

渤海湾盆地沾化凹陷断层活动与新近系油气成藏关系

刘培¹, 蒋有录¹, 刘华¹, 熊伟², 李克成¹, 朱荣伟¹

(1. 中国石油大学(华东)地球科学与技术学院, 山东 青岛 266580;

2. 中国石化胜利油田地质科学研究院, 山东 东营 257015)

摘要:通过对沾化凹陷断层平剖面样式及其活动性、油气成藏期及新近系油气分布规律等方面的研究,探讨了断层活动与新近系油气成藏的关系。结果表明,研究区断层活动强度具有在沙三段沉积期前“西强东弱”、沙三段沉积期后“东强西弱”的特点,且北东向及近东西向断层活动时间与油气充注期匹配性好。控烃期和控运期是断层活动影响油气成藏的2个关键时期,其中控烃期断层活动为油气成藏提供良好的物质基础,控运期断层活动为油气输导提供优越的通道条件;根据控烃期和控运期断层活动速率,将研究区主要断层的控油级别分为Ⅰ级、Ⅱ级、Ⅲ级,其中Ⅰ级、Ⅱ级断层控制的披覆构造带新近系油气较为富集,断层控油级别决定新近系油气富集程度。

关键词:断层活动;油气成藏;渤海湾盆地;沾化凹陷;新近系

中图分类号:TE121.3

文献标志码:A

文章编号:1672-1926(2013)03-0541-07

引用格式:Liu Pei, Jiang Youlu, Liu Hua, *et al.* The relationship between fault-activity and hydrocarbon accumulation of Neogene in Zhanhua Depression, Bohai Bay Basin[J]. Natural Gas Geoscience, 2013, 24(3): 541-547. [刘培, 蒋有录, 刘华, 等. 渤海湾盆地沾化凹陷断层活动与新近系油气成藏关系[J]. 天然气地球科学, 2013, 24(3): 541-547.]

0 引言

在陆相断陷盆地中,断裂活动对油气成藏的影响一直是油气地质学研究的热点,断裂控烃、控运、控圈等理论都是其对油气成藏控制的综合反映^[1-3]。沾化凹陷内部断裂发育,油气资源丰富,新近系作为其主力含油层系,本身缺乏生油条件,油气主要来自古近系烃源岩,断层成为沟通“源—储”的重要纽带^[2-3]。前人^[4-7]对沾化凹陷断裂活动及成因机制等开展过相关研究工作,但是就断层活动与新近系油气成藏关系还缺乏系统研究。因此,对该问题进行探讨,不仅对研究区油气勘探具有重要的意义,同时对类似含油气凹陷的勘探也能起到一定的借鉴作用。

1 区域地质背景

沾化凹陷是渤海湾盆地重要的富油气凹陷,位于济阳凹陷东北部,面积约为2 800 km²。其西北以义和

庄凸起、埕东凸起与车镇凹陷相隔,南接陈家庄凸起,东南以垦东凸起为界,总体呈复式半地堑箕状结构,具“北断南超”、“凸凹相间”的构造格局(图1)。平面上,凹陷内部及边缘主要发育孤岛潜山带、桩西—孤北潜山披覆构造带、埕东凸起及四扣—渤南洼陷、孤南—富林洼陷、孤北洼陷等多个正向、负向构造单元^[4-6]。纵向上,沾化凹陷以古近系—新近系沉积为主,生储盖条件优越,烃源岩层主要发育在古近系沙四上亚段、沙三中下亚段及沙一段,其中沙三段为主力烃源岩层;储集层系自下而上有下古生界碳酸盐岩,上古生界、中生界碎屑岩,沙河街组三角洲、河流相砂体及馆陶组辫状河、曲流河砂体,其中馆陶组为主力产层;区域性盖层主要为沙三段油页岩、沙一段—东营组半深湖相泥岩及明化镇组泥岩^[5-7]。

2 断层组合样式

沾化凹陷断裂发育,走向主要呈北西向、北东

收稿日期:2012-08-06;修回日期:2012-09-14.

基金项目:国家油气重大专项课题(编号:2011ZX05006-003);山东省自然科学基金(编号:ZR2011DL009)联合资助.

作者简介:刘培(1986-),男,四川内江人,硕士研究生,主要从事油气成藏机理与分布规律研究. E-mail: upcliupe@126.com.

