

文章编号: 0253-9985(2009)04-0503-07

渤中坳陷披覆背斜大油田形成特征

薛永安¹, 吴小红^{2,3}, 吕修祥^{2,3}, 周心怀¹, 魏刚¹[1. 中海石油(中国)有限公司天津分公司, 天津 300452 2. 中国石油大学盆地与油藏研究中心, 北京 102249;
3. 中国石油大学油气成藏机理教育部重点实验室, 北京 102249]

摘要: 渤中坳陷披覆背斜大油田含油层系集中在新近系明化镇、馆陶组, 主要在凸起或低凸起构造上分布。渤中坳陷 PL19-3 油田、QHD32-6 油田和 CFD11-1 油田油源主要来自渤中凹陷, 披覆背斜油气田具有紧邻富生烃凹陷、良好的储层及储盖组合、有利的构造位置、优良的疏导体系组合等形成特征。同时, 结合渤海海域在凸起和低凸起构造上探井的失利原因, 认为在新近系寻找披覆背斜大油田应注重运移条件的分析, 而在古近系寻找披覆背斜大油田应注重储层和储盖组合的分析。

关键词: 生油凹陷; 疏导体系; 披覆背斜大油田; 渤中坳陷

中图分类号: TE121.1 **文献标识码:** A

Genetic features of drape anticline oilfields in the Bozhong Depression

Xue Yong'an¹, Wu Xiaohong^{2,3}, Lyu Xiuxiang^{2,3}, Zhou Xinhui¹, Wei Gang¹

(1. CNOOC Tianjin Company, Tianjin 441334 China 2. Research Center for Basin and Reservoir, China University of Petroleum, Beijing 102249 China 3. Key Laboratory of Petroleum Accumulation Mechanism, Ministry of Education, China University of Petroleum, Beijing 102249 China)

Abstract Oil-bearing horizons of the drape anticline oilfields in the Bozhong depression are mainly the Neogene Minghuazhen and Guangtao formations, and they are mainly distributed in structures such as salient and low salient. The Bozhong kitchen is the major hydrocarbon source for PL19-3, QHD32-6 and CFD11-1 oilfields in the Bozhong depression. The drape anticline oil/gas fields generally have the genetic features such as being adjacent to hydrocarbon kitchen, quality reservoirs, good reservoir-seal combinations, favorable structural locations and excellent carrier systems. In combination with the analysis of the factors resulting in the failure of exploratory wells on the salient and low salient structures, we believe that the analysis of hydrocarbon migration conditions is the key to searching for large drape anticline oilfields in the Neogene, while the analyses of reservoirs and reservoir-seal combinations are the focus in the Paleogene.

Key words hydrocarbon kitchen; carrier system; large drape anticline oilfield; Bozhong Depression

披覆挤压构造是中国东部裂谷盆地常见的一种油气聚集构造类型^[1], 这类构造是指在较早的地层上又新沉积了一些沉积物, 通常是在深部断块上加覆了披覆构造或不同的挤压构造。简单的披覆构造是由于老断层活动的复苏, 最终导致地

层抬升^[2]。披覆背斜构造带也是渤海湾盆地一种重要的复式油气聚集带, 如兴隆台和孤岛-孤东大油田^[3,4]。

渤海海域位于中国渤海湾盆地东部, 海域面积 $7.3 \times 10^4 \text{ km}^2$ 。海域油气勘探从 1965 年至今已

收稿日期: 2009-06-23

第一作者简介: 薛永安(1963-), 男, 高级工程师, 博士, 石油地质综合研究与管理。

基金项目: 中海石油(中国)有限公司项目“渤海湾地区油气形成富集与分布预测”(SC06TJ-TQL-004)资助。

有43年的历史。自1995年开始,浅层油气勘探获得重大突破,5年内发现的石油地质储量相当于前30年总和的两倍。而浅层发现以披覆背斜大油田为主。其中渤中坳陷以PL19-3大油田为典型代表,其次是QHD32-6和CFD11-1大油田。它们都以明化镇组和馆陶组为主要的含油层位。这些大油田的发现对海域油气的发现有重大的贡献。因此,总结渤海海域披覆背斜大油田形成的基本特征,无疑将为渤海以后的勘探提供重要的借鉴意义。

