

辽中凹陷中深层储层质量评价 及隐蔽砂体成藏条件分析*

蒋 恕^{1,2} 蔡东升³ 朱筱敏² 朱光辉¹ 胡孝林¹

(1. 中海石油研究中心; 2. 中国石油大学(北京); 3. 中海石油(中国)有限公司湛江分公司)

摘 要 从成岩作用分析入手,探讨了辽中凹陷中深层储层质量问题,并运用古地貌和坡折带共同控制隐蔽砂体展布的理论,对该凹陷深洼区低位隐蔽砂体的发育背景和成藏条件进行了分析,认为辽中凹陷中深层次生孔隙发育带是潜在的有利储层,其孔渗性能较好;该凹陷深洼区发育低位隐蔽砂体,这些隐蔽砂体具有良好的成藏条件,易于形成自生自储或下生上储的隐蔽油气藏;深洼超压区发育的低位隐蔽砂体是该凹陷中深层隐蔽油气藏勘探的重点目标。

关键词 辽中凹陷 中深层 成岩作用 次生孔隙 坡折带 隐蔽砂体 成藏条件

近年来,随着层序地层学、超压与成藏动力学、高精度地震等方法与技术的广泛应用,凹陷中深层隐蔽油气藏勘探已越来越受到重视^[1-5],胜利、华北等老油区隐蔽油气藏勘探的成功也为我国陆相湖盆隐蔽油气藏提供了经验。由于绝大部分低位扇体等隐蔽砂体位于富生烃凹陷深洼区的中深层,因此隐蔽油气藏勘探的关键是中深层隐蔽砂体的展布及储层质量问题。

辽东湾坳陷位于渤海湾盆地东北部,是下辽河坳陷向海域的延伸部分。辽中凹陷主体位于辽东湾坳陷辽西凸起和辽东凸起之间(图1),古近系沉积厚度达6 000 m,烃源条件好。目前,辽西凸起上发现的JZ9-3、SZ36-1等构造油气田均已证实辽中凹陷是主要供油区,是一个典型的富生烃凹陷。但是,辽中凹陷深洼区中深层(主要为东营组及沙河街组)勘探尚未取得突破,这与相邻的下辽河坳陷在中深层发现丰富油气藏(特别是隐蔽油气藏)形成了鲜明的对比。笔者从成岩作用分析入手对辽中凹陷中深层储层质量进行评价,并运用古地貌和坡折带共同控制隐蔽砂体展布的理论,分析深洼区低位隐蔽砂体发育背景和成藏条件,以期推动该地区中深层隐蔽油气藏勘探。

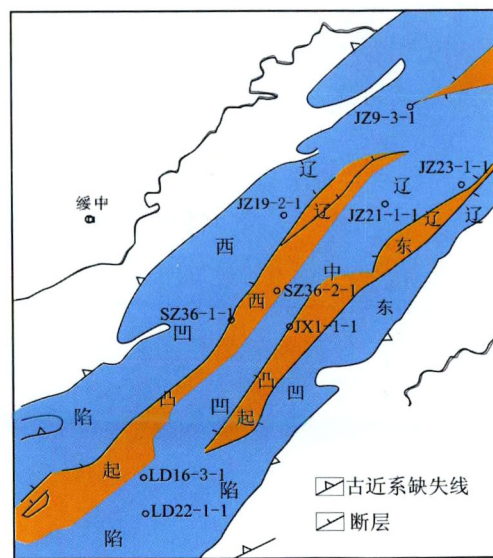


图1 辽中凹陷区域构造位置简图

1 中深层储层质量评价

以前的研究认为,辽东湾地区储层下限在2 600 m左右,之下中深层储层质量不好。然而,笔者通过对辽中凹陷15口井的岩石薄片和铸体薄片的镜下鉴定、扫描电镜、X-衍射等资料的综合分析,认为该凹陷的中深层并不是传统的禁区,中深层由于溶