向、近东西向 3 个方向,各方向断层相互交错,具有明显的“网格化”特征。据研究,该凹陷共发育各类断层共 297 条,其中一级断层 4 条、二级断层 5 条、三级断层 23 条、四级断层 265 条^[7]。一级断层指边界断层或称控凹断层,如义东断层、埕东断层、垦东等断层;二级断层指凹陷内部主干断层或称控带断层,如义东断层、孤南断层、孤北断层、孤东断层等;三级断层以盖层断裂为主,主要为一些调节断层;四级断层则主要为一些次级小断裂。各级别断层在平面上具多种组合样式,主要有平行式(如孤北、孤南、垦利等断层组合)、斜交式(如桩西、五号桩等断层组合)、“X”字形(如孤西、孤北等断层组合)及雁列式(义南、邵家等断层组合)等样式^[7-9](图 1)。

通过对大量典型地震剖面的分析解释,结合断层切穿层位、发育规模及活动期次将沾化凹陷断层

划分为早期伸展型、长期活动继承型、晚期伸展—走滑型 3 种类型。早期伸展型断裂是发育于古近系底界及前古近系基底之间的断裂,该类断层在孔店组、沙四段沉积期零星分布于研究区,断层位移较小,对沉积有一定的控制作用,但是基本不影响盆地结构,在剖面上主要呈板状、翘倾断块等组合样式。长期活动继承型断裂向下切割前古近系基底,向上至少切穿馆陶组,该类断层一般为同沉积正断层,发育时期长,对烃源岩发育及热演化具有重要的控制作用,同时是油气纵向运移的重要通道,在剖面中呈铲状、坡坪状、板状,并且同次级断裂组成复合“Y”字形、“包心菜”形等组合样式。晚期伸展—走滑型断裂一般发育于 T₂ 地震反射界面之上,为新近纪地层内的次级断裂,影响着浅层油气的后期调整,在剖面上呈“Y”字形、花状、板状等组合样式(图 2)。

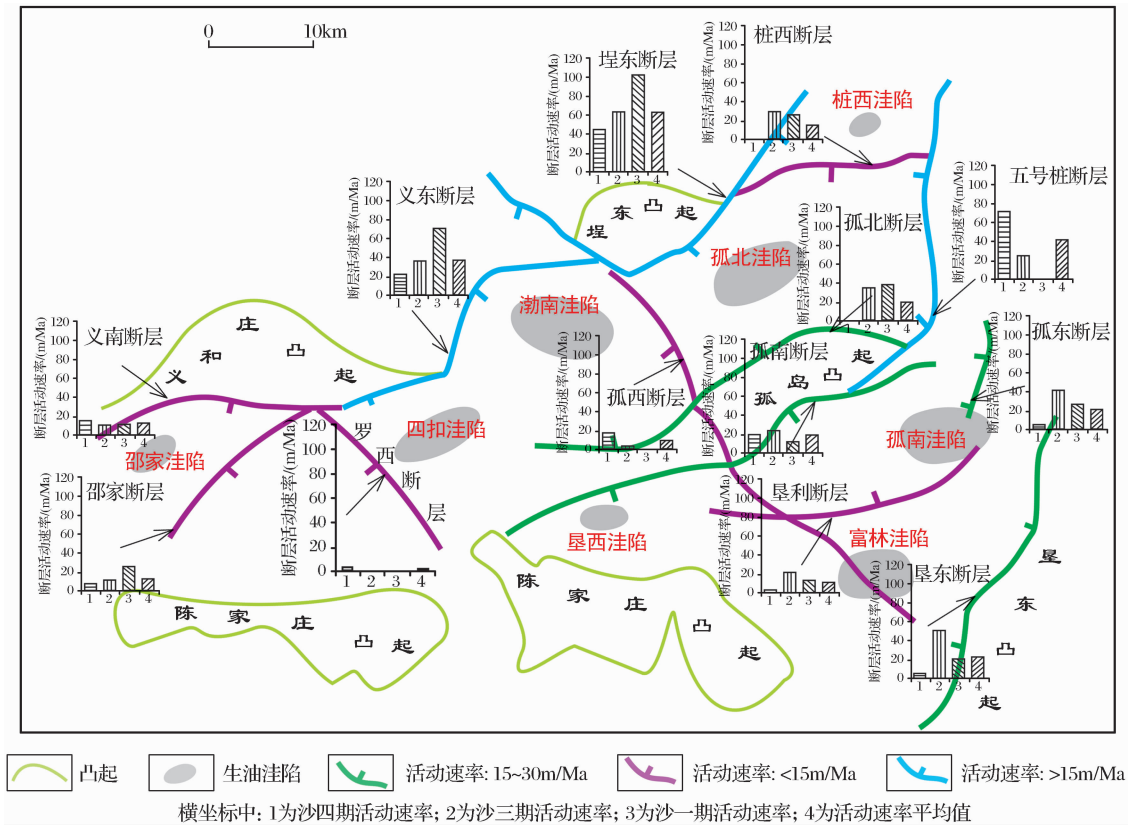


图 1 沾化凹陷主干断层展布及生烃洼陷发育特征

3 断层活动与油气成藏期

通过计算研究区不同方向多条断层活动速率发现:北西向断层孔店组沉积期活动速率最大,到沙二段沉积末期基本停止活动,具“早断早衰”的特点;北东向断层自孔店组沉积期开始活动,沙三段、沙一段沉积期达到 2 个高峰,进入新近纪断层仍具有一定

的活动性,具“继承型活动”的特点;近东西向断层自沙四段沉积期开始活动,沙三段、沙一段沉积期达到 2 个高峰,到新近纪断层活动速率减弱,具“晚断晚衰”的特点。总的来说,断层活动强度具有在沙三段沉积期前“西强东弱”、沙三段沉积期后“东强西弱”的特点,且北东向断层活动强度总体大于近东西向断层(图 3)。流体包裹体测试分析表明,研究区新

