

柴达木盆地英东地区地质综合评价及勘探目标优选

李元奎¹⁾, 奎万仓²⁾, 铁成文³⁾, 郑晓英¹⁾, 李程程¹⁾, 吴凤梅¹⁾

1)青海油田公司勘探开发研究院, 甘肃敦煌 736202;
2)青海油田公司井下作业公司, 甘肃敦煌 736202;
3)青海油田公司天然气公司, 青海格尔木 816000

摘要:通过对柴达木盆地英东地区构造断裂特征、烃源岩条件、沉积储层的地层发育特征、生储盖组合等地质条件综合分析、评价认为:英东地区油砂山、英东一号构造等中浅层圈闭落实,油源充足且具有良好的生储盖组合。同时砂33、砂34井试油已获得油气流,说明油气层有东扩的趋势。因此通过目标优选评价认为该区具有良好的勘探前景,目前通过砂37、40井等井钻探已发现英东一号油气田。

关键词:英东地区;构造断裂特征;沉积储层;生储盖组合;勘探部署

中图分类号:TE122;TE122.3;TE122.35 **文献标志码:**A **doi:**10.3975/cagsb.2012.01.07

Geological Comprehensive Evaluation and Exploration Target Selection in Yingdong Area of Qaidam Basin

LI Yuan-kui¹⁾, KUI Wan-cang²⁾, TIE Cheng-wen³⁾, ZHENG Xiao-ying¹⁾, LI Cheng-cheng¹⁾,
WU Feng-mei¹⁾

1) Qinghai Oilfield Research Institute of Exploration, Dunhuang, Gansu 736206;
2) Qinghai Oilfield Borehole Operation Company, Dunhuang, Gansu 736206;
3) Qinghai Oilfield Nature Gas Company, Golmud, Qinghai 816000

Abstract: Based on an integrated analysis of such geological conditions as tectonic fracture characteristics, hydrocarbon source rocks, sedimentary reservoir strata and source-reservoir-cap rock in Yingdong area of Qaidam Basin, the authors have reached the conclusion that Yousha Hill and Yingdong No. 1 structure in the shallow traps of Yingdong area have adequate oil sources and possess ideal source-reservoir-cap rock assemblage. Test drilling of Sha-33 and Sha-34 wells has access to oil and gas flow, suggesting eastward expansion tendency of the oil and gas reservoir. Target optimization has revealed that the area has good prospects for exploration, and the drilling of Sha-37, Sha-40 wells has led to the discovery of Yingdong No. 1 oil and gas field.

Key words: Yingdong area; Structural fault; sedimentary reservoirs; source-reservoir-cap; exploration deployment

英东地区位于青海省柴达木盆地西部茫崖坳陷区油砂山-大乌斯构造带油砂山地面构造东段,南邻尕斯库勒、乌南油田区。油砂山地面构造整体为一由东南向北西方向抬升的大型鼻隆构造,构造面积约220 km²,圈闭面积116 km²,闭合度2100 m,自西向东在鼻隆背景上依次发育油砂沟、七一沟和大乌斯三个高点,出露地层则由老变新,依次为N₂¹、N₂²、N₂³。英东地区各构造均受断裂的控制呈北西向展布。油砂山-大乌斯构造带各浅层构造均受油砂

山断裂控制而形成,圈闭依附于油砂山断裂展布。英东一号构造位于油砂山构造带东段的七一沟高点上。

1954年通过1:25000地面细测,落实了油砂山地面构造。1966年对英东地区油砂山构造带进行1:20万重磁力详查工作,初步查明构造深部存在重力异常。2000年该区部署了240.5 km的电法勘探(CEMP),473 km²的高精度重磁及两条(031、1029)山地攻关测线。2006年在油砂山构造开展宽线地震

收稿日期:2011-08-20; 改回日期:2011-09-20。责任编辑:魏乐军。

第一作者简介:李元奎,男,1964年生。高级工程师。主要从事油气地质勘探综合研究工作。通讯地址:736202,甘肃省敦煌市七里镇青海油田公司勘探开发研究院。E-mail:cdmpd98@163.com。

攻关,采集完成主测线 8 条,联络测线 4 条,全长 410.69 km,测网密度 4 km×4 km。2007 年在以前工作的基础上,对该区的地震测网进行加密,共采集完成地震测线 15 条,其中主测线 9 条,联络测线 6 条,使油砂山-大乌斯构造带测网密度达到 2 km×3 km ~ 1 km×2 km。

1956 年 10 月在油砂山构造高部位首钻浅 1 井,发现油砂山油田,探明 N_2^1 - N_2^2 油藏具有可观的含油面积和丰富的石油地质储量。英东地区目前共钻各类探井十余口,均见到不同程度油气显示,其中砂 33、砂 34 井在中浅层获得工业气流。

2010 年通过二维地震重新处理解释,落实了英东一号断背斜构造圈闭,并部署钻探砂 37 井。砂 37 井钻进过程中油气显示极为活跃,电测解释出 210 m 与油气相关的层,经测试于 N_2^1 及 N_2^2 多个层组获得高产工业油气流,揭示英东一号构造具备很好的含油性,英东地区油气勘探前景良好。

1 构造特征

1.1 断裂特征

本区断层极其发育,发育了深浅两套断裂系统。分别对应于两次喜山运动,深部断裂系统形成于 N_1 末期的喜山 II 幕运动,浅部断裂系统形成于晚第三纪末期的喜山 V 幕运动。在早期构造运动和后期构造运动影响下,本区浅层和中深层在构造形态和断裂特征上差异明显(黄庆华等,1996)。断裂要素如表 1。

