

青平川油田储层地质特征与注水开发试验

刘雪峰

(延长油矿管理局 青平川钻采公司, 陕西 延川 717200)

[摘要] 通过对岩石矿物、储层物性、油层敏感性和水驱油效果分析,在储层地质研究基础上,评价青平川油田长2油藏注水开发效果。研究表明,长2油藏含油砂岩以细粒长石砂岩为主,粘土矿物中绿泥石含量较高。储层物性差,属于典型的低渗透岩性油藏。水驱油实验结果表明,青平川油田长2油层水驱油效果较好,油田最终驱油效率可达49.4%。先导性注水试验表明,注水开发可以使青平川油田产量在较短时间内得到大幅度提高,在注水后的第4到第7个月达到产量高峰期,第8个月后进入稳产期。油田注水开发产量递减规律分析表明初始递减率为0.0191(1/月)。根据青平川长2油藏实际情况,认为注水开发能达到提高采油速度和油田最终采收率的目的。

[关键词] 延长组;低渗透性油藏;油层敏感性;采收率;注水开发

[中图分类号] P618.130.2 [文献标识码] A [文章编号] 1672-6561(2006)03-0042-03

Geology Property and Water Injection Production
Experiment of Qingpingchuan Oil Field

LIU Xue feng

(Qingpingchuan Oil Drilling And Producing Company, Yanchang Oil Bureau, Yanchuan 717200, Shaanxi, China)

Abstract: Chang 2 reservoir of Qingpingchuan oil field, located in the eastern Shanbei slope of the Erdos Basin, is a typical low penetrability oil reservoir. Fine grained feldspar sandstone is the main oil bearing rock and chlorite is the dominant kind of clay minerals. Physical property is not nice for oil production because of low porosity and penetrability, however experiment of water injection shows that it has high water injection efficiency which is up to 49.4%. Results show that water injection can largely increase oil production in a short time stage. The peak production can be reached at the 4th to the 7th months after water injection, and the production would decrease after the 8th month. The initial production decrease degree of water injection is 0.0191 (1/month). It indicates that water injection can increase both of oil production speed and oil recovery.

Key words: Yanchang Group; low penetrability reservoir; oil bed sensitivity; oil recovery; water injection

0 引言

青平川油田位于陕西省延川县境内、鄂尔多斯盆地东部陕北斜坡带上,其主产油层是延长组长2油层,油层埋深小于300 m,物性差,平均渗透率低于 $10\times 10^{-3}\mu\text{m}$,属于典型的低渗透岩性油藏。青

平川油田长期以来主要应用裸眼完井,依靠自然能量进行生产。近年来,随着油井压裂工艺技术的实施,油田产量虽然有所提高,但是,油井稳产难度加大,产量递减快,油层压力下降大,油藏地下能量亏空严重。目前该油田总体产量很低,采收率和采出程度低,采油速度慢,开发效果较差。

国内外岩性油藏开发实践经验表明,注水开发

[收稿日期] 2006 03 03
[基金项目] 国家 973 项目(2003CB214605)
[作者简介] 刘雪峰(1969-),男,陕西延川人,工程师,从事石油开发研究。

是提高低渗透岩性油藏开发效果的一条有效途径,而且中国已经在鄂尔多斯盆地低渗透岩性油藏开发中取得了很好的效果^[1-2]。笔者在对青平川油田长 2 油层油藏地质特征分析基础上,对注水开发试验效果进行分析研究。

1 储层地质特征

1.1 岩石学特征

薄片鉴定资料分析表明,青平川油田长 2 油层含油砂岩以细砂岩为主,平均粒径 0.11 mm,粒度分布主要以 0.05~0.25 mm 的细、粉砂级颗粒为主,粒度分布具有正偏态的特点,平均偏度 0.13。碎屑颗粒分选好,标准偏差一般 0.68~0.78,平均为 0.72。碎屑颗粒磨圆度差,多呈次棱角状。碎屑成分以长石为主,体积分数 46.3%~48.3%,平均为 47.2%;其次为石英,体积分数 28.6%~29.6%,平均为 29.1%;黑云母的体积分数较高,为 7.3%,多沿层理面呈条带状集中分布,少量呈分散状,绿泥石化现象普遍,是储层中绿泥石体积分数较高的主要原因。岩屑体积分数相对较低,平均体积分数 3.1%。岩屑成分以酸性喷出岩、花岗质岩与变质岩为主。填隙物以粘土矿物为主,其次为方解石和硅质胶结物,碳酸盐岩矿物体积分数为 1.1%~2.7%,平均体积分数 2.1%。按三角图法可将本区长 2 储层岩石定名为长石砂岩。

