

大庆低渗透油田 L 区块井网加密方式研究

吴景春 郜志伟 顾晓琳

(东北石油大学提高采收率教育部重点实验室,大庆 163318)

摘 要 井网加密是油田开发调整最重要的措施之一,井网是否合理直接影响到油田开发效果。从大庆油田 L 试验区块加密前实际生产状况出发,结合现场实际井网,设计出不同的加密方案。计算了各方案条件下水驱控制程度、采收率等开发指标。结果表明,75 m×75 m 五点法井网的加密方案可以有效改善水驱开发效果,提高采收率。

关键词 低渗透油田 井网加密 水驱控制程度 采收率

中图法分类号 TE57.5; **文献标志码** B

1 L 试验区块的基本情况

大庆 L 试验区块属低渗透油田,平均渗透率 $4.19 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$,有效孔隙度 14.5%,含油饱和度 51%,原始地层压力 10.3 MPa,饱和压力 7.1 MPa。该区块于 1995 年 10 月投产,1996 年 2 月转入注水开发,从注水开发效果看,油井未见到明显的注水效果,产量和地层压力呈下降趋势。油井初期产量较低,吸水能力低,不能建立有效的驱动体系^[1-3]。

试验区块自投入开发以来,采取强化注水、分层注水的政策进行开发,1997 年开始采取高注水强度、高注采比的开发政策,年注采比由 2.29 提高到 3.38,同时采取了油井压裂、换泵等增产措施,但采油速度仅有 0.66%。1999 年 9 月开始进行采用 150 m×150 m 反九点法面积井网。

2 井网部署研究

从储层动用状况看,L 区块储层在注采井距为 100—150 m 之间仍然建立不起有效驱动体系。根据基础井网的布井方式^[4-6],按照合理油水井数比要求,对 150 m×150 m 井网设计二次加密方案:

75 m×75 m 五点法井网和 75 m×75 m 反九点注采井网。

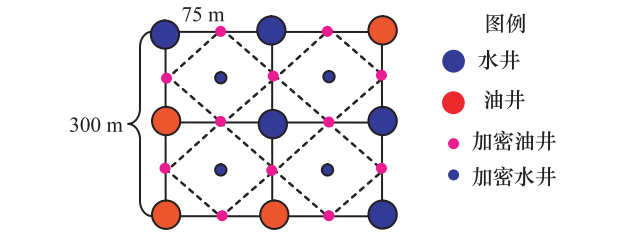


图 1 75 m×75 m 五点法注采井网

2.1 五点法井网的各向连通砂体占水驱控制储量的百分数与井距的关系

计算加密后各类连通砂体占总的水驱控制储量的百分比,结果见表 1。随着井距的减小,双向和

表 1 L 区块各向连通砂体占水驱控制储量的百分数

井距/m	单向/%	双向/%	三向/%
300	37.21	33.77	29.02
250	26.95	40.13	32.93
200	21.41	44.09	34.5
150	16.88	47.58	35.54
100	12.89	50.82	36.29
80	11.41	52.06	36.53
70	10.68	52.68	36.63
60	9.97	53.29	36.74
50	9.27	53.89	36.83

多向连通比例增加,单向连通比例减少很快。当井距为 300 m 时,单向连通比例为 37.21%,多向连通(双向和三向)比例为 62.79%;井距为 75 m 时,单向连通比例下降到 10.68%,多向连通增加到 89.32%。

2.2 五点法井网水驱控制程度与井距的关系

根据低渗透油田砂体分布统计数据,L 区块加密前 300 m 井距条件下,平均水驱控制程度为 82.54%,拟合参数 $aC_s = 523.58$ 。由公式 $\bar{\lambda} = 1 - \varepsilon^{\frac{1}{2}} \exp\left[-\frac{aC_s}{\psi(\varepsilon)d^n}\right]$ 得加密后不同井距的总的水驱控制程度见表 2。由此可知,随着井距的减小,双向和多向连通水驱控制程度增加,单向连通比例减少很快。井距由 300 m 减少到 70 m,单向连通水驱控制程度减少了 63.3%,双向连通水驱控制程度增加了 99.7%,三向连通水驱控制程度增加了 61.6%,总水驱控制程度增加了 29.1%。因此,减小注采井距

有利于增加低渗透油藏水驱控制程度^[4]。

表 2 L 区块水驱控制程度与井距的关系

井距/m	井网密度/ (口·km ⁻²)	水驱控制 程度/%	各类连通水驱控制程度/%		
			单向	双向	三向
300	11.11	82.54	28.77	26.1	22.43
250	16.00	86.25	21.87	32.57	26.72
200	25.00	90.4	18.36	37.81	29.59
150	44.44	94.72	15.37	43.33	32.37
100	100.00	98.4	12.44	49.03	35.01
80	156.25	99.35	11.21	51.16	35.89
70	204.08	99.66	10.57	52.12	36.25
60	277.78	99.85	9.92	53.00	36.54
50	400.00	99.96	9.25	53.78	36.75

