

文章编号: 0253-9985(2009)04-0490-07

辽东湾坳陷辽西低凸起潜山构造特征与油气聚集

吕丁友^{1,2}, 杨明慧^{3,4}, 周心怀², 魏刚², 刘乐⁵, 李春霞⁶, 郑晓凤⁷

[1 中国地质大学 能源学院, 北京 100083; 2 中海石油(中国)有限公司天津分公司 技术部, 天津 300452;
3 中国石油大学 资源与信息学院, 北京 102249; 4 中国石油大学 油气资源与探测国家重点实验室, 北京 102249;
5 中国石油天然气集团公司 东方地球物理公司研究院, 河北 涿州 072751; 6 陕西延长石油(集团)有限责任公司
研究院, 陕西 西安 710069; 7 中国石油天然气股份有限公司 冀东油田分公司 勘探开发研究院, 河北 唐山 063004]

摘要: 辽东湾坳陷辽西低凸起具有明确的南、中、北 3 段构造分段特征, 潜山构造样式呈典型的翘倾断块状态, 潜山 地层结构由太古界变质岩、寒武-奥陶系碳酸盐岩和中生界火山岩构成 3 层复式结构。辽西低凸起潜山油气聚集主要与两个因素相关: 一是古近系是否发育储层, 二是辽中凹陷油气资源是否充足。因此, 大规模的潜山油气聚集多是在主断槽油气供应充分、且潜山上覆古近系缺乏优质储层的情况下发生的。

关键词: 潜山构造; 油气聚集; 辽西低凸起; 辽东湾坳陷

中图分类号: TE121.3 **文献标识码:** A

Structural characteristics and hydrocarbon accumulation in the buried hills of the Liaoxi low salient, the Liaodong Bay Depression

Lü D ingyou^{1,2}, Yang M inghui^{3,4}, Zhou X inhuai², W ei G ang², L i L e⁵, L i Chunxia⁶, Zheng X iaofeng⁷

(1. School of Energy Resources, China University of Geosciences, Beijing 100083; 2. CNOOC Tianjin Company, Tianjin 300452, China; 3. Faculty of Natural Resource & Information Technology, China University of Petroleum, Beijing 102249, China; 4. State Key Laboratory of Petroleum Resource and Prospecting, China University of Petroleum, Beijing 102249, China; 5. Research Institute of BGP, PetroChina, Zhuozhou, Hebei 072751, China;
6. Research Institute of Yanchang Petroleum Group Co Ltd., Xi'an, Shanxi 710069, China;
7. Research Institute of Exploration and Development, PetroChina Jidong Oilfield, Tangshan, Hebei 063004, China)

Abstract The Liaoxi low salient in Bohai presents clear structural segmentation characteristics and can be divided into southern, middle and northern parts. The buried hills there present a typical structural style of tilting fault block and a three-layer architecture consisting of the Archaean metamorphic rocks, Cambrian-Ordovician carbonates, and Mesozoic volcanic rocks. Hydrocarbon accumulations in the buried hills of Liaoxi low-salient are mainly determined by two factors: development of reservoirs in the Paleogene and abundance of hydrocarbon resources in the Liaozhong sag. Therefore, large-scale hydrocarbon accumulations in buried hills occur mostly in circumstances that hydrocarbon supply from the main fault troughs is plentiful and high-quality reservoirs are absent in the Paleogene.

Key words buried hill structure; hydrocarbon accumulation; Liaoxi low salient; Liaodong Bay Depression

潜山是一种古地貌形态, 是基底抬升遭受风化剥蚀形成的地貌山或构造山, 又在随后的沉降过程中被新地层覆盖而形成的。潜山作为一种重

要的油气聚集场所, 其油气储量在渤海湾盆地新增储量中占有非常大的比例。据渤海湾盆地已发现圈闭(大于 200 个)的分类统计, 潜山圈闭占

收稿日期: 2009-05-01

第一作者简介: 吕丁友(1974-), 男, 博士研究生, 高级工程师, 综合地球物理勘探。

基金项目: 中海石油(中国)有限公司项目(SC06TJ-TQL-004)。

30%以上^[1];而已知 61个潜山油气藏的探明储量占盆地总储量的 10.4%,其中辽河拗陷潜山油气藏的探明储量占该拗陷总储量的 20.3%;黄骅拗陷占 2.9%;济阳拗陷占 14.8%;冀中拗陷占 59.7%;渤海海域占 2.3%^[2]。

