

文章编号: 1001-6112(2009)06-0583-05

渤海湾盆地东营凹陷古近系岩性圈闭分布规律

张 宇^{1,2}

(1. 中国科学院 广州地球化学研究所, 广州 510640;

2. 中国石油化工股份有限公司 胜利油田分公司, 山东 东营 257015)

摘要:渤海湾盆地东营凹陷古近系主要存在 3 种成因类型的岩性圈闭模式, 其中与三角洲有关的浊积扇岩性圈闭受三角洲结构控制, 与较大规模的湖泛作用有关, 多发育在中期基准面上升半旋回; 近岸水下扇—浊积扇岩性圈闭受古地貌、断裂性质、断裂活动强度与断裂组合样式等控制, 多与沟谷地貌、断阶及断裂的持续活动密切相关; 古地貌平台—滩坝岩性圈闭受物源、古地貌及湖岸线控制, 主要位于在粗碎屑沉积体前方及侧翼的古地貌平台, 发育于长期基准面上升期, 其中坝砂主要形成于中期基准面下降期, 滩砂主要形成于中期基准面上升期。

关键词: 浊积扇; 滩坝; 岩性圈闭; 古近系; 东营凹陷; 渤海湾盆地

中图分类号: TE122.3

文献标识码: A

THE DISTRIBUTION OF LITHOLOGIC TRAPS OF EOGENE IN THE DONGYING SAG OF THE BOHAI BAY BASIN

Zhang Yu^{1,2}

(1. Guangzhou Institute of Geochemistry, Chinese Academy of Sciences, Guangzhou, Guangdong 510640, China;

2. Shengli Oilfield Company, SINOPEC, Dongying, Shandong 257015, China)

Abstract: There are mainly three genetic types of lithologic trap mode in the Dongying Sag of the Bohai Bay Basin during Eogene time, which are turbidite (fan) trap related to delta, near-shore subaqueous fan-turbidite fan trap and palaeo-geomorphic platform beach-bar trap. Controlled by genetic types of delta, the turbidite (fan) traps are related to flood lakes. So they are often developed during rising hemicycle of medium-term base-level. Near-shore subaqueous fan-turbidite fan traps are controlled by the palaeo-geomorphology, the characteristics of the faults, the fracture intensity, fracture combination styles, etc. The development of the subaqueous fan is often closely related to trough—valley, fault order, continuous movement of the fault. Controlled by the provenance, palaeo-geomorphology and lake strandline, palaeo-geomorphic platform beach-bar traps lies on the palaeo-geomorphic platform in front of or beside the coarse grained lithosomic body, and develops the rising time of the long-term base-level. In the high-frequency sequence frame, bar sand mainly forms during fall time of the middle-term base-level, while beach sand mainly in rise time of the middle-term base-level.

Key words: turbidite fan; beach and bar; lithologic trap; Eogene; Dongying Sag; Bohai Bay Basin

东营凹陷是渤海湾盆地东南部的一个大型宽缓的中、新生代张扭性半地堑伸展盆地, 其基本构造格局为北断南超、北陡南缓(图 1)^[1~5]。古近纪时期构造变动频繁、沉积体系时空展布多样, 为岩性圈闭的形成提供了优越的条件。东营凹陷岩性圈闭主要形成于重力流成因的各种砂体(如近岸水下扇、浊积扇等)和滨浅湖形成的滩坝砂体中, 圈闭成因及其分布与沉积体系类型、古地形和构造活动

的配置等因素有关^[6~9]。研究表明, 东营凹陷古近系主要存在 3 种成因类型的岩性圈闭, 即与三角洲有关的浊积扇岩性圈闭、近岸水下扇—浊积扇岩性圈闭、古地貌平台—滩坝岩性圈闭。

