

低渗透油藏压驱开发矿场实践进展及经济效益评价

马乐瑶(胜利油田分公司胜利采油厂管理六区, 山东 东营 257000)

摘要: 胜利油田探明低渗透油藏 11.8 亿 t 储量, 水驱开发占比达 64.57%。然而, 低渗透率导致注水启动压力高、注入量少, 使得油井能量快速下降且产能递减迅速。针对低渗透油藏地层急需补充能量和提高油井采油效率的需求, 目前主要采用物理、化学法增注技术和周期注水技术等方式, 虽然这些技术初期有一定效果, 但无法从根本上解决“水进不去、油出不来”的问题。实践证明, 以 A 块为例, 压驱注水技术可作为一种经济效益优异、成本可控制的增产措施, 并成功应用于压驱工程中。该技术通过引入增驱剂来改善岩石综合物性并促进裂缝形成, 在控制注水质量与量的基础上, 源源不断地将压裂液经过高凝聚体积系数的石英砂破裂缝注入油层, 从而实现了大幅削峰填谷、有效节约企业资金成本、提升经济效益等目标。研究表明, 将水力压裂与注水结合形成的压驱注水技术是解决低渗透油藏“水采不进、油采不出”难题中具有重大意义的有效措施之一, 其实施涉及的经济效益显著且具有可持续性。

关键词: 低渗透油藏; 压驱; 增产; 经济效益; 成本控制

0 前言

时至今日, 胜利采油厂中的低渗油藏地质储量丰富, 但采收率偏低。在这样的背景下, “资源有限、创新无限”, 迫切需要引入新技术来解决低渗油藏高效开采的难题。压驱注水技术, 则是一种通过超高压快速注入, 增加地层能量, 提高生产压差及油井产能; 同时提高波及系数和驱油效率, 从而提高油藏采收率的现代化发展之道。本文针对 A 区块进行了针对性分析与总结, 并归纳了该技术实施所产生的巨大经济效益: 提升经济效益、降低企业成本、实现成本控制等目标。

1 压驱实践单元地质概况

A 单元位于断裂带东段下降盘, 主要含油层系沙三中 1 砂组, 油藏埋深 3000–3200m, 属常温、常压、中质常规岩性油藏。油藏为滑塌形成的三角洲前缘堆积砂体, 发育块状层理、波状交错层理, 岩屑为长石砂岩及石英, 粒径 0.06–0.25mm 左右, 分选中等, 结构成熟度中等, 成分成熟度低, 磨圆次棱; 泥质含量较高, 平均孔隙度为 16.1%, 平均渗透率为 $22.6 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$, 属于中孔低渗储层。单元发育沙三中 1^2 、 1^3 两个含油小层, 其中 1^2 层砂体厚度平均 5m 以上, 厚度中心在 A-1 井附近, 向四周减薄尖灭, 以 AX2 井为高点向西北倾斜, 地层倾角 8–12°。A-1 压驱井组为单元东部的独立砂体, 含油面积 0.34km², 地质储量 44.8t。

A 块 1996 年 12 月勘探发现, 2003 年投入开发, 2005 年实施产能建设方案调整。由于储层渗透率低, 地理位置较偏远, 附近无注水配套设施, 所以无注入

井, 对油井采取压裂增产方式进行弹性开采。开采初期产能递减快, 折算年递减 60% (图 1); 压裂有效期短, 平均为 6.5 个月 (压裂数据见表 1); 稳产时间短, 14 个月平均日液仅 1.6t。该块无注入井, 一直处于低液量、低含水、低能量开发。到 2011 年油井全部因低液量关停, 累油 1.82 万 t, 采出程度 4.1%, 储量动用程度低。A 块 1 砂组目前地层压力 26.2MPa, 保持原始地层压力的 80.1%, 压降达 6.5MPa。地层亏空大, 储量长期失控, 亟需寻求新的开发方式。

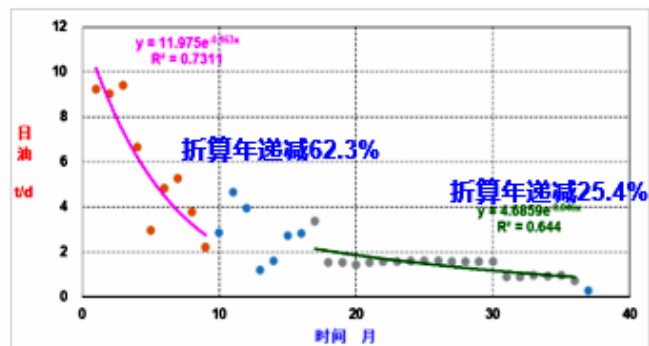


图 1 A 区块平均单井日油递减曲线

针对单元存在的井网完善程度低, 地层能量不足, 注水产液能力低等问题, 我们设计井网重构, 增压注水, 动态监测等方案来完善井网, 快速恢复能量, 高效动用地质储量。