1.2 构造特征

本区构造在浅层和深层存在明显差异,深层构造类型主要为基底卷入断褶式构造圈闭;浅层构造受浅层滑脱断层控制,形成滑脱型构造样式(图 1;吴花果等,2001;戴俊生等,2003)。

英东一号构造圈闭是发育在油砂山断裂上盘,被油砂山断层和英东 1 号断层所夹持形成的一个断背斜,其构造轴向西北。英东一号构造受浅层滑脱

表 1 英东地区主要断裂要素表

Table 1 Essential factors of main fractures in Yingdong area

断裂名称	性质	倾向	走向	级别	断达层位	最大断距/m	延伸长度/km
油砂山	逆	NE	NW	II	T_2' - T_3	2500	58.46
XI	逆	SW	EW	II	T_2' - T_3	3500	57.72
①	逆	SW	NW	III	T_2' - T_3	100	20.58
②	逆	NE	NW	III	T_2' - T_3	100	5

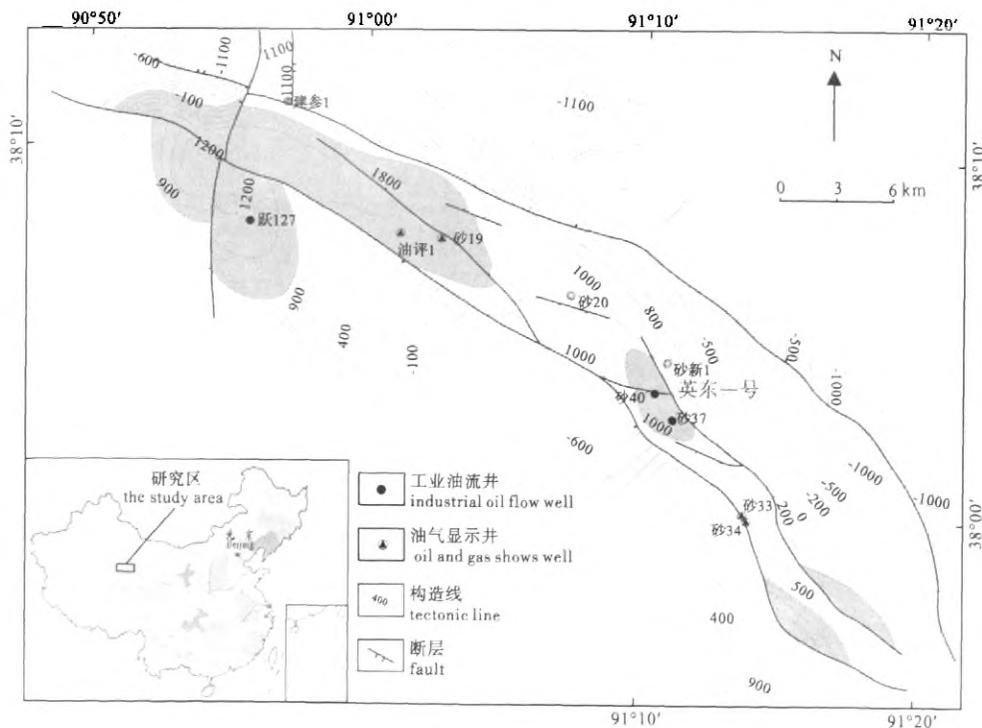


图 1 研究区构造位置示意图

Fig. 1 Structural location of the study area

断层影响派生出一系列次生断层, 这些次生断层将英东一号背斜分割成断鼻、断块构造(表 2), 同时断层对英东一号断鼻构造的油气聚集具有重要意义。

2 烃源岩条件分析

英雄岭地区处于柴达木盆地第三纪沉积中心边缘, 渐新世中期(E_3^2)区域上的湖进, 使本区 $E_3^2-N_1$ 沉积了一套较深湖相的暗色生油岩, 生油岩累计厚度大于 1500 m。

油砂山构造 N_1 有机碳平均含量在 0.5% 左右, 氯仿沥青“*A*”含量在 1100×10^{-6} 左右, 总烃含量在 500×10^{-6} 左右, 以 I 类生油岩为主。 E_3^2 有机碳含量在 0.6% 左右, 氯仿沥青“*A*”含量在 1400×10^{-6} 左右, 总烃含量在 300×10^{-6} 左右。即本区 $N_1-E_3^2$ 烃源岩达到了盆地的 I 类标准, 说明本区具有生油能力。

同时红狮凹陷的热演化史分析表明, $E_3^2-N_1$ 烃源岩于 N_2^1 沉积末期进入成熟阶段(埋深 3100 m 左右进入成熟门限), N_2^2 末期大面积成熟。三次资源评价预测狮子沟-油砂山构造带具有丰富的油气储量。

总之, 英东地区处于英雄岭、扎哈泉和茫崖生油凹陷之间, 属凹中之隆, 具有非常优越的油源条件(沈显杰等, 1995; 贾承造等, 2005; 彭德华等, 2005)。

3 沉积储层条件

3.1 地层沉积条件

英东地区目前通过钻探共揭示出 N_2^3 、 N_2^2 、 N_2^1 、 N_1 、 E_3^2 、 E_3^1 六套地层, 其中主要含油气层为 $N_2^2-N_1$ 。各地层岩性简述如下:

