

# 志丹油田白家山东部油区井网及井距排距部署方案

仇复银 赵 博 成志刚

延长油田股份有限公司注水项目区管理指挥部 陕西延安 716000

**摘要:** 目前志丹油田白家山东部油区属于开发扩边区域, 需要整体部署开发方案, 合理规划井网及井距排距, 从而使该区域开发取得良好的经济效益。井网密度是油田开发的重要数据, 它涉及油田开发指标的计算和经济效益的评价, 对于一个固定的井网来说, 其井网密度的大小与井距大小和井网的形式有关。正确选择井网是论证开发系统是否合理的一个重要环节, 井网布置是油田开发的关键问题之一, 选择的井网及井距排距是否合理, 将直接影响着油田开发的效果及整个开发过程的主动性和灵活性。本文依据从事志丹采油厂勘探开发研究工作经验及认识, 从白家山东部油区油藏特征、地质构造、地面工程实际出发, 有针对性的提出该井区改善井网形式, 优选井距排距的部署开发方案, 更好地服务于采油厂稳定可持续发展。

**关键词:** 油田开发; 井网; 井距; 排距

## Well pattern and well spacing arrangement scheme in baijiashan East oil area of Zhidan Oilfield

Fuyin Qiu, Bo Zhao, Zhigang Cheng

Yanchang Oilfield Co., Ltd. water injection project area management headquarters Shaanxi Yan'an 716000

**Abstract:** At present, the eastern Baijiashan oil area of Zhidan oilfield belongs to the development and expansion area, so it is necessary to deploy the development plan as a whole, and rationally plan the well pattern and well spacing, so as to achieve good economic benefits. Well pattern density is an important data of oilfield development, which involves the calculation of the oilfield development index and the evaluation of economic benefit. For a fixed well pattern, its well pattern density is related to the well spacing and the form of well pattern. The correct selection of well pattern is an important link to prove whether the development system is reasonable or not. Well pattern layout is one of the key issues in oilfield development. Whether the well pattern and well spacing are reasonable or not will directly affect the effect of oilfield development and the initiative and flexibility of the whole development process. Based on the exploration and development experience and understanding of the Zhidan oil production plant, based on the reservoir characteristics, geological structure, and ground engineering practice of the eastern Baijiashan oil region, this paper puts forward a targeted well pattern improvement in the well area and optimizes the deployment and development plan of well spacing and spacing, so as to better serve the stable and sustainable development of the oil production plant.

**Keywords:** oilfield development; Well pattern; Well spacing; Row spacing

### 引言:

白家山东部井区面积约48.2km<sup>2</sup>, 目前共有油水井

192口, 其中有159口采油井, 33口注水井, 生产主力层位是延长组长6层。研究区开发目的层录井显示为油斑、油迹, 整体上工区井网密度与相邻的双河油区和永宁油区相比生产井数较少, 开发程度低, 在工区中部自东北之西南形成一条稀井条带, 动用含油面积15.5km<sup>2</sup>, 储量1161.78 × 10<sup>4</sup>t, 水驱控制储量321.82 × 10<sup>4</sup>t, 储量的动用程度、采出程度等都较低, 油藏处于开发建产完善阶段,

**通讯作者简介:** 仇复银, 男, 汉族, 1988.2, 籍贯: 湖北十堰, 学历: 本科, 职称: 工程师, 毕业院校: 长江大学, 研究方向: 采油工艺、井下作业、油田注水开发, 电子邮箱: 897636261@qq.com。

是本次方案部署开发的重点区域。

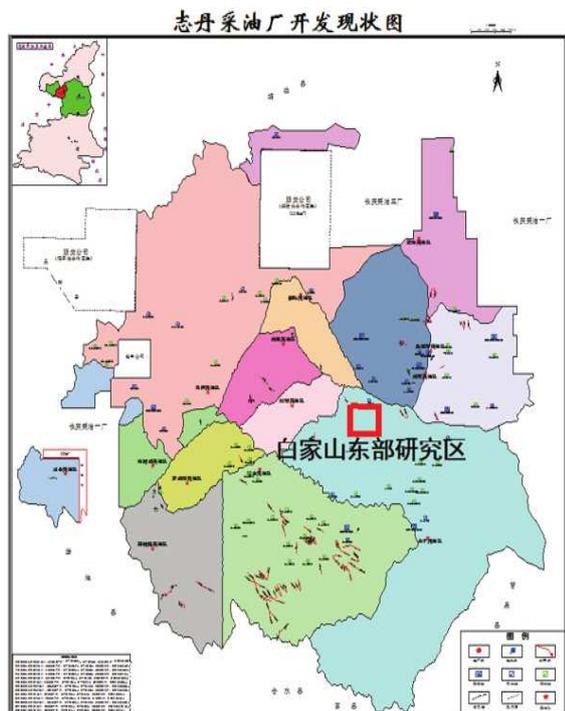


图1 白家山东部研究区工区位置图

为后续更好论证该工区井网调整及井距排距部署方案提供科学详实的支持依据,前期通过收集工区油水井信息,产液、产油、含水率信息,射孔、压裂信息等资料,运用Geomap、石文等软件,对该区地质构造、油藏剖面等做了大量基础工作<sup>[1]</sup>。

