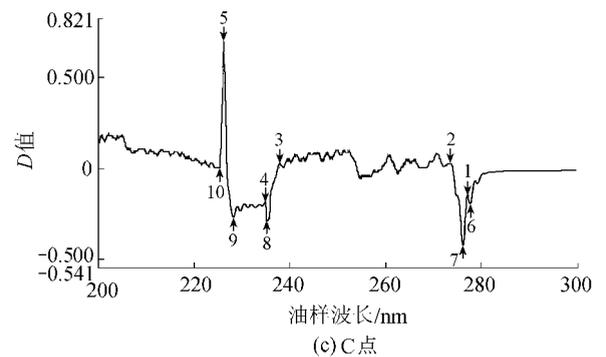
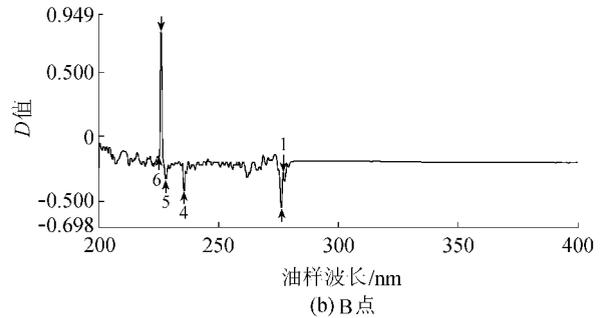
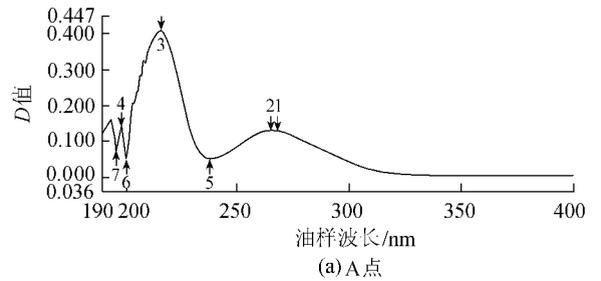


图 1 3 个地点的油样波长分析

由图 1(a)可知,靖边县天赐湾原油样品有最大吸收峰在波长 225.20 nm 处,故确定该样品的特定波长为 225.20 nm。

由图 1(b)可知,子长余家坪选油站原油样品的最大吸收峰在波长 226.20 nm 处,故确定该样品的特定波长为 226.20 nm。

由图 1(c)可知,青化砭选油站原油样品的最大

吸收峰在波长 226.10 nm 处,故确定该样品的特定波长为 226.10 nm。

2.2 实验菌株对污水中原油的降解结果

a. 经分光光度法测定污水中的石油类物质质量浓度,水样 A 在不同处理条件下的石油类物质质量浓度见图 2。

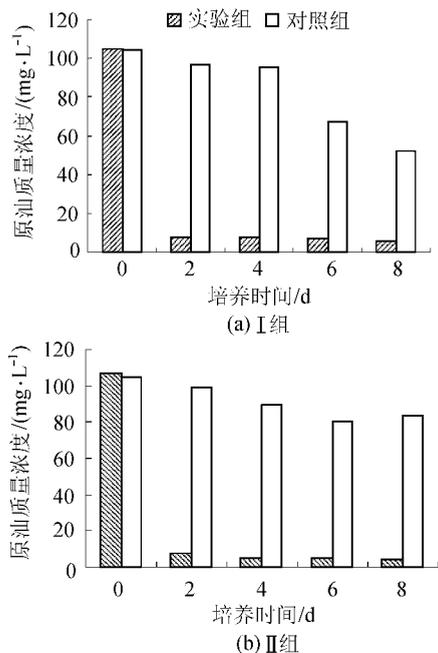


图 2 水样 A 实验

由图 2(a)(b)可知,实验菌株对采自靖边县天赐湾含油污水中的原油降解效果非常明显,但两组实验之间的处理结果没有明显差异,2 d 后实验菌株对实验 I 组、实验 II 组水样中原油的降解率分别达到了 83.40%、85.18%,质量浓度分别为 9.42 mg/L、7.86 mg/L,都达到了国家石油类物质排放二级标准 (≤ 10 mg/L)。随着培养时间的增加,降解效果增加不明显,8 d 时实验 I 组的质量浓度降至 5.49 mg/L,实验 II 组水样的质量浓度为 4.21 mg/L,实验 II 组达到了国家石油类物质排放一级标准 (≤ 5 mg/L)。其原因可能是:实验 I 组加入营养物质,为菌株提供碳、氮源,和石油物质产生共代谢,加速了石油降解^[13],当营养物质利用完后,降解率也不再增加;实验 II 组没有添加营养物质,在较低的原油质量浓度下,实验菌株可以将原油作为碳源,有效地将原油分解利用。

b. 经分光光度法测定污水中的石油类物质质量浓度,水样 B 在不同处理条件下的石油类物质质量浓度见图 3。

由图 3(a)(b)可知,实验菌株对采自子长余家坪选油站含油污水中的石油降解效果较为明显。2 d 时实验 I 组和 II 组水样中的石油类物质质量浓度分别为 51.42 mg/L、182.34 mg/L,随着降解时间