2 压驱方案设计

首先进行井网完善部署, 油井 AX16 和 AX8 井补孔沙三中 1^2 层, A 大修原层扶停, A-1 油转水, 形成

1 注 4 采五点法井网。

其次进行供水改造，新建集油和掺水两座阀组，高压撬装配水间及相关配套设施，并搭接注水管线，将胜九注的水引入 A-1 进行压驱注水。

在低渗透油藏开采过程中，使用压驱技术是一种提高产能和经济效益的重要手段。针对 A 块实施的压驱开发矿场实践，相关技术参数设计合理，提高了企业经济效益。

首先，在压驱方案设计阶段，通过设定累积亏空 0.9 倍设计注入量等关键参数，可以有效控制成本，实现最大化利润。同时，在压驱注水过程中，采用了具备耐压性能、防止管柱蠕动的封隔器和镀渗钨油管，并增加循环压井功能，保证了注入压力和排量。这些措施有助于降低企业运维成本，提升企业经济效益。

其次，在压驱过程中，由于油井开井引效并注入转向剂等微乳液段塞，从而达到防止顺物源方向单向水窜和促进均衡见效的效果。这种技术措施不仅可以提高采油效率，还能够减少对环境的影响，实现可持续发展。

在低渗透油藏压驱开发矿场实践中，应用高科技手段和科学方案设计可以最大化地提升企业经济效益。同时，对经济效益的关注也为企业持续创新和可持续发展提供了保障。在未来，必须积极采取措施降低成本、提高收益，并加强技术创新和管理能力提升，从而不断促进企业的长期发展和盈利能力（表 2）。

3 压驱技术应用及效果

压驱从 2022.4.17 日开注，累计开泵 2510h，注入压力 47.3MPa，平均排量 0.5 方 /min，累计注水 $7.04 \times 10^4 \text{m}^3$ ，于 8.26 日停泵。在压驱过程中加注微乳增产

剂和活性增注剂，自第一段塞后控制乳液注入浓度，后期注水压力基本保持平稳。

压驱初期水井压力升高注水量增多，顺物源方向且井距较近的油井 AX16 供液能力明显变好，日液量由 4 方上升至 6 方，压力由 0.34MPa 上升至 1.07MPa，日增油 2t，增幅达 57%。AX8 静液面由 964m 回升至 794m，标产不出判断泵漏。其余油井无变化，压驱单向见效，为扩大有效驱替面积，防止单向突破现象的发生，首先注入转向剂，其次关闭 AX8。

在低渗透油藏开采过程中，压驱技术是一种行之有效的措施。通过使用微乳液增能调控、注入转向剂等手段，可以提升地层吸水能力和驱替效率，从而实现增储增产。在 A 块实施的压驱开发矿场实践中，经过数次调整后，取得了较好的效果，并带来了一定的经济效益。

在此次实践中，通过注入转向剂封堵优势通道后，油田控制井 AX16 的动态形势稳定且未发生水窜现象，该措施显然帮助企业有效控制成本，提高了开采效率。同时，利用水驱前缘监测结果发现，注入转向剂后，水驱前缘及驱替中心明显向北东方向移动，这说明转向剂确实起到了预期作用。对于 AX8 等油井，由于距离压驱井较近，所以压力传导到井但物质还未到；此时 AX8 的压力上升，其余油井稳定，因此下步可考虑 AX8 自喷开井，其余油井关井憋压，以降低企业成本、提高经济效益。

从企业发展战略的角度来看，通过应用先进的技术手段可以更好地控制成本，实现收益最大化。本次实践的成功也充分证明了在开发过程中科学、合理、高效的技术取得的效果明显。因此，在专业团队和技

表 1 A 块沙三中 1 砂组压裂井生产情况统计表

井号	压裂前生产情况				压裂后生产情况				日增油 t/d	累增油 t	有效期 d	月递减率 %
	日液 t/d	日油 t/d	含水 %	动液面 m	日液 t/d	日油 t/d	含水 %	动液面 m				
A	2.91	2.76	5.15	1350	9.31	6.56	29.5	1550	3.8	54.2	/	/
A-1	1.8	1.8	0.0	测不出	8.0	8.0	0.4	1613	6.2	727	6	16.9
AX2	2.8	2.8	0.0	测不出	6.6	6.6	1.1	2230	3.7	658	7	6.2
平均									4.6	693	6.5	

表 2 化学试剂段塞设计

序号	累计注入水量 / m^3	微乳剂浓度 /%	微乳剂用量 /t	排量 m^3/min	备注
1	3000	0	0	0.43	逐步提排量试注
2	3040	10%	4	0.35	微乳增产剂 + 转向剂
3	6300	1%	13	0.4	微乳增产剂
4	7800	1%	15	0.4	活性增注剂
5	17727	1%	4	0.5	微乳增产剂
6	18207	1%	10	0.5	微乳增产剂
7	20207	1%	15	0.5	活性增注剂
合计			61		

