

准噶尔盆地车2井区储层建模

刘景亮^{1,2,3}

(1. 中国科学院地质与地球物理研究所,北京 100029;

2. 中国石油化工股份有限公司石油勘探开发研究院,北京 100083;

3. 中国石油大学资源与信息学院,北京 102249)

摘要:准噶尔盆地车2井区齐古组主要为辫状河流相沉积,对该储层建立沉积岩性、岩相或储层结构模型,根据不同沉积相的储层参数定量分布规律,分相进行井间插值或随机模拟,提高了储层描述的水平 and 速度,准确地反映出油藏的构造、沉积、物性与含油性等方面特征,为该地区以后的数值模拟打下了坚实基础。

关键词:沉积微相;辫状河;储层建模;齐古组;准噶尔盆地

中图分类号:TE122.2 **文献标识码:**A

Reservoir modeling of Che-2 well-block in the Junggar Basin

Liu Jingliang^{1,2,3}

(1. Institute of Geology and Geophysics, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100029, China;

2. Petroleum Exploration & Production Research Institute, SINOPEC, Beijing 100083, China;

3. Faculty of Natural Resource and Information Technology, China University of Petroleum, Beijing 102249, China)

Abstract: The Qigu Formation reservoir of Che-2 well block in the Junggar Basin is mainly of braided river deposits. Lithology, lithofacies and reservoir structure models were established for the Qigu Formation. The interpolation between wells and stochastic simulation were conducted for each facies according to the quantitative distribution of reservoir parameters in different sedimentary facies. The quality and speed of reservoir characterization were improved, realizing accurate description of reservoir features in respects of structure, sedimentation, physical property and oil-bearing property. The study results lay a solid foundation for the future numerical simulation in this area.

Key words: sedimentary micro-facies; braided river; reservoir modeling; Qigu Formation; Junggar Basin

新疆油田车2井区齐古组油藏自20世纪90年代开发以来,经历了注水、加密井网和滚动扩边3个开发阶段。截止到目前,车2井区齐古组油藏共有油水井56口,累计产油 114.4×10^4 t,累计产水 44.3×10^4 t,含水48.4%,石油地质储量采出程度21.5%,可采储量采出程度76.5%,采收率为28%,从而可以看出,车2井区具有较好的开发效果。尽管如此,在油藏开发过程中,仍然存在一些矛盾:石油储量采出程度与含水率不匹配;电阻率低于油层标准的地层有较好的产能,即“低阻油层”,造成这种现象的原因不清;油藏南部高含水

原因及相应的层位不清。因此,通过开展车2井区齐古组油藏精细描述研究,弄清油田开发中后期剩余油分布规律,进而指导油田的调整挖潜以及滚动扩边具有非常重要的意义。

1 地质概况

新疆克拉玛依油田车2井区油藏位于准噶尔盆地车排子凸起(图1),为一在区域构造背景控制下的单斜,其上断层不发育;该井区自下而上发育二叠系乌尔禾组,三叠系克拉玛依组,侏罗系八

