

延长油田长6油藏注水开发及水驱前缘微地震监测应用

郝世彦¹, 王永东²

(1. 延长油田股份有限公司, 陕西延安 716000; 2. 延长油田股份有限公司子长采油厂, 陕西子长 717300)

[摘要] 论述了延长油田长6井组的转注原因及注水前缘微地震监测。延长油田子长采油厂4237井组的注水前缘优势方向为北东东向, 受到原地应力场方向影响强烈。研究表明, 注采井网的布局应该同时参考原地应力场方向及原有裂缝方向。依据监测结果, 油水井布置方向是正确的, 应该缩短沿北北西方向的油、水井距, 以提高注水见效程度。

[关键词] 延长油田; 注水开发; 微地震监测; 水驱前缘

[中图分类号] TE3; P315 [文献标识码] A [文章编号] 1009-1742(2012)04-0008-04

1 区域沉积背景

区域地质研究表明, 鄂尔多斯盆地从晚三叠世开始进入内陆拗陷盆地发展阶段, 发育了大型内陆湖泊, 沉积了厚逾千米的上三叠统生、储油岩系, 延长组是湖盆形成、发展和萎缩全过程的沉积记录。长6期湖盆开始收缩, 沉积补偿大于沉降, 为湖泊三角洲建设的高峰期, 是典型陆相沉积油层, 具备陆相沉积储层物性变化较大的特征^[1]。

根据6口探井共863块样品的物性分析数据, 研究区延长组长6储层物性变化较大, 孔隙度最小为1.3%, 最大可达19.5%, 平均值为9.72%, 主要分布在8%~12%, 占样品总数的82%; 渗透率从小于 $0.001 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ 到 $95.371 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ (为裂缝), 主要分布在 $0.1 \times 10^{-3} \sim 2 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$, 占样品总数的90%。按照原石油行业碎屑岩储层物性划分标准, 本区延长组储层多属低孔低渗和低孔特低渗储层。

截至2004年年底, 子长油田长6油藏油井总数

401口, 开井327口, 平均单井日产液0.66 t, 平均单井日产油0.36 t, 采油速度仅0.23%, 累积产油 98.1×10^4 t。采出程度6.8%, 综合含水44.9%, 属于低孔、低渗、浅层低产油田。

2 注水开发的必要性

该区从投入开发到目前, 油藏驱动以弹性-溶解气驱为主。据子16、子19、子24井测压对比, 子16井初期平均压力6.54 MPa, 生产16个月之后, 共产原油1355 t, 地层压力下降到3.14 MPa, 总压降3.4 MPa, 压降速度为0.21 MPa/月, 弹性产出率399 t/MPa。

根据采收率分析计算结果, 对天然能量开发和水驱开采的采收率进行比较分析(见表1)。

理论计算表明, 子长采油厂长6油藏采用天然能量开发, 最终采收率为10.9%。但根据矿场实际资料分析, 子长油田长6油藏采用天然能量开发的最终采收率为9.3%。理论计算结果与矿场实际资料分析结果很接近, 综合取值10%。

[收稿日期] 2012-02-10

[作者简介] 郝世彦(1964—), 男, 陕西延川县人, 博士, 高级工程师, 长期从事油田勘探开发管理工作; E-mail: haoshiyan888@sohu.com

表1 长6油藏天然能量开发和注水开发的采收率综合取值比较

Table 1 Construction of oilfield development and water – flooding development in Chang 6 Oilfield

天然能量开发				注水开发				
弹性采收率/%	溶解气驱采收率/%	矿场分析天然能量开发采收率/%	综合取值/%	国外油藏经验公式计算水驱采收率/%	国内油藏经验公式计算水驱采收率/%	国内外油藏经验公式计算水驱采收率/%	分流量法计算水驱采收率/%	综合取值/%
1.02	9.7	9.3	10	21.2	13.6	17.4	14.8	17.6

根据国内外油藏经验公式计算结果,子长采油厂长6油藏水驱采收率在13.6%~21.6%,考虑到油藏整体压裂改造的因素,平均取值为16.75%。因此子长油田长6油藏水驱后采收率综合取值17.6%。

