

文章编号:1005-8907(2010)04-389-04

东营凹陷沙河街组断块油气藏成藏主控因素分析

于轶星^{1,2} 庞雄奇^{1,2} 陈冬霞^{1,2} 贺玉婷³(1.中国石油大学资源与信息学院盆地与油藏研究中心,北京 102249;2.中国石油大学教育部油气成藏机理重点实验室,北京 102249;
3.中国石油化工股份有限公司西南油气分公司勘探开发研究院,贵州 贵阳 550004)

基金项目:国家“十五”科技攻关项目“济阳坳陷隐蔽油气藏成藏研究”(2003BA615A02)

摘 要 东营凹陷断块油气藏发育广泛,沙河街组是勘探开发的重点。对东营凹陷沙河街组断块油气藏基本地质特征进行研究,分析断块油气藏成藏主控因素,从而指导油气勘探。东营凹陷沙河街组断块油气藏主要分布在中央背斜带、北部陡坡带和南部缓坡带,层位上分布在沙一段、沙二段和沙三上亚段。研究认为,东营凹陷沙河街组断块油气藏的聚集和分布受烃源岩、断层、异常压力和储层物性等因素的控制。沙四上亚段和沙三下亚段的优质烃源岩为油气成藏提供了良好的物质基础;异常压力为油气运移提供动力;断层不仅作为油气运移的通道,还控制着圈闭的形成;储层物性控制着油气藏的分布,孔隙度大于 15%,渗透率大于 $10 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ 的储层有利于油气聚集。

关键词 断块油气藏;分布特征;主控因素;沙河街组;东营凹陷

中图分类号:TE122.3

文献标志码:A

Main controlling factors about hydrocarbon accumulation in fault-block reservoir in Shahejie Formation of Dongying Sag

Yu Yixing^{1,2} Pang Xiongqi^{1,2} Chen Dongxia^{1,2} He Yuting³

(1.Basin and Reservoir Research Center, China University of Petroleum, Beijing 102249, China; 2.MOE Key Laboratory of Hydrocarbon Accumulation Mechanism, China University of Petroleum, Beijing 102249, China; 3.Research Institute of Exploration and Exploration, Southwest Oil and Gas Company, SINOPEC, Guiyang 550004, China)

Abstract: Fault-block reservoirs are extensively distributed in Dongying Depression, and Shahejie Formation is the highlight of exploration and exploitation. According to the statistical analysis of the geological features of fault-block reservoir in Shahejie Formation of Dongying Depression, main controlling factors of fault-block reservoirs are studied for oil-gas exploration. The fault-block reservoirs of Shahejie Formation in Dongying Depression are mainly distributed in the central anticlinal belt, the northern steep slope belt and the southern gentle slope belt. The reservoirs are distributed in the first member, second member and the upper part of third member of Shahejie Formation. According to this study, the distribution and accumulation of fault-block reservoirs is mainly controlled by the source rocks, faults, abnormal pressure and physical property of reservoir in Shahejie Formation of Dongying Depression. The excellent source rocks from upper Es₄ and lower Es₃ reservoirs provide the base of hydrocarbon accumulation and the abnormal pressure provides the driving force for hydrocarbon migration. The faults not only control the hydrocarbon migration, but also control the formation of trap. The reservoir distribution is controlled by the physical property of reservoir. The reservoirs, with porosity being higher than 15% and permeability being higher than $10 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$, are favorable for hydrocarbon accumulation.

Key words: fault-block hydrocarbon reservoir, distribution features, main controlling factors, Shahejie Formation, Dongying Depression.

断块油气藏在我国东部断陷盆地中广泛分布,其数量和储量在东部各大油气田中均占有较大比例。例如,济阳坳陷已经发现和投入开发的 63 个油田中有 41 个是断块油田,储量占整个坳陷的 40%^[1]。东营凹

陷是济阳坳陷中油气最富集的地区,经过 40 多年的勘探,已探明石油储量达 20×10^8 t,占胜利油区总探明储量的一半^[2]。东营凹陷在 20 世纪 60 年代和 70—90 年代进行的 2 次勘探阶段都以构造油气藏为主^[3-4],由此

引用格式:于轶星,庞雄奇,陈冬霞,等.东营凹陷沙河街组断块油气藏成藏主控因素分析[J].断块油气田,2010,17(4):389-392.