* 中国海洋石油总公司“十五”综合科研项目“渤海郑庐断裂系统及其与油气关系研究”部分成果。

第一作者简介:蒋恕,男,博士,现主要从事石油地质勘探研究。地址:北京市东城区东直门外小街6号海油大厦16层(邮编:100027)。

蚀作用存在孔渗性能较好的次生孔隙发育带,并可以形成良好储层。

碎屑岩储层及储集性能既受沉积相的控制,又受到成岩作用的影响,成岩作用中的溶解作用是深层次生孔隙发育的最重要因素^[6]。碎屑岩中各种碎屑组分、胶结物及杂基以及碳酸盐岩生物格架,在特定的成岩环境下都可能发生溶解作用而形成次生孔隙,特别是由于自生胶结物的溶解重新开启和连通的孔隙是最常见的一种次生孔隙类型^[7-10]。辽中

凹陷近源、短源和丰富的花岗质母岩的特点致使碎屑岩储层多为长石砂岩类(包括岩屑长石砂岩),主要特点表现为岩屑、长石含量高,岩屑、长石和后期碳酸盐胶结物的溶蚀是次生孔隙的主要成因(图 2)。

图 3 所示为辽中凹陷孔隙度、渗透率、压力系数随深度变化情况。分析认为,辽中凹陷主要存在早成岩 B 期和晚成岩 A 期 2 个次生孔隙发育带,其中早成岩 B 期次生孔隙发育主要源于压实作用不强

