

低渗油藏裸眼水平井压裂技术及应用

潘毓兵

(大庆油田有限责任公司第十采油厂,黑龙江大庆 163312)

[摘要] 针对大庆外围朝长地区未动用储量属于低渗透扶余油层,采用常规直井开发,单井产能低、开发效益差,为进一步提高低渗透扶余油层开发效果,通过水平井近平衡钻井、裸眼完井,减少了钻井及固井对储层污染,采用打孔管结合油膨胀封隔器工艺进行压裂改造,探索低产低渗透储层有效的开发途径。试油及投产效果表明,低渗透油藏采用近平衡钻井、裸眼完井能有效地保护储层,实施裸眼水平井储层压裂改造能够提高单井日产油,对进一步改善低渗透油藏开发效果有重要意义。

[关键词] 低渗透;水平井;裸眼完井;压裂

[中图分类号] TE3 [文献标识码] A [文章编号] 1009-1742(2012)04-0070-04

1 前言

国内外研究表明^[1,2],水平井的压裂改造技术是提高低渗透油气田单井产量最有效的手段之一,已成为当前国内外油田和石油服务公司研究的热点。目前,水平井压裂技术已经成为油田提高采收率和开发综合效益的重要手段。裸眼水平井分段压裂技术已经在北美、非洲、中东等国家应用。中国大庆长垣、长庆油气田先后采用裸眼水平井压裂技术改造储层,取得了一定的效果^[3,4]。大庆外围朝长地区扶余油层多为低渗透储层,油藏欠压,自然产能低、直井均需要压裂改造投产,单井产能低、开发效果差。为了进一步提高单井产能,改善油田开发效果,在渗透率低、产能较差的区块开展裸眼完井压裂技术试验,以探索裸眼水平井压裂改造技术在大庆外围低渗透扶余油层的可行性。

2 水平井区地质概况

水平井区位于松辽盆地中央坳陷区朝阳沟阶地,构造倾角为 $5.0^{\circ} \sim 6.6^{\circ}$,扶余油层顶面海拔 $-980 \sim -820$ m,区内断层不发育,断块较开阔^[5]。水平井开发目的层为扶余油层扶 I₃ 层,单层砂岩

厚度 5.5 m,有效厚度 3.0 m,储层为三角洲分流平原河道砂体,点坝砂体发育,为此在点坝砂体发育区设计实施了 1 口裸眼水平井。空气渗透率 5.2 mD,为中孔、低渗透储层。油藏压力系数 0.88,油藏欠压,油藏类型为断层一岩性油藏。区内天然裂缝基本不发育,最大主应力方位 NE75.0°,为近东西向,人工裂缝主缝方位在 NE67.9°~NW88.4°,以近东西向为主,近于南北向。

3 裸眼水平井钻井及完井方式

裸眼水平井方位垂直最大水平主应力方位,近于南北向。完井井身采用三井身结构,即表层套管、技术套管、油层套管,技术套管下到入靶点。由于油藏欠压,为最大限度减少钻井过程中钻井液对油层近井地带的污染,保护储层,在水平段钻井过程中采用水包油微泡钻井液,钻井液密度控制在 $0.90 \sim 1.0$ g/cm³,实现近平衡钻井(见表 1)。裸眼水平井水平位移 946.18 m,水平段为 1 222~1 868 m,水平段长度 646 m,砂岩钻遇率 100%,油层钻遇率 97.8%(见表 2)。根据水平段砂泥岩钻遇情况、周围直井位置以及压裂缝长,优化油胀封隔器及打孔管位置及长度,采用 10 级油胀封隔器+6 段打孔管的完井方式,水平段不需要固井及射孔作业。

[收稿日期] 2012-02-14

[作者简介] 潘毓兵(1978—),男,广西都安县人,工程师,主要从事油藏前期评价工作;E-mail: panyb@petrochina.com.cn

表 1 水平井钻井及完井工艺表

Table 1 Drilling and completion technique of horizontal well

井号	井别	钻井方式	钻井液类型	钻井液密度/ ($g \cdot cm^{-3}$)	完井方式	完井液	备注
水平井 2	采油井	近平衡钻井	水包油微泡	0.92 ~ 0.98	裸眼	柴油	10 级油胀封隔器 + 6 段打孔管