Yu Yixing, Pang Xiongqi, Chen Dongxia, et al. Main controlling factors about hydrocarbon accumulation in fault-block reservoir in Shahejie Formation of Dongying Sag[J]. Fault-Block Oil & Gas Field, 2010, 17(4): 389-392.

说明断块油气藏的重要性,其中古近系沙河街组一直是勘探开发的重点。

东营凹陷位于渤海湾盆地济阳拗陷的东南部,是一个典型的中新生代箕状凹陷,面积 5 700 km²,平面上呈“三凸两凹”的构造格局,经历过多期构造变动^[5-6]沙河街组早期,研究区处于断陷阶段,晚期由断陷转入断拗阶段,此时断层活动到达顶峰。据前人研究^[7],在东营凹陷比较可靠的 279 条断层中,沙河街期共发育 160 条。油气分布和局部聚集与各种级别、各种类型的断裂或断层都有着直接或间接的关系^[8-9]。文中研究的断块油气藏包括断层与地层产状相配合形成的断块油气藏和断层与鼻状构造相结合形成的断鼻油气藏。

1 断块油气藏分布特征

1.1 纵向上

对东营凹陷沙河街组 116 个断块油气藏进行统计分析,油气藏分布于 1 390~3 410 m 埋深范围内,并且随深度的增加,断块油气藏的数量和储量大致呈正态分布。从分布层位上来看,断块油气藏主要分布在沙二段和沙三上亚段,分别占总数的 32% 和 35%;沙一段断块油气藏也较为发育,但储量仅占总储量的 10%;断块油气藏在沙三中亚段—沙四段分布较少,仅占断块油气藏总数的 10%。

1.2 平面上

东营凹陷的断块油气藏在不同构造部位的分布上存在明显差异。断块油气藏主要集中在中央背斜带、北部陡坡带和南部缓坡带,洼陷带内断块油气藏仅占总数的 2%。油气储量上也存在同样的差异,中央背斜带占总储量的 40%,依次为北部陡坡带、南部缓坡带和洼陷带。

从沉积相带上来看,东营凹陷的断块油气藏主要发育在三角洲相。三角洲沉积相中储集了沙河街组断块油气藏近 80% 的储量,其次为浊积扇相、湖泊相和河流相,冲积扇和扇三角洲中发育断块油气藏较少。

2 油气成藏主控因素

2.1 烃源岩

东营凹陷的烃源岩主要为沙四上亚段和沙三下亚段的深灰色泥岩和褐灰色油页岩,有机质丰度大,有机质类型丰富,且烃源岩分布广、厚度大,为油气成藏提供了良好的物质基础。从东营凹陷沙河街组断块油气藏与烃源岩平面分布图上看,油气藏受烃源岩控制作用明显,大致以生油洼陷为中心呈环状分布(见图 1)。

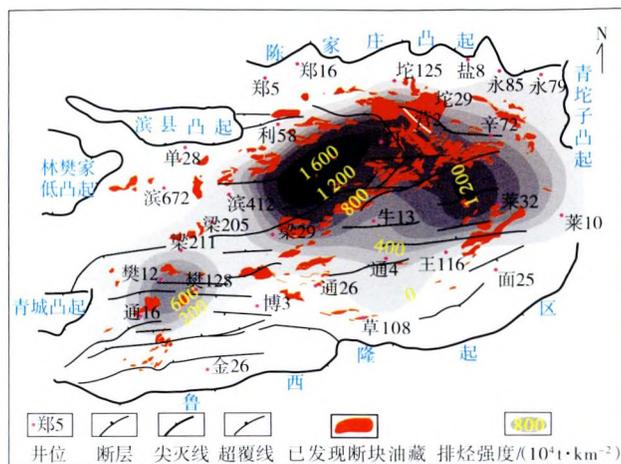


图 1 沙河街组断块油气藏与烃源岩、断层平面分布

从研究区内断块油气藏与排烃中心在平面上和垂向上的距离资料可以看出:平面上,东营凹陷大部分断块油气藏分布在距排烃中心 5~25 km,尤其是 5~20 km 内,小于 5 km 或者大于 25 km 的范围内油气藏分布较少;垂向上,东营凹陷的断块油气藏主要分布在距排烃中心 500~2 000 m,小于 500 m 或者大于 2 000 m 的范围内发育很少。那些在平面上和垂向上与排烃中心距离较远的断块油气藏,其成藏还受到断层的控制,断层直接或间接地将油气由烃源岩或储集层中运移至浅层,经过局部小断层的后期调整,再聚集成藏。