狮子沟组(N_2^3): 岩性以棕黄色泥岩、砂质泥岩为主, 夹浅黄色泥岩、砂质泥岩、粉砂岩、细砾岩、砾状砂岩及灰黄色泥岩, 棕黄色粉砂岩、泥质粉砂岩等。厚度 0~810 m。

上油砂山组(N_2^2): 岩性以棕灰色、棕褐色、棕

黄色、灰色泥岩、砂质泥岩, 棕灰色泥岩和灰色粉砂岩、细砂岩、含砾不等粒砂岩互层为主, 夹灰黄色泥岩、砂质泥岩, 灰色粗砂岩、含砾粗砂岩、中砂岩、含砾细砂岩、砾状砂岩、泥质粉砂岩和棕黄色砾状砂岩、粉砂岩及棕灰色含砾不等粒砂岩、细砂岩。厚度 600~1200 m。

下油砂山组(N_2^1): 岩性以灰色细砂岩、砂质泥岩, 棕褐色砂质泥岩、粉砂岩及棕灰色泥岩、砂质泥岩、泥质粉砂岩互层为主, 夹灰色泥岩、泥质粉砂岩、细砂岩和棕褐色泥质粉砂岩及棕灰色含砾不等粒砂岩、含砾细砂岩。一般厚度 1000~1300 m。

上干柴沟组(N_1): 岩性为深灰色、灰色、褐灰色泥岩、钙质泥岩、砂质泥岩、泥质粉砂岩。厚度 1000~1300 m。

下干柴沟组上段(E_3^2): 岩性为深灰色、灰色泥岩、钙质泥岩、砂质泥岩、泥质粉砂岩, 夹少量褐灰色泥岩。一般厚度 1300 m。

下干柴沟组下段(E_3^1): 岩性以灰色、棕褐色泥岩、砂质泥岩、灰白色细砂岩及钙质泥岩为主, 夹浅灰色、棕褐色粉砂岩、砂质泥岩、钙质粉砂岩, 灰色泥质粉砂岩、钙质粉砂岩, 棕灰色泥岩和灰白色粉砂岩等。厚度 400~600 m。

综合研究表明, 英东地区发育多种沉积成因的碎屑岩储层, 即冲积成因的砂砾岩储层、浊积成因的砂质岩储层、三角洲沉积的砂岩储层和滨浅湖沉积的粉-细砂岩储层, 其中英东一号构造 N_2^1 、 N_2^2 储集层主要为辫状三角洲前缘及滨浅湖相沉积的中-细砂岩、粉砂岩。

3.2 储层特征

3.2.1 储层岩性

3.2.1.1 上油砂山组(N_2^2)

储层具有成分成熟度中等、结构成熟度较高、杂基含量相对较低、碎屑颗粒粒度细、胶结物含量中等、成岩作用整体较弱等基本特征。

表 2 英东地区构造圈闭要素表

Table 2 Essential factors of tectonic traps in Yingdong area

序号	圈闭名称	层位	圈闭类型	高点埋深/m	幅度/m	面积/km ²
1	英东一号高点	T ₂ '	背斜	1200	100	11.8
		T ₂		1900	100	5.7
		T ₃		2800	50	1.3
2	英东二号断鼻	T ₂ '	断鼻	1000	300	17.2
		T ₂	断块	1500	400	10.4
		T ₂ '		1500	200	8.2
3	英东三号断鼻	T ₂	断鼻	2000	200	7.6
		T ₃		3200	100	2.7

表3 英东地区上油砂山组(N_2^2)储层孔隙结构分类参数统计表
Table 3 Statistics of reservoir pore structure classification parameters of upper Youshashan Formation(N_2^2) in Yingdong area

分类	样品	孔隙度/%	渗透率/md	排驱压力/MPa	Rd/ μm	Hg _{max} /%	P50/MPa	R50/ μm	We/%	
I	最大	29.9	1018	0.25	21.3	84.1	7.6	8.9	24.4	
	最小	4	22	19.1	0.03	2.9	66.7	0.08	11.5	
	平均		26.9	586	0.09	14.6	73.6	2.1	3.6	18.4
II	最大	21	242	1.2	20.5	89.6	5.7	2.9	34.2	
	最小	4	18.5	9.5	0.04	0.6	77.2	0.2	0.13	15.7
	平均		19.8	72	0.56	6.2	83.9	3.6	0.9	27.6
III	最大	17.7	18.9	1.1	4	94.1	9.1	0.6	35.5	
	最小	6	14.2	1.3	0.18	0.7	74.6	1.2	0.1	21.8
	平均		16.4	6.2	0.66	1.9	84	4.5	0.3	31.6
IV	最大	13.5	2.5	4.3	1.3	85.6	30.2	0.2	49.2	
	最小	5	10	0.04	0.6	69.9	3.9	0.02	31.8	
	平均		12	0.8	1.9	0.7	78.2	15.5	0.08	39.3
合计	19	18.1	140	0.8	5.1	80.3	6.7	1.05	29.9	

注: 最大连通孔喉半径 Rd; 最大进汞饱和度 Hg_{max}; 饱和度中值压力 P50; 饱和度中值半径 R50; 退汞效率 We。

砂 37 井岩心分析表明, 储层岩性主要为中-粉砂岩(图 2), 碎屑颗粒直径主要区间为中、细砂-粉砂(0.02 ~ 0.4 mm), 细粉砂含量较高。岩石类型分布相对稳定, 成分成熟度中等, 主要为岩屑长石砂岩。砂岩的结构成熟度中-高, 整体上分选性以好为主, 长石风化程度较深, 磨圆度为次棱角-次圆状, 碎屑颗粒接触关系以点式接触为主, 杂基含量较少, 分布于粒间, 岩石胶结类型为孔隙型。

