

文章编号: 1001- 6112(2008)02- 0138- 06

鄂尔多斯盆地黑山墩地区断裂特征及与油气的关系

张卫华^{1,2}

(1. 中国地质大学, 武汉 430074;

2. 中国石油化工股份有限公司石油勘探开发研究院南京石油物探研究所, 南京 210014)

摘要: 鄂尔多斯盆地黑山墩地区存在上下 2 套构造系统, 上下构造的分界线在 T_8 反射层附近, 其中上构造层是地区勘探目标层。上构造系统断裂依据其规模可以分为三级; 一级、二级断裂主要为近南北向展布的逆断层, 断至油源层以下; 三级断裂主要为层间调谐正断层。断裂和局部构造主形成期为燕山早期, 烃类排出期为燕山晚期, 因此沟通油源并控制局部构造形成的一级、二级断裂对油气成藏起着积极的作用。结合钻后评估分析认为: 鄂尔多斯盆地黑山墩地区成藏主控因素是构造, 断层控制的断背斜是油气聚集的最有利场所; 一、二级断裂在油气的初次分配中起着主要作用, 三级层间断层在油气的再分配中起着重要作用。依据该认识, 部署了 nd17 井, 实钻获得 15 套油斑级以上油层。

关键词: 断裂特征; 构造; 油气成藏; 主控因素; 黑山墩地区; 鄂尔多斯盆地

中图分类号: TE122. 3

文献标识码: A

FAULT CHARACTERISTICS OF HEISHANDUN AREA OF THE ERDOS BASIN AND ITS CONTROL OF OIL AND GAS

Zhang Weihua^{1,2}

(1. *China University of Geosciences, Wuhan, Hubei 430074, China;* 2. *Institute of Geophysical Prospecting, SINOPEC Exploration & Production Research Institute, Nanjing, Jiangsu 210014, China*)

Abstract: There are two overlying structural systems in Heishandun working area of the Erdos Basin. They borders at around reflector T_8 as show on seismic data. Among which the upper system is the target. It can be divided into three level fractures in terms of scale. The primary and second order fractures are mainly reverse faults extended down to the source rocks in south to north direction. The third order fractures are mostly intrabed normal faults. Faults and local structures were formed predominantly at early Yanshanian, and hydrocarbon expelled at late Yanshanian. The primary and second order fractures, which connect oil sources and control local structures, play an active role in the accumulation of hydrocarbon. In combination with postdrill assessment, it is concluded that local structures are the controlling factor to the formation of hydrocarbon reservoir, and faulted anticlines are the favourable places for hydrocarbon accumulation. The primary and second order fractures play the main role in the initial allocation of hydrocarbon, whereas the third order intrabed fractures play an important role in the reallocation of hydrocarbon.

Key words: fault characters; structure; hydrocarbon accumulation; controlling factors; Heishandun working area; the Erdos Basin

黑山墩地区位于鄂尔多斯盆地南部, 主体位于天环向斜西翼, 西部位于西缘冲断带的南端(图 1)。天环向斜西临冲断构造, 东接中央古隆起和伊盟隆起, 北达内蒙古千里山东麓, 南抵渭北小秦岭构造带北侧, 是西缘逆冲构造带推覆、东迁、隆升与凹陷的对立统一体^[1,2]。黑山墩地区由于其构造

位置的特殊性, 决定了其西部构造的复杂性和东部构造的相对稳定性。马家滩一摆宴井断裂自西北向东南方向贯穿区块; 受断裂作用影响下的二级断块、背斜带对油气运移聚集起主要控制作用, 局部构造主要为背斜、断背斜、断块及鼻状构造; 但并不排除发育隐蔽性油气藏的可能性。