2.2 断层

东营凹陷内共有断层 1 500 多条,根据断层发生的早晚、活动规模的大小和所起的作用,前人将断裂系统划分为 4 个级次^[10-12]。

一级断层分割凹陷和凸起,控制着沉积发育、早期断生构造带及断裂阶状构造带的形成,其特点是延伸长、断距大、活动时间长、形成时间早。如东营凹陷的陈南断层,其西段 NEE 走向,延伸 38.4 km,最大落差大于 10 km,水平断距可达 23 km,多期发育,不仅分割了东营凹陷和陈家庄凸起,还控制东营凹陷的构造和沉积演化。

二级断层主要控制构造带的发育,具有产生早、延伸长、断距大、继承性强等特点。如东营凹陷的博兴断层,东西向延伸 35 km,水平断距可达 1 km,沙三中亚段活动强烈,此后活动逐渐减弱。

三级断层是划分断块区的断层,延伸一般小于 10 km,断距 200~500 m,主要分布在构造带上,对下第三系沉积有一定的控制作用,并产生一些断裂伴生构造。

四级断层在凹陷内最为发育,主要分布在各局部构造上,具有发育时间较晚、活动期短、规模较小、延伸

较短等特点。

断层对油气的运移和聚集具有明显控制作用^[13-16],主要体现在以下 2 个方面:1)断层作为油气的运移通道控制着油气的运移。东营凹陷的一、二级断层多为油源断层,即直接与烃源岩沟通的断层,是油气从烃源岩向圈闭中运移的主要通道,多数断块油气藏沿主干油源断层带状分布(见图 1)。2)断层控制着圈闭的形成,从而控制着油气的聚集。大部分三级断层和四级断层形成时间晚,断层落差小,主要分布在构造带和局部构造上,与地层产状、鼻状构造等相配合形成断块圈闭、断鼻圈闭,油气沿开启的油源断层向上部运移,在其中聚集,形成断块油气藏。

2.3 异常压力

据前人研究^[17],世界范围内发现的 180 多个发育异常高压的沉积盆地中,有 160 多个富含油气。东营凹陷内超压普遍发育,超压主要分布于沙三段中一下亚段的大套泥岩和沙四段膏盐岩段中,常压—低压系统发育于上部层段^[18-21]。对东营凹陷沙河街组断块油气藏的压力特征进行统计后发现,研究区断块油气藏压力主要为 15~30 MPa,压力系数主要为 0.9~1.2,表明断块油气藏主要为常压油气藏,分布在压力封存箱边缘或外部。沙四段的异常压力带主要分布在各洼陷处,利津洼陷处压力系数最高可达 1.8,牛庄洼陷的压力系数也可以达到 1.5,压力系数向洼陷周边逐渐降低。沙三下亚段异常压力带与沙四段有所不同,主要分布在牛庄洼陷—利津洼陷一带,压力系数一般大于 1.3,最高 1.7。沙三中亚段异常压力带位于利津洼陷西部,仅有一个超压中心,压力系数最高达 1.6,向周边压力逐渐降低(见图 2)。断块油气藏多分布在压力系数小于 1.2 的常压区,只有少量断块油气藏位于压力系数 1.3~1.4 的范围内。

异常压力为油气由高势区向低势区运移提供动力。当烃源岩内的压力超过岩石破裂压力时,油气沿微裂隙发生初次运移。深部的异常压力沿断层传导,断层作为泄压通道,深部油气沿断层向浅层运移,如东营凹陷浅层馆陶组油气藏。

2.4 储层物性

对东营凹陷沙河街组断块油气藏储层物性进行统计发现,84%的油藏孔隙度分布在 15%~30%,孔隙度大于 30%的油藏占 14%,仅有 2%的油藏孔隙度小于 15%。渗透率的分布也有类似趋势,所有已发现油气藏的渗透率均大于 $10 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$,其中渗透率为 $(100 \sim 500) \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ 的最多,占总数的 32%。随着埋藏深度