渤海海域已在辽西、石臼坨、沙垒田、渤南及埕北等潜山构造带发现潜山油气藏。储层岩性包括中生界火山岩、古生界碳酸盐岩和太古界混合花岗岩等;油气主要储集于裂缝、孔洞中,普遍具有高产特点。研究发现,这些潜山油气聚集在形成条件、主控因素和空间分布上除具普遍规律外,还各有特色^[3-4];受潜山构造分段、潜山结构等因素制约。本文以辽东湾拗陷辽西低凸起为例,探讨其潜山构造特征及其油气聚集问题。

1 地质背景

辽东湾拗陷位于渤海东北海域,可分“三凹二凸”5个次级构造单元。自西向东为辽西凹陷、辽西低凸起、辽中凹陷、辽东低凸起和辽东凹陷(图 1),其中低凸起和凹陷多以陡倾的、发育在凹陷东侧的西倾断裂为界。

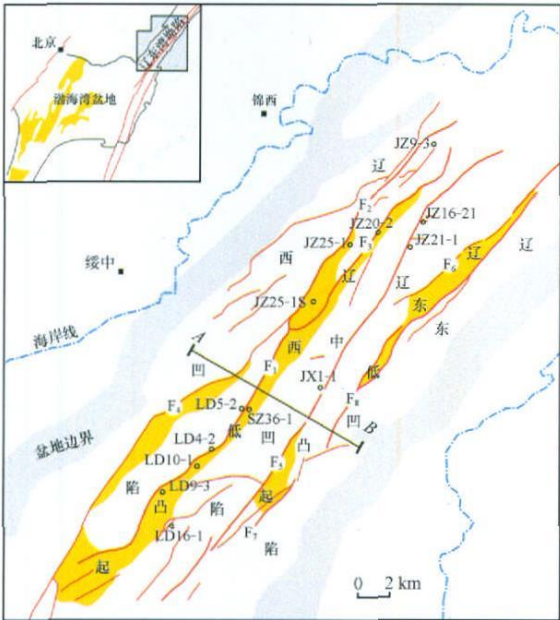


图 1 辽东湾拗陷构造纲要

Fig 1 Structural outline map of the Liaodong low salient
F1. 辽西 1号断层; F2. 辽西 2号断层; F3. 辽西 3号断层;
F4. 旅大 4号断层; F5. 辽中 1号断层; F6. 辽中 2号断层;
F7. 辽东 1号断层; F8. 辽东 2号断层

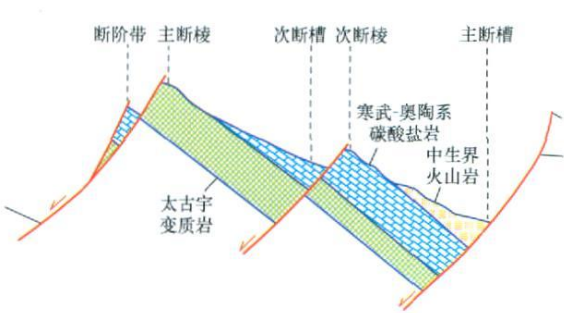


图 2 辽西低凸起翘倾断块构造示意图^[5]

Fig 2 Sketch map showing the tilting fault block structure in the Liaoxi low salient^[5]

辽西低凸起沿西侧的辽西 1号、辽西 2号断层向东南倾斜,形成不对称的断块翘倾潜山,长 174 km,宽 4~9 km。该潜山与东侧的辽中凹陷组合成箕状凹陷-断块潜山样式。这一渤海湾盆地最基本的构造样式是由北北东向主干正断层制约的断块翘倾、旋转产生的。通常,箕状凹陷-断块潜山样式由主断棱、次断棱、主断槽、次断槽和断阶等 5个不同的构造单元组成^[5]。断棱属构造高部位,早期暴露并风化剥蚀,晚期沉入水下,形成潜山;断槽为凹陷或次洼区,是烃源灶发育区;而断阶多呈“陷落”断块,是陡坡带的重要组成部分(图 2)。

2 构造特征及其演化

2.1 潜山分段

构造分段是含油气盆地最为常见的构造现象之一,一般与断层的分段叠覆、连接或变换构造的存在有关(图 3)。辽西低凸起由 6个潜山构造首尾相接组成,由北向南为锦州 20-2 锦州 25-1 绥中 36-1N、绥中 36-1 旅大 9-3 和旅大 20-2 被锦州 25-1S^[6-7]和旅大 10-1 变换构造(传递斜坡)分隔为北、中、南 3段^[8]。各分段的构造特征和构造演化存在明显差异。北段由锦州 20-2—锦州 25-1 潜山组成,中段由绥中 36-1N—绥中 36-1 潜山组成,北、中段潜山均发育在沙河街—东营期,但中段由于渐新世末的抬升使东一段剥蚀,在主断棱几乎剥蚀殆尽;南段由旅大 9-3—旅大 20-2 潜山组成,在东营—明化镇期发育,其主断棱一直抬升剥蚀,仅局部残留新近系。