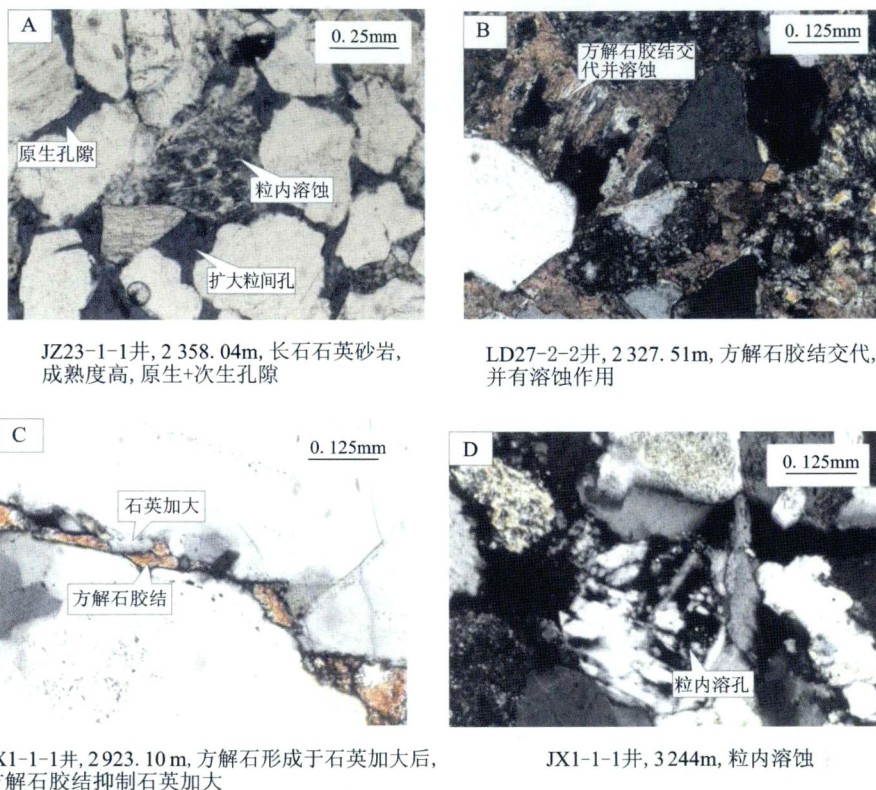


图 2 辽中凹陷中深层岩石薄片电镜扫描图

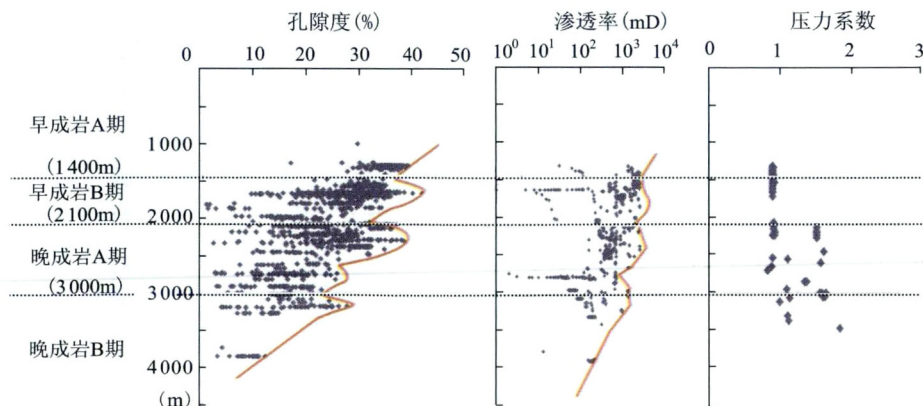


图 3 辽中凹陷孔隙度、渗透率和压力系数随深度变化图

和长石的部分溶解;而在晚成岩 A 期,有机质成熟提供的有机酸对碳酸盐胶结物、长石和岩屑的溶蚀是该阶段次生孔隙形成的主要原因,同时该阶段对应超压开始发育阶段,超压抑制了压实作用也是次生孔隙形成的另一个重要原因。另外,晚成岩 B 期也存在一个次生孔隙发育带,这主要源于部分溶蚀作用、压裂缝的出现和超压抑制压实作用。从图 3 可知,2 500 m 以下中深层的平均孔隙度在 10% 以上(部分达到 20% 以上),渗透率绝大部分在 100 mD 以上(3 500 m 以下渗透率才开始急剧衰减),可见中深层储层孔渗性能较好,可以形成良好储层。

2 中深层隐蔽砂体成藏条件分析

过去辽东湾地区油气勘探的指导思想是“构造找油”,在古近系找到了 JZ9-3、SZ36-1 等大油气田,但这些油气田主要集中在凸起上相对较浅的层位,而作为富生烃凹陷的辽中凹陷深洼区和斜坡区的中深层一直未获得突破。辽中凹陷深洼区和斜坡区的中深层主要发育古近系沙河街组和东营组 2 个层系。沙河街组主要发育近源、多源的扇三角洲、近岸水下扇及浊积扇沉积体系(图 4),其物源基本来自辽东湾坳陷中部的辽西凸起和东部的辽东凸起,直接进入辽中凹陷的深洼中,构成深层的主要储层;东营组主要发育扇三角洲、三角洲及湖泊和重力流沉积体系,从其古地貌和物源、砂体进积方向配置图

(图 5)可以看出,辽中凹陷深洼区是砂体过路、卸载及堆积的最终场所,这说明辽中凹陷中深层具备隐蔽砂体发育的场所及条件。

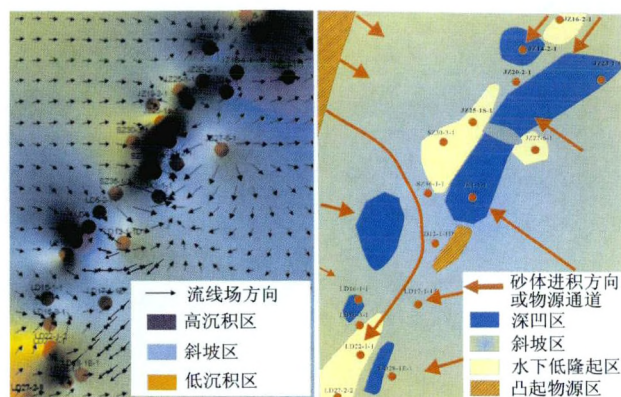


图 5 辽东湾坳陷东二层序古地貌与物源配置示意图

隐蔽砂体的展布主要受古地貌和坡折带的控制^[11,12],这一特点在辽中凹陷表现得尤为明显。从辽中凹陷北洼和南洼坡折带(挠曲及断裂等坡折带)对中深层隐蔽砂体的控制图(图 6、7)可以看出,同沉积坡折带及由郯庐断裂走滑形成的断裂坡折带对辽中凹陷低位三角洲、低位扇、盆底扇及浊积体等隐蔽砂体的展布起到了良好的控制作用;坡折带下中深层低位砂体非常发育,而且辽中凹陷沙河街组扇三角洲、近岸水下扇紧邻深凹,易在深洼区发育盆底扇等浊积体。此外,辽中凹陷北洼和南洼主体位于超压区内(图 8),而中深层超压有利于次生孔隙的保护,也为油气运移、聚集、封盖提供了有利条件。

