

惠民-东营盆地构造特征及控油作用^{*}陈书平¹,戴俊生²,李 理²

(1. 石油大学地球科学系,北京 102200; 2. 石油大学资源系,山东东营 257062)

摘要:孔店组和沙四段在惠民、东营凹陷是重要的含油气层位,其构造演化可划分为4个阶段,即孔店-沙四期伸展半地堑充填阶段、沙二-沙三期断块强烈活动阶段、沙一-东营期断块活动复杂化阶段和晚第三纪-第四纪埋深加大阶段。与此对应孔店组-沙四段中断层的演化序列为板式→铲式→坡坪式;断陷构造样式的演变序列为旋转半地堑→滚动半地堑→复式半地堑。惠民凹陷孔店-沙四期伸展强度最大,东营凹陷沙二、沙三期伸展强度最大。受构造影响,形成沙河街组四段好的烃源岩,且惠民凹陷比东营凹陷更发育。与孔店组和沙河街组四段有关发育二个正常式生储盖组合。断层是主要的运移通道。构造圈闭主要是与断层有关的断块和断鼻。凹中隆地区和边缘斜坡地区是油气成藏的最有利部位。

关键词:惠民-东营盆地;构造;油气;关系

第一作者简介:陈书平,男,34岁,讲师(博士生),构造地质石油地质

中图分类号:P542 **文献标识码:**A

1 构造特征

惠民-东营盆地包括惠民凹陷和东营凹陷,位于渤海湾盆地济阳坳陷的南部(图1)。北以磁镇断层

1)。研究区近东西向延伸,孔店组-沙河街组四段(以下简称沙四段)厚度大分布广,含有丰富的油气资源。

1.1 断层和褶皱

本区孔店组和沙四段中发育有众多的伸展断层(图2)。这些断层的发育和演化控制着孔店组和沙四段的发育、构造变形和内部油气藏的形成。断层延伸方向以NEE向为主,其次是近EW、NE和NW方向,反映出伸展方向以NNW-SSE向为主。断层倾向具有地区性特点,东营凹陷SE倾断层不仅规模较大,而且切割层位较低,主要切割孔店组-沙四段及以上地层;惠民凹陷内NW倾断层较发育、规模较大且切割层位较深。惠民凹陷以中央构造带为界,以北主要发育SE倾断层,以南主要发育NW倾断层。

断层的形态有板式、铲式和坡坪式3种^[2],板式断层规模较小,是同沉积断层初期常有的形态,在半地堑中其控制的沉积体呈楔形,工区内规模较小的晚期断层也多呈板式;铲式断层规模较大,发育在中期如陈南断层(图2);坡坪式断层,是同沉积伸展断层晚期的产物,规模大,在其控制下常有多个沉降中心,例如惠民凹陷北部边界断层——磁镇断层(图2)。从断层的剖面组合上看,以斜列式组合在工区内普遍存在,但不同地区有不同的表现特征,东营凹陷中构造层次表现为向南倾的斜列

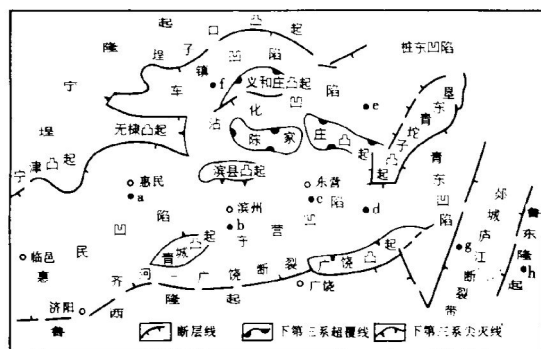


图1 惠民-东营盆地构造位置图^[1]

Fig.1 Regional tectonic localities of Huimin-Dongying Basin
a,b,c,d,e,f,g,h为构造沉降计算点,分别为惠民凹陷中部,东营凹陷西部,东营凹陷中部,东营凹陷东部,沾化凹陷中部,车镇凹陷中部,潍北凹陷中部,莱州湾凹陷中部

和陈南断层为界与埕宁隆起的宁津凸起、无棣凸起和济阳坳陷的陈家庄凸起相邻,南以齐河-广饶断裂为界与鲁西隆起相邻,向西与临清坳陷的莘县凹陷呈过渡关系,向东过青东凹陷与郯庐断裂带相邻(图

