

文章编号: 1001-6112(2008)01-0064-05

渤海湾盆地廊固凹陷油气分布特征研究

宋荣彩¹, 周文¹, 董树义², 张哨楠¹, 任文博³, 张建锋³

(1. 成都理工大学“油气藏地质及开发工程”国家重点实验室, 成都 610059;

2. 成都理工大学地球科学学院, 成都 610059; 3. 华北油田分公司勘探开发研究院勘探二室, 河北任丘 062552)

摘要:渤海湾盆地廊固凹陷已全面进入了隐蔽油气藏勘探阶段, 如何认识层序地层格架内各种类型油气藏的分布特征是指导本区下一步勘探方向的关键。通过深入研究廊固凹陷古近系地层层序特征, 根据其分布组合特点, 建立了不同构造单元沉积模式, 进一步剖析了凹陷内不同沉积体系特征及其不同组合样式。从整体沉积背景、构造背景认识出发, 厘清了层序格架内沉积体系的分布特征; 建立了陡坡带、洼槽带及中央带各具特色的 6 类成藏模式。指出多期次的沉积体系组合、多期次的构造运动叠加、生油层—储集体—圈闭的时空匹配对廊固凹陷各种类型油气藏的分布和富集发挥了重要作用。

关键词:层序特征; 沉积体系; 油气成藏模式; 油气富集规律; 廊固凹陷; 渤海湾盆地

中图分类号: TE122.3

文献标识码: A

THE RESEARCH OF OIL-GAS DISTRIBUTION CHARACTERISTICS IN THE LANGGU SAG OF THE BOHAI BAY BASIN

Song Rongcai¹, Zhou Wen¹, Dong Shuyi², Zhang Shaonan¹, Ren Wenbo³, Zhang Jiangfeng³

(1. State Key Laboratory of Oil and Gas Reservoir Geology and Exploration, Chengdu, Sichuan 610059, China;

2. Geosciences College, Chengdu University of Technology, Chengdu, Sichuan 610059, China; 3. Exploration &

Development Research Institute of Huabei Oilfield Branch Company, PetroChina, Renqiu, Hebei 062550, China)

Abstract: The recent work has already come into the stage of subtle reservoir exploration period in the Langgu Sag of the Bohai Bay Basin. So it is the key issues to instruct next exploration direction that know the distribution characteristics about all kinds of pools in the sequence stratigraphic framework. By means of comprehensive analysis of sequence characteristic and deposit distribution combination, established formation pattern of different tectonic unit in the Langgu Sag. And those are taken apart more in different sedimentary system and its combination styles. From the whole deposit and structural background, build on the distribution characteristic of the reservoir in the sequence framework. Six deposit formation patterns were established in the active, billabong and center regions. And point out that the more sedimentary systems, more tectogenetic movement, the matching of source layer-reservoir-encirclement make importance action to the distribution and enrichment of structure and subtle hydrocarbon pools.

Key words: sequence characteristic; sedimentary system; pool-forming pattern; regularity of hydrocarbon enrichment; the Langgu Sag; the Bohai Bay Basin

渤海湾盆地廊固凹陷构造极其复杂, 前人及生产单位多是基于构造的精细解释来圈定油气藏, 导致对凹陷的整体油气富集规律缺乏全局性的统一认识, 不利于复杂断陷盆地的进一步挖潜。本文以研究沉积过程为主线, 充分考虑构造对沉积的控制作用, 在层序地层学理论指导下, 对廊固凹陷油气富集的控制因素进行全面的认识, 这对凹陷中后期

隐蔽油气藏的勘探开发有着重要的现实意义。

1 区域地质概况

廊固凹陷是渤海湾盆地冀中坳陷北部一个西断东超的箕状结构陆相断陷盆地(图 1)。古近系沉积时期, 构造经历了 3 个演化阶段: 断陷初始阶段(孔店组—沙河街组四段), 形成东断西超的构造

