

苏家区块成藏规律认识与开发效益分析

张会雪 杨 森 吴晓歌 魏梦娇 (吉林油田吉林东部油气新能源公司, 吉林 长春 130062)

摘 要: 苏家区块位于松辽盆地东部断陷带梨树断陷的苏家洼槽, 2017 年勘探部署后, 苏家 1、苏家 2 井在火石岭组、营城组试油获高产油气流, 成为产能建设重点区块。本文剖析了苏家区块开发过程中面临的主要问题成藏规律认识不够, 采用开展整体研究油藏背景、动静态结合明确运移规律、精细刻画构造等方法研究了问题成因及解决对策, 使区块油藏认识得到进一步深化, 为措施选井和注采调控提供了可靠的依据。在实践中取得了很好的效果, 并为长期高效开发打下坚实基础, 保障了持续的经济效益产出。

关键词: 成藏规律; 动静结合; 精细刻画; 经济效益

中图分类号: TE132.1 **文献标识码:** A **文章编号:** 1674-5167 (2025) 012-0061-03

Understanding the laws of reservoir formation and analysis of development benefits in the Sujia block

Zhang Huixue, Yang Sen, Wu Xiaoge, Wei Mengjiao (Jilin Oilfield Jilin East Oil and Gas New Energy Company, Changchun Jilin 130062, China)

Abstract: The Sujia block is located in the Sujia trough of the Lishu fault depression in the eastern part of the Songliao Basin. After exploration deployment in 2017, Sujia 1 and Sujia 2 wells achieved high-yield oil and gas flow through oil testing in the Huoshiling Formation and Yingcheng Formation, becoming a key block for capacity construction. This article analyzes the main problems faced in the development process of the Sujia block, such as insufficient understanding of reservoir formation laws. By conducting a comprehensive study of the reservoir background, combining dynamic and static analysis to clarify migration laws, and finely characterizing structures, the causes of the problems and solutions were studied, which further deepened the understanding of the reservoir in the block and provided a reliable basis for well selection and injection production control measures. Good results have been achieved in practice, laying a solid foundation for long-term efficient development and ensuring sustained economic output.

Keywords: law of reservoir formation; Combination of dynamic and static; Fine depiction; economic benefits

1 地质概况

苏家洼槽表现为双断模式, 发育两条控陷断裂, 桑树台断裂和曲家断裂, 自下至上发育基岩、火石岭组、沙河子组、营城组、登娄库组、泉头组。开发的营二段、火二段断层极其发育, 形成一系列断块, 构造落差大, 断层北东走向, 长度一般 2 ~ 5km, 断距一般 15 ~ 50m, 海拔深度 -1800m ~ -2450m。火二段地层厚度 150m ~ 350m; 油层顶面埋深 2350m ~ 2650m; 营二段地层厚度 80m ~ 120m; 油层顶面埋深 1850m ~ 2950m。

苏家地区构造演化与松辽盆地一致, 经历断陷期、拗陷期和萎缩期; 登娄库组末期构造反转, 深层构造形态定型。火二段 I 砂组、营二段主要为扇三角洲沉积, 储量区主要发育扇三角洲平原、扇三角洲前缘两种亚相, 火二段 I 砂组砂体分布受三支物源影响; 储量区砂体由西南向东北减薄, 呈条带状分布, 厚值区发育在苏家 10-45 ~ 苏家 16-29 井区, 砂岩厚度 60m ~ 80m。

主力含油小层与其展布特征基本一致。1 号小层砂岩厚度一般为 8m ~ 9m; 2 号小层砂岩厚度一般

为 11m ~ 19m。营二段砂体分布受三支物源影响; 储量区砂体厚值区发育在西南物源扇体的苏家 4 ~ 苏家 4-23 井区以及北部物源扇体的苏家 21、苏家 1-2 井区, 砂岩厚度一般为 40m ~ 50m。