综上所述,子长采油厂长6油藏采用注水开发比采用天然能量开发能提高10%的采收率,因此采

用注水开发子长油田长6油藏很有必要。

4237井组于2002年6月实施注水,由于各种原因累积注水不足3000 m³,累积注采比0.02~0.14,地层能量亏空较大,但动态反映明显(见表2),多数邻井产量上升或保持稳定,仅有个别井产量下降。

表2 4237井注水的邻近井动态响应

Table 2 Response of adjacent wells for Well 4237

井层	开始注水时间	邻近油井号	井距/m	注水前(2002年3月)			注水后(2002年9月)			备注
				日产液/m ³	动液面/m	静压/MPa	日产液/m ³	动液面/m	静压/MPa	
4237 长6 ₅	2002年6月4日	4239	300	0.9			0.8			
		4236	300	0.5			0.8	718		
		4233	300	1.7	767		1.7	761		
		4238	250	1.1	783		1.4	782		目前水淹

3 水驱前缘微地震监测方法

由采用天然能量开发转为注水开发,需要随时了解水驱前缘分布、注入水推进速度、邻近见效程度,以便即时调整注采方案。

水驱前缘监测采用微地震方法,在注水井附近布置微地震监测台网,该台网6个分站,无线传输、主站记录、自动识别、分析、定位微地震事件,用监测到的微地震源的空间分布密度描述注水前缘分布^[2]。自动识别采用13个标准:地下质点速度的波幅、频谱、前升起、后衰减、波形包络、互相关,地下质点加速度的波幅、频谱、前升起、后衰减、波形包络、互相关及拐角频率特征。以4237井组为例介绍了微地震监测过程,图1是4237井监测时的台站布置示意图,横轴东西向,纵轴南北向,格值100 m,圆点是被监测井监测段在地面的投影,三角点是监测台站位置。台站布置要求是:监测井应该在台站顺序连线包围区内,6个台站不共圆,3个以上台站不能共线。台网孔径不小于深度的十分之一。

图2是注水井及井组其他邻井位置,涉及4口邻井。

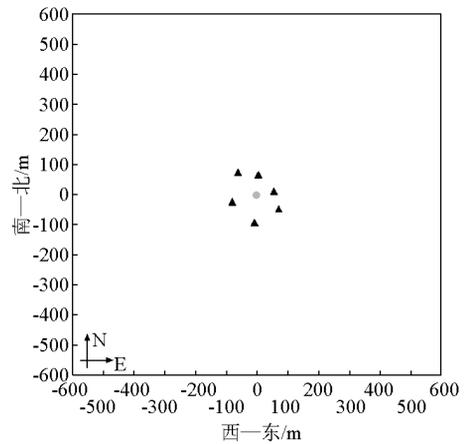


图1 4237井监测台站布置图

Fig. 1 The monitoring station layout of Well 4237

4237井组于2002年6月实施注水,由于各种原因累积注水不足3000 m³,累积注采比0.02~0.14,地层能量亏空较大,但动态反映明显(见表2),多数邻井产量上升或保持稳定,仅有个别井产量下降。4236井注水后增产明显;4238井原是采油井,注水水淹后转为注水井。

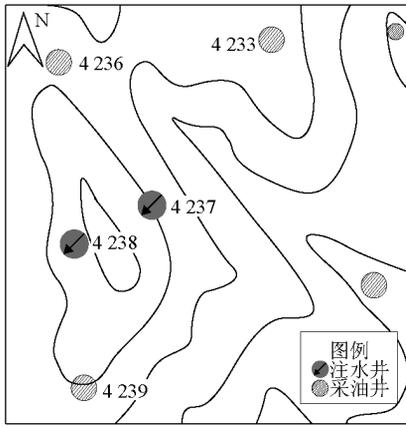


图2 注水井及邻近井的相对位置
Fig. 2 Position map of injection and adjacent well

由图3还可以看出,注入水的优势流动方向北东东向,相对应应力场方向略有右旋,可能受到应力方向及布井方向的共同影响;注水初期,渗流流动速度较快,约每天1.7 m。后期流动速度较慢,至监测时,2010年7月,注水波及的最大距离不足400 m,这可能是由于地层吸水,油井采液,在某一特定距离上,注入水失去了向前流动的动力,水驱前缘波及范围是有限的。