近系油气主要经历了 2 期充注:第 1 期发生于馆陶组沉积末期—明化镇组沉积早期,距今约为 7.0~3.8Ma;第 2 期发生于明化镇组沉积末期—第四纪,距今 3.2Ma 至现今^[10-13]。

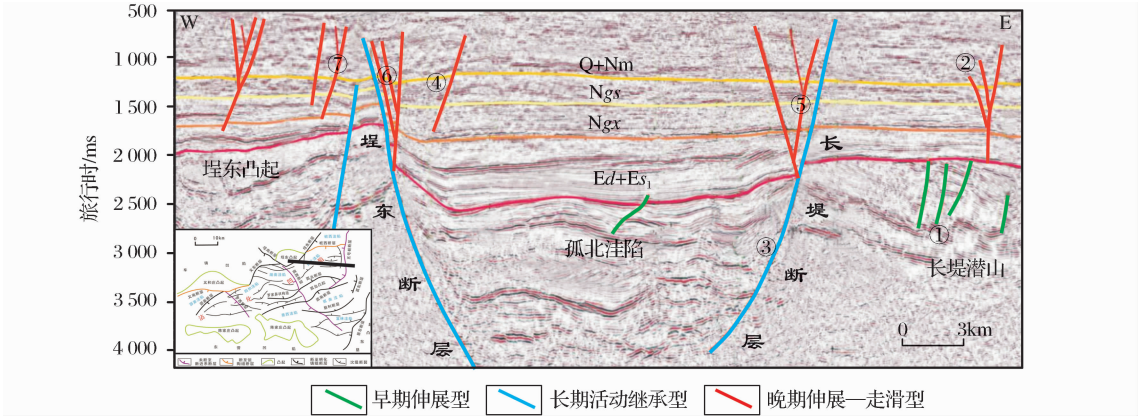


图 2 沾化凹陷断层剖面组合样式及类型划分

①为翘倾断块式;②为花状;③为铲状;④为板状;⑤为“包心菜”形;⑥为复合“Y”字形;⑦为“Y”字形

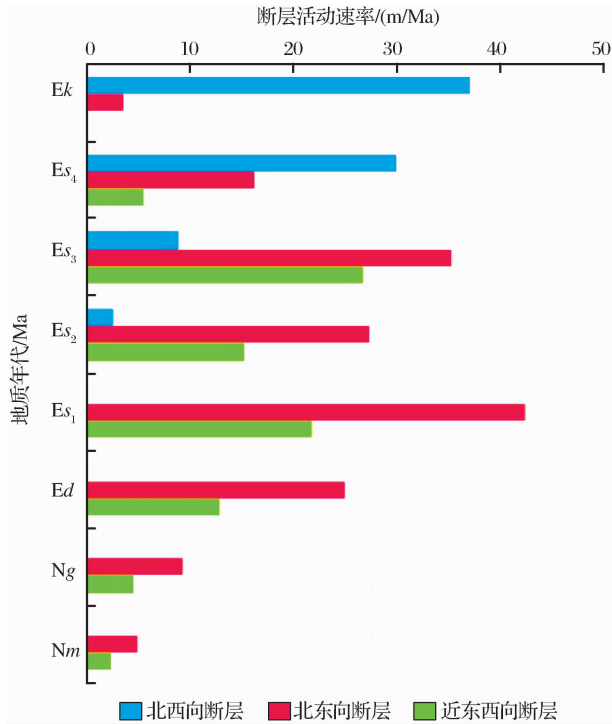


图 3 不同时期主干断层平均活动速率

综合断层活动性及新近系油气成藏期次,分析研究区主干断层活动时间与油气成藏期匹配性发现:北东向及近东西向断层活动时间与油气的充注期相匹配,二者相关性较好。从断层切割层位来看,北西向断层未断至新近系,断层不能为新近系油气运移提供通道;而北东向及近东西向断层大多断穿馆陶组,为新近系油气的运聚提供可能。从断层活动时间和强度来看,北西向断层早期活动较强,对地层的沉积较为有利,而在油气充注期基本停止活动,不利于新近系油气的运聚;北东向及近东西向断层

不仅在古近纪活动强度大,而且在油气充注期具有较强的活动性,这为新近系油气成藏提供了优越的通道条件(图 4)。

4 断层活动与油气富集关系

断层活动对油气成藏的影响,一方面体现在其对烃源岩发育的控制,另一方面体现在对油气运移的控制。以此为基础,断层活动影响油气成藏的时间可分为控烃期和控运期 2 个关键时期:控烃期是指断层控制烃源岩层系发育所对应的活动时期;控运期是指断层控制油气运移所对应的活动时期。基于沾化凹陷主要发育沙四段、沙三段及沙一段 3 套烃源岩的事实^[12-13],认为其主要控烃期为沙四段、沙三段及沙一段沉积期;根据新近系油气主要充注期为馆陶期、明化镇期的特点,认为其主要控运期为馆陶组及明化镇组沉积期。