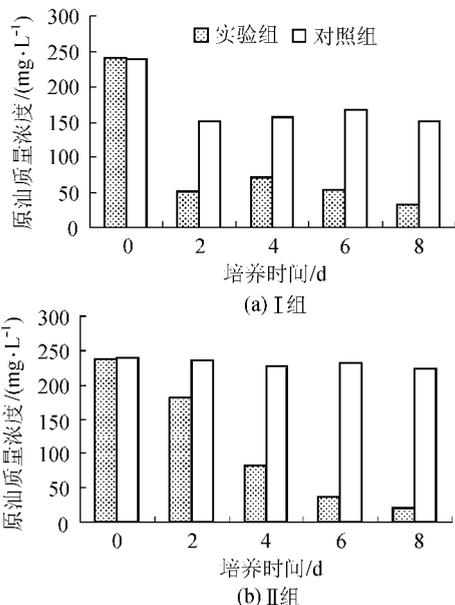


图 3 水样 B 实验

的增加,水样中的石油类物质质量浓度逐渐降低,到第 8 天时,实验 I 组、实验 II 组水样中的石油类物质质量浓度分别为 32.56 mg/L、19.52 mg/L,降解率分别达到 49.56%、85.49%,实验 II 组达到了石油类物质国家排放三级标准 (≤ 20 mg/L)。在实验 2~6 d 时,实验 I 组的处理效果要优于实验 II 组,其原因可能是,实验 I 组因为加入营养物质和石油物质产生共代谢,加速了石油的降解^[13]。而当营养物质消耗完毕,降解率便不再增加。而实验 II 组从实验菌株进入污水中开始,就开始适应环境,随着对环境的适应性增强,降解能力也在不断增加。

c. 经分光光度法测定污水中的石油类物质质量浓度,水样 C 在不同处理条件下的石油类物质质量浓度见图 4。

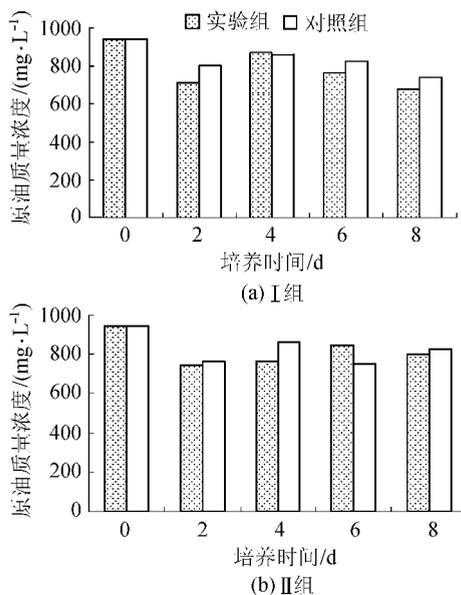


图 4 水样 C 实验

从图 4(a)(b)可知,实验菌株对采自青化砭选油站的含油污水中的原油降解效果并不明显,经过 8 d 的降解,实验 I 组的和实验 II 组的石油类物质质量浓度分别为 678.35 mg/L、802.13 mg/L,实验菌株对原油的降解率分别为 6.8% 和 2.4%。这可能是由于原油质量浓度过高,处理效果比较差,其原因可能是:①经事后了解,在采样之前,水样 C 进行了酸化处理,过高的酸度可能导致了实验菌株的死亡,所以,处理效果比较差;②可能与水样 C 中的原油本身的理化性质有关,因为在不同地区所产石油的组分和理化性质有一定差异,这对微生物的降解也存在影响。有研究报道^[14],用同一种微生物降解不同地区产的石油,有不同的降解效果,这说明石油本身的性质对微生物的降解有一定的影响。

3 结 论

a. 利用陕北石油高效降解菌分别对采自靖边天赐湾注水井、子长余家坪选油站、青化砭选油站的含油污水进行了净化处理,结果为:靖边天赐湾注水井水样在处理 2 d 后,达到国家石油类物质排放二级标准,8 d 后达到一级排放标准;子长余家坪选油站水样处理 8 d 后,达到国家石油类物质排放三级标准,青化砭选油站水样处理效果并不明显。

b. 3 个水样的初始石油类物质质量浓度排序是水样 A < 水样 B < 水样 C,从整体处理效果来看,水样 A 优于水样 B,水样 B 优于水样 C。其原因可能是和各个水样中的初始石油类物质质量浓度有关,初始石油类物质质量浓度越大,处理效果越差。这是因为石油类物质浓度对降解有很大影响,油量越大,覆盖于水样表面的油膜越厚、面积越大,使得氧气难以进入,从而影响实验菌株对氧的利用,抑制其生长^[15],在石油类物质浓度过高时,也会对实验菌株利用其他的营养盐产生一定的阻碍,这一结果也和 Arco 等^[16]提出的“随石油浓度的升高,最终降解率逐渐降低,降解率与石油浓度成负相关关系”观点相吻合。

c. 从每一水样的两组实验来看,结果并不完全相同,水样 A 和水样 B 的处理结果说明,实验 II 组比实验 I 组处理效果好,由于实验 II 组不用加营养物质,因此,对这两个水样,采用直接给水样中投加菌体的方法较好一些。