表 2 水平井设计及完钻数据表

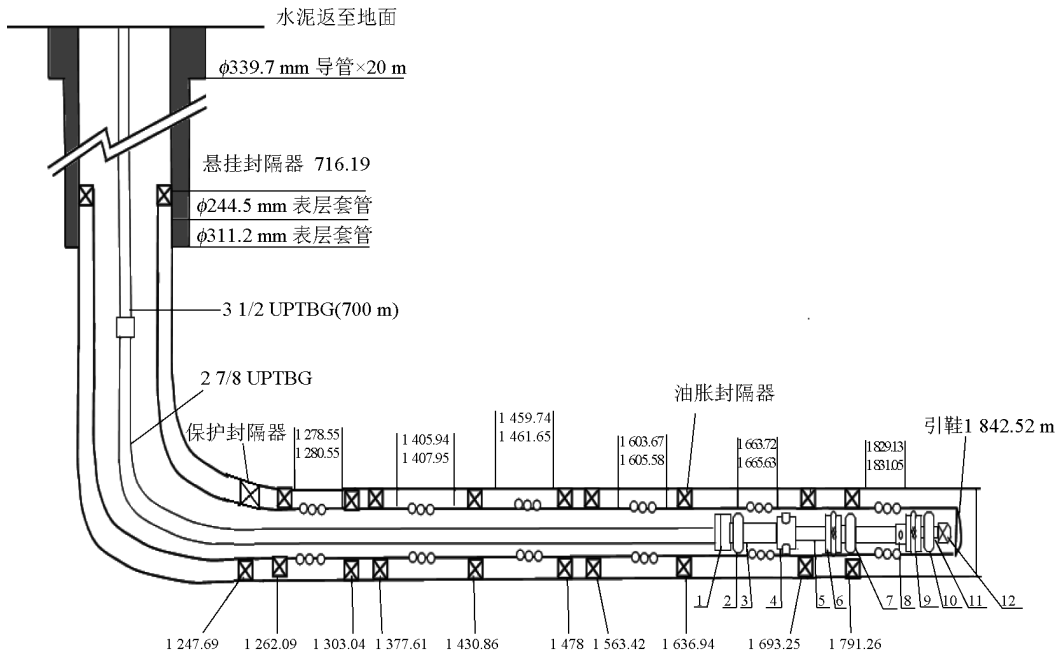
Table 2 Design and drilled data of horizontal well

井号	水平段 测深/m	水平段长度/m		砂岩段长度/m	砂岩钻遇率/%	油层段长度/m	油层钻遇率/%
		设计	实钻				
水平井 2	1 222 ~ 1 868	615.8	646	646	100.0	632.0	97.8

4 油胀封隔器验封情况

油胀封隔器验封后,发现第 1、2 级油胀封隔器和第 6 级油胀封隔器分别在 10 MPa 和 11.5 MPa 下

失封,第 3、4、5 级油胀封隔器和第 7 级和第 8、9 级油胀封隔器分别在 10 MPa 和 13 MPa 下密封(见图 1)。



注:图中无标注的数字单位均为 m

图 1 完井管柱及封隔器示意图

Fig. 1 Completion string and packer diagram

5 压裂设计

由于 3 个封隔器不密封,无法实现 6 段压裂施工,决定设计实施 4 段分段压裂,根据相邻井距离及压裂缝长,单段设计陶粒 $11 \sim 12 m^3$,设计缝长小于 105 m(见表 3)。

表 3 裸眼水平井压裂设计表

Table 3 Openhole horizontal well fracturing design

序号	压裂井段/m	设计 陶粒/ m^3	设计 缝长/m	双封单卡封 隔器卡距/m
1	1 693.25 ~ 1 636.94	11	< 80	67
2	1 636.94 ~ 1 563.42	11	93	67
3	1 478.00 ~ 1 377.61	11	< 90	67
4	1 303.04 ~ 1 262.09	12	101	67

6 压裂现场施工

前三段分段压裂时,随着压力上升到 29 MPa 以上时密封油胀封隔器均不密封,不能稳压,套管出液,储层未压开,最终采取全井笼统压裂,以 0.6 m³/min 排量泵注 3.5 m³ 压裂液后起车坐封,主

施工排量 2.8 m³/min,前置液共 35 m³,砂比 10% ~ 18% ~ 25% ~ 30% ~ 35%,30% 时压力上升,排量提至 3.076 m³/min,压力较平稳,共加入陶粒 14 m³(设计陶粒 12 m³),破裂压力 18 MPa,压裂液 126 m³,返排 68 m³,返排率 53.97% (见图 2)。