4.1 控烃期断层活动为油气成藏提供良好的物质基础

油气藏形成的物质基础和前提是具备良好的烃源岩条件,烃源岩的发育情况首先取决于其体积^[14],即烃源岩的展布面积和沉积厚度,烃源岩的体积又受控于地层的沉积,而地层的沉积同控盆断层的活动密切相关。

沙四段、沙三段及沙一段沉积期作为沾化凹陷的主要控烃期,其断层活动则尤为重要。计算研究区主要断层控烃期的活动速率发现:沙四段沉积期,五号桩、义东、埕东等断层活动速率普遍较大,其中五号桩断层活动速率高达 70.9m/Ma,断层的剧烈活动为沉积物提供了较大的可容纳空间,因而沿大

断层走向分布了多个沉积中心,此时,研究区沉积中心位于渤南—四扣洼陷、孤北洼陷。沙三段沉积期,埕东、孤东、垦东、孤北等断层活动速率较大,普遍大于 30m/Ma;渤南—四扣洼陷、孤北洼陷由于受边界断层继承性活动的影响,盆内湖相沉积物逐渐加厚,同时,受孤东、垦东、孤南等断层的影响,在研究区南

部形成了孤南—富林沉积中心,其沉积厚度超过 800m。沙一段沉积期,部分主干断层活动性有所增强,如埕东断层活动速率高达 102. 4m/Ma,该时期基本继承了前期的沉积特征,以渤南洼陷、孤北洼陷为主要沉积中心,最大沉积厚度超过 1 200m,孤南沉积中心最大沉积厚度超过 800m(图 1)。

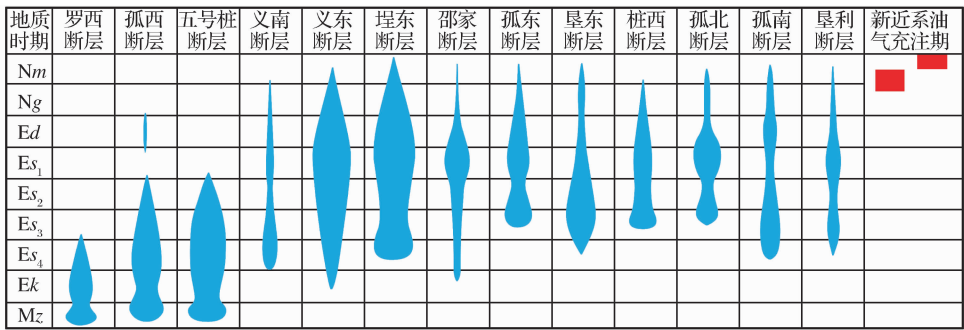


图 4 主干断层活动期与油气充注期匹配图

从控烃期断层活动速率平均值来看,活动速率大于 30m/Ma 与介于 15~30m/Ma 之间的断层共同控制的生烃洼陷为研究区主沉积中心(渤南洼陷、孤北洼陷),有利于形成优质的烃源岩;活动速率介于 15~30m/Ma 之间与小于 15m/Ma 的断层共同控制的生烃洼陷,其地层沉积厚度及展布范围较大(孤南—富林洼陷),较有利于形成优质烃源岩;而活动速率小于 15m/Ma 的断层控制的生烃洼陷,其地层沉积厚度及展布范围较小(邵家洼陷),一般不利于形成好的烃源岩。

4.2 控运期断层活动为油气输导提供优越的通道条件

沾化凹陷新近系缺乏生油条件,油气主要来源于古近系沙河街组烃源层系,烃源层与储集层分离,形成“下生上储”组合,这决定着断层是沟通古近系烃源岩与新近系储集层的重要通道^[15-16],断层的活动与开启是油气运聚的关键。当断层活动时,其在垂向上具有开启性,断裂带可作为油气运移的通道;当断层停止活动时,尤其当断面压力大或出现泥岩涂抹等现象时,断层处于封闭状态,阻碍油气运移。当然,静止断层的断面压力小或断裂带以砂砾岩为主时,断层在垂向上仍具有一定的开启性,可输导油气^[17-18]。但是,就东部断陷盆地而言,深部烃源岩与浅层圈闭之间长距离的断层通道中,连续出现砂砾岩的可能性非常小,一般是局部砂体与断层匹配,以“中转站”模式输导油气^[19],而这种模式的关键还在于断层的晚期活动,因此断层的活动强度直接影响其输导能力(图 5)。