1 与三角洲有关的浊积扇岩性圈闭

1.1 沉积特点及形成条件

该类岩性圈闭主要发育在凹陷长轴方向或南

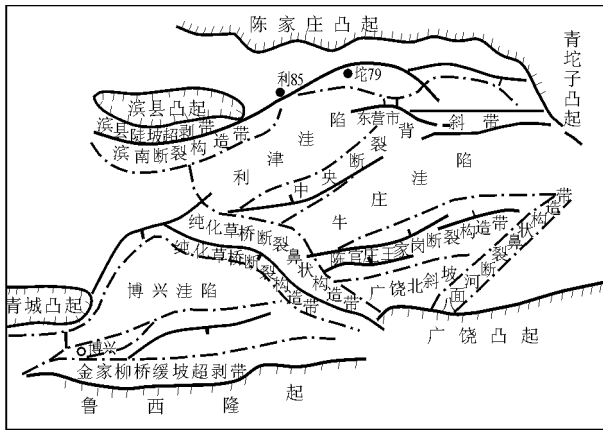


图 1 渤海湾盆地东营凹陷构造带分布示意
Fig.1 The sketch map of the tectonic zone in the Dongying Sag of the Bohai Bay Basin

部缓坡部位,由于地形坡折、断槽、继承性洼地等局部地貌的存在及三角洲与湖水进、退作用的交替,在三角洲的前端形成一系列的滑塌成因的浊积扇。虽然这些浊积扇的成因可能还存在一些争议,但其岩性圈闭意义已不容置疑^[11]。同时,三角洲前缘砂体自身也具备形成岩性圈闭的条件。

东营凹陷古近纪发育的大型三角洲主要为凹陷东部的东营三角洲和凹陷西部的高青三角洲。两个三角洲均形成于盆地强烈裂陷的沙三段沉积时期,分布在盆地缓坡与洼陷过渡部位。三角洲前缘均发育与滑塌作用有关的浊积扇,形成大型三角洲—浊积扇体系。但由于三角洲形成构造背景、斜坡地貌特征、三角洲成因类型有较大区别,与其成因密切相关并同步形成的浊积扇的发育程度、整体形态、规模大小与分布位置也有明显差异,直接控制着浊积扇岩性圈闭的分布特征。

东营三角洲是从盆地东部进入洼陷、由数条河流控制的大型复合三角洲体系。东营三角洲发育时期,特别是中晚期,沉积物供给速率大于基底沉降速率(A/S 比值小于 1),三角洲主体具有大型湖退三角洲性质,进积作用十分明显。在大型斜坡背景下,三角洲平原亚相、前缘亚相与前三角洲亚相均发育,分带清楚。初期三角洲发育在东部永安镇—广利—羊角沟地区;随着三角洲进积作用的增强,前缘滑塌浊积扇分布范围也向盆地中心推进,主要分布在牛庄、东辛地区^[11]。三角洲推进时期,凹陷东部构造相对稳定;牛庄洼陷形态宽缓,坡度小、湖区开阔,有利于三角洲推进作用。在这种背景下,三角洲的分期性和旋回性十分清晰。不同时期形成的三角洲朵叶体在进积过程中与斜坡背景上发育的不同时期断裂作用形成的地形坡折相配

置,在洼陷不同部位形成浊积砂体沉积,并随三角洲的推进而向前推移,故可称之为坡移浊积扇(图 2)。扇体平面上分布不连片,呈分散、薄层状,但多期叠置,总体上分布面积较大;单个砂体呈透镜状,数量多、规模小,一般面积仅 1 km² 左右。在三角洲朵叶体形成的不同时期,当与地形坡折、局部较深洼陷配置良好时,也可以形成规模较大的浊积扇,在三角洲前方呈裙状分布。如三角洲发育的沙三中亚段中 1 期利津洼陷南部梁 11 断裂下降盘形成的浊积扇。

高青三角洲位于博兴洼陷西部,其形成与来自南部鲁西隆起的大型辫状河流入湖有关,多期河道叠加,具有辫状三角洲特征(图 3)。博兴洼陷内主要发育辫状三角洲前缘亚相,三角洲平原亚相不发育,三角洲分带性不清楚^[12]。沙三段沉积时期,东营凹陷沉积中心自东向西逐渐迁移,博兴洼陷主体部位基底沉降速率逐渐增加。高青辫状三角洲形成于博兴洼陷强烈沉降期,物源补给充分;三角洲推进速率与盆地沉降速率大致相等,A/S 比值近似等于 1,三角洲以加积作用为主,进积作用不明显;发育的多期性造成多期河道或河口坝沉积相互叠置,形成的砂体总厚度可以达到 400m 以上。三角洲在

