

[引著格式] 密夫林. 八面河油田稠油油藏热采开发效果的工艺技术研究及应用 [J]. 石油天然气学报 (江汉石油学院学报), 2015, 37 (3+4): 47~50.

八面河油田稠油油藏热采开发效果的工艺技术研究及应用

密夫林 (中石化江汉油田分公司清河采油厂, 山东 寿光 262714)

[摘要] 针对八面河油田稠油热采井效果变差的问题, 开展了提高热采开发效果工艺技术研究。通过数学建模确定了八面河油田薄层油藏注汽强度的取值范围, 优选出 OQK-03 高温泡沫调剖体系, 采用氮气辅助吞吐工艺, 优化井型、射孔、防砂等技术。研究表明, 高温起泡剂应选择油层厚度大于 5m 的热采井, 氮气辅助吞吐应选择渗透率大于 300mD、原油黏度小于 5000mPa·s 的热采井。对于油层厚度小于 3.0m 的特薄层油藏, 该热采工艺在水平井中应用取得了较好效果, 且地质条件越差, 水平井的优势越明显。在面 120 区沙三中亚段 1 砂组高产水井开展试验, 共实施 24 井次, 累计增油 1.5×10^4 t, 试验取得了显著效果。

[关键词] 稠油热采; 高产水井; 高温起泡剂; 氮气辅助吞吐; 优化防砂; 优化射孔井段

[中图分类号] TE357.44 **[文献标志码]** A **[文章编号]** 1000-9752 (2015) 03+04-0047-04

八面河油田自 2001 年开始实施稠油热采开发, 热采油藏主要集中在面 138 区、面 120 区和面 37 区 3 个区块 6 个开发单元, 含油面积 36.0km^2 , 地质储量 $3731 \times 10^4\text{t}$ 。目前年热采规模 120~130 井次, 年注汽量 $22 \times 10^4\text{t}$, 年热采产量 $8.9 \times 10^4\text{t}$, 是八面河油田稳产上产的重要保证。经过 10 多年的热采开发, 层薄、出砂、油井高含水、多轮次井产量下降快等一系列问题凸显, 近年来通过综合治理, 在热采规模一定的情况下始终保持了热采产量的稳定。

1 热采注汽工艺的技术及应用

1.1 注汽参数的优化设计

在地质条件和设备条件一定的情况下, 注汽强度是注汽参数最重要的优化参数, 通过建立蒸汽吞吐产能预测数学模型^[1], 模拟不同地质条件下和注汽条件下的周期产油量, 结合经济效益及统计分析, 确定了八面河油田薄层油藏注汽强度的取值范围 (表 1)。多轮次井注汽量设计按照 10%~20% 的比例递增^[2]。

1.2 辅助吞吐工艺设计及应用

1.2.1 高温起泡剂调剖

随着热采轮次的增加, 多轮次井随着轮次增加, 热采效果下降。为了提高多轮次井热采效果, 引进高温起泡剂调剖工艺。经过室内试验评价了 OQK-03、PM-1、SD1020 高温泡沫体系, 评价结果如表 2 所示。对比 3 种泡沫体系,

表 1 八面河油田薄层油藏注汽强度的取值范围

油层厚度	数值模拟注汽强度	统计分析注汽强度	推荐注汽强度
/m	/ $(\text{t} \cdot \text{m}^{-1})$	/ $(\text{t} \cdot \text{m}^{-1})$	/ $(\text{t} \cdot \text{m}^{-1})$
<2.0	—	—	不热采
2.0~4.0	400~470	400~450	400~450
4.0~6.0	300~340	300~350	300~340
>6.0	230~260	200~250	230~250

[收稿日期] 2014-11-12

[作者简介] 密夫林 (1974-), 男, 工程师, 现从事采油生产管理工作, 382856081@qq.com。

OQK-03 高温泡沫体系耐温性、抗盐性强, 80℃时与原油的表面张力可达到 34.58mN/m, 阻力因子达到 35 以上, 300℃处理 4h 后各项指标保持在原来的 98% 以上。

