

苏里格气田东区非主力储层评价方法研究

杨智凯¹ 庞军刚¹ 张林² 杨洋²

1. 西安石油大学地球科学与工程学院/陕西省油气成藏地质学重点实验室; 2. 长庆油田分公司第五采气厂

DOI: 10.12238/ems.v6i3.7077

[摘要] 苏里格气田苏东区块主力层系气藏已经过16年的高效开发。随着开发时间增长,地层压力逐渐下降,气井出现明显的产量递减。目前主力气层盒₈段和山₁段气层的勘探开发程度较高,而非主力层位山₂段、盒₄段以及本溪组气层受井控程度影响,呈现零星点状分布,局部区域相对富集、储层钻遇率较高,物性较好,具有挖潜增产的潜力。因此,通过地层划分对比、沉积微相、砂体展布特征研究等,建立储层分类评价标准,对储层进行综合评价,为精细井位部署提供技术支撑。

[关键词] 苏里格气田东区; 非主力气藏; 储层评价

Research on evaluation methods for non main reservoirs in the eastern area of Sulige gas field

Yang Zhikai¹, Pang Jungang¹, Zhang Lin², Yang Yang²

1. School of Earth Science and Engineering, Xi'an University of Petroleum/Key Laboratory of Oil and Gas Reservoir Geology in Shaanxi Province

2. The Fifth Gas Production Plant of Changqing Oilfield Branch

[Abstract] The main gas reservoirs in the Sudong block of the Sulige gas field have been efficiently developed for 16 years. As the development time increases, the formation pressure gradually decreases, and the gas well shows a significant decrease in production. At present, the exploration and development level of the main gas layers, including the He 8 and Shan 1 gas layers, is relatively high, while the non main layers, such as the Shan 2, He 4, and Benxi Formation gas layers, are affected by well control and exhibit sporadic point distribution. Local areas are relatively enriched, reservoir drilling rates are high, physical properties are good, and there is potential for tapping potential and increasing production. Therefore, by comparing stratigraphic divisions, studying sedimentary microfacies, and sand body distribution characteristics, a reservoir classification evaluation standard is established to comprehensively evaluate the reservoir and provide technical support for fine well deployment.

[Key words] Sulige gas field eastern region; Non main gas reservoirs; Reservoir evaluation

苏里格气田东区除主力气藏盒₈段、山₁段外,盒₄、山₂、本溪等非主力层钻遇效果较好,大部分井生产强劲,在剩余储量劣质化的大背景下,落实非主力有利区,进行气井产能评价,对苏东区块开发指导意义重大。

1 非主力层位有效砂体二次刻画

研究区位于鄂尔多斯盆地北部,本溪期发育浅海陆棚-障壁海岸沉积,山₂期发育三角洲前缘沉积,盒₄期发育河流

沉积。

1.1 本溪组砂体展布特征

本溪组主要发育障壁砂坝、砂坪、泻湖、泥坪等微相,呈条带状(北东-南西向)、点状、土豆状展布,砂坝宽度1.4~7.0km,延伸长度在4.2~33.4km。

本溪沉积期砂体平面上呈条带状分布(北东-南西),钻遇率较低(28.8%),单砂层厚度0.9~5.6m,平均砂厚4.4m。

1.2 山₂段砂体展布特征

山₂段主要发育分流河道、水下天然堤、水下分流间湾等微相,平面上分流河道范围大,东部宽(达4.7km),往西变窄;纵向上山₂³受海、陆过渡相更迭,局部分流河道充填导致横向厚度变化大,山₁₋₂段厚度相对稳定。

山₂沉积期水动力条件强,砂体连续性较好,分布范围广、连片性强、钻遇率较高,达78.4%,单井累计砂厚在0.7~44.5m之间,井均砂厚12.7m,河道宽度0.8~7.8km左右。

1.3 盒₄段砂体展布特征

盒₄段主要发育心滩、河道、天然堤、泛滥平原等微相,盒₄段早期以泛滥平原微相为主,局部地区发育河道沉积,中晚期主要发育心滩及河道沉积微相,河道宽度多在2.5km以上。