收稿日期: 2006-12-28; 修订日期: 2007-12-28。

作者简介: 宋荣彩(1975—), 女, 博士, 讲师, 从事储层地质学和层序地层学研究。E-mail: songrongcai@126.com。

基金项目: 中国石油天然气股份有限公司专项项目(20030303WC080)。

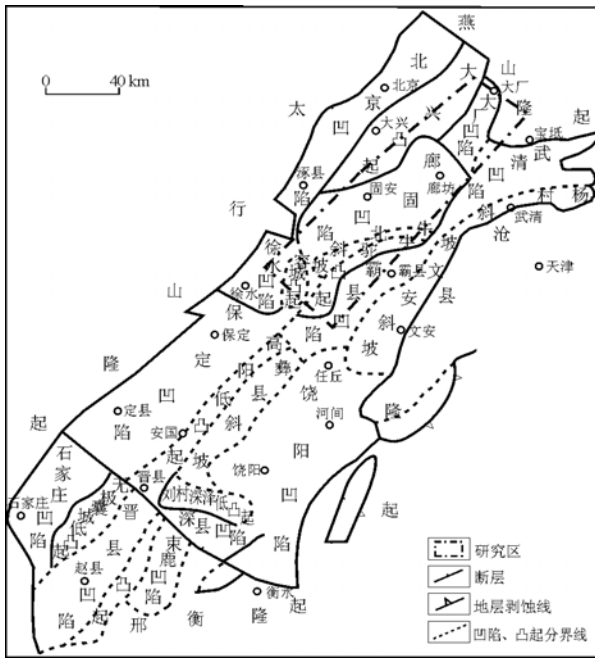


图 1 渤海湾盆地廊固凹陷构造位置
Fig. 1 Tectonic position in the Langgu Sag of the Bohai Bay Basin

沉积格局;随后盆地强烈拉张,接受巨厚的沙河街组三段沉积,形成东升西降的格局;沙河街组三段沉积末期的廊固运动,造成统一的冀中拗陷分裂,形成南升北降的格局^[1]。

廊固凹陷油气富集,在纵向上油气分布在 13 个层系中^[2],沙三段和沙四段是主力含油层系,形成了别古庄、永清、琥珀营、柳泉等多个油气田。整个凹陷基于断块的勘探程度较高,但纵向、横向上勘探程度不均衡。截止 2004 年,共探明石油 0.30976×10^8 t,天然气 73.54×10^8 m³,石油资源转化率 28.82%,天然气资源转化率 15.14%,说明整个凹陷仍具有巨大的勘探潜力。

2 沉积层序特征

通过各阶段构造活动特点、地震反射组合特征、接触关系、沉积组合、岩石组合等研究,认识到,尽管凹陷分隔性强、构造的穿切使沉积面貌复杂化^[3],但整体沉积层序在不同构造单元有明显的规律性。综合年代地层、生物地层、岩石地层、地震地层的研究成果^[4,5],在廊固凹陷共划分和识别了 11 个三级层序,不同构造单元具有不同的层序发育特征(图 2)^[2]。

2.1 陡带(固安—旧州构造带)

该构造带西至大兴断层,东以旧州断层为界,呈北东向展布。在沙三段以近岸水下扇、扇三角洲及半深湖沉积在纵向上的叠置、平面上的交错为特征,沙二段主要为辫状河三角洲沉积体系。主要依据最大湖泛面、大套的砂砾岩体向湖盆进积冲刷面