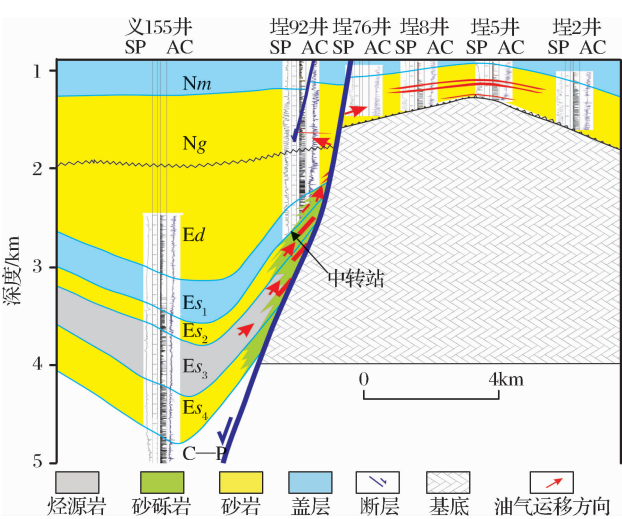


图 5 沾化凹陷埕东油田“中转站”输导模式

研究区控运期(馆陶组、明化镇组沉积期)主要断层活动速率的计算结果表明:馆陶组沉积期断层活动速率总体强于明化镇组沉积期,其中前者平均活动速率为 5. 6m/Ma,后者为 2. 9m/Ma;北东向断层控运期活动速率明显大于近东西向及北西向断层,其中,北东向断层控运期平均活动速率介于 6~18m/Ma 之间,近东西向断层介于 2~8m/Ma 之间,北西向断层基本停止活动。这体现了研究区断层在时空上活动的不均一性,同时也决定了断层输导能力在时空上的差异性。具体来说,在时间上,馆陶组沉积期断层纵向输导能力明显大于明化镇组沉积期;在空间上,北东向断层及近东西向断层对新近系油气藏具有较强的输导能力,而北西向断层基本不具有纵向输导油气的能力(图 6)。

4.3 断层控油级别决定新近系油气富集程度

综合考虑沾化凹陷断层控烃期和控运期的活动速率,研究区主要断层的控油级别大致分为3级(表1):Ⅰ级断层控烃期平均活动速率大于30m/Ma,控运期平均活动速率大于8m/Ma,即控烃期、控运期断层活动速率大;Ⅱ级断层控烃期平均活动速率为15~30m/Ma,控运期平均活动速率为4~8m/Ma,即控烃期、控运期断层活动速率中等;Ⅲ级断层控烃期平均

活动速率小于15m/Ma,控运期平均活动速率小于4m/Ma或控烃期断层活动速率变化大,控运期断层基本停止活动,即控烃期断层活动速率变化范围大、控运期断层活动速率小。各级断层在研究区的发育规模和展布范围具有一定的规律性:Ⅰ级断层一般为控凹断层,分布于凹陷的边缘;Ⅱ级断层主要为控带断层,分布于凹陷内部或边缘的披覆构造带;Ⅲ级断层主要为控带或调节断层,在凹陷各区带均有分布。