收稿日期:2008-05-07。

作者简介:刘景亮(1962—),男,高级工程师、博士研究生,油气田勘探。

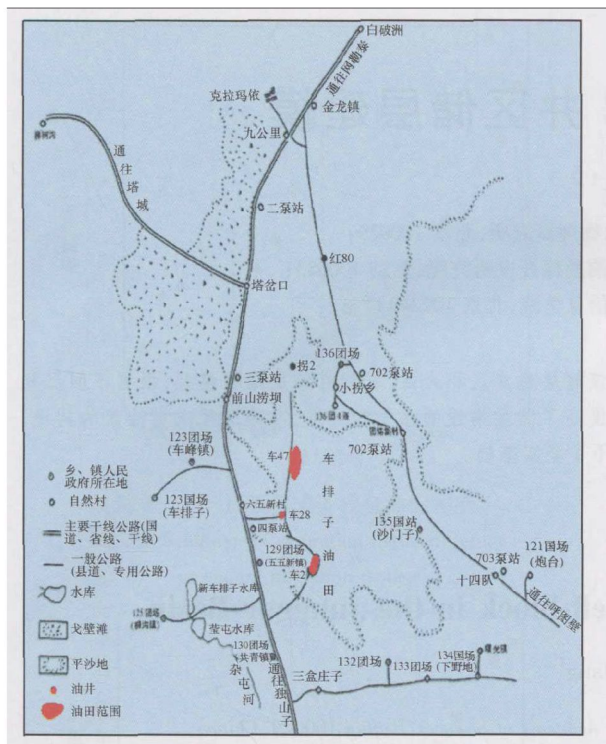


图1 研究区位置示意图

Fig. 1 Location of the study area

道湾组、西山窑组、头屯河组、齐古组,白垩系吐谷鲁群、东沟组,古近系,第三系和第四系。其中含油地层是上侏罗统齐古组。

车2井区开发至今一直采用将齐古组分成 J_3q^1 、 J_3q^2 、 J_3q^3 共3个砂层组,其中 J_3q^2 和 J_3q^3 又分别细分为两个砂层的划分方案。

此次基本沿用原方案,但取消了 J_3q^1 砂层组,并入 J_3q^2 砂层组,并将 J_3q^2 砂层组分为4个砂层。理由是:其一,原划分的 J_3q^1 和 J_3q^2 两砂层组之间,无论在岩性、旋回性上都没有明显差异;其二,缺乏明显的标志层(因此原方案划分的 J_3q^1 底界跳动较大);其三,车排子地区处于齐古组遭侵蚀较严重的部位,向东南方向甚至向北,在侵蚀较轻的部位,可能会出现新的地层、新的旋回,因此取消车2井区 J_3q^1 砂层组的命名较为主动,而且原先划有 J_3q^1 的井只有14口,分布在工区东南部构造低部位,取消后影响也不大。

2 建模过程

本次研究在前期油藏描述的基础上,对工区

的构造形态、储层砂体以及储层物性的空间展布进行了三维定量表征和可视化预测^[1~7]。主要的研究工作包括如下几方面:

1) 将前期的油藏描述的成果,转化成 Fast-Tracker 数据体;

2) 对不同的测井系列进行了归一化处理;

3) 利用层面文件以及断层文件,建立了形象、直观的三维构造模型;

4) 利用序贯指示随机模拟,建立了三维岩性模型,对工区岩性分布的认识更加清楚;

5) 充分考虑储层的物性在不同的岩相下有其分布特点,即在岩相控制下,利用序贯高斯随机模拟技术建立了孔隙度、渗透率、含油饱和度及电阻率三维属性模型,并提取了相应的表征储层、油层和油藏性能的指标和参数,有助于提高对油藏的认识;

6) 利用 Monte Carlo 方法对模型可靠性进行了检验,统计分析了模拟结果的分布范围和不确定性,有助于对模型的认识及勘探开发方案的风险评估,并预测了有利井位;

7) 储层模型的检验。

2.1 构造建模

2.1.1 数据输入

1) 输入单井分层数据生成 G1, G21, G22, G3 和 J2t 5 个层面文件。

2) 输入利用 Discovery 软件包中的 Prism 测井分析软件解释的 56 口井的砂砾岩、中细砂岩、细砂岩和泥岩岩性解释、孔隙度、含油饱和度、渗透率测井曲线文件。

3) 按照 FastTrack 的数据输入格式,输入 56 口井的基本数据,包括井位坐标、补深高度、井深及小层分层数据。

2.1.2 构造模型制作

利用边界面、地层层面,作出工区构造模型(图2)。

2.1.3 三维网格划分

G1, G21, G22, G3 纵向网格步长分别为 1.2, 1.0, 0.6, 0.6。车2井距为 400~450 m,平面网格基本为 20~26 m 为一个网格步长(图3,图4)。