1 披覆背斜油气藏特征

披覆背斜是渤海含油气占绝对优势的油气藏类型,渤海53.4%的石油和27.9%的天然气蕴藏于其中。披覆背斜一般位于凸起与低凸起上,箕状沉积盆地的断陷期,强烈的断裂活动使断块一端抬升另一端沉降并接受沉积^[5],此时沉积的生油岩超覆或披覆在断块之上。在盆地的拗陷期,盆地整体下降,并被沉积物覆盖,差异压实作用使断块的上升端形成披覆背斜构造,凸起与低凸起是流体势的低势区,因此成为油气运移的指向区。同生断层和不整合面是油气垂向和侧向运移的通道,盆地深部生成的油气沿运移通道向低势区移动,使凸起上的披覆背斜成为富集油气的构造。

1.1 新近系为主要油气储集层位,储盖组合好

渤海海域新近系明化镇与馆陶组的探明储量占全渤海探明储量的58.5%,天然气占17.8%,名列各层系的榜首。古近系东营组探明储量占全渤海探明储量的34.1%,天然气为27.3%,是重要的含油层系。渤海勘探早期由于借鉴陆地油田的勘探经验,将主要目的层放在古近系和潜山中,取得了一定的成效,但随着勘探程度的加深,浅层含油层系日益重要。这与渤海湾盆地独特的发育历史有关^[6]。渤海盆地的发育及油气成藏特点与断裂活动特点关系紧密。早期盆地的断陷阶段沉积了下部生油岩,盆地中、晚期沉积了东营组三角洲相、明化镇组曲流河相和三角洲相储盖层,渤海东部馆陶组地层岩性变细,成为东部的良好储盖层。而中、浅层同时发育了披覆背斜和扭压背斜构造。

渤海中、晚期的大断裂和走滑断裂持续活动为油气运移提供了动力和通道,使油气在中、浅层的大构造中聚集起来^[5-7]。

渤海海域新近系为坳陷阶段沉积。馆陶组主要发育辫状河流相沉积,主要为砂砾岩、粗砂岩、砂岩夹薄层泥岩。明化镇组主要发育曲流河沉积,以细砂岩为主。海域新近系具有独特的区域沉积环境和储盖组合条件。如QHD32-6披覆背斜油气藏,其新近系明化镇组下段具有洪泛平原-曲流河-湖相沉积的系列演化特点,并且明下段存在厚度大、分布稳定的泥岩盖层,盖层下面的明下段曲流河砂岩储层和馆陶组上部辫状河含砾砂岩储层是油气富集的有利场所。进而通过单井相分析和区域沉积特征的研究,认为馆陶组是沉积的汇水区^[4],馆陶组沉积从北、中、南3个方向向渤中凹陷存在冲积扇-辫状河-曲流河-湖相沉积序列,因此渤海中、南部馆陶组存在良好的储盖组合(图1)。由于蓬莱地区处于馆陶组沉积汇水区附近,因而促进了PL19-3大油田的发现。

现以PL19-3大油田为例。PL19-3油田馆陶组厚度为500~620 m,中下部厚340~450 m,为含砾中粗砂岩、中细砂岩与泥岩的不等厚互层。油田范围内发育13~18个砂层,单层砂岩厚度1.5~9.5 m,以薄层-中厚层砂岩为主;上部厚150~200 m,为含砾中细砂岩、中细砂岩夹泥岩,油田范围内发育5~10个单砂层,砂层厚度一般大于2 m,以中厚层、厚层砂岩为主。明化镇组下段厚240~316 m,上部以泥岩为主,夹薄层砂岩,中下部为细砂岩、中细砂岩与泥岩的不等厚互层,单井钻遇4~6个砂层,砂层厚度1~12 m,以中、厚层砂岩最为发育。结合钻井取心、岩屑录井、测井及岩矿等资料,馆陶组中、下部为典型的辫状河相沉积,馆陶组上部为辫状河-曲流河沉积,明下段属曲流河相沉积。渤海湾盆地新近纪物源主要是西北部的燕山褶皱带和太行山隆起,从西北向东南沉积相变是冲积扇-辫状河-曲流河-浅湖相。PL19-3构造位于渤海东部,远离物源区,以曲流河-浅湖相沉积为主,储盖组合好。馆陶组和明下段储集层主要岩性为细砂岩、中细砂岩和含砾中粗砂岩,颗粒分选中等-差,磨圆度次棱角-次圆状。主力油层段储集层具有中孔-中渗的储油物性特征。

