

聚合物驱油地面工程技术

JUHEWU QUYOU DIMIAN GONGCHENG JISHU

李杰训 等编著

石油工业出版社

聚合物驱油地面工程技术

李杰训 等编著

石油工业出版社

内 容 提 要

本书内容包括聚合物驱油及高分子化学和物理基础知识、聚合物母液配制及输送工艺技术、聚合物溶液注入工艺技术、聚合物驱采出液集输脱水及含油污水处理工艺技术、聚合物驱地面工程自动控制技术和聚合物驱常用化验方法。

本书系统地总结了聚合物驱地面工程工艺技术、装置设备的科研试验成果及运行管理经验,既有技术原理,又有管理经验,是一本全面、系统的教材。书中近 2000 个题目,采用了深入浅出的问答形式,更加方便员工技术培训的需要,同时也可供各油田工程技术人员以及大学师生教学参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

聚合物驱油地面工程技术/李杰训等编著.

北京:石油工业出版社,2008.10

ISBN 978-7-5021-6688-5

I. 聚…

II. 李…

III. 高聚物-化学驱油-地面工程

IV. TE357.46

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008) 第 107965 号

出版发行:石油工业出版社

(北京安定门外安华里 2 区 1 号 100011)

网 址: www.petropub.com.cn

发行部: (010) 64523620

经 销: 全国新华书店

排 版: 北京时代澄宇科技有限公司

印 刷: 北京晨旭印刷厂

2008 年 10 月第 1 版 2008 年 10 月第 1 次印刷

787×1092 毫米 开本: 1/16 印张: 19

字数: 483 千字 印数: 1—10000 册

定价: 58.00 元

(如出现印装质量问题,我社发行部负责调换)

版权所有,翻印必究

《聚合物驱油地面工程技术》 编委会

主任：王玉普

副主任：齐振林 李杰训

编委：邵华佩 宋 俭 郑 琦 吴 浩 董喜贵
王克远 李学军 吴 迪 赵力成 刘东升
王中国 孟令尊 王加滢 周大新 龚晓宏
白春云 李国才 郭志东 刘 学 季 寔
徐广天 张 绪

《聚合物驱油地面工程技术》 编写组

组长：李杰训

副组长：郑 琦 邵华佩

编写人：第一章：李杰训 王加滢 金光柱

第二章：李杰训

第三章：李杰训 王梓栋 季 寔 周 挺

第四章：宗大庆 马 丽 徐广天

第五章：宗大庆 李杰训 李金亮

第六章：赵忠山 王桂秋 刘 增 吕思敏

第七章：夏福军 曹振锟 艾广智 杨福忠

第八章：徐 晶 李杰训 张大任

第九章：李杰训 赵劲毅 季海龙

统 稿：李杰训

审 阅：吴 浩 计秉玉 邵华佩

序

提高采收率技术对于提高探明地质储量动用程度，在资源有限的条件下多产原油，最大限度地延长油田开采寿命，具有重要作用。尤其当前国家经济高速发展，对石油的需求日益增长，中国已经成为世界第二大石油消费国，经济建设对石油进口的依存度越来越高，多产原油更具有重要意义。

聚合物驱是在水驱开采之后重要的提高采收率技术。大庆油田 1972 年开始聚合物驱先导性试验，从“八五”末开始大规模推广应用聚合物驱油技术，建成了国内乃至世界上规模最大的聚合物驱油地面工程。十几年来，已累计增产原油 $6269 \times 10^4 \text{t}$ ，聚合物驱年产油量达到 $1000 \times 10^4 \text{t}$ 以上，对大庆油田的可持续发展起到了重要作用。

从聚合物驱先导性试验开始，大庆油田的科技人员就一直在探索和试验地面工程技术，成功地研究了一系列适应大规模工业化应用的聚合物驱地面工程技术，为聚合物驱的工业化应用奠定了坚实基础。进入“十五”以后，大庆油田科技人员又开始了地面工程技术持续优化、简化研究，为降低地面工程投资和进一步提高聚合物驱的开发效益发挥了重要作用。同时，他们也探索总结了许多适应聚合物驱地面生产的管理经验。这种不断创新、不懈追求的精神是难能可贵、值得学习的。