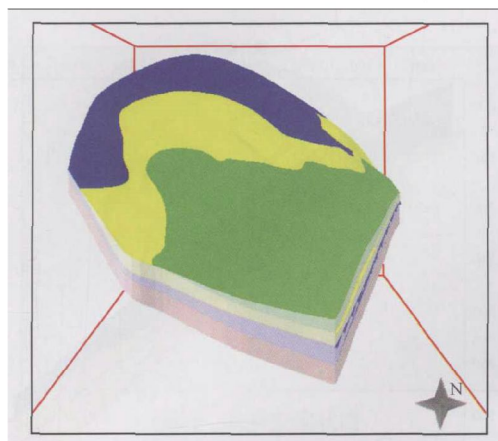


图2 工区三维构造示意模型

Fig. 2 Schematic 3-D model of structures in the study area

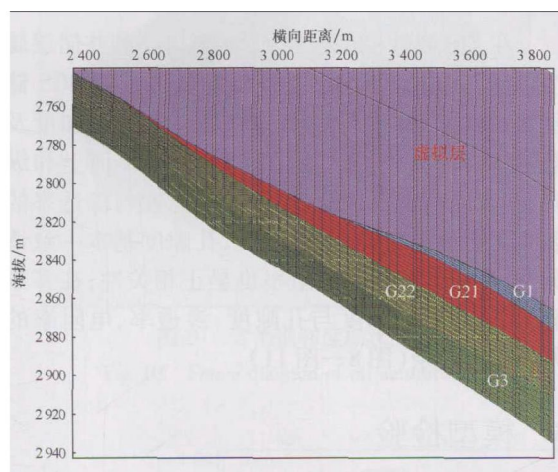


图3 纵向网格划分示意图

Fig. 3 Division of vertical grids

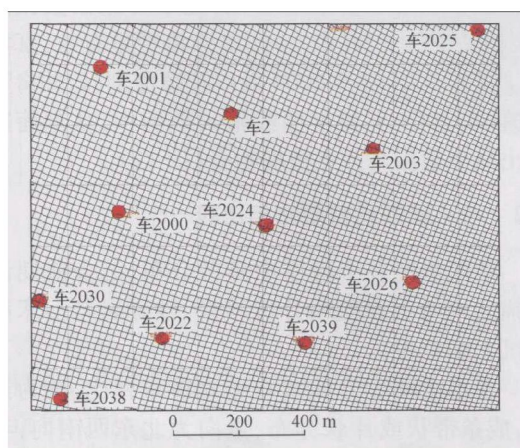


图4 平面网格划分示意图

Fig. 4 Division of horizontal grids

2.2 岩性建模

2.2.1 岩性组成统计

统计了近56口井的测井岩性解释资料,得到G1, G21, G22, G3共4个层的岩性组成。

车2井区齐古组沉积相为辫状河和冲积扇。由于本次研究的工区范围大部分属于辫状河相,因此我们以辫状河相来确定沉积体系的基本参数。辫状河流相砂砾岩体的厚度与延伸宽度的大小,与扇中亚相砂砾体基本相似。借鉴本区精细油藏描述成果及上述洪积扇砂砾岩体特征表^[8,9],确定洪积扇沉积体系基本参数如下。

1) 根据工区区域地层展布,总体地层走向为45°。

2) 地层倾角为5.5°。

3) 据前期沉积相研究,3套地层沉积物源方向,即岩体走向分别为:G1, SE110°; G21, SE90°; G22, SE100°和G3, SE110°。

4) 平面最小与最大延伸长度比:G1, 0.26; G21, 0.3; G22, 0.3; G3, 0.35。

5) 宽厚比:G1, 250; G21, 260; G22, 260; G3, 280。

2.2.2 岩性建模(SIS模拟计算)

在上述统计的基础上,建立SIS参数表,并在50多口井测井岩性解释作为井点约束,进行SIS岩性模拟,井点处与实际岩性相符。模拟结果可在3D和剖面中显示(图5,图6)。

2.3 物性建模(SGS模拟:储层连续属性模拟)