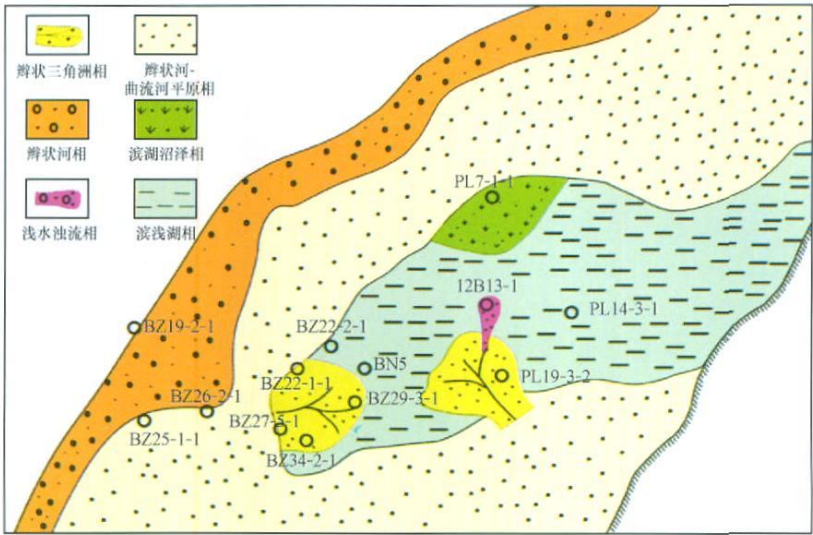


图 1 渤中南地区馆陶组沉积相

Fig. 1 Sedimentary facies of the Neogene Guantao Formation in the southern-central Bohai Sea

1.2 紧邻富生油凹陷

油气富集区是渤海湾盆地内一级块断体控制下的生油中心和块断体内配套圈闭类型的组合所形成的特定油气聚集区。即是渤海湾盆地中的一个油气富集区。每个油气富集区都有一种主要油气藏类型, 而辅以其他类型油气藏。其形成基本条件之一就是: 富油洼陷平均资源丰度大于 $40 \times 10^4 \text{ t/km}^2$; 烃源岩特别发育^[3]。渤中坳陷是渤海海域的典型的富油气坳陷^[8]。渤中凹陷是渤海海域内最大的凹陷, 也是新生界沉积最厚的凹陷, 构造-沉积演化经历了古近纪裂陷和新近纪裂后拗陷两大阶段, 形成了下断、上拗的双层结构^[9]。凹陷内最大厚度超过 10 000 m。平面上呈不规则的等轴状, 没有明显的方向性。石臼坨凸起、沙垒田凸起、渤南凸起和渤东低凸起呈环状分布在渤中凹陷周围, 其中渤中凹陷北面以“二台阶”形式和石臼坨凸起断层接触; 东以东北东向大断裂和渤东低凸起相隔; 南部向渤南凸起超覆, 总体表现为一斜坡; 西与沙垒田凸起与石臼坨凸起之间的鞍部呈超覆接触, 局部为断阶接触(图 2)。凹陷总体开阔、平缓, 东侧沉降最深, 第三系最大厚度近万米。虽然凹陷周边多为断裂所限, 这些断裂也控制了古近系的沉积, 但没有明显的强烈差异运动的箕状断陷显示, 总体呈现为“平底锅”式的断陷结构^[10]。其中古近系最大厚度超过 6 000 m, 以湖相沉积为特征; 新近系最大厚度达 4 000 m, 以

河流平原-滨浅湖相沉积为特征。

盆地数值模拟结果显示, 渤中凹陷沙河街组三段(沙三段)-沙河街组四段(沙四段)(以沙三段为主)累计生烃 $459.61 \times 10^8 \text{ t}$; 其中古近纪生烃 $330.13 \times 10^8 \text{ t}$ 占总生烃量的 71.8%; 新近纪-现今生烃 $129.5 \times 10^8 \text{ t}$ 占总生烃量的 28.2%。可见沙三段-沙四段有 1/4 以上的油气生成于新近纪-现今。东营组二段-东营组三段累计生烃 $328.8 \times 10^8 \text{ t}$; 其中古近纪生烃 $28.5 \times 10^8 \text{ t}$ 占总生烃量的 8.7%; 新近纪-现今生烃 $300.3 \times 10^8 \text{ t}$ 占总生烃量的 91.3%。可见东营组二段-东营组三段的绝大



图 2 渤中凹陷及其周围构造位置

Fig. 2 Location map of the Bozhong Depression and its surrounding structures

部分油气生成于新近纪—现今。盆地模拟结果表明,渤中凹陷沙河街组三段烃源岩在东上段沉积期末进入主生烃期,主要排烃期为馆陶组—现今。东营组烃源岩主要生烃期是馆陶组—现今,主要排烃期为明化镇期—现今^[7]。