岩屑成分主要为酸性喷出岩、花岗岩和少量的浅变质岩(千枚岩、板岩, 少量石英片岩)和碳酸盐岩, 局部分布云母碎片。石英含量分布范围 34% ~ 52%, 平均含量 43%; 长石含量分布范围 33% ~ 44%, 平均含量 38%; 岩屑含量分布范围 13% ~ 29%, 平均含量 19%; 砂岩的矿物成分成熟度指数 $Q/(F+R)$ 值分布范围 0.52 ~ 1.1, 平均值 0.77。从岩屑成分比例看, 火山岩和变质岩平均约 7%, 碳酸岩仅为 3.6%, 岩石骨架颗粒相对偏刚性, 结构较稳定, 抗压实能力相对较强。

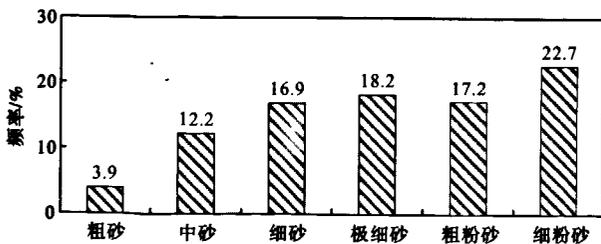


图2 英东地区砂 37 井上油砂山组(N_2^2)储层粒度分布频率图

Fig. 2 Reservoir particle size distribution frequency diagram of Sha 37 well in upper Youshashan Formation(N_2^2) of Yingdong area

杂基含量较低、胶结物含量中等, 局部含量高, 分布不均匀。主要分布于粒间孔和孔隙喉道中, 或分布于碎屑颗粒表面呈黏土膜状, 特别是喉道中的分布, 对渗透率的影响比较大。杂基主要为云母绿泥石质粘土和灰泥质, 含量较低, 平均含量仅为 0.6%, 说明搬运距离远, 淘洗比较充分。

3.2.1.2 下油砂山组(N_2^1)

英东一号构造 N_2^1 储层具有成分成熟度中等、结构成熟度较高、杂基含量相对较低、碎屑颗粒粒度细、胶结物含量中-低度、成岩作用整体较弱等基本特征。

通过对油砂山 N_2^1 储层特征进行分析, 该地区储层岩性以砂岩为主; 砂岩粒度较细, 主要为中-细砂岩, 少量的粗砂岩(图 3), 碎屑颗粒直径主要区间为中砂-粉砂(0.02 ~ 0.5 mm), 细砂岩含量最高。岩石类型分布相对稳定, 成分成熟度中等, 主要为岩屑长石砂岩。砂岩的结构成熟度中-高, 整体上分选性以好为主, 长石风化程度较深, 磨圆度为次棱角-

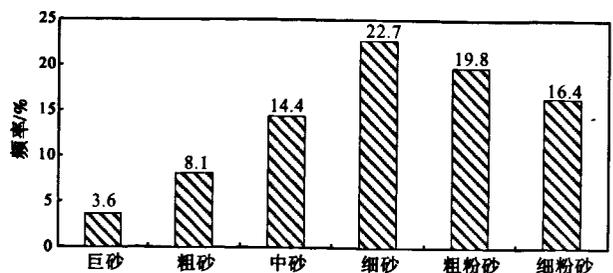


图3 英东地区下油砂山组(N_2^1)储层粒度分布频率图

Fig. 3 Reservoir particle size distribution frequency diagram of lower Youshashan Formation(N_2^1) in Yingdong area

次圆状, 碎屑颗粒接触关系以点式接触为主, 杂基含量较少, 分布于粒间, 岩石胶结类型为孔隙型。杂基含量较低、胶结物含量中等, 局部含量高, 分布不均匀。主要分布于粒间孔和孔隙喉道中, 或分布于碎屑颗粒表面呈黏土膜状, 特别是喉道中的分布, 对渗透率的影响比较大。杂基主要为云母绿泥石质粘土和灰泥质, 含量较低, 平均含量仅为 1%, 说明搬运距离较远。

3.2.2 储集空间类型及分布

3.2.2.1 上油砂山组(N_2^2)

英东地区 N_2^2 碎屑岩储集层孔隙较发育且分布相对较均匀, 孔隙连通性较好。砂岩储集空间以原生粒间孔为主, 占 81.5%, 次为溶蚀孔占 15.5%, 少量的裂隙孔占 2.8%。

3.2.2.2 下油砂山组(N_2^1)

英东地区下油砂山组储集层孔隙较发育且分布相对较均匀, 孔隙连通性较好。砂岩储集空间以原生粒间孔为主, 占 73.4%, 次为次生溶蚀孔占 25.3%, 少量的裂隙孔占 1.3%。

3.2.3 储层孔隙结构与物性特征

3.2.3.1 上油砂山组(N_2^2)

英东地区上油砂山组储层砂岩沉积微相为三角洲前缘水下分流河道和河口坝, 砂体厚度相对较厚且分布稳定, 粒度细分选好孔隙结构好。根据砂岩毛管压力曲线特征和渗透率最大汞饱和度与物性的相关性(图 4), 将本区 N_2^2 储层孔隙结构分 4 类(表 3):

I 类孔隙结构: 此类曲线形态以偏粗歪度为主, 并且出现明显的平台, 分选好, 以粗孔隙为主, 孔喉大小相对集中, 具有较低的排驱压力, 较低中值压力, 大主流喉半径。