包括储层孔隙度(Pore)、渗透率(对数lg-Perm)、含油饱和度(So)和电阻率(ResD)4种属性^[10~12],按照下列步骤进行。

1) 属性分布(中值、标准偏差)统计

统计孔隙度、渗透率、含油饱和度及电阻率四种储层属性分布参数:中值和标准偏差,把非正态分布的数据转化为正态分布,以便于数据模拟运算。

2) 属性变差函数的确定

本次工作进行了孔隙度、渗透率、含油饱和度及电阻率四种储层属性的变差函数统计分析。以中细砂岩孔隙度(测井解释泥岩孔隙度为0)为例,表明其统计结果。

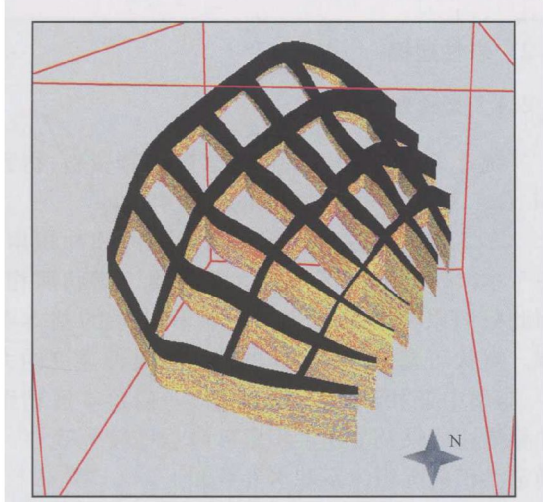


图5 岩性三维展布模型

Fig. 5 Schematic 3-D model of lithology distribution

(图5、图6中粉红色是砂砾岩,橙色是中细砂岩,黄色是细砂岩,灰色是泥岩。)

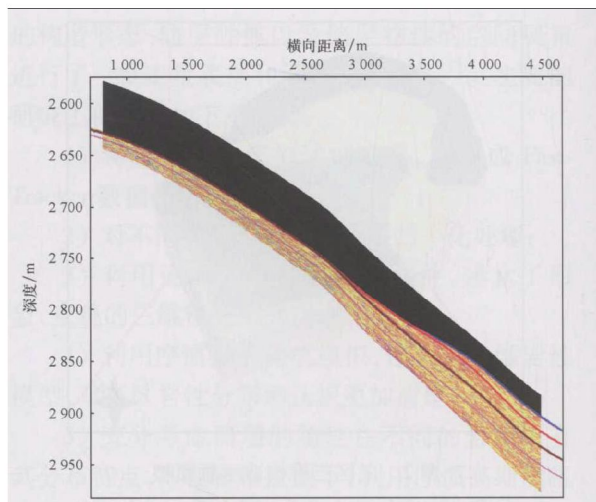


图6 岩性展布剖面

Fig. 6 Sectional view of lithology distribution

G3, G22 和 G21 变程较长,反映这些地层中细砂岩孔隙性横向连续性较好。G1 变程短,反映该套地层中细砂岩孔隙性横向连续性差。G3 基台值最高说明该层中细砂岩孔隙度纵向非均质性强, G22, G21 基台值接近,说明两者的纵向非均质性相似, G1 中细砂岩孔隙度纵向非均质性较弱(图7)。

3) 相控条件下的 SGS 模拟计算

FastTracker 能够进行相控条件下的 SGS 模拟。相控条件下的 SGS 模拟的原理是:沉积岩性、岩相分布控制着砂体分布,不同相的储层参数分布规律不同。在建立的沉积岩性、岩相或储层结构模型基础上,根据不同沉积相的储层参数定量分布规律,分相进行井间插值或随机模拟,建立储层参数分布模型^[13,14](如孔隙度、渗透率、含油饱和度三维分布模型)。

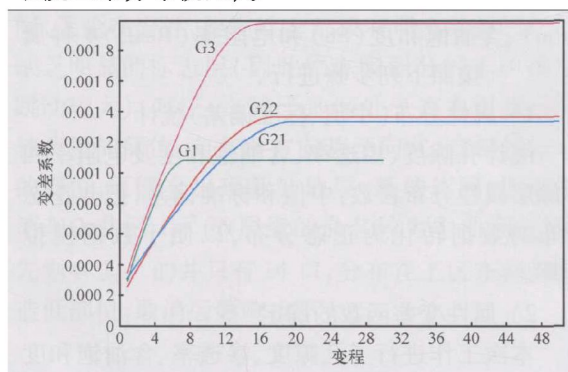


图7 各小层中细砂岩孔隙度变差函数曲线

Fig. 7 Variation graph of pack sand porosity in different layers

在 SIS 岩性模型控制和 50 多口井测井储层属性解释作为井点约束,进行相控条件下的 SGS 储层属性模拟,包括孔隙度、渗透率、含油饱和度及电阻率四种模型。从模拟结果看,在平面上和纵向上,岩性基本一致的情况下,孔隙度与渗透率的数值变化呈正相关性;在岩性、孔隙度基本一致情况下,含油饱和度与电阻率也呈正相关性;在多数情况下,含油饱和度与孔隙度、渗透率、电阻率的关系比较复杂(图8—图11)。