另外,据郝芳的研究证实^[11],渤中凹陷自东营组沉积以来存在超压,超压可以对不同的有机质热演化反应产生不同程度的抑制作用。在渤中凹陷,超压至少抑制了液态烃的热裂解,从而使在常压条件下已进入干气阶段的沙河街组在晚期(5.1 Ma以来)仍保持在液态窗之内。换言之,渤中凹陷自沙河街组三段沉积期以来的持续较快速沉降,一方面使东营组成为有效源岩,另一方面使沙河街组源岩生、排烃滞后,从而使东营组和沙河街组源岩同时生、排烃,在晚期同时保持在有利的生、排烃阶段。

1.3 披覆背斜大油田位于凸起或者低凸起构造上

凸起是顶部缺失古近系或仅有很薄的新近系沉积的基底隆起。如 QHD32-6 油田,位于海域石臼坨凸起上。秦皇岛 32-6 构造是在前第三系古隆起背景上发育并被断层复杂化的大型披覆构造,主要含油层新近系馆陶组、明化镇组披覆在前第三系潜山面上,潜山的形态基本控制了上覆层的形态,馆陶组和明化镇组顶的构造高点和潜山头一致,仅面积大一些。其含油层系主要是新近系明化镇组下段的曲流河相砂岩,馆陶组因岩性粗,缺少泥岩盖层,仅在顶部产少量油气。凸起带上天然气含量少。

CFD11-1 油田位于渤海湾盆地埕宁隆起区,沙垒田凸起东高块中部,是沙垒田凸起的最高部位。CFD11-1 油田整体范围内被第三系和第四系地层覆盖。油田范围内钻井揭示的地层从上至下为:第四系、新近系明化镇组、馆陶组、古近系东营组、前第三系基底。东营组地层分布局限,仅在油田南部发育,由 6 井钻遇;馆陶组、明化镇组地层在油田范围内稳定分布,地层对比显示馆陶组地层由凸起四周向基底最高部位逐渐减薄,可见是披覆沉积特征。

低凸起构造带是指有新、古近系披覆其上的基底隆起。低凸起构造带主要构造类型为披覆背斜,潜山与断鼻为次要构造类型^[5]。低凸起含油层系较凸起多。浅层有明下段的曲流河砂岩、馆

陶组辫状河砂岩含油层系,中层有东营组三角洲砂岩含油层系,深层有沙河街组的扇三角洲砂岩与生物碎屑灰岩的含油层系。潜山含油地层也较丰富,有变质花岗岩潜山、中生界火山岩潜山、中生界碎屑岩潜山与古生界碳酸盐岩潜山。

但渤海东南部比较特殊,如 PL19-3 油田,位于渤南低凸起东北部,向渤中凹陷倾没的构造脊上。油气主要蕴藏在馆陶组。

1.4 断层、不整合面、砂体疏导体系与披覆背斜油气藏成藏的关系

PL19-3 油田是迄今为止渤海湾盆地最大的油气田,是经后期断裂改造的披覆背斜油藏。在披覆背景上叠加了渤海东部郯庐断裂带的挤压作用,增加了背斜幅度,这也有利于浅层圈闭的形成。PL19-3 构造断裂的发育受新构造运动影响相当显著。新构造运动促使郯庐断裂在新近纪—第四纪重新强烈活动,并伴生了大量的 NE、近 EW 的密集断裂^[12~14],晚期形成的断裂与早期断裂相互切割,沟通了沙河街、东营组油源,并在高压力的驱动下促使油气自下往上沿断裂运移成藏。由于 PL19-3 油田正处于郯庐断裂带内,垂直走滑断裂较发育,而且这些断裂有的已穿至海底,在对油气输导的同时,也对油气的保存起到了破坏作用。渤中坳陷始新统、渐新统存在巨大的烃源体,至今仍处于生烃的高峰期,油气源源不断通过运移输导系统向油气藏运聚,尽管也有部分逸散、渗漏,而总是处于供聚大于散失的状态,使油气处于动平衡成藏。