高温起泡剂在设计上采取前置式注入, 充分发挥泡沫的调堵性能^[3], 降低现场施工工作量, 注入质量浓度设计为 3~4kg/m³。

现场应用高温起泡剂实施调剖共计 22 井次, 平均质量浓度为 3.3kg/m³。应用效果显著, 增油有效率 63.6%, 在轮次增加的情况下, 平均单井周期产油量增加 134t, 综合油气比提高 0.11。高温起泡剂的应用效果受油层厚度影响较大, 对比显示, 油层厚度 < 5m 的井, 应用起泡剂调剖后产油量降幅为 33.7%, 油气比下降幅度 37.8%。油层厚度 ≥ 5m 的井, 应用起泡剂调剖后产油量增幅 20.5%, 油气比增幅 29.3%。分析其主要原因是当油层厚度较低时, 油层中注汽流动速度快, 对泡沫体系的冲刷强度大, 导致泡沫封堵效果差。

1.2.2 氮气辅助吞吐

随着热采轮次增加, 地层能量下降, 回采时返排率低, 有效期缩短, 地下存水增多, 油气比降低, 热采效果变差, 需要补充地层能量, 提高返排能力^[4]。氮气辅助吞吐具有套管隔热、降低热损失、增加弹性气驱能量、提高蒸汽波及体积等多重作用, 八面河油田 2001 年就开展了氮气辅助吞吐工艺^[5]。从现场应用效果来看, 注入氮气后放喷期延长, 放喷液量、产量增加, 但整体热采效果不理想, 并没有达到预期的增油目的, 其原因分析为应用区块面 120 区渗透性差, 注氮气后主要集中压缩在近井地带无法扩散, 而热采放喷后氮气随即释放, 导致注氮气并没有起到驱油效果。

近年来重新选择了渗透率大于 300mD, 原油黏度小于 5000mPa·s 的热采井应用, 取得了较好效果。现场应用 6 井次, 累计增油 3263t, 提高油气比 0.31, 有效率 83.3%。

2 热采配套工艺技术研究

2.1 优化井型技术研究

室内研究了油层厚度与热损失率关系^[6], 结果如图 1 所示。当油层厚度趋于 10m 时, 地层热损失增加幅度平缓; 当油层厚度在 5m 以内时, 蒸汽吞吐热损失显著增加; 2m 以内的油层蒸汽吞吐热损失达到了 57%。

面 138 区沙河街组四段特薄层油藏新建 M138-5-X21 井区平均有效厚度 2.7m, M138-X11 井区平均有效厚度 3.1m, 为了提高油层钻遇率, 降低热损失, 近 2 年在 2 个井区加大了水平井的投入, 共投产水平井 20 口, 占新投产井的 39.2%。

数据对比显示, 当油层厚度小于 3.0m 时, 在其他地质条件相同的情况下, 大斜度井、水平井较定向井有较大的优势。原油黏度大于 10000mPa·s 的特稠油区域, 水平井平均单井产油量达到了 700t, 是该区域定向井的 3.6 倍, 综合油气比 0.38, 是定向井的 2.5 倍。原油黏度小于 10000mPa·s 的普通

表 2 不同高温泡沫体系耐温前后性能指标对比

泡沫剂	试验条件	固相质量分数	表面张力	250℃阻力因子
		/%	/(mN·m ⁻¹)	/1
OQK-03	80℃×4h	46.13	34.58	35.3
	300℃×4h	45.98	32.44	34.8
PM-1	80℃×4h	36.12	38.01	15.2
	300℃×4h	35.23	39.28	13.5
SD1020	80℃×4h	35.56	40.25	14.3
	300℃×4h	34.89	40.36	12.5

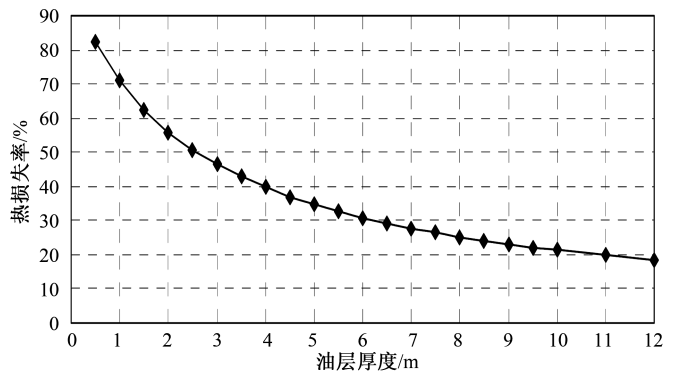


图 1 油层厚度与热损失率关系曲线

Ⅱ类稠油区域，水平井平均单井产油量达到 1174t，是同一条件下定向井的 1.8 倍，综合油汽比 0.59，是定向井的 1.2 倍。地质条件越差，水平井、大斜度井的优势越明显。

