石油与天然气地质
第35卷 第3期 OIL & GAS GEOLOGY 2014年6月

文章编号:0253-9985(2014)03-0303-08 doi:10.11743/ogg20140302

箕状断陷盆地形成机制、沉积体系与成藏规律
——以济阳坳陷为例

宋国奇[1,2],郝雪峰[3],刘克奇[3]

(1.中国石化 胜利油田分公司,山东 东营 257000; 2.中国石油大学 地球科学与技术学院,山东 青岛 266555;
3.中国石化 胜利油田分公司 地质科学研究院,山东 东营 257015)

摘要:中国大陆东部自进入地台活化阶段以来形成的诸如济阳坳陷等沉积盆地,主要表现为箕状断陷形式,剖面为典型的"断超结构"。其成因与太平洋板块向中国大陆俯冲,引起地壳拉张减薄,进而导致一系列断裂发生伸展活动有关;箕状断陷盆地陡坡带、洼陷带和缓坡带构造活动强度不同,受其控制的沉积体系及其组合,表现出与古地貌背景的对应性;受构造-沉积充填特征控制,盆地内圈闭类型、输导体系、成藏动力等成藏要素分布的有序性,决定了盆地油藏类型分布的有序性;不同构造岩相带成藏主控因素及其组合样式的差异性,衍生出区带油气富集与控藏模式的差异性。对应于不同区带的代表性隐蔽油气藏,陡坡带以砂砾岩体成岩封堵成藏模式为主,洼陷带以浊积扇体压力-隐蔽输导控藏模式为主,缓坡带以滩坝砂岩三元控藏模式为主。总之,中国东部古近纪箕状断陷盆地具有明显的石油地质"四性"特征,即箕状断陷盆地形成的必然性、沉积体系发育的对应性、油藏类型分布的有序性以及成藏主控因素的差异性。

关键词:箕状断陷;盆地结构;沉积体系;油藏类型;油气成藏;济阳坳陷

中图分类号:TE12 **文献标识码**:A

Tectonic evolution, sedimentary system and petroleum distribution patterns in dustpan-shaped rift basin: a case study from Jiyang Depression, Bohai Bay Basin

Song Guoqi[1,2], Hao Xuefeng[3], Liu Keqi[3]

(1. *Shengli Oilfield Company, SINOPEC, Dongying, Shandong* 257000, *China*; 2. *School of Geosciences, China University of Petroleum, Qingdao, Shandong* 266555, *China*; 3. *Geoscience Research Institute, Shengli Oilfield Company, SINOPEC, Dongying, Shandong* 257015, *China*)

Abstract: The sedimentary basins in eastern China (like Jiyang Depression) are characterized by dustpan-shape with marginal faults and vertical overlapping architecture. These basins formed due to the subduction of Pacific Plate under China continent, which caused crust stretching and thinning, and further resulting in a series of extension of faults. In dustpan-shaped rift basin, the tectonic intensity varies in different structural belts. Therefore, the sedimentary systems and their assemblages under their control correspond well with the palaeogeomorphology. Due to the control of tectonic evolution and depositional characteristics, the traps, carrier system and the accumulation dynamics show some orderliness of distribution, which determines the orderliness of reservoir type distribution. Secondly, the differences of the major hydrocarbon accumulation controlling factors and their assemblages between different structure belts generate the differences of hydrocarbon accumulation and reservoir patterns between different plays. Moreover, different types of subtle reservoirs are developed at different structural belts. Specifically, conglomerate fan reservoirs in the steep slope belt show hydrocarbon accumulation pattern featured by diagenetic sealing. The turbidity fan reservoirs in the central-depression belt show the hydrocarbon accumulation pattern featured by pressure-subtle migration. And the beach-bar sand bodies in the gentle slope belt show hydrocarbon accumulation pattern featured by control of three elements, i. e. faulted structures, effective reservoir, and formation fluid pressure. In conclusion, the petroleum geologic features of the Paleogene dustpan-shaped rift basins in east China can be sum up as follows: regularity in the evolution of basin, correspondence in sedimentary system, orderliness of reservoir type distribution, and difference in key factors controlling hydrocarbon accumulation.

Key words: dustpan-shaped fault depression, basin structure, sedimentary system, reservoir type, petroleum accumulation, Jiyang Depression

收稿日期:2013-11-05。

第一作者简介:宋国奇(1957—),男,教授级高级工程师,地球物理勘探。**E-mail**:songguoqi.slyt@sinopec.com。

基金项目:国家科技重大专项(2011ZX05006)。

中国东部发育了一系列新生代含油气盆地，这些盆地横跨不同古构造和古气候带，如东营凹陷、东濮凹陷、泌阳凹陷、高邮凹陷、潜江凹陷等，这些盆地和凹陷构成了我国东部重要的油气聚集区。这些断陷盆地形成演化主要受控于多次区域性板块构造运动重组事件及深部过程，其构造格架、沉积充填既存在着相似性，又存在着差异，箕状断陷是其主要的表现形式[1-2]。其中，济阳坳陷的油气类型多、勘探程度高、勘探潜力大。同时，济阳坳陷与渤海湾盆地油气分布特征最为相似。文中以济阳坳陷为代表，结合多年的勘探实践，论述了箕状断陷盆地沉积体系类型及空间展布、油气藏类型及分布样式、区带主要成藏模式等方面的普遍性的认识。即中国东部新生代箕状断陷盆地形成具有必然性，沉积充填具有对应性，同一箕状断陷盆地的不同区带油气成藏则分别具有有序性及差异性。

1 箕状断陷盆地形成机制

渤海湾盆地在地理上包括华北平原、渤海海域和下辽河平原3个区域，其西部和北部边界分别为太行山和燕山山脉，南邻鲁西南隆起，东侧为郯庐断裂带所限，总面积约 20×10^4 km^2。盆地内新生代地层沉积厚度几百至几千米，最厚可达 12 000 m，油气资源丰富，是我国东部重要的油气产区。根据渤海湾盆地古近系的纵向和横向分布，通常把渤海湾盆地划分为冀中、黄骅、临清、济阳、渤中、昌潍和下辽河－辽东湾7个坳陷和沧县、邢(台)衡(水)、埕宁和内黄4个隆起。坳陷和隆起由更次一级的凸起和凹陷构成[3-5]。