术支持下,企业可继续加强成本控制和节约资金等方面的努力,不断提升自身竞争力和经济效益。

AX8 自喷开井全水,后出砂埋层关井;其余三口油井关井观察,压力无变化,20 天后开井,液量油量缓慢上升,功图变好—AX16 保持稳定,AX2 液量小幅增加,A 产量翻一番。水驱前缘监测结果表明压力前缘已近波及到油井,但介质未传导至油井,示踪剂结果整体未见剂也验证介质未到达油井。注水后期水驱前缘前进速度较快,但大部分水集中在水井近井附近,导致最佳受效区域(红色)变小,高含水区(绿色)变大(图 2)。压驱裂缝主体扩展方向大致为北东 68 度。

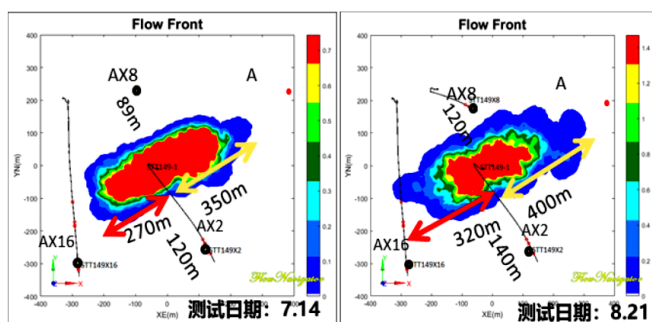


图 2 压驱后期水驱前缘监测结果

A-1 于 8.26 停注后持续进行跟踪,目前压驱注入水主要沿北东 68 度推进,各受效井保持稳定,与压驱前相比液量增加 2.9 方/日,油量增加 3.7t/d,含水上升 1.73%。A 和 AX2 功图变好,压驱有一定的效果。最终水驱前缘监测注水有效波及面积 $18 \times 10^4 \text{m}^2$,各方向均衡推进,压力传导快于物质传导。

4 效益评价

A 根据实践结果,A 块采用压驱加微乳液增能调控的方案,在油田开发中取得了较好的效益。压驱前递减率达到 12.2%,而经过压驱后,递减率降至 3.7%。年自然递减率相比压驱前减缓了 8.5%。递减法预测有效期累计增油高达 3163t。虽然该方案的增油效果略低于预期,比预期少 3625t,但这主要是由于油藏类型特殊,且砂体间可能不连续导致的。我们可以从其他方面考虑创造更多的经济效益。

首先,这个新方案提高了产能,同时也大幅降低了产能递减率,节省了企业重新注入资源的成本。此外,该方案使用了微乳液增能调控技术,这种方式比起其他方式来说,更能帮助企业在开采过程中节约成本。由于渗透率低,高压产生的微裂缝多集中在近井

地带,因此后期注入水大部分还未扩散到油井,需要一定时间。但是,通过调整方案中的注入转向剂等措施,将能够解决地层堵塞的问题,并让注入水更快速地扩散到油井,从而提升经济效益。

此外,A 块所属的油藏类型特殊,为三角洲前缘水道浊积岩型油藏,物源砂体在沉积过程中滑塌并形成多个浊积体。A 块水平面 800m 的距离构造高差高达 100m,砂体间可能不连续,导致压驱未见效。在这种情况下,提高产能和利润需要企业采用更多的成本控制措施,以应对开发过程中造成的多种不确定性因素。A 块实施的压驱加微乳液增能调控方案虽然增油效果略低于预期,但可以帮助企业在保持高产能的同时,降低产能递减率,提升经济效益。通过多措并举,企业可以在降低资金成本的基础上,有效控制成本,实现更大程度的经济效益。

5 认识与建议

对于低渗透油藏,压驱技术是一种有效的开采手段,可大幅提高地层吸水能力,从而提高驱油效率。A 块实施的压驱开发矿场实践取得了显著的经济效益。

首先,在压驱注水过程中,使用微乳增产剂可提高地层渗透率,减少地层流体阻力,同时高压注水会产生微裂缝,从而提高地层吸水能力。这也是该方案实现增储增产的一个主要原因。此外,通过利用活性增注剂进行压力调节,并采用转向剂扩大有效驱替面积,能够缓解平面矛盾,提高生产效率,降低企业成本。

另外,该方案还引入了压裂技术,将有助于进一步提高油井的受效效果。同时,持续跟踪并使用水井上的增压泵注水能持续补充能量,以保证高产能的持久性并最大化提升企业经济效益。

通过采用压驱技术、压裂技术、持续跟踪等手段,A 块实现了较好的增油增产效果,同时也提高了企业的经济效益。在未来开采过程中,应继续加强技术借鉴、成本控制等方面的努力,最大限度地实现经济效益最大化。

参考文献:

- [1] 黄越,金智荣,乔春国,等.江苏油田小断块低渗油藏压驱注水技术实践[J].石油化工应用,2022(06):41.
- [2] 王锋.压驱工艺优化及现场应用[J].石化技术,2022(04).
- [3] 杨平,蒲玉国.东营凹陷南斜坡沙三段浊积岩油藏沉积模式与滚动勘探[J].内江科技,2012(4):2.