

解烃细菌 NX-2 的特性及矿场试验

梁凤来¹ 程守强¹ 孙雪莲² 刘如林^{1*}

(南开大学生命科学学院 天津 300071)¹

(南开戈德集团 天津 300071)²

摘要: 针对华北油田马二断块的油藏条件和流体特性选育出解烃细菌 NX-2。在缺氧条件下对菌的代谢和改善原油性质等方面进行了评价。在油藏温度 (87℃) 条件下用人造均质岩芯进行的物理模拟驱油实验表明, 微生物驱较水驱提高石油采收率 7.1%。在马 2-410 油井进行的吞吐处理试验, 共增产原油 669 t, 少产水 3,000 余吨, 表明 NX-2 菌适应地层条件, 具有增采和改善原油性质的作用。

关键词: 解烃细菌, 采油, 矿场试验

中图分类号: Q93 **文献标识码:** A **文章编号:** 0253-2654 (2004) 03-0070-04

Characters and Oil Field Trial of Oil-Degrading Bacterium Strain NX-2

LIANG Feng-Lai¹ CHENG Shou-Qiang¹ SUN Xue-Lian² LIU Ru-Lin^{1*}

(College of Life Sciences, Nankai University, Tianjin 300071)¹

(Nankai Guard Co., Ltd, Tianjin 300071)²

Abstract: Based on reservoir condition and fluid characteristics, the oil-degrading bacterial strain NX-2 was screened from Ma-2 fault block of Huabei oil field. Bacterial metabolism and the capability of improving oil property were evaluated on oxygen-deficient condition. At 87℃ which reservoir temperature is, artificial homogeneous core displacement experiment indicated the enhanced oil recovery of microbe was 7.1% higher than that of waterflooding. In experiment on individual well Ma-410, additional oil production of 669 tons was gained, and decreased water production of this trial well reached more than 3000 tons. These results demonstrated NX-2 could adapt to stratum conditions, enhance oil recovery and improve oil property as well.

Key words: Oil-degrading bacterium, Oil recovery, Oil field trial

微生物采油技术的成功应用, 取决于选用的微生物能否在油藏环境条件下改善原油性质^[1]。所选菌种能利用原油进行增殖和有效的代谢, 才能达到提高原油流动性和采收率的目的^[2]。华北油田马二断块是已进入高含水采油期的区块, 其含油层位于下第三系砂三段, 油藏埋深 1,839 ~ 2,016 m, 油层平均温度 87℃, 产出水矿化度 24295 mg/L, 地面脱气原油密度 0.88 g/cm³, 含胶质沥青 23.2%, 50℃下原油粘度 72.8 mPa.s, 含蜡 19.9%, 凝固点 38℃。该断块 1981 年投入开发, 1985 年注水, 生产特征为初期产油量高, 但递减速度快。截止 2002 年 6 月, 平均单井日产液量 32 t, 产油 4 t, 区块综合含水 88%, 采出程度 47.5%。本文针对该油藏条件和地层流体特征, 选育出适合该断块驱油的菌种。为考察其在地层条件下的性能, 进行了马 2-410 油井吞吐处理试验^[3], 并取得了良好的增采效果。

* 联系人 Tel: 022-23505967, Fax: 022-23505967, E-mail: meor@nankai.edu.cn

收稿日期: 2003-07-14, 修回日期: 2003-11-15

1 材料与方法

1.1 菌种的选育

从以烃为碳源生长的耐高温菌种的平板上挑取单菌落。通过菌种多次分离，解烃培养和驯化获得一组由 A、B 两种细菌组成的解烃菌种 NX-2，经初步鉴定，A 菌为芽孢杆菌属 (*Bacillus* sp.)，B 菌为假单胞菌属 (*Pseudomonas* sp.)。

1.2 菌种的培养

培养基以马 2-410 井原油为碳源，加入油井产出水和适量的氮、磷盐配制，250 mL 锥形瓶装 100 mL 培养基， 1×10^5 Pa 灭菌 30 min，接种后密封，于 87℃ 缺氧条件下培养 7 d。油和培养液分别处理后作分析用。

1.3 表面活性剂定量分析

将培养液过滤，离心除菌体，按文献[4]硫酸-酚法测定。

1.4 有机酸定量分析

将密封振荡的培养液过滤，除渣，离心除去菌体，取上清液 20 mL 于锥形瓶中，用标定过的 NaOH 溶液滴定，根据消耗的碱量，计算产酸量。

1.5 菌对原油的作用

取菌作用前后的油样脱水处理，分别测定油粘度、凝固点及培养液 pH 值和表面张力。用气相色谱分析菌作用前后脱水原油的油组分，按油的碳数和各碳数对应的百分含量作曲线表示其组分变化。

1.6 岩芯物理模型模拟实验

实验岩芯为不同粒径石英砂与磷酸铝拌匀压制经解烃烧结而成。其几何尺寸为 40 cm×4.5 cm×3.4 cm，水相渗透率 119~130 md，平均孔隙度 23%，含油饱和度 61.32%。实验首先将岩芯抽空饱和水，然后油驱水建立束缚水；水驱至含水 88%（该断块目前含水量），转注 0.2 PV (pore volume) 菌液，置 87℃ 静置 7 d，最后恢复水驱至含水 99% 以上（约 5 PV）。