在新的历史形势下，中国石油天然气集团公司和中国石油天然气股份有限公司继续推进实施“稳定东部、发展西部”的勘探开发战略。无论是在东部硬稳定、还是在西部快发展中，已进行水驱开发的老油田都面临进一步提高采收率的问题，各油田在提高采收率方面都积极开展试验研究，做了大量的工作。

大庆油田的技术人员以大庆油田多年来的科研试验成果和生产运行经验为主，参考了国内其他油田的部分科研成果，编写了这本《聚合物驱油地面工程技术》，是一件很有意义的工作。这本书的内容涉及油田地面工程技术领域的各个专业，又包括了三次采油和物理化学的基础知识，既有技术原理，又有管理经验，是一本全面、系统的教材。以问答的形式来编写这本书，更加方便员工技术培训的需要，也是一种极其务实的做法。我相信这本书的出版，必将会对聚合物驱油地面工程的研究试验及推广应用起到很好的促进作用。在此，向编写本书的技术人员表示感谢。

自党的十六大召开以来，党中央提出要全面建设小康社会、建设和谐社会、建设节约型社会、建设技术创新型国家。在新的历史时期，国家经济持续、迅猛发展，人民物质文化生活水平快速提高，对石油、天然气的需求越来越多。新时期的大庆油田人提出“持续有效发展、创建百年油田”的宏伟目标，再一次勇敢地承担起在国家石油战略安全中所应负的

历史使命和现实责任。

聚合物驱仍将是“十一五”后三年乃至今后相当一段时期大庆油田开发的主导技术。通过技术攻关，从“十一五”开始，三元复合驱也将成为大庆油田的又一项主导开发技术。与此同时，大庆油田从2005年开始组织开展了十项重大开发现场试验，还在研究微生物驱、泡沫驱和CO₂驱等提高采收率技术，决心通过技术创新为国家多产油。

明年是大庆油田发现50周年，在这近50年的时间里，大庆油田从初期上产到持续高产稳产，再到创建百年油田，对国家的能源供给发挥了重要的政治作用、经济作用和战略作用，为国家作出了重要贡献。当前，大庆油田又踏上了原油4000×10⁴t持续稳产的征程，我期待着大庆油田的未来更加辉煌！

邵世琦

2008年3月

前 言

聚合物驱是重要的三次采油技术之一，聚合物驱成功的方案一般可提高采收率 7% ~ 15%。大庆油田 1972 年开始开展聚合物驱先导性试验，是国内开展聚合物驱先导性试验最早的油田之一。经过多年的科研攻关和试验探索，于“八五”末开始了大规模工业化推广应用，建成了国内规模最大的聚合物驱油地面工程系统。至 2007 年年底，已实施工业化聚合物驱区块 41 个，开发面积 366km²，共建成聚合物驱油水井 10665 口，建成聚合物配制站 17 座、注入站 190 座，形成了年注聚合物干粉 16×10^4 t 的聚合物配注系统。2007 年注入聚合物干粉 10×10^4 t，聚合物驱产油量 1149×10^4 t，占大庆油田总产油量的 27.6%，为大庆油田的可持续发展作出了重要贡献，同时也为国家多贡献原油 6269×10^4 t（与单纯水驱油相比累计增油量）。

自 1972 年在萨北油田小井距试验区开展聚合物驱先导性试验开始，大庆油田的科技人员经过多年的科研攻关，尤其是“八五”期间开展的国家重点攻关项目，积极进行工艺技术试验，研究研制了一系列聚合物驱的地面专用装置和设备，规划设计了适应大规模工业化应用的系统工艺流程，探索总结了适应聚合物驱油地面生产的管理经验，在地面工程技术领域取得了许多成果。经过大庆油田科技人员的努力，形成了包括地面工程在内的聚合物驱“十大配套技术”，1998 年获国家科学技术进步一等奖。2006 年，高相对分子质量抗盐聚丙烯酰胺工业化生产技术的研发应用又获得国家科学技术进步二等奖。其他聚合物驱地面工程技术成果，获得省、部级科技进步奖或技术创新奖 20 余项。这些技术成果的取得，使聚合物驱大规模工业化推广应用成功地得以实现。

