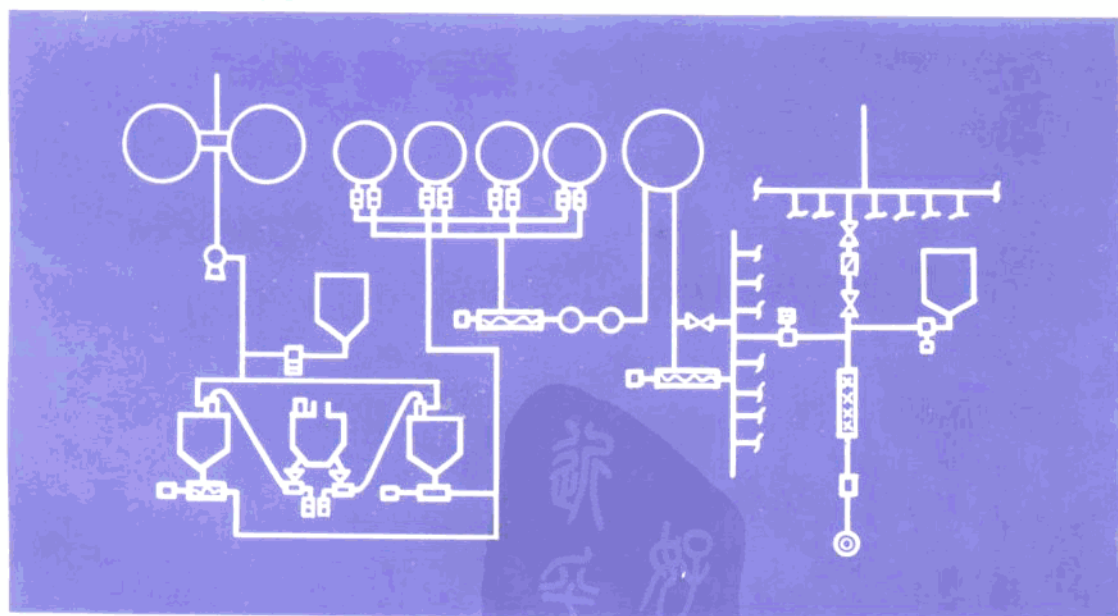


聚合物驱油 现场先导试验技术

张振华 程杰成 李 林 等编



石油工业出版社

北京)

46-33

2/

PDG

登录号	126915
分类号	TE357.46-33
种次号	001

聚合物驱油现场先导试验技术

张振华 程杰成 李 林 等编



石油0120536

石油工业出版社

内 容 提 要

本书从聚合物驱油现场先导试验的需要出发,讲述了聚合物驱油的机理、现场试验方案设计、驱油效果分析、聚合物注入工艺技术及工艺设备技术等,并介绍了大庆油田聚合物驱油矿场试验的实例。

本书内容全面、丰富实用、涉及面广,适宜作为从事聚合物驱油技术干部的培训教材和实际工作的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

聚合物驱油现场先导试验技术/张振华等编.
北京:石油工业出版社,1996.10
ISBN 7-5021-1828-4

I. 聚…
II. 张…
III. 高聚物--化学驱油--试验--技术
IV. TE 357.46

中国版本图书馆 CIP 数据核字(96)第 18978 号

石油工业出版社出版发行
(100011 北京安定门外安华里二区一号楼)
北京市海淀区京红印刷厂排版
北京市海淀区华新印刷厂印刷

787×1092 毫米 16 开本 15.5 印张 387 千字 印 1-6000

1996 年 11 月北京第 1 版 1996 年 11 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-5021-1828-4/TE·1547

定价:20.00 元

前 言

大庆油田聚合物驱油试验始于70年代初,时至今日已经过了二十多年了。近十多年来,由于油田稳产的实际需要,中国石油天然气总公司和大庆石油管理局十分重视聚合物驱油的试验研究工作,曾三次列入国家重点科技攻关项目,组织了国内外科技人员联合攻关,取得了一系列科研成果,在大庆油田萨中以北地区的非均质厚油层的先导试验中,取得了原油采收率比水驱提高10%,吨聚合物增产原油150t的好效果。聚合物驱油已成为大庆油田“九五”和“十五”的重大增产技术之一。通过一系列攻关试验,目前聚合物驱油技术已基本完善配套,逐步完成了工业化应用的技术准备工作,形成了十项技术:

- 1) 聚合物驱油合理井距确定、分子量优选及合理用量确定技术。
- 2) 聚合物驱油数值模拟技术。
- 3) 以防止减少聚合物溶液粘度为中心的射孔技术。
- 4) 聚合物采出液处理及利用技术。
- 5) 聚合物驱油动态监测技术。
- 6) 聚合物驱油注、采完井技术。
- 7) 新型测井解释技术。
- 8) 精细油藏地质描述及其计算机显示技术。
- 9) 示踪剂及试井反求地层参数技术。
- 10) 地面工程技术基本完善配套,设备国产化水平逐年提高。

本书初始编写时间是在90年代初,即“八五”初期,目的是为了工业性扩大试验培养人提供培训教材。现在正值大庆油田聚合物驱油迈向工业化之际,需要更多的人从事这项工作。为此,我们在原“培训教材”的基础上稍加修改,并更名为《聚合驱油现场先导试验技术》正式出版,以满足现场的需要。

本书内容涉及面广,其中有油田地质、油藏工程、高分子化学、油田化学、矿场机械和自动控制等技术。本书第一章由李瑞章编写,第二章由程杰成、杨庆鸿、李得胜编写,第三章由李春、刘恒编写,第四章由李林、徐得钢编写,第五章由杨汉文、张忠臣、冯奇尧、徐步云、刘敏、李崇志、张建中编写,第六章由叶中桂、李春编写,王德民、张瑞华、白执松对全书作了全面审定。由于编者水平有限,书中错误在所难免,希望读者多加批评指正,以利于今后的修改。

仅以此书献给大庆油田聚合物驱油工业化及为其默默奉献的人们。

编者

一九九六年十月

目 录

第一章 聚合物驱油技术概论.....	1
第一节 三次采油概念.....	1
第二节 聚合物驱油可行性论证.....	2
第三节 先导性矿场试验方案设计.....	3
第四节 聚合物注入及采出工艺.....	5
第二章 聚合物驱油机理.....	7
第一节 聚合物驱油机理.....	7
第二节 用于驱油的聚合物化学.....	9
第三节 驱油用聚合物的高分子物理性质	16
第四节 影响聚合物驱油效率的因素	36
第五节 聚合物驱室内研究	40
第六节 EOR 所需要的聚合物主要产品表征及基本实验方法	40
第三章 聚合物驱油矿场试验方案设计 & 驱油效果评价方法	66
第一节 试验区选择及钻井方案确定	66
第二节 试验层油藏描述内容和方法	68
第三节 聚合物驱油方案的前期准备工作	69
第四节 聚合物驱油方案实施	72
第五节 聚合物驱油动态监测	73
第六节 聚合物驱油效果评价	74
第四章 聚合物注入工艺技术	77
第一节 聚合物注入工艺设计	77
第二节 聚合物溶液配制过程及注入流程	78
第三节 聚合物溶液配制及注入的自动控制	79
第四节 聚合物注入的日常管理.....	106
附录一 大庆油田北一区注聚合物试验区询价书.....	114
附录二 试验大队注聚合物站技术规程.....	118
附录三 试验大队注聚合物站管理规程.....	123
第五章 聚合物驱工艺设备.....	129
第一节 聚合物分散装置.....	129
第二节 搅拌机.....	136
第三节 单螺杆泵的工作原理及使用.....	142

第四节	计量泵.....	155
第五节	静态混合器.....	162
第六节	过滤器的原理及应用.....	172
第六章	聚合物驱油矿场实例.....	196
第一节	大庆油田中区西部试验区聚合物驱油矿场试验.....	196
第二节	大庆油田小井距特高含水期注聚合物提高采收率矿场试验.....	208
第三节	大庆油田萨北葡 I ₁₋₃ 层聚合物驱油试验	213
第四节	大庆油田北一区断西聚合物驱油工业性矿场试验.....	218
第五节	萨北厚油层试验区萨 I ₁₀₋₁₆ 聚合物驱油矿场试验	236