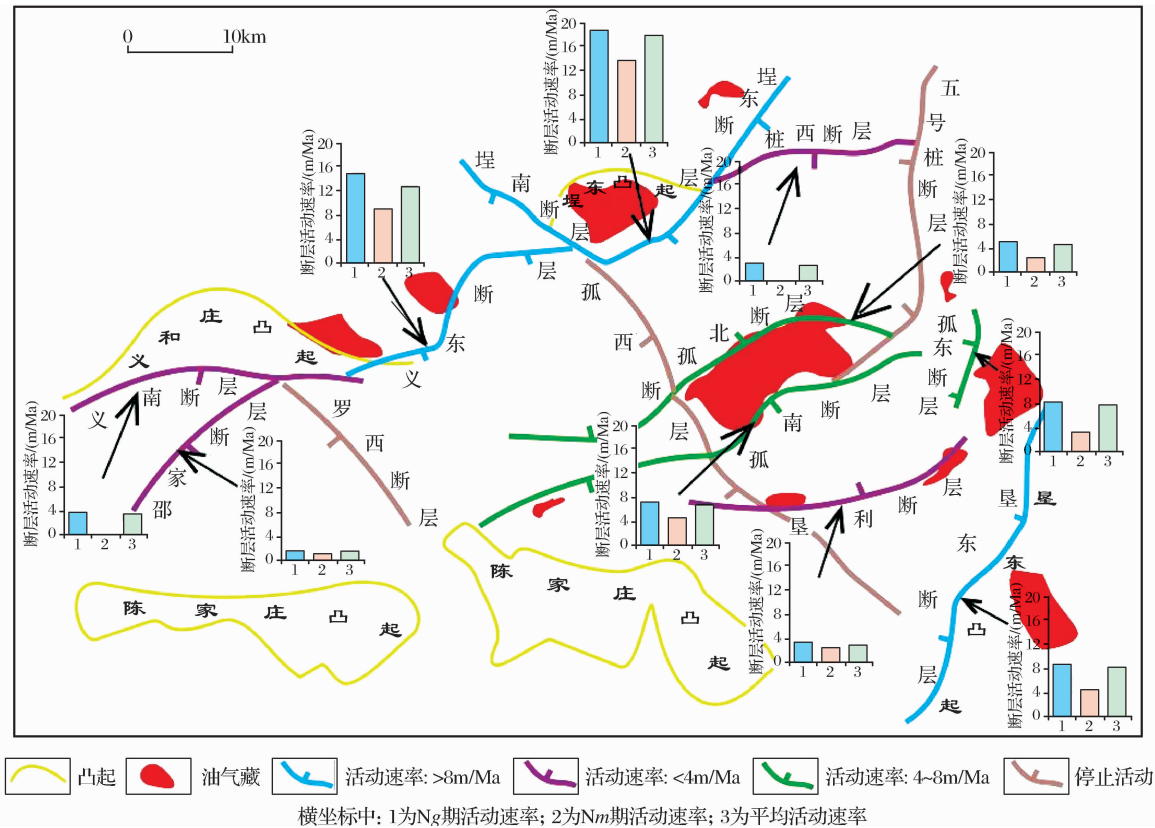


图6 沾化凹陷控运期断层活动与新近系油气藏分布关系

表1 沾化凹陷主干断裂控油级别划分

断层	走向	控烃期断层活动速率				控运期断层活动速率			控油级别
		Es ₄	Es ₃	Es ₁	平均值	Ng	Nm	平均值	
罗西断层	北西向	2.7	0.0	0.0	1.3	0.0	0.0	0.0	Ⅲ
孤西断层	北西向	16.5	2.7	0.0	8.6	0.0	0.0	0.0	Ⅲ
五号桩断层	北西向	70.9	24.0	0.0	41.0	0.0	0.0	0.0	Ⅲ
义南断层	北东向	14.7	10.4	10.9	12.5	3.8	0.0	3.3	Ⅲ
义东断层	北东向	21.8	35.6	70.2	36.5	15.2	9.0	14.3	Ⅰ
埕东断层	北东向	44.6	63.1	102.4	62.8	18.0	12.3	17.2	Ⅰ
邵家断层	北东向	7.3	10.9	25.7	12.4	1.7	0.9	1.6	Ⅲ
孤东断层	北东向	4.5	41.0	26.0	20.6	8.0	3.0	7.3	Ⅱ
垦东断层	北东向	5.0	50.6	20.1	22.6	9.0	4.0	8.3	Ⅱ
桩西断层	近东西向	0.0	28.6	25.0	14.3	2.8	0.0	2.4	Ⅲ
孤北断层	近东西向	0.0	34.2	37.5	18.8	4.6	2.1	4.3	Ⅱ
孤南断层	近东西向	19.0	23.0	11.6	18.7	7.1	4.5	6.7	Ⅱ
垦利断层	近东西向	2.8	21.5	13.1	10.9	3.0	2.3	2.9	Ⅲ

沾化凹陷新近系油气平面上主要分布于披覆构造带上(如埕东凸起、孤岛凸起、垦东凸起等);纵向上主要富集于馆陶组,以馆上段最多。根据主干断层与新近系油气藏平面分布特征可以看出(图6),新近系油气主要沿大断层分布,而断层控油级别不同,油气的富集程度不同。Ⅰ级断层、Ⅱ级断层控制的披覆构造带新近系油气较为富集,如埕东断层控制的埕东油田、义东断层控制的太平油田为典型的新近系油田,其储量均超过 $5\,000 \times 10^4 \text{ t}^{[13]}$,而孤北断层、孤南断层共同控制的孤岛油田为少有的亿吨级新近系大油田。需要指出的是,在控烃期,五号桩断层活动强度大,对形成好的烃源岩有利,但在成藏期该断层基本停止活动,不利于油气纵向输导。勘探实践表明,受五号桩断层的控制,五号桩洼陷烃源岩发育,资源量较大,油气平面上主要分布在五号桩断层一侧的东次洼,纵向上主要在古近系沙三下亚段富集,而新近系基本不含油气。由此看来,五号桩断层控运期封闭性强,输导能力弱,油气只能近源成藏,离烃源岩较远的新近系难以成藏。在控运期,埕东断层和义东断层活动速率极大,平均值分别为 17.2 m/Ma 和 14.3 m/Ma ,远大于孤北断层、孤南断层,但埕东油田、太平油田的油气富集程度远不如孤岛油田,由此可知,并非断层活动强度越大对新近系油气富集越有利,实际上断层活动速率适中的Ⅱ级断层附近的圈闭中新近系油气最为富集,这主要是由于剧烈活动的断层,在有效输导油气的同时,对已形成油气藏的破坏也是不言而喻的。

5 结论

(1)沾化凹陷断裂发育,走向呈北西、北东及近东西向3个优势方向,平面上主要有平行式、斜交式、“X”字形及雁列式等组合形式;断层可划分为早期伸展型、长期活动继承型、晚期伸展—走滑型3种类型,剖面上主要呈铲状、坡坪状、板状、花状、“Y”字形、复合“Y”字形、“包心菜”形等组合样式。

(2)沾化凹陷断层活动强度具有在沙三段沉积期前“西强东弱”、沙三段沉积期后“东强西弱”的特点,且北东向断层活动强度总体大于近东西向断层;新近系油气成藏主要经历了馆陶组沉积末期—明化镇组沉积早期及明化镇组沉积末期—第四纪2期充注;北东向及近东西向断层活动期同油气的充注期相匹配,二者相关性较好。