大庆油田聚合物驱地面工程技术的试验和发展经历了先导性试验阶段、工业性试验阶段、大规模工业化推广应用阶段和二类油层上返优化简化阶段。聚合物驱地面工程技术形成了“集中配制、分散注入”的配注系统工艺技术、“一段分、二段合”的采出液脱水系统工艺技术、“两级沉降除油、两次压力过滤”的采出水处理系统工艺技术。经过“九五”和“十五”期间工程技术人员的努力，实现了装置设备国产化、工艺技术简化、方案设计优化，积极推广应用了“熟储合一短流程”母液配制技术、“一管两站”母液输送技术、“一泵多井”注入技术、螺旋推进式搅拌技术、高效静态混合技术、竖挂电极电脱水技术、横向流聚结除油污水处理技术和地面地下一体化优化方法等先进的技术和方法。这些技术成果的取得和工作的开展，使聚合物驱地面工程的工艺技术更加合理，工程建设投资与聚合物驱工业化应用初期相比，有了大幅度降低。

为了更好地总结大庆油田聚合物驱地面工程在工艺技术、装置设备及运行管理方面的经

验，我们编写了这本《聚合物驱油地面工程技术》，内容包括聚合物驱油知识、聚合物高分子化学和物理基础知识、聚合物母液配制工艺技术、聚合物母液输送工艺技术、聚合物溶液注入工艺技术、聚合物驱采出液集输脱水工艺技术、聚合物驱气油污水处理工艺技术、聚合物驱地面工程自动控制技术和聚气物驱常用化验方法等近两千个题目。书中内容还参考了兄弟油田的科研成果及管理经验，本书内容没有涉及目前正在试验的尚未成熟的低渗透油藏聚合物驱油技术。为了使繁杂的工艺技术更加简洁化，我们采用了深入浅出的问答形式，更加方便员工技术培训的需要，同时也可供各油田工程技术人员以及大学师生教学参考。

在本书的编写过程中，邵华佩、郑琦等做了大量的组织工作，教授级高级工程师、中国石油天然气集团公司高级专家吴浩和计秉玉，高级工程师邵华佩同志审阅了书稿。在此，向参加本书编写工作的技术人员表示衷心感谢。

虽然聚合物驱工业化应用已经大规模开展多年，但持续优化、简化研究仍在继续，低渗透油藏聚合物驱油技术试验刚刚开展不久，再加上编写人员能力有限，对兄弟油田聚合物驱地面工程技术研究成果了解不够，因此本书在技术方面难免有所疏漏，敬请读者谅解。

编著者

2008 年 2 月

目 录

第一章 聚合物驱油基础知识	(1)
第一节 三次采油基本概念	(1)
第二节 聚合物驱提高采收率基本原理	(8)
第二章 聚合物高分子化学和物理基础知识	(20)
第一节 聚合物的化学性质	(20)
第二节 聚合物溶液的物理性质	(28)
第三章 聚合物母液配制工艺技术	(40)
第一节 聚合物母液配制工艺技术	(40)
第二节 主要容器设备	(57)
第三节 聚合物母液配制管理	(75)
第四章 聚合物母液输送工艺技术	(86)
第一节 聚合物母液输送工艺技术	(86)
第二节 聚合物母液输送管理	(98)
第五章 聚合物溶液注入工艺技术	(102)
第一节 聚合物溶液注入工艺技术	(102)
第二节 主要容器设备	(111)
第三节 聚合物溶液注入管理	(125)
第六章 聚合物驱采出液集输脱水工艺技术	(133)
第一节 聚合物对采出液性质的影响	(133)
第二节 采出液集输脱水工艺技术	(137)
第三节 主要容器设备	(146)
第四节 采出液集输脱水管理	(159)
第七章 聚合物驱含油污水处理工艺技术	(167)
第一节 聚合物对含油污水性质的影响	(167)
第二节 含聚污水处理工艺技术	(170)
第三节 主要容器设备	(193)
第四节 含聚污水处理管理	(207)
第八章 聚合物驱地面工程自动控制技术	(222)
第一节 聚合物母液配制自动控制技术	(222)
第二节 聚合物输送、注入自动控制技术	(228)
第三节 聚合物配制、注入主要仪表	(230)
第四节 聚合物驱采出液处理自动控制技术	(241)

