

地震储层综合预测技术 在 JL2 井西三维二叠系上乌尔禾组的应用

仲伟军,岳喜伟,余海涛,庞志超,贾春明

(新疆油田公司勘探开发研究院地球物理研究所,新疆 乌鲁木齐 830013)

摘要: JL2 井西三维二叠系上乌尔禾组是中拐凸起主要产油层段之一,但对其储层分布规律、砂体展布范围认识不清。本文应用 GeoEast 地震储层综合预测技术,开展了储层预测、多属性模式识别、油气检测以及沉积相研究,落实了高效、规模储量区块。研究表明, JL2 井西三维二叠系上乌尔禾组两个沟槽带是有利储层发育带,其内部断层发育,沟通油气运移通道的同时有效改善了储层物性。将 GeoEast 地震储层综合预测技术无监督模式识别方法应用于地震相划分、储层识别和油气检测,对储层进行定性分析,有效解决了地质综合研究中一些复杂的地质问题。

关键词: GeoEast; 地震储层综合预测; 二叠系; 沉积相; 储层识别

中图分类号: TE122

文献标志码: A

Seismic reservoir comprehensive prediction for upper Permian Wuerhe Formation in west area of well JL2

ZHONG Weijun, YUE Xiwei, YU Haitao, PANG Zhichao, JIA Chunming

(Geophysical Research Institute of Exploration and Development of Xinjiang Oilfield Company, CNPC, Urumqi 830013, China)

Abstract: The upper Wuerhe Formation of Permian in the west of well JL2 3-D is one of the main oil-producing zones in Zhongguai Uplift, but its reservoir distribution and sandbody distribution are not well understood. In this paper, GeoEast seismic reservoir comprehensive prediction technology is used to carry out reservoir prediction, multi-attribute pattern recognition, oil and gas detection and sedimentary facies research in order to implement blocks having efficient and large-scale reserves. The results show that the two trench zones of the upper Permian Wuerhe Formation in the west of JL2 well are favorable reservoir development zones, and the internal faults are well developed, which can communicate the hydrocarbon migration channel and improve the reservoir physical properties effectively. GeoEast seismic reservoir comprehensive prediction technology is used in unsupervised pattern recognition method for seismic facies division, reservoir identification and oil-gas detection, to qualitatively analyze the reservoir. Some complex geological problems in the comprehensive geological research have been effectively solved.

Key words: GeoEast; seismic interpretation system; Permian; sedimentary facies; reservoir identification

JL2 井西三维二叠系上乌尔禾组分为乌一段、乌二段。其中,乌一段以扇三角洲平原沉积为主,其次为水下分流河道。主要发育大套厚层碎屑流砂体,平均孔隙度 8.4%、渗透率 $3 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$,物性较差;乌二段主要为扇三角洲前缘水下分流河道及扇三角洲平原沉积,储层以剩余粒间孔为主,平均孔隙度 10%、渗透率 $2.4 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$,物性较差。根据铸体薄片分析资料,上乌尔禾组储集空间以粒间溶孔为主,次为粒间孔,总体属于中低孔、低渗储层。探井 JL27 井、JL33 井、JL30 井均见良好的油气显示,

测井获得油层 22.8 m/4 层,表明研究区乌尔禾组乌一段、乌二段均可成藏。但两套地层的储层特征各自不同,前期未分层细化研究,使得有利储层的展布特征不清晰,二叠系上乌尔禾组油气藏受何因素影

收稿日期:2019-03-25;改回日期:2019-05-30。

第一作者简介:仲伟军(1966—),工程师,现从事地震地质研究。
E-mail:zhongwj@petrochina.com.cn。

基金项目:国家科技重大专项(2016ZX05003-005)股份公司《新疆和吐哈油田勘探开发关键技术研究与应用》下属课题《准噶尔盆地油藏富集规律及勘探技术研究与应用》(2017E-0401)。

响(古构造、断裂、物性),也一直困扰着研究人员。

2018年面对以上问题,围绕上乌尔禾组两个沟槽带,寻找有利储层发育带,针对乌二段、乌一段断层-地层及断层-岩性目标,应用GeoEast地震储层综合预测技术,开展了储层预测、多属性模式识别、油气检测以及沉积相研究,落实了高效、规模储量区块^[1-2]。有利区内落实了一批断层-岩性圈闭30个,面积315 km²,为中拐凸起乌尔禾组油气勘探突破奠定了基础。

