

文章编号: 1001-6112(2010)03-0258-04

渤海湾盆地霸县凹陷 输导体系与新近系油气运聚特征

卢学军¹, 刘 华², 王建瑞¹, 张永丰², 蓝宝锋¹

(1. 华北油田 勘探开发研究院, 河北 任丘 062552; 2. 中国石油大学 地球资源与信息学院, 山东 东营 257061)

摘要:渤海湾盆地霸县凹陷新近系油气藏主要分布在文安斜坡带的馆陶组地层中, 油藏类型为受断层控制的断鼻或断块油藏, 油藏的分布受有效输导体系控制明显。该文从油气显示特征及有效通道空间、流体性质、含氮化合物等方面研究入手, 分析了文安斜坡区油气有效输导体系及油气运聚的特征、规律, 明确了新近系油气的成藏模式。研究表明, 研究区的输导体系主要由砂体、断层、不整合等要素组成, 油气主要来自霸县洼槽沙一下亚段烃源岩, 油气沿沙一上亚段、东营组和馆陶组的砂体、断层和不整合组成的通道运移, 随运移距离的不断增加, 运移层位逐渐变新, 最终在文安斜坡带的新近系地层中成藏。

关键词:输导体系; 油气运移; 油藏; 新近系; 霸县凹陷; 渤海湾盆地

中图分类号: TE122.12

文献标识码: A

PETROLEUM MIGRATION SYSTEM AND NEOGENE PETROLEUM ACCUMULATION FEATURES IN THE BAXIAN SAG, BOHAI BAY BASIN

Lu Xuejun¹, Liu Hua², Wang Jianrui¹, Zhang Yongfeng², Lian Baofeng¹

(1. *Research Institute of Exploration and Development, PetroChina Huabei Oilfield Company, Renqiu, Hebei 062552, China*; 2. *Earth Science College, Petroleum University of China, Dongying, Shandong 257061, China*)

Abstract: Neogene reservoirs are mainly distributed in Guantao Formation of Wen'an slope, the Baxian Sag of the Bohai Bay Basin. Reservoir types are fault nose reservoirs and fault block reservoirs controlled by fault. The distribution of reservoir is clearly subjected to effective migration system. By studying oil and gas shows, effective pore space, fluid properties and nitrogen compounds, effective migration system and petroleum accumulation features in Wen'an slope area are analyzed. And accumulation models of Neogene reservoirs are established. Studies have shown, the passage system in the study area is made up of sand bodies, faults and unconformities. Oil and gas is mainly from source rocks in Es₁ subsection, then it migrates through sand bodies of upper Es₁ subsection, Dongying Formation and Guantao Formation, faults and unconformities. With the increasing migration distance, migration horizons are getting newer, in the end it gathered in Neogene strata of the Wen'an slope.

Key words: migration system; oil-gas migration; reservoir; Neogene; Baxian Sag; Bohai Bay Basin

随着油气成藏理论不断发展, 油气输导体系已经逐渐成为含油气盆地成藏研究的核心问题。近年来, 许多学者对输导体系的分类及油气输导体系对成藏的作用进行了大量研究^[1-5], 提出输导体系是控制油气运聚成藏的关键, 是确定油气成藏模式以及分析油气藏分布规律的重要切入点。笔者在油气输导体系静态要素分析的基础上, 结合地质背景, 综合运用有效通道空间系数、流体性质、含氮化合物等多种资料, 对霸县凹陷新近系油气藏的输导体系特征进行了分析, 明确了研究区新近系油气

的运聚特征, 由此为该区油气勘探工作提供一定的理论依据。

1 地质概况

霸县凹陷是冀中拗陷北部一个重要的含油气区, 其形成主要受控于西部的牛东断层, 为一北东走向, 西断东超、西深东浅的继承性断陷盆地, 表现为西部洼槽、东部斜坡的结构特征。构造上西邻牛驼镇凸起, 南与饶阳凹陷相连, 向东过渡为大城凸起, 向北则与廊固凹陷相隔和与武清凹陷相通(图 1)。