晚期断裂、不整合面和高渗透疏导砂岩构成了蓬莱 19-3 复杂的油气疏导系统(图 4)。渤中坳陷存在两条区域上可以对比的不整合面,即沙河街组三段顶面和东营组的顶界。不整合面的发育为油气的输导提供了重要途径。另外,据馆陶组沉积相研究表明,渤中凹陷在其东南缘,即接近 PL19-3 主体部位存在一套厚大的砂体,它对 PL19-3 构造油气成藏起到了重要作用。渤中凹陷沙河街组和东营组油气沿通源断裂运移至馆陶组,然后以不整合面和馆陶组砂体作为主输导通道作侧向运移,当运移至 PL19-3 深大断裂时,以深大断裂作为主运移通道作垂向运移。在东边,新构造运动近东西向挤压并伴随右旋走滑背景下的走滑断层及北东东向张性派生断层是油气垂向

运移的主要输导通道, PL19-3 构造东侧为郯庐断裂的东支通过, 其深大的走滑断裂直插庙西凹陷烃源岩区, 为油气的高效输导提供了重要途径, 然后由于馆陶组砂体和不整合面侧向运移作用, 最终由古近纪断层垂向运移至新近系中圈闭中聚集成藏(图 3)。

QHD32-6 油田位于石臼坨凸起之上。油源对比表明, QHD32-6 油田主要来自渤中凹陷沙河街组三段源油和沙河街组三段与沙河街组一段、沙河街组二段的混源油。沙河街组烃源岩在东营组沉积期以来, 就已经成熟开始生烃排烃, 而渤中凹陷自东营组沉积期以来强烈的沉积沉降作用促使渤中凹陷超压的发育。超压抑制烃源岩的生排

烃^[11]。新构造运动期浅层 II 级断裂发育, 与沟通古近系沙河街烃源岩通源断裂构成古近系油气实现穿层运移的垂向输导组合。由于馆陶组区域性砂体孔渗性能极佳、输导性能好, 是油气高效、快速的侧向运移通道, 深部油气进入浅层馆陶组区域性砂体输导层后, 受构造脊控制、自洼陷区向凸起区发生大规模、长距离、汇聚型的油气运移, 运移条件对于明下段主力含油层系的形成至关重要。由渤中凹陷至明下段储层, 油层需经历复杂的运移过程。油田范围内及附近潜山之上的东下段地层较薄(30~50 m), 而且泥岩不发育, 与上覆的馆陶组组成优质的油气疏导层, 易于向上部明下段运移, 大量第三系活动的断层也加速了油气