1.2 粘土矿物特征

本区长 2 储层中的粘土矿物可分为原生成因与自生成因两种。显微镜下原生粘土矿物多充填在颗粒之间,有变形现象。自生粘土矿物一般分布在孔隙内壁呈衬垫状分布。统计表明,长 2 油层粘土矿物的绝对体积分数为 4.4%~10.8%,平均为 8.4%。粘土矿物类型主要有绿泥石、伊利石、高岭石与伊/蒙混层,其中以绿泥石为主,相对体积分数占总粘土矿物的 57.5%~90.7%,平均为 74.2%。在扫描电镜下观察,绿泥石多呈针叶片状或玫瑰花状垂直分布在碎屑颗粒表面,呈孔隙充填式或衬垫式产出。高岭石体积分数 8.2%~18.8%,平均为 12.7%,在储层中多呈书页状或蠕虫状产出。储层中伊利石体积分数相对较高,为 4.1%~11.7%,平均为 7.6%,伊利石多呈丝缕状、搭桥状或片状在孔隙中产出,堵塞喉道。伊/蒙混层粘土矿物的体积分数最低,为 3.6%~6.7%,混层比变化不大,为

35%~47%。

1.3 储层物性特征

长 2 油层储层物性较差,属中低孔、低渗储层。根据 214 口井 670 块样品物性资料分析统计,长 2 油层有效孔隙度值最大 19.9%,最小 1.2%,一般为 12.8%~13.9%,平均值为 13.5%;渗透率值最大 $94.9\times 10^{-3}\mu\text{m}^2$,最小 $0.2\times 10^{-3}\mu\text{m}^2$,一般为 $(10\sim 20)\times 10^{-3}\mu\text{m}^2$,平均为 $11.8\times 10^{-3}\mu\text{m}^2$;含油饱和度最大 59.8%,最小 12.3%,一般 12%~25%,平均为 14.1%。

2 油层敏感性与水驱油效率

青平川油田具有注水开采的有利条件,岩心油层物理研究表明,其油层为亲水型,岩心水润湿指数为 0.82~0.85,油的润湿指数为 0,有利于注水驱油。该油田长 2 油层虽然在纵向上非均质较为严重,但在平面上渗透率变异系数较小,有利于注水均衡推进,吸水性能可以适应注水的需要。该油田的油井绝大部分都经过压裂,油层吸水性能好。储层敏感性分析结果表明,长 2 储层酸敏指数为 0.4~0.47,属于中等酸敏,水敏指数为 0.63,属于中等偏强水敏,速敏指数为 0.15。总之,长 2 油层属于弱速敏,中等酸敏,中等偏强水敏,注水对于油层物性影响不大。

研究选取青平川长 2 油层有代表性的岩心样品进行水驱油实验,结果表明,见水前平均采油速度为 0.973%,无水期驱油效率 45.3%,残余油饱和度 31.7%(表 1)。随着注入倍数的增高,驱油效率增大,当含水 95%时,驱油效率 47.1%,当含水 98%时驱油效率 48%,最终驱油效率为 49.0%(图 1),由此可知,长 2 油层水驱油效果较好。

表 1 青平川油田长 2 油层驱油效率实验数据

Tab. 1 Data of Water Injection Experiment

样号	气测渗透率/ ($10^{-3}\mu\text{m}^2$)	孔隙度/ I%	束缚水饱和度/ I%	见水前平均采油速度/ ($\text{mL}\cdot\text{min}^{-1}$)	无水期驱油效率/ 率 I%	残余油饱和度/ I%
B-1	24.8	14	37.3	0.973	45.3	31.7

3 注水开发试验效果分析

为了确定注水开发效果,青平川油田先建成一个注水井(注 1 井)组进行先导性注水试验。与注 1

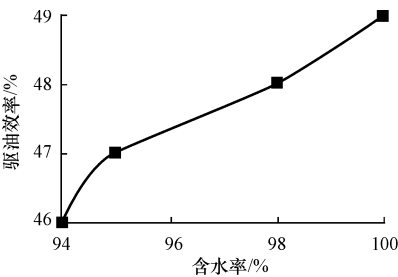


图 1 青平川油田长 2 油层驱油效率

Fig. 1 Water Injection Efficiency

井对应的一线油井在 15 个月的试验期间产量变化曲线见图 2。注水前单井日产原油量 0.30~0.50 t, 注水后产量迅速提高, 单井日产量上升到 0.80~1.60 t, 较注水前产油量提高 1.6~4 倍。