收稿日期: 2008- 01- 04; 修订日期: 2008- 02- 29。

作者简介: 张卫华(1972—), 男, 高级工程师, 主要从事储层预测与评价研究。E-mail: weihuash@yahoo.com.cn。

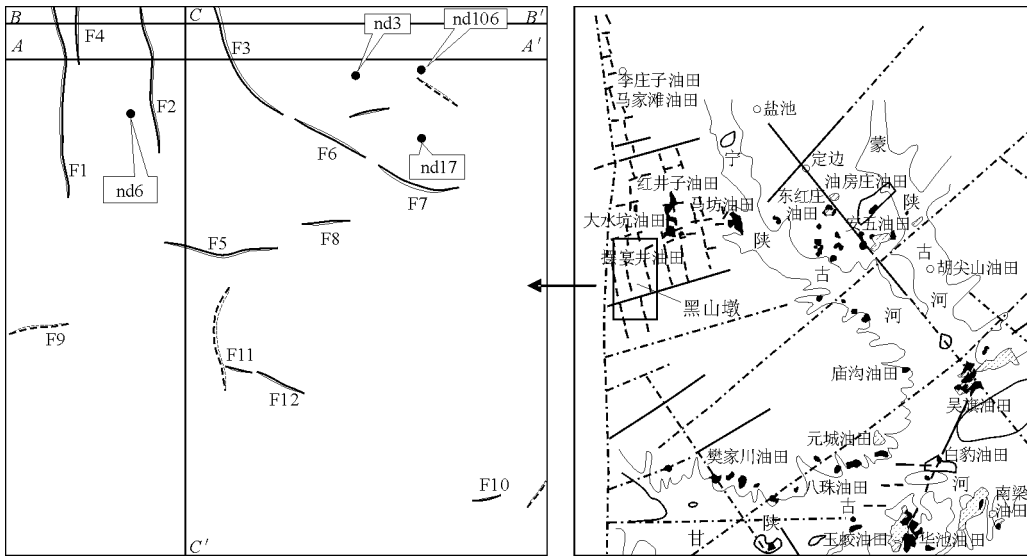


图 1 鄂尔多斯盆地黑山墩地区位置及上断裂系统断层展布

Fig. 1 Location and the distribution of the upper fault system of Heishandun area in the Erdos Basin

1 断裂系统划分

1.1 断裂系统划分依据

通过分析地震资料认为研究区存在 2 套断裂系统: 上断裂系统和下断裂系统, 2 套系统的分界线应在奥陶系风化面附近(T_9 反射层) (图 2)。该认识的依据有: 1) 上部断层一般均收敛于 T_8 反射层; 下部断层一般收敛在奥陶系风化面附近不穿过 T_8 , 存在明显的分界线。2) 上部断裂类型主要为逆断层, 下部均为正断层, 在断层形成机制上存在本质区别。3) 上部断层相对不发育, 下部断层异常发育, 发育强度上存在明显差异。

上构造系统断裂相对不发育, 规模小, 对研究区的构造格局不起控制作用, 但对沟通油源和油气的聚集成藏, 特别是延安组的成藏, 有着非常重要

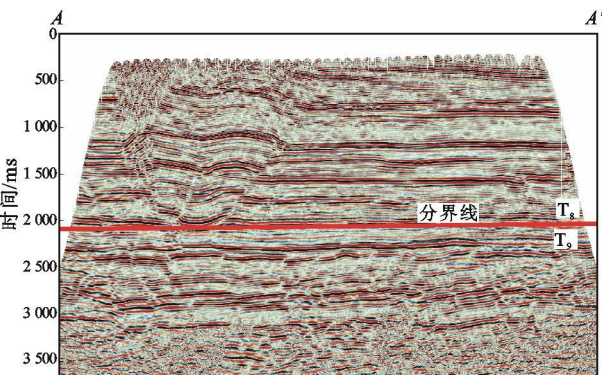


图 2 鄂尔多斯盆地黑山墩地区上下断裂系统划分依据剖面位置见图 1。

Fig. 2 Evidence for classification of upper-lower fault system of Heishandun area of the Erdos Basin