3 模型检验

3.1 与单井数据相比较

在建模过程中,单井数据要遵循原始数据体,即井点数据要吻合原始数据,在单井原始数据的基础上进行随机模拟,才能确保模型是有效、真实的。过车 2005 和车 2004 做一孔隙度剖面,并将车 2004,车 2005 孔隙度曲线拖入剖面中,从剖面反映出模型数据与井点数据吻合(图12)。

3.2 与平面沉积相展布相比较

砂砾岩在各个地层中零散分布,结合前期油藏描述中的沉积微相分析结果,砂砾岩与河床滞留沉积相对应。

各层中细砂岩展布与砾岩展布相比,较为连续,成条带状或片状分布,走向为北东西南向,与河床和河道砂坝沉积相对应。

泥岩成片状分布,结合前期油藏描述中的沉

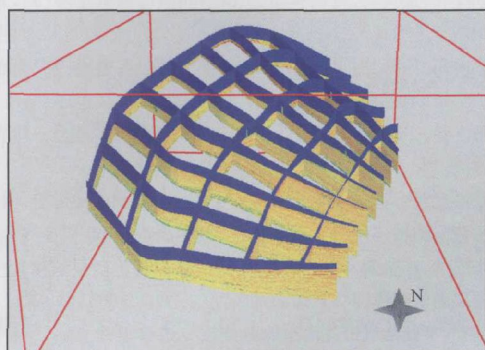


图8 孔隙度栅状图

Fig. 8 Fence diagram of porosity

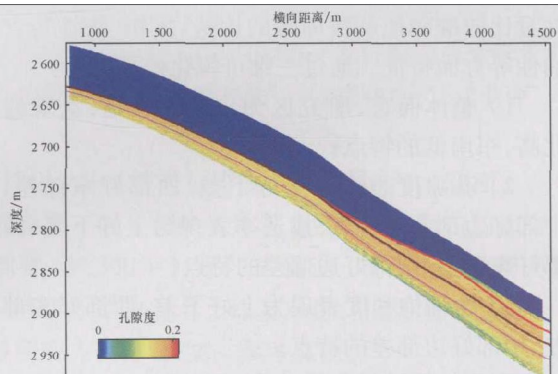


图9 孔隙度剖面图

Fig. 9 Profile of porosity

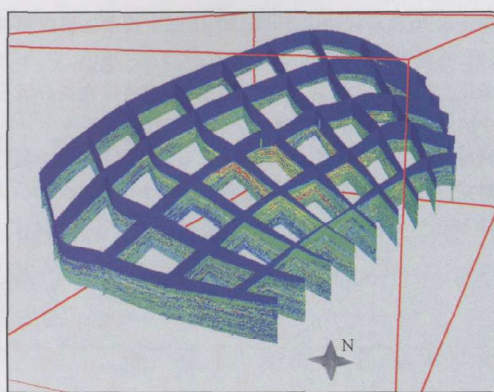


图10 含油饱和度栅状图

Fig. 10 Fence diagram of oil saturation

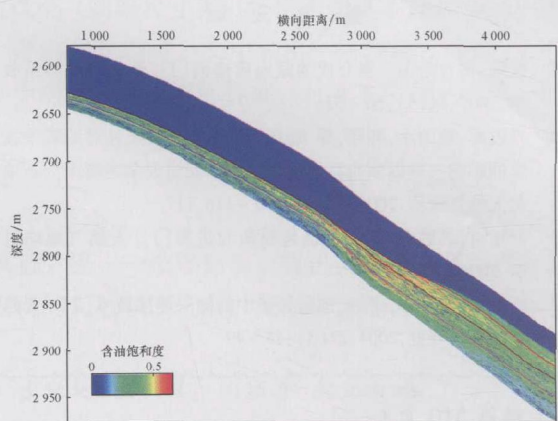


图11 含油饱和度剖面图

Fig. 11 Profile of oil saturation

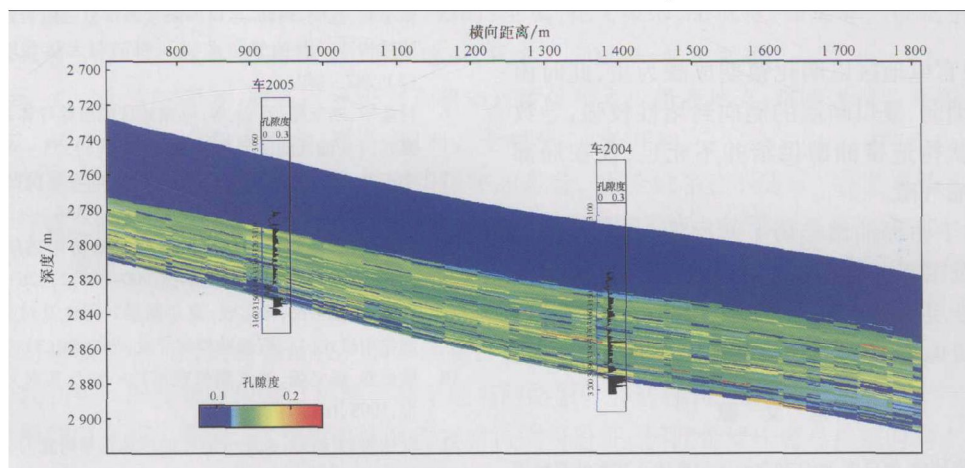


图12 过车2004-车2005井孔隙度剖面图

Fig. 12 Porosity profile crossing well ch2004-ch2005

积微相分析结果,泥岩分布较广的区域主要为漫滩沉积。

孔隙度和渗透率高值区分布范围与中细砂岩分布区域近似。

4 结论

储层随机建模技术提高了储层描述的速度,

并且比较准确地反映油藏的构造、沉积、物性与含油性等方面特征。通过三维可视化模型可见:

1) 整体而言,研究区为一单斜构造,呈现西北高,东南低的特点;

2) 孔隙度表现为上好下差、西部好东部差、中部好边部差的特点,渗透率表现为上好下差、西部好东部差、中部好边部差的特点;

3) 含油饱和度表现为上好下差、西部好东部差、中部好边部差的特点。