总之,辽中凹陷丰富的坡折带以及沉积体系发育的特点致使中深层隐蔽砂体非常发育,在这些隐蔽砂体中,沙河街组发育的盆底扇、低位浊积扇等隐蔽砂体位于沙三段主力烃源岩内部或紧邻烃源岩(图 4、7),可以形成自生自储的隐蔽油气藏;东营组低位三角洲、盆底扇、浊积扇等隐蔽砂体位于沙三段主力烃源岩上方,长期活动断裂及东营时期郯庐断裂的右旋走滑均可以提供有利的输导通道,而且层序界面、砂体都可以起到输导体系的作用,加上湖扩及高位体系域泥岩作为有利的盖层,易于形成下生上储的隐蔽油气藏。因此,在深洼区(尤其是深洼超压区)寻找中深层隐蔽油气藏(特别是低位体系域中的隐蔽油气藏)是辽中凹陷中深层勘探最现实、最有潜力的目标。

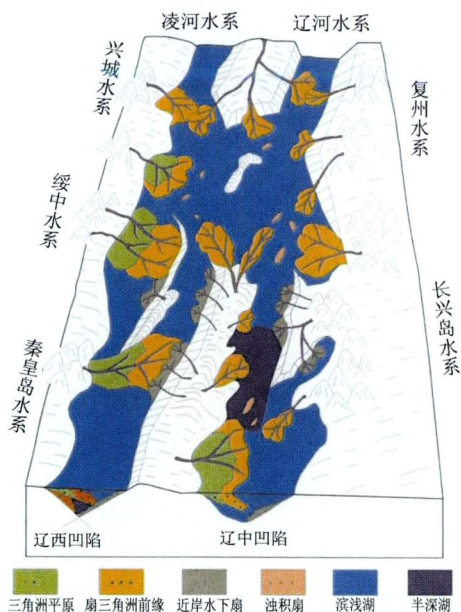


图 4 辽东湾坳陷沙三段沉积体系空间配置示意图

(据朱筱敏等,2005 年)