盒₄沉积期砂体呈近南北向展布,分布范围广,呈连片状分布,砂体钻遇率较高(60%),单井累计砂厚0.7~31.1m,井均砂厚9.2m。

1.4 有效砂体精细刻画

结合试气及实际生产动态,对非主力储层测井解释图版进行优化,修正了部分解释结果,提高了有效储层识别准确度。

在有效储层再识别的基础上,重新刻画了非主力层有效砂体展布图,山₂有效砂体发育连续,盒₄次之,本溪组点状发育,连片性差。

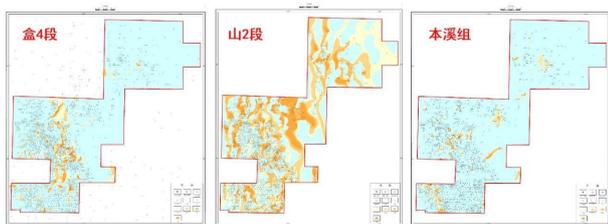


图1 非主力储层有效砂体展布图

2. 储层分类评价,明确平面有利储层的分布

2.1 沉积微相和构造共同控制有利储层的展布

优势沉积微相物性较好。盒₄发育心滩、河道,山₂发育水下分流河道、本溪组发育障壁砂坝微相是有利的沉积微相,岩性、物性相对较好、给后期成藏提供了优势储集空间。

小幅微构造高部位储层是天然气聚集有利区域。以盒₄储层为例“心滩+微构造部位”是最为有利的优势组合。

2.2 多期砂体切割叠置,是非主力层高产的原因之一

盒₄段心滩及河道微相厚度大,纵向上多期切割叠加,

产量高;河道侧翼天然堤部位砂体减薄、储层物性变差,产能降低。

山₂段三角洲前缘水下分流河道主体部位,砂体厚度大,纵向上多期切割叠加,物性好,产能高;往河道两侧砂体减薄、储层物性变差,产能降低。

统计本溪8[#]煤层与太原地层岩性组合发现,单采高产井均位于煤泥组合范围内,同时,拟合单试本溪井煤层厚度与产量呈正相关,表明煤层越厚,产气可能性越大。

3. 储层评价参数与产能关系

在充分调研苏里格气田东区地质特征的基础上,采用苏里格东区160口井的单层试气资料以及977口合试井的产能情况,分析储层参数与产能的相关关系,结合沉积相分布特征,优选参数,开展上古生界非主力致密砂岩储层的分类标准研究;在储层参数优选方面,根据1037口井单井日产气量的高低,分层位建立储层孔隙度、电阻率、声波时差、饱和度粒度中值等参数之间的相关关系,使储层参数能够精确反映地层特殊的地质特性。结合储层“四性”关系,优选气层有效厚度、孔隙度、电阻率、声波时差、气饱等综合评价储层。

3.1 岩性参数

根据对应层段粒度中值与电阻率相关关系,从图2至图4可以看出, I类储层日产气量大于2万方/天,盒₄段储层粒度中值大于0.35mm,山₂段储层粒度中值大于0.29mm,本溪组储层粒度中值大于0.35mm。

II类储层单井日产气量在0.5~2万方/天,盒₄段储层粒度中值在0.32mm~0.35mm之间,山₂段储层粒度中值在0.25mm~0.29mm之间,本溪组储层粒度中值在0.32mm~0.35mm之间。

