

'94 国际石油与石油
化工科技研讨会论文

微生物降解采油技术

——其现场应用的成功实例与经济效益

周祖辉 费雷德·布朗
(美国 NPC 公司)

1994 年 9 月 北京

微生物降解采油技术

——其现场应用的成功实例与经济效益

摘 要

本报告介绍美国 NPC 微生物采油技术的原理、使用条件、施工工艺、使用量的计算和设计及增加产量和提高采收率的估算方法。本报告以 NPC 技术在美国犹它州 Altamont/Bluebell 油田的单井试验及大规模、长时间的应用为例,说明该技术的成功应用结果和良好经济效益。本报告还介绍了该技术的优点和可改善环境的原因。

此外,本报告也进一步介绍了该技术在北美其它油田及世界其它国家的成功应用实例及经济分析。

1. NPC 生物采油技术原理

烷烃(Alkane)经过微生物降解后,可以降低倾点及粘度。由此可以减少开采费用、增加产量和提高采收率。这就是 NPC 生物采油技术的基本原理。NPC 技术所用的菌种是没有经过遗传工程处理过的自然培养的活的厌氧菌。不对环境有任何的污染,并已经美国环保局认定可以安全排放。如果加上可以防治硫酸还原菌产生腐蚀的的菌种在内,NPC 微生物现共有 12 个基本品种。其各种组合可以处理各种不同的原油及地层。经过专门培养的微生物可以在油田化学药品中等浓度的环境中很好地生存,可以自由移动,游向饱和烷烃食源。它可以在油藏孔道中穿过自由水相及水湿岩石中的残留水相而进入地层深部。

2. NPC 生物采油技术使用条件及设计原理

NPC 的微生物最早于 1987 年在美国西部的犹它州的 Altamont/Bluebell 油田开始试用。该油田的产层在 3100 至 5500 米之间,温度 116℃ 以上,压力 483 大气压以上。含蜡量高达 60%,平均单井日产油 7 吨,产水 28 吨。经过现场进一步培养及驯化之后,微生物已从原来只能适应於 75℃ 变成可适应於 121℃ 及 483 大气压以上的条件。经室内实验及现场试验,得出处理用菌量为

$$V(\text{加仑}) = 2.64T_iCM \sqrt{\text{日产油} + \text{水}(\text{桶})}$$

其中,因子 T_i 由生物对原油的室内降粘效果决定;因子 C 和 M 由与标准数据等相比较而定出。对犹它州这个油田来说,最佳的处理频率是每 7

天一次。并在套管的环空中注入。

3. 增产与效益分析

在该犹它州的油田的单井及中级多井现场试验结果证明,生物处理后产出油中的轻组分增加、蜡质减少。与常规法相比较,由於停用化学药品、减少设备的加温要求,结果使每口井每月节省费用 527 美元。

在犹它州的该油田应用 NPC 微生物采油与常规方法相比有如下优点:①增加利润;②减少燃油用量;③减少因加热处理引起的产量损失;④减少加热要求;⑤减少周期性石蜡沉淀;⑥减少液压泵的压力;⑦增加工作作用泵效率,减少部件磨损;⑧减少原油进入驱动水及污泥与污水罐;⑨减少化学处理剂用量;⑩提高产出油的质量、产量;⑪减少油罐温度;⑫减少产出地下水的结垢;⑬减少化学品泵保养。

从 1989 年 3 月开始,该油田全面推广该技术到每一口生产井,共 146 口井使用了此方法。表 1 给出了整个油田的成本对比分析:

图 1 显示了该油田 Monsen2-27A3 井的石油产量与累积产量之间的关系曲线。可以看出所增加的约 30000 桶或 20.3% 的终采量是因使用该技术的结果。此外,还增产天然气 10600 万 ft^3 。

表 2 给出了整个油田的可开采油量及使用生物采油术的经济效益分析。从表中可以看出,146 口井在第一年可以增收 11359000 美元。整个项目约 5 年的周期可增采原油 438 万桶,天然气 15476000 千立方英尺,增收 96287000 美元。

表 1 146 口井常规法与微生物法施工费用比较

平均美元/井/月

项目类别	常规法	生物法
化学处理	234	63
加热燃油	65	47
产量耗损	2104	1684
清蜡	47	41
电力	1114	1061
化学品泵维护	82	0
硫化氢污染罚款	430	266
生物法	0	566
总计/美元	4076	3728
节省费用	348 美元/井/月	