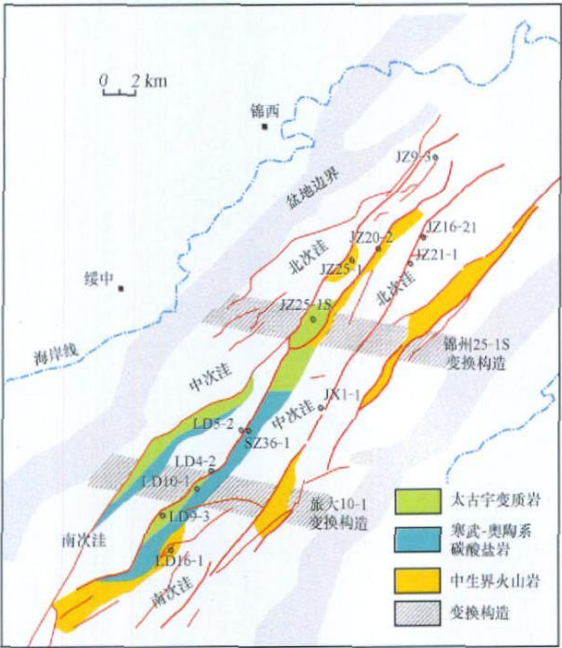


图 3 辽西低凸起潜山地层分布

Fig. 3 Stratigraphic distribution of buried-hills in the Liaoxi low salient

值得指出的是, 除辽西低凸起外, 在东西两侧的辽中凹陷和辽西凹陷也可窥见这两个变换构造的构造形迹, 并且造成了凹陷的南、中、北次洼分段现象。从发育时间上, 旅大 10-1 变换构造较早, 两个分段断层大致在古近系沙河街组三段沉积期发生硬连接, 成为控制辽西南次洼 (秦皇岛水系) 的边界断层^[6]; 而据三维地震解释, 锦州 25-1S 传递斜坡的构造位置可能与旅大 4 号断层 (控制绥中水系) 的并入有关。

2.2 潜山结构

潜山结构是指潜山地层在纵向上的叠加 (排列) 关系, 包括潜山顶面地层和潜山内幕地层^[9]。辽西低凸起的潜山地层具有三层复式结构。受断块翘倾影响, 太古界沿主断棱一线广泛暴露, 寒武-奥陶系残留在断槽低部位; 中生代火山岩则沿主断槽低洼部位堆积。受潜山分段影响, 各段的潜山结构略有异同, 各段的抬升幅度存在北高南低现象。一般是主断棱西北部位的剥蚀时间长、强度大, 出露太古界混合花岗岩, 向东南部位逐渐递变为残留的寒武-奥陶系碳酸盐岩, 然后是中生界火成岩。

2.3 潜山构造样式

构造样式是构造上相互联系的若干单体在空间上的排列组合^[10], 而且是以年代和地域特色的构造组合为标志^[11]。辽西低凸起的潜山构造样式较为简单, 呈断块翘倾状。基底面向南东东倾斜, 倾角 15°~25°, 最大约 35°。由于主断棱早期遭受剥蚀, 潜山表面的基岩地层比断槽一侧的年代较老; 反之, 主断槽中的古近系地层倾角逐层向上变缓, 呈楔状向主断棱爬升、减薄尖灭 (图 4)。

主断棱在断块翘倾抬升过程中形成, 紧邻辽西凹陷带, 受北北西倾向的主干断层控制。由于抬升幅度相对较高, 基岩地层缺失较多, 或上覆沉积地层较新、较薄。主断槽分别为辽中、辽西凹陷带的主体, 包括南、中、北 3 个次洼。古近系沙河街组、东营组沉积相对较厚、较全, 是辽西低凸起