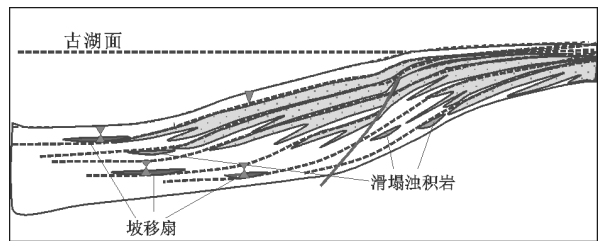


图 2 渤海湾盆地东营凹陷
东营三角洲—坡移浊积扇岩性圈闭发育模式
Fig.2 The lithologic trap development model of the Dongying Delta—turbidite fan in the Dongying sag of the Bohai Bay Basin

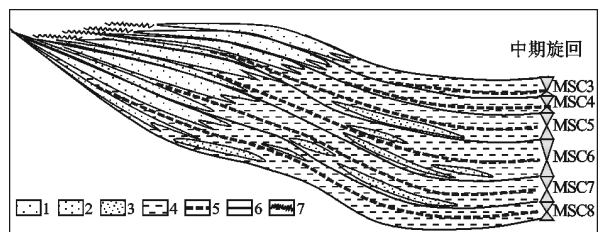


图 3 渤海湾盆地东营凹陷
高青三角洲—加积浊积扇岩性圈闭发育模式
1. 下降期辫状三角洲; 2. 上升期辫状三角洲; 3. 滑塌浊积扇;
4. 湖相泥质沉积; 5. 最大洪泛面; 6. 中期旋回界面; 7. 沉积间断面

Fig.3 The lithologic trap development model of the Gaoqing Delta—aggradation turbidite fan in the Dongying sag of the Bohai Bay Basin

推进过程中,在博兴洼陷沉降中心的樊家地区发生滑塌重力流沉积作用,受局部洼陷所限,多期三角洲推进形成的滑塌浊积扇或滑塌浊积岩沉积具有加积堆积样式,称之为加积浊积扇。因此,各期三角洲前方形成的浊积扇体平面上延伸距离不大,垂向叠置特征明显,总体分布面积较小。但单个浊积扇体规模大,浊积体单层厚度大,呈席状分布特征^[13]。

无论是坡移浊积扇,还是加积浊积扇,其形成时期都是基准面的上升时期,即湖泛期,湖水较强的改造作用导致先期沉积物的整体块移而形成^[14]。

1.2 分布规律

高分辨率层序地层划分^[15]与储层分布规律研究表明,在成因上与东营三角洲和高青辫状三角洲有关的浊积扇岩性圈闭时空展布特征有很大的相似性。表现在以下几个方面:

大型三角洲体系多沿盆地长轴方向或斜交长轴方向进入盆地,因而与各类三角洲前缘滑塌或坡移作用有关的浊积扇多分布在盆地长轴两侧的洼陷内。

三角洲前方浊积扇砂体主要发育在缓坡地带和洼陷区。分布具体位置取决于三角洲成因类型、构造背景和古地貌特征,其中,斜坡背景上发育的断裂或古地貌形成的地形坡折带对浊积扇分布起重要控制作用。

与三角洲成因有关的浊积扇规模相差较大,如高青辫状三角洲前缘滑塌作用在博兴洼陷形成的浊积扇体规模明显大于东营三角洲形成的浊积扇体;而东营三角洲在中央断裂背斜带、利津洼陷东坡形成的浊积扇体个体比牛庄洼陷大。这种现象主要与古地形有关,三角洲前方深洼坡度陡、洼陷规模大,有利于浊积扇体的坡移和加积作用。