当油层厚度大于 5.0m 时，水平井、大斜度井没有优势。如 M137-P11 井，该井油层厚度达到 14.8m，与其相邻定向井对比，油汽比低 0.18，产油量比定向井低 221t。

2.2 优化射孔井段技术研究

只有在靠近蒸汽出口附近的井段吸汽较好（吸汽段在 40~60m 左右），离开蒸汽出口较远的井段基本不吸汽。射孔井段过长，不但不会因为泄油面积增加而提高热采产量，还会因为降低了热利用率而导致热采效果较差^[7]。数据统计显示：射孔井段大于 60.0m 的水平井比射孔井段小于 60.0m 的水平井单井周期产油量少 72t，油汽比低 0.09。

基于以上认识，为适应热采需要，2011 年加强了对薄层水平井射孔井段的优化设计，缩短了射孔段长度，提高了注汽强度，同时加大了大斜度井的应用。新投产水平井射孔段长度平均 58m，比以前缩短了 52m。

面 120 区沙四段东北部运用水平井优化射孔效果显著^[8]。以 M120-4-P10 井为例，该井物性较差，油层垂厚仅 1.0m，渗透率 172mD，运用优化射孔，仅射开前端物性较好的部位，射孔段长度 26.0m，油汽比达到 0.43；其邻井 M120-4-P11 井储层物性好，油层厚度 6.5m，渗透率 500mD，射孔段长度 106.2m，油汽比仅 0.26。

面 138 区沙四段也取得了同样的效果。以 M138-5-X21 井区为例，该井区短井段水平井，平均射孔长度 49.0m，平均单井产油量 848t，综合油汽比 0.51；在其他地质条件相似的情况下，定向井的平均单井产油量 463t，综合油汽比 0.37；长井段水平井平均射孔长度 103m，平均单井产油量 557t，综合油汽比 0.32。热采效果表现为：短井段水平井 > 定向井 > 长井段水平井。

2.3 优化防砂技术研究

八面河油田由于埋藏较浅，胶结疏松，出砂严重，热采后更易出砂，防砂一直是热采井配套工艺中重要的环节^[9]。八面河油田稠油热采区块的防砂主要分为 3 个阶段，第 1 阶段是 2009 年以前的高压充填防砂阶段，由于高压充填的环空充填环节采取降排量充填，环空充填力度较小，2008~2009 年出砂井次均达到了 11 井次，高压充填防砂无法满足热采要求；第 2 阶段是 2009~2010 年的循环充填阶段，通过改变充填工具结构实现环空循环充填，提高了环空充填效果，出砂井比例为 9%；第 3 阶段是 2010~至今的预充填绕防阶段，主要是针对地层物性变差，加大了地层改造力度。

预充填绕防将地层充填与环空充填分开进行，其优点是：①施工参数受地层物性、充填层位与厚度、地层压力影响较小，摆脱充填通道的限制；②提高地层充填效率，增加防砂半径，充填带厚度与强度得到提高，降低地层砂对充填带的堵塞作用；③提高环空充填强度。

2011 年以来加大了预充填绕防的应用，对定向井的应用比例由 2010 年的 36.1% 提高到 2014 年的 62.2%，并逐步替代传统的循环高压充填工艺；在水平井上也加大了地层的改造力度，水平井地层预充填所占比例由 2010 年的 20% 提高到 2014 年的 60%。

