

低渗透油藏改善注水开发效果技术研究与应

易文博 (中油辽河油田公司, 辽宁 盘锦 124010)

摘要: 受裂缝发育影响, W 区块注水开发水窜严重, 利用甲型水驱特征曲线预测, 水驱最终采收率难以达到标定采收率, 为此开展了精细地质特征、裂缝发育特征以及剩余油分布规律研究, 在此基础上, 对区块实施深部调驱可行性分析, 优选配方体系及先导试验井组, 取得较好效果, 2 个调驱井组注水压力、平面水窜现象、纵向上吸水状况以及井组产量等指标均得到改善, 阶段累增油 0.65 万 t, 低油价下实现降本增效目的, 可为其他油藏提供借鉴经验。

关键词: 低渗透油藏; 注水开发效果; 技术研究

1 概况

W 区块为低渗透裂缝性油藏, 油藏埋深 900~1500m, 主力含油层系为中生界侏罗系, 可划分为三个油层组, 储层平均渗透率仅 25.3mD, 上报含油面积 7.52km², 石油地质储量 652.6 万 t, 标定采收率 20.5%, 可采储量 133.8 万 t。自 1985 年投入开发以来, W 区块主要经历天然能量和注水开发两个阶段, 受裂缝发育影响, 注入水水窜严重, 区块共有油井 55 口, 开井 46 口, 日产液 1152.7t, 日产油 85.3t, 综合含水高达 92.6%, 其中含水 90% 以上 38 口, 占总井数 39 口, 占总井数 71%, 严重影响区块开发效果。另外, 根据目前注水开发效果, 利用甲型水驱特征曲线预测, 水驱最终采收率仅 16.2%, 无法达到标定采收率 20.5%, 且与同类型油藏相比, 采收率处于较低水平, 亟需改善区块注水开发效果, 提高水驱油效率。

2 关键技术研究

2.1 精细地质特征研究

综合分析三维地震、动静态等资料, 对区块的构造、储层分布特征进行重新刻画。整体来看, W 区块构造上为断鼻状构造, 由西南向东北方向构造幅度逐步降低, 断块内部发育 8 条次级断层, 将区块分割成 6 个小断块, 每个断块都有独立油水界面及压力系统。

W 区块为水下冲积扇沉积, 物源方向为东南方向, 受沉积微相变化快影响, 三个主力油层组发育状况差异大。根据地震属性变化特征分析, 整体来看, I 和 II 油藏在全区均发育, 平均厚度分别为 32.5m、35.6m, III 油层组在区块西部区域发育, 平均厚度 36.3m, 尤其是西北区域, 厚度最大, 往东南逐步变薄, 直至尖灭。各油层内隔夹层不发育, 厚度小于 0.5m。

2.2 裂缝发育特征研究

受构造应力影响, W 区块裂缝较发育, 主要集中在断层附近。根据取心井资料以及井下声波成像资料分析, 裂缝主要方向为东北 65~75 度, 开度 0.2~0.3mm, 裂缝密度 0.3~0.4 条/m, 被油充填。另外, 根据压裂裂缝监测数据, 人工裂缝方向同为北东向, 与注入水水窜方向基本一致。

2.3 剩余油分布规律研究

根据裂缝与基质渗透率大小, 注入水驱油方式有四种, 一是裂缝渗透率远大于基质渗透率, 水驱油仅发生在裂缝中, 基质仅起到吸水排油作用, 注入水未进入到基质孔隙中驱油; 二是裂缝渗透率 $\geq$ 基质渗透率时, 主要为裂缝驱油, 部分基质孔隙参与驱油; 三是裂缝和基质渗透率相近时, 两者共同参与驱油, 油藏采收率最高; 四是裂缝渗透

率小于基质渗透率时, 水驱油主要发生在基质孔隙中, 填充缝中无水驱过程。对于 W 区块, 根据注水效果分析, 见效特征呈现为北东方向油井见效时间短、含水上升速度快特征, 且注水井停注后, 油井日产液量及含水下降快特点, 证明其主要为裂缝驱油, 剩余油主要集中在基质孔隙中。