参考文献:

[1] 许瑾. 陕西省将对陕北石油开发中的环境污染问题进行专项整治[N]. 华商报, 2005-02-26(04).
 [2] 孙宇生, 周军. 延安市石油开采污染治理调查及其防治对策[J]. 陕西环境, 2001, 8(1): 11-12.
 [3] 史红星, 黄廷林. 石油类污染物在黄土高原地区环境中

迁移转化规律的研究[D]. 西安: 西安建筑科技大学, 2001.

[4] 曹娟, 徐志辉, 李凌之, 等. 产生物表面活性剂的石油降解菌 *Acinetobacter* BHSN 的研究[J]. 生态与农村环境学报, 2009, 25(1): 73-78.
 [5] 宋志文, 夏文香, 曹军. 海洋石油污染物的微生物降解与生物修复[J]. 生态学杂志, 2004, 23(3): 99-102.
 [6] 郝洪强, 孙玮敏, 陈洪利. 石油烃类的微生物降解研究进展[J]. 河北化工, 2008, 31(12): 4-6.
 [7] 顾贵洲, 王战勇, 于泳, 等. 石油降解菌株的筛选及鉴定[J]. 辽宁石油化工大学学报, 2007(1): 26-28.
 [8] 王哲, 王丽娟, 刘少玉, 等. 黄土地区石油污染土壤生物修复的强化技术初探[J]. 现代地质, 2009(1): 116-121.
 [9] 李春荣, 文科, 曹玉清, 等. 石油污染物的微生物降解研究[J]. 生态环境, 2008, 17(1): 113-116.
 [10] 奚旦立, 孙裕生, 刘秀英. 环境监测[M]. 北京: 高等教育出版社, 1995: 389-407.
 [11] 高小朋, 王跃, 边志波, 等. 一株石油降解菌培养基的优化[J]. 生物技术, 2010(6): 12-13.
 [12] 高小朋, 徐盈, 边志波, 等. 一株石油降解菌降解条件的优化[J]. 食品发酵工业, 2009, 35(6): 75-78.
 [13] 谢丹平. 石油污染生物修复技术研究[J]. 四川环境, 2006, 25(4): 109-112.
 [14] DELILLE D, DELILLE B. Field observations on the variability of crude oil impact on indigenous hydrocarbon - degrading bacteria from sub - Antarctic intertidal sediment[J]. Marine Environmental Research, 2000, 49: 403-417.
 [15] 苏莹, 陈莉, 刘兆普. 一株海洋石油降解菌的特性研究[J]. 环境科学研究, 2008, 21(5): 32-36.
 [16] ARCO J P, FRANCA F P. Influence of oil contamination levels on hydrocarbon biodegradation in sandy sediment[J]. Environmental Pollution, 2001, 110: 515-519.

(收稿日期 2011-03-16 编辑: 高渭文)

(上接第 63 页)

[9] 孙翰昌, 丁诗华, 代梅, 等. Cu^{2+} 对中华倒刺 超氧化物歧化酶活性的影响[J]. 西南农业大学学报, 2005, 27(5): 709-712.
 [10] 蓝伟光, 杨孙楷. 海水污染物对对虾毒性研究的进展[J]. 福建水产, 1990(1): 41-45.
 [11] 姜礼燧, 黄穆桂. 重金属对草鱼 + 鲢鱼胚胎发育的影响[J]. 环境科学, 1979(1): 6-11.
 [12] 韩庆, 李丽立, 黄春红, 等. 不同剂型的微量元素及不同水平的氨基酸螯合物对黄颡鱼(*Pelteobagrus fulvidraco*) 生长及体组成的影响[J]. 海洋与湖沼, 2008, 39(5): 482-487.
 [13] 沈 徐, 徐韧, 彭立功, 等. 铜对鲫鱼血清生化成分的影响[J]. 海洋湖沼通报, 1994(1): 55-61.
 [14] 方允中, 郑荣梁. 自由基生物学的理论与应用[M]. 北京: 科学出版社, 2002: 122-212.
 [15] 张迎梅, 王叶菁, 虞闰六, 等. 重金属胁迫对黄颡鱼肝胰脏 ATPase 和 SOD 活性的影响[J]. 甘肃科学学报, 2008, 20(3): 55-59.

(收稿日期 2011-07-16 编辑: 高渭文)