收稿日期: 2009-12-24; 修订日期: 2010-05-31。

作者简介: 卢学军(1964—), 男, 硕士, 高级工程师, 从事油气地质勘探与开发研究。E-mail: yjy_lxj@petrochina.com.cn。

基金项目: 中国石油天然气股份有限公司重点科技攻关项目(2008D-0702-04)。

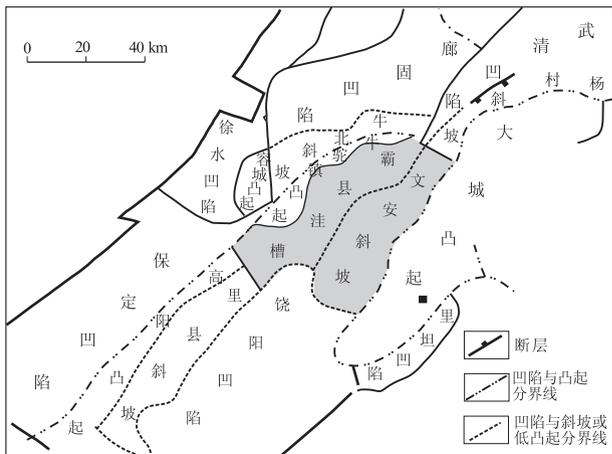


图1 渤海湾盆地霸县凹陷构造单元划分

Fig. 1 Map showing structural unit of the Baxian Sag, Bohai Bay Basin

经过半个多世纪的勘探,霸县凹陷相继发现了岔河集、高家堡、郑州、苏桥、文安、南孟、龙虎庄、顾辛庄等8个油气田,已证实了馆陶组(Ng)、东营组(Ed)、沙一段(E_{s1})、沙二段(E_{s2})、沙三段(E_{s3})、石炭一二叠系、奥陶系、寒武系以及中上元古界等多套含油层系。

霸县凹陷已发现的新近系油藏集中分布在文安斜坡中部,富集在馆陶组储层中,分布于大套泥岩层之下。油藏类型主要为构造-岩性复合油藏,构造控制作用居主导。其油质以重质稠油为主,具有高密度、高粘度、低含蜡、低含硫的两高两低特点。此外,馆陶组油藏所在地区的地层水具有较高的地层水总矿化度,以重碳酸钠型水型为主,显示出较好的油藏保存条件。

2 输导体系特征

根据油源对比结果,文安斜坡新近系原油具有它源远距离运移的特点,供烃注槽为霸县注槽,油气主要由注槽区的沙三上亚段烃源岩和少量的沙一下亚段烃源岩提供。从新近系原油的源-藏对应关系分析,新近系油气的运移纵向上主要经过了沙二、沙一和东营组的地层,横向上跨越了霸县注槽至文安斜坡的断层。因此,霸县凹陷新近系油藏的输导体系主要由源-藏之间的砂体、断层和不整合组成。

文安斜坡区沙二段、沙一上亚段和东营组的砂体较为发育,分布范围广,且厚度较大。相对而言斜坡中带厚度最大,向斜坡低部位和高部位砂体厚度逐渐减小。以沙一上亚段砂体为例,其厚度主要介于20~120 m之间,而苏桥南部地区厚度最大;

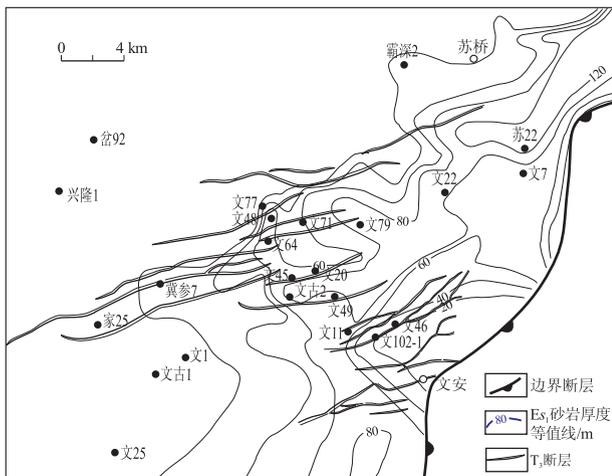


图2 渤海湾盆地霸县凹陷文安斜坡沙一上亚段砂体与断层平面分布

Fig. 2 Distribution of sand body and faults in the upper E_{s1} , Wen'an slope, Baxian Sag, Bohai Bay Basin