1 研究区概况

JL2井西区域构造位置位于准噶尔盆地西北缘红车断裂带与中拐凸起的结合部(图1),目标区东部与红山嘴小面元精细三维相接,西部与JL2井、JL2井南小面元精细三维部分重叠,目标区内主要被较大面元的老资料覆盖,处于多块三维的结合部,且存在空白区。原有的勘探大面元三维地震资料品质差,二叠系上乌尔禾组与下伏地层不整合接触及上乌尔禾组内部各层超覆尖灭特征不清,准确刻画各层超覆尖灭点位置和预测储层比较困难,储层预测及有利储层展布规律研究难度较大。

JL2井西三维连片资料,运用构造一致性保幅滤波、子波谱整形,经过提频处理后,频带拓频10 Hz,主频从32 Hz提高至38 Hz,基本达到了刻画砂

体的需求。提频后资料合成记录标定效果较好,开展叠后反演的砂体识别能力也有了进一步提高^[3-5]。

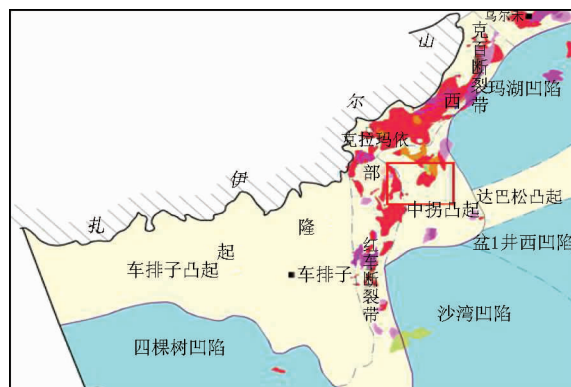


图1 研究区位置

2 应用效果

2.1 储层预测及综合评价

通过区域统计分析及单井分析发现,含砾砂岩孔隙度为10%~16%,不等粒砾岩和砂质砾岩孔隙度分别为8%~12%、4%~12%。物性好的产层产液量明显较高,比如J208井上部物性好的储层产油23.61 m³/d,产水18.95 m³/d,下部储层物性较差,产油11.3 m³。地震解释剖面上,上、下储层段显示的振幅特征相似(图2)。