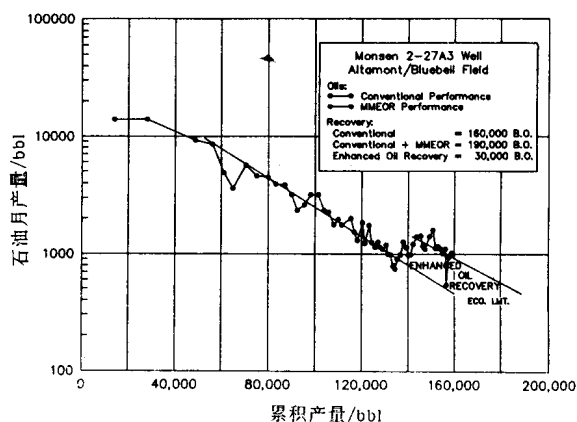


图 1 常规法与生物法的月产量和累积产量的关系

表 2 Altamont/Bluebell 生物采油项目可开发油藏量及经济分析

(原油以每桶 19.5 美元,天然气以每千立方英尺 1 美元计算)

项目	第一年的比较			整个过程比较		
	常规法 井况	生物法 井况	生物法 经济性	常规法 井况	生物法 井况	生物法 经济性
产量						
原油/bbl	12 800	16 000	3 200	34 500	64 500	300 00
天然气/kft ³	48 800	60 000	11 200	129 400	235 400	106 000
收入/美元						
原油	249 600	312 000	62 400	627 700	1 258 000	630 300
天然气	48 800	60 000	11 200	129 400	235 400	106 000
操作费用	48 900	44 700	4 200	146 700*	223 500**	(76 800)
生物法第一年每口井收入 77 800 美元 146 口井第一年收入 11 359 000 美元				整个过程生物法延长了采收寿命,提高了采收率。 整个生物法过程每口井增加收入 659 000 美元, 146 口井整个过程增加收入为 96 287 000 美元。 * 生产寿命 3 年 ** 生产寿命 5 年		

4. 在美国其它油田及其它国家的推广使用

在犹它州的 Altamont/Bluebell 油田应用获得了完全的成功。现在除了该油田今天还在继续使用 NPC 生物采油技术外,已有其它油田共计上千口井进行了万次以上的施工。

图 2 是在美国南部西德州油田 Permian 盆地的一组 30 口井的应用实例。从 1992 年开始使用该技术,第一年增产 66 700 桶原油。增加收入 861 800 美元。并且增加可采储量 34.5 万桶,可增加收入 3 078 300 美元。两项相加约 394 万美元。

本报告还将给出在北美的墨西哥共和国及在亚洲印尼的成功应用实例(见图 3 至图 5)。

5. 结论

(1)本报告介绍 NPC 生物采油技术原理及在

深井高温、高含蜡油田应用的成功经验。

(2)该技术在 Altamont/Bluebell 油田可使平均每井每月减少成本 348 美元。通过 NPC 生物采油施工,每井可增加采收 3 万桶油、106Mft³ 天然气 106。整个油田可增采原油 438 万桶,天然气 15 476Mft³,总增加收入 9 629 万美元。

(3)该技术仍然在上述油田继续使用,并且在北美其它油田及世界其它国家推广使用。

参 考 文 献

- 1 Brown F G. Microbes-The Practical and Environmental Safe Solution to Production Problems, Enhanced Production and Enhanced Recovery. SPE Paper 23955
- 2 Streeb L P and Brown F E. MEOR-Altamont/Bluebell Field Project. SPE Paper 24334(May, 1992)