的作用。下构造系统断裂相对发育, 断裂断点清楚, 在地震剖面上易于识别, 断点附近无牵引拖曳现象, 表现为刚性地层特征。

1.2 上构造系统

由于研究区目前勘探的目的层是中生界, 位于上构造系统, 因此本文所论述的断裂均为上构造系统断裂, 并对其中规模较大的 12 条断层进行了分析(图 1)。断裂主要分布在研究区的北部和中部; 平面组合形式为平行和斜列式。

根据断裂解释的思路, 首先利用相干技术^[3-7]分析断层的平面展布。断裂主要分布在研究区的北部和中部, 延伸长度均较小; 断层走向在北部以南北向和北西向为主, 规模相对较大; 在中部断层走向主要为近东西向和北东向, 断裂规模相对较小; 随等 T_0 相干切片时间的增大, 上断裂系统断层逐渐消失, 仅北部几条南北向的断层发育直至消失。

图 1 是利用相干成果作为约束, 地震剖面解释为基础获得的地区上断裂系统断裂分布图。断层走向以近南北向为主; 还发育东西向和北西向断层; 平面组合为北部为平行波状, 中部为斜列式。上断裂系统是在燕山运动导致的大规模推覆与冲断的背景中形成的, 但受影响程度相对较小; 断层规模较西缘断褶带断层规模小很多, 对研究区构造格局形成几乎没有控制作用。受东西向挤压, 研究区断裂以南北向逆断层为主, 东西向和北西向调谐断层为辅。各断裂的断裂要素见表 1。

根据断裂规模(平面延伸长度、垂直断距和水平断距), 将上构造系统断裂分为 3 级(表 1)。

表1 鄂尔多斯盆地黑山墩地区上断裂系统断裂要素
Table 1 Fracture elements of the upper fracture system in Heishandun area of the Erdos Basin

断裂编号	断裂性质	走向	倾向	延伸长度/km	垂向最大断距/m	垂向切割地层	级别
F1	逆	近南北	东	5	150	T ₈ 以上	iv
F2	逆	近南北	西	4	50	T ₄ -T ₈	iv
F3	逆	南北—北西	西	3~4	180	T ₄ -T ₈	iv
F4	逆	近南北	西	1~2	30	T ₄ -T ₆	㉔
F5	正	近东西	北	3~4	40	T ₄ -T ₆	㉕
F6	正	北西	南东	2	5	T ₅ -T ₆	㉕
F7	正	北南—南西	北东	2~3	10	T ₄ -T ₆	㉕
F8	正	近东西	北	1~2	20	T ₄ -T ₆	㉕
F9	逆	近东西	北	1~2	5	T ₄ -T ₆	㉔
F10	逆	近东西	北	1	10	T ₄ -T ₆	㉔
F11	逆	近南北	西	2~3	20	T ₅	㉔
F12	正	北西	北东	1~2	12	T ₆	㉔

1.3 上断裂系统断层分类

iv级: 延伸长度大于3 km, 逆断层, 切割T₈以上地层。该类断层主要分布在研究区西北部, 分别为F1, F2和F3断层, 其不控制地区构造格局, 仅对局部构造有控制作用。

㉕级: 延伸长度小于3 km, 切割2组以上地层, 该类断层分布在研究区中部和北部。该类断层是研究区值得重视的断层, 对油气成藏的主要贡献主要表现为沟通油源, 对油气的初次分布起到关键的作用, 特别是对延安组及以上地层的油气成藏。

㉔级: 延伸长度小于2 km, 基本为层间断层; 在全地区均有分布, 但现阶段对该类断层解释还比较粗略。该类断层可能对油气的再分配有重要意义, 应加强研究, 特别是延长组层间断层。

2 构造演化分析

研究区经历了多期构造运动, 形成现构造格局。由于经受了多期的剥蚀, 依靠地层厚度分析法或层拉平的方法分析构造演化是不完善的; 全面的构造演化分析不应局限于研究区, 而应从区域地质演化背景出发, 分析区域构造运动对研究区的控制作用及表现形式^[8-11]。限于研究条件和本文研究重点, 只是通过层拉平的方法^[12-14]初浅描述不同时期构造的基本特征及其演变, 关键是要获得上断裂系统断裂定型时期与油气排出期的匹配关系。