利用储层随机建模技术对前面的基础地质工作进行了检验,并为后面的数值模拟打下基础。

参 考 文 献

- 1 张强. 富台潜山三重介质油藏地质建模[J]. 油气地质与采收率, 2007, 14(5): 50~52
- 2 尹志军, 鲁国永, 邹翔, 等. 陆相储层非均质性及其对油藏采收率的影响——以冀东高尚堡和胜利永安镇油藏为例[J]. 石油与天然气地质, 2006, 27(1): 106~110, 117
- 3 尹艳树, 吴胜和. 储层随机建模研究进展[J]. 天然气地球科学, 2006, 27(2): 68~71
- 4 杨辉廷, 颜其彬, 李敏. 油藏描述中的储层建模技术[J]. 天然气勘探与开发, 2004, 27(3): 45~49

- 5 刘振峰, 郝天珧, 杨长春. 沉积模型和储层随机建模[J]. 地球物理学进展, 2003, 18(3): 519~523
- 6 胡向阳, 熊琦华, 吴胜和. 储层建模方法研究进展[J]. 石油大学学报(自然科学版), 2001, 25(1): 107~112
- 7 杨少春, 王瑞丽. 不同开发时期砂岩油藏储层非均质二维模型特征[J]. 石油与天然气地质, 2006, 27(5): 652~659
- 8 霍春亮, 古莉, 赵春明, 等. 基于地震、测井和地质综合一体化的储层精细建模[J]. 石油学报, 2007, 28(6): 66~71
- 9 张成学, 肖荣阁, 师永民. 基于测井解释及单砂层约束条件下储层随机建模[J]. 新疆石油天然气, 2007, 3(3): 25~55
- 10 陈利. 平湖油气田花港组油藏储层三维模型建立[J]. 油气地质与采收率, 2006, 13(3): 22~24
- 11 程立华, 吴胜和, 杨海长, 等. 准噶尔盆地庄1井区J₁S₂砂组储层沉积模式及随机建模研究[J]. 石油天然气学报, 2005, 27(1): 161~165
- 12 向瑜章. 克拉玛依油田530区P₂w₁砾岩油藏储层随机模拟[J]. 石油与天然气地质, 2002, 23(3): 279~284
- 13 汤军, 宋树华, 徐论勋, 等. 储层随机建模方法在细分沉积相中的应用[J]. 天然气地球科学, 2007, 18(1): 89~92
- 14 林博, 戴俊生, 陆先亮, 等. 河流相储集层夹层的三维空间分布研究[J]. 中国石油大学学报(自然科学版), 2006, 30(4): 17~20