II 类孔隙结构: 此类曲线以偏粗歪度为主, 并且出现一近似的平台, 平台角度比 I 类曲线大, 曲线形态一般分选相对较好, 孔喉大小出现相对集中段, 但特征参数为低排驱压力, 低-中等中值压力, 中等中值半径, 主流孔喉半径中等。此种类型曲线反映的储层储渗性能较好。

III 类孔隙结构: 曲线向右上方靠拢, 倾斜角度较大, 基本无平台, 为细歪度, 分选一般, 特征参数排驱压力和中值压力变化相对较大, 相对较小的中值半径, 相对较小的主流孔喉半径。反映的储层储渗性能中等。

IV 类孔隙结构: 曲线更向右上方靠拢, 倾斜, 无平台, 为细歪度, 分选较一般, 曲线特征参数表现为排驱压力相对较大, 较小的中值半径, 较小的主流孔喉半径。反映的储层储渗性能相对较差。

根据毛管压力曲线分布特征参数统计(表 3)排驱压力 0.03 ~ 4.3 MPa 之间, 平均 0.8 MPa; 饱和度中值压力 0.08 ~ 30.2 MPa, 平均 6.7 MPa; 最大连通半径 0.2 ~ 21.3 μm 之间, 平均 5.1 μm ; 中值半径 0.1 ~ 8.9 μm 之间, 平均 1.05 μm ; 退汞效率 11.5% ~ 49.2%, 平均 29.9%。整体上反映了孔隙喉道以中、细喉道为主, 退汞效率中等。从各类储层孔隙结构的分布频率看, 各类储层分布均匀, III 类孔隙结构储层最多占 31.6%, 表明英东地区 N_2^2 储层孔隙结构整体较好。

据砂 37 井 N_2^2 岩心样品分析统计, 孔隙度范围 10.2% ~ 32.8%, 平均 21.4%; 岩心分析渗透率范围 0.11 ~ 1501.6 md, 平均 210.02 md。

3.2.3.2 下油砂山组(N_2^1)

根据油砂山油田下油砂山组储层毛管压力曲线特征来看, 英东地区 N_2^1 储集层具有以下特征:

①孔隙半径大小及分布: 孔隙半径一般在 0.1 ~ 225 μm 之间, 孔喉半径一般在 0.59 ~ 4.8 μm 之间, 孔喉半径中值在 0.4 ~ 0.3 μm 之间, 主要流动半径在 0.4 ~ 10 μm 之间。

②油层孔喉的均质程度: 孔隙分选系数在 1.01 ~ 7.61 之间, 一般 3 ~ 4, 油层孔喉均质系数 0.37 ~ 0.67, 平均 0.52, 歪度 0.59 ~ 0.707, 表示孔喉均为粗歪度, 孔喉弯曲程度较小, 对油田开发有利。

根据毛管压力曲线分布特征参数统计, 整体上英东 N_2^1 储层的排驱压力较低, 一般小于 1 MPa, 饱和度中值压力相对较低-中等, 最大连通半径较粗, 中值半径中等, 退汞效率较好。整体上反映了孔隙喉道以微细、细喉道为主, 孔隙结构整体好, 分布均匀, 属优质储层。

从油砂山油田下油砂山组(N_2^1)储层孔隙度和渗透率分布直方图中可以看出, 160 块样品孔隙度变化范围 4% ~ 25%, 峰值集中在 14% ~ 18%, 平均为 15.1%; 渗透率变化范围 0.1 ~ 1940 md。峰值集中在 1 ~ 100 md, 平均为 66.4 md(图 5)。

据砂 40 井 N_2^1 岩心样品分析统计, 孔隙度在 12.8% ~ 25.1% 之间, 平均 18.3%; 渗透率范围 1.5 ~ 54 md, 平均 13.8 md, 储层物性好。

4 生储盖组合及成藏条件分析

根据砂 37 井油气水分布关系, 结合储、盖层组合特征, 将上油砂山组(N_2^2)油气藏划分为 10 个油层组, 下油砂组(N_2^1)油藏划分为 9 个油层组。