渤海湾盆地济阳坳陷及相邻的其他坳陷，如冀中坳陷、黄骅坳陷、下辽河－辽东湾坳陷，均有一个由早期不对称半地堑向晚期坳陷转化的演化过程。一方面，渤海湾盆地东、西边界分别受北北东向太行山山前断裂和郯庐断裂的控制，南北边界受北西西向构造带控制；另一方面，其演化与上地幔上隆形成的裂谷作用有关。在中生代末期，库拉板块沿北北西向俯冲，产生了北东向左旋剪切，形成北西向的正断层和半地堑。从古新世开始，太平洋板块由中生代的北北西向俯冲转变为北西西向俯冲，导致郯庐断裂发生右旋剪切，在渤海湾地区引起拉分作用(盆地呈不规则菱形即是拉分的结果)，这种拉分作用沿早期构造薄弱带——早期断裂带进行，且在盆地的不同部位，拉分作用的方向不同。同时，由于构造上的引张导致的地幔软流圈上隆和区域岩浆活动又加剧了岩石圈的伸展。在上述两种应力场的作用下，在盆地的不同位置必然会形成不同方向的箕状断陷：如在盆地西部，拉张方向主要为北东向，形成了由多个西断东超的箕状断陷组成的冀中、黄骅坳陷；在盆地东部，拉张作用方向主要为北西，形成了东断西超的辽河－辽东湾箕状坳陷；在中部的济阳地区，发生近南北方向的拉张，形成了由4个北断南超的箕状断陷组成的济阳坳陷[6-8](图1)。

2 箕状断陷盆地沉积体系

由于箕状断陷盆地陡坡带、缓坡带和洼陷带构造活动强度不同，造成不同构造带沉积体系组合的差异[9-13]，表现出与古地貌特征的对应性(图2)。下面以济阳坳陷东营凹陷为例进行论述。

2.1 陡坡带沉积体系及其演化

箕状断陷盆地的陡坡带，是控盆边界断层发育的位置，构造活动剧烈，具有坡度陡、近物源、粒度粗等特点[14-19]。

断陷早期，湖盆水体较浅，陡坡带滨浅湖较发育；由于湖盆沉降速度与沉积速度大致相当，在临近湖岸地带主要发育了近源快速沉积的洪积扇体，滨浅湖地带则主要沉积扇三角洲、辫状河三角洲体系。断陷中期(鼎盛期)，陡坡带主断裂坡度加大，湖盆的沉降速度大于沉积速度，成为欠补偿性沉积湖盆，沉积体系主要为近岸水下扇、浊积扇，纵向上呈现出正旋回特征。

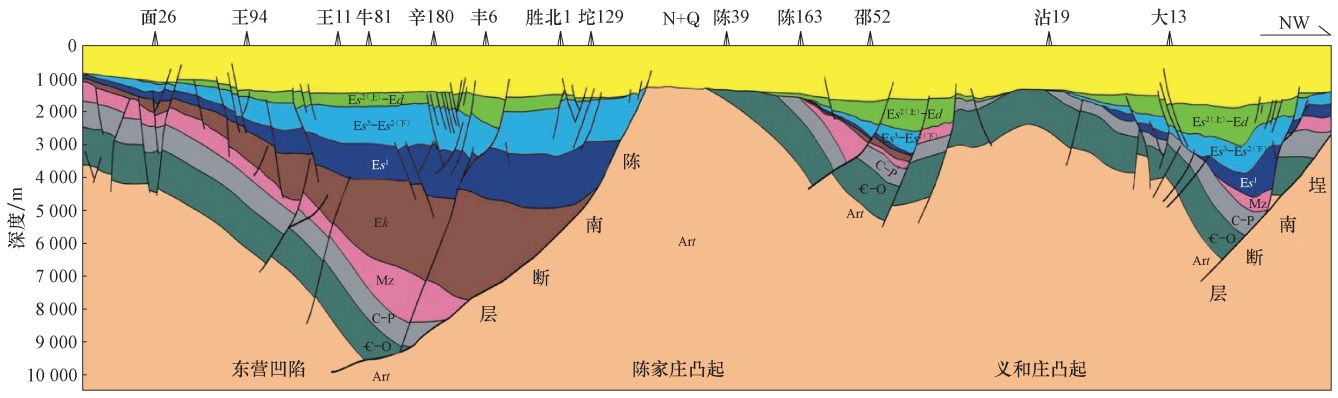

图1 济阳坳陷南北向现今构造剖面示意图

Fig. 1 Present day north to south structural section of Jiyang Depression

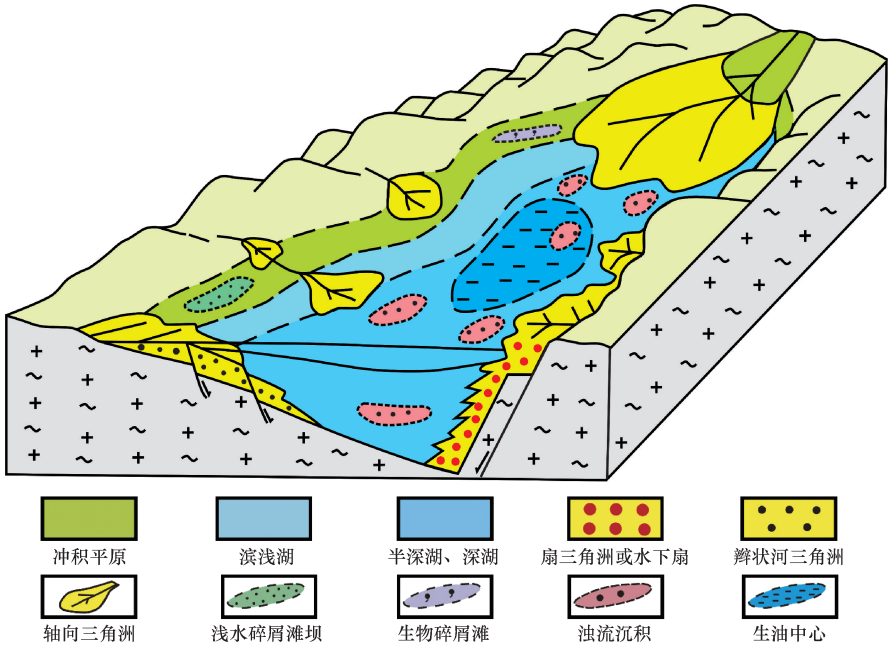

图 2　断陷盆地沉积体系发育模式

Fig. 2　Model of depositional system in rift basins

断陷晚期，边界断裂活动减弱，湖盆的沉降速度小于沉积速度，物源补给充分，湖盆逐步进入过补偿状态，陡坡带各种扇体呈现出反旋回的特征，湖盆逐渐被三角洲、洪积扇体系所占据。