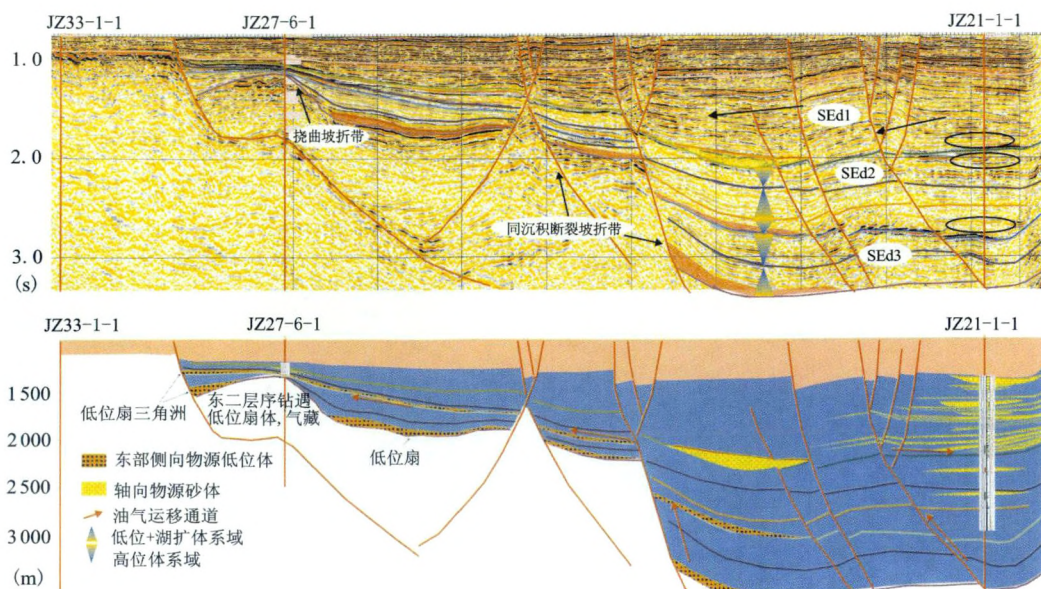


图 6 辽中凹陷北洼坡折带及其对中深层隐蔽砂体的控制

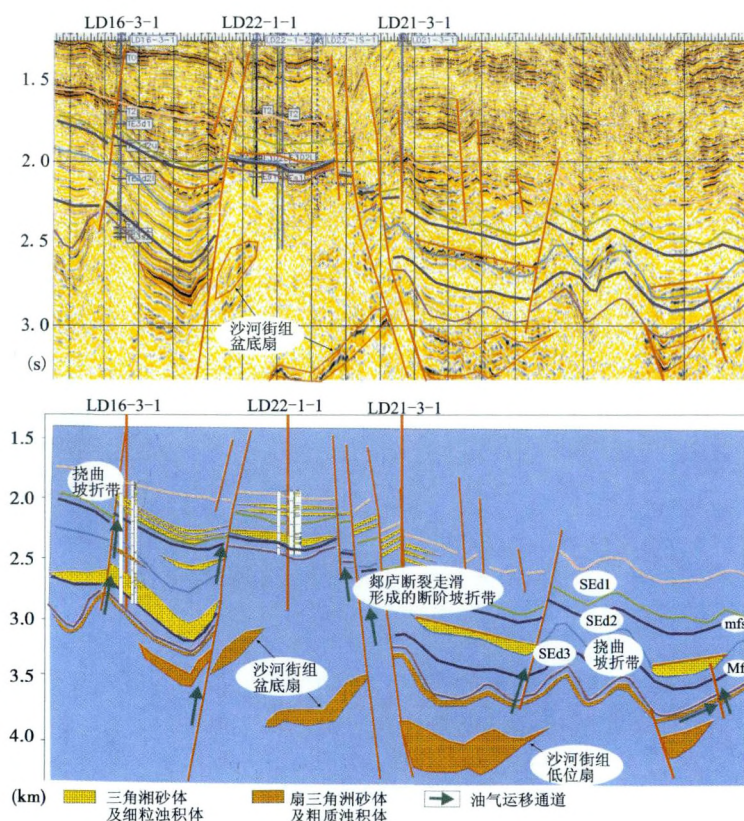


图 7 辽中凹陷南洼坡折带及其对中深层隐蔽砂体的控制

3 结论

(1) 辽中凹陷中深层碎屑岩储层主要为长石砂岩(包括岩屑长石砂岩),岩屑、长石和后期碳酸盐胶

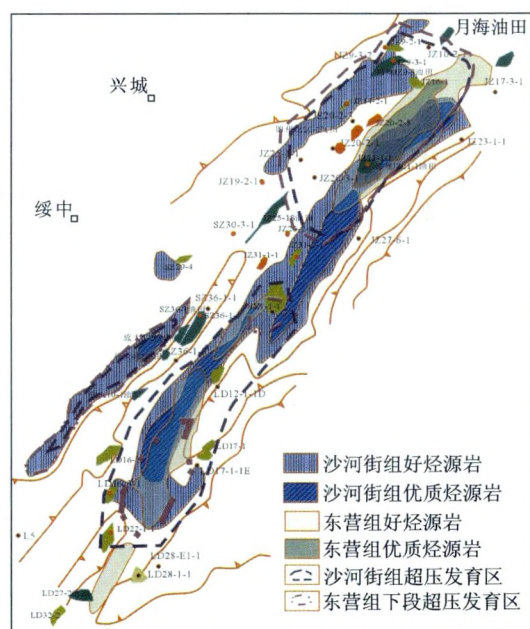


图 8 辽东湾坳陷富生烃凹陷与超压区叠置图

结物的溶蚀作用使得中深层存在次生孔隙发育带,其孔渗性能较好,是潜在的有利储层。

(2) 辽中凹陷深洼区发育低位隐蔽砂体,这些中深层隐蔽砂体位于富生烃凹陷中,油气成藏条件优越,易于形成自生自储或下生上储的隐蔽油气藏。

(3) 辽中凹陷中深层发育超压,超压既对中深

层隐蔽砂体孔隙起到了保护作用,又为油气运移、聚集、封盖提供了有利条件,因此深注超压区发育的低位隐蔽砂体是该凹陷中深层隐蔽油气藏勘探的重点目标。

参 考 文 献

- [1] WEIMER P, SLATT R M, PETTINGILL H S. Global overview of deepwater exploration and production[Z]//WEIMER P, SLATT R M. Systems of Deepwater Settings[C]. Distinguished Instructor Short Course Series 7, Tulsa: SEG, 2004: 1-39.
- [2] 杨川恒, 杜栩, 潘和顺, 等. 国外深水领域油气勘探新进展及我国南海北部陆坡深水油气勘探潜力[J]. 地学前缘, 2000, 7(3): 247-256.
- [3] 林畅松, 刘景彦, 蔡世祥, 等. 莺-琼盆地大型下切谷和海底重力流体体系的沉积构成和发育背景[J]. 科学通报, 2001, 46(1): 69-72.
- [4] 李思田, 潘元林, 陆永潮, 等. 断陷湖盆隐蔽油气藏预测及勘探的关键技术——高精度地震探测基础上的层序地层学研究[J]. 地球科学——中国地质大学学报, 2002, 27(5): 592-598.
- [5] 蒋恕, 王华. 断陷湖盆隐蔽油气藏勘探方法与实践——以泌阳凹陷为例[J]. 石油天然气学报, 2005, 27(3): 273-277.
- [6] 赵澄林. 渤海盆地早第三纪陆源碎屑岩相古地理学[M]. 北京: 石油工业出版社, 1997: 1-20.
- [7] SURDAM R C, CROSSLEY L J, HAGEN E S, et al. Organic-inorganic interaction and sandstone diagenesis[J]. AAPG Bulletin, 1989, 73: 1-23.
- [8] LYNCH F E. Mineral/water interaction, fluid flow and sandstone diagenesis: evidence from the rocks[J]. AAPG Bulletin, 1996, 80(4): 486-504.
- [9] 李忠, 李惠生. 东濮凹陷深部次生孔隙成因与储层演化研究[J]. 地质科学, 1994, 29(3): 267-273.
- [10] 李丽霞. 渤中地区第三系碎屑岩储层成岩作用研究[J]. 中国海上油气(地质), 2001, 15(2): 111-119.
- [11] 刘豪, 王英民. 塔里木盆地早古生代古地貌-坡折带特征及对地层岩性圈闭的控制[J]. 石油与天然气地质, 2005, 26(3): 297-304.