其次是斜坡中北部地区砂体厚度也较大,向斜坡低部位和高部位砂体厚度均逐渐减小(图2)。各组段的砂体发育具有一定的继承性。另外,从斜坡低部位到斜坡高部位砂岩百分比呈渐增趋势,说明砂体的连通性在逐渐变好。

断层在文安斜坡区也较为发育,主要呈北北东和北东向展布,文安斜坡中段见多条断层呈近平行状态分布(图2)。断层性质多以顺向和反向正断层的形式存在,顺向断层的级别和规模普遍大于反向断层。剖面上,顺向断层与反向断层相互组合,形成顺向阶梯状组合、反向阶梯状组合和垒堑间互状组合,为油气的运移提供了良好的通道。但由于研究区发育的断层级别总体较低,在成藏期活动性较弱,纵向输导油气的能力较差。

在油气运移的过程中,砂体、断层以及不整合等要素相互配合,不断变化组合关系,构成复合输导通道。对文安斜坡的新近系油藏而言,在源-藏空间对应关系中,断层和砂体的作用最为明显,其组合关系以及断层的侧向封闭性制约着油气的运移路径和聚集位置。由于断层的展布方向与砂体的减薄方向相互垂直,而砂体厚度高值区对应着断层发育区(图2),有利于油气的侧向和短距离的垂向运移;砂体和断层的阶梯样式组合,为油气沿斜坡逐级向外带运移创造了条件;而随着侧向运移距离的增加,断层活动性和级别降低,砂体的厚度也逐渐减薄,有利于油气的聚集成藏。

3 油气运聚特征

结合构造背景,在油气显示范围及级别分析的

基础上,结合有效通道空间系数、流体性质、含氮化合物等资料分析了文安斜坡区油气的运移方向和路径。

3.1 有效通道空间系数

有效通道空间系数是指油气显示段(如荧光显示、油斑、饱含油等)厚度占整个运载层厚度的百分比^[6],比值越大表明运载层的输导能力越强。通过统计不同运载层有效通道空间系数的平面分布规律,可以用来定量判断油气二次运移的优势运载层以及油气运移所达到的最大空间范围。

根据油源对比的结果,从霸县洼槽到文安斜坡外带选择 17 口井进行了有效通道空间系数的计算。研究表明,研究区有效通道空间系数存在明显的变化规律,从霸县洼槽到文安斜坡外带有效通道空间系数最大的层系越来越浅,即油气输导能力较强的层系越来越新。如斜坡内带文 48 井沙一段的有效通道空间系数为 56%,输导油气的能力最强;至斜坡中带文 11 断块,东营组的有效通道空间系数最大,显示出输导优势;而到了斜坡外带,馆陶组有效通道空间系数变大,输导能力逐渐增强(图 3)。

用该方法分析,霸县凹陷文安斜坡新近系油气的二次运移,从内带到外带,经历了沙一段、东营组、馆陶组 3 个层系,运移的层系逐渐变新,呈现阶梯状的运移模式。

3.2 油藏流体性质

对于油气藏的运移、聚集和保存来说,油气水的某些物理性质和化学组成可以提供大量有用的信息^[7-11]。文安斜坡区新近系油藏,从洼槽到斜坡外带,原油粘度升高、含蜡降低、胶质沥青质含量增加,这一物性逐渐变差的总体变化趋势间接证明了文安斜坡带新近系的原油乃是从霸县洼槽运移而来。

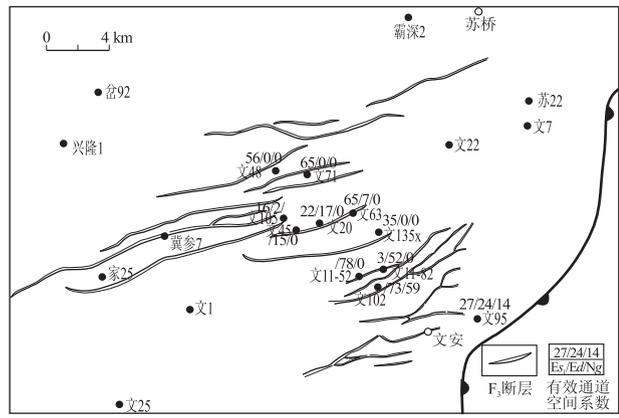


图 3 渤海湾盆地霸县凹陷文安斜坡二次运移有效通道空间系数平面分布

Fig. 3 Distribution of the space factor of effective secondary migration pathway in Wen'an slope, Baxian Sag, Bohai Bay Basin