3 深部调驱可行性研究

3.1 剩余可采储量丰厚

W 区块地质储量 652.6 万 t, 可采储量 133.8 万 t, 地质储量采出程度 15.6%, 可采储量采出程度 76.1%, 剩余可采储量 32.0 万 t, 剩余油相对富集, 为深部调驱实施奠定物质基础。

3.2 储层连通性好

W 区块三个主力油层组储层连通性好, 连通系数在 85% 以上, 且前期注水开发见到较好效果, 共有注水井组 15 口, 见效油井 45 口, 占总井数 81.8%, 其中单向受效井 12 口, 双向受效 25 口, 三向受效井 8 口。

3.3 注采井间存在优势通道

根据注水见效方向, 结合示踪剂、水驱前缘等测试资料, 平面注入水推进方向与裂缝北东向发育相一致, 纵向上强吸水层位为油层组内高渗透层, 利用调剖剂封堵优势裂缝通道, 可有效扩大注入水波及体积。

4 优选配方体系及先导试验井组

4.1 配方体系

根据 W 区块油藏条件, 通过室内实验研究, 优选弱凝胶配方体系, 用浓度为 0.2% 的有机铬交联的弱凝胶 (聚丙烯酰胺浓度 0.2%) 溶液携带体膨颗粒 (粒径 0.4~0.75mm), 利用低分子量、低浓度凝胶进入水窜通道, 达到驱替和封堵双重效果, 改善注水开发效果。

4.2 试验井组

按照先试验再推广原则, 优选油层连通性好、剩余油富集、优势水道发育的构造高部位等 2 个组开展深部调驱先导试验, 调驱前 2 个井组共有 12 口油井, 注水压力 5.5MPa, 日产液 135.5t, 日产油 13.2t, 综合含水 90.3%, 预计调驱后日增油 15t 左右。

5 实施效果

5.1 注水压力上升

注水压力大小间接反应注采井间水窜通道封堵情况, 2 个井组深部调驱后, 平均注水压力由调驱前 3.5MPa 上长升至 8.2MPa, 平均每月注水压力上升 0.38MPa。

5.2 油藏矛盾得到改善

平面上水窜现象得到抑制, 以 W12 井组为例, 根据深

部调驱前后示踪剂测试资料,注入水推进速度由 12.2m/d 降至 8.1m/d,表明调驱药剂体系堵塞水窜通道。纵向上,通过对比调驱前后吸水剖面测试资料,2 个井组新增吸水层 45.6m/12 层,控制吸水层 65.3m/15 层,增加水驱动用储量 12.5 万 t,新增受效油井 3 口,日增油 2.1t,阶段累增油 896t。

5.3 井组产量上升

与调驱前相比,2 个井组日产液量 135.5t 上升至 142.1t,日产油量由 13.2t 提高至 30.5t,综合含水由 90.3% 下降至 78.5%,日增油量 17.3t,增油控水效果显著,阶段累增油量 0.56 万 t。

6 结论

①受裂缝发育影响,W 区块注水开发水窜严重,难以进一步提高采收率;②为改善注水开发效果,开展了精细地质特征、裂缝发育特征以及剩余油分布规律研究,为区块实施深部调驱提供依据;③在对深部调驱可行性分析基础上,优选配方体系及先导试验井组,现场实施取得较好效果,注水压力、平面水窜现象、纵向上吸水状况以及井组产量等指标均得到改善;④本文在低渗透油藏注水开发效果改善方面做法及认识,可为其他油藏提供借鉴经验。

参考文献:

[1] 曾联波,赵向原,朱圣举,赵继勇.低渗透油藏注水诱导裂缝及其开发意义[J].石油科学通报,2017(03).