1.7 矿场实验

为油井环形空间注入。施工步骤：①先用热水洗井；②连续挤注菌液 1.5t，营养液 15 t，清水 20 t，使菌液进入近井地层；③关井 15 d；开井生产后工作制度不变。

2 结果与讨论

2.1 菌种的生物学特征

该菌种为复合菌，由 A、B 两种菌组成，其生物学特征见表 1。

表 1 NX-2 菌的生物学特征

单 菌 编 号	A	B
菌 落 特 征	暗白、圆形、扁平	白色、圆形、半透明
大小 (μm)	0.6~0.8×2.0~4.5	0.4~0.6×1.0~1.2
G 染色	G ⁺	G ⁻
鞭 毛	周 生	极 生
芽 孢	+	-
与氧的关系	兼性厌氧	兼性厌氧

2.2 菌的代谢性能

NX-2 菌以原油为碳源产生不同类型代谢产物，主要有表面活性剂、酸和气体等。这些代谢物可不同程度地影响和改善原油性质，代谢物类型及浓度见表 2。

表 2 NX-2 菌种代谢产物分析

项 目	表面活性剂 (g/L)	有机酸 (g/L)	气体 (mL/100 mL)
浓 度	2.30	0.18	4.4
化学组分	鼠李糖	乙酸、丙酸	CH ₄ 、CO ₂

2.3 菌对原油的作用效果

原油经菌作用后，油的凝固点、粘度、培养液的表面张力及 pH 值均有不同程度降低，说明原油性质和流体间界面性质均有不同程度的改善（表 3）。

表 3 菌作用原油性质的变化

项 目	原油粘度, mPa·s (50℃, 750 r/min)	表面张力, mN/m (30℃)	凝固点 ℃	pH 值
作用 前	160	75.0	38.5	7.4
作用 后	78	50.1	35.8	6.5
降低 值	51.3%	33.2%	2.7	0.9

菌作用后的原油经气相色谱分析，原油重质组分下降，轻质组分增加（图 1），说明菌对长碳链油烃降解作用明显，改善了油的性质，利于流动。

2.4 岩芯物理模拟实验

结果见图 2，表明微生物驱较水驱采收率平均提高 7.1%。

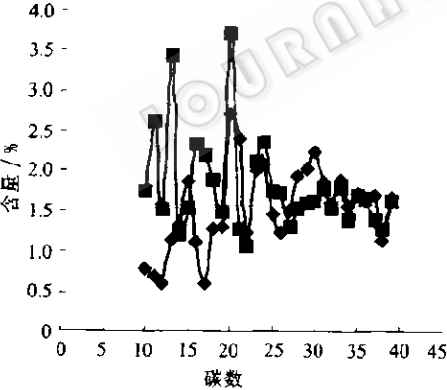


图 1 菌作用后原油组分变化

◆ 对照, ■ 样品

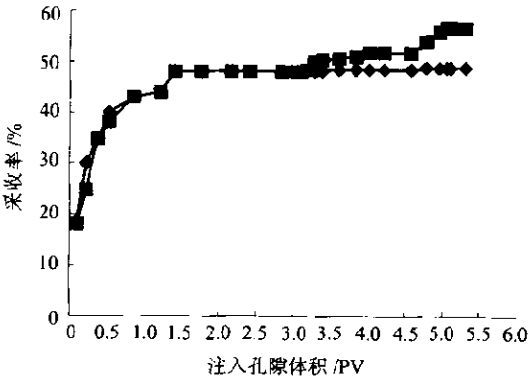


图 2 岩芯模拟驱油实验曲线

◆ 水驱, ■ 样品

2.5 矿场试验

室内评价表明，NX-2 菌能以烃为碳源，在模拟油藏条件下对原油具有良好的作用效果。为检验该菌在油藏条件下对原油的作用及油井增采效果，进行了油井吞吐矿场试验。图 3 显示马 410 油井生产动态的跟踪结果。由生产动态曲线图可以看出，油井在注入菌液 3 周后，油产量明显增加，日产油量较处理前的平均 5.63 t 增加到 8.36 t，最高可超过 15 t；8 个月累计增产原油 669 t。产出液的综合含水由处理前 88% 下降至

77.2%，平均下降了 10.8%，8 个月累计少产水 3,000 余吨。

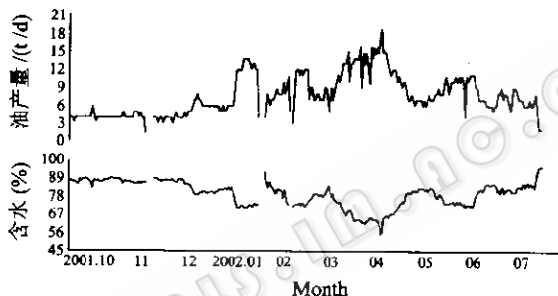


图 3 马 2-410 油井微生物处理后生产曲线

参 考 文 献

- [1] 陈智宇, 谢晨霞, 师树义等译. 《微生物提高石油采收率实例译文集》. 北京: 石油工业出版社, 1996. 144 ~ 161.
- [2] Lazer I. Development of MEOR Technologies and the History of MEOR Field Tests. Pakistan Journal of Hydrocarbon Research, 1998, 10 (11): 85 ~ 94.
- [3] 梁凤来, 刁虎欣, 张心平, 等. 南开大学学报, 2001, 34 (3): 118 ~ 120.
- [4] 张金花, 唐季安. 化学通报, 2002, 4: 7 ~ 13.