2.2　洼陷带沉积体系及其演化

断陷早期，由于水体较深，物源供给少，洼陷带大部分地区沉积半深湖－深湖相泥岩和油页岩，仅在轴向靠近物源部位发育小型三角洲沉积；断陷中期，由于湖盆的进一步扩张，造成地形高差加大，物源供给相对增多，洼陷带不但继续沉积深湖－半深湖相泥岩和油页岩，而且还发育有大型轴向三角洲以及前方数量众多的滑塌浊积扇和来自盆地缓坡带的深水浊积扇；断陷晚期，湖盆大部分处于浅湖环境，物源供给充足，深湖相细粒沉积物不发育，三角洲强烈进积，占据了盆地的大部分面积，并广泛发育三角洲平原相沉积[20－22]。

2.3　缓坡带沉积体系及其演化

与陡坡带相比，缓坡带构造活动相对较弱，且持续稳定。因此，造成沉积体系类型较多，沉积物粒度较细[23－26]。

断陷早期，随着控凹边界大断层的不断活动，地层的翘倾形成了宽缓的斜坡带。由于水体相对较浅，冲积扇和扇三角洲成为主要的沉积体系类型；断陷中期，湖盆沉降速度大于沉积速度，水体逐渐加深，半深湖－深湖沉积范围不断扩大，在缓坡带形成了广泛分布的与暗色泥页岩呈互层状的滩坝砂沉积，在水下高地，往往形成碳酸盐滩坝，在沟谷处，短轴三角洲以及与之对应的浊积扇沉积也会出现；断陷晚期，构造活动减弱，湖盆的沉降速度小于沉积速度，物源补给充分，湖盆成为过补偿状态，湖盆相对萎缩，在斜坡带上主要发育了三角洲和辫状河三角洲沉积。

3　箕状断陷盆地成藏规律

3.1　油藏类型分布的有序性

箕状断陷盆地内的构造演化和沉积充填特征，决定了成藏要素发育的规律性，形成了不同类型油藏分布的有序性[27－33]。这种有序性由圈闭类型分布、成藏动力构成及输导体系组合的有序性决定。

3.1.1　圈闭类型分布的有序性

箕状断陷盆地广泛发育有三角洲－浊流沉积体系、滨浅湖相滩坝砂和陡坡带各类扇体，同时，盆地斜坡中部断层发育，斜坡边部不同级别的不整合大量存在，因而，从盆地中心到边缘，圈闭类型往往存在着岩性—岩性－构造—构造－岩性—地层圈闭的有序变化[34]（图 3）。

3.1.2　成藏动力构成的有序性

研究表明，箕状断陷盆地深部大规模超压是在欠压实成因的基础上叠加生烃增压[35]，因而从生烃洼陷到盆地边缘，压力由超压系统—过渡系统—常压系统有序演化[36]。与此对应，超压环境下的油气成藏动力以异常高压为主；压力过渡带的油气成藏动力为压力

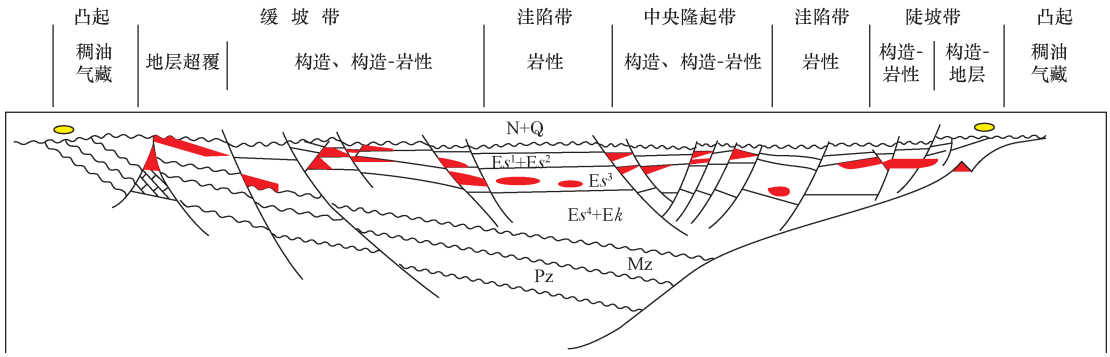

图 3 东营凹陷主要圈闭类型划分示意图

Fig. 3 Sketch map showing major trap types in Dongying Sag

和浮力联合作用;常压环境下的油气成藏动力以浮力为主(图 4)。

3.1.3 输导要素组合的有序性

箕状断陷盆地发育有不同沉积类型的砂体及不同级别的不整合面,它们与众多的断层一起构成了复杂的油气输导体系。大量实践证明,箕状断陷盆地的剖面结构虽然具不对称性,但输导体系的构成却呈对称分布,即不同凹陷带不同层位的输导体系在平面上呈有序环带状分布。从盆地中心到边缘,输导体系往往存在着裂缝 + 控烃断层型—断层 + 砂体型—砂体 + 不整合型的有序变化[37-41]。

箕状断陷盆地圈闭类型、成藏动力、输导体系的有序演化,决定了盆地内不同类型油藏分布的有序性。即从洼陷中心到边缘,油藏类型呈现出岩性油藏—构造 - 岩性油藏—构造油藏—地层油藏的分布状态,且具有纵向叠置,横向毗邻,叠合连片的特征(图 5)。