第一章 聚合物驱油技术概论

第一节 三次采油概念

聚合物驱油是三次采油的方法之一,也有人称为水驱开采技术。

三次采油的概念是由油田的开采方式演变发展而来的。最初开发油田时,西方国家一般都是利用天然能量进行开采,直至油田天然能量枯竭,油井不能自喷生产为止,这一阶段的开采方式称为一次采油,其特点是投资较少、技术简单、利润高、油田采收率低(一般只有10%左右)。为了增加油田的可采储量,必须增补油藏能量,这就提出了注水采油的方法。通过注水使油藏能量恢复,可使油井维持较长的自喷开采期,使油田采收率达到30%~40%,称作二次采油。也有人将注气增补恢复油藏压力的方法也划到二次采油的范畴,但目前在我国已开发的油田中尚无实例。水驱开发阶段的特点与一次采油比较技术相对复杂,油田投资费用也较高,但油井生产能力旺盛,经济效益仍然很高。当二次采油末期油田含水上升到经济极限,再用注水以外的新技术继续进行开采,这就是三次采油,简称EOR,亦称强化开采技术。与二次采油方式比较,三次采油的特点是高技术、高投入、高采收率,应用该方法仍可以获得较高的经济效益。

从总体上看,目前三次采油技术中,仅有少数方法已经成熟到能够以工业规模进行开采的阶段,如热力采油技术中的蒸汽吞吐采油技术,但多数技术还处在实验室研究或进行先导性矿场试验阶段。

国内外研究较多并相对成熟,具有良好前景的三次采油技术,有下列三个方面内容。

(1) 热力采油技术

1) 蒸汽采油技术:

① 蒸汽吞吐采油技术;

② 蒸汽驱采油技术。

2) 油层就地燃烧(火烧油层)技术。

(2) 气体混相驱(或非混相驱)采油技术

1) 烃类驱采油:

① 液化烃混相驱采油;

② 富气驱采油(混相或非混相);

③ 贫气驱采油(混相或非混相)。

2) CO₂混相或非混相驱采油。

3) 氮气驱采油。

(3) 化学驱采油

1) 聚合物驱采油。

2) 表面活性剂驱采油。

3) 碱驱采油。

4) 表面活性剂—碱—聚合物驱采油。

第二节 聚合物驱油可行性论证

一、聚合物驱油改善流度比, 扩大波及体积的基本原理

注水采收率的影响因素可用下式表示:

$$E_R = E_D \cdot E_V \quad (1-1)$$

式中 E_R ——采收率;

E_D ——驱替效率(水驱过后剩余油饱和度与原始含油饱和度之比);

E_V ——体积波及系数(注入液体占油藏总孔隙体积的百分比)。

影响体积波及系数的因素很多, 如层系井网对注入水的面积波及系数和纵向波及系数, 均有较大的影响。另外油藏砂体的沉积环境与分布形态及油层纵向上平面上渗透率分布的不均匀性, 对 E_V 值的高低也有很大影响。上述的油层非均质性是客观存在, 通过对油藏的研究, 选择适当的层系、井网, 可以在一定程度上提高面积波及和纵向波及系数, 使油田采收率保持在较高的水平。

影响体积波及系数的另一个主要因素是流度比。流体的流度定义为岩石对该流体的渗透率除以流体的粘度, 这样油水流度比可用下式表示:

$$M = \frac{K_{rw}}{\mu_w} \bigg/ \frac{K_{ro}}{\mu_o} = \frac{K_{rw}}{K_{ro}} \cdot \frac{\mu_o}{\mu_w} \quad (1-2)$$

式中 M ——油水流度比;

K_{rw} ——水相渗透率;

K_{ro} ——油相渗透率;

μ_w ——水的粘度;

μ_o ——油的粘度。

一般把流度比 M 为 1 或小于 1 称为有利的流度比, 而把 M 大于 1.0 以上称为不利的流度比。由上式可见, 流度比是由油水粘度比的大小所决定的。油藏原油粘度越高, 其流度比越大, 在水驱开发条件下, 体积波及系数越小, 则采收率越低。

聚合物驱油的作用就是利用聚合物水溶液的粘度, 减小流度比, 扩大体积波及系数, 以达到提高油田采收率的目的。

二、适合聚合物驱油油藏的基本条件

并非所有油藏均适合聚合物驱油, 即使是适合聚合物的油藏, 其增产幅度可能很大, 也可能很小。其原因是一方面决定于油藏复杂的地质条件、油、气、水性质; 另一方面聚合物驱油方案的编制、聚合物产品质量、地面工艺流程以及日常生产管理的水平等, 都对增产幅度有很大影响。