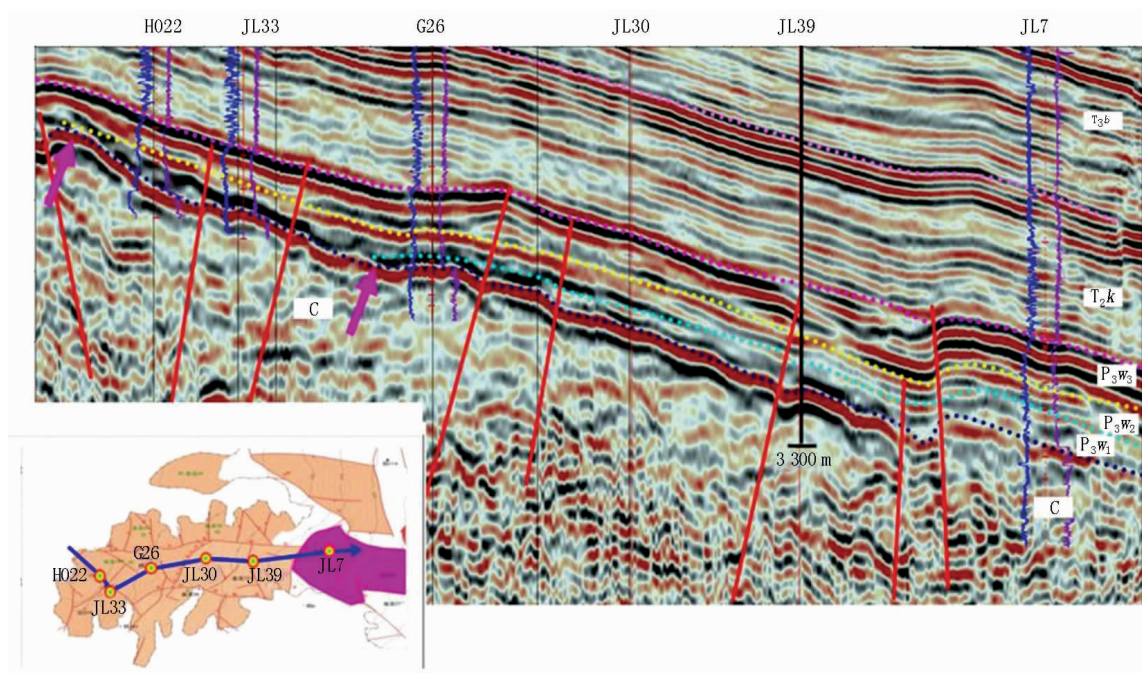


图2 过JL33-G26-JL12-JL7井的连井地震解释剖面

研究区上乌尔禾组发育储层较好的含砾中-粗砂岩、砂质小砾岩,孔隙度可达15.66%,说明在构

造较深的斜坡区依然存在厚度较大、物性较好的相对优质储层(图3)。上乌尔禾组乌一段(P₃w₁),以

灰色砂砾岩为主,局部夹棕红色泥质小砾岩。上乌尔禾组乌二段(P_3w_2),以褐灰色含砾岩屑砂岩及灰色砂砾岩为主。从 JL33 - G26 - JL12 - JL7 井砂体对比图来看,总体上二叠系上乌尔禾组广泛分布于中拐凸起斜坡区,乌一、乌二段地层自东向西超覆尖

灭,储层砂体发育。位于主河道中的砂体分选好,泥质含量少,物性好,相应井点的产液量相对较高,而河道侧翼的砂体分选相对较差,泥质含量相对较高,物性较差,相应井点的产液量相对较低,因此主河道为同一相带中,油气相对富集区^[6-8](图 3)。

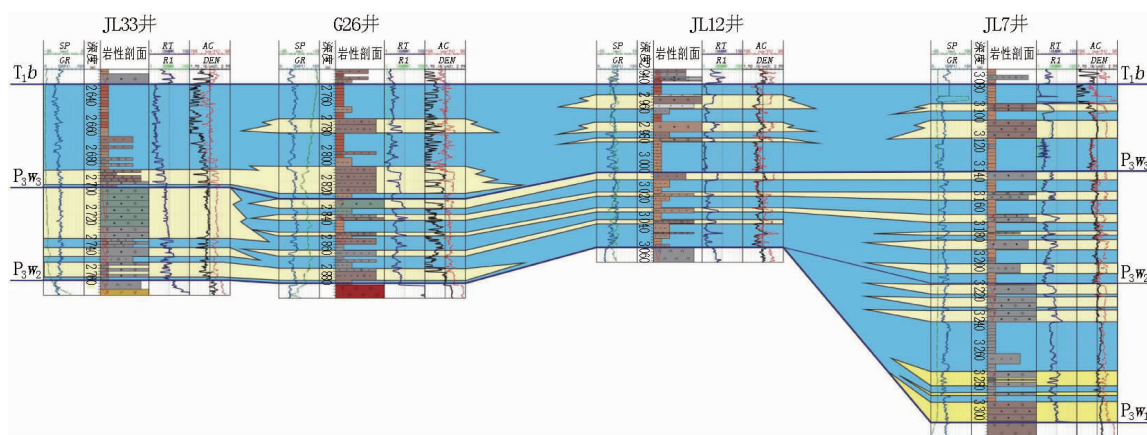


图 3 过 JL33 井 - G26 井 - JL12 井 - JL7 井砂体对比

目前完钻的 JL2 井区块上乌尔禾组乌一段(P_3w_1)油藏和乌二段(P_3w_2)油藏主要受构造控制,断裂对油藏起到了分割和遮挡的作用,其中,乌一段油藏由于受佳木河组古地形的影响,油藏局部区域受地层控制。JL7 井区块圈闭类型为断层 - 地层圈闭,圈闭内砂层发育稳定,从试油情况来看,JL7 井区块上乌尔禾组油藏为受断裂和地层双重控制的断层 - 地层油藏。依据《石油天然气储量计算规范》中的分类标准,JL2 井区块储集层综合评价为:二叠系上乌尔禾组乌一段(P_3w_1)储层为特低孔、特低渗储集层;二叠系上乌尔禾组乌二段(P_3w_2)储层为低孔、特低渗储集层(图 4)。