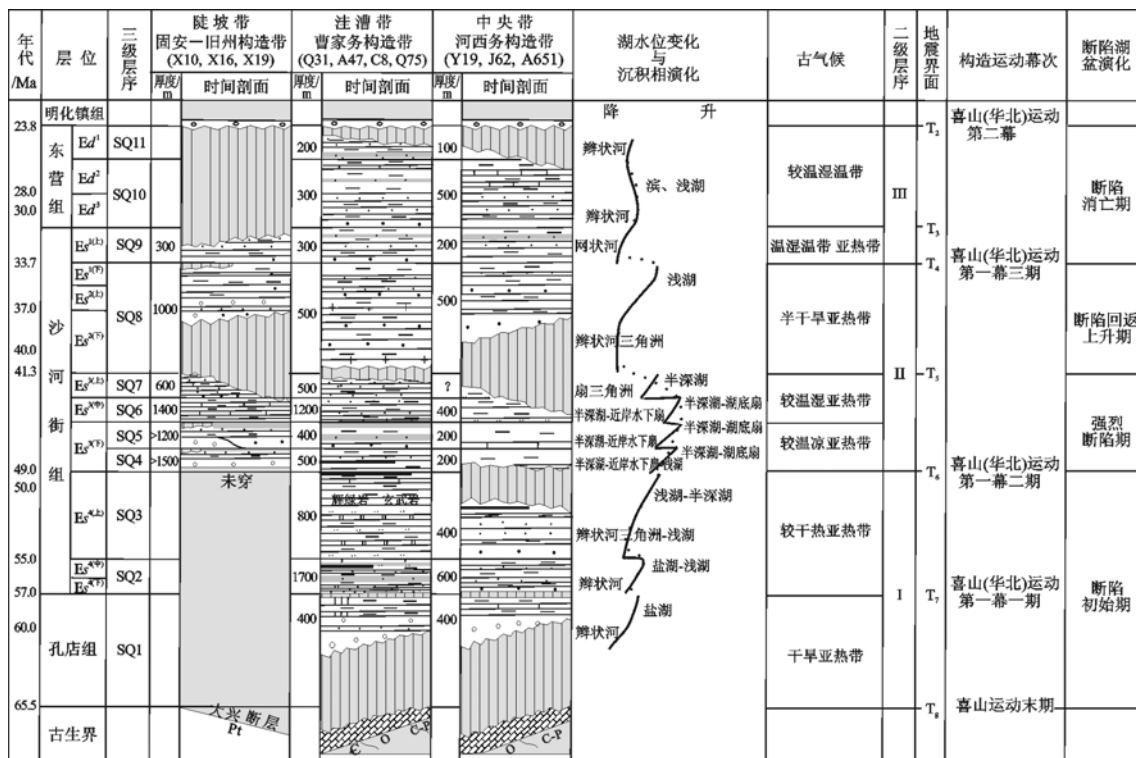


图 2 渤海湾盆地廊固凹陷古近系不同构造带层序发育特征

Fig. 2 The sequence characteristics in different structure belts in Paleogene of the Langgu Sag, the Bohai Bay Basin

及岩性组合的差异来确定层序的顶底界,高水位体系域以非补偿性饥饿沉积为特点,体系域两分性明显。

2.2 注槽带(曹家务构造带、桐南注槽带)

该带以旧州东断层为西界,河西务断裂带为东界,与西侧的固安—旧州构造带并排而行。该构造单元沉积厚度大、沉积地层保留完全、暗色泥岩厚度大,是整个廊固凹陷相对勘探程度较低的构造带。沉积体系丰富,包括湖底扇、近岸水下扇、半深湖、扇三角洲、辫状河三角洲等。在沙三段沉积时期,由于沉积物供应为远源,加之强烈构造活动造就的高可容空间,使层序的发育模式整体呈现退积特征,以不同级次的非补偿面作为层序划分的主要依据^[6]。

2.3 中央带(河西务构造带)

中央带位于廊固凹陷的东侧,地层南高北低,总体呈披复背斜状。该构造带断块复杂,呈受多条北东向断层控制的地垒状形态。早期沉积体系以辫状河三角洲、湖滩及滨浅湖组合为主;中期以半深湖及湖底扇组合为特征;晚期发育辫状河三角洲和滨浅湖组合。层序边界的识别在沙四段内以局部不整合为特征,沙四与沙三段之间由于构造运动升降,成岩作用有明显差异,沙三段顶及以上地层层序底部均见局部不整合。