与三角洲有关的浊积扇均发育于湖盆强烈裂陷期,即沙三段沉积早中期。对应凹陷强烈裂陷阶段的最大裂陷期,也是湖盆的最大湖泛期。

受高频基准面旋回(中期旋回)控制形成的三角洲进积体中,进积作用较强的三角洲朵叶体在退积时期如果发育较大的湖泛作用,最有利于形成规模较大的浊积体。如高青三角洲下部 MSC8—MSC5 中期旋回(图 4),在三角洲朵叶体进积之后均发生较大的湖泛作用,前方发育较大规模的浊积扇。

在高频基准面旋回(中期旋回)内,规模较大的浊积扇体多形成于中期基准面上半旋回上升早期(图 3,4),在成因上类似经典层序地层学三级层序中的低位扇。

地 层	层序划分				储层成因类型	已知油气层位置	主要油气藏类型	典型井或地区
	组	亚段	中期	长期				
沙三段	沙二下	沙三上	MSC1	LSC1	三角洲砂体 浊积砂体	—	构造—岩性	樊41井
			MSC2					
	沙三中	沙三上	MSC3	LSC2	三角洲砂体 浊积砂体	—	火山岩遮挡	高81井
			MSC4					
	沙三中	沙三中	MSC5	LSC3	三角洲砂体 浊积砂体	—	砂岩上倾尖灭砂岩透镜体	樊23井 樊24井
			MSC6					
	沙三下	沙三下	MSC7	LSC4	三角洲砂体 浊积砂体	—	构造—岩性 砂岩上倾尖灭砂岩透镜体	樊23井 樊10井 樊25井 樊15井
			MSC8					
						构造—岩性	樊181井	

图 4 渤海湾盆地东营凹陷高青三角洲层序格架内储集砂体与油气层分布

Fig. 4 The sandbody and the Distribution of oil and gas layer within a sequence stratigraphic framework of Gaoqing delta in the Dongying Sag of the Bohai Bay Basin

2 近岸水下扇—浊积扇岩性圈闭

2.1 圈闭形成条件

该类型的岩性圈闭主要发育在湖盆的陡坡带,可分为三种类型:一种是由于边界断层的活动,在断层的下降盘沉积近岸水下扇或扇三角洲砂体,与边界断层配置,形成构造—岩性圈闭;另一种是由于阶梯状断层的作用,使先期的沉积物发生再搬运,在阶梯状断层的下降盘形成一系列的浊积扇体,或沿断层形成浊积扇群,这些浊积扇或与断层一起形成构造—岩性圈闭,或自身构成独立的岩性圈闭;第三种是在边界断层下降盘沉积的近岸水下扇或扇三角洲的前端,沉积物沿沟槽等低洼地形发生再搬运,在地形坡折带或洼地部位沉积形成浊积扇体,自身构成独立的岩性圈闭(图 5)。

2.2 岩性圈闭分布规律

东营凹陷陡坡带在沙四段—沙三段沉积时期发育了不同类型的砂砾岩体,砂砾岩体发育程度、成因类型、分布位置、规模大小、沉积特征与陈家庄凸起沟梁相间的古地貌形态,陈南断裂带活动时间、活动强度、持续时间、断裂组合样式等密切相关。这里仅对发育在陡坡带深水部位、有利于岩性圈闭或构造—岩性圈闭形成的深水浊积扇成因的砂砾岩体分布规律作一般性总结。