第九章 聚合物驱常用化验方法 (251)

 第一节 聚合物的质量要求 (251)

 第二节 聚合物的质量检测 (255)

 第三节 注入液、采出液取样方法 (273)

 第四节 注入液、采出液常用化验方法 (280)

 第五节 化验管理 (289)

参考文献 (293)

第一章 聚合物驱油基础知识

第一节 三次采油基本概念

1. 什么是一次采油？

答：利用油藏本身固有的天然能量开采石油，这种开采方法称一次采油或自喷采油，也称能量衰竭法采油。

2. 一次采油的特点是什么？

答：一次采油的特点是投资较少、技术简单、利润高，但油田采收率低，最终采收率一般只有 10% ~ 15%。

3. 什么是二次采油？

答：通过人工向油藏中注水或非混相注气，提高油层压力并驱替油层中的石油，这种开采方法称为二次采油。注水开采也称人工注水采油法或水驱开发。

4. 二次采油的特点是什么？

答：与一次采油相比，二次采油技术相对复杂，建设投资和生产成本也较高，但油田生产能力旺盛，经济效益仍很高。最终采收率一般约为 30% ~ 50%。

5. 什么是三次采油？

答：通过向油层注入化学剂、热介质或能与原油混渗的流体，改变油层中的原油物性并提高油层压力，从而提高油田最终采收率，这种开采方法称为三次采油，也称强化采油。

6. 三次采油的特点是什么？

答：与二次采油相比，三次采油的特点是高技术、高投入、能使油田采收率较大幅度提高，可以获得较高的经济效益，但应用该方法风险也较大。三次采油方法较多，各种方法提高采收率的幅度各不相同。三次采油的最终采收率一般可达 50% ~ 70%。

7. 三次采油的英文缩写是什么？如何理解？

答：三次采油的英文缩写是 EOR。三次采油的英文应写为 tertiary oil recovery，强化采油的英文写为 enhanced oil recovery。因为目前对于提高采收率技术广泛采用的是“强化采油”一词，所以三次采油的英文缩写为 EOR。

8. 主要的三次采油技术有哪些？

答：主要的三次采油技术有热力采油技术、气体混相驱采油技术、化学驱采油技术和其他采油技术。其他采油技术主要包括微生物驱、超声波法驱油、电磁法驱油等。

9. 热力采油技术包括哪几种方法？

答：热力采油技术包括蒸汽吞吐、蒸汽驱、热水驱和火烧油层。

10. 气体混相驱采油技术包括哪几种方法？

答：气体混相驱采油技术包括混相烃类（液化烃、富气烃、贫气烃）驱油、二氧化碳

驱和惰性气体（主要是氮气或烟道气）驱。

11. 化学驱采油技术包括哪几种方法？

答：化学驱采油技术包括聚合物驱、表面活性剂驱、碱水驱、复合驱和泡沫驱等方法。

12. 什么是地质储量？

答：在地层原始条件下，具有产油能力的储集层中，储存石油的数量称地质储量。

13. 什么是可采储量？

答：在现代开采工艺技术和经济条件下，能从储油层中采出的原油储量称可采储量。

14. 什么是采收率？

答：采收率是油田采出油量占地质储量的百分数，即

$$\text{采收率} = \frac{\text{油田采出油量}}{\text{地质储量}} \times 100\% \quad (1-1)$$

15. 什么是最终采收率？

答：最终采收率是油藏经各种方法开采后，最终采出的总采油量占地质储量的百分数，即

$$\text{最终采收率} = \frac{\text{油田累积采油量}}{\text{地质储量}} \times 100\% \quad (1-2)$$

16. 什么是采出程度？

答：采出程度也称目前采收率，指一个油田开发至任一时间内累积采油量占地质储量的百分数，即

$$\text{采出程度} = \frac{\text{迄今为止累积采油量}}{\text{地质储量}} \times 100\% \quad (1-3)$$

17. 什么是提高原油采收率？

答：天然能量已经衰竭或用二次采油后（或同时），运用更复杂的物理、化学技术改变或改善排出机理，从而提高采收率，也称强化开采。

18. 提高原油采收率的意义是什么？

答：提高原油采收率的意义主要有以下几点：促进油田开发技术水平的提高，充分利用油藏资源，提高原油产量，获得更好的经济效益。

19. 提高原油采收率的主要途径是什么？

答：提高原油采收率的主要途径包括二次采油和三次采油的所有方法。目前最广泛应用而且效果最好的是注水驱油，聚合物驱和三元复合驱等三次采油方法则是在采用注水驱油以后的又一种有效的提高采收率方法。