2.3 五点法井网有效驱动系数与井距的关系

根据 $\eta = 1 - F(k_{\text{下}})$ 可计算得到各井距下各向连通的有效驱动系数,见表 3。

表 3 L 区块有效驱动系数与井距的关系

井距/m	水驱控制 程度/%	各类连通水驱控制程度/%			有效驱动系数(小数)			有效水驱 控制程度/%
		单向	双向	三向	单向	双向	三向	
300	82.54	28.77	26.10	22.43	0.225 0	0.402 9	0.560 0	31.55
250	86.25	21.87	32.57	26.72	0.315 0	0.546 1	0.680 0	45.53
200	90.40	18.36	37.81	29.59	0.400 0	0.678 7	0.800 0	59.74
150	94.72	15.37	43.33	32.37	0.525 0	0.800 7	0.910 8	75.14
100	98.40	12.44	49.03	35.01	0.742 6	0.912 1	0.976 1	89.89
80	99.35	11.21	51.16	35.89	0.875 0	0.953 7	0.994 6	95.34
70	99.66	10.57	52.12	36.25	0.930 0	0.973 9	0.996 0	97.39
60	99.85	9.92	53.00	36.54	0.990 0	0.980 0	0.997 0	98.58
50	99.96	9.25	53.78	36.75	0.999 0	0.990 0	0.998 0	99.33

表 4 L 区块五点法加密水驱采收率与井距的关系

井距/m	300	250	200	150	100	80	70	60	50
井网密度/(井·km ⁻²)	11.11	16.00	25.00	44.44	100.00	156.25	204.08	277.78	400
水驱控制程度/%	82.54	86.25	90.40	94.72	98.40	99.35	99.66	99.85	99.96
动用油层渗透率下限/mD	6.15	5.12	4.10	3.07	2.04	1.63	1.43	1.23	1.02
有效驱动系数(小数)	0.4	0.51	0.63	0.75	0.88	0.94	0.97	0.99	1.00
有效水驱控制程度/%	31.55	45.53	59.74	75.14	89.89	95.34	97.39	98.58	99.33
水驱采收率/%	9.54	13.85	18.22	22.96	27.47	29.14	29.77	30.14	30.39

表 5 L 区块反九点加密水驱采收率与井距的关系

井距/m	300	250	200	150	100	80	70	60	50
井网密度/(井·km ⁻²)	11.11	16.00	25.00	44.44	100.00	156.25	204.08	277.78	400.00
水驱控制程度/%	77.30	81.17	85.77	91.07	96.49	98.26	98.94	99.46	99.79
动用油层渗透率下限/mD	6.15	5.12	4.10	3.07	2.04	1.63	1.43	1.23	1.02
有效驱动系数(小数)	0.40	0.51	0.63	0.75	0.88	0.94	0.97	0.99	1.00
有效水驱控制程度/%	29.55	42.85	56.68	72.25	88.14	94.29	96.69	98.19	99.16
水驱采收率/%	8.93	13.03	17.29	22.08	26.94	28.82	29.56	30.02	30.34

从表 3 中可知,L 区块 300 m 井距条件下,注采压差大约为 20 MPa 左右,水驱能够有效控制到的储量占 31.55% 左右;随着井距缩小,在同样的注采压差条件下,能够有效动用的油层渗透率下限也随着减小,井距降到 70 m 时,能够有效动用油层的渗透率下限为 $1.0 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ 左右,在此渗透率以上有效动用水驱控制储量增加到 97.39%。

2.4 五点法井网水驱采收率与井距的关系

低渗透油田 L 区块五点法加密水驱采收率与井距计算结果见表 4。

根据表 4 和图 2,对于 L 区块,目前 300 m 井距下,平均有效驱动系数为 0.4,有效水驱控制程度只有 31.55%,水驱采收率为 9.54%;如果五点法加密方式,井距缩小到 150 m,有效驱动系数增加到 0.75,有效水驱控制程度提高到 75.14%,水驱采收率为 22.96%;如果采用五点法加密,井距缩小到 70 m,有效驱动系数增加到 0.97,有效水驱控制程度达到 97.39%,水驱采收率为 29.77%。

