

The Study and Application of Microbial Degradation Technology for Oily Sludge

Wenlai Zhang, Ting Gao, Tianli Rao, Weihua Wang, Boping Dai

The 3rd Oil Production Plant of Changqing Oilfield Company, PetroChina, Yinchuan Ningxia
Email: zhangwenlai1_cq@petrochina.com.cn

Received: Feb. 28th, 2018; accepted: May 7th, 2018; published: Oct. 15th, 2018

Abstract

In the process of crude oil production and gathering, a large number of oily sludge was produced, which not only occupied the stock and affected the tank cleaning cycle, but also endangered the production and ecological environment. At the same time, the oily sludge was also a valuable secondary resource. It was of great significance for harmless treatment and resource utilization. The detection of oily sludge microbes indicated that the microbial content in the soil was very low and the soil was extremely barren. 43 petroleum degrading bacteria and 17 polycyclic aromatic hydrocarbon degrading bacteria were obtained from soil samples. Through the degradation rate and 16s rDNA identification experiment, 4 strains of bacteria were screened out to produce surfactant 500 t oily sludge that was treated with the selected microorganism. The oily sludge with oil content more than 10% was degraded by mechanical cleaning and microbial degradation, and the sludge with oil content less than 10% was degraded directly by microbial degradation. After microbial degradation, the oil content in oily sludge is reduced obviously. It has good application prospect and industrial production potential for treatment in oilfield environment.

Keywords

Sludge, Microorganism, Degradation, Sludge Cleaning

含油污泥微生物降解技术研究与应用

张文来, 高挺, 饶天利, 王伟华, 戴柏平

中石油长庆油田分公司第三采油厂, 宁夏 银川

作者简介: 张文来(1974-), 男, 工程师, 现主要从事低渗透油田提高采收率方面的科研和管理工作。

Email: zhangwenlai1_cq@petrochina.com.cn

收稿日期: 2018年2月28日; 录用日期: 2018年5月7日; 发布日期: 2018年10月15日

摘要

在原油开采和集输过程中, 会产生大量的含油污泥, 除占据库存、影响清罐周期外, 还会对生产和生态环境产生危害, 同时含油污泥又是一种宝贵的二次资源, 对其进行无害化处理和资源化利用具有重要意义。通过检测含油污泥微生物, 分析得出土壤中微生物含量极低, 土壤极度贫瘠。采集土样培育出43株石油降解菌和17株多环芳烃降解菌。通过降解率和16S rDNA鉴定试验, 筛选出4株能产生表面活性剂的菌种。利用筛选出的微生物菌种, 对现场500 t含油污泥进行了处理。含油率大于10%的含油污泥采用机械清洗 + 微生物降解, 含油率小于10%的含油污泥直接采用微生物降解。通过微生物降解处理后, 含油污泥里的含油率明显下降。在油田环境治理方面具有良好的应用前景和工业化生产潜力。

关键词

含油污泥, 微生物, 降解, 油泥清洗

Copyright © 2018 by authors, Yangtze University and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

含油污泥是指在原油开采、集输、炼制等过程中产生的大量含油固体废物, 含油污泥处理最终的目的以减量化、资源化、无害化为原则。含油污泥常用的处理方法有焚烧法、溶剂萃取法、生物法、焦化法、注水井调剖、含油污泥综合利用等。苏洪敏等[1]分析了超声波对污泥粒径、脱水性能和厌氧消化的影响。但超声波功率过大, 处理时间太长, 可能会改变污泥的内部结构, 增加污泥黏度, 使污泥脱水性能变差。王鹏等[2]从污泥的种类、固化剂种类、主要技术指标、关键影响因素及固化/稳定化机理等进行研究和总结, 但固化后的污泥堆放占用了大面积土地, 造成了资金的浪费, 且加入有机固化剂可能带来二次污染。舒政等[3]总结了在国内油田开展的含油污泥调剖技术, 该技术为含油污泥的无害化处理与资源化利用开辟了新途径, 同时也为油田综合治理、降低生产成本提供了可靠的技术支撑。但由于污泥调剖剂封堵强度较低、粒径分布较窄, 限制了在不同渗透率油藏中的应用。笔者利用微生物降解技术对含油污泥进行有效处理, 可大规模、短周期、无害化治理, 试验效果较为可靠。