^{*} 该文为九五科技工程 970206 项目的部分成果

收稿日期:1999-06-20

式,浅构造层次则表现为向北倾的斜列式;惠民凹陷中、浅构造层的断层斜列方向一致,但以中央构造带为界,北部向南倾,南部向北倾。断层平面组合有平行式、斜列式和斜交式,东营凹陷和惠民凹陷西部主要的 NEE-SWW 向断层呈平行式组合,反映了 NNW-SEE 向的伸展活动,与郯庐断裂在

早第三纪期间的右旋走滑活动有关;斜列式组合在东营凹陷表现突出,指示了沿 NNE-SSW 方向的右旋扭动;斜交式断层在惠民凹陷表现突出,反映了沿 SWW-NEE 方向的左旋扭动。说明惠民-东营盆地早第三纪以伸展活动为主,走滑活动为辅,郯庐断裂的右旋走滑是重要的动力来源。

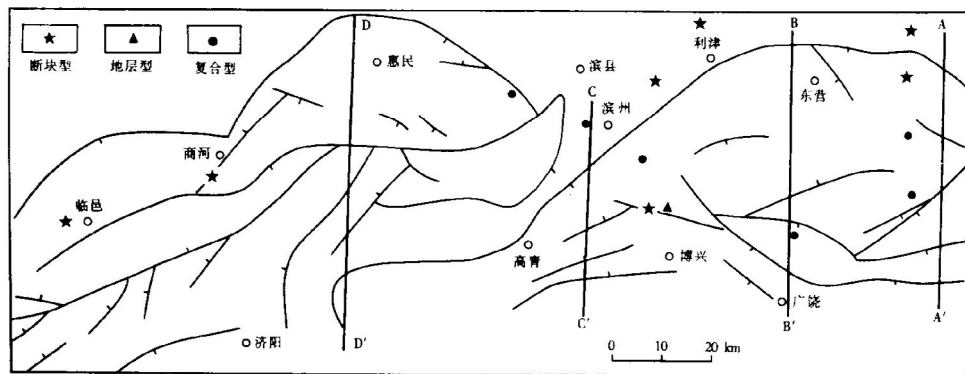


图2 惠民-东营盆地孔店组-沙四段断裂系统和油气藏分布图

Fig.2 Distribution of oil-gas pools and fault systems of Kongdian Formation and the fourth member of Shahejie Formation in Huimin-Dongying Basin

A—A', 644.5 测线; B—B', 607.9—610.2 测线; C—C', 559.1 测线; D—D', 520.1 测线

1.2 沉降规律

我们选择了 8 个具代表性的地点(图 1)编制了沉降史曲线(图 3)。可以看出:(1)早第三纪是强烈下陷期,东营晚期曾一度抬升,抬升幅度约 500 m,进入晚第三纪和第四纪再次下陷;(2)惠民

凹陷孔店-沙四期不但下降幅度大,而且下降速率快,沙三-东营期明显减弱;(3)东营凹陷在整个早第三纪均表现为下降幅度大和下降速率快的特点,而且沙三、沙二期大于孔店-沙四期,表现为由南向北的迁移规律。

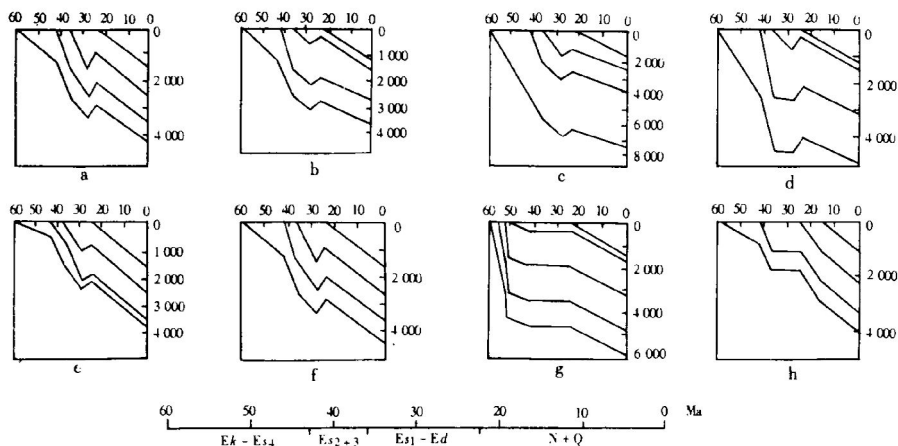


图3 惠民-东营地区沉降曲线(深度单位:m)

Fig.3 Subsidence curve in Huimin-Dongying region

1.3 伸展特征

惠民-东营盆地早第三纪是在伸展环境下发育演化的,通过 4 条地震测线(图 2)回剥计算得其伸展特征(表 1),表现为:(1)惠民凹陷南北方向伸展

量和伸展率均大于东营凹陷;(2)由西向东伸展量和伸展率逐渐减小;(3)孔店-沙四期的伸展和伸展率最大,沙二、沙三期次之,沙一-东营期更次之,作为后裂陷阶段的晚第三纪和第四纪最小。