海西运动中晚期, 研究区以整体沉降为主, 沉积稳定; 该特征一直持续到三叠纪末期—侏罗纪早期的印支运动。印支运动导致地层抬升, 并遭受剥蚀, 研究区西部剥蚀量大于东部, 被剥蚀地层主要

为长3段以上地层, 因此决定延长组厚度变化的主要是长3段以上地层, 长3段以下地层相对稳定; 残存延长组厚度表现为西薄东厚^[15-18]。到直罗组沉积时期, 即燕山运动早期, 研究区上构造系统基本定型, 与现构造基本一致, 但到燕山中晚期仍有一定的活动。

根据地质研究成果, 鄂尔多斯盆地从早白垩世开始进入生排油高峰期, 并在早白垩世末期达到最大生排烃范围, 即在燕山运动中晚期进入生排烃高峰期; 而断裂主形成期是燕山早期, 即断裂具有沟通油源的能力, 同时对已形成的构造没有破坏作用, 因此对研究区的油气成藏起着积极的作用。

3 油气成藏主控因素分析

断裂可以在油气成藏中起着积极或消极的作用, 其对成藏要素的影响方式和程度, 可能决定油气成藏的规模和油气的分布特征。

钻后评估是了解油气成藏主控因素的最有效手段。表2, 3是研究区已完钻井钻遇构造和储层

表2 鄂尔多斯盆地黑山墩地区钻遇构造与产油关系

Table 2 Drilled structure and its oil show of Heishandun area of the Erdos Basin

钻遇构造情况	产油情况	探井和评价井井号
有构造圈闭	产油	nd2, nd3, nd8, nd14, nd108, nd109
	不产油	nd106
无构造圈闭	产油	目前无井钻遇
	不产油	nd4, nd9, nd107
构造不落实	产油	目前无井钻遇
	不产油	nd6

表3 鄂尔多斯盆地黑山墩地区钻遇储层与产油关系

Table 3 Drilled reservoir and its oil show of Heishandun area of the Erdos Basin

钻遇储层	产油情况	探井和评价井井号
延6储层	产油	目前无井钻遇
	不产油	nd4
延8储层	产油	nd3
	不产油	nd6, nd9, nd14
延9储层	产油	nd2, nd8, nd108
	不产油	nd9, nd6
延10储层	产油	目前无井钻遇
	不产油	nd107
长2储层	产油	目前无井钻遇
	不产油	nd106
长4+5	产油	nd14
	不产油	nd6
长6	产油	nd109
	不产油	nd3, nd106

情况与钻遇工业油流的关系表。从这 2 个表中可以看出,目前已完钻井均钻遇不同目的层的储层,但产油的井均位于构造圈闭上。该现象说明地区的成藏控制因素是构造,当然也不排除将来发现岩性油藏的可能,因此研究重点应该是断裂与局部构造的关系。

4 各断裂与局部构造的关系

研究认为研究区 F1, F2, F3, F4 和 F5 等 5 条断层与局部构造的形成关系密切。

4.1 F1 断层

F1 为东倾逆断层,走向近南北,断面较陡,断距上大下小,收敛于 T₈ 反射波上,在断层的上盘形成牵引构造。地震剖面显示该断层可能出露地表,如果出露地表则可能北部断背斜构造中的油气沿该断层逃逸,对油气保存产生不利影响;但浅层地震资料信噪比低,识别困难,可利用野外露头资料加以确认。该断层在研究区延伸长度约 5 km,最大垂直断距约 150 m,为研究区一级断层(图 3)。地震剖面上该断层下部反射杂乱连续性差,无褶皱现象;上部为背斜褶皱,在延安组变形幅度较大。