油藏分布有序性认识深化了对东营凹陷油气藏类型及空间分布规律的科学预测和评价,实现了从三角洲平原构造油藏到前三角洲浊积岩岩性油藏勘探的主动转移。该模式在沾化、惠民等凹陷的洼陷带浊积岩精细勘探中也见到了显著成效。

3.2 成藏主控因素的差异性

箕状断陷盆地油气藏分布的有序性是宏观层面上的油气分布规律,而盆地内不同区带(层系)地质要素的空间配置、内部结构、成藏动力及其作用过程的变化导致油气藏类型及主控因素存在着明显的差异性[14-18]。根据济阳坳陷大量的勘探成果和深入地综合分析,以东营凹陷陡坡带砂砾岩扇体、洼陷带浊积岩和缓坡带滨浅湖滩坝砂岩为例阐述断陷盆地油气成藏主控因素的差异性。

3.2.1 陡坡带砂砾岩体成岩封堵成藏模式

“十一五”以来,东营凹陷北部陡坡带砂砾岩体已完钻探井 96 口,其中 90 口见到油气显示(解释油气层井 70 口)。目前,陡坡带砂砾岩共发现油田 9 个,累计上报探明石油地质储量 3.5×10^8 t。在含油性系统统计的基础上,从沉积组构、压实过程、盆地演化、地层流体性质等方面分析了扇根封堵的内在机理,形成

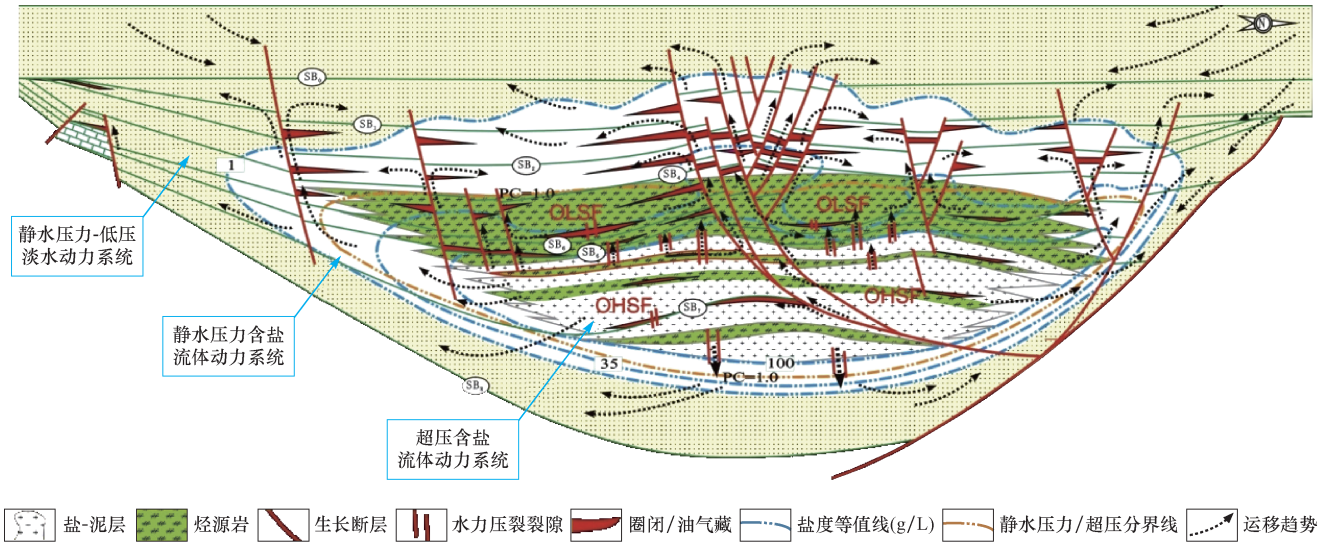

图 4 东营凹陷油气成藏动力分布序列

Fig. 4 Sequence of hydrocarbon accumulation dynamics distribution in Dongying Sag

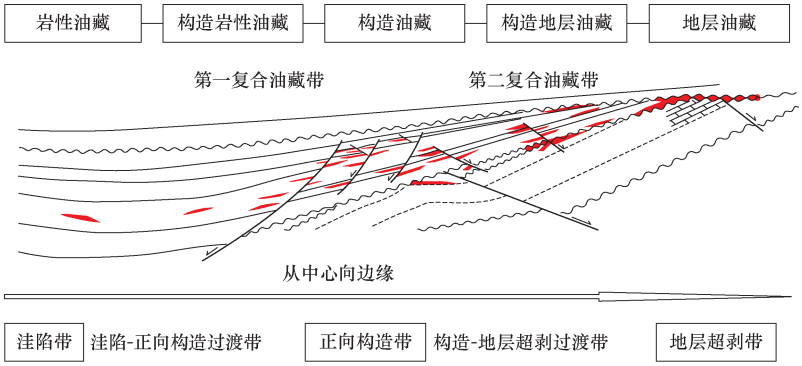

图 5　箕状断陷盆地不同类型油藏有序分布

Fig. 5　Orderliness of distribution of different types of reservoirs in dustpan-shaped faulted depression

了成岩封堵的油气成藏模式[16]。由于成岩环境在纵向上明显不同，导致其扇根的封堵能力存在着很大的差异，相应的油藏类型也随之变化（图 6）。

低封堵能力的构造油藏带：埋深介于 1 700 ~ 2 300 m，成岩作用处于早成岩 A 阶段，扇根的封堵能力较差，油藏类型多为靠断层封堵的构造油藏，油气的充满度较低，水多油少，含油高度一般在 10 ~ 70 m，油藏的宽度一般介于 200 ~ 1 000 m。

中等封堵能力的构造 - 岩性油藏带：埋深介于 2 300 ~ 3 280 m，成岩作用处于早成岩 B 阶段，扇根的封堵能力较上部有了明显的改善，油藏类型为构造 - 岩性油藏，油气充满度中等，油水间互，含油高度在 20 ~ 90 m，油藏的宽度一般介于 300 ~ 1 500 m。

高封堵能力的岩性油藏带：埋深介于 3 280 ~ 4 300 m，成岩作用处于中成岩 A 阶段，扇根的封堵能力强，油藏类型为成岩封堵的岩性油藏，油气充满度高，油藏非油即干，含油高度在 80 ~ 190 m，油藏的宽度一般介于 600 ~ 2 500 m。