图 2 中可以看出, 注水在两个月后就明显见效, 一线油井总液量、产水量和产油量比注水前均有较大幅度增加, 在注水后的第 4 到第 7 个月达到产量高峰期, 第 8 个月后开始下降进入稳产期(图 2)。由此可见, 注水开发可以使产量在较短时间内得到大幅度提高。为了更好地研究注水开发油田递减规律, 总结经验, 对今后的生产动态进行预测, 对油田注水开发产量递减规律作以分析。

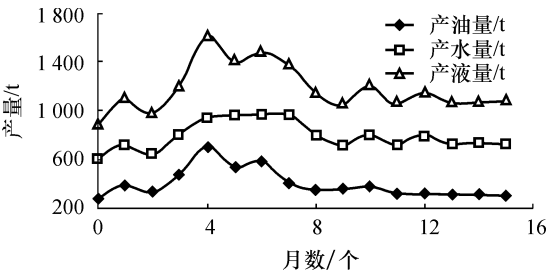


图 2 青平川油田先导性注水开发产量变化曲线

Fig. 2 Oil Production Variations of Water Injection in Qingpingchuan Oil Field

图 2 中, 注水开发第 8 个月后进入稳产阶段, 原油产量开始递减。油田产量递减规律除了与油藏驱动类型、储层特征和流体性质有关外, 还与注水开发方式有关。油田产量与时间之间关系式为^[2]

$$q_t = q_i(1 + nD_iT)^{-1/n} \tag{1}$$

式中: q_t 为递减后 t 时的产量(t); q_i 为递减初期产量(t); D_i 为初始递减率; n 为递减指数(无因次); T 为开发时间(月)。

在油田开发初期, 产量一般按照指数递减规律递减^[2-4], 因此, $n \rightarrow 0$, 这样式(1)可以变成

$$q_t = q_i e^{-D_i T} \tag{2}$$

式(2)变成 $D_i = (1/T) \ln(q_i/q_t)$ (3)

图 2 表明, 产量从第 8 个月后开始递减, 当时的产量为 320 t, 经过 7 个月生产后的第 15 个月时产量递减到 280 t, 由式(3)可以计算出其初始递减率为 0.0191(1/月)。

油田开发实践和理论研究表明, 注水开发的油田不但可以达到较长时间的高产和稳产, 而且还可以提高油田的最终采收率, 对于大多数油田来说, 在其原始条件下, 因为天然能量较弱, 不能满足油田开发的实际要求, 因而在技术经济许可的条件下, 人们向油层注水来补充能量, 以提高油层驱动能力。同时因为注水来源广, 工艺简单, 因此, 国内外油田普遍采用注水开发方式。特别对于低渗透性岩性油藏, 注水开发是提高油田产量最重要的工艺技术^[1,4,9]。

4 结语

(1)青平川长 2 油藏属于典型的低渗透岩性油藏, 含油砂岩以细砂岩为主, 粘土矿物中绿泥石含量较高, 储层物性较差, 属于中低孔、低渗-特低渗储层。长 2 储层属于中等酸敏, 中等偏强水敏, 弱速敏, 有利于注水开发。

(2)青平川油田水驱油实验表明, 长 2 油层水驱油效果较好, 油田最终驱油效率可达 49.0%。

(3)青平川油田进行的先导性注水试验表明, 注水开发可以使产量在较短时间内得到大幅度提高, 在注水后的第 4 到第 7 个月达到产量高峰期, 第 8 个月后进入稳产期, 油田注水开发产量递减规律分析表明, 初始递减率为 0.019 1(1/月)。

根据青平川长 2 油藏目前实际情况, 认为注水开发既能保持油层压力, 也能使油井长期高产稳产, 从而达到提高采油速度和油田最终采收率的目的。

[参 考 文 献]

[1] 李道品. 低渗透油田高效开发决策论[M] . 北京: 石油工业出版社, 2003.

[2] 王俊魁. 对油气田产量衰减曲线的理论探讨[J] . 石油勘探与开发, 1993, 20(4): 64 - 71.

[3] 谭成仟, 马娜蕊, 苏 超. 储层油气产能的预测模型和方法[J] . 地球科学与环境学报, 2004, 26(2): 43 - 46.

[4] 陈元千. 油气藏工程计算方法[M] . 北京: 石油工业出版社, 1990.

[5] 付国民, 李永军, 石京平. 樊家川油田河流相储层砂体非均质模型及剩余油分布[J] . 长安大学学报: 地球科学版, 2003, 25(1): 15 - 19.