

文章编号: 1001- 6112(2003) 04- 0353- 04

渤海湾盆地东营—沾化凹陷油气聚集的 差异性及其控制因素研究

朱光有¹, 金 强¹, 郭长春¹, 张林晔², 曲江秀¹, 张英利¹

(1. 石油大学, 山东 东营 257061; 2. 胜利油田 地质科学研究院, 山东 东营 257015)

摘要: 渤海湾盆地南北紧邻的东营凹陷和沾化凹陷二者在烃源岩组成和油气藏分布等方面存在显著的差异性。东营凹陷主力烃源岩由沙四上和沙三下组成, 油气藏主要分布在下第三系(占 91%), 以岩性、构造背斜和断块油气藏为主; 沾化凹陷源岩主要由沙三、沙一段烃源岩组成, 油气藏主要分布在上第三系(占 90%), 以潜山披覆构造油气藏为主。通过对沉降过程和断陷伸展特征的分析认为, 油气分布受断陷构造运动、沉积中心迁移及有效烃源岩的控制。

关键词: 烃源岩; 油气聚集; 构造迁移; 东营凹陷; 沾化凹陷; 渤海湾盆地

中图分类号: TE122. 1

文献标识码: A

陆相断陷盆地的油气勘探实践表明, 油气聚集与富含有机质的生烃洼陷具有十分密切的关系^[1,2]。渤海湾盆地经历了中、新生代幕式的断陷活动^[3], 形成了多个分割性强烈的生烃凹陷^[4], 造成了多沉降中心、多物源的沉积特点, 决定了各生烃单元成烃条件和油气富集程度的差异性和多样性^[5-9]。深入分析这些生烃凹陷的成烃和成藏特征并揭示其成因规律和控制因素, 有助于预测油气藏的分布规律。

1 区域地质概况

渤海湾盆地是典型的中、新生代复式断陷盆地, 是 NW—SE 区域性伸展和由郯庐断裂带平移所引起的近 NS 向拉分(走滑)两大动力系统在时空上叠加复合的结果^[10]。东营、沾化凹陷位于渤海湾盆地的东南部, 中生代湖盆规模较小, 以沼泽相、河流相及红色碎屑岩、火山碎屑岩和含煤系地层沉积为主, 几乎没有生烃潜力。进入古新世后, 研究区在区域隆起背景上拉开了断陷作用的序幕^[11], 即始新世—渐新世裂陷沉降阶段和晚第三纪整体拗陷阶段^[12]。其中裂陷为完整旋回, 包括初始裂陷幕、裂陷伸展幕和裂陷收敛幕, 在此背景下湖盆范围经历了 3 次较大规模的扩大—缩小—再扩大—再缩小的过程^[13]。

在裂陷伸展的过程中, 沿着北东向、北西向等断裂带形成了北断南超、具有半地堑结构的断陷湖盆(东营凹陷、沾化凹陷), 它们经历了由相对分散、独立的小断陷到彼此串通联合成较大断陷湖盆的演化过程。东营凹陷和沾化凹陷是胜利油田油气富集程度最高的区域^[14](二者资源量占济阳凹陷总量的 70%、探明储量占济阳凹陷总探明储量的 80% 以上), 但是二者在油气形成和分布等方面存在显著的差异性。

2 油气藏分布规律

多套含油层系、多种油气藏类型是研究区复式油气聚集和复合含油气系统的重要特征, 在渤海湾盆地也具有一定的普遍性^[15-17]:

a) 纵向上各储油层系含油性差别较大。前第三系、下第三系、上第三系探明储量百分比为: 4.4%: 64%: 31.6%^[14], 这种格局与各层系油气的生成和聚集程度具有密切的关系。下第三系湖相优质烃源岩发育, 河流—三角洲砂体和浊积岩砂体等广泛发育, 与烃源岩构成“互层式”或“包裹式”成藏组合^[18]。而上第三系的油气 95% 以上分布于沾化凹陷馆陶组厚层河流相储层, 并且与披覆构造成藏有关。

b) 油藏的类型和分布差异性大。研究区亿吨

收稿日期: 2003- 02- 07; 修订日期: 2003- 06- 04.