主力含油小层与其展布特征基本一致, 4 号小层砂岩厚度一般为 2m ~ 10m; 6 号小层砂岩厚度一般为 12m ~ 15m。火二段岩性以砂砾岩为主孔隙类型原生粒间孔、溶蚀孔; 为特低孔、特低渗储层; 营二段: 岩性为细砂岩、粉砂岩, 储层孔隙度一般为 4% ~ 14%, 中值为 8.4%; 渗透率一般为 0.01mD ~ 1.28mD, 中值为 0.08mD, 油层孔隙度一般在 8% ~ 13%, 中值为 11.4%; 渗透率一般为 0.16mD ~ 2.56mD, 中值为 1.02mD, 孔隙类型原生粒间孔、溶蚀孔; 为低孔、特低渗储层。

营二段、火二段为扇三角洲沉积: 主要发育扇三角洲平原、前缘两种亚相。营二段发育西南部、北部和东部三套扇体: 苏家 20 井区发育西南扇体、苏家 21 井区发育北部扇体, 为水下分流河道及席状砂微相。火二段发育西南、西北和东部扇体: 苏家 20 井区发育西南扇体, 为水下分流河道及席状砂微相。

2 开发现状

2017 年进行勘探部署, 苏家 1、苏家 2 井先后取得突破, 在火石岭组、营城组试油均获得高产油气流, 打开了苏家洼槽勘探的局面。从 2018 至今一直按照“勘探评价开发一体化”思路, 相继部署苏家 11、20、19、22、2-19、10-33、6-5 等一批探评井、开发井均见到较好的效果。探明储量分别是石油 205.7 万吨、天然气 42.67 亿方。完钻: 各类井 89 口(探评井 38 口, 开发井 50 口)。试采投产: 油井 63 口, 开井 40 口, 日产液 162t, 日产油 102t, 综合含水 37.1%, 累产油 12.9 万吨(探明区 5.9 万吨); 水井 2 口, 日注水 30 方; 产气井 9 口(4 口气井+5 口油气井), 开井 7 口, 日产气 4.8 万方, 累产气 1.82 亿方; 油采出程度 2.86%、采油速度 0.75%, 气采出程度 4.26%、采气速度 0.45%。

3 存在的问题

3.1 单井产能差异大

苏家地区近几年成为产能建设重点区块, 总体效果达标, 达产比例低(45%), 制约产能建设效果, 主要原因是油气水分布规律认识不清, 表现为储层变化快, 物性差异大, 单井产能效果差异大。单井产能低于 0.5t 的有 10 口井, 平均有效厚度 4m, 日产油 1t; 单井产能 0.5t~2t 之间的有 14 口井, 平均有效厚度 5.8m, 日产油 17t; 单井产能 2t~3t 之间的有 6 口井, 平均有效厚度 9.2m, 日产油 14t; 单井产能高于 3t 的有 19 口井, 平均有效厚度 13m, 日产油 97t。

3.2 地层能量低

断层极其发育, 构造落差较大, 200 井距的相邻井同一储层落差可达 80m, 一系列断阶, 导致储层变化快, 井间连通状况复杂, 地层能量低, 完善地下砂体井网需求大, 但缺少井网部署可靠依据。前期开展了活性水吞吐、注水驱替、CO₂ 吞吐试验均为取得理想的效果。

4 成藏规律研究

4.1 采用整体研究理念, 明确宏观成藏规律

将中石化资料与本区资料组合起来, 弄清生、储、盖及运移规律。①成藏条件: 生油层: 营一段、沙河子组烃源岩发育, 厚度大、生烃指标好, 油源充足; 储集层: 营二段、火石岭储层发育, 为成藏提供储集空间; 盖层: 营三+四段、营一段、沙河子组泥岩厚度大形成较好的盖层。②成藏特征: 主体是桑树台、曲家两条大断裂进行控藏, 局部断层发育有效沟通源储形成侧向、垂向对接有利于成藏, 形成断层-岩性油藏, 其中苏家 20、苏家 5 为成藏有利区, 油气分布受断块分割, 差异聚集, 分布规律复杂, 差异大。③认识: 营二段砂体全区发育, 具有“烃源岩控制油层宏观分布, 近源断块和

河道砂体控制油气富集、各断块独立成藏”的特征, 油藏类型为断块-岩性油藏。火二段砂体主要在西南断阶发育, 临近凹陷, 油源基础非常好, 成藏以侧向对接为主, 对接烃源岩埋深决定流体状态, 物性控制油气富集, 油藏类型为断块-岩性油藏。

