

俄罗斯利用微生物提高石油采收率的新进展

王 修 垣

(中国科学院微生物研究所, 北京 100080)

应俄罗斯科学院院士、微生物研究所所长 M. V. 伊万诺夫之邀, 我和周培瑾所长于 1994 年 10 月 10 日至 20 日赴莫斯科访问。本文概述他们在微生物提高石油采收率方面的新进展。

原苏联从 1926 年开始研究油藏的微生物区系, 并首先在油层水中发现了各种细菌。油层生境的分析结果表明, 微生物在油层中的分布有一定的规律。注入地表水是决定微生物在此类生态系统中分布状况的主要因子。在未注水的含油层或水交替贫乏的油田中通常未发现微生物的存在, 这是油藏在各地质时期中未受影响并得以保存下来的原因。随地表水带到油层中的氧使油层中的烃类氧化, 创造了有利于复杂的微生物食物链发生作用的条件。

食物链的起动环节是烃类和石油氧化菌, 这类细菌在注水井近井底带最丰富。在含氧地带氧化产生的有机材料被注入水推进到油层中的无氧地带, 成为各种厌氧菌: 发酵型细菌、硫酸盐还原菌和甲烷产生菌等利用的基质。在含油层中的石油被好氧菌和厌氧菌利用的过程中形成了各种代谢产物: 有机酸、表面活性剂、生物聚合物、 CO_2 、 H_2 、 CH_4 和 H_2S 等。

根据油层中微生物的分布及其地球化学活动的分析, 以及实验室内微生物生物学的研究和石油降解的模拟研究, 可将注水油层中微生物转化石油有机材料产生甲烷和硫化氢的过程表示在图 1 中。

上述规律为有科学根据的和有目的的调整油藏中发生的微生物过程奠定了基础。

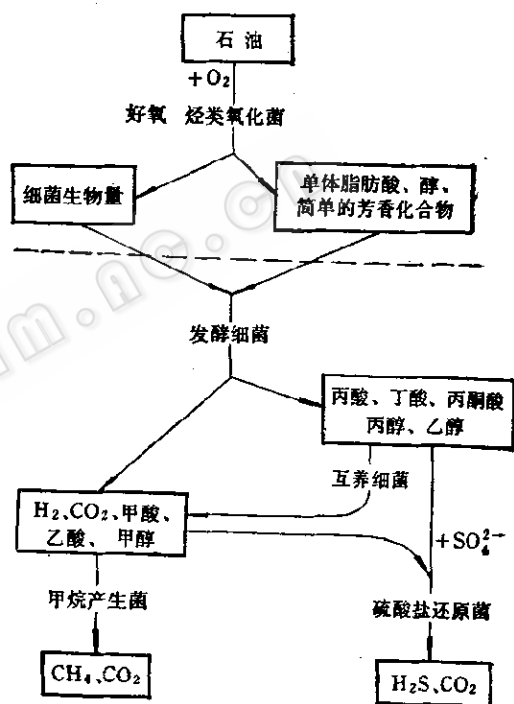


图 1 注水油层中石油的微生物转化, 伴随以甲烷和硫化氢的产生

细菌在含油层中产生的 CO_2 、 CH_4 、表面活性剂、多糖和有机溶剂等是有效的石油释放剂。酸类可溶解碳酸盐, 增加含油岩的渗透率。菌体可选择性地堵塞油层, 调整吸水剖面, 改变和扩大注入水的扫油面积。因此, 微生物的代谢能力使之有可能借助于调整其地球化学活动, 发展出最适当的方法, 提高具有不同水文化学、流体动力学、物理化学和岩性学等特征的油田的石油采收率。

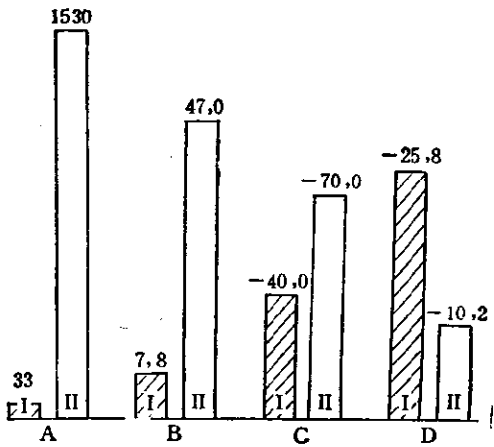


图 2 含油岩地层水中甲烷的含量和甲烷及碳酸盐的碳的同位素组分

将水-空气和营养盐注入地层增强微生物活动之后 (II) 和在此之前 (I)