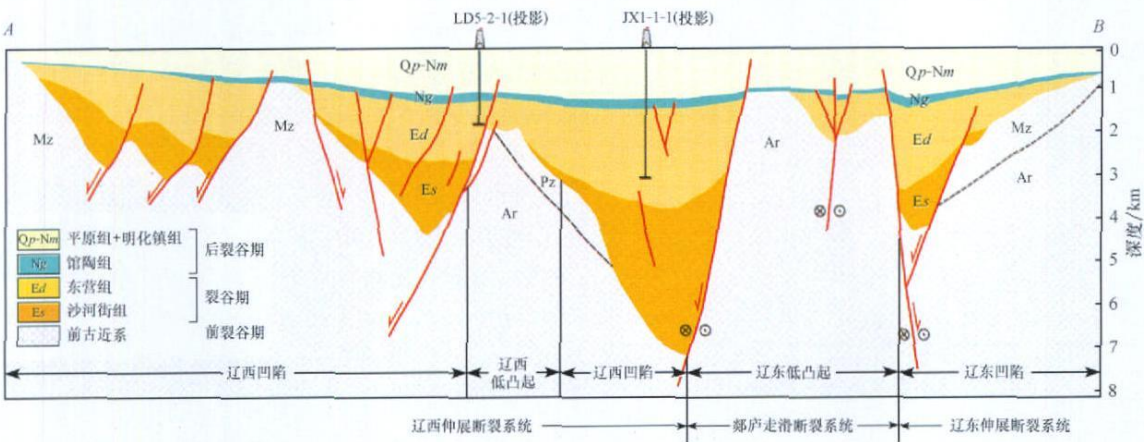


图 4 辽西低凸起潜山构造样式 (剖面位置见图 1)

Fig. 4 Structural styles of buried-hills in the Liaoxi low salient

潜山油气的主要源区。断阶带紧邻主断棱, 表现为辽西 1 号、辽西 2 号断层的一系列次级断层组合, 断距相对较大, 走向与主断层一致, 且掉向相同; 由于邻近辽西主断槽, 其古近系厚度大于上倾方向的斜坡部位, 地层发育较全。次断棱和次断槽均位于缓斜坡上。辽西凹陷带的次断棱表现为斜列正断层控制的“凹间链状岛”^[12], 以旅大 4 号构造带最为突出。该断裂带向北东方向逐渐并入辽西低凸起, 指示控制潜山构造带形成的边界断层具有右行走滑分量。

2.4 潜山构造演化

分析表明, 辽西低凸起古近纪构造演化可分两个时期, 即古近纪裂谷阶段和新近纪—第四纪后裂谷阶段^[13]。其中, 古近纪的裂谷阶段并非线性发展, 而是包含两个次级裂陷幕, 以古近纪始—渐新统之间的平行不整合为界分野。

始新世初, 辽东湾地区在晚白垩世—古新世的区域隆起背景上发生裂谷作用, 形成北北东、北东向正断层控制的一系列断槽雏形。这些断槽在初期成带分布, 但彼此并不连通^[14], 表明断槽边界断层尚未发生交互作用^[6]。始新世中、晚期是裂陷主幕(表 1), 边界断层强烈伸展并向两侧扩张, 彼此连接, 使早期相对独立的小型断槽相继连通。在辽西潜山主断棱的两侧分别形成东断西翘的主断槽, 即辽西凹陷带和早期的辽中凹陷带。始新世末至渐新世初, 在经历短暂隆升及局部剥蚀后, 构造强度逐渐减弱。渐新世早期, 控制主断槽的边界断层继承活动, 基底发生整体翘倾, 差异活动弱, 分隔辽西凹陷带与辽中凹陷带的辽西低凸起

幅度降低, 其作为盆内物源的作用明显变小^[15], 大约在古近纪东营组二期沉入水下^[12]。渐新世中晚期, 郯庐断裂右行走滑, 使得夹于其间的所谓的辽东低凸起强制隆升^[16], 早期的辽中凹陷带西侧部分相对独立出来成为现今狭义的辽中凹陷带。

在经历古近纪末期的区域隆起和不同程度剥蚀夷平后, 新近纪整体坳陷, 形成统一的沉积单元。大规模的断块翘倾、潜山发育作用停止, 进入后裂谷构造演化阶段^[13]。

3 成藏要素

3.1 烃源岩

被富生烃凹陷包围的凸起、低凸起是潜山油气聚集的有利地区。辽西低凸起西侧的辽西凹陷生烃潜力不容忽视; 其东侧的辽中凹陷则是已证实的富生烃凹陷。辽中凹陷沙河街组三段沉积时期的最大沉积厚度大于 3 000 m, 其半深湖—深湖相泥岩富含有机质, 是主力烃源岩; 沙河街组二段沉积时期—东营期, 渤海成为渤海湾盆地的沉积沉降中心, 东营组沉积厚度可达 3 000~4 300 m。东营组生烃是渤海有别于渤海湾盆地陆上其他坳陷的烃源岩特点之一。