依据大庆油田近年来的研究, 适合聚合物驱的油藏地质特点可简要归纳为以下几个方面。

1. 油层温度不宜过高

聚合物注入油层后, 在高温条件下会发生降解和进一步水解。大庆油田油层温度 45°C , 通过室内实验资料证明, 聚合物不会发生热降解和进一步水解, 而微生物的降解作用, 可通过加入杀菌剂的方法消除。

上述情况表明, 在油田注聚合物可行性研究中, 首先开展油藏温度条件下, 聚合物稳定性

实验是十分必要的。

2. 地层水和注入水矿化度低有利聚合物增粘

油藏地层水和油田注入水矿化度的高低,对聚合物增粘效果影响极大。

国外油田多为海相沉积,地层水矿化度高,一般为几万毫克/升,高者达十几万毫克/升,导致聚合物增粘效果差,提高采收率的幅度很低。我们应用数值模拟软件,研究了不同矿化度对聚合物驱油效果的影响,在相同油层条件下,当地层水矿化度增大到 $5 \times 10^4 \sim 10 \times 10^4 \text{mg/L}$ 时,提高采收率幅度与 $0.7 \times 10^4 \text{mg/L}$ 相比,将降低 $1/3 \sim 1/2$ 。

美国高矿化度地层水的油田,往往采用生物聚合物驱油就是这个道理。但由于生物聚合物价格昂贵,相当聚丙烯酰胺价格的五倍左右,因而经济上又成了大问题,难以推广应用。

大庆油田地层水和注入水矿化度都很低,地层水矿化度为 7000mg/L ,注入水矿化度只有 $400 \sim 1000 \text{mg/L}$,目前采出污水矿化度为 2500mg/L 左右。而大庆油田在推广应用聚合物时,所准备采用的地面水的矿化度只有 $200 \sim 400 \text{mg/L}$ 。如用矿化度为 400mg/L 的明水组水配制聚合物溶液,在聚合物浓度为 840mg/L 时,聚合物溶液的粘度可达 $35 \text{mPa} \cdot \text{s}$ 以上,而用矿化度为 2500mg/L 的污水配制聚合物溶液,其粘度只有 $7.5 \text{mPa} \cdot \text{s}$,粘度相差五倍。可见,为要达到同样的粘度,使用高矿化度水比低矿化度水配制的聚合物用量要高五倍。

上述分析表明,油藏地层水的矿化度及注入水的矿化度高低,是能否适合聚合物驱油的重要条件之一。

3. 油层渗透率变异系数太大或太小均不利于聚合物驱油效果

海相沉积的油田一般油层比较均匀,油层渗透率变异系数小,用水驱开发效果好,注入聚合物提高采收率的幅度低。

陆相沉积的油田一般油层非均质比较严重,水驱开发效果差,当油层渗透率变异系数 V_{DP} 在 $0.5 \sim 0.8$ 之间时,聚合物驱油增产幅度最大。

根据数值模拟计算研究结果,聚合物驱油提高采收率的效果在 $V_{\text{DP}} = 0.72$ 以下,随着 V_{DP} 的增加而增加,当 V_{DP} 大于 0.72 时,聚合物驱油提高采收率效果随 V_{DP} 的增加而降低。。

大庆油田正韵律油层平均 V_{DP} 为 0.668 ,多段韵律油层 V_{DP} 为 0.718 ,复合韵律油层 V_{DP} 为 0.639 。上述油层类型的渗透率变异系数,都是非常适合聚合物驱的。

4. 其它因素

原油粘度的高低、油层渗透率的高低、油层润湿性等因素,也都是聚合物驱所必须考虑和研究的问题,这里不再一一论述。

总之,评价一个油田聚合物驱油是否可行,经济上是否合理,是个比较复杂的研究课题,只有经过详细的技术论证,才能得到比较科学的结论。

第三节 先导性矿场试验方案设计

聚合物驱油矿场试验是油田开发中、后期增加可采储量的关键措施之一,其特点是研究难度大、试验周期长、工艺技术复杂、耗资多,不通过深入地精心研究,编制出一个科学、全面的试验方案,将很难达到试验的预期目的。因此,有必要简述一下编制先导性试验方案应开展的研究工作及方案编写的基本内容。