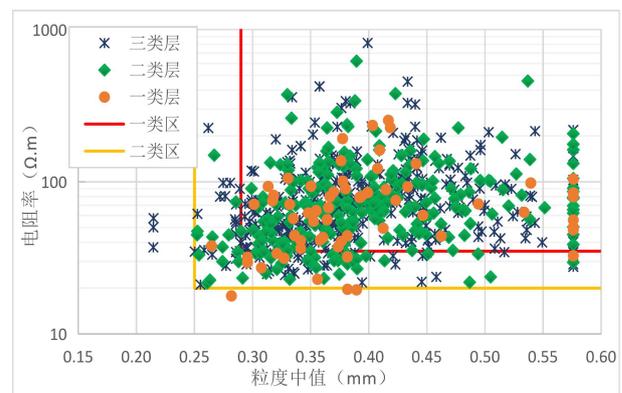


图2 山₂段电阻率与粒度中值关系图

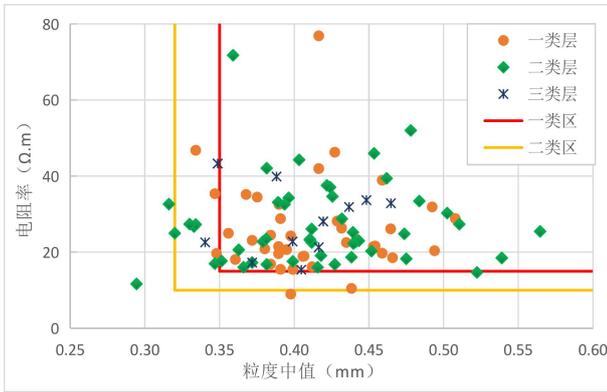


图3 盒4段电阻率与粒度中值关系图

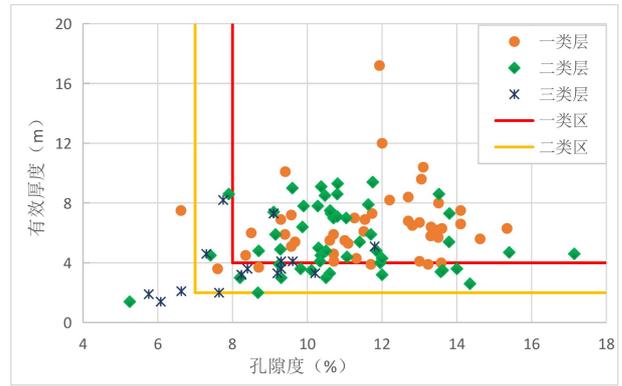


图6 盒4段有效厚度与孔隙度关系图

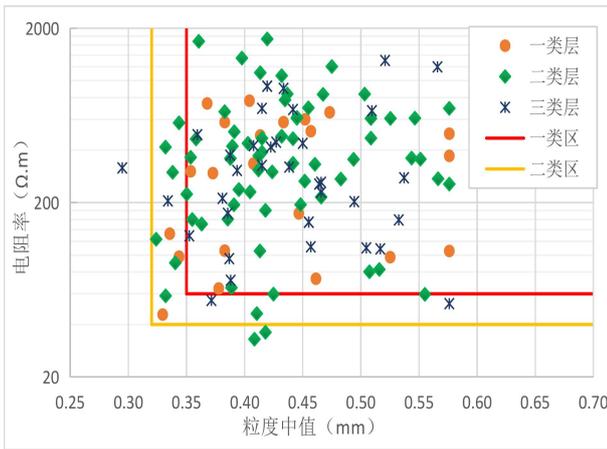


图4 本溪组电阻率与粒度中值关系图

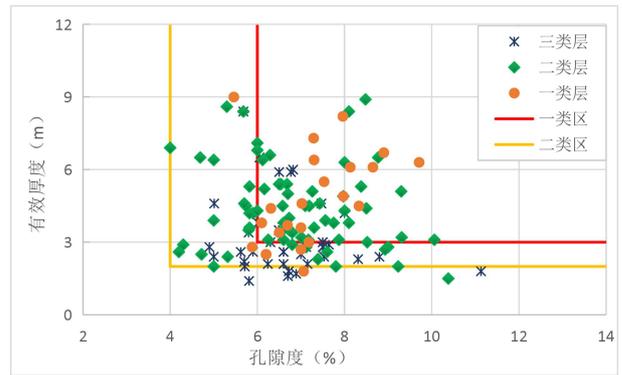


图7 本溪段有效厚度与孔隙度关系图

3.2 物性参数

采用单层试气资料以及合试井的产量劈分试气资料, 绘制对应层段有效厚度与孔隙度相关关系, 见图5至图7。可以看出I类储层日产气量大于2万方/天, 盒4段储层孔隙度在8%以上, 山2段和本溪组储层孔隙度在6%以上; 日产气量在0.5~2万方/天, 盒4段储层孔隙度在7%~8%之间, 山2段和本溪组储层孔隙度在4%~6%之间, 储层为II类储层。