表 1 惠民-东营盆地南北向伸展量
Table.1 N-S diredional stretch extent of Huimin-Dongying Basin

时 代	东 营 凹 陷						惠 民 凹 陷	
	644.5 测线		607.9-610.2 测线		559.1 测线		502.1 测线	
	伸展量/km	伸展率/%	伸展量/km	伸展率/%	伸展量/km	伸展率/%	伸展量/km	伸展率/%
Ek-Es ₄	5.7	10.8	4.6	17.1	6.9	16.6	16.8	44.8
Es ₂₊₃	2.7	4.6	2.4	7.6	4.5	9.3	4.4	8.1
Es ₁ +Ed	1.8	2.9	1.2	3.5	2.5	4.7	4.6	7.8
N+Q	0.3	0.48	0.1	0.28	0.1	0.18	1.4	2.2

注:伸展率=伸展量/原剖面长度

2 构造演化历史

2.1 孔店-沙四期伸展半地堑充填阶段

孔店-沙四期属于古新世晚期和始新世早中期,该时期是渤海湾盆地裂陷阶段的早期,惠民凹陷和东营凹陷均表现为伸展半地堑,其主控断层磁镇断层和陈南断层强烈活动,造成本地区强烈下陷,导致河湖相碎屑岩充填。沉降中心位于主控断层的下降盘,惠民凹陷的最大厚度大于 2 500 m,东营凹陷大于 3 500 m。该时期除两凹陷北界的主控断层外,内部也发育有一系列的断层,数量不多,但规模相对较大,东营凹陷主要为 SE 倾向,惠民凹陷主要为 NW 倾向。值得指出的是惠民凹陷的伸展量和伸展率比东营凹陷的大,理应沉降厚度大,但由于其主控断层磁镇断层的倾角比东营凹陷的主控断层陈南断层的小,构造沉降就小,因此沉积厚度小。

惠民凹陷北界的磁镇断层在孔店-沙四期的早期为板式,中晚期表现为铲式;东营凹陷北界的陈南断层在孔店-沙四期的早期为板式,中晚期已演化为铲式;埕南断层是济阳凹陷东部与埕南隆起的分界断层,主要表现为板式和铲式;工区内众多的对沉积有明显控制作用的伸展断层主要为铲式,规模较小的断层主要呈板式。这种特征一直到早第三纪末期。惠民凹陷孔店-沙四期的早期属于旋转半地堑,中晚期属于滚动半地堑,基底和沉积体的弯曲使凹陷内部产生了一系列与磁镇断层倾向相反的断层。东营凹陷在孔店-沙四期的早期属于旋转半地堑,其北部主体与南部的博兴洼陷组成半地堑系,中期及以后表现为旋转半地堑,在凹陷内部发育的断层多与陈南断层倾向相反。

2.2 沙二-沙三期断块强烈活动阶段

沙三期属于始新世晚期,沙二期属于渐新世早期,该时期是渤海湾盆地裂陷阶段的中期,伸展裂陷作用强烈,沉降中心的统一性消失,开始出现多个沉降中心。由于伸展活动和沉积体的旋转弯曲,

除先期断层继续活动外,新产生了一系列的正断层,均具有同沉积性。新产生的断裂规模通常较小,均进入孔店组和沙四段,但切穿者较少。该时期孔店组和沙四段在不均衡埋藏的背景下,受到断层强烈切割,显示出断块活动强烈的特点,现今保留的构造圈闭多数形成于该时期。

在此期间,惠民凹陷北界的磁镇断层演化为坡坪式;东营凹陷北界的陈南断层主要表现为铲式;埕南断层为坡坪式。这些断裂的活动造成城镇、沾化、东营多个沉降中心。惠民凹陷属于复式半地堑,发育多个沉降中心,主要的有靠近磁镇断层的阳信-磁镇洼陷和远离磁镇断层的临南-里则洼陷,中间隔有中央构造带,并发育有倾向相反的断层;东营凹陷为旋转半地堑,在凹陷内部发育的断层多与陈南断层倾向相反。