沟、梁相间的古地貌及其特征决定了扇体发育的位置和规模。如东营凹陷陡坡带,在后期的构造

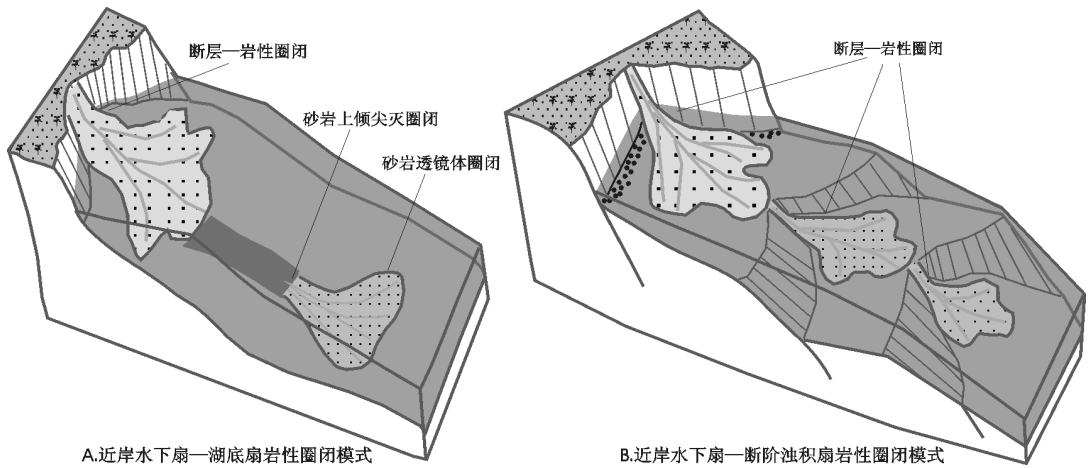


图 5 渤海湾盆地东营凹陷近岸水下扇—浊积扇岩性圈闭发育模式

Fig. 5 Near-shore subaqueous fan-turbidite fan trap model in the Dongying Sag of the Bohai Bay Basin

运动及风化剥蚀的共同作用下,陈家庄凸起和断裂带演化成沟梁相间的古地貌。边界断裂走向控制着较大沟谷的形成,走向变化处断层落差大,往往易形成较大冲沟。冲沟发育的位置决定了凸起上河流携带的大量碎屑物质入湖的位置,冲沟规模越大、形成扇体的规模一般较大。如处于北东向断层与北西向断层交汇处的胜北地区对应坨 121 冲沟和坨 79 冲沟,在胜北断裂下降盘发育诸多规模大小不等的深水浊积扇。

断裂带走向、断面倾角、落差大小与断裂组合样式决定陡坡形态,由此控制着砂砾岩体成因类型。如:东营凹陷陡坡断阶带西高东低、西宽东窄,断面东陡西缓。陡坡西段各时期主要发育水下冲积扇和扇三角洲。中段和东段断面陡,落差大,近岸水下扇和深水浊积扇发育。陡坡东部永安地区断裂组合成铲式形态,有利于规模较大的近岸水下扇发育。胜北断裂中段为“后退型阶梯式”断裂组合,地层阶阶下掉,断裂活动最为强烈,有利于深水浊积扇形成^[16]。

边界断裂活动时间上的不均衡性控制着陡坡带沉降中心的迁移。如东营凹陷沙四段—沙三段沉积时期,陡坡带前缘沉降中心总体表现为自东向西迁移。孔店组—沙四段沉积时期,东段活动强度大,近岸水下扇水体由东向西逐渐变浅。沙四段—沙三段沉积时期,特别是沙三段沉积早中期,陡坡中段断裂活动加剧,导致沉降中心自东向西迁移,水体变深,深水浊积扇最为发育,如胜北地区。沙三晚期,沉降中心进一步向西迁移,西部单家寺、王庄地区相应地发育扇三角洲,而胜北以东地区则广泛发育三角洲体系。

陡坡带浊积成因的砂砾岩体主要发育于凹陷强

烈陷期,即沙四上—沙三段沉积早中期。该时期断裂活动强烈,基底深陷导致基准面上升,可容纳空间急剧增大,沉降速率大于沉积物供给速率,湖盆水体迅速扩大,最有利于水下扇形成。目前发育的近岸水下扇、浊积扇体多形成于该时期(图 6)。

在层序地层位置上,重力流成因的扇体主要发育在长期基准面旋回和中期基准面旋回上升时期(图 6)。

3 古地貌平台—滩坝岩性圈闭

3.1 圈闭形成条件

在(扇)三角洲或浊积扇侧翼缓坡地区,是沉积作用相对较弱的地区。由于湖水作用,部分三角洲沉积物被湖水改造,沿湖岸线搬运至缓坡区的古地貌平台部位沉积,形成滩坝砂体。滩坝砂体自身可以形成岩性圈闭,也可与后期的断层组合而形成构造—岩性圈闭。