3 油气藏成藏模式

3.1 陡坡带油气藏成藏模式

3.1.1 上倾尖灭型成藏模式

一种是砾岩体,即大兴断层下降盘形成的近岸水下扇砾岩体,砾岩体夹于各层序湖侵体系域和高位体系域的大套暗色泥岩中,大套暗色泥岩既是好的生油岩,也是良好的封盖层,并具有溶蚀孔洞、裂缝和孔隙 3 种储集空间,具备良好的储集性能^[7]。受后期构造反转的影响,砂砾岩由早期的下倾尖灭变为上倾尖灭,从而形成自生自储水下扇砂砾岩上倾尖灭型油藏(图 3)。

另一种是砂岩体,位于近岸水下扇扇体的前缘部分,由重力流向牵引流转化发育的砂岩、粉砂岩组合组成,与烃源岩互层,在扇体前部和两侧变细变薄,由于后期构造反转,扇体前部的砂体上倾尖灭^[8,9]。该成藏模式主要分布于柳泉一中岔口一线。

3.1.2 背斜形态的砾岩体成藏模式

大兴断层下降盘砾岩体具有短水流、近距离、快速堆积的特点,砾岩体附着于大兴断层断面上,块状砾岩厚度巨大,内部隔层不明显,地震反射杂

乱无章,块状砾岩顶面形态常呈背斜或穹窿形态,周围被泥岩或致密层所包裹而形成圈闭。包围砾岩体的生油岩可形成良好的油源层和封堵层,形成自生自储式砾岩体背斜油气藏。

3.2 注槽带油藏成藏模式

3.2.1 自生自储型岩性油气藏成藏模式

主要分布在曹家务构造带沙三段下部层序。砂体直接包裹于大套成熟烃源岩之中,具有较好的油源条件,在成藏过程及以后的保存期内,岩性圈闭始终被烃源岩所包围,受构造变动影响小,易于保存。如曹家务曹 5 井(3 100~3 200 m)发现的气藏,就是这种类型。

3.2.2 下生上储型岩性油气藏成藏模式

主要分布在曹家务构造带沙三段以上层序中。储集体以砂岩、粉砂岩互层为主。虽然这些砂体包裹于同时期暗色泥岩之中,但由于后期的抬升运动,使得浅层的泥岩未达到生烃门限深度,砂体的油源主要来自于中深部的烃源岩。通过油源断层沟通中深层的油气源,油气沿着与断层接触的砂体进行侧向运移聚集,由此形成下生上储型砂岩油藏。

3.3 中央带油藏成藏模式

3.3.1 自生自储型断块—岩性油藏成藏模式

沿河西务断层及派生断层条带状分布,以形态完整的反向断块圈闭最为富集,油藏一侧受断层封闭,另一侧受岩性变化控制。由于断层断距大,砂岩横向变化快,油气零星分布。砂岩埋藏深度大,物性差,如果后期经历大幅度的抬升,其物性则会得到改善。如别古庄油田沙四段油藏就属于这种情况,有效孔隙度达 28%,有一半左右为次生孔隙,是廊固凹陷古近系主要成藏类型。

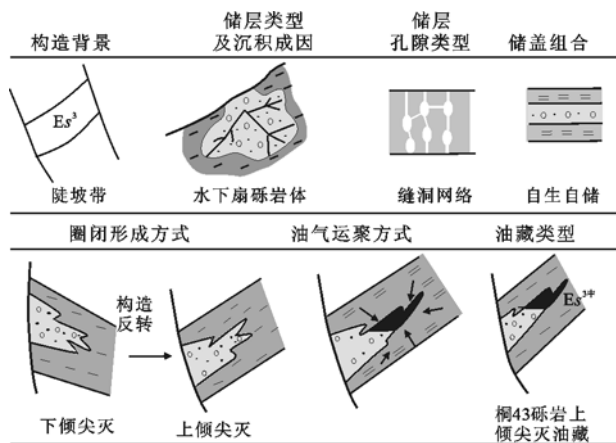


图 3 渤海湾盆地廊固凹陷陡坡带岩性油藏成藏模式

Fig. 3 The lithology pool model of steep slope belt in the Langgu Sag of the Bohai Bay Basin

