

稠油油田化学驱提高采收率技术

薛延林 刘子强 张 挺 王金兰 (长庆油田分公司第三采油厂, 宁夏 银川 717507)

摘要: 本文对化学驱的理论和应用研究进行了论述, 重点是聚合物驱、复合驱和热/化学驱的应用综述。在稠油化学驱研究中, 提高化学驱、组合驱和热/化学驱的采收率是当前的热点, 无公害的化学驱剂是未来化学驱发展的重点方向。

关键词: 稠油油田; 化学; 提高采收率; 技术

0 引言

我国具有丰富的稠油储备, 已探明和在管理的稠油储量为 16×10^8 t, 在全世界成为仅次于美国、加拿大和委内瑞拉的第四大稠油生产大国。我国的稠油油藏基本上是小块状的稠油油藏, 其特点是稠油黏度高、油藏非均质性高、水驱开发困难等。我国经济的快速增长与能源需求的增长有关, 因此稠油资源的有效开发不容忽视。石油开采中常用的先进石油开采技术尤其包括水驱、化学驱、热能采集和气驱。其中, 化学驱是进入大规模矿山应用的三种主要类型的改进采油技术之一。化学驱期间的石油产量约占全球 EOR 总产量的 14.7%, 该文总结了国内外近年来对稠油化学驱的研究成果, 并总结了化学驱对稠油开采的趋势, 为以后这方面的采收工作提供一些借鉴。

1 基础理论

传统的稠油理论表示, 单独的聚合物溶液不能降低界面应力, 不能提高微观油的稠油性能, 很难显着提高油的产率。由于在油田领域的多年研究, 已经建立了置换粘弹性聚合物油的理论, 这是浇注聚合物以提高产量 10% 的理论基础。随着化学驱理论的发展, 国外提出了针对高酸性油的 ASP 驱方法。针对原油酸值低 (0.01 mg/g), 不适合 ASP 填充的问题, 研究了各种油成分与表面活性剂相互作用的机理。根据组组成分离原油, 并研究各个油组分对界面张力的影响。结果表明, 橡胶和沥青质在降低界面张力方面比饱和烃和芳烃有效。基于基团组成研究, 使用改良的硅胶色谱法进一步精细分离胶体和沥青质, 并萃取酸性成分 (原油的 0.024% (重量) 对应酸值 0.005 mg/g) 和含氮杂环。

化合物 (质量为 0.16% 原油) 在不同碱浓度条件下对原油, 酸成分和含氮杂环的界面张力的比较分析表明, 除原油中的酸性成分外, 含氮杂环在碱性条件下通过油水界面扩散和组织, 减少油相应力和水。类似地, 对于由不同烃混合物组成的油相, 基于相同系列表面活性剂的亲水性和亲脂性平衡值的增加以及相同系列烷烃的协同效应, 等效的表面活性剂分布和油相可以为派生。当相对分子量分布相似并且表面活性剂的平均重量当量对应于油相的平均相对分子量时, 在表面活性剂和油相之间可能形成非常低的表面张力。根据以上原理, 结合不同当量的表面活性剂和不同的平均相对分子量, 结合不同的油分与界面应力之间的关系和非极性校正因子, 进行了油分界面应力实验, 确定了当量当量。当量表面活性剂和低酸油 (式 (1)),

然后确定低酸稠油的三元组理论。

$$N_a = \frac{\sum X_i N_i}{A \sum X_{of,j} M_{if,j} + B \sum X_{oj,k} M_{ik,k}} \quad (1)$$

2 稠油化学驱的应用研究

2.1 聚合物驱

聚合物的稠油旨在增加稠油液体的粘度, 从而降低迁移率系数以改善重油采收率。受重油粘度影响的重油应用范围并不大。首批科学家认为, 置换粘度大于 $200 \text{ MPa} \cdot \text{s}$ 的重油的作用很弱。但是, 随着聚合物性能的提高和轮廓控制技术的发展和胜利油田已将聚合物驱用于油粘度为 $500\text{--}1000 \text{ MPa} \cdot \text{s}$ 的油罐中。

于冠宇研究了在高聚合物浓度下改变压力梯度的规律和稠油效果, 并提出聚合物的分子量越高, 压力梯度和重油产率就越高。在研究了油水粘度比, 底层渗透率, 聚合物浓度和聚合物废料量对聚合物浇注效果的影响后, 朱养文等人建议当重油的粘度为 $50.7 \text{ MPa} \cdot \text{s}$ 时, 渗透率为 $1.5 \mu \text{m}^2$ 。当聚合物倒出物具有合理的水油粘度比为 0.06–0.6 时; 聚合物的量增加, 总的再生速率增加, 每吨聚合物的油减少, 这与聚合物随后在岩石表面的吸附是一致的, 它变得更弱。功能聚合物是一种新型的化学封装聚合物, 它使用“接枝”技术将多个官能团“接枝”到聚丙烯酰胺分子上。在等效剂量下, 功能性聚合物的稠油效果要好于三元化合物。聚合物驱是克服海上石油钻井平台使用寿命短, 增加石油产量的首选技术。

在近 10 项研究和试图在重海中注入聚合物的尝试中, 最初开发了油田聚合物技术系统, 其中包括适用于海上油田条件的海上技术, 平台聚合物注入技术和早期聚合物注入技术。同时, 相关技术领域也得到了广泛的研究。

谢晓青等人以渤海为例, 研究结果表明对于油田合理的流体提取时间是整个聚合物注入的时刻, 而适当的流体提取幅度则是在流体提取之前液体产量的 1.3 倍, 此时, 它可以使聚合物灌封的再生速率提高约 0.8%。大多数海上油井使用防砂链, 防砂设备会影响聚合物的粘度。因此, 田玉琴等人指出, 具有疏水性材料的金属毡滤管可以减少用于化学注入圣岛海上澄岛油田的聚合物溶液。剪切粘度保持率比传统的金属毡滤管好得多, 剪切保持率为 92.22%, 适用于海上油田。