据生烃史模拟研究, 辽中凹陷北次洼的东营组三段烃源岩曾经历相对较高的热演化阶段, 在东营组二早期成熟, 在东营组一期大量生烃; 由此可以推测沙河街组三段烃源岩的成熟度更高、生烃时间更早。中次洼的沙河街组三段烃源岩在东营组二早期成熟, 在东营组二晚期进入生油高峰。

表 1 辽西低凸起中、北段主干断层生长指数

Table 1 Growth index of the main faults in the mid-northern segment of the Liaoxi low salient

断层名称	剖面编号	裂谷Ⅱ幕						裂谷Ⅰ幕		
		东营组—沙河街组一段			沙河街组二段			沙河街组三段		
		下盘厚度 /	上盘厚度 /	生长	下盘厚度 /	上盘厚度 /	生长	下盘厚度 /	上盘厚度 /	生长
		m	m	指数	m	m	指数	m	m	指数
辽西 2 号	ILN 1541	559	1 097	1. 96	49	282	5. 76	46	1 546	33. 61
	ILN 981	497	821	1. 65	53	169	3. 19	198	768	3. 88
	ILN 621	675	694	1. 03	152	135	0. 89	194	316	1. 63
辽西 3 号	ILN 1941	1 017	1 666	1. 64	33	88	2. 67	93	447	4. 81
	ILN 892	973	1 049	1. 08	11	33	3. 00	56	1 252	22. 36
辽西 1 号	ILN 1541	369	1 145	3. 10	34	98	2. 88	32	679	21. 22

与之相比,辽西凹陷的烃源岩成熟稍晚。辽西凹陷北次洼的沙河街组三段烃源岩在东一期成熟;中次洼的沙河街组三段下部烃源岩在东营组一期未大量生烃^[17]。辽西低凸起潜山及邻区发现的锦州 20-2、锦州 25-1S、绥中 36-1、旅大 10-1 油田的油气来自辽中凹陷烃源岩;而锦州 9-3、旅大 4-2、旅大 5-2 油田的油气来自辽西凹陷^[18]。

3.2 储层与圈闭

从油气发现看,潜山成藏要素中的烃源岩和油气运移通道在渤海湾盆地是普遍存在的,潜山油气聚集的差异性主要取决于储层的储集性能^[9]。

变质岩潜山的储集性能一般与裂缝发育程度有关,后期溶蚀孔隙(洞)和裂缝起决定性作用。裂缝多为多期构造缝与多种成因裂缝的叠加,既是储集空间类型,也是油气运移的重要通道。锦州 25-1S 潜山的有效储层裂缝为高角度缝,呈多期网状切割的交叉状态,裂缝开度、延长度不一,平均宽度大于 1.5 mm^[17,19]。受伸展以及郯庐断裂右行走滑作用的影响^[20,21],裂缝呈北北东或北东向延展。在断层附近,构造应力和裂缝的分布具有分带性,形成一组平行断层的张裂缝和两组斜交断层的剪裂缝。从预测和实际发现的角度,张裂缝区是潜山油气的富集区^[22]。

辽西低凸起潜山圈闭主要在潜山顶部,以基岩块状风化体为储层,孔、洞及裂缝为主储集空间,并被新生界的沉积盖层覆盖形成。需要关注的是潜山内幕以层状地层为主的油气圈闭,其陆上部分的辽河西部凹陷兴隆台-马圈子变质岩潜山内幕油气藏的勘探突破具有重要的示范意义^[23]。在断裂活动所及的深度范围内,裂缝可作储集体,而且风化作用可能经断层作用向潜山内幕纵深发展。

3.3 超压与油气运移

超压是油气向辽西低凸起运移的有利条件之一。辽西低凸起东侧的辽中凹陷北、中次洼均存在超压现象^[24,25],驱使油气沿斜坡不整合面与顺向断层组合的运移通道向主、次断棱运移。在北段形成以太古界变质岩、中生界火山岩和沙河街组二段-沙河街组一段生物灰岩为储层,以东营

组三段泥岩为区域盖层的锦州 20-2 凝析气田。在中段形成以寒武-奥陶系灰岩、东营组二段三角洲砂岩为储层,以东营组上部泥岩为区域盖层的绥中 36-1 大油田。

辽西北次洼有 5 口井钻遇东营组发现超压,欠压实超压层段起始深度 2 370~2 689 m,压力系数最高达 1.932 4^[26]。北段的锦州 25-1S 潜山油源经由变换断层来自辽西凹陷沙河街组三段和经由斜坡带来自辽中凹陷东营组三段烃源岩,具混源特点,显然与双侧超压驱油有关。