3.2.2　洼陷带浊积岩压力 - 隐蔽输导控藏模式

洼陷带浊积岩含油性取决于 3 个方面：提供油气及成藏动力的烃源岩，作为输导体系构成要素的断裂（裂缝）的发育程度及岩性透镜体的有效储集条件。统计分析表明，当排烃强度大于 350×10^4 t/km^2 时，源岩区普遍发育异常高压，更有利于透镜体成藏（勘探实践中超过四分之三的成藏岩性体地层压力系数大于 1.2）；源外透镜体砂岩成藏范围，即距离源岩距离，向上约 200 m（图 7）[20]。

洼陷带断层往往不太发育，因而，在浊积岩油藏成藏过程中，裂缝系统起着重要的输导作用。岩石承受的流体压力超过了其破裂强度后，就可产生裂隙。东营凹陷泥岩破裂深度门限约为 2 900 ~ 3 000 m（压力系数大于 1.38），即在该深度以下（这也是砂岩透镜体成藏的门限深度），地层孔隙流体异常压力可以导致岩石破裂，这些裂缝与为数众多的三角洲前缘浊积性薄砂层构成了隐蔽性油气输导网络，成为浊积岩岩性油气藏形成的另一关键要素。

3.2.3　缓坡带滩坝砂岩三元控藏模式

东营凹陷南部缓坡带沙河街组四段上亚段广泛发育滩坝砂，已探明储量近 2×10^8 t。通过对滩坝砂岩成

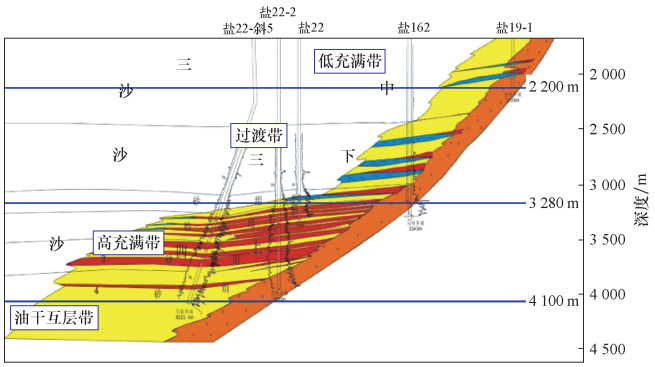

图 6　东营凹陷陡坡带砂砾岩体成藏模式
（盐 22 井—盐 19 - 1 井近南北向油藏剖面）

Fig. 6　Hydrocarbon accumulation patterns for conglomerate fan in the steep slope belt of Dongying Sag (North-south reservoir section crossing well Yan22 and Yan19-1)

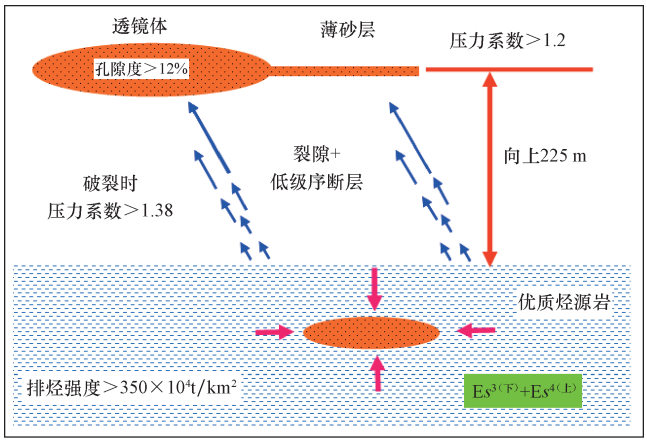

图 7　东营凹陷洼陷带浊积岩压力 - 隐蔽输导控藏模式

Fig. 7　Hydrocarbon accumulation pattern with pressure-subtle migration in the turbidite of the central belt in Dongying Sag

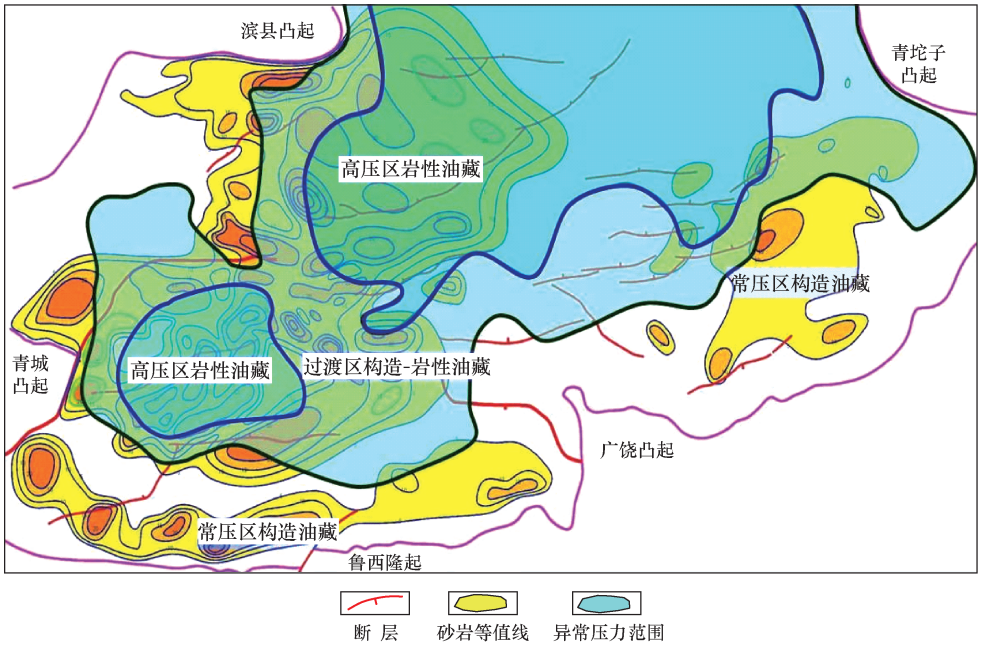

图8 东营凹陷缓坡带滨浅湖滩坝砂岩成藏模式

Fig. 8 Hydrocarbon accumulation pattern of beach-bar sand body in shore-shallow lacustrine in the gentle slope belt of Dongying Sag