### 1 目前开发中存在问题

目前工区内井数少,井网不够完善,注采对应关系差,水驱储量控制动用程度低,地层能量偏低;同时工区平均单井产量低,高含水井和停井多,开发效果差。采用不规则的点状注水井网,注采井数比为1:1.91,控制含油面积40.1km<sup>2</sup>,油井开井为92口,平均日产油38.11t/d,综合含水率73.9%,注水井开井数27口,日注水量246.01m<sup>3</sup>。截至2016年10月,白家山油区东部累计产液37.3×10<sup>4</sup>m<sup>3</sup>,累计产油11.03×10<sup>4</sup>吨,累计注水17.7×10<sup>4</sup>m<sup>3</sup>,地下亏空19.4×10<sup>4</sup>m<sup>3</sup>。整个工区开发井网、井距不合理,注采系统不完善等问题,使得油田开发效果不理想。

### 2 合理井网密度分析

俞启泰(北京石油勘探开发研究院开发所)在谢尔巴乔夫公式的基础上,引入经济学上的投入与产出因素,推导出计算经济极限井网密度与经济最佳井网密度的方法,公式计算如下:

$$\alpha s_b = \ln \frac{F \eta_o a (L - P)}{(I_d + I_B)} + 2 \ln s_m$$

$$\alpha s_m = \ln \frac{F \eta_o (L - P)}{(I_d + I_B)} + \ln s_m$$

式中:  $\alpha$ —井网指数(根据试验或经验公式求得), ha/井;

$s_b$ —经济最佳井网密度, ha/井;

$\eta_o$ —驱油效率, 小数;

L—原油售价, 元/t;

P—原油成本, 元/t;

F—储量丰度, 万吨/ha;

$I_d$ —平均一口井的钻井投资, 万元/井;

$I_B$ —平均一口井的地面建设投资, 万元/井;

$s_m$ —经济极限井网密度, ha/井;

参考邻近永宁区块油田开发方案相关油藏参数,  $a=0.010148$ ,  $\eta_o=0.26$ ,  $F=0.3631$  万吨/ha,  $L=2600$  元/t,  $P=1728$  元/t,  $I_d=103$  万元/井,  $I_B=30$  万元/井, 得到经济最佳井网密度为5.31ha/井, 即16口/km<sup>2</sup>, 经济极限井网密度为2.41ha/井, 即25口/km<sup>2</sup>。在算出经济极限井网密度和经济最佳井网密度之后, 根据李道品推荐的“加三分差”原则:

$$s_r = s_b + \frac{S_m - S_b}{3}$$

其中,  $S_b$ 为经济最佳井网密度,  $S_m$ 为经济极限井网密度,  $S_r$ 即为最终合理井网密度, 计算得 $s_r=20$ 。因此确定工区最终合理井网密度为20口/km<sup>2</sup>。

## 3 合理排距、井距分析

### 3.1 合理排距分析

低渗透油藏排距的大小与裂缝密度及油藏基质岩块渗透率有关联, 合理的排距应建立起有效压力驱替系统。大量的室内试验表明, 在低渗透储层中, 油气渗流具有非达西流特征, 存在启动压力梯度, 由理论公式可计算出不同排距下采油井与注水井之间的地层压力分布和对应地层压力梯度分布曲线<sup>[2]</sup>。

由图2中上图可以看出, 由于储层的物性差, 导致渗流阻力变大, 当注采井排距为250m时, 地层能量主要是在注采井近井地带消耗, 即在采油井附近约65m、注水井附近约80m范围内, 约距生产井70m~170m范围内, 会有一平缓的压力直线段; 但在注采井距从250m减小到80m时, 驱动压力分布曲线中平缓段却消失, 而逐渐趋近于陡峭的直线。从图2中下图可见, 储层流体流动所需启动压力梯度愈小, 相应的排距就愈大。

延长组油层启动压力梯度可以由经验公式  $\lambda = 0.0608K^{-1.1522}$  求出, 将研究区平均渗透率1.92mD带入得启动压力梯度为0.029MPa/m, 当排距为r时, 任意时刻t在地层中任一点x处的压力降为:

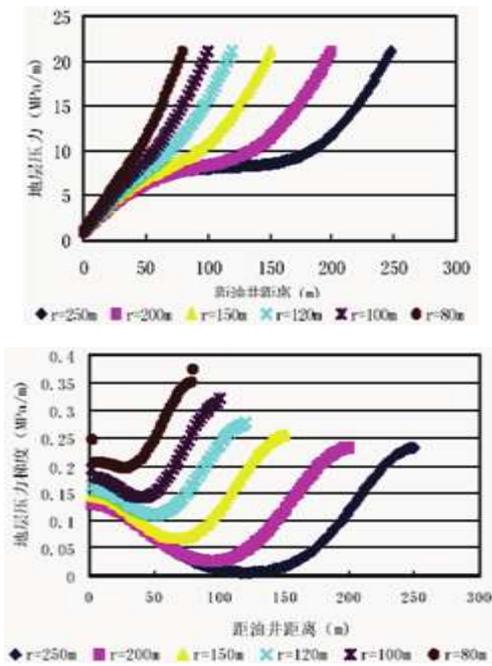


图2 不同排距下压力分布 (k=1.5md) 与压力梯度曲线 (k=1.5md) curve (k=1.5md)

$$\Delta p = 7.21 \left| -\operatorname{erf} \frac{x}{2\sqrt{\eta t}} \right| - 12.81 \left| -\operatorname{erf} \frac{r-x}{2\sqrt{\eta t}} \right|$$

其中: P — 压力, MPa;  
r — 排距, m;  
 $t_D$  — 无量纲时间;  
 $\eta$  — 导压系数。

带入邻近永宁油田已有油藏开发参数, 要保证油层中任一位置其驱动压力梯度均大于启动压力梯度时, 合理排距应为 130~160m。

### 3.2 合理井距研究

#### A、通过数值模拟确定井距

为了研究井网系统的井距和排距, 建立非均质地质模型进行数值模拟。模型中考虑了人工裂缝、渗透率各向异性。在不同渗透率、不同排距与井距比值条件下, 有如下数值模拟结果 (图 3):

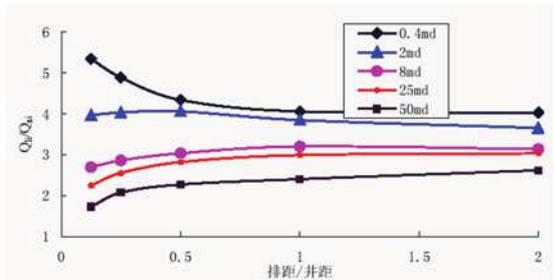


图3 菱形反九点井网中累计产量增长倍数与排距/井距关系曲线图

上述渗透率分别为: 0.4、2.0、8.0、25 和  $50 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ , 排距与井距比值分别为: 2: 1、1: 1、1: 2、1: 4 和 1: 8, 纵坐标为菱形反九点井网累积产油量 ( $Q_{li}$ ) 与正方形反九点井网累积产油量 ( $Q_{si}$ ) 的比值。根据本区长 6 油层的地质特点, 平均渗透率为 1.92mD, 从上面模拟结果曲线看, 排距与井距的比值为 1: 2 时,  $Q_{li}/Q_{si}$  值最大, 因此, 确定排距与井距比值为 1: 2, 得到井距为 260~500m。

#### B、经验法确定井距排距

根据李道品 (低渗透油藏开发专家) 建议, 对于低渗透的砂岩油藏, 需考虑到压裂措施, 一般选取开发井网的井距为 300~600m, 其井距约为排距的 3~5 倍。根据靖边油田、安塞油田、双河油田等<sup>[3]</sup>, 对低渗透油田开展的注采井网最佳几何参数的优化结果, 认为对于低渗透砂岩油藏, 选取合理的井排距为 100~150m, 合理的井距为 300~600m。

根据白家山东部油区及其邻近区块人工裂缝监测结果, 本区人工裂缝均为垂直缝, 裂缝高 8~34m, 平均 19.6m, 裂缝方位角北东 57~104.1°, 平均方位角北东 68.64°, 裂缝总长一般 150~330m 之间, 平均 219.2m, 按照这样的裂缝规模, 井距排距组合为 520 × 150m 较为合理<sup>[4]</sup>。

### 4 结论

- (1) 白家山东部油区最终合理的井网密度为 20 口 / km<sup>2</sup>。
- (2) 工区合理排距应为 130~160m, 合理井距应为 300~600m。
- (3) 作为优选, 工区井距排距组合推荐为 520 × 150m 较为理想。

#### 参考文献:

- [1] 田选华, 胡罡, 李鹏春. 致密油藏技术极限井距确定新方法[J]. 西安石油大学学报 (自然科学版). 2021 (04)
- [2] 甘俊奇, 王俊文, 张原, 周杨, 曾倩, 李锦, 王璐. 多层低渗透砂岩油藏高含水期菱形反九点井网的调整方法[P].
- [3] 陈民锋, 杨子由, 秦立峰, 付世雄, 荣金曦. 低渗透各向异性油藏菱形井网储量动用评价及设计优化[J]. 石油与天然气地质. 2021 (05)
- [4] 万文胜, 杜军社, 秦旭升, 等. 低渗透注水开发砂岩油藏合理井网井距的确定方法[J]. 新疆石油天然气, 2007, 3 (1): 4.
- [5] 周婧. 延长油田合理井网密度及合理注采井距研究[J]. 石化技术, 2016, 23 (1): 1.
- [6] 屈丹, 陈民锋, 毛梅芬, 杨子由, 杨金欣. 各向异性油藏水平井加密矢量组合井网合理调整策略[J]. 油气地质与采收率. 2021 (05)