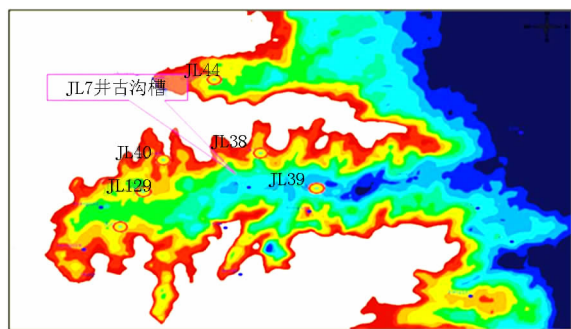


图 4 JL2 井西三维古沟槽二叠系上乌尔禾组厚度($P_3w_2 + P_3w_1$)

2.2 地震多属性模式识别技术

GeoEast 地震属性模式识别就是利用模式识别方法对多属性进行综合分析。按照是否用到训练样

本,可分为有监督和无监督方法。根据所用方法又可分为统计模式识别方法和神经网络。在进行地震储层预测时,通常引入与储层预测有关的各种地震属性,经过一个从少到多、再从多到少的过程。针对具体问题,要从全体地震属性中,挑选最好的地震属性子集,即地震属性优化。

地震属性优化方法就是利用操作者的经验或数学方法,优选出对所求解问题最敏感的(或最有效、最有代表性)、个数最少的地震属性或地震属性组合。其中,属性选择是从原始特征中挑选出一些最有代表性、可分性能最好的特征来;属性压缩是希望通过变换消除原始特征之间的相关或减少冗余,得到新的特征。如砂泥岩百分含量、孔隙度、渗透率、油气饱和度、地层压力、储层厚度等,用于储层物性参数的平面预测。

为了准确预测乌尔禾组乌一段、乌二段的储层砂体,采用了沿 JL2 井西三维上乌尔禾组乌二段上下 30 ms 开时窗的方法,提取了振幅类属性,将瞬时振幅、均方根振幅进行继承性分类。筛选统计工区 20 口井的储层厚度,建立物性样本,先分成红色与蓝色显示两类(图 5a),其中红色部分显示出河道的形态,是重点关注的区域。然后将蓝色类区域继续分类,分成黄蓝两类,如图 5b 所示。观察可知黄色区域还有感兴趣的地方,于是对黄色类继续分类,分成黄绿两类,如图 5c 所示。通过层层分类,清楚地展示了分支河道轮廓。

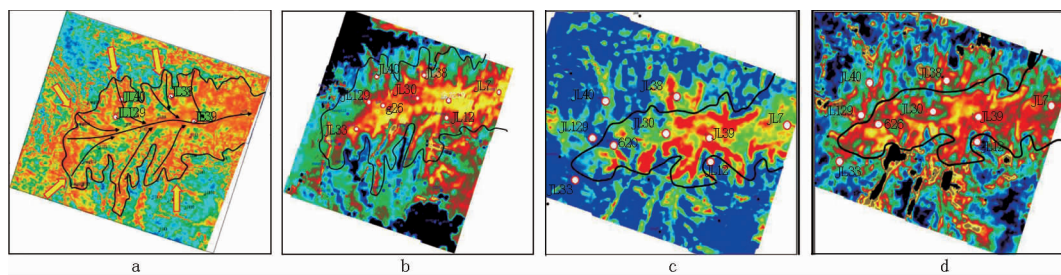


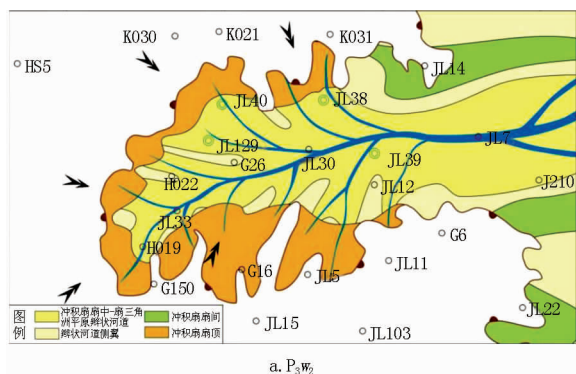
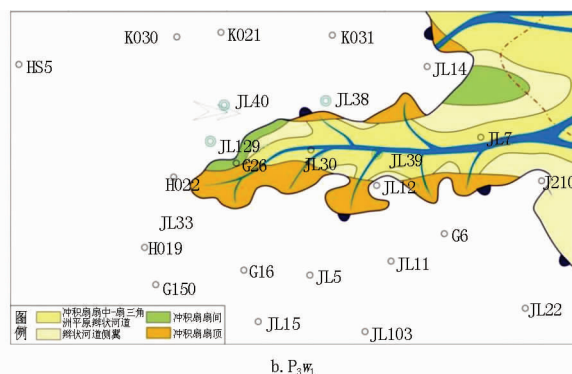
图 5 JL2 井西三维乌二段(a、b)、乌一段(c、d)均方根振幅及波组抗属性平面