综合各方面资料分析, 英东一号存在 N_2^2 气藏、 N_2^2 油藏及 N_2^1 油藏, 皆为受构造圈闭条件控制的层

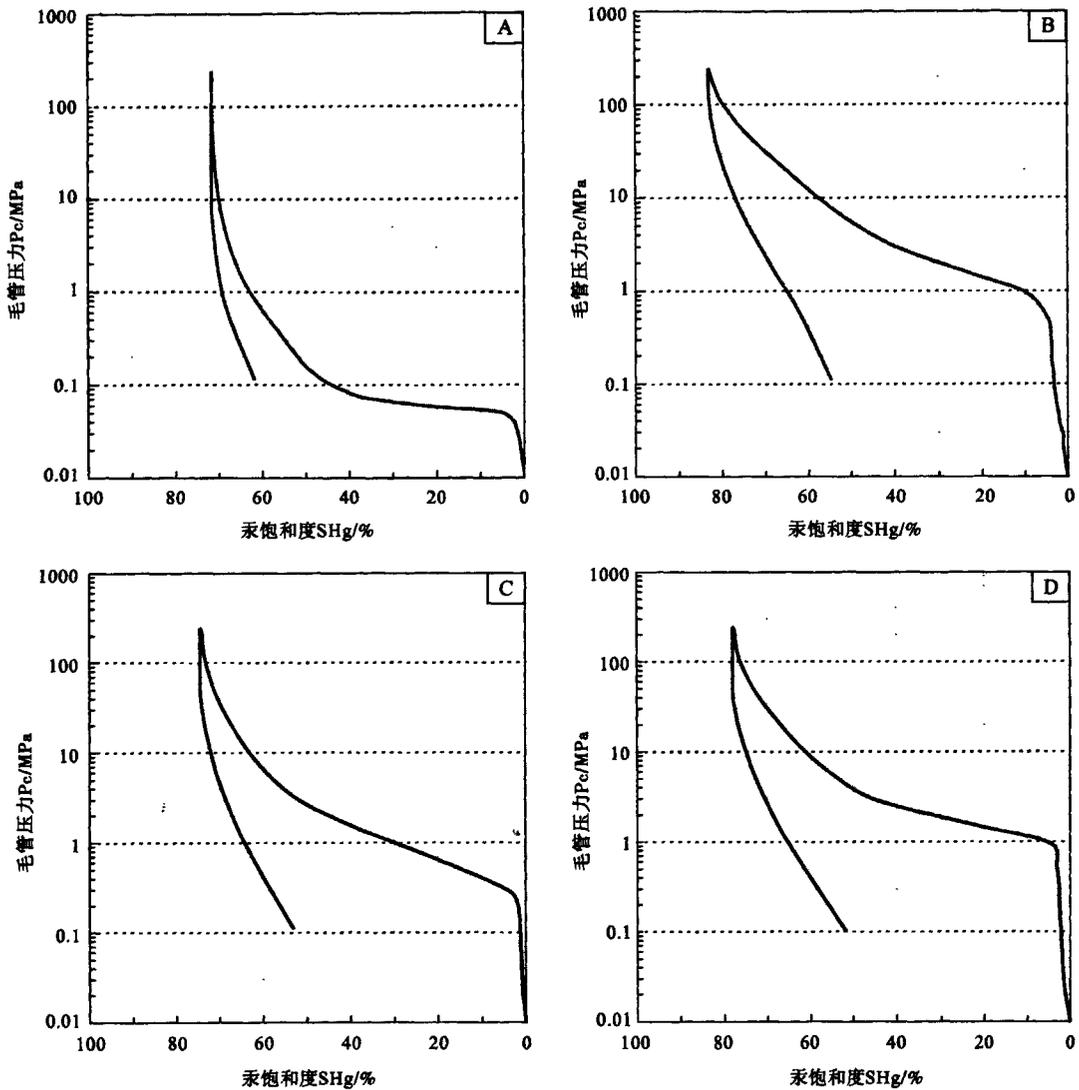


图4 英东地区上油砂山组(N₂²)储层典型毛管压力曲线图

Fig. 4 Reservoir typical capillary pressure curve of upper Youshashan Formation (N₂²) in Yingdong area

A-砂37井656.76m样品压汞毛管压力曲线 I类孔隙结构(Φ-29.9%, K-910 md); B-砂37井652.66m样品压汞毛管压力曲线 II类孔隙结构(Φ-18.5%, K-9.5 md); C-砂37井657.79m样品压汞毛管压力曲线 III类孔隙结构(Φ-16.6%, K-2.8 md); D-砂37井429.1m样品压汞毛管压力曲线 IV类孔隙结构(Φ-11.9%, K-0.43 md)

A-Type I pore structure of mercury-injection capillary pressure curve of sample at 656.76 m of Sha 37 well (Φ-29.9%, K-910 md); B-Type II pore structure of mercury-injection capillary pressure curve of sample at 652.66 m of Sha 37 well (Φ-18.5%, K-9.5 md); C-Type III pore structure of mercury-injection capillary pressure curve of sample at 657.79 m of Sha 37 well (Φ-16.6%, K-2.8 md); D-Type IV pore structure of mercury-injection capillary pressure curve of sample at 429.1 m of Sha 37 well (Φ-11.9%, K-0.43 md)

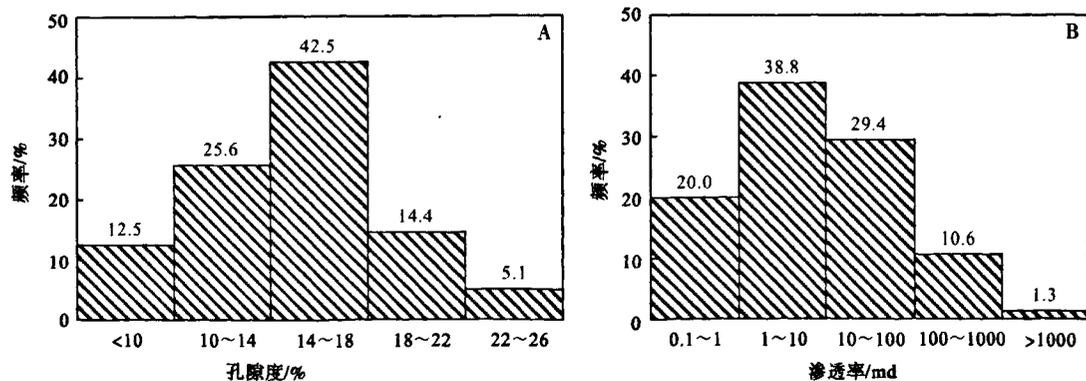


图5 英东地区下油砂山组(N₂¹)孔隙度和渗透率分布直方图

Fig. 5 Porosity and permeability distribution histogram of lower Youshashan Formation (N₂¹) in Yingdong area