一、应开展的研究工作

1. 地质研究

- 1) 油藏构造形态及断层;
- 2) 油层砂体发育状况及其变化规律;
- 3) 油层纵向和平面上非均质的描述;
- 4) 油层微观孔隙结构;
- 5) 油、气、水性质;
- 6) 油层温度;
- 7) 油层原始压力;
- 8) 油层原始含油饱和度;
- 9) 试验区原始石油地质储量;
- 10) 示踪剂及脉冲试井反求地层参数;
- 11) 建立试验区地质模型。

2. 注水开发效果分析

- 1) 开发层系与井网;
- 2) 开采史及动态变化特点;
- 3) 分层注水状况;
- 4) 分层产液状况;
- 5) 剩余油饱和度分布状况;
- 6) 开发效果评价;

3. 实验室参数测定评价

- 1) 油藏各项参数测定及油、气、水性质的分析化验;
- 2) 油、水相渗透率曲线测定;
- 3) 聚合物参数测定;
- 4) 地层温度条件下稳定性试验;
- 5) 在多孔介质中的流动特性实验;
- 6) 在多孔介质中的滞留量、吸附量的测定;
- 7) 机械降解实验;
- 8) 不同水质条件下配制聚合物溶液粘度变化曲线;
- 9) 油层渗透率与聚丙烯酰胺分子量匹配关系实验;
- 10) 阻力系数和残余阻力系数测定;
- 11) 不同渗透率岩心不可及孔隙体积的测定;
- 12) 调剂效果实验。

4. 数值模拟评价

- 1) 收集数模参数, 建立试验区地质模型;
- 2) 水驱动态历史拟合计算;
- 3) 聚合物段塞大小的筛选;
- 4) 不同聚合物溶液浓度对驱油效果的影响;
- 5) 不同聚合物段塞组合的效果对比;
- 6) 优选聚合物驱方案及效果预测。

二、试验方案的基本内容

1. 试验区井网加密布井方案

- 1) 试验区的选择;
- 2) 试验区地质和开发简况;
- 3) 不同井网加密方案对比和论证;
- 4) 油、水井, 观察井及取心井布井结果;
- 5) 钻井、完井工艺技术要求;
- 6) 取资料要求。

2. 试验区水驱空白试验方案

井网加密后, 为了准确评价聚合物驱效果, 应首先开展一段时间的低矿化度清水水驱空白试验, 其时间长短与井距有关, 一般为半年至一年。

- 1) 试验区概况及试验目的;
- 2) 油层特征及开采简况;
- 3) 注水量确定原则;
- 4) 单井注入量及注入压力的确定;
- 5) 配产方案(单井产液量及产液速度);
- 6) 工艺技术及监测技术要求(包括水质要求、注入示踪剂、试验管理等内容)。

3. 聚合物驱实施方案

实施方案是在布井方案和水驱空白试验方案基础上完成的, 也有人称之为最终方案。由于该方案是在上述大量研究工作之后进行的, 其内容及论证应该比较详细、全面。

实际工作过程中, 也可采用参看附件(分报告)的形式, 这样实施方案内容可以简化, 不必将油藏研究、室内实验研究和数值模拟计算研究等内容全部写入实施方案, 只需应用其结论及选择其主要内容即可。

一般情况下, 实施方案应包含下列基本内容:

- 1) 试验区概况(包括层系、井网、面积和储量等);
- 2) 试验目的(包括试验要研究解决哪些问题及预期达到的目标);
- 3) 油层特征及开采简况(油层平面、纵向非均质情况, 微观孔隙结构特征, 油层压力变化和剩余油饱和度场的分布特征);
- 4) 实施方案(聚丙烯酰胺产品及主要特性参数, 聚合物总注入量及浓度, 段塞注入程序, 注采速度及配产配注方案, 化学杀菌剂注入要求, 螯合剂的使用, 示踪剂注入设计及监测系统);
- 5) 实施方案各项开发指标及效果预测;
- 6) 投入和产出的经费估算;
- 7) 检验内容及具体要求;
- 8) 附图、表及附件报告。

第四节 聚合物注入及采出工艺

聚合物注入工艺主要包括分散配制系统和聚合物溶液稀释注入系统。聚合物添加到水中以后, 即成为聚合物水溶液。它是一种非牛顿粘弹性流体, 在聚合物工程中首先考虑的是粘度的机械降解。为了避免机械剪切降解, 其分散系统、熟化系统、注入系统都要采用容积式柱塞泵和螺杆泵, 聚合物溶液熟化过程的搅拌器采用低转速, 流量计也必须采用容积式流量计。为了