3.3.2 下生上储型断块—岩性油藏成藏模式

发育层位埋藏浅,断层是油气运移的主要通道,区内杨税务断层、河西务断层等均深切到沙三、沙四段地层,形成油气向上部层序运移的良好通道。在杨税务断层两侧发现了安 63、安 316 等油藏均为此类型。该类油藏具有油层薄(单井平均小于 10 m,单层一般 3~5 m)、断块小(含油断块平均面积小于 1 km²)、含油井段长和富集程度低(多为低丰度)等特点。

4 油气富集控制因素分析

4.1 多期沉积体系的控制

多期沉积体系是油气藏形成的重要条件。在喜山多期拉张裂隙构造运动作用下,廊固凹陷西侧的大兴深大断裂强烈活动,其西侧上升盘长期隆升,东侧下降盘持续下沉,塑造出宏伟壮观的大兴凸起、强烈深陷的廊固湖盆和山高湖深的地貌景观,以及西低东高、西厚东薄的地层发育特点;形成了多旋回沉积、构造事件。沿大断裂下降盘一线,发育多期纵向叠置、横向连片的近岸水下扇、扇三角洲及湖底扇砂砾岩扇形体,扇体全部楔入湖相烃源岩之中。沙三沉积末期的区域性强烈挤压抬升构造运动作用,使本区构造发生反转,原来的负向构造转变成正向构造,形成新的圈闭,导致油气再次分配。而伸向湖盆中的砾岩体也同样发生反转,自西向东强烈翘起,形成众多的油气圈闭类型。

4.2 多期构造运动的控制

多期沉积体系是廊固凹陷油气成藏的重要条件,但在如此复杂的构造伸展区,构造对油气藏的形成和改造具有重要影响^[5,6]。构造运动对油气生成和富集部位的影响表现在 2 个方面:1)建设性。廊固凹陷在古近纪经历多期差异升降运动,形成众多由不同规模不同期次断层组成的断裂组合,不仅控制了凹陷内部二级构造带,还使构造带内部构造严重复杂化,形成以断块为主的圈闭类型。据统计,断块型油气藏占探明总量的 90%,它构成了廊固凹陷乃至冀中凹陷的最基本的油藏类型,这样高的比例与经历多期强烈构造运动密切相关,广泛形成的断层既为油气运移提供了通道,又为油气藏的形成提供了侧向封堵条件。2)破坏性。沙二—馆陶期的强烈抬升作用对廊固凹陷油气藏的形成有明显不利影响。一是使早期形成的油气藏遭到破坏,如京 20、京 42 油藏,与明化镇地层相接的沙四上段油浸砂岩(试油出水),就是油藏剥蚀后的遗迹。二是造成油气大量散失。构造研究表明,牛驼

镇凸起是在沙二段沉积后期抬升并遭受大面积强烈剥蚀,直到新近系明化镇组沉积时才接受沉积^[10];其间,沙二期和东营期是廊坊—别古庄地区的主要成油期。由于持续抬升作用,牛驼镇凸起始终成为油气运移的主要指向,这将不可避免地造成油气大量散失,也许这种后期抬升剥蚀作用正是造成廊固凹陷勘探成效低的另一主要原因。