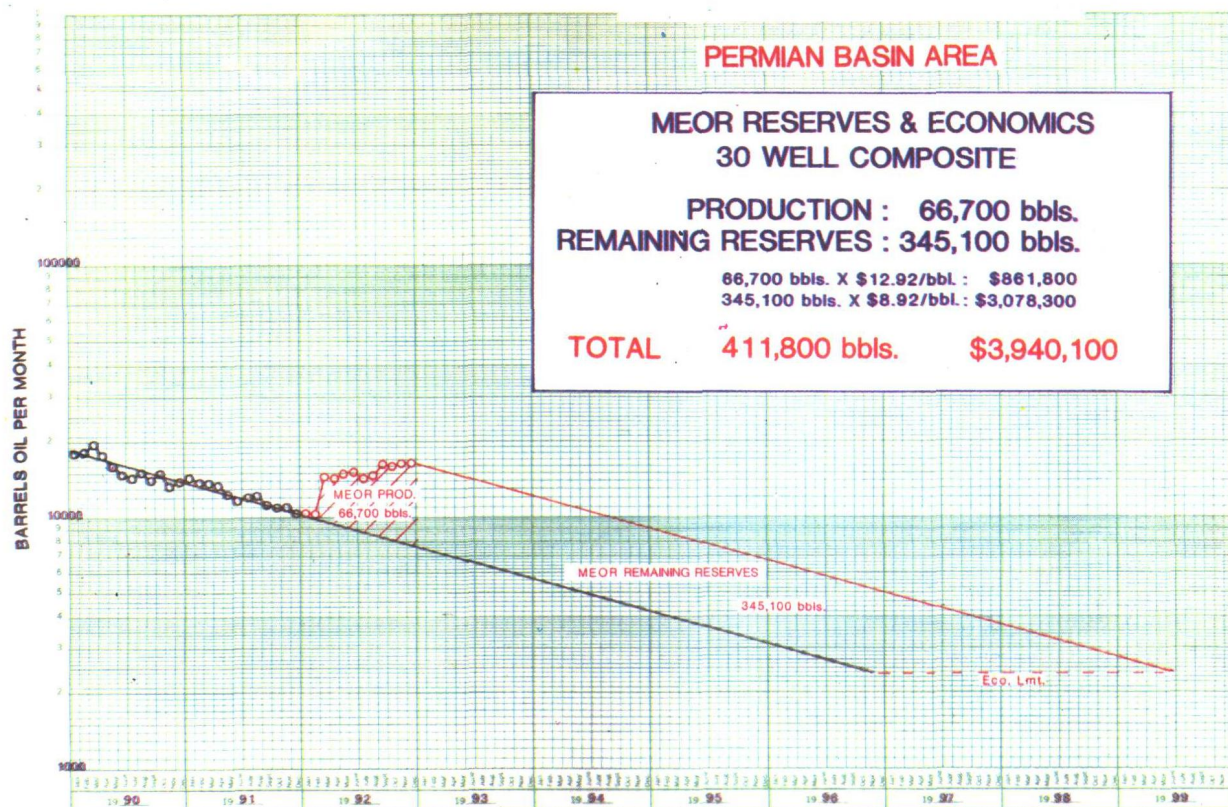


图 2 美国 Permian 盆地的一组 30 口井在采用 NPC 技术前后的产储量变化及经济效益

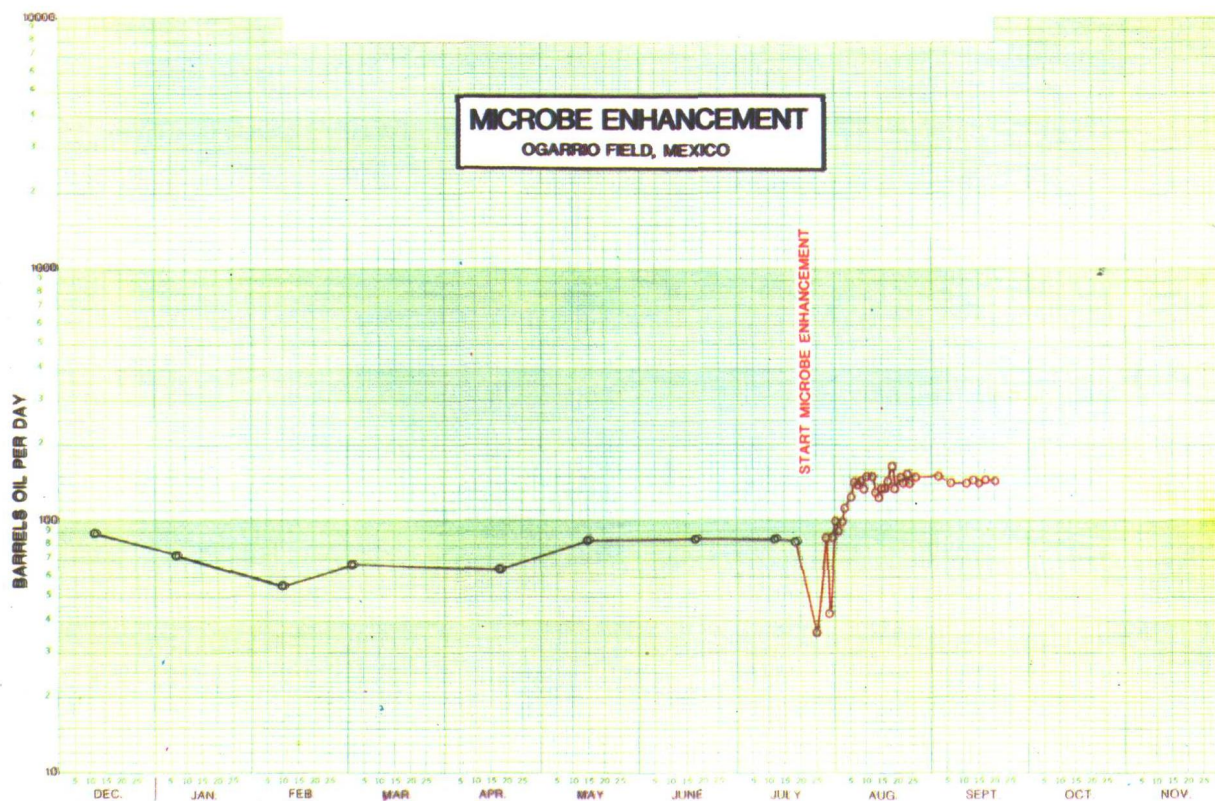