基金项目: 国家“十五”科技攻关项目(2001BA605A09); 国家自然科学基金资助项目(40272061).

作者简介: 朱光有(1975—), 男(汉族), 河南西峡人, 博士生, 主要从事油气地质和油气藏地球化学研究.

级大油田可以归结为以下 4 种类型,即岩性油气藏、断块油气藏、构造油气藏和潜山披覆油气藏,它们围绕生烃凹陷呈环带状分布^[19]。其中前 3 类油藏主要分布于东营凹陷下第三系(如牛庄岩性油藏、东辛断块油藏、胜坨滚动背斜油藏等),而潜山披覆油气藏则主要分布于沾化凹陷上第三系(如孤岛油田、孤东油田等)。

因此,东营凹陷探明储量以下第三系为主^[14],为 $17.4 \times 10^8 \text{t}$,占济阳拗陷总探明储量的 45.4%;沾化凹陷的探明储量则以上第三系为主,为 $10.8 \times 10^8 \text{t}$,占济阳拗陷总探明储量的 28.2%(表 1)。

3 烃源岩对油气分布的控制作用

烃源岩是油气成藏的基础^[20],在很大程度上控制了油气藏的形成和分布^[21],其发育和分布受控于构造沉降引起的可容空间和相对湖平面的变

化^[22,23]。自始新世中期开始,湖盆规模逐渐增大,形成了一套厚逾千米的以暗色泥岩和砂岩为主的沙河街组。其中深湖环境沉积的沙三段(E_s^3)、沙四段上部(简称沙四上, $E_s^{4(上)}$)和沙一段(E_s^1)的油页岩、钙质泥岩和深灰色泥岩构成了重要烃源岩^[24,25],目前发现的油气均与这 3 套烃源岩有关,但是它们在不同凹陷存在着明显的差异(表 2)。

形成于盐湖-咸水环境下的沙四上烃源岩是东营凹陷的主力烃源岩之一^[25],主要由灰褐色钙质页岩、深灰色和黑色泥岩夹薄层白云岩、泥质白云岩组成,顶部发育褐灰色油页岩;有机碳含量(TOC)大于 1% 的烃源岩厚度在 140m 左右,部分烃源岩 TOC 可达 6% 以上;干酪根类型以 iv 和 ㊟ 为主,生烃潜力较大,目前埋藏深度大部分在 3 000m 以下,接近生油高峰。而沾化凹陷沙四上沉积则发育十分局限,主要分布在渤南洼陷的深部,主要由含膏泥岩、白云质泥岩和泥质白云岩组成, TOC 多数小于 2%,

表 1 东营凹陷和沾化凹陷石油地质储量综合表

Table 1 Summary of petroleum geological reserves in the Dongying and the Zhanhua Depressions

项目名称	东营凹陷	沾化凹陷
面积/ km^2	5 850	3 610
资源量/ 10^8t	38.4	19.1
探明储量/ 10^8t	19.53	12.25
探明储量占济阳拗陷百分比/ %	49.77	31.21
主要分布层位及百分比/ %	沙河街组(45.4)	馆陶组(28.0)
主要油藏类型	岩性油藏、构造油藏、断块油藏	潜山披覆油藏、岩性油藏

表 2 东营凹陷和沾化凹陷烃源岩特征对比

Table 2 Comparison of source rock features for the Dongying and the Zhanhua Depressions