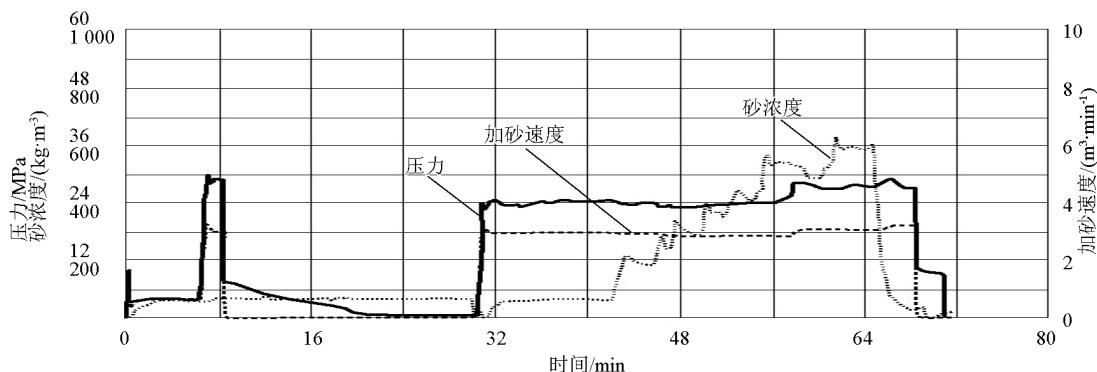


图 2 裸眼水平井笼统压裂施工曲线

Fig. 2 Openhole horizontal well fracturing operation graph

分析认为未能成功实施分段压裂主要原因是由于油胀封隔器 + 打孔管完井管柱目前不能满足裸眼分段压裂的需要。一是油胀封隔器密封率低。压力小于 13 MPa 条件下,10 个封隔器 3 个不密封,密封率仅 70%;二是油胀封隔器承压能力低。由于储层破裂压力 18 MPa,实施压裂时压力高达 38 MPa,而验封压力只有 13 MPa 左右,不能满足分段压裂需要,只能进行笼统压裂,压裂效果差。

7 效果分析

7.1 试油效果分析

裸眼水平井测试获得日产 10.4 t 的工业油流,压后抽汲试油日产油 11.28 t,与裸眼水平井相距 150 m 的常规水平井分 7 段射孔,共射开 48.0 m,测试获得日产 0.35 t 的低产油流。裸眼水平井自然产能为相邻常规水平井的 30 倍,表明欠压油藏采用近平衡钻井,裸眼方式完井,可有效保护储层,提高单井产量。此次,由于油胀封隔器密封率低,承压能力差,裸眼水平井压裂后产能没有较大幅度提高,压裂没有取得预期效果(见表 4)。

表 4 试油成果表

Table 4 Oil test

井号	射孔井段/m	射开段数/段	射开长度/m	孔密/(孔·m ⁻¹)	试油日期	试油方式	周期/个	日产油/t	试油结论
相邻常规水平井	1 215.0 ~ 1 683.0	7	48.0	12	2010 年 4 月	MFE + 抽汲	24	0.35	低产油层
裸眼水平井	1 278.5 ~ 1 829.1	裸孔	—	—	2010 年 4 月	MFE + 抽汲	84	10.4	高产油层
					2011 年 4 月	压后抽汲	51	11.28	

7.2 投产效果分析

目前裸眼水平井刚投产不足 1 个月,初期日产液 15.0 t,日产油 7.3 t,含水 51.3%,沉没度 118.0 m,阶段产油 96.0 t,阶段产水 165.9 t。水平

井初期产量是周围直井初期产量 3 ~ 4 倍,试验初期取得了一定的效果。

如果油胀封隔器满足压裂需要,裸眼水平井实现分段压裂,效果会更加可观。

8 结语

1) 低渗透油藏采用近平衡钻井、裸眼方式完井能有效保护储层,提高单井产量。

2) 裸眼水平井实施储层压裂改造对提高单井日产具有一定的效果。

3) 裸眼分段压裂技术对封隔器有较高的要求,建议改进油膨胀封隔器工艺,以满足裸眼分段压裂技术需求,为进一步提高低渗透油藏开发效果奠定基础。

参考文献

- [1] 杨 富,邹国曙,马得华,等. 苏里格气田平 36-6-23 井裸眼完井分段压裂技术[J]. 石油钻采工艺,2010,32(4):46-50.
- [2] 李宗田. 水平井压裂技术现状与展望[J]. 石油钻采工艺,2009,31(6):13-18.
- [3] 韩国庆,吴晓东,陈 昊,等. 多层非均质油藏双分支井产能影响因素分析[J]. 石油大学学报,2004,28(4):81-85.
- [4] 李春梅,王海涛,刘志国,等. 薄层窄条带砂岩水平井设计与实施效果[J]. 大庆石油地质与开发,2010(4):58-62.
- [5] 付 广,刘美薇. 松辽盆地长 10 区块扶余油层运移通道及对油成藏的控制[J]. 沉积学报,2010(1):202-207.

Barehole horizontal well fracturing technology and application for low permeable reservoir

Pan Yubing

(No. 10 Oil Product Company, Daqing Oilfield Company Ltd. , Daqing, Heilongjiang 163312, China)

[Abstract] The non-producing reserves in Chaoyanggou and Changchunling blocks in outlying of Daqing Oilfield belong to low permeability Fuyu reservoir, and when apply the conventional vertical wells development technology in these areas, we get low single well productivity and poor development benefit. To further improve its development effect and explore economic exploitation methods in low permeability reservoirs, the horizontal near-balance drilling and open hole completion techniques are adopted to reduce the reservoir pollutions caused by drilling and well cementing. What's more, we also combine drilling tures with the oil expansion packer process to carry out fracturing transform. The results of oil production test and commissioning show that near-balance drilling and open hole completion technology can protect reservoirs effectively in low permeability reservoirs. Besides, using open-hole horizontal reservoir fracturing improvement can increase daily oil production of single well, which has important significance to further improve development effect of low permeability reservoirs.

[Key words] low permeability; horizontal well; open hole completion; fracturing