4.2 F2 断层

F2 为西倾逆断层,走向近南北,水平断距北大南小,向北收敛;垂直断距中部大,向深部和浅部减小,向下收敛于 T₈ 反射波上,向上收敛于 T₄ 反射波下,最大垂直断距约 50 m,延伸长度 4 km(图 3),为研究区一级断层,但其规模小于 F1 和 F3 断层。地震剖面反射特征上该断层上下盘 T₄ 上下地层形态相似,但向下地层倾角变陡,伴随褶皱,在 T₇ 附近变形最大,因此 T₇ 反射层附近应是应力集中区。

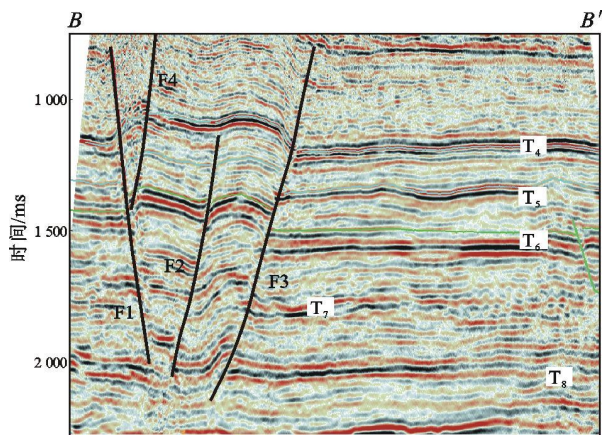


图 3 鄂尔多斯盆地黑山墩地区 F1- F4 地震反射特征剖面位置见图 1。

Fig. 3 Seismic reflection patterns of faults F1 to F4 of Heishandun area of the Erdos Basin

4.3 F3 断层

F3 为西倾逆断层,走向由南北转向北西,断距上小下大,但向下迅速收敛,在断层的上盘形成牵引构造,在研究区延伸长度约 3~ 4 km,最大垂直断距约 180 m,为研究区一级断层(图 3)。该断层上下地层变形方式不同,上部表现为简单的逆断层样式,下部(T₆ 反射层以下)表现为逆冲推覆特征。可能意味着该断层发育的多期性。

从 F1, F2, F3 的剖面反射特征看,在这 3 条断层的上盘均形成背斜构造,并且沟通油源,有利于油气成藏。

4.4 F4 断层

F4 为西倾逆断层,走向近南北,断面较陡,断距较小,收敛于 T₆ 反射层上,在研究区延伸长度约 1.5 km,最大垂直断距约 30 m(图 3)。该断裂从地震剖面看应该出露地表,对油气保存产生不利影响。

4.5 F5 断层

F5 为北倾正断层,走向近东西,断距较小,切割 T₅ -T₈ 地层,收敛于 T₉ 之上,最大垂直断距约 40 m(图 4)。在断层的上盘形成牵引构造,并且向下沟通油源。

由上可见,研究区断层一方面控制局部构造的形成,另一方面起到油气输导通道的作用,应该说控制了构造圈闭捕获油气的能力,从而也就控制了研究区油气的分布。

5 断裂与油气成藏的关系

通过考察研究区产油井和不产油井与断层的

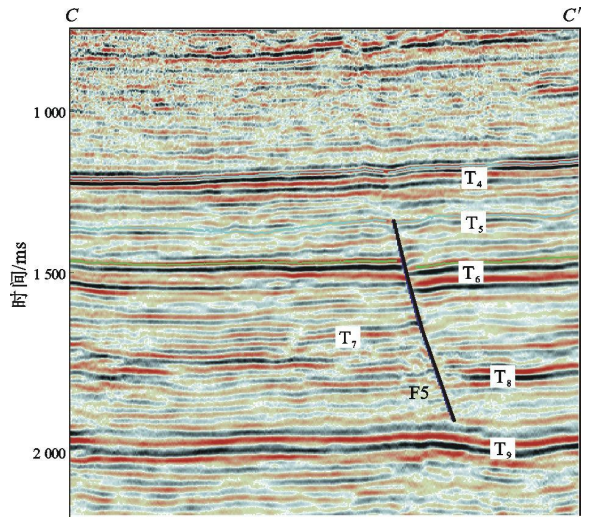


图 4 鄂尔多斯盆地黑山墩地区 F5 断裂反射特征剖面位置见图 1。

Fig. 4 Seismic reflection pattern of fault F5 of Heishandun area of the Erdos Basin