凹陷名称	东营凹陷	沾化凹陷
烃源岩分布层位	沙四上、沙三下、沙三中下	沙四上、沙三下、沙三中、沙一段
主力烃源层厚度/ m	沙四上(140); 沙三下(200)	沙三下(260); 沙三中(140); 沙一段(80)
岩性特征	沙四上	灰褐色钙质页岩、深灰色和黑色泥岩夹薄层白云岩、泥质白云岩
	沙三下	褐灰色油页岩、深灰色钙质泥岩、泥页岩
	沙三中	深灰色泥岩(发育局限)
	沙一段	有效烃源岩不发育
TOC / %	沙四上	0.6~ 8.2, 多数 > 2
	沙三下	1.5~ 19, 多数在 2~ 5 之间
	沙三中	多数在 1.5~ 2 之间
	沙一段	—
氯仿“ A ” / %	沙四上	0.3~ 0.8, 多数 > 0.6
	沙三下	0.3~ 0.6, 平均为 0.48
	沙三中	平均为 0.31
	沙一段	—
干酪根类型	沙四上	iv 和 ㊟ 为主
	沙三下	iv 和 ㊟ 为主
	沙三中	㊟ - ㊟ 为主
	沙一段	—

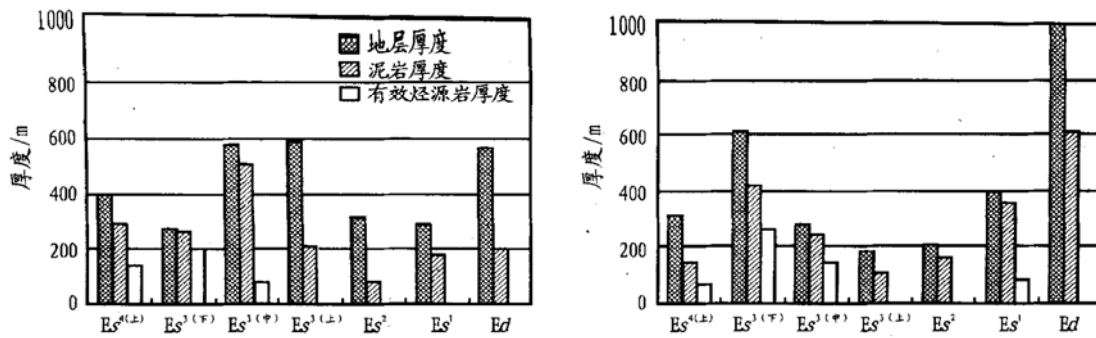


图1 东营凹陷(左)与沾化凹陷(右)地层厚度、泥岩厚度、有效烃源岩厚度对比

Fig. 1 Comparison of strata thickness mudstone thickness and effective source rock thickness between the Dongying(left) and the Zhanhua(right) Depressions

干酪根以Ⅲ型为主,有效烃源岩的厚度小于60m,生油潜力有限,目前仅在渤南洼陷周围的沙四段储层发现了该类原油^[26]。

沙三段是湖盆发育鼎盛期的沉积,覆盖整个研究区。在东营凹陷,深湖相发育在沙三段沉积早期(沙三段下部),而沙三段上部发育浅湖—三角洲沉积;油源对比表明,沙三段下部是东营凹陷的主力烃源岩^[27],而沙三段上部有效烃源岩不发育。沾化凹陷沙三段深湖相沉积持续时间较长,至沙三段末期三角洲向湖盆推进、烃源岩结束沉积;因此厚度大(400m)、分布广的油页岩、灰质油泥岩和钙质泥岩,构成了沾化凹陷最重要的烃源岩。东营—沾化凹陷沙三段优质烃源岩具有相似特征:TOC在2%~8%之间;水生生物是有机质的主要输入物质,干酪根类型为iv型和Ⅲ型; R_o 平均为0.65%。

沙一段形成于物源供给不充分的咸水—半咸水湖泊环境。东营凹陷沙一段较薄,由生物灰岩、白云质泥页岩和灰色泥岩等构成,由于埋深小于2000m,尚未达到生烃门限,为非有效烃源岩。相比之下,沾化凹陷沙一段湖水较深,形成一套分布广的油页岩、生物灰岩和钙质泥岩,厚度在200~300m左右,目前埋深在2500m左右,处于未成熟、低成熟阶段,并已形成了一定规模的低成熟原油。