图 3 在墨西哥共和国 Ogarrio 油田使用 NPC 技术实例

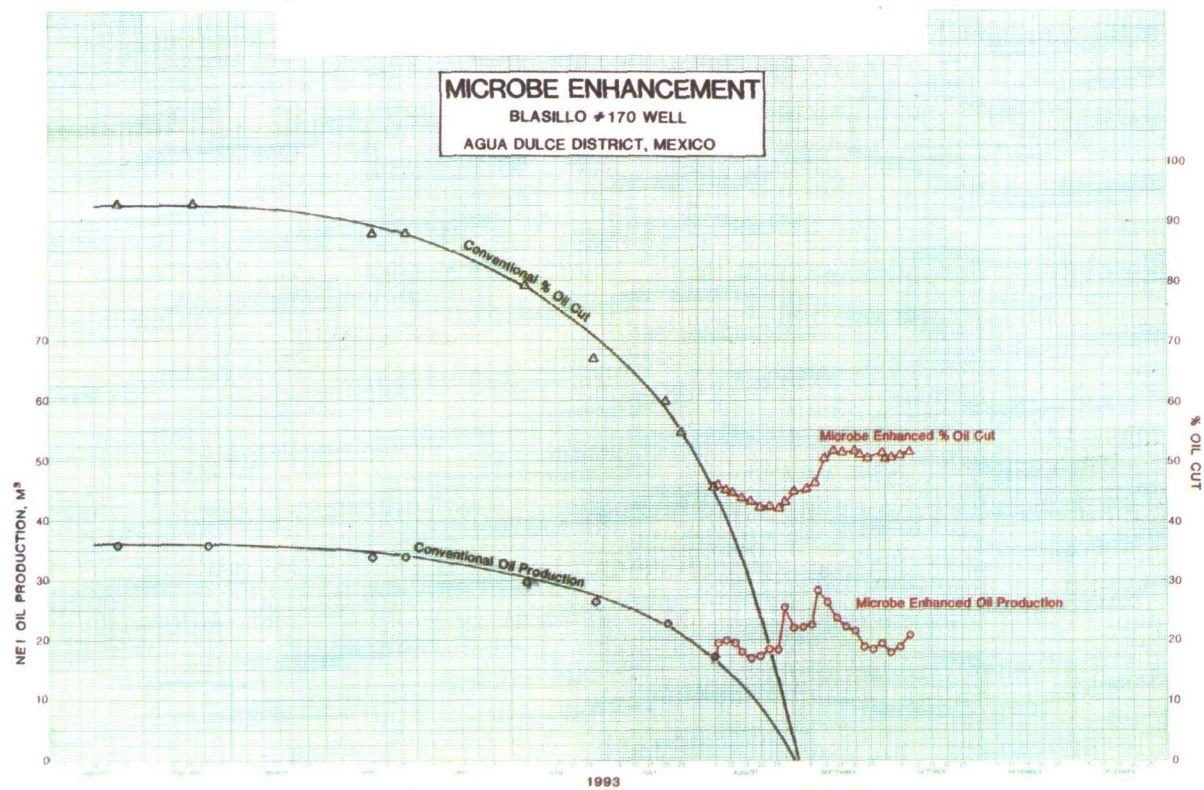


图 4 在墨西哥共和国 Agua Dulce 区块使用 NPC 技术实例