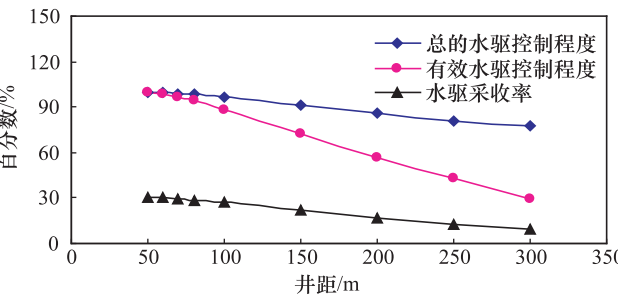


图 2 L 区块水驱采收率与井距关系曲线

2.5 反九点与正五点井网开发指标的对比

反九点井网由于其适当的油水井数比及其灵活的后期调整余地,在矿场得到了广泛的应用(见图

3)。加密后,注采井数比由原来的 1:1 转变为 1:3。

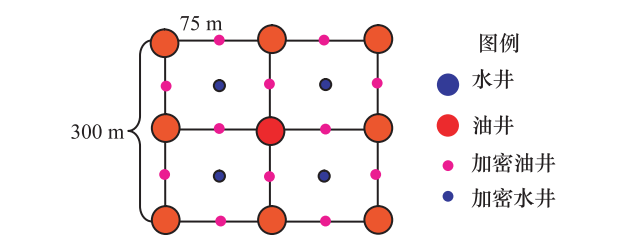


图 3 75 m × 75 m 反九点注采井网

对比表 4 与表 5 可知,在相同井距和井网密度条件下,五点法与反九点井网的驱替效果存在明显的差别,见图 4。五点法井网的水驱控制程度、水驱采收率均高于反九点面积注采井网,且在其它条件相同时,水驱控制程度的差别随井距增大而增大,但增幅逐渐减小;随着井距变小,这种差别逐渐接近于零。在其它条件相同时,水驱采收率的差别随井距的增大先变大后减小,呈现一峰值,该峰值对应井距 180 m 左右,即在注采井距为 180 m 左右,推荐采用正五点注采井网。

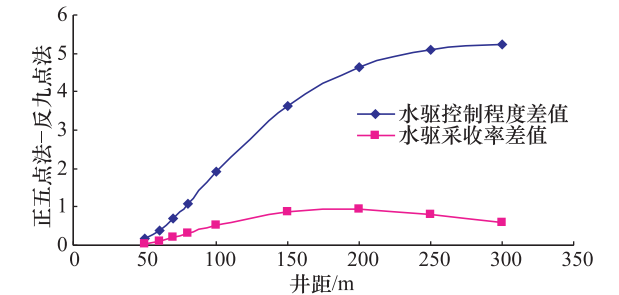


图 4 五点法与反九点法井网开发指标差值与井距的关系

3 结论

(1) 对于 L 区块,300 m 井距下,平均有效驱动系数为 0.4,有效水驱控制程度只有 31.55%,水驱采收率为 9.54%;采用五点法加密方式,井距缩小到 150 m,有效驱动系数增加到 0.75,有效水驱控制程度提高到 75.14%,水驱采收率为 22.96%;

(2) 二次加密计算结果表明,采用五点法加密,井距缩小到 75 m,有效驱动系数增加到 0.97,有效水驱控制程度达到 97.39%,水驱采收率为 29.77%。

(3) 在相同井距和井网密度条件下,五点法与反九点井网的驱替效果存在明显的差别。五点法井网的水驱控制程度、水驱采收率均高于反九点面

积注采井网。

参 考 文 献

1 朱圣举,刘宝良.确定低渗透油藏合理井网密度和极限井网密度的新方法.特种油气藏,1999;6(1):15—17

2 贺凤云,刘妍,黄善芹,等.模拟改善大庆油田朝 45 区块的开发效果.大庆石油学院学报,2000;24(4)

3 邓明胜,汪福成,迟田立,等.朝阳沟油田裂缝性低渗透油田井网适应性研究.大庆石油地质与开发,2003;22(6):27—29

4 姜秀芬,张允秀,任继荣,等.二次井网加密调整效果分析.大庆石油地质与开发,1995;03:53—55

5 曹仁义,程林松,薛永超,等.低渗透油藏井网优化调整研究.西南石油大学学报,2007;04:67—69

6 周锡生,李艳华,徐启,等.低渗透油藏井网合理加密方式研究.大庆石油地质与开发,2009;19(5):20—23

Low Permeable Oil Fields in Daqing of L Block Well Pattern
Thickening Research

WU Jing-chun,GAO Zhi-wei,GU Xiao-lin
(Key Laboratory of Enhanced Oil and Gas Recovery of Education Ministry, Northeast Petroleum
Univercity, Daqing 163318,P. R. China)

[Abstract] Well pattern thickening is one of the most important oilfield development adjustable measures, Well pattern whether reasonable directly affect the oil field development effect. From daqing oil field L test block before actual production situation of encryption, on the analysis of the reasons of the poor development effect basis, combining with the actual well pattern, to design the different encryption scheme are presented. Each scheme water flooding control degree, recovery and other development indicators are calculated. The results show that 75 m × 75 m five spot well pattern of the encryption scheme can effectively improve the development effectiveness of water flooding, enhanced oil recovery.

[Key words] low permeable oil fields well pattern thickending water flooding control degree recovery oil