3.2 岩性圈闭分布规律

在层序地层位置上,滩坝多形成于长期基准面上升期,如东营凹陷东南斜坡的滩坝即主要形成于沙四段层序沙四上亚段的上部。其中坝砂主要形成于中期基准面旋回下降晚期;滩砂主要形成于中期基准面上升、湖泛作用较明显的时期(图 7)。

滩坝砂多发育在(扇)三角洲或浊积扇的侧翼,形成于湖浪对陆源碎屑沉积的筛选作用。如东营凹陷沙四上沉积时期,南坡东段陆源碎屑供给体系主要来自东部和南部,因而厚度较大的滩坝集中分布在王家岗东北部、广利西和八面河北部^[17]。受成因限制,砂坝成因的砂体厚度较大,但平面上分布面积小;滩砂成因的砂体厚度薄,但平面分布范围较大。

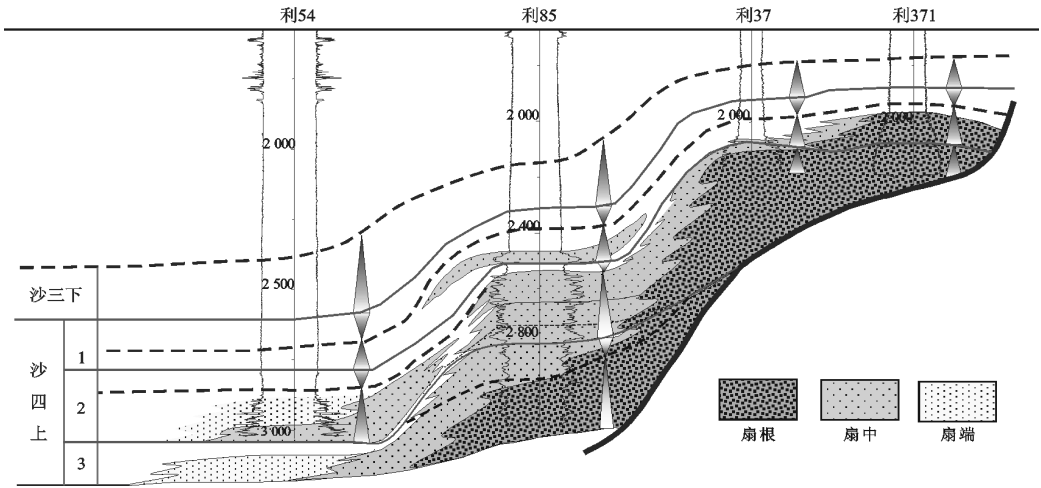


图 6 渤海湾盆地东营凹陷北部陡坡带近岸水下扇对比剖面

Fig. 6 The comparison section of near-shore subaqueous fans in the steep slope zone of the north Dongying Sag ,the Bohai Bay Basin

层位	砂组	自然电位曲线	地层旋回		沉积相		
			较短期	中期	微相	亚相	相
沙三下					浅湖—半深湖		
沙四上	1砂组				滩砂	滨浅湖	湖相
	2砂组	1600			浅湖泥		
	3砂组				滩砂		
	4砂组				滩砂		
	5砂组	700			坝侧翼	坝	
					坝主体		
	6砂组				席状砂	滨浅湖	
7砂组	800			浅湖泥			

图 7 渤海湾盆地东营凹陷

莱 7 井沙四上高分辨率层序地层分析

Fig. 7 The high distinguishability sequence stratigraphic analysis of the up-Shasi group of the Well Lai-7 in the Dongying Sag of the Bohai Bay Basin

古地形对滩坝形成有明显的控制作用。滩坝砂通常集中分布在盆倾同生断层下降盘或地形坡折带附近,古地貌较为平缓的地带。

滩坝砂大致平行岸线分布、多具席状特征,侧向上连续性较好。随湖岸线的进退,其分布位置可发生有规律的迁移。

4 结论

1) 东营凹陷古近系与三角洲有关的浊积扇岩性圈闭受三角洲成因类型、构造背景和古地貌特征、层序位置等控制;较大规模浊积扇往往与较大规模的湖泛作用有关,且多发育在中期基准面上升半旋回。