减少铁离子和细菌对聚合物水溶液粘度的影响,还应增加螯合剂和杀菌剂装置。

在国内,聚合物采出工艺技术尚处于探索阶段。由于采出液中含有聚合物,其采出液的粘度比水驱时采出水的粘度高得很多。因而在计量、分离、集输、处理及利用方面,也相应有一套配套技术。目前可以肯定地说,聚合物驱油已给油水分离带来了困难,对机械采油井的负荷和排液效率也都有一定影响。另一方面,在大规模推广应用后,采出液中含有聚合物,又是一笔不小的财富,如能解决回注重复利用的技术,将会使聚合物驱获得更大的经济效益。

聚合物驱油在我国已有多个试验区,并且在大港、吉林和大庆已取得明显效果,聚合物驱油技术将在全国各油田陆续推广。可以说,在三次采油技术中,聚合物驱油技术将会成为未来老油田重大稳产措施之一。

第二章 聚合物驱油机理

第一节 聚合物驱油机理

一、影响水驱效率的两个重要因素

水驱是一种简单、经济和广泛应用的二次采油方法。但由于一些因素的影响,一般水驱采收率较低。油层的非均质性和不利的流度比是这些因素中的两个重要因素。

1. 油层的非均质性

虽然油层都是具有一定孔隙度和渗透率的多孔介质,但它并不是性质均一的均质岩层。通常情况下,油层由很多性质不同的岩层所组成。油层渗透率的差异、裂缝和断层等都是影响水驱采收率的重要因素。这里着重讨论渗透率变化的影响。

油层渗透率的变化对流体在油层内的流动有着显著的影响。在一定压力下向油层内注水或注入其它流体时,这些流体总是沿着阻力最小的通道向压力最低点——生产井流动。由于渗透率愈高流动阻力愈低,因此注入流体总是沿高渗透率通道向前推进,从而使驱替流体首先进入并占据高渗透率通道,而将其内的原油驱替出来,使其含油饱和度降低。由相渗透率曲线可知(见图 2-1),随着含油饱和度的降低,水相渗透率增加,因此随着注入水在油井的突

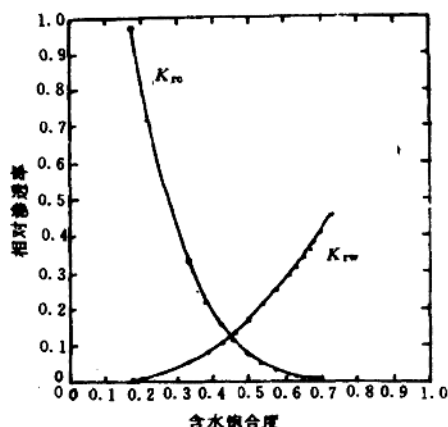


图 2-1 油水相对渗透率曲线

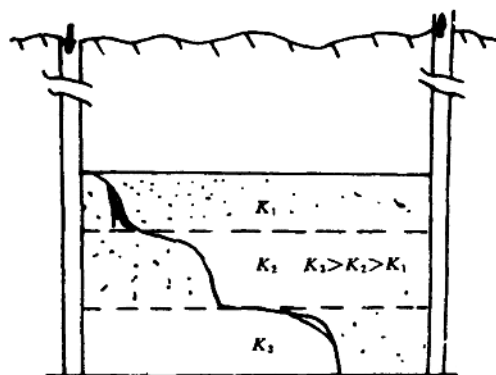
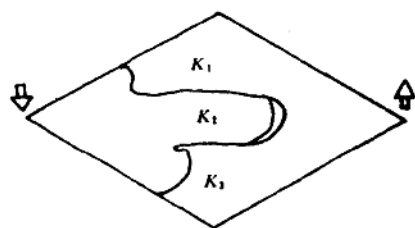


图 2-2 垂向非均质对流体流动的影响

破,油层的渗透率差异更加严重,进一步扩大了高、低渗透层相对流度的不均衡。其结果是生产井的水油比不断上升,原油最终采收率降低。

垂向渗透率的差异使得注入流体从注入井以不规则的前缘形式向前推进(如图 2-2 所示)。平面上的渗透率差异导致了注入流体以不均匀的速度向前推进(如图 2-3 所示)。