20. 什么是驱动力？

答：驱动油藏中的流体并使其运动的力，统称为驱动力。例如，注水开发的油田，注采压差就是一种驱动力；在倾角较大的油层中，液体本身的重量也可以成为驱动力。

21. 什么是驱油剂？

答：驱油剂是指从注入井注入地层，并将油驱至采出井的物质，也叫驱替剂。

22. 三次采油常用的驱油剂有哪些？

答：三次采油常用的驱油剂，如表1-1所示。

表 1-1 三次采油常用驱油剂

驱油法	驱油剂
聚合物驱	聚合物水溶液
三元复合驱	碱、表面活性剂和聚合物的水溶液
混相驱	液化烃、二氧化碳、氮气、烟道气
蒸汽驱	水蒸气
微生物驱	微生物（或称细菌）

23. 什么是主剂？

答：在化学驱中，起主要作用的化学剂称为主剂。

24. 什么是添加剂？

答：在化学驱中，为提高主剂驱油效果，减少主剂损耗的化学剂，称为添加剂。

25. 化学驱常用的添加剂有哪些？

答：化学驱常用的添加剂主要有牺牲剂，如木质素磺酸盐及其羧甲基化、羟乙基化和磺甲基化改性产物；除氧剂，如亚硫酸钠、硫代硫酸钠等；杀菌剂，如戊二醛等。

26. 什么是示踪剂？

答：能随一种物质运动，指示该物质的存在、运动方向和运动速度的化学剂叫做示踪剂。若按相态分类，可分为气体示踪剂和液体示踪剂；若按性质分类，可分为放射性示踪剂和化学示踪剂等。

27. 示踪剂主要有哪些？

答：气体示踪剂主要有氡甲烷、氡乙烷、溴甲烷和溴乙烷等；液体示踪剂主要有硫氰酸铵、硝酸铵、碘化钾和溴化钠等。

28. 驱油剂的发展趋势如何？

答：从发展看，驱油剂表现出如下趋势：

（1）扩大驱油剂的原料来源，目前主要来自石油，但来自煤页岩、微生物和工业废液的驱油剂有广阔的发展前景；

（2）发展在苛刻条件下使用的驱油剂，这些苛刻条件包括高温、高含盐、高黏度、高含蜡、高黏土含量、低渗透等；

（3）利用驱油剂之间的协同效应提高驱油效率，各种形式复合驱的提出就是这一发展趋势的证明；

（4）为更好地发挥驱油剂的效果，各种强化驱油剂（如调剖剂、油井堵水剂、牺牲剂、流度控制剂等）必将随着驱油剂的发展而发展。

29. 什么是热力采油？

答：向油层注入热流体或使油层就地发生燃烧形成移动热流，使原油采出的开采方法称为热力采油，也称热驱。

30. 热力采油分为哪几类？

答：热力采油根据热量产生的地点分为两类：一类是把热量通过井口注入油层，如蒸汽吞吐、蒸汽驱、热水驱；另一类是热量在油层内产生，如火烧油层。

31. 什么是蒸汽吞吐法采油？

答：在同一口井中注蒸汽，经关井浸泡后，开采一定时间，当油藏中所储的热量逐步减

少，油井产量递减到不经济时，再注入蒸汽。因为是在同一口井交替注汽和采油，所以被称为蒸汽吞吐法。一般可提高采收率 20% 以上。

32. 为什么蒸汽吞吐法能提高采收率？

答：由于注入蒸汽的热量提高了油层温度，使重油的黏度降低，流动性显著提高，因而提高了重油的产量。可能对提高产量有贡献的其他因素还包括：流体热膨胀、溶解气体压缩、减少残余油饱和度及井筒清洗效应。