4 讨论与结论

辽西低凸起主断棱及其东侧斜坡区发育太古界变质花岗岩、寒武-奥陶系碳酸盐岩和中生界火山岩潜山储层,并具有辽中凹陷和辽西凹陷双侧超压供油的趋势。目前,在辽西低凸起不同构造分段、不同地层层位均有油气发现,其整体的油气聚集具有以下特点:富生烃凹陷环绕的凸起、断裂构造带是潜山油气聚集的有利部位;缝、洞储集体控制潜山油气富集;古近系泥岩盖层是潜山油气富集和保存的重要条件^[27]。然而,辽西低凸起在勘探实践中尚需考虑以下两个重要的潜山油气聚集影响因素。

1) 潜山油气聚集的主控因素在于古近系是否存在盖层,以及是否发育储层。

勘探证实,辽西低凸起具有复式成藏特点,潜山与古近系的油气聚集可以垂向叠置,但存在一定的背反关系。如果具备基本的石油地质条件,则油气聚集的先后顺序是古近系、新近系以及潜山^[4]。换句话说,只有在古近系缺乏储层的情况下,油气下行,才能使得潜山大规模聚集油气。中段的绥中 36-1 构造东营组下段发育被厚层泥岩覆盖的三角洲砂岩,形成了东营组油层厚度约 200 m 的大型油气田,而其下伏的碳酸盐岩潜山油气聚集相对较少(图 5a)。反之,北段的锦州 20-2 构造沙河街组生物碎屑灰岩分布局限,储油能力差;锦州 25-1S 构造沙河街组相变后缺乏灰岩以及砂岩储层,以泥岩为主,如此油气才得以在潜山聚集成藏(图 5b)。

2) 反向断层遮挡对潜山油气聚集具有重要影响:主断棱是潜山大规模油气聚集的重要指向区,次断棱、断阶带对油气运聚起分流作用。

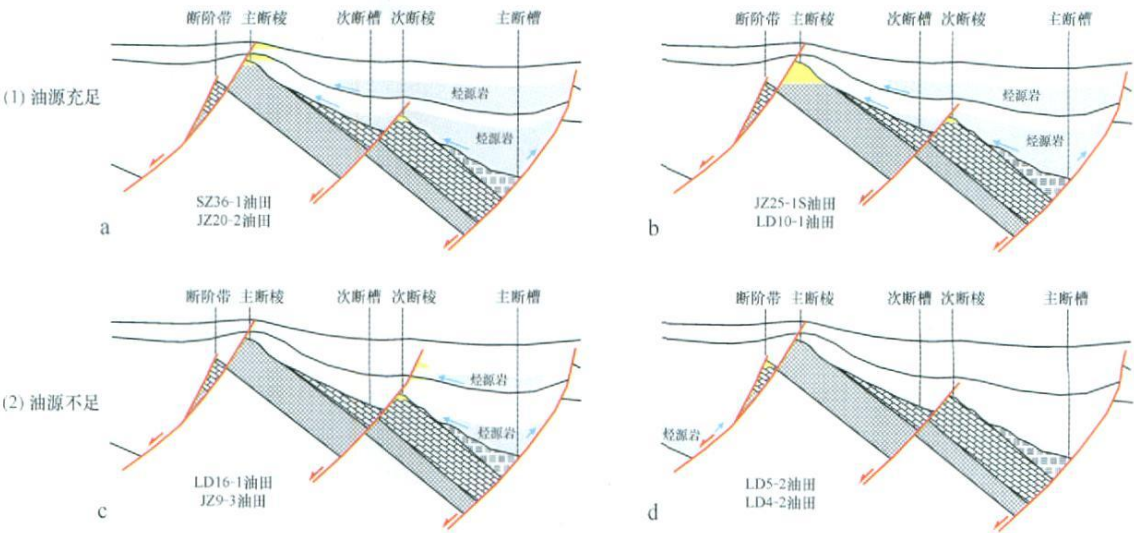


图 5 辽西低凸起潜山油气聚集模式

Fig. 5 Hydrocarbon accumulation patterns in the buried hills of the Liaoxi low salient

a 古近系发育储层, 优先成藏; b. 古近系不发育储层, 潜山油气成藏;

c. 油气沿缓坡运移时, 仅次断棱或披覆背斜成藏; d. 油气沿陡坡运移时, 断阶带成藏

潜山不同构造部位的油气聚集存在巨大差异, 如主断棱的锦州 20- 2 锦州 25- 1S 绥中 36- 1 旅大 10- 1, 次断棱的锦州 9- 3 旅大 16- 1 以及断阶带的旅大 4- 2 旅大 5- 2 等。一般是主、次断棱的油气来自主断槽的缓坡一侧, 而断阶带的油气可能来自主断槽的陡坡一侧; 主、次断槽优先的原因与缓坡作为主要供油通道有关, 而陡坡带相对仅占总量的四或五分之一^[28]。