2. 室内菌种培养及筛选

2.1. 油污微生物含量分析

通过取样分析,检测了油污泥池内微生物的含量、速效氮、磷、钾、pH值、水分、总石油烃的质量浓度(表1)。通过分析可知,被污染的土壤中微生物含量极低,速效氮、磷、钾含量为0,说明土壤极度的贫瘠。

Table 1. The analysis of microbial content in oily sludges

表 1. 油污微生物含量分析

土样	各物质质量浓度/(mg·L ⁻¹)				微生物含量/(10 ² cfu·g ⁻¹)	pH 值	含水率/%	含盐率/%
	石油烃	速效氮	速效磷	速效钾				
北侧土样	0.366	0	0	0	1.2	7.23	18.20	0.51
中部土样	0.254	0	0	0	1.3	7.69	19.20	0.50
东部土样	0.153	0	0	0	13	7.11	17.30	0.38
西侧土样	0.187	0	0	0	1.3	7.27	16.20	0.48
南侧土样	0.124	0	0	0	14.5	7.56	17.50	0.39

2.2. 菌种培养

将采集的3个土样(标号为A、B、C)分别取5g加入到50mL以石油烃为唯一碳源的无机盐中,在30℃、150r/min的条件下,恒温培养4d后取1mL培养液至原油无机盐培养基中,继续培养5d,重复3~4次,吸取培养液在加富培养基平板上涂布,挑取单菌划线分离,将纯化后的单菌在斜面培养基划线保存,得到43株石油降解菌CQ-Y-01~CQ-Y-43及17株多环芳烃降解菌CQ-F-44~CQ-F-60。

2.3. 降解率试验

向6个10mL容量瓶中分别加入0、0.5、1、2、3、4mL的标准油溶液,用石油醚(60℃)稀释至标线。将制得的标液在紫外分光光度225nm处测定其吸光度(图1)。

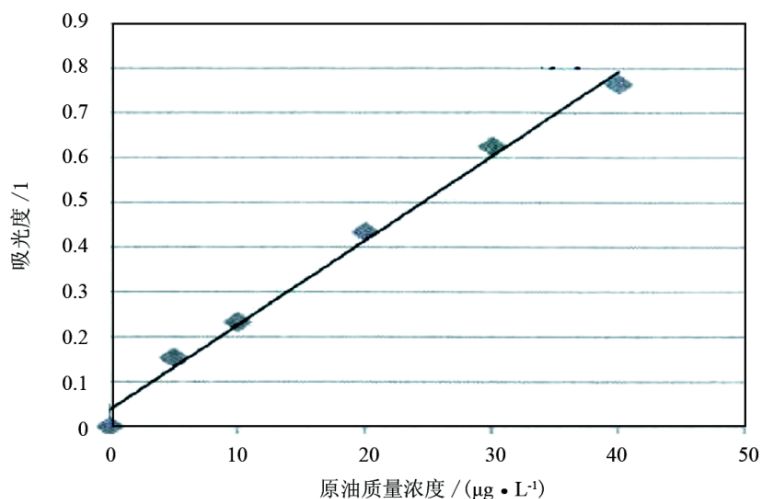


Figure 1. The curve of absorbance changing with oil mass concentration

图 1. 吸光度随原有质量浓度变化的曲线

将需要检验的石油烃降解菌株接种到 50 mL 牛肉膏蛋白胨液体培养基摇瓶中, 在恒温 30℃ 下培养 24 h, 采用磷酸缓冲液对其进行 3 次洗涤, 添加无菌水混合均匀配制成一定浓度的菌悬液, 取菌悬液培养制得种子液。以 5% 的菌液量接入到定量原油无机盐培养基中, 在 30℃、120 r/min 条件下分别培养 7、14、21 d, 培养完成后用石油醚完全萃取培养基中未被降解的石油烃, 测其吸光度。

根据试验结果, 筛选出 31 株高效降解菌, 其中原油降解菌 23 株、多环芳烃降解菌 8 株。单菌 7d 降解率在 18%~26%, 14 d 降解率达到 24%~45%。