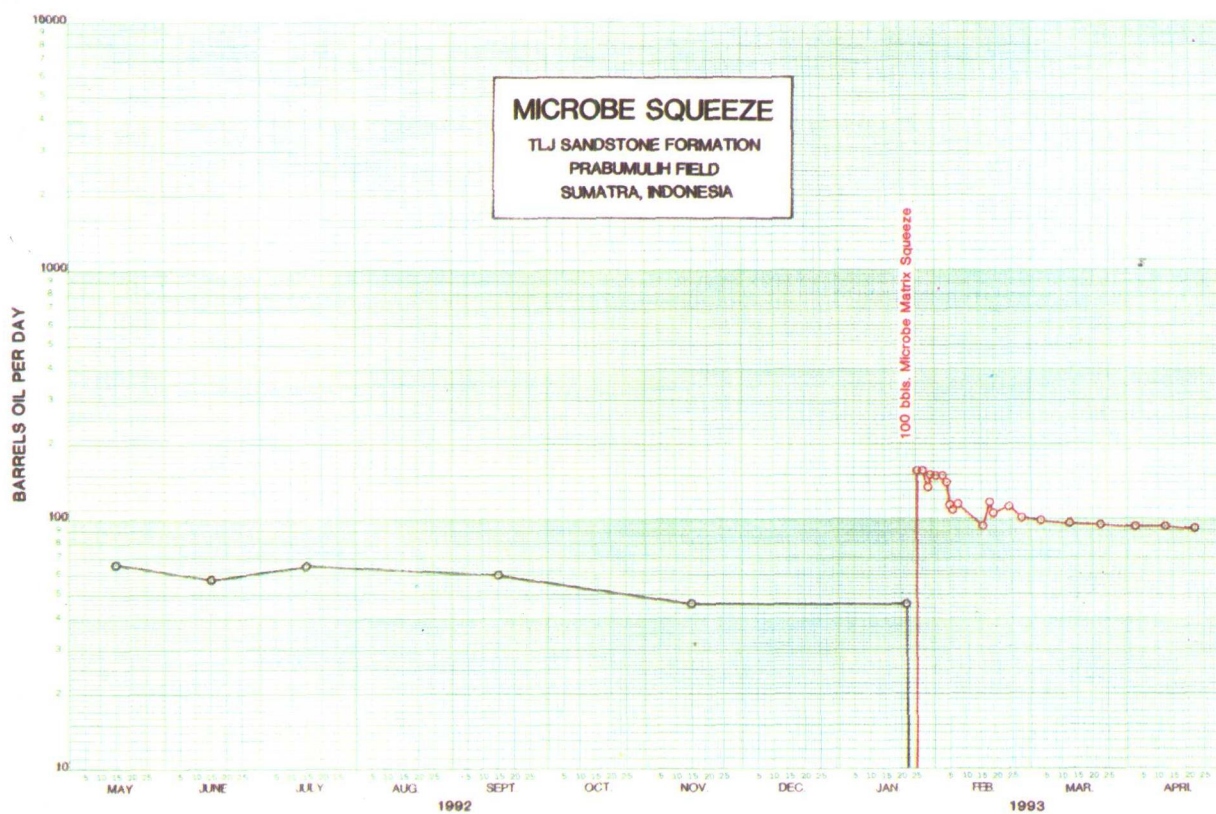


图 5 在亚洲印尼的 Sumatra Prabumulih 油田使用 NPC 技术实例

石油物探局制图印刷厂
照排印刷