- [2] 王友净,宋新民,李佳鸿,惠钢,刘萍,王小军.特低渗透油藏动态裂缝非均质性和复合砂体内部构型对开发的意义[J].西北大学学报(自然科学版),2018(01).
- [3] 汪明志.裂缝性低渗透砂岩油藏合理注水压力研究[J].化工设计通讯,2018(08).
- [4] 张晓露.水流优势通道的微观特征及识别标准[J].内蒙古石油化工,2013(16).
- [5] 桑海波等.裂缝性低渗透油藏弱凝胶调剖主控因素及其影响规律研究[D].北京:中国石油大学(华东),2016.
- [6] 陈宪鹏.高弯曲分流河道砂体中水流优势通道识别[J].化学工程与装备,2017(10).
- [7] 常广涛,薛永超,曹仁义.特低渗透油藏菱形反九点井网加密方式优化研究[J].中国科技论文,2016(15).
- [8] 白雷,扎克坚,孟亚玲,等.克拉玛依油田七区八道湾组油藏水流优势通道研究[J].新井石油天然气,2014(01).
- [9] 胡利民,程时清,唐蕾,符国辉.超低渗透油藏菱形反九点井网合理排距[J].大庆石油地质与开发,2018(02).
- [10] 张婷婷.低渗透油藏开发技术分析[J].化学工程与装备,2020(03).

作者简介:

易文博(1988-),男,汉族,工程师,2012年毕业于中国地质大学(武汉)矿产普查与勘探专业,现于辽河油田研究院从事油田开发工作。

(上接第 98 页)的 G 型号喷雾流量为 6.245L/min,有效射程达到 5.5m,雾化角为 29MPa。机载高压外喷雾装置喷雾压力为 8MPa。具体高压喷雾装置现场喷雾降尘情况见图 3。

3 除尘效果分析

在 5605 回风顺槽采取煤层高压注水以及增加布置综掘机高压外喷雾装置后,对掘进迎头粉尘浓度进行现场实测,具体结果见表 1。

表 1

项目	粉尘浓度测定值/(mg/m ³)					呼吸性粉尘降低率/%	全尘降低率/%
	1	2	3	4	5		
应用前	1896	1451	1078	1365	1561	94.5%	89.7%
应用后	118	125	102	97	151		

从表 1 看出,采取文中所提综合除尘技术后,掘进巷道综掘司机位置全尘浓度、呼吸性粉尘浓度有效降尘率分别达到 94.5%、89.7%,同时掘进迎头粉尘浓度均控制在 400mg/m³ 以下取得显著的降尘效果。采取粉尘治理措施后,掘进迎头作业人员通过采用防护口罩等防护措施后,可显著降低煤尘对身体危害。

4 总结

对 5605 回风顺槽综掘工作面粉尘浓度较大原因进行分析,发现煤层本身含水率低、巷道掘进速度较快、掘进迎头风量大等是导致掘进迎头粉尘浓度较大的主要原因。而原采区的静压注水、中低压喷雾方式无法起到显著降尘效果。为此,提出采用高压注水+高压喷雾方式降低综掘工作面粉尘浓度,并具体对高压注水钻孔以及高压外喷雾

装置布置、应用情况进行分析。

现场应用后,综掘工作面全尘、呼吸性粉尘浓度降幅分别达到 94.5%、89.7%,迎头粉尘浓度由平均的 1470mg/m³ 降低至 119mg/m³,可为掘进工作面作业人员创造良好的工作环境。在后续高压喷雾时可通过在喷雾用水中添加一定量的浸润剂来进一步提升降尘效果。

参考文献:

- [1] 田钰龙.煤巷综掘工作面附壁风筒封闭式除尘系统应用[J].江西煤炭科技,2020(01):80-81+85.
- [2] 冉川.控除尘技术在岩巷综掘工作面的应用[J].内蒙古煤炭经济,2019(11):48-49.
- [3] 刘海辰,王成龙.煤矿岩巷综掘工作面控除尘技术优化研究与应用[J].工业安全与环保,2017,43(11):70-72+98.
- [4] 刘斌.煤巷机械化掘进工作面综合防尘技术[J].煤,2017,26(08):80-81+77.
- [5] 张慧.煤巷干式钻孔产尘机理与控尘技术研究[D].湘潭:湖南科技大学,2017.
- [6] 张小康,周刚.全岩巷综掘工作面高效综合除尘技术[J].煤炭科学技术,2013,41(08):81-83.
- [7] 刘杰,杨胜强,张仁贵,王建波,刘磊.泡沫除尘技术在煤巷掘进中的应用[J].煤炭技术,2013,32(02):58-60.

作者简介:

任建华(1987-),男,山西阳泉人,2013年毕业于中国矿业大学(北京),采矿工程专业,本科,现为助理工程师,现从事采掘管理技术工作。