反向断层是指断面倾向与地层倾向相反的断层。辽西低凸起的主、次断棱大多与反向断层存在成因关联, 并受其控制; 而且主、次断棱的油气成藏亦与反向断层的遮挡有关。主断棱或其上方的披覆背斜油田如锦州 20- 2 锦州 25- 1S 绥中 36- 1 以及旅大 10- 1 均由反向断层遮挡形成。次断棱或其上方的披覆背斜油田如锦州 9- 3 旅大 16- 1 等也与反向断层遮挡有关 (图 5c)。然而, 在油源不充足或存在断阶状次断棱时, 需要考虑低位次断棱对油气运移的分流作用。这可能是锦州 25- 1 以及旅大 9- 3 构造失利的主要原因。

由于比邻主断棱的反向断层一般具有遮挡油气作用, 其对主断槽油气是否疏导目前存疑; 沿该带钻井成功少失利多 (如锦州 19- 2 绥中 30- 3 旅大 4- 1 等) 的关键因素是不发育油气运移通道; 一些发现油气的构造均与具变换构造意义的近东西向油源断层有关, 如绥中 36- 1W、旅大 5-

2 (图 5d)。类似地锦州 25- 1S 西侧的变换构造 (传递斜坡) 在成藏过程也起着输送辽西凹陷主断槽油气的重要作用^[6 7]。

参 考 文 献

- 1 胡见义, 牛嘉玉. 渤海湾盆地油气聚集理论和勘探实践的再深化 [J]. 石油学报, 2001, 22(1): 1~ 5
- 2 刘传虎, 王军. 济阳坳陷古潜山油气藏体系及勘探技术 [J]. 特种油气藏, 2002, 9(2): 1~ 5
- 3 胡见义, 童晓光, 徐树宝. 渤海湾盆地古潜山油藏的区域分布规律 [J]. 石油勘探与开发, 1981, 7(5): 1~ 9
- 4 薛永安, 项华, 李思田. 锦州 25- 1S 大型混合花岗岩潜山油藏发现的启示 [J]. 石油天然气学报, 2006, 28(3): 29~ 31
- 5 阎敦实, 王尚文, 唐智. 渤海湾含油气盆地断块活动与古潜山油、气田的形成 [J]. 石油学报, 1980, 1(2): 1~ 10
- 6 Yang M inghui, Zhou X inhuai, Wei G ang et al Segment linkage and extensional fault related fold in the Western Liaodong Bay Subbasin Northeast Bohai Sea, China [J]. Journal of China University of Geosciences, 2008, 19(6): 441~ 450
- 7 周心怀, 余一欣, 魏刚, 等. 渤海辽东湾海域 JZ25- 1S 转换带与油气成藏的关系 [J]. 石油学报, 2008, 29(6): 837~ 840
- 8 姜培海. 辽西低凸起油气成藏的主要控制因素及勘探潜力 [J]. 油气地质与采收率, 2001, 8(4): 24~ 27
- 9 杨明慧. 渤海湾盆地潜山多样性及其成藏要素比较分析 [J]. 石油与天然气地质, 2008, 29(5): 623~ 631
- 10 Harding T P, Low ell J D. Structural style, their plate tectonic habitats and hydrocarbon traps in petroleum provinces [J]. AAPG bulletin, 1979, 63: 1016~ 1058
- 11 刘和甫. 沉积盆地的地球动力学分类及构造样式分析 [J]. 地

球科学, 1993, 18(6): 699~ 724

12 徐长贵, 许效松, 丘东洲, 等. 辽东湾地区辽西凹陷中南部 古近系构造格架与层序地层格架及古地理 分析 [J]. 古地理学报, 2005, 7(4): 449~ 459

13 漆家福, 杨桥, 陈发景, 等. 辽东湾— 下辽河盆地新生代构造的运动学特征及其演化过程[J]. 现代地质, 1994, 8(1): 34~ 42

14 朱筱敏, 董艳蕾, 杨俊生, 等. 辽东湾地区古近系层序地层 格架与沉积体系分布 [J]. 中国科学 (D 辑), 2008, 38(增 I): 1~ 10