因此,有些油层在注入流体尚未进入之前,流体已沿着阻力最小的通道到达了生产井。通常采用垂向扫及效率描述油层垂向非均质对水驱效果的影响。垂向扫及效率定义为注入流体所接触到的总横截面积的百分数,它只是油层特征的函数。有时也采用横向扫及效率描述油



$$K_1 < K_2 < K_3$$

图 2-3 平面非均质对注入流体流动的影响

层平面渗透率差异的影响,因而被定义为注入流体在生产井突破时所接触的部分油层面积。它既与油层特性有关,又与井网类型有关。

体积扫油系数是油层非均质性三维影响的量度,它是井网的面积扫及效率与垂向扫及效率的乘积,即注入流体所接触到的油层孔隙体积与总油层孔隙体积的比值。图 2-4 是用 Higgins—Leighton 流管模型计算的(具有 100 个小层的五点井网)渗透率变异系数与体积扫及效率曲线。从图 2-4 可以看出,渗透率变异系数愈大,体积扫及效率愈低。

2. 流度比

在达西定律中,有一个联系流体运动速度与压力梯度关系的比例系数,这个系数叫作流体的流度(λ),它等于岩石对流体有效渗透率与流体的粘度的比值,即:

$$\lambda = K/\mu \quad (2-1)$$

在水驱中,将水与油的流度比值称之为流度比 m 。即:

$$m = \lambda_w / \lambda_o = K_w \mu_o / K_o \mu_w \quad (2-2)$$

式中下角标 w 和 o 分别代表水相和油相。

流度比反映了油层中驱替相和被驱替相的相对流动速度。即使在均质的油层或多孔介质中,当流度比大于 1 时,就会发生如图 2-5 那样的粘度指进,从而降低了扫及效率,图 2-6 是体积扫及效率与流度比的关系曲线,其结果表明,流度比愈大,扫及效率愈低。

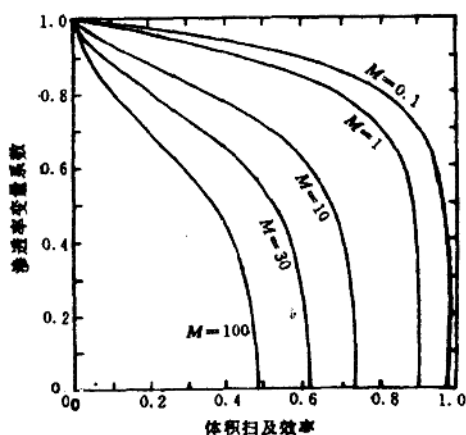
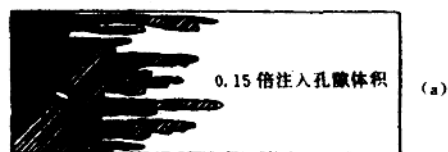


图 2-4 E_v 与 K_v 的关系



(a)



(b)

图 2-5 粘度指进

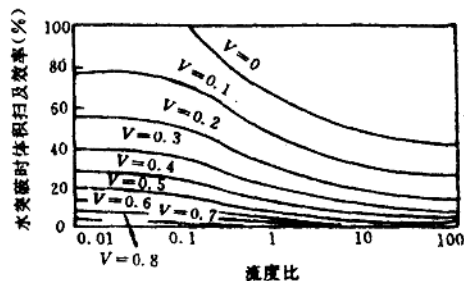


图 2-6 含水饱和度为零时体积扫及率与流度比的关系

随着水驱的进展,注入水接触到的地方的含油饱和度逐渐降低,因而油相渗透率逐渐降低,水相渗透率逐渐升高,从而加剧了对水驱效率的不利影响。

二、聚合物驱油机理

关于聚合物的驱油机理目前尚未取得一致的认识。但普遍认为,聚合物通过增加注入水的粘度和降低油层的水相渗透率,从而改善水油流度比,调整注入剖面而扩大波及体积,进而提高原油采收率。

关于聚合物驱是否能够提高驱替效率存在着分歧,但逐渐趋向于聚合物驱能够提高中性或亲油油藏的驱替效率。因为聚合物增大了油水间的界面粘度(见图 2-7),从而增强了水相的携油能力,这已在微观驱油机理和相对渗透率曲线研究中得到证明。甚至有人认为,由于聚合物增大了油水界面粘度和增大了驱动压差,即使在亲水油藏中,聚合物驱也可以提高驱替效率。