2.4. 16S rDNA 鉴定试验

以 CQ-Y-22 为例, 将 CQ-Y-22 菌株的基因组 DNA 作为模板, 利用细菌 16S rDNA 扩增通用引物进行 PCR 扩增, 获得一条长度约为 1400 bp 的基因片段。

由图 2 可以看出, PCR 扩增产物在 1.4 kb 处有特异性条带, 与预先估计的扩增产物长度一致。根据 PCR 产物测序结果, 将基因序列通过 Blast 在 Genbank/EMBL/DDBJ 中进行相似性分析, 发现 CQ-Y-22 菌株与不动杆菌属 *sp.S248* (HQ704716.1) 的核苷酸序列同源性达到 99%, 采用 MEGA4.1 软件包中的 Neighbor-joining 方法构建了系统发育树[4] [5]。结果显示 CQ-Y-22 菌株与不动杆菌属 *sp.S248* (HQ704716.1) 具有相隔最近的亲缘关系, 结合菌落的形态对比初步鉴定 CQ-Y-22 为不动杆菌属细菌。

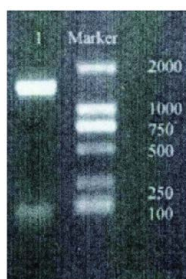


Figure 2. 16s rDNA PCR amplification electrophoresis of CQ-Y-22 strain

图 2. CQ-Y-22 菌株 16S rDNA PCR 扩增电泳图

经 16SrDNA 测序鉴定, CQ-Y-02、CQ-Y-25、CQ-Y-28、CQ-Y-29、CQ-Y-37、CQ-Y-43 为芽孢杆菌属, CQ-Y-07、CQ-Y-13、CQ-Y-15、CQ-Y-31、CQ-Y-39 为假单胞菌属, CQ-Y-10、CQ-Y-05、CQ-Y-09 为微杆菌属, CQ-Y-33、CQ-Y-01、CQ-Y-03 为酵母菌属, CQ-Y-22、CQ-Y-11、CQ-Y-16、CQ-Y-18 为不动杆菌属, CQ-Y-23、CQ-Y-40 为黄杆菌属, CQ-F-46、CQ-F-52、CQ-F-47 为分枝杆菌属, CQ-F-48、CQ-F-51、CQ-F-55 为红球菌属, CQ-F-44、CQ-F-60 为类芽孢杆菌属。其中 CQ-Y-10、CQ-Y-13、CQ-Y-31、CQ-Y-39 降解菌能使原油变成细小油滴。图 3 为 CQ-Y-10 降解菌对原油作用的照片。可以看出, CQ-Y-10 降解菌使原油分散成小油滴悬浮于培养基液面上, 说明这 4 株菌能产生表面活性剂。

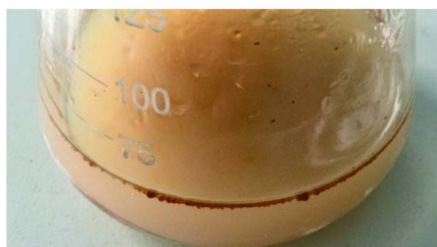


Figure 3. The effect of CQ-Y-10 degradation bacteria on the dispersion of crude oil

图 3. CQ-Y-10 降解菌对原油的分散作用

3. 现场试验及评价

利用筛选出的微生物菌种,对现场 500 t 含油污泥进行了处理。其中,含油率大于 10%的油泥采用机械清洗+微生物降解,含油率小于 10%的油泥直接采用微生物降解。

3.1. 对含油率大于 10%油泥的处理

采集 3 个土样。测得其中 1[#]土样含油率 18.6%、2[#]土样含油率 15.2%、3[#]土样含油率 17.4%。首先对 170 t 含油率大于 10%油泥进行了机械清洗,主要包括:油泥清洗、浮油收集、压滤机压滤、油泥晾晒等过程;然后加入微生物菌种。测试结果如表 2 所示,含油率都下降到 5%以下。