4.3 生、储、盖配置是油气藏形成的关键

4.3.1 成油期与圈闭形成期的时间配置关系

廊固凹陷主要成油期为沙二期。从凹陷构造发育过程来看,河西务构造带形成时间最早,沙三沉积末期已具雏形,成为原油成熟后的主要运移指向。从勘探成果看,河西务构造带是廊固凹陷主要油气聚集带,探明储量占全凹陷的 48.3%,且油气多聚集在早期活动断层的上升盘。与此相对比,凹陷内的柳泉构造带是沙二—东营期抬升过程中,地层滑落挤压形成的背斜构造带,形成期与主要成油期同步或稍晚,这种时间配置关系差于前者。柳泉构造带沙三中段有着良好的储、盖组合,但勘探效益不高,其原因可能与此有关。

因此,从圈闭形成期与主要成油期的时间配置关系来看,在沙二期以前形成的各种圈闭有着有利的成藏条件。

4.3.2 生油层、储集体、圈闭的空间配置关系

生油层与圈闭:层序地层学的研究表明,廊固凹陷暗色泥岩有机碳含量及总烃含量高值区多集中在桐南生油洼槽。该洼槽近邻的河西务构造带和柳泉构造带是凹陷内主要油气聚集区,探明储量占全凹陷的 86.6%,油气分布明显受生油洼槽控制。由于凹陷内古近系断层非常发育,油气多沿开启性正断层做垂向运移,很难进行长距离侧向运移,这也是冀中拗陷油气分布的基本规律。从这种意义上讲,位于生油洼槽附近的各类圈闭具有较好的成藏条件。在垂向上,由于廊固凹陷是一个后期抬升型凹陷,各块体间抬升幅度差异较大,油层埋深从 1 200~3 400 m 不等,无明显分布规律。但从产油层位看,沙三、沙四段油藏占 85%,而廊固凹陷主要生油岩为沙三段和沙四段上部 300 m 暗色泥岩,这种油藏与油源在层位上的对比关系说明,生油岩成熟后形成的油气在做垂向运移时就进入合适的圈闭,垂向运移距离较短,从而形成沙四段自生自储和沙三段下生上储的两套成油组合。因此,沙三、沙四各类圈闭成藏条件有利,而在浅层的沙一段—东营组地层中较难形成各种油气藏。

储层与圈闭:在河西务构造带,沙四上段具有良好储集性能的湖滩砂坝和辫状河三角洲前缘砂体与早期形成的构造圈闭相配置是该带沙四上段断块油藏的主要类型。在柳泉—中岔口—曹家务一带,扇三角洲—湖底扇沉积体系形成各种岩性圈闭。由于这些砂体裹夹在厚层暗色泥岩中,在压实作用下地层水不能很快排除,从而保留了较好的孔渗性能^[11]。这种圈闭与储层的配置关系是凹陷内大多数岩性油气藏和复合型油气藏形成的重要条件。

5 勘探潜力评价

通过凹陷沉积层序、不同构造单元发育的油藏模式及控制因素分析,认为廊固凹陷不同构造带具有不同类型的油气勘探前景(图4)。

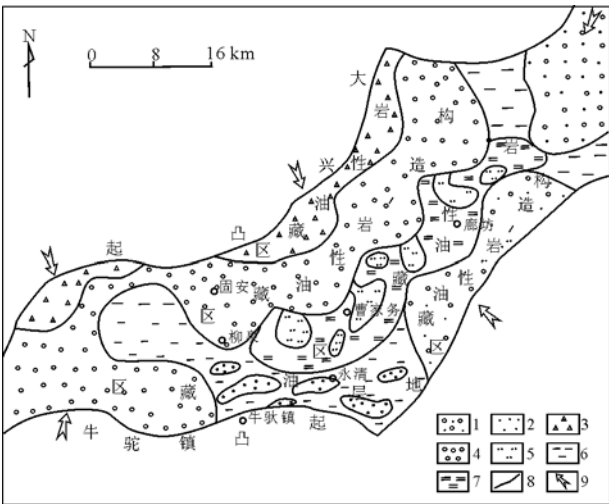


图4 渤海湾盆地廊固凹陷古近系各类油藏分布

- 1. 辫状河三角洲; 2. 滩坝; 3. 近岸水下扇扇根;
- 4. 近岸水下扇扇中、扇端; 5. 湖底扇; 6. 滨浅湖;
- 7. 较深湖; 8. 相界线; 9. 物源方向