2.2 热/化学驱

稠油蒸汽驱和蒸汽膨胀存在两个问题: 蒸汽涉及面低和岩石表面的除油速度慢。为了解决这两个问题, 已经开

发了热 / 化学驱技术。石油的热化学萃取机理较为复杂，其研究主要针对热萃取中的化学稠油机理，其发展还需要跨学科发展，化学、热力学和精确的化学制备方法和其他多学科研究。

2.3 二元复合驱

倒入碱金属和聚合物的二元组合是改善酸性重砂岩重油再生的主要方法之一。污水制备的活性两组分碱聚合物驱系统，根据置换粘度高达 530MPa·s 的重油的经验，发现排放系统比纯水排放高出 17% 以上随着挤出系统的粘度增加，重油采收率增加。假设一旦超过该技术的临界点，油水界面张力就会降低到非常低的值，那么随着稠油系统中粘度的增加，重油的产率会降低，并且化学药品的数量也会增加，但这样不会增加经济利益。

2.4 表面活性剂驱

有许多类型的表面活性剂用于稠油，但只有磺酸盐表面活性剂才更广泛地用于油田。国内外科学家对它的关注也较少，大多数情况下将其与聚合物或碱类结合以形成复杂的洪水系统。评估表面活性剂稠油效果的指标是其乳化油的能力，但是，一些研究表明，对于古城油田 B125，低乳化性表面活性剂体系仍可将铸件效率提高 10%。表面活性剂注入的方法也有助于稠油效果。研究表明，热注入表面活性剂比冷表面活性剂注入具有更好的稠油性能。当向与 CO₂ 可混溶的低渗透性储层注水时，会添加一种低分子

量非离子表面活性剂，该表面活性剂不溶于水，但可溶于 CO₂ 和原油。除油效率为 13.13%。耐热表面活性剂和盐是表面活性剂研发创新的方向。

3 结束语

综上所述，自“十一五”以来，油田开发了许多新的化学驱技术，包括主要用于聚合物驱的非均质复合驱技术，用于高盐、高钙粘度和高盐的二元复合驱技术，具有高含量的钙和镁。随着原则上开发出适用于化学驱的 I 型和 II 型储罐，替代来源的类型变得越来越复杂，国际石油价格仍然很低。油田化学驱技术将继续发展，其应用范围将逐步扩大，突破困难的油田，研究开发经济和活性物质以及稠油系统，发现具有耐高温和耐盐性的聚合物驱系统，高性能智能堵漏剂适用于强力异质容器以及耐热和耐盐的乳液表面活性剂将是未来的重要方向。

参考文献：

- [1] 孙龙德, 伍晓林, 周万富, 李学军, 韩培慧. 大庆油田化学驱提高采收率技术 [J]. 石油勘探与开发, 2018, 45(04): 636-645.
- [2] 赵方剑. 胜利油田化学驱提高采收率技术研究进展 [J]. 当代石油石化, 2016, 24(10): 19-22.
- [3] 崔正, 朱永东. 稠油油田化学驱提高采收率技术的研究进展 [J]. 内蒙古石油化工, 2013, 39(04): 153-156.

(上接第 86 页) 了各油井计量工作。

2 自动计量技术研究

截止到目前，稠油生产区块共有计量站 400 余座，其中采用称重式计量技术实现自动计量的简配原油计量接转站有 24 座，约占计量站总数的 6%，其余的计量站还是依靠老式的分离器人工计量及数据的采集录入，单井来液温度及压力也无法实现在线监测，油田自动化水平较低。为了降低员工的劳动强度，充分利用油田自动化成果来提高生产效率。研究人员对所有计量站生产情况进行调研分析后，借助目前成熟的信息化、自动化技术，对计量站进行自动计量改造试验。通过在计量间加装多通阀等设备设施，借助计算机远程传输控制，实现生产数据的远传集中监控。研究人员根据自动化改造的安全性、经济性、复杂性等方面进行综合考虑和研究，确定了改造方案：主要工艺改造是将原计量站计量间单井来液管线进行拆除，加装多通阀，单井来液通过多通阀进分离器进行自动计量，在计量管线位置加装温度变送器及压力变送器，计量后的液体进入大罐或集油管线。该方案利用计量站原有的分离器，加装液位计进行自动计量，需安装液位计及输油泵。

2.1 计量站—子站改造

① 计量线安装温度变送器、压力变送器；② 分离器自动计量，安装磁悬浮液位计；③ 架设无线网络；④ 数据上传至现场控制箱，通过无线网络实现与中心站之间通讯（见图 3）。

2.2 计量站—中心站改造

① 安装工控机、数据库服务器；② 架设无线网络；③

实现与子站的远程通讯、远程控制。



图 3

3 现场改造试验

先后选取了 12 座计量站，包括 5 座标准砖站，7 座撬装站进行改造。通过改造，取得了教会的效果。

4 结论

① 在稠油计量站进行多通阀自动计量改造，进一步改善了站区环境，增加了操作空间，便于员工开展日常维护；② 将进罐和计量工艺结合于多通阀一体，简化了工艺流程，提高了安全系数；③ 应用多通阀和现有的分离器，建立自动控制系统，实现油井自动计量，远程监控，降低了劳动强度，缓解现场人员紧张，提高了数据准确率和利用率。

参考文献：

- [1] 王宏春. 多通阀在油井计量中的应用 [J]. 仪器仪表, 2011 (11): 65-66.
- [2] 郭振杰. 多通阀自动控制技术的研究与应用 [J]. 数字化石油和化工, 2009(10): 22-26.