2) 近岸水下扇—浊积扇岩性圈闭受古地貌、断

裂性质、断裂活动强度与断裂组合样式等控制;水下扇体发育多与沟谷地貌、断阶及断裂的持续活动密切相关,层序位置上多发育在基准面上升期。

3) 古地貌平台—滩坝岩性圈闭受物源、古地貌及湖岸线控制,多位于在粗碎屑沉积体附近的古地貌平台及其周缘,发育于长期基准面上升期;坝砂主要形成于中期基准面下降期,滩砂主要形成于中期基准面上升期。

参考文献:

- 路慎强. 渤海湾盆地东营凹陷古近系碎屑岩储层成岩研究[J]. 石油实验地质, 2008, 30(5): 456~459
- 袁红军. 东营凹陷博兴洼陷滨浅湖相滩坝砂岩储层预测[J]. 石油与天然气地质, 2007, 28(4): 497~503
- 李军亮. 渤海湾盆地东营凹陷深层砂砾岩储层成岩演化特征[J]. 石油实验地质, 2008, 30(3): 252~255
- 冯有良. 东营凹陷下第三系层序地层格架及盆地充填样式[J]. 地球科学——中国地质大学学报, 1999, 24(6): 635~642
- 朱桂林. 渤海湾盆地东营凹陷第三纪同沉积构造控砂控油作用[J]. 石油实验地质, 2007, 29(6): 545~548
- Busch D A. Prospecting for stratigraphic traps [J]. AAPG Bulletin, 1959, 43: 2829~2843
- 尹太举, 张昌民, 李中超. 东营凹陷滑塌浊积岩沉积特征及油气藏勘探技术[J]. 石油与天然气地质, 2006, 27(1): 93~98
- 李明刚, 庞雄奇, 漆家福等. 东营凹陷砂岩岩性油气藏分布特征及成藏模式[J]. 油气地质与采收率, 2008, 15(2): 13~15
- 吴崇筠, 薛叔浩. 中国含油气盆地沉积学[M]. 北京: 石油工业出版社, 1992
- 刘玉忠. 东营凹陷沙三段浊积岩油藏形成机制[J]. 油气地质与采收率, 2008, 15(2): 16~19
- 李筱瑾. 济阳拗陷浊积岩岩性油藏[A]. 见: 潘元林主编. 中国隐蔽油气藏[M]. 北京: 地质出版社, 1998. 46~55

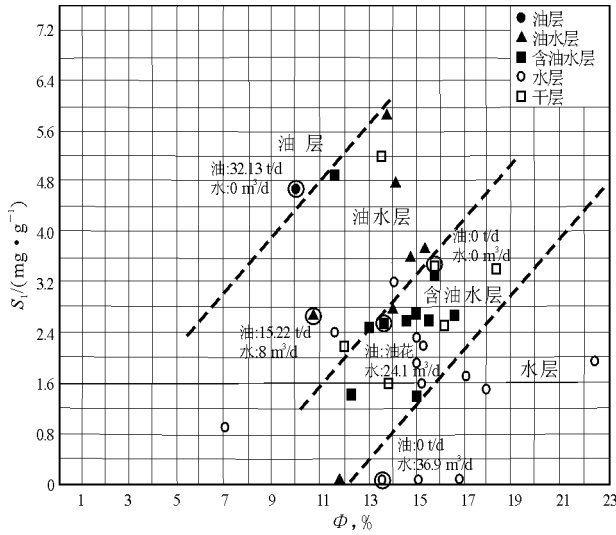


图 7 鄂尔多斯盆地姬塬地区长 2 油层组 S_1 与 Φ 的关系

Fig. 7 Cross plot of S_1 and Φ in Chang 2 oil-bearing formation, Jiyuan region, Ordos Basin

测井解释是依据储层岩石流体物理性质差异来识别油气水层,是响应参数,因此测井解释受储层岩石成分、储层孔隙结构、地层水矿化度、泥浆侵入等因素影响,对于低阻油层的判断非常不利。地化录井具有直接、快速、准确、定量及精确等特点,根据研究区长 2 地化热解参数统计,结合试油资料及测井孔隙度数值,建立了热解参数轻质油含量(S_1)与孔隙度(Φ)的关系图版(图 7),以此判断油层、油水层、含水水层和水层。