的增加,有效储层的孔隙度不断减小,其临界值一般为 3 500 m,超过此深度,储层孔隙度一般小于 2%,很难储集油气形成油气藏。

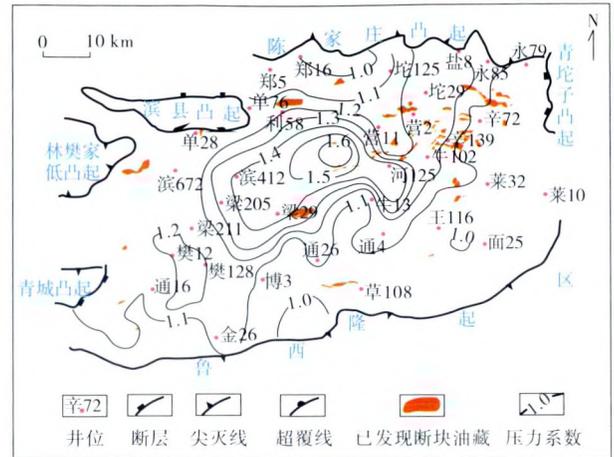


图 2 沙三中亚段地层压力系数平面分布

3 结论

1)东营凹陷沙河街组断块油气藏纵向上主要分布在沙河街组上部的沙一段、沙二段和沙三上亚段,平面构造部位上主要发育在中央背斜带、北部陡坡带和南部缓坡带,三角洲相是最主要的沉积相带。

2)控制东营凹陷沙河街组断块油气藏成藏的因素为:烃源岩是油气成藏的物质基础,油气藏围绕生油洼陷分布;断层作为油气的运移通道控制着油气的运移,还与地层及产状、鼻状构造相配合控制着圈闭的形成;异常压力为油气运移提供动力;储层物性控制着油气藏的分布,孔隙度大于 15%、渗透率大于 $10 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ 的储层有利于油气聚集。

参 考 文 献

- [1] 王平,李纪辅,李幼琼.复杂断块油田详探与开发[M].北京:石油工业出版社,1994:1-59.
Wang Ping, Li Jifu, Li Youqiong. Detailed exploration and development of complex fault block oilfield[M]. Beijing: Petroleum Industry Press, 1994:1-59.
- [2] 李丕龙,金之钧,张善文,等.济阳拗陷油气勘探现状及主要研究进展[J].石油勘探与开发,2004,30(3):1-3.
Li Pilong, Jin Zhijun, Zhang Shanwen, et al. The present research status and progress of petroleum exploration in the Jiyang Depression [J]. Petroleum Exploration and Development, 2004, 30(3):1-3.
- [3] 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,1992:100-159.
Wang Binghai, Qian Kai. Geologic research exploration practice[M]. Dongying: University of Petroleum Press, 1992:100-159.