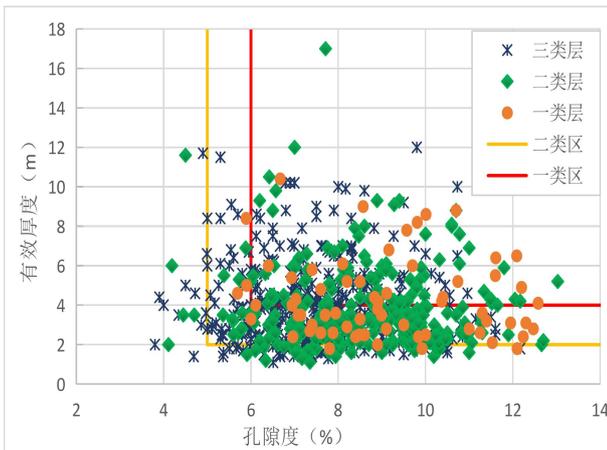


图5 山2段有效厚度与孔隙度关系图

3.3 电性参数

根据对应层段电阻率与声波时差相关关系, 见图8至图10, 可以看出储层日产气量大于2万方/天, 盒4段I类储层声波时差大于225 μs/m, 电阻率大于17 Ω·m, II类储层声波时差在220~225 μs/m之间, 电阻率在10~17 Ω·m之间; 山2段I类储层声波时差大于210 μs/m, 电阻率大于等于30 Ω·m, II类储层声波时差在200~210 μs/m之间, 电阻率在20~30 Ω·m之间; 本溪组I类储层声波时差大于200 μs/m, 电阻率大于60 Ω·m, II类储层声波时差在195~200 μs/m之间, 电阻率在40~60 Ω·m之间。

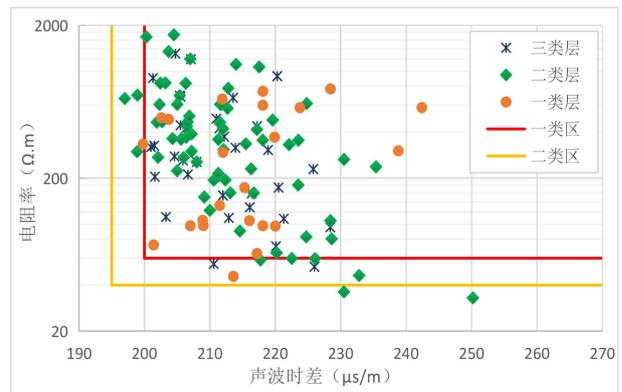


图8 本溪组电阻率与声波时差关系图

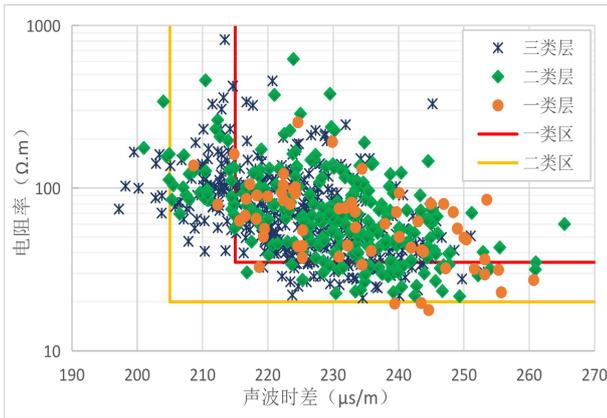


图 9 山₂段电阻率与声波时差关系图

3.4 含气性参数

同上节方法, 根据绘制对应层段含气饱和度与无阻流量关系图, 可以得出 I 类储层日产气量大于 2 万方/天, 本溪组、盒₄段储层含气饱和度在 45% 以上, 山₂段储层含气饱和度在 43% 以上; II 类储层日产气量在 0.5~2 万方/天, 本溪组、盒₄