RPCL 方法能够有效确定出数据中聚类个数,具有自动模型选择的功能,但这要求数据具有较为明显的类结构。而在实际应用中,由于数据结构的复杂性,RPCL 算法并没有完全体现出自动模型选择的效果。经过对实际数据的分析,发现这主要是由于实际数据分布的复杂性和聚类的交叠性造成的。尽管 RPCL 方法难于准确实现模型选择,但其聚类结果表现出一定的层次性。一些大类与实际的结构是相对应的,并且表现出很强的稳定性,不随 k 的变化而出现大的变化。因此,RPCL 方法的聚类效果也基本上实现了模型选择,可以很好地发现数据中的结构和特性。从模型选择的能力上看,RPCL

方法在非监督聚类上是优于 k -means 算法的,因为它能够在一般情况下发现数据中的主要结构和分类特性。

JL2 井西三维二叠系上乌尔禾组 P_3w 发育冲积扇-扇三角洲平原沉积,多个水系在 JL7 沟槽汇聚形成自西向东流出的河流,宽约 1~2 km,沟槽边缘主要为冲积扇扇顶沉积,沟槽中心为冲积扇扇中(或扇三角洲平原)辫状河道沉积。

利用纹理+无督模式识别预测沉积相带,精细刻画出了上乌尔禾组乌二段 P_3w_2 (图 6a)及乌一段 P_3w_1 (图 6b)沉积相及沟槽平面分布细节(图 6)。

a. P_3w_2 b. P_3w_1 图 6 JL2 井西三维上乌尔禾组乌二段 P_3w_2 及乌一段 P_3w_1 沉积相平面

从图 6 可以看出,G26-JL7 井区 P_3w 发育冲积扇-扇三角洲平原沉积,多个水系在 JL7 沟槽汇聚形成自西向东流出的水流,宽约 1~2 km,沟槽边缘主要为冲积扇扇顶沉积,沟槽中心为冲积扇扇中(或扇三角洲平原)辫状河道沉积。通过对 JL7 扇的研究,先后在该区部署了 JL30、JL39 井等,钻遇乌尔禾组的地层也见油气显示,但是试油产量都较低,效果不甚理想。通过进一步的资料分析认为,JL7 古沟槽发育的扇体,离物源较近,水体较浅,流速较快,沉积物快速卸载,混杂堆积,导致储层物性变化快变差。

2.3 油气检测

GeoEast 软件基于多相介质理论的 CM 油气检

测法是运用累计能量正态概率分析方法,结合井资料进行分析,找出哪些属性与储层、油气关系密切,或者比较敏感,选中多个属性进行交会分析。交会图提供相关系数分析图、2D 单属性交会图、直方图 and 对比直方图,应用相关系数分析图,寻找相关性差的属性,对于相关系数高的属性,只选择一个即可。

定量解释:在定性分析的基础上,对 SOM 密度图进行半定量的分析解释,方法是利用系统提供的交互分析工具,参照定性分析的结果,将密度提到每一节点赋予一个连续的数据,根据需要这一数值可以是某种可能性或者是打分值。举例来说,如果在定性分析的时候划分了 1、2、3、4 四类,经过分析可知其中第 1 类对应于储层性质最好,含油可能最大

的一类,而第3类则对应于最不可能含油的一类,第2、4两类介于二者之间,那么就可以在半定量解释时将第1类的中心位置赋予一个较大的分值(比如100),而将第3类的中心位置赋予一个较小的分值(比如0),再根据在密度图上的相对位置关系逐一将其它位置打分,然后映射回地质空间,便可得到一种对本地区含油可能性分布的半定量估算结果^[9-11]。