A. CH₄ 体积 (L) B. 甲烷产生的速率 (ml CH₄ · L⁻¹ · d⁻¹ · 10⁻³) C. δ_{13C} 甲烷值 (‰) D. δ_{13C} 碳酸盐值 (‰)

俄罗斯科学院微生物研究所和鞅鞅石油 (Tatneft) 股份公司 (Almetevsk, Republic of Tatarstan) 拟定的提高石油采收率的方法是通过一系列简易的工艺处理, 强化注水井近井底带的微生物活动, 达到提高石油采收率的目的。在油田实践中, 利用向油层补气通气的方法和 其它技术, 提高油层微生物的地球化学活动, 增加了甲烷和二氧化碳的产量 (图 2)。

该法已在鞅鞅斯坦、阿塞拜疆和西西伯利亚的油田上应用。鞅鞅斯坦罗马什金油田应用此法的区块的油层的主要参数见表 1。微生物提高石油采收率的效果见表 2。从 1987 年 8 月至 1994 年 7 月 1 日, 共增产石油 60214 吨, 微生物增产的油量占总采油量的 18.5%—43.2%。

应用微生物提高石油采收率技术在鞅鞅斯坦、西西伯利亚和阿塞拜疆各油田共增产石油 134900 吨 (1985—1994), 石油产量增加 10%—46% (表 3)。

表 1 Ромашкин 油田应用微生物采油技术的区块的主要参数

	6310 井区	KHC-51,52 区	4046a 井区	12140 井区
产油层位	Д ₁ (“а, б ₁₊₂ ”)	Д ₁ (“а + б ₁₊₂ ”)	Д ₁ (“б ₁ ”)	Д _а
油层平均深度 (m)	1765	1750	1725	1730
含油层平均厚度 (m)	5.7	3.63	2.0	5.3
平均含油饱和度 (%)	80.2	83.3	85.8	83.2
孔隙度 (%)	20.3	20.3	21.5	20.9
绝对渗透率 (МКМ)	0.373	0.177	0.662	0.581
原始地层压力 (МПа)	17.5	17.5	17.5	17.5
地层温度 (°C)	38	35	36	37

表 2 Ромашкин 油田应用微生物提高采油技术的效果 (至 1994, 07, 01)

区 块	作用时间	含水 (%)		从作用开始至 今的采油量 (万吨)	增加的 采油量 (万吨)	微生物采出的 油量占总产量 (%)
		开始	施工后			
1210 井区*	1987, 08—11	85.0	87.1	3.308	1.43	43.2
6310 井区	1991, 06	71.0	60.1	0.8348	0.241	28.8
4046a 井区	1992, 07—10	91.3	90.3	0.1184	0.026	22.2
KHC-51,52 区	1992, 05—10	87.7	88.6	23.4127	4.3244	18.5
	1993, 05—09					

* 此区资料统计至 1992, 07, 01

该法与文献中报道的其它微生物采油法不同, 比较简单、便宜, 不需要为生产微生物生物量或微生物代谢产物所需的设备, 也不需要为

注入这些生物量和产物所需的施工程序。该法可直接利用已有的注水系统进行。提高石油采 (下转第 357 页)

表 3 各油区应用微生物提高采油技术的效果

地 区	油 田	应用时间	增产油量(万吨)
鞑靼斯坦	Бондюжское	1985—1987	4.70
	Ромашкинское	1991—1994	7.09
西西伯利亚 (秋明)	Солкинское	1991—1992	0.58
	Быстринское	1991—1992	1.06
阿塞尔伯疆	лок-Батан	1988—1989	0.06

收率的物质的生产者是已栖息于油层中并适应了该油层生态环境条件的微生物。

要成功地应用这种方法,需要了解该油田

开发的综合信息。在对油层微生物区系进行活化的工艺处理之前,必需综合研究该油层微生物区系的定性和定量组成。