A-油砂山地区 N₂¹ 储层孔隙度分布; B-油砂山地区 N₂¹ 储层渗透率分布

A-Pore distribution of N₂¹ reservoir in Youshashan area; B-Permeability distribution of N₂¹ reservoir in Youshashan area

状构造油(气)藏(表 4)。

英东一号构造紧邻英雄岭生油凹陷,属凹中之隆,油源条件充足,具有非常优越的油源条件。该区主要发育上油砂山组(N_2^2)、下油砂山组(N_2^1)和上千柴沟组(N_1)多套碎屑岩储层;储层总的特点是呈上粗下细,上红下灰反旋回沉积。 N_2^2 和 N_2^1 发育多套盖层,岩性以棕黄、棕红色泥岩为主。 N_1 以下主要发育暗色泥岩,为生油层,即上中下形成一套完整的生储盖组合;通过油气成藏背景分析,构建了“晚期源上成藏”模式,即深层 E_3^2 烃源岩生成的油气沿断层运移至新构造运动形成的圈闭中,在优质的三角洲砂体中形成高丰度油气藏。

总之,英雄岭地区具有油源充足、储层分布广、构造圈闭发育、油藏丰度高的特点。具有良好的油气成藏条件,是勘探的有利目标(黄杏珍等,1993;徐凤银等,2003;袁剑英等,2005,2006)。

5 勘探目标优选及勘探部署

5.1 勘探目标优选

经过英东地区地质条件综合分析、研究评价论证认为,英东地区英东一号构造等中浅层圈闭落实,油源充足且具有良好的生储盖组合。同时通过对该区油评 1 井、砂深 19 井、砂 33 井等老井复查分析认为,这些老井钻探中在中浅层见到良好油气显示,测井解释出油气层;其中油评 1 井、砂 33、砂 34 井试油获得油气流,说明油砂山油田 N_2^1 - N_2^2 油气层有东扩的趋势。评价认为该带具有良好的勘探前景,因此通过勘探目标优选,认为英东一号高点背斜、二号断背斜、三号断鼻构造为中浅层勘探较为有利的目标。

5.2 勘探部署及英东油气田的发现

为开辟英东地区中浅层勘探的新领域,2010 年建议在英东一号高点背斜、二号断背斜、三号断鼻构造较高部位部署钻探砂 37、40 井等探井。

砂 37 井完钻井深 1251 m;钻探中油气显示极为活跃,共见气测异常 136 层,全烃最高 60.2%。取心进尺 84.13 m,心长 80.66 m,收获率 97.05%,含油岩心长 19.3 m。其中富含油 2.59 m,油浸 4.74 m,油斑 5.04 m,油迹 4.81 m,荧光 1.45 m。砂 37 井电

测共解释出 210 m 与油气相关的层。

在构造较高部位部署钻探的砂 40 井完钻井深 2010 m;钻探中油气显示良好,共见气测异常 216 层,全烃最高 78.53%。井段 1299 ~ 1308.5 m, N_2^1 ,槽面见 20% 针孔状气泡,10% 条带状油花;岩性:棕黄色油斑细砂岩。取心进尺 120.10 m,心长 112.24 m,收获率 93.5%,含油岩心长 47.96 m。其中油浸 24.92 m,油斑 11.26 m,油迹 6.39 m,荧光 5.39 m。砂 40 井电测共解释出与油气有关的层 309.98 m/157 层。

砂 37、40 井完井后经测试于 N_2^1 及 N_2^2 多个层组获得高产工业油气流,揭示英东一号构造具备很好的含油气性,英东地区油气勘探前景良好。2010 年英东一号 N_2^1 - N_2^2 油气藏已申报预测石油地质储量亿吨级以上。

6 结论

砂 37、40 井成为青海油田历史上钻遇油层最多、油层最厚的井;砂 37、40 井的成功钻探为进一步探明柴达木盆地西部坳陷区油砂山—大乌斯构造带的含油气性提供了可靠依据,预测英东一号构造油气地质储量在亿吨级以上;更重要的砂 37、40 井的钻探成功发现了英东一号油气田,实现了英雄岭地区勘探的大突破,也为青海油田实现千万吨级大油田的目标打下了坚实的基础。

参考文献:

戴俊生,叶兴树,汤良杰,金之钧,邵文斌,胡勇,张兵山. 2003. 柴达木盆地构造分区及其油气远景[J]. 地质科学, 38(3): 291-296.

黄庆华,黄汉纯,马寅生. 1996. 柴达木盆地构造、三维应力与聚油模式[J]. 地球学报, 17(增刊 1): 28-35.

黄杏珍,邵宏舜,顾树松. 1993. 柴达木盆地的油气形成与寻找油气田方向[M]. 兰州: 甘肃科学出版社.

贾承造,赵政璋,赵文智,胡素云. 2005. 陆上主要含油气盆地油气资源与勘探潜力[J]. 石油学报, 26(增刊): 1-6.

彭德华,苏爱国,朱扬明,郭静,张冰清. 2005. 柴达木盆地西部第三系盐湖相烃源岩特征与成烃演化 E2[J]. 石油学报, 26(增刊): 92-96.

沈显杰,汪缉安,张菊明,杨淑贞,沈继英. 1995. 沉积埋藏史控制油气成熟史的机理——以青海柴达木盆地为例[J]. 中国科学(B 辑), 25(4): 441-448.

吴花果,戴俊生,杨国权,王学彩. 2001. 柴达木盆地背斜构造类型及含油气性[J]. 石油大学学报(自然科学版), 25(1): 1-3.