可见,烃源岩的分布呈现出由南向北层位逐渐变新的特点,这与油气藏的空间分布特征相一致,反映了烃源岩对油气成藏的控制作用。

4 构造运动对油气聚集的控制作用

构造运动控制着断陷湖盆的发生、发展和充填过程^[5],对油气的生成、运移和聚集都有着重要的影响^[28,29]。东营和沾化凹陷在上述烃源岩形成和油气聚集方面的差异性表明,断陷构造活动有差异,

活动中心存在转移的迹象。

沉积厚度可以反映断陷盆地的沉降幅度。沙四段至沙二段,东营凹陷沉积厚度明显大于沾化凹陷(图1),表明东营凹陷沉降快、幅度大,同时也说明沉积中心在东营凹陷。沙一段和东营组沉积时期,上述特点发生了反转,沾化凹陷的沉积厚度和泥岩发育程度都远大于南部的东营凹陷,表明沉降中心迁移到了沾化凹陷。

从研究区中、新生代基底伸展量资料看^[30],沙二段沉积以前,东营凹陷南北向的伸展量和伸展率均大于沾化凹陷(表3),沙一段至东营期则反之,体现出构造活动由南向北发生了迁移。

断陷构造活动中心由南向北的迁移,造成了东营凹陷沉积中心及油气生成和聚集向沾化凹陷的不断迁移。这种演化特征与渤海湾盆地裂陷作用由南向北、由西向东最后集中到渤海海域的模式^[31,32]相一致。

5 结论与讨论

分别位于济阳拗陷南部和北部的东营凹陷和沾化凹陷在成烃和成藏等方面却存在较大的差异性,

表3 东营凹陷和沾化凹陷中、新生代基底伸展量统计表^[30]

Table 3 The Mesozoic-Cenozoic basement extension values of the Dongying and the Zhanhua Depressions^[30]

地质时代	东营凹陷		沾化凹陷	
	伸展量/km	伸展率/%	伸展量/km	伸展率/%
N—Q	1.0	1	0.6	2
Es ¹ —Ed	1.4	2	1.4	4
Es ³ —Es ²	6.4	11	2.2	6
Es ⁴	10.0	20	2.0	6
J ₃ —Ek	5.4	2	1.8	6
J ₁₋₂	1.8	4	1.2	4
T	-1.2	3	0.8	3

突出表现在有效烃源岩形成和油气藏分布上。东营凹陷的主力烃源岩主要由沙四段上部和沙三段下部的烃源岩组成;沾化凹陷烃源岩形成则相对较晚,主要由沙三和沙一段烃源岩组成。在油气藏类型和分布上,东营凹陷主要分布在下第三系,以岩性、构造和断块油气藏为主;沾化凹陷则主要分布在上第三系,以披覆背斜构造油气藏为主。

断陷活动和沉降速率分析表明,东营凹陷沙河街组早期断陷活动较为强烈,沉降中心也在东营凹陷;后期断陷活动向北转移,沾化凹陷断陷活动较为强烈,沉降幅度也比东营凹陷大。构造活动强度由南向北迁移还控制了二个凹陷生储盖组合的形成、演化以及油气的生成、运移、聚集和分布。

致谢: 本文受到石油大学蒋有录教授、胜利油田地质院张春荣、陈致林高级工程师的帮助,石油大学任拥军和王冠民副教授协助了岩心观察,胜利油田地质院地化室完成了大量的分析化验,在此致以深深的谢意!

参考文献:

- [1] 金 强. 关于东部油气富集盆地勘探可持续性的一些思考[J]. 油气地质与采收率, 2002, 9(1): 5- 8.
- [2] 刘兴才, 杨申镛. 济阳复式油气区大油田形成条件及分布规律[J]. 成都理工学院学报, 1998, 25(2): 276- 284.
- [3] 田在艺, 史卜庆, 罗 平, 等. 渤海湾盆地复式油气聚集带高勘探程度区进一步挖潜的领域[J]. 石油学报, 2002, 23(5): 1- 5.
- [4] 张春荣. 济阳拗陷下第三系生油洼陷[J]. 复式油气田, 1996, (3): 37- 41.
- [5] Carroll A R, Bohacs K M. Stratigraphic classification of ancient lakes: balancing tectonic and climatic controls [J]. Geology, 1999, 27(2): 99- 102.
- [6] 林畅松, 李思田, 任建业. 断陷湖盆层序地层学研究和计算机模拟[J]. 地学前缘, 1995, 2(3): 124- 132.
- [7] Derenne S, Largeau C, Brukner-Wein A. Origin of variations in organic mater abundance and composition in a lithologically homogeneous maar-type oil shale deposit[J]. Organic Geochemistry, 2000, 31: 787- 798.
- [8] 杨明慧, 刘池阳. 陆相伸展盆地的层序类型、结构和序列与充填模式[J]. 沉积学报, 20(2): 222- 227.
- [9] 朱光有, 金 强. 烃源岩的非均质性及其研究——以东营凹陷牛 38 井为例[J]. 石油学报, 2002, 23(5): 34- 39.
- [10] 何 斌. 海湾复式盆地动力学探讨[J]. 石油实验地质, 2001, 23(1): 27- 31.
- [11] 戴俊生, 陆克政, 漆家福, 等. 渤海湾盆地早第三纪构造样式的演化[J]. 石油学报, 1998, 19(4): 16- 20.
- [12] 朱光有, 金 强, 周建林, 等. 东营断陷湖盆充填模式研究[J]. 石油实验地质, 2003, 25(2): 143- 148.
- [13] 朱光有, 金 强, 周建林, 等. 东营断陷湖盆充填过程对烃源岩的控制作用研究[J]. 地质地球化学, 2003, 31(1).
- [14] 郭元岭, 赵乐强, 石红霞, 等. 济阳拗陷探明石油地质储量特点分析[J]. 石油勘探与开发, 2001, 28(3): 33- 37.
- [15] 胡见义, 徐树宝. 渤海湾盆地复式油气聚集区(带)的形成和分布[J]. 石油勘探与开发, 1986(1): 5- 9.
- [16] 赵文智, 何登发. 中国复合含油气系统的基本特征与勘探技术[J]. 石油学报, 2001, 22(1): 6- 13.
- [17] 蒋有录, 谭丽娟, 荣启宏, 等. 油气成藏系统的概念及其在东营凹陷博兴地区的应用[J]. 石油大学学报, 2002, 26(6): 12- 16.
- [18] 朱光有, 金 强, 周建林. 东营凹陷旋回式深湖相烃源岩研究[J]. 地质科学, 2003, 38(2): 254- 262.
- [19] 李丕龙. 富油断陷盆地油气环状分布与惠民凹陷勘探方向[J]. 石油实验地质, 2001, 23(2): 146- 148.
- [20] 金 强. 有效烃源岩的重要性及其研究[J]. 油气地质与采收率, 2001, 8(1): 1- 4.
- [21] 姜 亮, 王 毅, 金 强. 东海盆地丽水西凹陷含油气系统与油气勘探目标[J]. 石油实验地质, 2001, 23(4): 368- 389.
- [22] Soreghan M J, Cohen A S. Textural and compositional variability across littoral segments of lake Tanganyika: the effect of asymmetric basin structure on sedimentation in large rift lakes [J]. AAPG Bull, 1996, 80(3): 382- 409.
- [23] Bertrand P, Lallier-Verges E, Boussafir M. Enhancement of accumulation and anoxic degradation of organic matter controlled by cyclic productivity: a model [J]. Organic Geochemistry, 1993, 22: 511- 520.
- [24] 孔凡仙, 张林晔, 周 文, 等. 济阳拗陷优质烃源岩层地球化学特征及成烃潜力[J]. 复式油气田, 2000, 7(3): 13- 15.
- [25] 朱光有, 金 强. 东营凹陷两套优质烃源岩层地质地球化学特征研究[J]. 沉积学报, 2003, 21(3).
- [26] 陈建渝, 熊书权, 毕研鹏, 等. 断陷盆地中含油气系统的特征[J]. 石油学报, 2000, 21(2): 36- 41.
- [27] 朱光有, 金 强, 王 锐. 有效烃源岩的识别[J]. 石油大学学报, 2003, 27(2): 6- 10.
- [28] 吴根耀. 盆地研究的活动论构造观[J]. 石油实验地质, 1998, 20(4): 309- 318.
- [29] 史卜庆, 吴智平, 王纪祥, 等. 渤海湾盆地东营运动的特征及成因分析[J]. 石油实验地质, 1999, 21(3): 196- 200.
- [30] 宗国洪, 肖焕钦, 李常宝, 等. 济阳拗陷构造演化及其大地构造意义[J]. 高校地质学报, 1999, 5(3): 275- 282.
- [31] 王同和. 中国东部含油气盆地的构造迁移[J]. 中国科学(B辑), 1988, (12): 1314- 1322.
- [32] 陆克政, 漆家福, 戴俊生, 等. 渤海湾新生代含油气盆地构造模式[M]. 北京: 地质出版社, 1997, 190- 196.