- [12] 林畅松, 潘元林, 肖建新, 等. “构造坡折带”——断陷盆地层序地层分析和油气预测的重要概念[J]. 地球科学——中国地质大学学报, 2000, 25(3): 260-265.

收稿日期: 2006-07-24 改回日期: 2006-09-15

(编辑: 崔护社)

Reservoir quality evaluations for the middle-deep intervals and reservoiring condition analyses for the subtle sandbodies in Liaozhong depression

Jiang Shu^{1,2} Cai Dongsheng³ Zhu Xiaomin²
Zhu Guanghui¹ Hu Xiaolin¹

(1. CNOOC Research Center, Beijing, 100027;

2. China University of Petroleum, Beijing, 102249;

3. Zhanjiang Branch of CNOOC Ltd, Guangdong, 524057)

Abstract: In Liaozhong depression, the reservoir quality is evaluated for the middle-deep intervals by starting at diagenesis analyses, and the development settings and reservoiring conditions of subtle sandbodies are analyzed for a deep-sagged area by using a concept that palaeogeomorphology and slope breaks would commonly control distribution of subtle sandbodies, resulting in several conclusions: (1) The middle-deep zones of secondary porosity are favorable potential reservoirs with higher porosity and permeability; (2) Several low-stand subtle sandbodies were developed in the deep-sagged area, which are favorable to form subtle hydrocarbon reservoirs of self generation-self reservoiring or lower generation-upper reservoiring due to their excellent reservoiring conditions; (3) The overpressured subtle sandbodies in the deep-sagged area may be important targets for the middle-deep intervals' exploration in this depression.

Key words: Liaozhong depression; middle-deep interval; diagenesis; secondary pore; slope break; subtle sandbody; reservoiring condition