油气检测中目的层时窗的选取是一个重要参数,通过不断实验、调整乌尔禾组二段的时窗范围,预测 JL7 井古沟槽乌二段的油气分布情况(图7),整体上看分析 JL7 井古沟槽发育的 JL7 扇油气富集程度偏低。预测出的油气相对富集位置,除 H019 井外,其他位置与已知钻井吻合情况较好。位于主槽位置的 JL7 井,二叠系上乌尔禾组试油,日产油 5.78 m^3 ,日产气 $1 \times 10^4 \text{ m}^3$,累产油 73.9 m^3 ;预测结果与实际结果较吻合。预测结果显示 JL30 井与 JL33 井油气富集程度较低, JL30 井上乌尔禾组试油,日产油 1.23 m^3 ,水 32.29 m^3 ,为含油含水层; JL33 井上乌尔禾组试油,日产油 0.25 m^3 ,气 $0.518 \times 10^4 \text{ m}^3$;两口井试油效果产量都较低,与实际情况较吻合。另外, JL12 井乌尔禾组油气显示较差, H022 井乌尔禾组试油为干层,预测结果也表明这两口井所在位置油气富集程度较差,预测结果与实际钻井情况匹配(图7)。

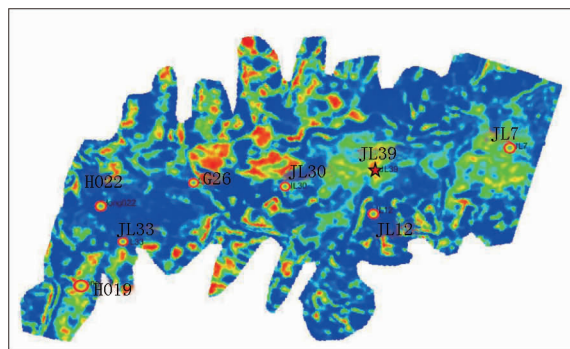


图7 JL7 井扇二叠系乌尔禾组二段油气检测效果平面

3 实钻分析

“沟槽控砂”认识指导下精细目标解释分析,在 JL2 井西区发现乌一段、乌二段新的有利目标区,叠合面积 40.8 km^2 。选择构造位置有利,埋深浅、多套砂体叠置区部署 JL41 井,探索二叠系上乌尔禾组二段、乌一段断层-岩性目标含油气性,发现新的规模储量区块;在其西、南部目标区储备 JL42 井、JL43 井,进一步扩展油藏范围。结合油藏分布及古构造特征可看出,这些油藏均具有一定的古构造背景。从局部细节来看,位于古沟槽当中的井点具有较好的油气显示及较高的产量,比如 JL20、JL23、J206、J207、J201 井等,构造上均位于乌尔禾组的古沟槽当中,都获得了不错的工业油气流(图8)。