(编辑 董立)

(上接第510页)

5 结论

1) 钱官屯地区以明化镇期成藏为主, 此时由于构造运动弱, 夏口断层的侧向封堵性较强, 导致钱官屯鼻状构造带油源供给并不充足, 仅在局部构造聚集油气藏。

2) 由于曲堤油田经历了两次油气充注, 并以东营末期及馆陶早期充注为主, 此时夏口断裂带江家店段的断层封闭性差, 导致大量的油气通过夏口断裂向曲堤地堑运移, 是曲堤油田形成的关键。

参 考 文 献

- 1 潘长春, 周仲毅, 解启来. 油气和含油气包裹体及其在油气地质地球化学研究中的意义[J]. 沉积学报, 1996, 14(4): 15~23
- 2 陈红汉. 油气成藏年代学研究进展[J]. 石油与天然气地质, 2007, 28(2): 143~150
- 3 Simon C G, Manzur A, Keyu L, et al. The analysis of oil trapped during secondary migration[J]. Organic Geochemistry, 2004(1): 1~20
- 4 李荣西, 席胜利, 邸领军. 用储层油气包裹体岩相学确定油气

成藏期次——以鄂尔多斯盆地陇东油田为例[J]. 石油与天然气地质, 2006, 27(2): 194~199

- 5 张小莉, 查明, 杨懿. 惠民凹陷沙河街组三段岩性油藏储层孔隙结构特征及油气意义[J]. 石油与天然气地质, 2007, 28(2): 287~292
- 6 付金华, 刘玉亮, 刘金, 等. 临南地区断层输导体系与油气成藏模式[J]. 油气地质与采收率, 2002, 9(3): 55~58
- 7 李丕龙. 富油断陷盆地油气环状分布与惠民凹陷勘探方向[J]. 石油实验地质, 2001, 23(2): 146~148
- 8 邱楠生, 李善鹏, 曾澹辉. 渤海湾盆地济阳坳陷热历史及构造-热演化特征[J]. 地质学报, 2004, 78(2): 263~269
- 9 高先志, 杜玉民, 张宝收. 夏口断层封闭性及对油气成藏的控制作用模式[J]. 石油勘探与开发, 2003, 30(3): 76~78
- 10 潘长春, 杨坚强. 油气藏微观不均一性及其意义[J]. 沉积学报, 1998, 16(2): 98~104
- 11 张枝焕, 王铁冠. 油藏分隔性的地球化学研究[J]. 地质地球化学, 1998, 26(2): 53~61
- 12 刘超英, 周瑶琪, 杜玉民, 等. 碳酸盐岩流体包裹体(NaCl-H₂O)的合成及捕获机理分析[J]. 中国石油大学学报(自然科学版), 2007, 31(2): 25~29
- 13 李美俊, 王铁冠, 刘菊, 等. 由流体包裹体均一温度和埋藏史确定油气成藏时间的几个问题——以北部湾盆地福山凹陷为例[J]. 石油与天然气地质, 2007, 28(2): 151~158

(编辑 董立)

镇期进入大量生烃和排烃期,此时夏口断层西部沙三中段、下段封闭性差^[9],临南洼陷沙三段油气穿过夏口断裂带以连通的钱官屯地区沙四段砂体作为运移通道进行由北向南的侧向运移,在钱官屯地区形成了以钱斜145、钱斜14、钱斜141、钱斜5、钱4为主线的一系列“串珠状”含油区块(图2)。

3 曲堤油田油气充注期次

对曲堤油田曲10井段含油层进行采样,发现上部储层1451.74~1457.74 m段包裹体烃类较多,对其进行薄片观测和分析,由于岩心薄片遭受油污污染较为严重,无法进行包裹体均一温度的测试,只有采用包裹体成分分析法进行成藏期次的分析,实验按照潘长春破碎包裹体的方法进行^[10](图6)。