33. 蒸汽吞吐法的适应性如何？

答：蒸汽吞吐法适合用于重质原油，如稠油油藏的开采。其循环注蒸汽的次数视油藏和采油的具体情况可重复多次，有的油田的井曾进行过 6 次到 8 次的循环。该技术主要是增产方法，许多油田在几次循环注蒸汽后即转为蒸汽驱。

34. 什么是蒸汽驱？

答：蒸汽驱是通过适当的井网，向一定数量的井中注入蒸汽，在注入井周围形成饱和蒸汽带，加热和驱替原油从采出井中采出。一般可提高采收率 20% 以上。

35. 为什么蒸汽驱能提高采收率？

答：当蒸汽离开注入井向外扩散时，蒸汽的温度逐渐下降，在离开注入井一定距离后，便开始冷凝，逐渐形成热水带。在蒸汽带内，蒸汽的蒸馏液和气体（蒸汽）驱动着原油前进。在热水带内，原油和岩石的性质开始发生物理变化，这些变化使原油热膨胀、原油黏度和残余油饱和度降低、相对渗透率变化。这些变化是有利于提高采收率的。

36. 什么是火烧油层？

答：将空气或纯氧注入油层与原油混合，在一定条件下可发生自燃，或采用人工点火方法点燃，再连续注入空气或纯氧维持油层燃烧。利用燃烧产生的热量加热未燃烧的原油，从而使不易流动的稠油降黏而流动，这种开采方法称为火烧油层，也称层内燃烧驱油法。一般可提高采收率 10% ~ 15%。

37. 什么是混相驱油？

答：混相驱油是向油层注入一种能与原油在地层条件下完全或部分混相的流体，来驱替原油的开采方法。当注入的流体为气体时，称为气体混相驱，包括混相烃类（液化烃、富气烃、贫气烃）驱油、二氧化碳驱和惰性气体（主要是氮气或烟道气）驱油。

38. 为什么混相驱油能提高采收率？

答：混相驱油是提高采收率的重要方法之一，它的基本机理是驱油剂和原油在油藏条件下互相混溶形成混相，消除界面，降低驱油时的毛管阻力、附着阻力，增强驱油剂的洗油能力，从而提高原油的采收率。

39. 什么是二氧化碳驱？

答：向油层中注入二氧化碳作为驱油剂的驱油方法，称为二氧化碳驱。二氧化碳驱分为混相驱和非混相驱两种，混相驱适用于轻质和中等密度的原油，非混相驱一般适用于重质原油。一般可提高采收率 15% ~ 20%。

40. 为什么二氧化碳驱能提高采收率？

答：二氧化碳驱提高采收率主要依靠七种因素发挥作用：降低原油黏度，使原油体积膨胀，混相效应，将原油中的轻质馏分汽化和抽取，对岩石起酸化作用，降压开采造成溶解气驱，降低油水界面张力（混相驱时界面张力消失）。

41. 什么是惰性气体驱?

答: 向油层中注入惰性气体作为驱油剂的驱油方法, 称为惰性气体驱。一般可提高采收率 15% ~ 20%。

42. 惰性气体驱主要包括那几种?

答: 惰性气体驱包括氮气驱和烟道气驱两种。氮气非混相驱一般是用来保持油层压力, 防止反凝析。在高压条件下, 氮气与原油多次接触, 抽提原油中的中间组分 ($C_2 \sim C_6$ 烃), 可以实现混相驱替。烟道气在足够高的压力下可以与原油发生混相。

43. 什么是化学驱?

答: 利用注入油层的化学剂改善地层原油—化学剂溶液—岩石之间的物化特性, 从而提高原油采收率的驱油方法称为化学驱。化学驱包括聚合物驱、表面活性剂驱、碱水驱、复合驱和泡沫驱等。

44. 什么是表面活性剂?

答: 表面活性剂简称活性剂, 是少量存在就能显著地降低表面张力的物质, 其分子结构由亲水的极性分子和亲油的非极性分子组成。

45. 什么是表面活性剂驱?