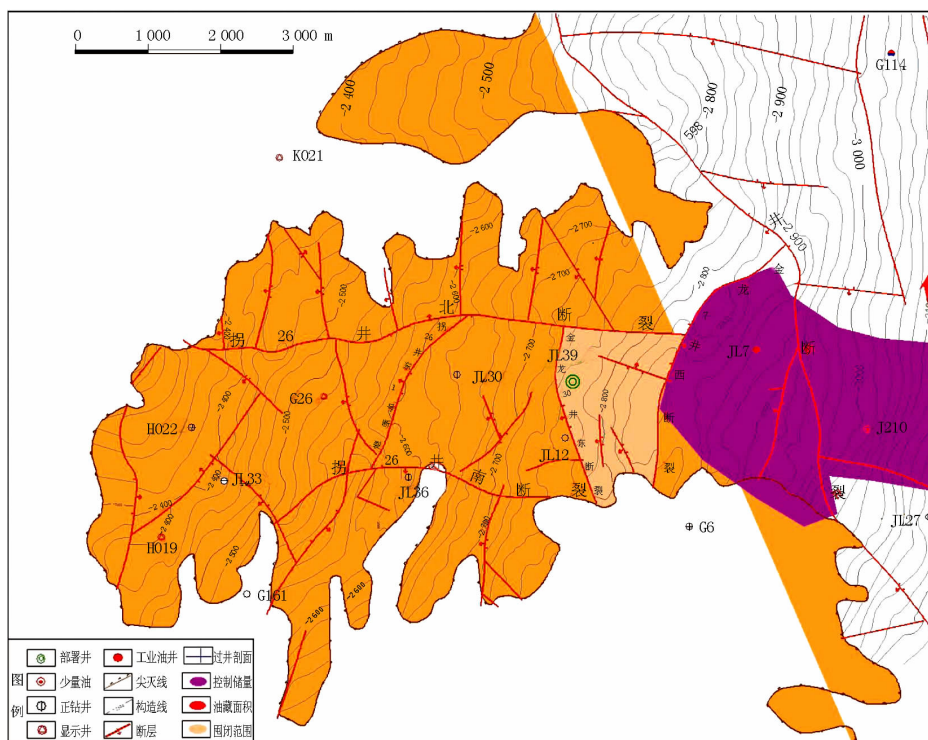


图8 JL2 井西三维上乌尔禾组乌二段 P_3w_2 井位部署

图8的井位部署图最终钻探结果是:JL39井二叠系上乌尔禾组试油最高日产 7 m^3 ,累产油 76.48 m^3 ;JL129、JL39、JL40井均未试油。上乌尔禾组主要为砂砾岩储层,储层非均质性较强,物性变化较大,因此有效储层的分布难以准确预测。另外,该区油气成藏受断裂及地层控制,油藏范围的确定存在一定的风险。

4 结论

综合应用上述多种技术,能够较好地解决JL2井西三维上乌尔禾组储层预测中存在的问题,有效落实乌一段、乌二段砂体范围及储层展布特征,优选出了有利勘探目标。经过研究得到以下结论:通过对乌尔禾组沉积特征的研究,明确了乌尔禾组扇三角洲沉积体系的剖面、平面及空间展布格局,确定了扇三角洲前缘分流河道及扇三角洲平原辫状主河道为成藏有利相带。区内具有“普遍成藏、沟槽富集”的成藏模式。古构造同时控制了扇体的发育及储层的展布,具有沟槽富砂的特征,扇三角洲前缘为有利相带,相对来说乌尔禾组二段的储层物性要好于乌尔禾组一段。另外,利用GeoEast属性技术对JL7井古沟槽的研究表明,JL7井古沟槽发育的扇体,离物源太近,储层物性变化快,整体油气富集程度较低。

参考文献:

- [1] 王伟锋,高斌,卫平生,等.火山岩油气藏地球物理预测技术及准噶尔勘探实例[J].中国石油大学学报(自然科学版),2012,36(6):33-39.
- [2] 唐伏平,胡新平,颜泽江,等.准噶尔盆地西北缘五八区二叠系佳木河组火山岩相分布与油气富集规律研究[J].新疆石油天然气,2008(S1):164-171.
- [3] 吴晓智,齐雪峰,唐勇,等.东西准噶尔火山岩成因类型与油气勘探方向[J].中国石油勘探,2015(1):1-9.
- [4] 姚卫江,李兵,张顺存,等.准噶尔盆地西北缘中拐-五八区二叠系-石炭系火山岩储层特征研究[J].岩性油气藏,2011,23(2):46-53.
- [5] 仲伟军,黄新华,张玉华,等.准噶尔盆地红车断裂带结构特征及其控藏作用[J].复杂油气藏,2018(6):25.
- [6] 蔡义峰,熊婷,姚卫江,等.地震多属性分析技术在薄储层砂体预测中的应用[J].石油地球物理勘探,2017,52(2):140-145.
- [7] 雷德文,吕焕通,刘振宇,等.准噶尔盆地西北缘斜坡区冲积扇储集层预测与效果[J].新疆石油地质,19(6):470-472.
- [8] 仲伟军,姚卫江,贾春明,等.中拐凸起石炭系火山岩喷发模式及其分布规律[J].复杂油气藏,2016(3):25.
- [9] 雷振宇,鲁兵,蔚远江,等.准噶尔盆地西北缘构造演化与扇体形成与分布[J].石油与天然气地质,2005,26(1):86-91.
- [10] 况军.准噶尔盆地腹部油气生、运、聚及成藏特征分析[J].石油勘探与开发,1994,21(2):7-14.
- [11] 仲伟军,姚卫江,贾春明,等.地震多属性断裂识别技术在中拐凸起石炭系中的应用[J].石油地球物理勘探,2017,52(2):135-139.

(编辑 杨芝文)