从应用效果来看防砂强度得到提高，在防砂周期 326d 的范围内对比，高压充填井出砂比例 5.1%，而预充填出砂比例为 2.4%，防砂效果好于高压充填。

但是热采效果存在差异：①在渗透率相对较低的中渗薄互层油藏（面 120 区沙四段）和特薄层油藏（面 138 区沙三上亚段 3 砂组）应用取得了较好效果。面 120 区沙四段综合油汽比提高了 0.05，面 138 区沙三上亚段 3 砂组综合油汽比提高了 0.14。②在水平井应用效果不佳，分析认为水平井井段长，加砂量较少无法起到改造地层的作用，反而导致大量入井液进入地层，影响热采效果，与滤防对比，实施预充填综合油汽比下降了 0.04。加大改造力度能取得较好效果，如 M120-1-P2 井实际加砂 60m³，加砂量达到 1.01t/m，油汽比达到了 0.53，其他水平井热采效果均较差。③在渗透性较高的油藏没有明显效果，通过对比同一口井不同防砂方式的热采效果，可以得出应用地层预充填防砂后注汽压力略有降低，但是注汽效果没有明显改善。

3 开展高产水井热采试验

国内外蒸汽吞吐标准一直将含水饱和度小于 50.0% 作为热采的下限^[10], 含水饱和度越高, 热利用率越低, 热采效果越差。当稠油黏度大、油水流动度比高时导致冷采含水饱和度虚高的假象。为此八面河油田在面 120 区沙三中亚段 1 砂组开展了高产水井的热采试验。

面 120 区沙三中亚段 1 砂组储层物性好、油层厚度大、原始含油饱和度高, 但自投产以来含水率上升快, 一直未进行热采。分析认为该单元原油黏度较高, 达到 7300mPa·s, 导致油水流动度比大, 而非主力层含水饱和度高, 从而形成含水饱和度虚高的假象。

从现场应用情况看, 试验取得了显著效果, 实施 24 井次, 热采前平均单井产油量 1.3t/d, 产水量 10.7m³/d, 综合含水率 89.2%, 热采后产油量 6.7t/d, 产水量 15.5m³/d, 综合含水率 69.8%, 24 井次累计增油 1.5×10⁴t。

4 结论

1) 高温起泡剂、氮气辅助吞吐工艺能够有效改善多轮次井的热采效果, 但要注意选井的地质条件, 高温起泡剂应选择油层厚度大于 5m 的热采井, 氮气辅助吞吐应选择渗透率大于 300mD, 原油黏度小于 5000mPa·s 的热采井。

2) 对于油层厚度小于 3.0m 的特薄层油藏, 应用水平井能够取得较好效果, 且地质条件越差, 水平井的优势越明显。对于水平井应实施优化射孔, 缩短水平井段长度, 提高注汽强度, 降低热损失。

3) 对于高产水井热采应加强动态含油饱和度论证, 对于物质基础好、采出程度低, 因原油黏度高而形成高含水假象的井实施热采, 能够取得较好的效果。

[参考文献]

- [1] 刘文章. 稠油注蒸汽热采工程 [M]. 北京: 石油工业出版社, 1997: 106~134.
- [2] 赵艳宁, 赵业富, 费成俊, 等. 八面河油田面 138 区薄层稠油油藏蒸汽吞吐方案优化 [J]. 江汉石油职工大学学报, 2013, 26 (1): 32~35.
- [3] 齐宁, 李金发, 温庆志, 等. 稠油油藏蒸汽泡沫驱渗流机理 [J]. 辽宁石油化工大学学报, 2009, 29 (4): 34~38.
- [4] 崔连训. 河南稠油油藏氮气辅助蒸汽吞吐机理及氮气添加量优化研究 [J]. 石油地质与工程, 2012, 26 (2): 64~67.
- [5] 王启尧, 吴芝华. 八面河油田注氮气与蒸汽提高稠油采收率试验 [J]. 江汉石油职工大学学报, 2006, 19 (6): 59~62.
- [6] 陈月明. 注蒸汽热力采油 [M]. 东营: 中国石油大学出版社, 2006.
- [7] 王飞宇. 提高热采水平井动用程度的方法与应用 [J]. 岩性油气藏, 2010, 22 (S12): 100~103.
- [8] 张春荣. 八面河油田面 120 区热采效果分析研究 [J]. 内蒙古石油化工, 2008, 18 (23): 119~120.
- [9] 龙桂英. 八面河油田稠油热采井防砂技术 [J]. 内蒙古石油化工, 2011, 21 (16): 111~112.
- [10] 邵先界, 汤达祯, 樊中海, 等. 河南油田浅薄层稠油开发技术试验研究 [J]. 石油学报, 2004, 25 (2): 74~79.

[编辑] 帅群