答: 在注入水中加入表面活性剂形成一定浓度的溶液, 以表面活性剂溶液为驱油剂提高采收率的方法称为表面活性剂驱。一般可提高采收率 15% ~ 25%。

46. 表面活性剂的基本性质有哪些?

答: 表面活性剂的基本性质, 包括降低表面张力、乳化作用、形成胶束、形成微乳液和增溶作用, 这些性质都是有利于提高原油采收率的。

47. 什么是碱水驱?

答: 对于含有有机酸的原油, 通过注碱水溶液提高采收率的驱油方法, 称为碱水驱, 也称苛性水驱油。

48. 为什么碱水驱能提高采收率?

答: 注入水中的碱与原油中的有机酸发生反应, 降低水与原油之间的界面张力, 使油水乳化, 改变岩石的润湿性, 并可溶解界面薄膜, 从而提高原油的采收率。

49. 什么是三元复合驱?

答: 三元复合驱是在注入水中加入低浓度的碱、表面活性剂和聚合物的复合体系驱油的一种提高采收率方法。一般可提高采收率 15% ~ 25%。

50. 三元复合驱中使用的化学剂有哪些?

答: 三元复合驱使用的化学剂, 有碱、表面活性剂和聚合物。碱通常为无机碱, 如 NaOH、 Na_2CO_3 ; 表面活性剂一般为烷基苯磺酸盐; 聚合物为聚丙烯酰胺或其他聚合物, 如生物聚合物——黄胞胶。

51. 三元复合驱的英文缩写是什么?

答: 碱的英文写为 alkali, 表面活性剂写为 surfactant, 聚合物写为 polymer, 因此三元复合驱的英文可缩写为 ASP。

52. 在三元复合体系中各种化学剂的作用是什么?

答: 三元复合驱利用碱和表面活性剂间的协同作用, 使复合体系和原油之间形成超低界面张力。碱可以大幅度降低价格昂贵的表面活性剂的用量, 它不仅部分替代表面活性剂, 而且还可以减少表面活性剂和聚合物在油藏中的吸附损耗。聚合物主要起流度控制作

用,减小复合体系指进和扩大波及体积。

53. 什么是超低界面张力?

答:不相混两相流体的界面张力低于 10^{-2} mN/m 时,称为超低界面张力。

54. 为什么三元复合驱能提高采收率?

答:三元复合驱能提高采收率主要是因为:

- (1) 聚合物降低了驱油剂的流度,扩大了波及体积;
- (2) 碱和表面活性剂的协同作用降低了油水界面张力,并改变了岩石的润湿性;
- (3) 通过降低毛管阻力、黏附力和内聚力,使残余油受力状况发生了改变。

55. 什么是泡沫驱?

答:向油层注入起泡剂和稳定剂,使气和水形成泡沫液用以驱油的方法称为泡沫驱。泡沫驱的机理主要包括贾敏效应、乳化吸收作用、降低流度、提高波及系数。一般可提高采收率 10% ~ 20%。

56. 什么是微生物驱?

答:采用连续或间歇方式向注入井注入一定量的微生物溶液、营养剂和生物催化剂,驱替原油从采出井采出,这种驱油方法称为微生物驱。一般可提高采收率 10%。

57. 为什么微生物驱能提高采收率?

答:微生物驱之所以能够提高采收率,与细菌对地层的直接作用和细菌的代谢产物有关。

(1) 微生物在油层中生长繁殖及产生聚合物,可选择性或非选择性地堵塞大孔道,提高波及系数,增大扫油效率。

(2) 产生气体,如 CO_2 、 H_2 和 CH_4 等,能够使油层部分增压并降低原油黏度。

(3) 产生低相对分子质量的有机酸,能溶解碳酸盐,增加孔隙度,提高渗透率。

(4) 产生生物表面活性剂和有机溶剂,能够降低油水界面张力,提高洗油效率。

(5) 将高分子的石油烃类降解为低分子的烃类,降低原油的黏度和凝固点,增加原油的流动性。

58. 什么是物理法采油?

答:物理采油法是指用物理场,即热场、声场、静电场、磁场、交变电场等来激励油层,从而提高采收率的方法。

59. 什么是聚合物驱?