Fig. 4 The distribution of all kinds pools in the Langgu Sag of the Bohai Bay Basin

东部河西务构造带沙四上段中南区形成滩坝砂区,沙三中、上段以西部为主要物源形成扇三角洲前缘砂体,沙二段在中北部形成河道砂体,结合构造的控制作用,是构造—岩性油气藏的主要勘探目标。

在中西部大兴断层附近,地势高差大、近物源,陆源碎屑沉积较厚、岩相粗,发育有扇三角洲和近

岸水下扇等扇状砂、砾岩体,由于东西构造反转及南抬北降的构造格局,易形成上倾尖灭为主的岩性圈闭及大型背斜构造背景的构造—岩性油气藏。

中西部与河西务构造带结合部洼槽带,沙二、沙三、沙四的多物源、多沉积体系在中西部与河西务构造带结合部广泛形成砂质滩坝、扇三角洲、辫状河三角洲及湖底扇等多种类型砂体,加之结合部东、西、南抬升,可形成众多类型的岩性圈闭。

6 结论

廊固凹陷多种类型油气藏的形成主要受控于廊固凹陷沉积—构造特征。丰富的油气资源是多种油气藏形成的物质基础,多期构造运动在构造油气藏和岩性油气藏形成过程中具有重要作用,多种沉积体系在三维空间广为分布是岩性油气藏形成的重要条件,油源、圈闭、储层的合理配置是多种类型油气藏形成的关键。

参考文献:

- 1 张文朝,崔周旗,韩春元等. 冀中拗陷早第三纪湖盆演化与油气[J]. 古地理学报, 2001, 3(1):45~54
- 2 宋荣彩,张哨楠,董树义等. 非补偿陆相断陷盆地层序地层学研究:以廊固凹陷古近系为例[J]. 地层学杂志,2007,31(3):255~260
- 3 杨明慧. 冀中拗陷北区早第三纪强烈伸展期构造及沉积响应[D]:[博士后研究报告]. 西安:西北大学,2000. 1~148
- 4 William Helland-Hansen, John-G Gjeberg. 层序地层学的理论基础及变化[J]. 国外油气勘探,1997, 9(5):548~562
- 5 冯有良,李思田,解习农. 陆相断陷盆地地层序形成动力学及层序地层模式[J]. 地学前缘,2000,7(3): 119~132
- 6 杨明慧,刘池阳,孙冬胜等. 陆相伸展盆地强伸展期沉积格架与断块翘倾分析:以冀中拗陷廊固凹陷沙河街组三段中亚段为例[J]. 地质科学,2004,39(2):178~190
- 7 宋荣彩,张哨楠,董树义等. 廊固凹陷陡坡带古近系砂砾岩体控制因素分析[J]. 成都理工大学学报(自然科学版), 2006, 33(6):587~592
- 8 付广,杨勉. 断陷盆地油气成藏模式及分布特征[J]. 石油实验地质,2001,23(4):408~423
- 9 胡海燕. 渤海湾盆地新滩油田垦东 32—33 块隐蔽油气藏研究[J]. 石油实验地质,2007,29(2):203~206
- 10 张小莉,查明,赫拴柱等. 渤海湾盆地廊固凹陷地层水化学纵向分带性与油气富集[J]. 石油实验地质,2006,28(2):187~195
- 11 阳显文. 孤北洼陷沙四段油气成藏规律分析[J]. 油气地质与采收率,2005,12(4):45~48

(编辑 徐文明)