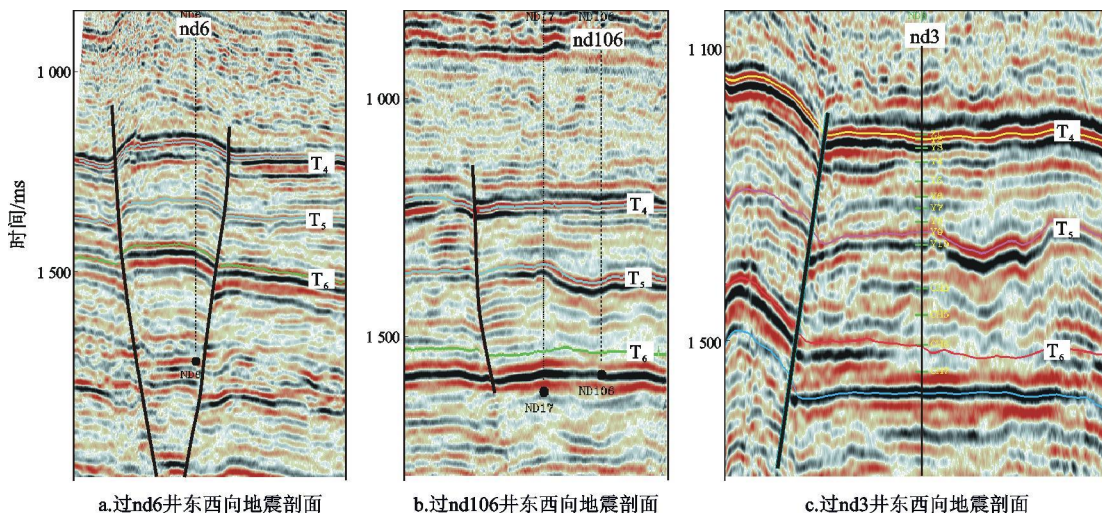


图5 鄂尔多斯盆地黑山墩地区断裂与井含油关系

Fig. 5 Faults and its relationship with oil potential of Heishandun area of the Erdos Basin

关系,可理解上断裂系统与油气成藏的关系。

5.1 nd6 井

nd6 井位于 F1 和 F2 断层夹持的背斜上(图 5a),除长 6 外其余目标层均为东西对称倾没,因此沿断层运移的油气达到目标储层时发生侧向运移被圈闭捕获,从而形成了延 8、延 9 和长 4+ 5 段均见油气的地质现象。但该井为何最终未获得工业产能,原因有 3 个方面: 1) F1 断层可能“通天”致油气逸散,不利于油气保存; 2) 该构造向北是否倾覆情况不明朗,如果向北不倾没则该构造圈闭能力有限,不可能获得工业产能; 3) 可能研究区油源不充足,导致圈闭不能充满、特别是存在多套储层,导致油气分散,各储层丰度均较低;如果是油源问题,则对该构造应积极评价,继续向构造高部位勘探可能会取得好的成果。尽管 nd6 井未取得好油气效果,但从该井的实钻结果看断裂是沟通油源的运移通道。

5.2 nd106 井

nd106 井是失利井,该井失利的原因与布井时二维地震资料落实构造精度不高有关。该井延安组为构造低,在延安组未见油气显示;在延长组长 6 以上位于圈闭闭合线外,未见好的油气显示;在长 6 段位于闭合线的附近(图 5b),并见油气显示。精细构造解释发现, nd106 井延长组内发育层间正断层,该断层是否对油气的再分配起作用尚待进一步研究。但该井仅长 6 段见油气显示,与其它断层附近的井存在明显的差异,该差异应该是断层造成的。因此该井一方面证实构造和储层是地区油气成藏的两大要素,另一方面也说明离断层较远的构造圈闭,其充注度是勘探部署时首先要考虑的问