4.2 动态与静态结合, 弄清运移规律

动态资料进一步佐证油藏认识。研究表明: 苏家 20 区块一断阶靠近油源断层桑树台断裂, 油源充足营二段、火二段油层均发育, 产能效果好; 二断阶及东北部断阶带远离油源断层, 油源不足, 多数井仅发育火二段油层, 产能效果差。

4.3 精细刻画断层, 解释油水层分布

采取动静态相结合, 精细刻画微小断层, 微幅构造。开展营二段储层沉积特征及有效砂体展布规律研究, 开展流体性质识别研究, 明确该区油藏控制因素, 进行富集区优选。

4.4 细化饱和度模板

采用测井法计算含油饱和度的, 利用本区岩电实验、地层水资料建立饱和度方程。火二段含油饱和度分布在 51.7%~60.8% 之间, 下限: AC ≥ 215, 电阻 ≥ 38; 营二段含油饱和度分布在 57.0%~74.5% 之间, 下限: AC ≥ 215, 电阻 ≥ 35)。分井区、分砂组进一步细化饱和度, 识别油水层。

5 取得的认识

5.1 源储对接成藏, 断距控制含油柱高度, 近源高产

①成藏模式: 苏家 20 区块根据断层分布情况, 分为四个断阶带, 分别为东北部断阶带、一断阶、二断阶、三断阶, 控藏断层为桑树台断裂。一断阶: 靠近油源, 火二段主要发育顺向断层, 营二段断层少, 有利于成藏, 油层发育好, 试油试采效果好, 达产井占比高; 二断阶: 距离油源相对较远, 火二段反向断层发育, 对油气运移起到一定遮挡作用, 油层发育变差, 未达产井占比高; 三断阶: 远离油源, 反向断层发育, 不利于油气长距离运移, 油气充注效果差。②东北部断阶带: 火二段普遍发育, 局部发育营城组, 储层物性差异大, 物性决定试采投产效果。③成藏模式: 苏家 5 区块控藏断层为曲家断裂, 北部苏家 5 井区断距小, 源储侧向对接成藏, 油层主要发育在营二段下部 4、5、6 号小层, 为断层岩性油藏; 断距控制含油柱高度, 距离烃源岩源越近, 含油性越好, 产量高。

5.2 营二段储层全区发育, 不同区带油气充注差异大

营二段西部断阶油柱高度大, 中部及北部构造油层主要发育在下。扇三角洲前缘相沉积, 营二段发育 2 个沉积中心, 3 套物源, 砂岩厚度 20~40m, 苏家 5 井区为北部和东部物源交汇处, 营二段砂岩连片发

育,砂体连通性相对较好,纵向叠加发育,单砂体厚度 2~6m。苏家 20 区块的营二段油气充注效果好,油柱高度高,6 个小层油层发育,投产后高产,含水低。苏家 5 区块的营二段油气充注略差,油柱高度低,上部 2 号小层以水为主,下部 4、5、6 号小层以油为主。

6 应用效果

6.1 优化方案,持续上产

通过持续不断深化油藏认识,指导苏家地区开发方案,2018 年以来日产油逐步上升到 100 吨以上,年产油 3 万吨以上,成为东部油气公司第二主力区块,实现 20 万吨稳产。评价井 4 口的评价曲家断裂营二段含油面积,效益储量规模,指导下步井位部署:苏家 1-22 井:试油 4、5、6 号层日产油 41.4 方;目前试采 5 个月,初期日产液 17.2t,日产油 6.3t,含水 63.4%,目前日产液 14.6t,日产油 2.3t,含水 84.7%,近期液降、油降、含水升,分析主要原因是能量下降,两相渗流发生变化;苏家 11-8 井:试油 1-6 号小层,日产油 8.7m³,日产水 122.4m³,封堵 2 号层遇卡,待大修,目前判断出大水为 2 号层,下步大修后建议封 1-3 号层,采 4-6 号层;苏家 5-18:试油 5、6,营一段 1 号小层,日产油 3.9m³,日产水 33m³,位于断阶低部位,含油性变差,目前已封井;苏家 8-22:试油 3、4 号小层,日产油 0.6m³,日产水 64.5m³;2 号小层未压裂,试油日产水 35.2m³,远离油源,此断阶含油性差,目前已封井;老井 3 口:产能再认识,取得较好效果;苏家 5 井:2019 年试油,5 号层射孔自喷日产油 11.7 方,射孔投产 42 个月累产油 3004 吨,2023 年 4 月对原投产层位压裂,补压潜力层后稳定产量 7.3/5.8/20.3%;苏家 21 井:2020 年投产营二段 6 号小层,一直处于低水平稳产,鉴于苏家 5 效果后,通过对本井潜力再认识,前期压裂规模小,2023 年 10 月重压前期投产层和补压潜力层后,目前稳定产量 8.8/8.5/3.9%;苏家 19 井:6 号层试油,自喷 36m³,试采自喷 12 吨。