根据地层水资料,研究区存在深层的 CaCl_2 型和浅层的 NaHCO_3 型 2 种地层水。总体上,从洼槽区到斜坡中带再到斜坡外带地层水总矿化度逐步递减(图 4),由此也表明了油气的运移应是从内带向外带方向,与有效空间系数方法分析的结果相一致。

3.3 含氮化合物

吡咯类含氮化合物具有较强的极性,部分容易被地层吸附,因此,随着油气二次运移距离的增长,原油中吡咯类的绝对丰度会降低,成为一种有效的示踪标志^[12]。

结合地质背景,选择了最有可能表征油气运移的构造剖面(图 5),对剖面方向上所钻 7 口井的原油样品进行了吡咯类含氮化合物分析。根据吡咯类含氮化合物的特点,随着油气运移距离的增加,1,8-二甲基咪唑(DMC)/1,4-DMC、1,8-DMC/1,5-

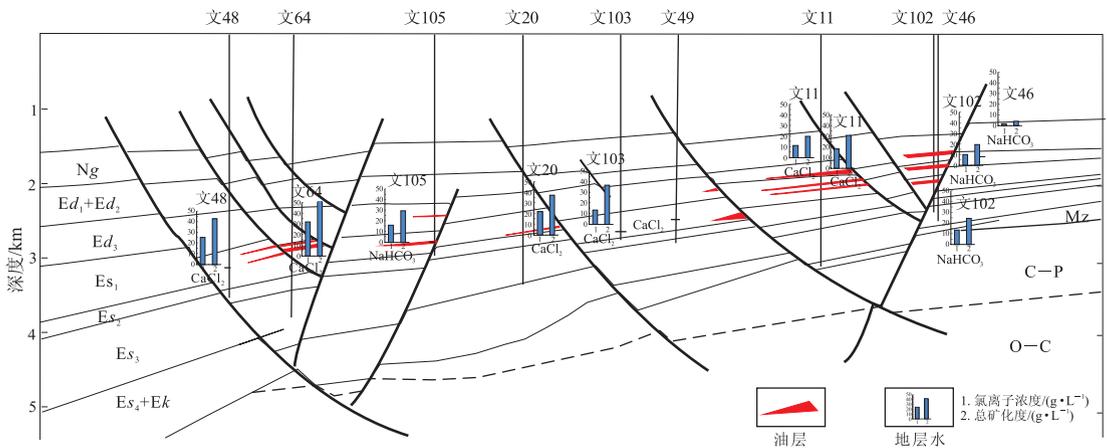


图 4 渤海湾盆地霸县凹陷文安斜坡地层水水质变化剖面

Fig. 4 Profile showing the property change of the formation water in Wen'an slope, Baxian Sag, Bohai Bay Basin