徐凤银,彭德华,侯恩科. 2003. 柴达木盆地油气聚集规律及勘探前景[J]. 石油学报, 224(4): 1-6.

表 4 英东一号构造油气藏类型表

Table 4 Reservoir types of Yingdong No.1 structure

构造	层位	油气藏类型	油层组
英东一号	N_2^2	层状构造	III-VII
		层状构造	III-VII
	N_2^1	层状构造	I-V

袁剑英, 陈启林, 陈迎宾, 阎存凤. 2006. 柴达木盆地油气地质特征与有利勘探领域[J]. 天然气地球科学, 17(5): 640-644.

袁剑英, 陈迎宾, 张正刚. 2005. 柴达木盆地石油地质特征与油气分布规律[J]. 天然气工业, 25(增刊 B): 32-36.

References:

DAI Jun-sheng, YE Xing-shu, TANG Lang-jie, JIN Zhi-jun, SHAO Wen-bin, HU Yong, ZHANG Bing-shan. 2003. Tectonic Units and Oil-Gas Potential OF the Qaidam Basin[J]. Chinese Journal of Geology, 38(3): 291-296(in Chinese with English abstract).

HUANG Qing-hua, HUANG Han-chun, MA Yin-sheng. 1996. Tectonic, 3-D Stress and Model for Oil-Gas Accumulation of the Qaidam Basin[J]. Acta Geoscientica Sinica, 17(Supplement 1): 28-35(in Chinese with English abstract).

HUANG Xin-zhen, SHAO Hong-shun, GU Shu-song. 1993. The hydrocarbon development and search direction of Qaidam Basin[M]. Lanzhou: Gansu Science Publishing House(in Chinese).

JIA Cheng-zao, ZHAO Zheng-zhang, ZHAO Wen-zhi, HU Su-yun. 2005. Petroleum resource and exploration potential of major petroliferous basins onshore in China[J]. Acta Petrolei Sinica, 26(Supplement): 1-6(in Chinese with English abstract).

PENG De-hua, SU Ai-guo, ZHU Yang-min, GUO Jing, ZHANG Bin-qing. 2005. The hydrocarbon source rocks character and

hydrocarbon generation and evolution of tertiary saline lake facies of western Qaidam Basin EJ2[J]. Petroleum Journal, 26(Supplement): 92-96(in Chinese with English abstract).

SHEN Xian-jie, WANG Ji-an, ZHANG Ju-ming, YANG Shu-zhen, SHEN Ji-ying. 1995. The control mechanism of deposition and burial history of hydrocarbon maturation history-aken Qaidam Basin as an example[J]. Science in China(Series B), 9(3): 441-448(in Chinese).

WU Hua-guo, DAI Jun-sheng, YANG Guo-quan, WANG Xue-cai. 2001. Types and Oiliness of Anticlines in Qaidam Basin[J]. Journal of the University of Petroleum, China, 25(1): 1-3(in Chinese with English abstract).

XU Feng-yin, PENG De-hua, HOU En-ke. 2003. Hydrocarbon accumulation and exploration potential in Qaidam Basin[J]. Acta Petrolei Sinica, 24(4): 1-6(in Chinese with English abstract).

YUAN Jian-ying, CHEN Qi-lin, CHEN Yin-bin, YAN Cun-feng. 2006. Petroleum Geological Character and Favorable Exploration Domains of Qaidam Basin[J]. Nature Gas Geoscience, 17(5): 640-644(in Chinese with English abstract).

YUAN Jian-ying, CHEN Yin-bing, ZHANG Zheng-gang. 2005. The oil geology character and petroleum gas distribution of Qaidam basin[J]. Nature Gas Industry, 25(Supplement B): 32-36(in Chinese with English abstract).

我国首台万米科学钻探钻机问世

我国首台自主研发和生产的1万米超深科学钻探装备, 2011年12月19日通过了国家深部探测技术与实验研究专项(Sinoprobe)办公室和吉林大学组织的评审验收, 并在成都广汉竣工出厂。这标志着国家深部探测技术与实验研究专项取得了又一个里程碑式的进展, 标志着我国大陆科学钻探事业已经取得长足的进步, 为我国“入地”计划的实施提供了新的技术平台。

国家深部探测技术与实验研究专项首席科学家董树文表示, 深部大陆科学钻探装备研制成功, 实现了全套设备的国产化, 是我国深部探测计划自主能力建设的重要突破, 为后续国家地壳探测工程的全面实施、探求地球深部奥秘提供了高技术手段。

这台钻机由国家深部探测技术与实验研究专项资助, 吉林大学建工学院设计, 四川宏华集团公司生产制造。由于先进的设计理念、加工工艺和所有部件的国产化, 该钻机具有运行成本低、能耗低、效率高、抗高温的特点。整套钻机装备高达64 m、重达1500 t。据悉, 该钻孔第一口实验孔定在大庆油田, 由深部探测专项、中国地质调查局联合国际大陆科学钻探计划(ICDP)实施“科钻2井”, 目标钻取白垩纪陆相沉积连续记录, 追溯古气候、古环境变化等。

科学钻探是获取地球深部物质和了解地球内部信息最直接、最有效和最可靠的方法, 是地球科学发展不可缺少的重要支撑, 也是解决人类社会面临资源、能源、环境等重大问题不可缺少的重要技术手段, 被誉为人类的“入地望远镜”和地球内部物质的“采样器”。此前中国的科学钻探进尺纪录是5158 m。

本刊编辑部 采编