如图6所示,曲堤油田曲10井中,1451.74~1457.74 m段储层包裹体成分色谱-质谱分析结果显示,其4-甲基甾烷较少,正构烷烃主峰碳为 C_{29} , OEP (奇偶优势指数)为1.61,甾烷 $C_{29}S/(S+R)$ 和 $C_{29}\beta\beta/(\alpha\alpha+\beta\beta)$ 分别为0.42和0.36。而该井下部1497.41~1505.72 m储层包裹体的4-甲基甾烷却很丰富,与规则甾烷相当,正构烷烃主峰碳数为 C_{23} , OEP 仅1.05,甾烷 $C_{29}S/(S+R)$ 和 $C_{29}\beta\beta/(\alpha\alpha+\beta\beta)$ 分别为0.42和0.38,与储层原油相似。由此对比可以看出曲10井上、下段

包裹体成分存在较大差异,应该是两期油气充注所造成的。其主要原因可能是因为第一期油气充注成藏以后散失,第二次油气充注使储层的流体发生变化,第二期有机包裹体才得以形成。也有可能第一期石油较少仅充满圈闭上部储层,而第二期石油储集在储层下部,后一种观点与烃源岩在地质历史上可以发生多次排烃过程,在同一圈闭中,早期的原油常常占据上部储层,而晚期生成的石油占据下部储层的理论相吻合^[11],结合早期排烃史的分析结果^[5],曲堤地区油气充注为东营末-明化镇两期成藏,虽与钱官屯地区同处于惠民凹陷缓坡带,但其成藏期次存在较大差异。

4 包裹体研究注意事项

选定合适的包裹体进行测试才能准确利用包裹体成分分析、均一温度分析研究油气充注期次和时间,分析油气充注史,本研究中进行包裹体测温时选取与有机包裹体同生的 $NaCl-H_2O$ 体系包裹体而没有选用有机包裹体,主要考虑到以下因素。

选用包裹体研究油气充注史时必须满足3个前提条件,即:1)均一体系,包裹体形成时被捕获在包裹体内的物质为均匀相态;2)封闭体系,包裹体形成后没有物质进入或逸出;3)等容体系,包裹体形成后体积没有发生变化。有机包裹体作为混容状态下捕获的多元组分体系,实验测试的均一温度很难完全准确反映真实的捕获温度,往往需要复杂的相态计算,而作为均一相态下捕获的盐水包裹体可真实反应包裹体的捕获温度^[12],在实际应用中我们一般选取与有机包裹体伴生的同期盐水包裹体的均一温度作为研究古地温的依据。

均一温度法确定包裹体的形成时期具有多解性,地层抬升剥蚀或者先沉降再抬升过程中形成的包裹体均一温度可能比早期形成的包裹体均一温度低或与之相等,研究中应结合成岩作用和自生矿物之间穿插、交代、包裹、环带、次生加大等组构关系及均一温度直方图进行划分^[13]。一般来说,分布在碎屑颗粒中的油气包裹体或石英加大边中的油气包裹体或含盐水包裹体是在成岩过程中捕获的,切穿石英次生加大边愈合裂隙中的包裹体,则是在成岩作用之后流体运移过程中捕获的。

(下转第542页)

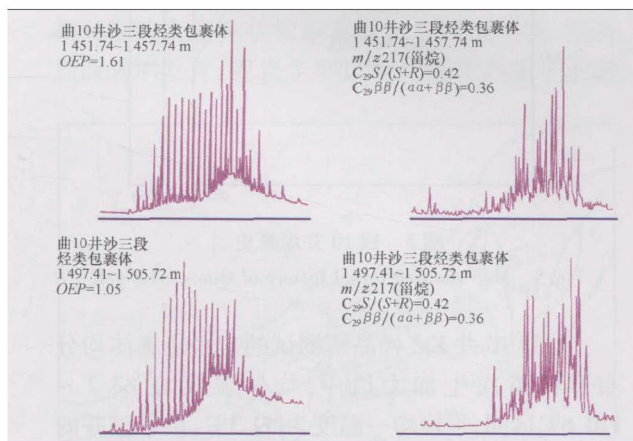


图6 曲堤油田曲10井沙三段两种不同期次包裹体成分对比

Fig. 6 Comparison of compositions between inclusions formed in different stages in the third member of Shahejie Formation in Qu-10 well, Quti oilfield