题。从三维研究成果看, nd106 井向北应该是有利区,下步勘探值得关注。

5.3 nd3 井

nd3 井是地区主要的产油井,该井在延长组和延安组下部均存在好的圈闭构造(图 5c)。为何延 8 段高产,而延长组未获工业油流?通过分析对比地震剖面发现,在延长组内部 nd3 井的西侧与 F3 断层之间存在一层间断裂,该断裂穿过延长组顶部,收敛于延 8 段顶,延 8 段高产是否是由于该断裂将本聚集于延长组的油再分配从而导致延 8 段高产? 这些问题都是黑山墩地区勘探要思考的问题。从最终油气效果看, nd3 井尽管只在延 8 段获得高产,但其多层见油气显示现象还是证实了沟通油源的断裂在油气初次分配过程中发挥着重要的作用。

综合以上各井产油情况与断裂的关系,可以得出如下的结论:地区上断裂系统与油气成藏关系密切,一方面断裂沟通油源,起到油气运移通道的作用;另一方面断层形成的牵引构造或者翼部被断层改造的背斜是油气聚集的良好场所。因此在关注沟通油源断层的同时,对层间断层,特别是延长组内部断层要特别重视,因为从目前钻井钻遇油层和产油的情况来看,层间断层可能对油气的再次分配起至关重要的作用。

6 效果分析

nd17 井是在上述研究的基础上部署的探井,位于断层上盘的断背斜上(图 6);表 4 是该井的油气成果表,共钻遇 15 套油斑以上级别的油层,证明断层在油气成藏中起到重要的作用。

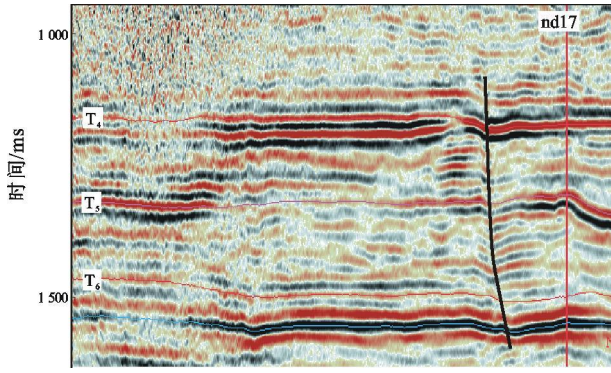


图 6 鄂尔多斯盆地黑山墩地区过 nd17 井东西向地震剖面

Fig. 6 The seismic line across well nd17 of Heishandun area of the Erdos Basin

表 4 鄂尔多斯盆地黑山墩地区 nd17 井录井成果

Table 4 The logging data of Well nd17 in Heishandun of the Erdos Basin

层位	深度/m	厚度/m	岩心及录井解释
延 4 段	1991.00~ 1992.78	1.78	油斑—油迹
延 5 段	2 035.00~ 2 038.65	3.65	油斑—油浸
	2 041.50~ 2 043.45	1.95	油斑—油迹
延 6 段	2 068.50~ 2 069.40	0.97	油斑
延 8 段	2 156.88~ 2 164.52	7.64	油斑
延 10 段	2 204.50~ 2 209.81	5.31	油斑—油浸
长 3 段	2 283.50~ 2 285.45	1.95	油斑—油浸
	2 285.91~ 2 288.03	2.12	油浸
长 4 段	2 414.00~ 2 416.50	2.50	油斑—富含油
长 5 段	2 450.00~ 2 452.79	2.79	油斑—油浸
	2 479.00~ 2 480.94	1.94	油斑
	2 489.24~ 2 493.00	3.76	油斑
长 6 段	2 493.33~ 2 494.93	1.60	油斑
	2 495.05~ 2 508.64	13.59	油浸
	2 536.50~ 2 538.17	1.67	油斑