5 结论

1)长 2 油层低阻油层形成的原因主要有 3 个方面,即:高束缚水饱和度、低含油饱和度及高矿化度地层水。

2)造成长 2 油层高束缚水饱和度的原因主要有:储层孔隙结构复杂、次生孔隙及高岭石晶间微孔发育,以及细粒岩石骨架等;造成长 2 油层低含油饱和度的原因主要有:低幅构造背景、低油藏高度及低油气充注程度;长 2 油层高矿化度的地层水,降低了油层与水层的电阻率对比度。

3)建立了热解参数轻质油含量(S_1)与孔隙度(Φ)的关系图版,以此判断长 2 低阻油层的油层、油水层、含水水层和水层。

参考文献:

- 1 中国石油勘探与生产公司. 低阻油气藏测井识别评价方法与技术[M]. 北京:石油工业出版社,2006
- 2 廖健德,王绪龙,张明等. 陆梁油田低阻油层成因及其识别[J]. 新疆地质,2003,21(3):325~327
- 3 黄志龙,蒲秀刚,梁春秀等. 松辽盆地南部低阻储层特征及其形成机理[J]. 天然气工业,2006,26(8):27~29
- 4 潘和平,王家映,樊政军等. 新疆塔北三叠系低阻油气层特征及成因研究[J]. 天然气工业,2004,24(5):39~41
- 5 葛秋现,王立新,赵伟祥等. 文南油田低阻油层的成因及测井评价方法[J]. 国外测井技术,2003,18(5):30~32
- 6 陈清华,孙述鹏,李琴. 孤东油田东营组低阻油层成因分析[J]. 石油大学学报(自然科学版),2004,28(3):9~11
- 7 李国政,李铁. 塔里木盆地桑塔木油气田低阻油气层形成机理[J]. 新疆地质,1999,17(1):49~54
- 8 郑维才,陈为贞,高聚同等. 孤东油田北部地区低阻油层研究与挖潜[J]. 油气地质与采收率,2007,14(4):45~47
- 9 麻坪社,张旭波,韩艳华等. 鄂尔多斯盆地低阻油层成因分析及解释方法[J]. 国外测井技术,2005,20(4):8~12
- 10 张丽霞,朱国华,李民. 准噶尔盆地白垩系低电阻油层成因[J]. 新疆石油地质,2004,25(4):388~389
- 11 席胜利,刘新社,王涛. 鄂尔多斯盆地中生界石油运移特征分析[J]. 石油实验地质,2004,26(3):229~235
- 12 罗蛰潭. 油层物理[M]. 北京:地质出版社,1984

(编辑 韩 或)

(上接第 587 页)

- 12 罗佳强. 东营凹陷博兴洼陷西部沙三段砂岩体的物源及成因分析[J]. 油气地质与采收率,2001,8(5):10~13
- 13 郭旭升. 高青地区沙三段砂体成因与油气成藏分析[J]. 石油勘探与开发,2000,27(6):35~37
- 14 邓宏文,王红亮,王居峰等. 层序地层构成与层序控砂、控藏的自相似性特征:以三角洲—浊积扇体系为例[J]. 石油与天然气地质,2004,25(5):491~495

- 15 邓宏文,王红亮,祝永军等. 高分辨率层序地层学:原理及应用[M]. 北京:地质出版社,2002
- 16 隋风贵. 箕状断陷盆地陡坡带砂砾岩扇体油藏研究[A]. 见:潘元林主编. 中国隐蔽油气藏[M]. 北京:地质出版社,1998. 67~76
- 17 刘军铿,刘长春,李秀华等. 东营凹陷南坡沙四段滩坝砂体与成藏条件分析[A]. 见:孙焕泉,王端平,张善文主编. 胜利油田勘探开发论文集(第三辑)[M]. 北京:地质出版社,2001. 64~71

(编辑 徐文明)