2.3 沙一-东营期断块活动复杂化阶段

沙一期属于渐新世中期,东营期属于渐新世晚期,该时期是渤海湾盆地裂陷阶段的晚期,伸展裂陷活动相对减弱,新产生了一系列规模较小的断层,受断层影响沉降中心多而且远离边界主控断层。孔店组和沙四段基本保持了沙二、沙三期形成的构造格局,由于新生断层的切入使断块活动更加复杂化。在此期间,惠民凹陷北界的磁镇断层,东营凹陷北界的陈南断层都表现出明显的坡坪式,具复式半地堑特征。

2.4 晚第三纪和第四纪埋深加大阶段

晚第三纪和第四纪属于渤海湾盆地的后裂陷阶段,断层活动基本停止,地壳发生均衡调节,表现为整体下陷。惠民-东营地区位于渤海湾盆地的南部边缘,下降幅度北部大南部小,这种差异对孔店组和沙四段的基本构造形态没有明显的影响。

3 构造与油气关系

3.1 对沉积的控制作用

构造控制沉积体系的形成,沉积体系则是油气

生成与赋存的基础和场所^[4]。孔店-沙四期,东营凹陷和惠民凹陷均为伸展半地堑,其主控断层陈南断层和磁镇断层强烈活动,造成本区强烈下降和下降盘的沉降中心,导致河湖相碎屑沉积,凹陷中心最大厚度可达3 500 m(东营凹陷),其中孔二段、沙四段上部为暗色泥岩,为好的生油层系。

构造作用决定了沉积的多旋回性,每个旋回随着水体的由深变浅,水进进水退,出现了不同的烃源岩-盖层的垂向组合,与孔店组-沙四段有关的生储盖组合是:孔二段的烃源岩为主要生油层,孔店组和沙四段的砂岩和碳酸盐岩为主要储集层,孔店组和沙四段的泥岩或其上的沙三段泥岩作为盖层;沙四段和沙三段中部为烃源岩,沙河街组三段上部-沙河街组二段为储层,沙河街组一段的泥岩为盖层。

洼陷中的深湖、半深湖暗色泥岩为烃源岩,以其为中心向两侧,陡坡的冲积扇、湖底扇沉积体系可作为储层,缓坡的扇三角洲也可作为储层,生储配置为包裹式。另外,深湖、半深湖中的浊积砂体与砂岩周围的湖相泥岩也可构成良好的生储盖组合。

3.2 对圈闭的控制作用

沙三期-沙二期是渤海湾盆地裂陷阶段的中期,伸展作用强烈,断块发生掀斜,是孔店组-沙四段圈闭形成的主要时期。由于强烈的伸展作用,除先期边界断层和规模较大的断层继续活动外,新产生了一系列正断层,它们均为生长断层,不但具有同沉积性而且进入了孔店组和沙四段,少量切穿了孔店组和沙四段。此期孔店组-沙四段在不均衡埋藏的背景下,受到断层强烈切割,形成大量断块圈闭,它们是主要的圈闭类型,主要位于陡坡带和中央构造带;缓坡带主要发育与不整合面有关的地层圈闭;中部洼陷的圈闭类型则以构造-岩性圈闭为主。

3.3 对油气运聚的控制作用

根据油气运移聚集规律,惠民东营凹陷的凹中隆地区和边缘斜坡带应是油气运移的优势方向。油气运移的通道有断层、不整合面等。它们都与构造运动有关,特别是那些规模大、长期活动的生长断层,如东营凹陷的陈南断层和惠民凹陷的磁镇断层等,对油气的运移起着重要的作用。但不容否定,断层并不总是起通道作用,它也起封堵作用,形成断块油气藏和与断层有关的油气藏。

油气运移的主要时期分3个阶段。早期是孔店-沙四期,此时惠民、东营凹陷中部烃源岩已成

熟^[5],主力烃源岩为孔店组二段,油气聚集在孔店组和沙四段的构造或地层圈闭中。中期为沙三-沙二期,此时沙四段、孔店组的成熟烃源岩范围扩大,部分沙三段下部烃源岩开始成熟,其中沙四段为主力烃源岩,油气主要聚集在沙四段、孔店组中。不容忽视的是,沙三段作为全盆地主力烃源岩生成的油气也可部分(18%)*运移至沙四段中,时间是上第三纪馆陶期(晚时)。油气的3个运移阶段中,中、晚期占主导地位。

3.4 油气藏类型及分布规律

东营凹陷、惠民凹陷已发现的孔店组-沙四段的油气藏共13个,包括断块型、复合型和地层型3种,以断块型和复合型为主。断块型有东营凹陷的广利油田、纯化镇油田等及惠民凹陷的临盘油田、商河油田;复合型仅见于东营凹陷,如尚店油田和王家岗油田等。