答:聚合物驱是向油层中注入一定相对分子质量的水溶性聚合物溶液,以改变油水流量比、扩大波及体积的驱油方法。聚合物驱成功的方案一般可提高采收率 7% ~ 15%。

60. 在聚合物驱油工程中,常用的聚合物有哪几种?

答:在油田聚合物驱油工程中,常用的聚合物有两种:一种是人工合成的聚合物,主要是由丙烯酰胺单体聚合而成的聚丙烯酰胺,常用的是部分水解聚丙烯酰胺;另一种是天然聚合物,使用最多的是黄胞胶,原名黄原胶。

61. 什么是人工合成聚合物?

答:人工合成聚合物是指利用石油化工的中间产品加工而成的有机合成高分子聚合物。

62. 什么是天然聚合物?

答:天然聚合物是指天然的植物胶及其衍生物。如各种羟基化的瓜尔胶、改性的海藻胶等。

63. 天然聚合物是如何获得的？

答：天然聚合物是从自然界的植物或植物种子中提出的，如改进的纤维素类。有时也从细菌发酵中获得，如生物聚合物黄胞胶。

64. 不同类型聚合物的性能特点是什么？

答：进行聚合物驱油之前，在选择聚合物类型时，应根据不同类型聚合物的性能特点和油层情况进行选择。不同类型聚合物的性能特点如表 1-2 所示。

表 1-2 不同类型聚合物的性能特点

类 型	优 点	缺 点	推荐应用场所
合成聚合物	价格便宜，来源广，注入性能好，容易溶解	耐盐性能差，易机械降解，易化学降解	低矿化度、剪切不太严重的油藏
天然聚合物	耐盐性好，耐剪切性好	价格昂贵，来源少，注入性能差，溶解较难，易化学降解，易生物降解	高矿化度、剪切严重的油藏

65. 为什么聚合物驱中常用的是聚丙烯酰胺？

答：在聚合物中，虽然天然聚合物黄胞胶具有较好的抗剪切和耐盐性能，但由于黄胞胶的价格比较昂贵。因而，除非在条件比较恶劣的油层中，一般都使用聚丙烯酰胺。

66. 聚丙烯酰胺的英文缩写是什么？

答：聚丙烯酰胺的英文应写为 polyacrylamide，缩写为 PAM。驱油常用的部分水解聚丙烯酰胺，其中水解的英文写为 hydrolization，因此部分水解聚丙烯酰胺缩写为 HPAM。

67. 聚丙烯酰胺的英文缩写在日常工作中如何使用？

答：在日常工作中，聚合物驱可缩写为 PAM，采出液中含有聚丙烯酰胺也可写为含有 PAM。大庆油田的井号前冠以“P”字的代表聚合物井，如 N2-5-P46 表示北二区五排聚合物驱 46 井。

68. 什么是抗盐聚合物？

答：抗盐聚合物是宏观溶液黏度随着体系矿化度的增高略有降低或不变化，有的甚至升高，以达到增稠的效果，从而实现抗盐目的的聚合物。

69. 抗盐聚合物分为哪几类？

答：抗盐聚合物按其抗盐作用机理分，主要有以下三类：一是通过增加分子链的长度来增加流体力学尺寸，即尽量增大聚合物的相对分子质量；二是通过分子间作用来增加分子链束的流体力学尺寸，靠分子间的相互作用力（静电、氢键、范德华力等）来达到聚合物高效增黏的目的；三是在聚合物分子链上引入新的功能单体，该单体的引入能够改善聚合物分子的抗盐性。

70. 常用的抗盐聚合物有哪些？

答：常用的抗盐聚合物有超高相对分子质量聚合物，疏水型缔合聚合物和中、低分子抗盐聚合物。

71. 使用抗盐聚合物驱油的主要目的是什么？

答：使用抗盐聚合物驱油的目的主要有两个：一是有利于在高矿化度和高温油藏环境下进一步提高聚合物驱采收率；二是抗盐聚合物可以使用经过处理的油田采出水配制，有利于采出水的循环利用，达到产、注平衡。

72. 在试验研究中应主要研究抗盐聚合物的哪些特性？

答：在试验研究中除了要检测抗盐聚合物的常规理化性能外，应主要研究抗盐聚合物的