(3)断层控制油气成藏的活动期分为控烃期和控运期2个关键时期,其中控烃期断层活动为油气

成藏提供良好的物质基础,控运期断层活动为油气输导提供优越的通道条件;综合考虑控烃期和控运期断层活动速率,将主要断层的控油级别分为Ⅰ级、Ⅱ级、Ⅲ级,其中Ⅰ级、Ⅱ级断层控制的披覆构造带新近系油气较为富集,断层控油级别决定新近系油气富集程度。

参考文献(References):

- [1] Luo Qun. Concept, principle, model and significance of the fault controlling hydrocarbon theory[J]. *Petroleum Exploration and Development*, 2010, 31(6): 316-324. [罗群. 断裂控烃理论的概念、原理、模式与意义[J]. 石油勘探与开发, 2010, 31(6): 316-324.]
- [2] Zhou Xinhui, Niu Chengming, Teng Changyu. Relationship between faulting and hydrocarbon pooling during the Neotectonic movement around the central Bohai Bay[J]. *Oil & Gas Geology*, 2009, 30(4): 469-482. [周心怀, 牛成民, 滕长宇. 环渤海地区新构造运动期断裂活动与油气成藏关系[J]. 石油与天然气地质, 2009, 30(4): 469-482.]
- [3] Chi Yingliu, Yang Chiyan, Zhou Jiansheng. Cenozoic faulting and its influence on the formation of petroleum systems in Bohai Bay Basin[J]. *Petroleum Explorationist*, 2000, 5(3): 41-48. [池英柳, 杨池银, 周建生. 渤海湾盆地新生代断裂活动与含油气系统形成[J]. 勘探家, 2000, 5(3): 41-48.]
- [4] Zhang Shanwen, Zeng Jianhui. An experiment study on influence of fault on petroleum migration and accumulation in Guantao Formation, Zhanhua Depression[J]. *Earth Science*, 2003, 28(2): 185-190. [张善文, 曾建辉. 断层对沾化凹陷馆陶组石油运移和聚集影响的模拟实验研究[J]. 地球科学, 2003, 28(2): 185-190.]
- [5] Wu Zhiping, Li Wei, Zheng Deshun, et al. Analysis on features and origins of the Mesozoic and Cenozoic faults in Zhanhua Sag[J]. *Geological Journal of China Universities*, 2004, 10(3): 405-415. [吴智平, 李伟, 郑德顺, 等. 沾化凹陷中、新生代断裂发育及其形成机制分析[J]. 高校地质学报, 2004, 10(3): 405-415.]
- [6] Peng Cuncang. Analysis of fault activity and structural type in Zhanhua Depression[J]. *Petroleum Geology and Recovery Efficiency*, 2009, 16(5): 37-39. [彭存仓. 沾化凹陷断层活动性及其叠合特征[J]. 油气地质与采收率, 2009, 16(5): 37-39.]
- [7] Zhang Fanqin, Wang Weifeng, Dai Junsheng. Fault activities and their controls on the development lithologic sequences in Zhanhua Sag[J]. *Oil & Gas Geology*, 2003, 24(3): 253-258. [张凡芹, 王伟锋, 戴俊生. 沾化凹陷断层活动性及其对层序发育的控制作用[J]. 石油与天然气地质, 2003, 24(3): 253-258.]
- [8] Wang Shihu, Xia Bin, Chen Genwen, et al. Characteristics of Jiyang Depression and mechanism of basin formation[J]. *Geotectonica et Metallogenia*, 2004, 28(4): 428-434. [王世虎, 夏斌, 陈根文, 等. 济阳凹陷构造特征及形成机制讨论[J]. 大地构造与成矿学, 2004, 28(4): 428-434.]
- [9] Cai Youxing. Characteristics of fault developed in Jiyang sag