东营凹陷的油气藏多,共11个,惠民凹陷仅2个。前者已发现油气藏环凹陷边缘分布,后者仅分布在西部(图2)。东营凹陷的这种环状分布是由以下原因造成的:一是沙四期末-沙三期成熟烃源岩主要位于凹陷中心;二是早第三纪为典型的压实流盆地^[6],流体由盆地中心向四周呈“离心状”流动,水动力是油气运移的主要动力。惠民凹陷孔店组-沙四段油气藏仅在西部分布,主要是因为临邑中央断裂背斜带上的临邑大断层沙二段沉积时期强烈活动,形成断块圈闭,其南部临南洼陷有孔店组-沙四段或沙三段成熟烃源岩,处于凹中隆的近水楼台地位。

参 考 文 献

- 1 胜利油田石油地质志编写组. 中国石油地质志(卷六,胜利油田)[M]. 北京:石油工业出版社,1993.51~83
- 2 Jackson J, McKenzie D. The geomatical evolution of normal fault system [J]. J Struct Geol, 1983, 5: 471~482
- 3 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): 15~19
- 4 信荃麟, 刘泽容. 含油气盆地构造岩相分析[M]. 北京:地质出版社, 1993.3~6
- 5 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, 1997.210~231
- 6 查明. 断陷盆地油气二次运移与聚集[M]. 北京:地质出版社, 1997.1~50

* 王捷. 济阳坳陷及外围石油资源评价. 胜利石油管理局地科院(内部资料), 1985

TECTONIC FEATURES OF HUIMIN-DONGYING BASIN AND ITS CONTROL OVER OIL

Chen Shuping¹ Dai Junsheng² Li Li²

(1. *Department of Earth Sciences, Petroleum University, Beijing;*

2. *Resource Department, Petroleum University, Dongying, Shandong*)

Abstract: Kongdian Formation and the fourth member of Shahejie Formation are important oil-gas-bearing formations in Huimin-Dongying Depression. Their tectonic evolution can be divided into four stages, e. i. the filling of extensional half-graben, strong fault-block movement, the complication of fault-block movement and deep buried stages. Accordingly, the fault evolution series is plate→listic→ramp and flat patterns in Kongdian Formation and the fourth member of Shahejie Formation. The evolution series of Huimin-Dongying Depression was the rotational half-graben→rolling half-graben→complex half-graben. The fourth member of Shahejie Formation was favourable source rock due to the effect of tectonic movement, Kongdian Formation and the fourth member of Shahejie Formation developed into two sets of normal source-reservoir-cap rock assemblage. The faults in the basin are the main migration paths, and the main traps are fault-blocks and fault-noses. The uplifts in the depression and marginal slopes are the most favourable sites for oil-gas accumulation.

Key Words: Huimin-Dongying Basin; tectonics; oil-gas; relationship

(上接第 343 页)

EFFECT OF BIODEGRADATION ON CARBAZOLE COMPOUNDS IN CRUDE OILS

Zhang Chunmin¹ Zhao Hongjing² Mei Bowen¹ Chen Mei² Xiao Qianhua³ Wu Tiesheng³

(1. *Geochemical Research Centre, Jiangnan Petroleum Institute, Jingzhou, Hubei;* 2. *Fossil Fuels and Environmental Geochemistry:*

NRG, Drummond Building, University of Newcastle upon Tyne, Newcastle upon Tyne, NE1 7RU,

UK; 3. Research Institute of Exploration and Development, Liaohe Oilfields, Panjing)

Abstract: Geochemical analysis of different degrees of biodegraded crude oils show that a slight biodegradation affects little to the pyrrolic nitrogen compounds in the oils. The concentrations of carbazole, methylcarbazole and C₂-carbazole decrease with the increasing of the biodegradation for mid-degree biodegraded oils, the concentrations of pyrrolic nitrogen compounds sharply decrease in the heavily biodegraded oils. The relative concentrations of carbazole, methylcarbazole and C₂ carbazole do not show any apparent changes in the non-heavily biodegraded oils; in the heavily biodegraded oils, the concentrations of carbazole and methylcarbazole decrease, but that of the C₂-carbazole increases. As the C₂-carbazole isomers, the relative percentage contents of the pyrrolic N-H shielded, the pyrrolic N-H semi-shielded and the pyrrolic N-H-exposed carbazoles do not display any obvious variation in the non-heavily biodegraded crude oils, but that of the pyrrolic N-H-exposed carbazoles increase and that of the pyrrolic N-H semi-shielded carbazoles decrease in the heavily biodegraded oils.

Key words: crude oil; biodegradation; carbazole; benzene-carbazole; Liaohe Basin