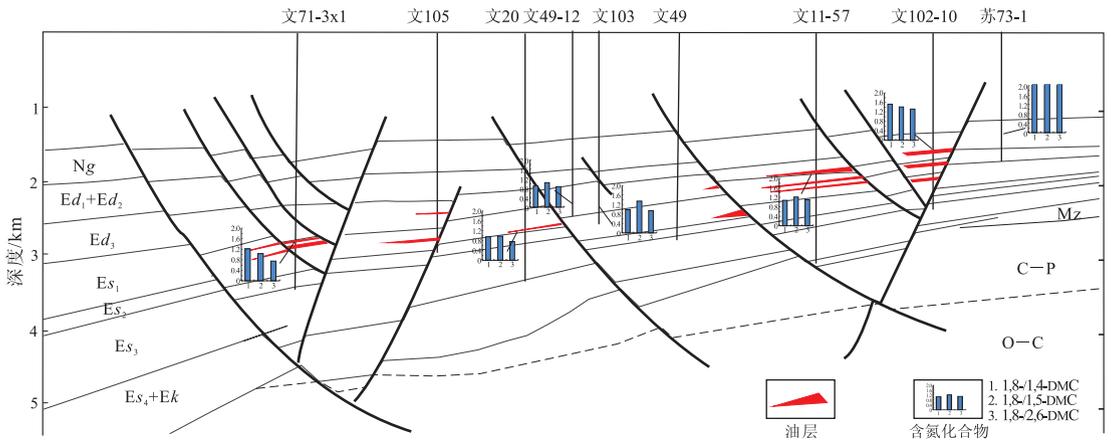


图 5 渤海湾盆地霸县凹陷文安斜坡含氮化合物指标随油气运移的变化

Fig. 5 Section showing the index change of the nitrogen compounds along with the petroleum migration in Wen'an slope, Baxian Sag, Bohai Bay Basin

DMC 和 1,8-DMC / 2,6-DMC 三项含氮化合物指标均会增大,反映油气运移的具体路径。而从图 5 中所示指标可以看出,从洼槽区到斜坡外带,各项含氮化合物的指标均呈逐渐增大趋势,指示着文安斜坡带的油气应主要沿着断层和砂体组成的阶梯式通道发生运移,在外带的新近系成藏。

综合上述分析,霸县凹陷新近系油气的有效输导体系为断层和砂体,油气以侧向运移为主。研究区新近系的原油主要来源于霸县洼槽的沙三上和沙一下烃源岩,油气首先沿着控洼的主断层向上运移,在文 64 块处以沙一段砂体作为主要运载层;随着向斜坡带的不断运移,当遇到断层时发生层系调节,在文 49 块附近以东营组储集层运移为主;最后在文 102 井区的馆陶组地层发生聚集,形成新近系油藏。

4 结论

1) 霸县凹陷新近系油气藏主要分布在文安斜坡区,属于源外远源成藏,油藏的分布受有效输导体系控制明显。

2) 研究区输导体系主要由沙一上亚段、东营和馆陶组底的砂体与断层组成;油气主要沿砂体做横向运移,受断层的不断调节,运移到馆陶组砂体成藏,运移距离较远。

参考文献:

[1] 李丕龙, 庞雄奇. 陆相断陷盆地隐蔽油气藏形成: 以济阳坳陷

为例[M]. 北京: 石油工业出版社, 2004: 11-15.

[2] 康德江. 碎屑岩中油气初次运移输导体系分类及特征[J]. 石油实验地质, 2009, 31(5): 455-461.

[3] JAMES R BOLES, PETER EICHHUBL, GRANT GARVEN, et al. Evolution of hydrocarbon migration pathway along basin-bounding faults: Evidence from fault cement[J]. AAPG Bulletin, 2004, 88(7): 947-970.

[4] 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, 14.

[5] 刘华, 蒋有录, 陈涛, 等. 陆相断陷盆地油气有效输导体系识别: 以东营凹陷中央隆起带为例[J]. 石油实验地质, 2008, 30(3): 232-235.

[6] 李明诚. 石油与天然气运移[M]. 3 版. 北京: 石油工业出版社, 2004: 130-131.

[7] 朱玉双, 王震亮, 高红, 等. 油气水物化性质与油气运移及保存[J]. 西北大学学报(自然科学版), 2000, 30(5): 415-418.

[8] 朱玉双, 王小军, 李莉, 等. 准噶尔盆地彩南油田流体性质变化特征及其意义[J]. 石油实验地质, 2009, 31(4): 329-332.

[9] 李继宏, 李荣西, 韩天佑, 等. 鄂尔多斯盆地西缘马家滩地区地层水与油气成藏关系研究[J]. 石油实验地质, 2009, 31(3): 253-257.

[10] 黄福堂, 冯子辉. 松辽盆地王府凹陷油气水地化特征与油源对比[J]. 石油勘探与开发, 1996, 23(6): 28-35.

[11] 张毅, 夏斌, 姜兰兰. 泌阳凹陷油田水化学水特征及水-岩相互作用[J]. 油气地质与采收率, 2009, 16(3): 44-47.

[12] 王铁冠, 李素梅, 张爱云, 等. 利用原油含氮化合物研究油气运移[J]. 石油大学学报(自然科学版), 2000, 24(4): 83-86.

(编辑 徐文明)