(下转第 361 页)

EVOLUTION OF BASE-LEVEL CYCLES AND LITHOLOGIC TRAPS OF THE SHA-3 MEMBER IN THE CENTRAL SAG OF THE DONGYING DEPRESSION, THE BOHAIWAN BASIN

WANG Ju-feng^{1,2}, CAI Xi-yuan³, DENG Hong-wen¹, SU Fa-qing²

(1. China University of Geosciences, Beijing 100083, China;

2. Shengli Oilfield, SINOPEC, Dongying, Shandong 257015, China;

3. China Petroleum and Chemical Corporation, Beijing 100027, China)

Abstract: Based on study of drilling data and seismic data, the high-resolution sequence stratigraphical framework of Sha-3 member in the central sag of Dongying depression has been established. The middle member of Sha-3 can be divided into one long-term and six short-term of base level cycles. In accordance with the characteristics of the base levels and the forming mechanism of the sandbody, the lithologic traps can be divided into three types: slump turbidite trap, slope-moving turbidity fan trap and sublacustrine fan trap. The formation of traps was related to the evolution of base levels. The sublacustrine fan and slope-moving turbidity fan which consisted of the main reservoirs were formed during rising stage of the base level, and the slump turbidite was formed during the falling of base level.

Key words: the Sha-3 Member; base-level cycle; lithologic trap; the Dongying Depression; the Bohaiwan Basin

(continued from page 356)

DIFFERENCES OF HYDROCARBON ACCUMULATIONS IN THE DONGYING AND THE ZHANHUA DEPRESSIONS OF THE BOHAIWAN BASIN AND THEIR CONTROL FACTORS

ZHU Guang-you¹, JIN Qing¹, GUO Chang-chun¹,
ZHANG Li-ye², QU Jiang-xiu¹, ZHANG Ying-li¹

(1. University of Petroleum, Dongying, Shandong 257061, China;

2. Research Institute of Geosciences, Shengli Oilfield, Dongying, Shandong 257015, China)

Abstract: Closely neighbouring in the Bohaiwan Basin, the Dongying and the Zhanhua Depressions have distinct discrepancies in the composition of hydrocarbon source rocks and the distribution of oil and gas pools. The master source rocks of the Dongying Depression consist of the Upper Sha-4 and the Lower Sha-3 Members, and the oil and gas pools mainly distributed in the Eogene (accounting for 91%) are dominated by lithological, structural anticline and fault block ones. However, the source rocks of the Zhanhua Depression consist of the Sha-3 and the Sha-1 Members, and the oil and gas pools mainly distributed in the Neogene (accounting for 90%) are dominated by buried-hill draping structure ones. The analyses of subsidence processes and fault-depression extension features showed that the distribution of hydrocarbon was controlled by fault-depression tectogenesis, depocenter wandering and effective source rocks.

Key words: hydrocarbon source rock; hydrocarbon accumulation; structure wandering; the Dongying Depression; the Zhanhua Depression; the Bohaiwan Basin