7 结论

1) 研究区上断裂系统断裂形成于燕山早期,早于油气生成排出期,对捕获油气的局部构造不起破坏作用,同时沟通油源,非常有利于油气成藏。

2) 上断裂系统中的一级和二级断裂控制局部构造的形成,并沟通油源,对油气的初次分配起到

关键作用;三级断层,即层间断层对油气的再分配起着重要作用。研究区断裂下步研究的方向应该是层间断裂的精细解释。

参考文献:

- 1 杨俊杰. 鄂尔多斯盆地构造演化与油气分布规律[M]. 北京: 石油工业出版社, 2001
- 2 陈全红, 李文厚, 姜培海等. 鄂尔多斯南部上古生界油气成藏条件分析[J]. 石油实验地质, 2007, 29(6): 554~ 559
- 3 范哲清, 吴振东, 白玉春等. 歧口凹陷新生代宏观构造解释与油气聚集关系[J]. 石油物探, 2007, 46(4): 402~ 410
- 4 李忠, 林刚, 雷雪等. 川中地区中三叠统雷口坡组构造特征及解释方法探讨[J]. 石油物探, 2005, 44(2): 131~ 136
- 5 管晓燕, 毕俊凤, 穆星. 多信息相干技术在阳信洼陷构造研究中的应用[J]. 勘探地球物理进展, 2006, 29(1): 48~ 51
- 6 苑书金. 地震相干体技术的研究综述[J]. 勘探地球物理进展, 2007, 30(1): 19~ 27
- 7 余德平. 应用三维相干技术进行精细地震解释[J]. 石油物探, 2000, 39(2): 83~ 88
- 8 张义楷, 周立发, 党D等. 鄂尔多斯盆地中生代构造应力场与油气聚集[J]. 石油实验地质, 2006, 28(3): 19~ 23
- 9 赵红格, 刘池洋, 王峰等. 鄂尔多斯盆地西缘构造分区及其特征[J]. 石油与天然气地质, 2006, 27(2): 47~ 53
- 10 王锋, 刘池洋, 赵红格等. 贺兰山西麓中生代构造反转及意义[J]. 石油实验地质, 2006, 28(3): 10~ 13
- 11 高帮飞, 邓军, 王庆飞等. 构造体制转换与成藏作用: 以鄂尔多斯盆地为例[J]. 油气地质与采收率, 2007, 14(3): 17~ 19, 23
- 12 邓雁, 张延充, 李忠等. 川东下三叠统飞仙关组沉积相研究[J]. 勘探地球物理进展, 2004, 27(5): 62~ 64
- 13 李海涛, 孟宪军, 宋传春等. 准噶尔盆地中部区块地震属性适用性研究[J]. 石油物探, 2004, 43(S1): 23~ 27
- 14 黄绪宝, 张旭光, 刘其等. VoxelGeo在塔河油田碳酸盐岩储层预测中的应用[J]. 石油物探, 2001, 40(4): 100~ 105
- 15 兰朝利, 何顺利, 门成全. 鄂尔多斯盆地靖安油田上三叠统延长组长6段沉积相研究[J]. 油气地质与采收率, 2006, 13(5): 17~ 20
- 16 李树同, 王多云, 秦红等. 鄂尔多斯盆地姬塬地区三角洲前缘储层砂体成因分析[J]. 油气地质与采收率, 2005, 12(6): 23~ 26
- 17 聂永生, 田景春, 夏青松等. 鄂尔多斯盆地白豹—姬塬地区上三叠统延长组物源分析[J]. 油气地质与采收率, 2004, 11(5): 8~ 10
- 18 李凤杰, 王多云, 王峰等. 坳陷湖盆三角洲前缘储层砂体成因研究[J]. 石油实验地质, 2007, 29(1): 67~ 72, 98

(编辑 徐文明)