因、成藏的综合研究,形成了包含断裂构造、有效储层、流体压力等要素的“三元控藏”的成藏模式。即构造(背景)、断裂控制成藏部位;有效储层决定成藏规模;压力高低控制油藏充满程度(图8)[23]。

构造背景是油气成藏的基础地质条件,大型的正向构造带(鼻状构造)更易于成藏;断裂具有封闭、输导和分配油气的作用,二、三级主断层控制含油区块,四、五级小断层一般不改变压力系统,利于油气输导和改善储层。

有效储层是决定滩坝砂岩油藏规模的关键因素,滩坝砂岩油层分布和产能的高低明显受有效储层的控制。沉积微相、成岩过程和灰质含量控制着滩坝砂体储层的有效性,单层厚、物性好的坝砂最易富集成藏,单层薄、灰质含量低的滩砂也具有较好储集性能。

异常高压是滩坝砂岩成藏的源动力,决定着油气藏的充满程度。烃源岩的排烃强度导致异常高压围绕生烃中心呈内高外低的“环带状”分布,从而控制着油气富集(充满)程度和油藏类型的变化。

滩坝砂油藏在横向上具有3种成藏模式:靠近洼陷高压区,地层压力大,油气充满度高,油藏类型以岩性油藏为主,油气藏无明显的边底水,非油即干;盆地斜坡中部,为地层压力过渡区,油藏类型以构造-岩性油藏为主,油气充满度较高,局部可见油水间互;盆地边缘为常压区,具鼻状构造背景的高部位油藏类型相对单一,以构造油藏为主,油气充满度相对较低,油水间互现象比较普遍,具有明显的边底水。

4 结论

1)基于渤海湾盆地的基本特征,揭示了盆地结构及成藏要素的相似性,成为凹陷和区带勘探优化选择的出发点,不同盆地和相邻层系之间,勘探经验和技术可以相互借鉴,是指导三新领域勘探的基本原则。

2)以济阳坳陷东营凹陷为解剖对象,提出了凹陷内油藏特征及分布的有序性,凹陷内不同类型油藏连续有序分布,是成熟探区实现勘探目标的主动转移,发现规模储量的指导方针。

3)以盆地成藏要素构成差异性研究为基础,明确了成藏动力及油气富集的差异性,是指导盆地内不同区带、不同层系油气藏勘探部署思路及关键技术攻关、实现油藏高效勘探的关键。

参 考 文 献

[1] 杨克绳. 中国中新生代沉积盆地箕状断陷类型、形成机理及含油性[J]. 石油与天然气地质,1990,11(2):144-155.
Yang Kesheng. Type, generation mechanism and oil potential of half-graben basins in Meso-Cenozoic sedimentary basins in China[J]. Oil & Gas Geology, 1990, 11(2): 144-155.

[2] 王秉海,钱凯. 胜利油区地质研究与勘探实践[M]. 东营:石油大学出版社,1992,8-9.
Wang Binghai, Qian Kai. Geology research and exploration practice in the Shengli petroleum province[M]. Dongying: China University of Petroleum Press, 1992, 8-9.

[3] 朱夏. 中国东部板块内部盆地形成机制的初步探讨[J]. 石油实验地质，1979，1(创刊号)：1－9.
Zhu Xia. Primary discussion of formative mechanism of inner basin of east plate in China[J]. Petroleum Geology & Experiment，1979，1(1)：1－9.

[4] 胡朝元. 渤海湾盆地的形成机理与油气分布特点新议[J]. 石油实验地质，1982，4(3)：161－167.
Hu Zhaoyuan. Geodynamic environment of Bohai gulf basin and its oil occurrence[J]. Petroleum Geology & Experiment，1982，4(3)：161－167.

[5] 赵重远. 渤海湾盆地的构造格局及其演化[J]. 石油学报，1984，5(1)：1－8.
Zhao Zhongyuan. Structural pattern and evolution of Bohaiwan basin，China[J]. Acta Petrolel Sinica，1984，5(1)：1－8.

[6] 王世虎，夏斌，陈根文，等. 济阳坳陷构造特征及形成机制讨论[J]. 大地构造与成矿学，2004，28(4)：428－434.
Wang Shihu，Xia Bin，Chen Genwen，et al. Characteristics of Jiyang depression and mechanism of basin formation[J]. Geotectonica et Metallogenia，2004，28(4)：428－434.

[7] 王颖，赵锡奎，高博禹. 济阳坳陷构造演化特征[J]. 成都理工学院学报，2002，29(2)：181－186.
Wang Ying，Zhao Xikui，Gao Boyu. Characters of tectonic evolution of the Jiyang depression[J]. Journal of Chengdu University of Technology，2002，29(2)：181－186.

[8] 史卜庆，郑凤云，周瑶琪，等. 济阳坳陷济阳运动的动力学成因试析[J]. 高校地质学报，2002，8(3)：356－362.
Shi Buqing，Zheng Fengyun，Zhou Yaoqi，et al. A study on geological characteristics and geodynamic origin of Jiyang movement，Bohai bay basin[J]. Geological Journal of China Universities，2002，8(3)：356－362.

[9] 吴亚军. 东部地区箕状断陷盆地构造演化与沉积充填特征[J]. 天然气工业，2004，24(3)：28－31.
Wu Yajun. Tectonic evolution and sedimentation-filling characteristics of the half-graben-like rift-subsidence basins in east China[J]. Natural Gas Industry，2004，24(3)：28－31.

[10] 田景春. 箕状断陷湖盆陡坡带砂体特征、演化及控制因素——以胜利油区东营凹陷北带沙河街组为例[J]. 矿物岩石，2001，21(3)：56－63.
Tian Jingchun. The feature，evolution and controlling factors of terrigenous clastic reservoir sandbodies on the steep slope zone in the half-graben-like rift lake basin：taking Shahejie formation of northern zone of Dongying depression in Shengli oil field as example[J]. Joural of Mineralogy and Petrol，2001，21(3)：56－63.