6.2 调减风险井位

在实施过程中,紧跟钻井动态,采取滚动实施原则,依据储层,含油性变化,调减 11 口高风险井位,减少了投资风险,提高了方案质量。

6.3 优化调整井位

苏家 6-15 井钻遇效果差,有效厚度仅 3m,通过井震结合,重新预测砂体,对井位进行优化调整,苏家 2-15 向北移动 57m,苏家 8-11 向东北移动 110m,调整后钻遇效果达到预期。

7 经济效益分析

①成本效益方面。从开发成本来看,调减高风险井位减少了不必要的投资,避免了在地质条件复杂、

含油性差的区域钻井,节省了钻井、完井等一系列成本。通过优化井位部署,如苏家 2-15 和苏家 8-11 井位的调整,提高了钻遇效果,增加了单井产量,从而提高了整体的经济效益。完钻 89 口井(探评井 38 口,开发井 50 口),涉及到勘探、钻井、设备等成本投入。试采投产中,油井、水井、产气井的生产情况反映了当前的产出效益。例如,油井日产油 102t,累产油 12.9 万吨(探明区 5.9 万吨),产气井日产气 4.8 万方,累产气 1.82 亿方。虽然目前油采出程度 2.86%、采油速度 0.75%,气采出程度 4.26%、采气速度 0.45%,但随着开发技术改进和方案优化,产量有望提高,从而提高经济效益。②储量与产量关系。探明的石油 205.7 万吨和天然气 42.67 亿方储量是经济效益的基础。目前的采出程度和采油、采气速度显示了储量的开发利用情况。随着油藏认识的深入和开发方案的优化,有望提高储量的动用程度,进一步提高经济效益。③风险控制效益。调减 11 口高风险井位,减少了不必要的投资风险,从长远看,保障了整体开发项目的经济效益。优化调整井位,如苏家 2-15 和苏家 8-11 井位调整后钻遇效果达到预期,提高了资源开发效率,间接增加了经济效益。④长期效益。实现 20 万吨稳产目标对于长期的经济效益至关重要。持续稳定的产量可以保证稳定的现金流,满足企业的运营和发展需求。同时,不断优化的开发方案和对剩余油分布的进一步认识,有助于延长区块的经济开采寿命,从长期来看提高整体的经济效益。

8 结论

基于对苏家区块地质概况、开发状态、现存在的问题及成藏规律进行系统的研究,建立了符合该区块地质特征的成藏模式。应用该成藏模式指导勘探部署,有效推动了苏家区块油气勘探开发进程。同时,苏家区块的开发具有较高的经济效益,投资回收期短,净现值和内部收益率均表现优异。尽管存在一定的地质和市场风险,但通过优化开发方案、提升技术水平,可以有效降低风险,确保项目的长期稳定收益。因此,苏家区块的开发具有重要的经济意义,值得进一步加大投资和开发力度。

参考文献:

- [1] 白雪峰,陆加敏,李军辉等.松辽盆地北部全油气系统成藏模式与勘探潜力[J].大庆石油地质与开发.2024,43(03):49-61.
- [2] 张赫,王小军,贾承造等.松辽盆地北部中浅层全油气系统特征与油气成藏聚集模式[J].石油勘探与开发.2023(04):683-694.