水驱前缘方向应该受到应力方向、布井方向及原生裂缝方向的影响。

监测区的优势裂缝方向北西向^[1],应力方向北东向^[3],油水井连线方向北东东向;后两者对水驱前缘方向影响强烈。

5 结语

1) 微地震监测结果准确地反映了4237井地水驱前缘分布及邻近油井受益状况,给出优势注入水流动方向,估算注水前缘推进速度。为油水井布井及其调整提供亟待了解的依据,是一个现实、可行的监测方法。

2) 监测还表明,影响油田注水的不仅有原生裂缝,应力作用也是一个不可忽视的因素。油田注采井网布置应该参考应力方向、原生裂缝方向的影响。而不考虑应力因素,可能影响注水效果。

3) 此次水驱前缘微地震监测与实际地质资料基本符合。

4) 依据监测结果,注入水沿北东东方向突进明显,在低孔、低渗油田,油水井布置方向应该沿着注水突进方向布置,布井方案是正确的,收到了较好的注水开发效果;若调短北北西方向的井距,可以进一步提高注水见效程度。

参考文献

- [1] 王永东. 子长油田4237井完井总报告资料[R]. 2006,12.
- [2] 齐铁新,刘建中,秦桂林. 井下裂缝连通技术在安棚碱矿的应用[J]. 中国工程科学,2006,8(7):63-67.
- [3] 闫志涛,刘建中,邱金平. 第三沉降带应力场研究[J]. 中国工程科学,2009,11(2):33-36.

4 水驱前缘微地震监测效果分析

图3是等值线表示的水驱前缘及注水见效程度拟合图,由三层等值线表示,最外层等值线包围区是注水见效区,第二层等值线包围区是注水见效较高的区,第三层等值线所包围的区是注水水淹的区。邻近见效区的井,如果沿着见效较高区优势方向,也会稍见效。由图3可以看出,4238井处于水淹区;4236井、4233井邻近注水见效区,且是第二层等值线凸起位置指向方向,应该注水稍见效;4239井注水不见效。这与表2给出的动态结果一致:4238井产液量增高并水淹,4236井、4233井增产或稳产,4239井产液量降低。监测结果准确反映了注水前缘分布和注水见效程度。

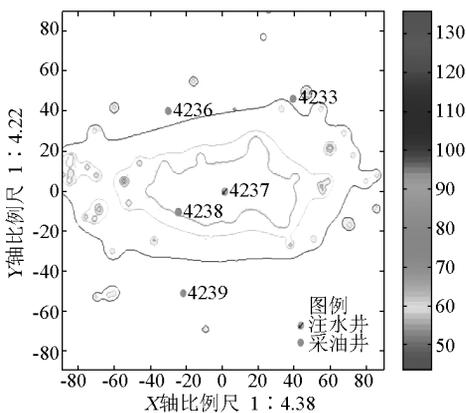


图3 水驱前缘分布及邻近井见效程度
Fig. 3 Water-flooding efficiency of adjacent wells for Well 4237

Microseismic monitoring application for water-flooding in No. 6 oil reservoir of Yanchang Oilfield

Hao Shiyan¹, Wang Yongdong²

(1. Yanchang Oilfield Company Ltd., Yan'an, Shaanxi 716000, China; 2. Zichang Oil Production Plant, Yanchang Oilfield Company Ltd., Zichang, Shaanxi 717300, China)

[**Abstract**] This paper discusses the long 6 extend oilfield injection wells because the transfer group and the leading edge of microseismic monitoring of water. Yanchang Oil Field Oil Production Plant 4237 Zichang water injection wells set the direction of NEE to the front edge by the impact of in situ stress field in the direction of the strong. That injector network layout should also refer to the in-situ stress field direction and the original crack direction.

[**Key words**] Yanchang Oilfield; water-flooding extraction; microseismic monitoring; water-flood front