[11] 林畅松，张燕梅，李思田，等. 中国东部中新生代断陷盆地幕式裂陷过程的动力学响应和模拟模型[J]. 地球科学，2004，29(5)：583－588.
Lin Changsong，Zhang Yanmei，Li Sitian，et al. Episodic rifting dynamic process and quantitative model of Mesozoic-Cenozoic faulted basins in eastern China[J]. Earth Science，2004，29(5)：583－588.

[12] 漆家福，张一伟，陆克政，等. 渤海湾新生代裂陷盆地的伸展模式及其动力学过程[J]. 石油实验地质，1995，17(4)：316－323.
Qi Jiafu，Zhang Yiwei，Lu Kezheng，et al. Extensional pattern and dynamic process of the Cenozoic rifting basin in the Bohai bay[J]. Petroleum Geology & Experiment，1995，17(4)：316－323.

[13] Hsiao Li-Yuan，Graham S A，Tilander N. Seismic reflection imaging of a major strike－slip fault zone in a rift system：Paleogene structure and evolution of the Tan-Lu fault system，Liaodong Bay，Bohai，offshore China[J]. AAPG Bulletin，2004，88(1)：71－97.

[14] 闫长辉，王安，严曙梅，等. 砂砾岩扇体成藏过程的定量化分析——以东营凹陷胜坨油田为例[J]. 油气地质与采收率，2010，17(1)：9－11.
Yan Changhui，Wang An，Yan Shumei，et al. Quantitative analysis on the hydrocarbon accumulation process of the glutenite fan：A case study of Shengtuo oilfield，Dongying depression[J]. Petroleum Geology and Recovery Efficiency，2010，17(1)：9－11.

[15] 隋风贵，操应长，刘惠民，等. 东营凹陷北带东部古近系近岸水下扇储集物性演化及其油气成藏模式[J]. 地质学报，2010，28(2)：246－256.
Sui Fenggui，Cao Yingchang，Liu Huimin，et al. Physical properties evolution and hydrocarbon accumulation of paleogene nearshore subaqueous fan in the eastern north margin of the Dongying depression[J]. Acta Geologica Sinica，2010，28(2)：246－256.

[16] 刘鑫金，宋国奇，刘惠民，等. 东营凹陷北部陡坡带砂砾岩油藏类型及序列模式[J]. 油气地质与采收率，2012，19(5)：20－23.
Liu Xinjin，Song Guoqi，Liu Huimin，et al. Study of conglomerate reservoir types and distribution in north slope zone，Dongying depression[J]. Petroleum Geology and Recovery Efficiency，2012，19(5)：20－23.

[17] 秦永霞，姜素华，王永诗. 斜坡带油气成藏特征与勘探方法——以济阳坳陷为例[J]. 海洋石油，2003，23(2)：14－20.
Qin Yongxia，Jiang Suhua，Wang Yongshi. Pool-forming features and exploration methods for oil and gas in slope zone[J]. Offshore Oil，2003，23(2)：14－20.

[18] 王永诗，鲜本忠. 车镇凹陷北部陡坡带断裂结构及其对沉积和成藏的控制[J]. 油气地质与采收率，2006，13(6)：5－8.
Wang Yongshi，Xian Benzhong. Fault structures of northern steep slope belts and their influences on sedimentation and reservoir formation in Chezhen sag[J]. Petroleum Geology and Recovery Efficiency，2006，13(6)：5－8.

[19] 郭玉新，隋风贵，林会喜，等. 时频分析技术划分砂砾岩沉积期次方法探讨——以渤南洼陷北部陡坡带沙四段—沙三段为例[J]. 油气地质与采收率，2009，16(5)：8－11.
Guo Yuxin，Sui Fenggui，Lin Huixi，et al. Discussion on the division and correlation of glutinite sedimentary period by time-frequency analysis：a case study of Sha4 to Sha3 member of northern abrupt slope zone in Bonan depression[J]. Petroleum Geology and Recovery Efficiency，2009，16(5)：8－11.

[20] 卓勤功，向立宏，银燕，等. 断陷盆地洼陷带岩性油气藏成藏动力学模式——以济阳坳陷为例[J]. 油气地质与采收率，2007，14(1)：7－10.
Zhuo Qingong，Xiang Lihong，Yin Yan，et al. Dynamics pattern of lithological oi-gas pool forming in subsag belt，downfaulted basin：Taking Jiyang depression as an example[J]. Petroleum Geology and Recovery Efficiency，2007，14(1)：7－10.

[21] 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.
Li Minggang，Pang Xiongqi，Qi Jiafu et al. Hydrocarbon accumulation models and distribution features of sandstone lithologic hydrocarbon reservoir in the Dongying depression[J]. Petroleum Geology and Recovery Efficiency，2008，15(2)：13－15.

[22] 王居峰，蔡希源，邓宏文. 东营凹陷中央洼陷带沙三段高分辨率层序地层与岩性圈闭特征[J]. 石油大学学报，2004，28(4)：

7 – 11.
Wang Jufeng, Cai Xiyuan, Deng Hongwen. High-resolution sequence stratigraphy and lithologic trap characteristics of Sha – 3 member in the central sag of Dongying depression[J]. Journal of the University of Petroleum, China, 2004, 28(4): 7 – 11.

[23] 王永诗,刘惠民,高永进,等. 断陷湖盆滩坝砂体成因与成藏:以东营凹陷沙四上亚段为例[J]. 地学前缘, 2012, 19(1): 100 – 107.
Wang Yongshi, Liu Huimin, Gao Yongjin, et al. Sandbody genesis and hydrocarbon accumulation mechanism of beach-bar reservoir in faulted-lacustrine-basins: A case study from the upper of the fourth member of Shahejie formation, Dongying sag[J]. Earth Science Frontiers, 2012, 19(1): 100 – 107.

[24] 方玉斌,刘秋生,刘淑,等. 缓坡坡折带——箕状断陷的精华[J]. 断块油气田, 2003, 10(1): 15 – 17.
Fang Yubin, Liu Qiusheng, Liu Shu, et al. Slow slope fold belt: the soul of half graben rift[J]. Fault-Block Oil & Gas Field, 2003, 10(1): 15 – 17.