- [4] 帅德福,潘元林,李丕龙,等.济阳拗陷油气勘探[M].北京:石油工业出版社,2004:1-92.
Shuai Defu, Pan Yuanlin, Li Pilong, et al. Petroleum exploration in the Jiyang Depression [M]. Beijing: Petroleum Industry Press, 2004: 1-92.
- [5] 谭丽娟,蒋有录.渤海湾盆地东营-惠民凹陷油气成藏模式和油气富集控制因素[J].石油实验地质,2003,25(4):366-370,374.
Tan Lijuan, Jiang Youlu. Pool-forming patterns of hydrocarbon and controlling factors of hydrocarbon enrichment in the Dongying and the Huimin Sag [J]. Petroleum Geology & Experiment, 2003, 25(4): 366-370, 374.
- [6] 陆克政,漆家福.渤海湾新生代含油气盆地构造模式[M].北京:地质出版社,1997:21-23.
Lu Kezheng, Qi Jiafu. Tectonic model of Cenozoic petroliferous basin of Bohai Bay [M]. Beijing: Geological Publishing House, 1997: 21-23.
- [7] 李春光.东营凹陷断裂系统对油气藏分布的控制[J].石油与天然气地质,1994,15(1):87-93.
Li Chunguang. Control of fault systems on oil and gas distribution in Dongying depression [J]. Oil & Gas Geology, 1994, 15(1): 87-93.
- [8] 肖焕钦,陈广军.断层在油气成藏中的作用探讨:以济阳拗陷为例[J].特种油气藏,2003,10(2):17-19.
Xiao Huanqin, Chen Guangjun. Effect of fault on reservoir forming: A case study of Jiyang Depression [J]. Special Oil and Gas Reservoirs, 2003, 10(2): 17-19.
- [9] 马晖.济阳拗陷下第三系构造特征及其对层序的控制作用[D].北京:中国科学院研究生院,2005.
Ma Hui. The characters and control of tectonics on Sequence stratigraphy of the Lower Tertiary in Jiyang Basin [D]. Beijing: Graduate School of the Chinese Academy of Sciences, 2005.
- [10] 帅德福,刘兴材,王秉海,等.中国石油地质志:胜利油田[M].北京:石油工业出版社,1993:1-260.
Shuai Defu, Liu Xingcai, Wang Binghai, et al. Petroleum geology of China: Shengli Oilfield [M]. Beijing: Petroleum Industry Press, 1993: 1-260.
- [11] 唐其升.东营凹陷断裂系统与中央构造带形成机制[D].杭州:浙江大学,2007.
Tang Qisheng. The fault system and formation mechanism of Central Structural Zone in Dongying Sag [D]. Hangzhou: Zhejiang University, 2007.
- [12] 陈书平,戴俊生,李理.惠民-东营盆地构造特征及控油作用[J].石油与天然气地质,1999,20(4):344-348.
Chen Shuping, Dai Junsheng, Li Li. Tectonic features of Huimin-Dongying basin and its control over oil [J]. Oil & Gas Geology, 1999, 20(4): 344-348.
- [13] 付广,付晓飞.断裂输导系统及其组合对油气成藏的控制作用[J].世界地质,2001,20(4):344-349.
Fu Guang, Fu Xiaofei. Controlling of fault transport system and its combination to the formation and distribution of oil or gas reservoirs [J]. World Geology, 2001, 20(4): 344-349.
- [14] 陈宝宁,白全明,周香翠,等.陆相断陷盆地断裂系统与异常压力分布特征初探:以济阳拗陷东营凹陷为例[J].石油实验地质,2005,27(6):601-605.
Chen Baoning, Bai Quanming, Zhou Xiangcui, et al. Relationship between fault system and abnormal pressure distribution in continental fault basin: a case study of the Dongying sag of Jiyang Depression of Bohai Bay Basin [J]. Petroleum Geology & Experiment, 2005, 27(6): 601-605.
- [15] 罗群,孙宏智.断裂活动与油气藏保存关系研究[J].石油实验地质,2000,22(3):225-231.
Luo Qun, Sun Hongzhi. Relationship between faulting and the preservation of oil and gas accumulation [J]. Petroleum Geology & Experiment, 2000, 22(3): 225-231.
- [16] 杨一鸣,周永炳.断层封闭性分析[J].断块油气田,2008,15(5):1-4.
Yang Yiming, Zhou Yongbing. Analysis on sealing ability of fault [J]. Fault-Block Oil & Gas Field, 2008, 15(5): 1-4.
- [17] Hunt J M. Generation and migration of petroleum from abnormally pressured fluid compartment [J]. AAPG Bull., 1990, 74: 1-12.
- [18] 陈中红,查明.断陷湖盆超压封存箱形成机理与油气成藏机制:以渤海湾盆地东营凹陷为例[J].地质科学,2008,43(1):50-64.
Chen Zhonghong, Zha Ming. Mechanism of overpressured fluid compartment and its controlling on hydrocarbon migration and accumulation in faulted lacustrine basin: A case study from the Dongying Sag, Bohai Bay Basin [J]. Chinese Journal of Geology, 2008, 43(1): 50-64.
- [19] 隋风贵.东营断陷盆地地层流体超压系统与油气运聚成藏[J].石油大学学报:自然科学版,2004,28(3):17-21.
Sui Fenggui. Effect of formation superpressure system on hydrocarbon migration and accumulation in Dongying Fault [J]. Journal of the University of Petroleum, China: Natural Science Edition, 2004, 28(3): 17-21.
- [20] 解习农,刘晓峰,胡祥云,等.超压盆地中泥岩的流体压裂与幕式排烃作用[J].地质科学情报,1998,7(4):59-63.
Xie Xinong, Liu Xiaofeng, Hu Xiangyun, et al. Hydrofracturing and associated episodic hydrocarbon expulsion of mudstones in overpressured basin [J]. Geological Science and Technology Information, 1998, 7(4): 59-63.
- [21] 邱桂强,凌云,樊洪海.东营凹陷古近系烃源岩超压特征及分布规律[J].石油勘探与开发,2003,30(3):71-75.
Qiu Guiqiang, Ling Yun, Fan Honghai. The characteristics and distribution of abnormal pressure in the Paleogene source rocks of Dongying Sag [J]. Petroleum Exploration and Development, 2003, 30(3): 71-75.

收稿日期:2010-03-01;改回日期:2010-05-14。

作者简介:于轶星,女,1980年生,在读博士研究生,2002年毕业于西北大学地质学系石油及天然气地质专业,从事油气成藏理论研究。E-mail: yuyixing1980@163.com。

(编辑 孙薇)