段储层含气饱和度在 35%~45% 之间, 山₂段含气饱和度在 30%~43% 之间。

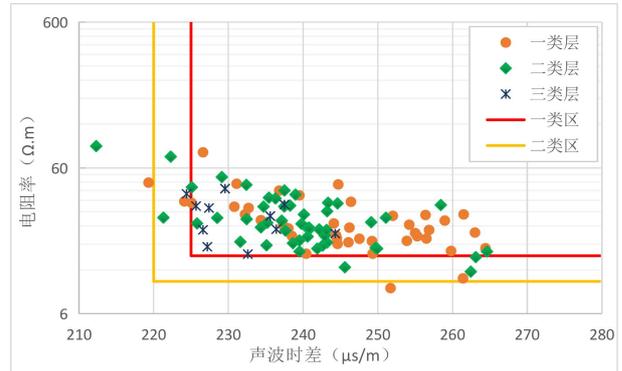


图 10 盒₄段电阻率与声波时差关系图

4. 建立储层综合评价函数及评价结果

应用判别函数分析方法, 通过储层参数优选和判别计算模型的建立, 进行储层的定量评价, 判别函数系数越大的参数对产能影响越大。

表 1 苏里格东区非主力层储层综合评价模型优选

层位	判别函数计算模型	分类
盒 ₄	Q 判别函数=0.194*H+0.046*AC+0.186*Por+0.019*Sg-15.301	I 类: Q 判别函数: >-0.3 II 类: Q 判别函数: -1.7~ -0.3 III 类: Q 判别函数: <-1.7
山 ₂	Q 判别函数=0.651*Por+0.022*H+3.45*Md+0.48*Ln(RT)-8.699	I 类: Q 判别函数: >70 II 类: Q 判别函数: 60~ 70 III 类: Q 判别函数: <60
本溪	Q 判别函数=0.369*H+0.01*Sg-1.879*DEN+2.499	I 类: Q 判别函数: >-4.9 II 类: Q 判别函数: -5.3~ -4.9 III 类: Q 判别函数: <-5.3

本溪组: 以 I 类、II 类储层为主, III 类储层零星分布。I 类储层主要为障壁砂坝沉积。目前投产井前三年单井累产可达 1267 万方以上。

山₂段: 以 II 类储层为主, III 类储层次之, I 类储层零星分布。I 类储层以水下分流河道沉积为主。目前投产井前三年单井累产可以达到 1144 万方以上。

盒₄段: 以 II 类、III 类储层为主, I 类储层零星分布。I 类储层以心滩及分流河道为主。目前单采投产井前三年累产均在 740 万方以上。

5 结论与认识

本文对苏东区块非主力气藏有效砂体展布进行了重新刻画, 明确了沉积微相决定了储层厚度、岩性、物性, 而构造影响了天然气的运聚, 二者共同控制有利储层的展布。明确了本溪期以浅海陆棚-障壁海岸沉积为主, 山₂期以三角洲前缘沉积为主, 盒₄期以河流沉积为主的整体特征, 在有效储层进一步识别的基础上, 重新刻画了非主力层有效砂体展布图, 发现山₂有效砂体发育连续, 盒₄次之, 本溪组点状发育, 连片性差的特点。同时, 发现了盒₄储层“心滩+微构造部位”

的优势组合, 认为小幅微构造高部位储层是天然气聚集有利区域。盒₄段、山₂段都存在多期砂体切割叠置形成的厚砂体, 高产井均分布于该部位, 因此存在多期砂体切割叠置形成的厚砂体是非主力层高产的原因之一。最后, 结合储层“四性”关系, 优选气层有效厚度、孔隙度、电阻率、声波时差、气饱等参数, 建立了该研究区非主力储层的综合评价方法, 将本溪、山₂、盒₄三个层位的储层分为 3 类。盒₄储层以 II 类、III 类储层为主, 山₂储层以 II 类储层为主, 本溪储层以 I 类、II 类储层为主。后续将以该储层评价方法为依据, 对该区域进行井位优先, 根据钻探结果进一步精细划分储层类别, 做到差异化开发。

[参考文献]

[1]赵涛, 孙新亚, 李文鹏等. 苏里格气田天然气气井分类方法的研究[J]. 长江大学学报(自然科学版), 2011, 8(08): 66-69.
[2]赵素惠, 欧阳诚, 华桦等. 苏里格气田气井分类方法研究[J]. 天然气技术, 2010, 4(04): 11-13+77.
[3]陈兆荣. 鄂尔多斯盆地苏里格气田北部盒 8 段和山 1 段储层特征研究[D]. 成都理工大学, 2009.