[25] 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.
Yuan Hongjun. Prediction of beach bar sand reservoirs of shore-shallow lake facies in Boxing subsag of Dongying sag[J]. Oil & Gas Geology, 2007, 28(4): 497 – 503.

[26] 阳孝法,林畅松,刘景彦,等. 博兴洼陷沙四段滩坝沉积体系及其主控因素[J]. 油气地质与采收率, 2009, 16(3): 22 – 25.
Yang Xiaofa, Lin Changsong, Liu Jingyan, et al. Depositional systems and main controlling factors of beach bar of Sha4 member, Boxing depression[J]. Petroleum Geology and Recovery Efficiency, 2009, 16(3): 22 – 25.

[27] 潘元林,张善文,肖焕钦,等. 济阳断陷盆地隐蔽油气藏勘探[M]. 北京:石油工业出版社, 2003.
Pan Yuanlin, Zhang Shanwen, Xiao Huanqin, et al. Exploration of subtle traps in Jiyang depression[M]. Beijing: Petroleum Industry Press, 2003.

[28] 李思田,潘元林,陆永潮,等. 断陷湖盆隐蔽油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, 2002, 27(5): 592 – 598.
Li Sitian, Pan Yuanlin, Lu Yongchao, et al. Key technology of prospecting and exploration of subtle traps in lacustrine fault basins: sequence stratigraphic researches on the basis of high resolution seismic survey[J]. Earth Science, 2002, 27(5): 592 – 598.

[29] 沈守文,彭大钧,颜其彬,等. 层序地层学预测隐蔽油气藏的原理和方法[J]. 地球学报, 2000, 21(3): 300 – 305.
Shen Shouwen, Peng Dajun, Yan Qibin, et al. The application of sequence stratigraphy to subtle trap prediction: its principle and method[J]. Acta Geoscientia Sinica, 2000, 21(3): 300 – 305.

[30] 张德武,冯友良,邱以钢. 东营凹陷下第三系层序地层研究与隐蔽油气藏预测[J]. 沉积学报, 2004, 22(1): 67 – 72.
Zhang Dewu, Feng Youliang, Qiu Yigang, et al. Lower Tertiary sequence stratigraphy study and the forecast of subtle reservoir in Dongying depression[J]. Acta Sedimentologica Sinica, 2004, 22(1): 67 – 72.

[31] 李丕龙,张善文,宋国奇,等. 断陷盆地隐蔽油气藏形成机制——以渤海湾盆地济阳坳陷为例[J]. 石油实验地质, 2004, 26(1): 3 – 10.
Li Pilong, Zhang Shanwen, Song Guoqi, et al. Forming mechanism of subtle oil pools in fault basins: Taking the Jiyang depression of the Bohaiwan basin as an example[J]. Petroleum Geology & Experiment, 2004, 26(1): 3 – 10.

[32] 林畅松,潘元林,肖建新,等. "构造坡折带"——断陷盆地层序分析和油气预测的重要概念[J]. 地球科学, 2000, 25(3): 260 – 265.
Lin Changsong, Pan Yuanlin, Xiao Jianxin, et al. Structural slope_break zone: Key concept for stratigraphic sequence analysis and petroleum forecasting in fault subsidence basins[J]. Earth Science, 2000, 25(3): 260 – 265.

[33] 张善文,王英民,李群. 应用坡折带理论寻找隐蔽油气藏[J]. 石油勘探与开发, 2003, 30(3): 5 – 7.
Zhang Shanwen, Wang Yingmin, Li Qun. Searching subtle traps using the theory of slope break[J]. Petroleum Exploration and Development, 2003, 30(3): 5 – 7.

[34] 郝雪峰. 陆相断陷盆地沉积相律与油藏类型序列类比分析[J]. 油气地质与采收率, 2006, 13(5): 1 – 6.
Hao Xuefeng. Analogy of the sedimentary facies rule & pool type succession in continental rifted basin[J]. Petroleum Geology and Recovery Efficiency, 2006, 13(5): 1 – 6.

[35] Guo Xiaowen, He Sheng, Liu Keyu, et al. Oil generation as the dominant overpressure mechanism in the Cenozoic Dongying depression, Bohai Bay Basin, China[J]. AAPG Bulletin, 2010, 94(12): 1859 – 1881.

[36] 郭小文,何生,宋国奇,等. 东营凹陷生油增压成因证据[J]. 地球科学, 2011, 36(6): 1085 – 1093.
Guo Xiaowen, He Sheng, Song Guoqi, et al. Evidences of overpressure caused by oil generation in Dongying depression[J]. Earth Science, 2011, 36(6): 1085 – 1093.

[37] Allan U S. Model for hydrocarbon migration and entrapment within faulted structures[J]. AAPG Bulletin, 1989, 73(7): 803 – 811.

[38] 宋国奇,卓勤功,孙莉. 济阳坳陷第三系不整合油气藏运聚成藏模式[J]. 石油与天然气地质, 2008, 29(6): 716 – 720.
Song Guoqi, Zhuo Qingong, Sun Li. Hydrocarbon migration and accumulation patterns in the Tertiary unconformity reservoirs of the Jiyang depression[J]. Oil & Gas Geology, 2008, 29(6): 716 – 720.

[39] 刘金,宋国奇,郝雪峰,等. 惠民凹陷临盘油区断裂胶结带基本特征及形成机制[J]. 地球科学, 2011, 36(6): 1119 – 1124.
Liu Jin, Song Guoqi, Hao Xuefeng, et al. Characteristics of fault cementation zone and its origin in Linpan oil pool of the Huimin depression[J]. Earth Science, 2011, 36(6): 1119 – 1124.

[40] Su Jinbao, Zhu Wenbin, Wei Jia, et al. Fault growth and linkage: Implications for tectonosedimentary evolution in the Chezhen Basin of Bohai Bay, eastern China[J]. AAPG Bulletin, 2011, 95(1): 1 – 26.

[41] Lampe C, Song Guoqi, Cong Liangzi, et al. Fault control on hydrocarbon migration and accumulation in the Tertiary Dongying depression, Bohai basin, China[J]. AAPG Bulletin, 2012, 96(6): 983 – 1000.

(编辑 高 岩)