Table 2. The cleaning effect of sludge with oil content over 10%

表 2. 含油率大于 10%的油泥清洗效果

土样	状态	含油率/%	微生物含量/(10 ⁴ cfu·g ⁻¹)	含水率/%
1 [#]	清洗前	18.6	1.65	15.2
	清洗后	4.9	1.35	69.0
2 [#]	清洗前	15.2	2.76	14.3
	清洗后	3.4	1.69	62.0
3 [#]	清洗前	17.4	1.25	20.1
	清洗后	5.0	1.05	63.0

3.2. 对含油率小于 10%油泥的处理

将 170 t 清洗后的油泥和 330 t 含油率小于 10%油泥进行混合生物堆的堆建处理。每两周补充一次营养,确保碳氮磷质量比例为 100:10:1,含水率控制在 40%~60%之间,大棚温度控制在 20~40℃之间。微生物降解检测结果见表 3,可以看出,利用微生物降解后含油率从 6.3%下降到 0.26%。

Table 3. The results of microbial degradation test

表 3. 微生物降解检测结果

日期	含油率/%	有效菌含量/(10 ⁶ cfu·g ⁻¹)	微生物含量/(10 ⁷ cfu·g ⁻¹)	有效氮质量浓度/(mg·L ⁻¹)	有效磷质量浓度/(mg·L ⁻¹)	含水率/%
2016-11-09	6.30	0.73	0.82	90	15	45
2016-11-16	4.60	6.2	7.8	89	20	40
2016-11-23	3.20	43	51	78	18	36
2016-11-30	2.01	52	63	119	32	50
2016-12-07	1.23	78	89	107	25	43
2016-12-14	0.26	83	72	121	34	45

4. 结论

1) 通过检测油污泥池内微生物的含量、速效氮、磷、钾、pH 值、水分、总石油烃的质量浓度。可知该检测土壤极度的贫瘠。

2) 通过降解率试验,筛选出 31 株高效降解菌,其中原油降解菌 23 株、多环芳烃降解菌 8 株。单菌 7 d 降解率在 18%~26%, 14 d 降解率达到 24%~45%。

3) 通过细菌 16S rDNA 试验检测出 CQ-Y-10、CQ-Y-13、CQ-Y-31、CQ-Y-39 降解菌能产生表面活性剂, 使原油变成细小油滴。

4) 对现场 500 t 含油污泥进行了处理。其中含油率大于 10% 的油泥采用机械清洗 + 微生物降解, 含油率下降到 5% 以下; 含油率小于 10% 的油泥直接采用微生物降解, 含油率从 6.3% 下降到 0.26%。

参考文献

- [1] 苏洪敏, 李梅, 孔祥瑞, 等. 超声波污泥减量化技术研究进展[J]. 山东建筑大学学报, 2013, 28(2): 154-157.
- [2] 王鹏, 唐朝生, 孙凯强, 等. 污泥处理的固化/稳定化技术研究进展[J]. 工程地质学报, 2016, 24(4): 649-660.
- [3] 舒政, 郑川江, 叶仲斌, 等. 油田含油污泥调剖技术研究进展[J]. 应用化工, 2012, 41(7): 1232-1235.
- [4] Hejazi, R.F. and Husain, T. (2004) Landfarm Performance under Arid Conditions. 1. Conceptual Framework. *Environmental Science & Technology*, **38**, 2449-2456. <https://doi.org/10.1021/es026043s>
- [5] Hejazi, R.F. and Husain, T. (2004) Landfarm Performance under Arid Conditions. 2. Evaluation of Parameters. *Environmental Science & Technology*, **38**, 2457-2469. <https://doi.org/10.1021/es026045c>

[编辑] 帅群

知网检索的两种方式:

1. 打开知网页面 <http://kns.cnki.net/kns/brief/result.aspx?dbPrefix=WWJD>
下拉列表框选择: [ISSN], 输入期刊 ISSN: 2471-7185, 即可查询
2. 打开知网首页 <http://cnki.net/>
左侧“国际文献总库”进入, 输入文章标题, 即可查询

投稿请点击: <http://www.hanspub.org/Submission.aspx>
期刊邮箱: jogt@hanspub.org