15 李德江, 朱筱敏, 董艳蕾, 等. 辽东湾坳陷古近系沙河街组 层序地层分析 [J]. 石油勘探与开发, 2007, 36(6): 669~ 676

16 朱伟林, 王国纯, 周毅. 渤海海域油气勘探浅析 [J]. 石油学报, 2000, 23(1): 1~ 7

17 项华, 周心怀, 魏刚, 等. 渤海海域锦州 25— 1 南基岩古潜山油 气成藏特征分析 [J]. 石油天然气学报 (江汉石油学院学报), 2007, 29(5): 32~ 35

18 邓运华, 李建平. 浅层油气藏的形成机理——以渤海油区 为例 [M]. 北京: 石油工业出版社, 2008

19 周心怀, 项华, 于水, 等. 渤海锦州南变质岩潜山油藏储集层特 征与发育控制因素 [J]. 石油勘探与开发, 2005, 32(6): 17~ 19

20 龚再升. 中国近海含油气盆地新构造运动和油 气成藏 [J]. 石油与天然气地质, 2004, 25(2): 133~ 138

21 邓津辉, 周心怀, 魏刚, 等. 郯庐走滑断裂带活动特征与油气成 藏的关系——以金县地区为例 [J]. 石油与天然气地质, 2008, 29(1): 102~ 106

22 刘乐, 杨明慧, 李春霞, 等. 辽西低凸起变质岩潜山裂 缝储层及成藏条件分析 [J]. 石油与天然气地质, 2009, 30(2): 188~ 194 222

23 孟卫工, 李晓光, 刘宝鸿. 辽河坳陷 变质岩古 潜山内幕 油藏形 成主控因素分析 [J]. 石油与天然气地质, 2007, 28(5): 584~ 589

24 龚再升, 杨甲明, 杨祖序. 中国近海大油气田形成与分布 [A]. 见: 张文昭. 中国陆相大油田 [C]. 北京: 石油工业出版社, 1997. 337~ 367

25 曾金昌. 渤海辽东湾辽中北洼欠压 实特征及其与油气的关系 [J]. 中国海上油气, 1995, 9(6): 361~ 366

26 姜培海, 唐文辉. 渤海海域稠油油田 (藏) 特征及勘探意义 [J]. 特种油气藏, 1998, 5(2): 18~ 22 39

27 王毓俊. 渤海下第三系浅部油气 勘探前景 分析 [J]. 中国海上 油气 (地质), 2001, 15(2): 153~ 156

28 李家康. 渤海油气成藏特点及与断层关系 [J]. 石油学报, 2001, 22(2): 26~ 31

(编辑 高 岩)

(上接第 489 页)

shore China[J]. AAPG Bulletin, 2004, 88 (1): 71~ 97

12 黄泽光, 高长林, 吉让寿. 南华北地区 中新 生代盆地演化 [J]. 石油与天然气地质, 2005, 26(2): 252~ 256

13 安作相, 马纪. 渤海石油地质 的几个问题 [J]. 油气地质与采收 率, 2002, 9(5): 23~ 28

14 邓运华. 郯庐断裂带新构造运动对渤海东部油气聚集的控制 作用 [J]. 中国海上油气 (地质), 2001, 15(5): 301~ 305

15 高祥林. 渤海中部郯庐断裂带的近期活动与渤海新近纪新生 断裂 [J]. 地质科学, 2006, 41(2): 355~ 364

16 葛建党. 郯庐断裂带在渤中凹陷的构造 特征与油 气成藏的 关系 [J]. 海洋石油, 2001, (1): 14~ 20

17 Reilly O, Brendan J, Ge H X, et al Fault geometry and kinematics in the Penghai 19-3 Field, Bohai Bay, People' s Republic of China [J]. AAPG Bulletin 2000, 84(9): 1 472

18 杨占宝. 郯庐断裂带中新 生代演化与含油气盆地形成 分布综 述 [J]. 地质力学学报, 2006, 12(1): 43~ 48

19 Yang Y T, Xu T G. Hydrocarbon habitat of the offshore Bohai Basin, China [J]. Marine and Petroleum Geology 2004, 21 (6): 691~ 708

20 曾治平. 渤海新构造运动对渤海东部油气 性质的影响 [J]. 海洋地质动态, 2002, 18(9): 1~ 5

21 张云银. 郯庐断裂带含油气性研究 [J]. 石油实验地质, 2003, 25(1): 28~ 38

22 邓津辉, 周心怀, 魏刚, 等. 郯庐走滑断裂带活动特征与油气成 藏的关系——以金县地区为例 [J]. 石油与天然气地质, 2008, 29(1): 102~ 106

(编辑 李 军)