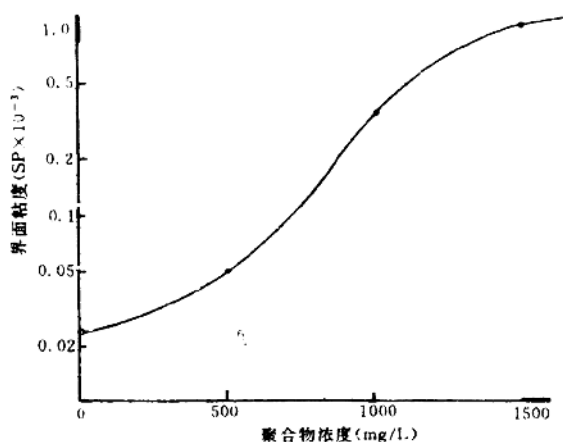


图 2-7 油水界面粘度与聚合物溶液浓度的关系

第二节 用于驱油的聚合物化学

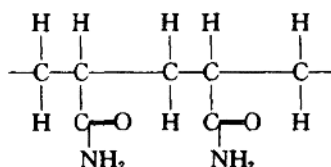
用于聚合物驱的水溶性聚合物大致可以分成两类:①人工合成聚合物;②从植物、植物种子中提出的及用细菌发酵获得的天然聚合物。后一类基本上是聚多糖及其衍生物。尽管聚合物驱油研究中曾尝试过许多合成和天然聚合物,但工业上广泛应用的只有聚丙烯酰胺(PAM)和黄胞胶(Xanthan),并且由于黄胞胶的价格比较昂贵,因而,除非在条件比较恶劣的油层中(如高矿化度、高剪切),一般都使用聚丙烯酰胺。因此,这里着重介绍聚丙烯酰胺。

一、聚丙烯酰胺

1. 聚丙烯酰胺的化学结构

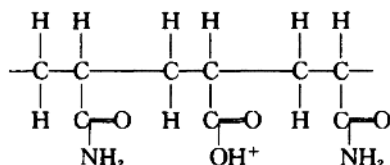
聚丙烯酰胺有非离子型、阴离子型和阳离子型三类产品,其中广泛应用于驱油的是阴离子型聚丙烯酰胺。柔顺的线性碳—碳链是它们的高分子骨架。分子中带有极性 or 电性基团。

(1)非离子型



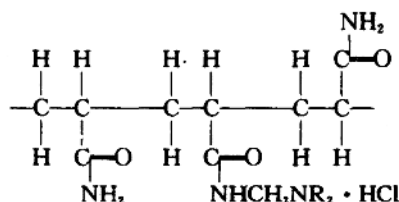
一般水解度小于4%的均属非水解聚丙烯酰胺。

(2)阴离子型



阴离子型聚丙烯酰胺习惯上也叫部分水解聚丙烯酰胺,它可以由PAM水解或丙烯酰胺与丙烯酸共聚制得。用水解度表示羧基的含量。

(3)阳离子型



阳离子聚丙烯酰胺一般不单独作为驱油剂,它通常与阴离子聚丙烯酰胺联用,作为聚合物驱的防窜剂或调剖剂。

2. 聚丙烯酰胺的合成

从石油裂解得到的原料——丙烯出发合成聚丙烯酰胺,包括合成丙烯腈、丙烯酰胺、丙烯酸(如共聚生成部分水解聚丙烯酰胺)和聚合四个部分。合成上述物质有许多工艺流程,这里只介绍目前工业上应用比较广的合成工艺。

(1)丙烯腈(AN)的合成

目前工业上普遍采用氨氧化法,此法对丙烯的纯度要求不高,反应生成乙腈、丙烯腈、氢氰酸等易分离和可综合利用的副产品。基本化学反应如下式所示:

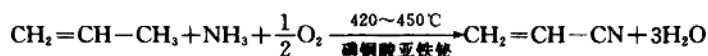
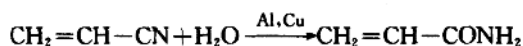


图2-8是氨氧化法制丙烯腈的工业工艺流程简图。

(2)丙烯酰胺(AM)的合成

硫酸水合的工艺已经基本淘汰,现在工业上广泛采用骨架铜催化水合法,化学反应列于下式:



其简单工艺流程如图2-9所示。