- and its control over hydrocarbon migration and accumulation [J]. *Natural Gas Geoscience*, 2008, 19(1): 56-61. [蔡佑星. 济阳凹陷断裂发育特征及其对油气成藏的控制作用[J]. 天然气地球科学, 2008, 19(1): 56-61.]
- [10] Wang Zhong. Oil sources in multi-directions and accumulation analysis in Guantao Formation of Gudao Oilfield in Zhanhua Sag[J]. *Natural Gas Geoscience*, 2011, 22(3): 399-405. [王忠. 孤岛油田馆陶组含油层系多源供烃判识及成藏分析[J]. 天然气地球科学, 2011, 22(3): 399-405.]
- [11] Zhu Guangyou, Jin Qiang, Gao Zhiwei, *et al.* Multiplex hydrocarbon-generation system and its controlling on reservoir formation in Zhanhua Depression[J]. *Marine geology & Quaternary Geology*, 2004, 24(1): 105-110. [朱光有, 金强, 高志卫, 等. 沾化凹陷复式生烃系统及其对油气成藏的控制作用[J]. 海洋地质与第四纪地质, 2004, 24(1): 105-110.]
- [12] Zhang Zhihuan, Zeng Yantao, Zhang Xuejun, *et al.* The geochemistry characteristics and accumulation-history of crude oil in the Bonan Sub-sag of the Zhanhua Sag, the Bohaiwan Basin[J]. *Petroleum Geology & Experiment*, 2006, 28(1): 54-58. [张枝焕, 曾艳涛, 张学军, 等. 渤海湾盆地沾化凹陷渤南洼陷原油地球化学特征及成藏期分析[J]. 石油实验地质, 2006, 28(1): 54-58.]
- [13] Tan Shaoquan. Hydrocarbon accumulation sequence of Neogene reservoir[J]. *Petroleum Geology and Recovery Efficiency*, 2010, 17(2): 42-44. [谭绍泉. 义和庄凸起东部新近系油藏油气成藏期次[J]. 油气地质与采收率, 2010, 17(2): 42-44.]
- [14] Jiang Youlu, Zha Ming. Oil and Gas Geologic and Exploration [M]. Beijing: Petroleum Industry Press, 2006. [蒋有录, 查明. 石油天然气地质与勘探[M]. 北京: 石油工业出版社, 2006.]
- [15] Jiang Youlu, Lu Hao, Liu Hua, *et al.* Enrichment characteristics and major controlling factors of hydrocarbons in the Neogene of Raoyang Depression, Bohai Bay Basin[J]. *Acta Petrolei Sinica*, 2011, 32(5): 791-796. [蒋有录, 卢浩, 刘华, 等. 渤海湾盆地饶阳凹陷新近系油气富集特点与主控因素[J]. 石油学报, 2011, 32(5): 791-796.]
- [16] Liu Hua, Jiang Youlu, Xu Haoqing, *et al.* Accumulation mechanisms and modes of Neogene hydrocarbons in Jizhong Depression[J]. *Acta Petrolei Sinica*, 2011, 32(6): 928-935. [刘华, 蒋有录, 徐昊清, 等. 冀中坳陷新近系油气成藏机理与成藏模式[J]. 石油学报, 2011, 32(6): 928-935.]
- [17] Liu Yukui, Hu Jianfeng, Zheng Duoming, *et al.* The roles of faults in formation and preservation of oil gas pool in Yingjisu Depression, Meso-Cenozoic Basin [J]. *Natural Gas Geoscience*, 2004, 15(1): 87-90. [刘玉魁, 胡剑风, 郑多明, 等. 塔里木盆地英吉苏凹陷断层对油气藏的控制作用[J]. 天然气地球科学, 2004, 15(1): 87-90.]
- [18] Qin Yulu, Zhang Xiaobao. Influence of tectonic activity on reservoir formation in Bozhong34 block[J]. *Natural Gas Geoscience*, 2012, 23(1): 60-65. [覃雨璐, 张晓宝. 构造活动对渤中 34 区块油气成藏的影响[J]. 天然气地球科学, 2012, 23(1): 60-65.]
- [19] Deng Yunhua. Practical effect of the "transfer station" model for oil-gas migration in rift basin: A case study on the Tertiary in the Bohai oil province[J]. *Acta Petrolei Sinica*, 2012, 33(1): 18-24. [邓运华. 裂谷盆地油气运移“中转站”模式的实践效果——以渤海油田第三系为例[J]. 石油学报, 2012, 33(1): 18-24.]

The Relationship between Fault-activity and Hydrocarbon Accumulation of Neogene in Zhanhua Depression, Bohai Bay Basin

LIU Pei¹, JIANG You-lu¹, LIU Hua¹, XIONG Wei², LI Ke-cheng¹, ZHU Rong-wei¹

(1. School of Geosciences, China University of Petroleum (East China), Qingdao 266580, China;

2. Research Institute of Geological Sciences, Shengli Oilfield Company, SINOPEC, Dongying 257015, China)

Abstract: Based on the study of the planar and profile styles of faults and their activity, the pool forming stage and the hydrocarbon distribution of Neogene, the relationship between fault activity and Neogene reservoir formation in Zhanhua Depression was discussed. The results show that the intensity of fault activity in the study area has a prominent feature of "strong in the west but weak in the east" before the deposition of Es₃, while it has a contrary feature after the deposition of Es₃, and the active phase of the NE trending and nearly EW trending faults matches well with the hydrocarbon filling periods. The periods when fault controls hydrocarbon and when fault controls migration are the two key stages which demonstrate the influence of fault activity on hydrocarbon accumulation. When fault controls hydrocarbon, fault activity provides good material basis for oil and gas accumulation while when fault controls migration, fault activity provides efficient migration pathways for the transportation of hydrocarbon. According to the activity velocity of fault during the two stages, the faults controlling the distribution of petroleum were divided into three degrees named I, II and III. The degree I and degree II faults lead to richer accumulation of Neogene hydrocarbon in drape structural belt, and the degree of the control of fault on oil determines the petroleum richness of Neogene.

Key words: Fault activity; Hydrocarbon accumulation; Bohai Bay Basin; Zhanhua Depression; Neogene