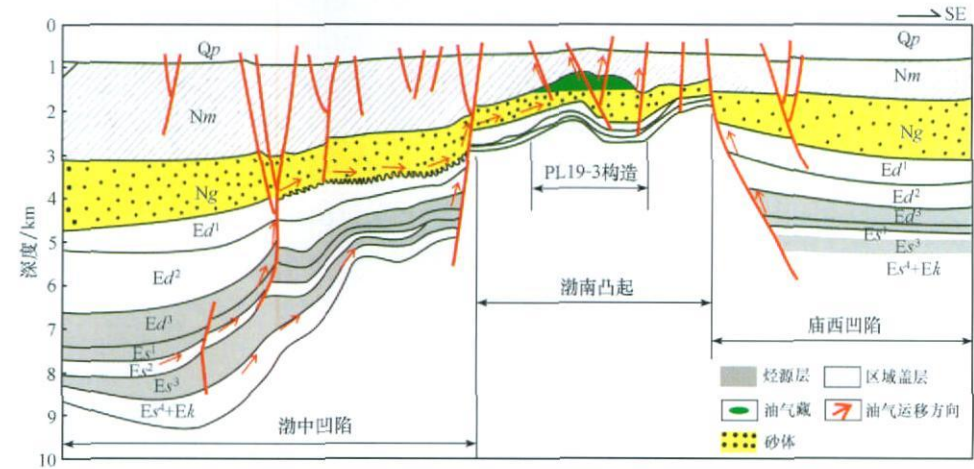


图 3 PL19-3 披覆背斜油藏成藏模式

Fig. 3 Hydrocarbon pooling patterns of PL19-3 drape anticline oilfield

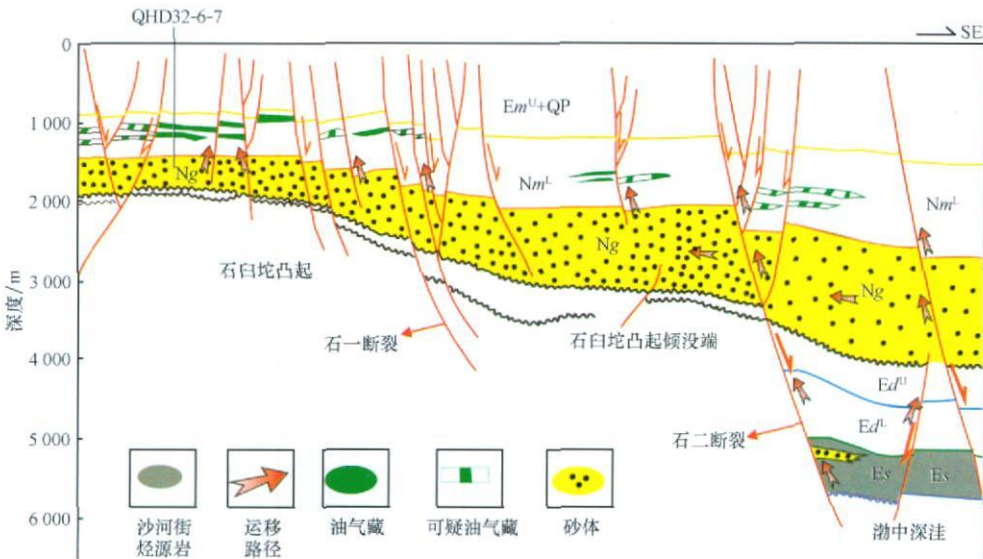


图 4 QHD 32-6 油田成藏模式

Fig. 4 Hydrocarbon pooling patterns of QHD32-6 oilfield

垂向运移和聚集成藏(图 5)。因此,可以认为潜山之上缺乏古近系或泥岩不发育的新近系(特别是明下段)构造最易于富集油气。石臼坨凸起四周基本上是以断裂形式与凹陷接触,尤其是南边界大断裂,倾向渤中凹陷,长期发育,晚期(中、上新世)仍剧烈活动,这与渤中凹陷高峰排烃期(中新世以后)相吻合。

CFD11-1油田位于渤海湾盆地埕宁隆起区,砂垒田凸起东高块中部,是砂垒田凸起的最高部位。油田整体范围内被第三系和第四系地层覆盖。东营组地层分布局限,仅在油田南部发育。馆陶组、明化镇组地层在油田范围内稳定分布,地层对比显示馆陶组地层由凸起四周向基底最高部位逐渐减薄,可见是披覆沉积特征。油源对比表明,CFD11-1油田油源主要来自渤中凹陷沙河街组和东营组。油气成熟后沿潜山顶不整合面,东营组顶不整合面和馆陶组巨厚砂砾岩层,向凸起顶部运移。凸起上发育的新近纪晚期断层沟通馆陶组疏导层,使油气纵向上运移至明化镇组储层,形成披覆背斜油藏(图 5)。

2 研究意义

渤海海域大中型油气田主要分布在凸起或低凸起上,披覆背斜油气藏是主要的油气藏类型。因此,结合以上披覆背斜油气藏的形成特征的分析,认为有以下研究意义。

1) 结合目前在渤海海域凸起上或低凸起上构造上失利井的分析,发现古近系失利的主要原

因是储层不发育,或者是储层的质量较差。如辽西低凸起上的 JZ25-2-2井钻遇的沙河街组二段,和 JZ25-1-1井钻遇的中生界和沙河街组,渤南低凸起上 BZ29-1-1井钻遇的潜山和东营组二段都是因为储层问题而导致探井失利。而新近系失利的主要原因是油气运移的问题,如石臼坨凸起上 QHD31-1-2井、NB35-2-3井钻遇的明化镇组, NB35-2-10井钻遇的馆陶和明下段,失利原因都是因为断层少,活动性弱,缺少沟通油源中转站的浅层断层;辽西低凸起上 LD12-2-1井,辽东凸起上的 JZ28-1-1井钻遇的馆陶组和明下段,失利原因都是因为油气运移条件差,油气未运移到浅层圈闭。另外,无论是新近系还是古近系,断层的侧封条件对油气藏的形成也起到一定的作用。所以,应注意圈闭发育与储层的结合,断裂活动对油气藏形成的影响。如 2002 年 JZ25-1S 潜山披覆背斜油气藏的发现,正是由于中深部储层发育规律的认识创新,在原来认为没有储层发育的地方,找到了花岗岩储层,这促使勘探的新发现。

2) 披覆背斜油气藏的形成对盖层有严格的要求,一般盖层越厚,油层就越发育。如 PL19-3 油田,明上段有近 500 m 厚的厚层泥岩,明下段近 200 m 厚的泥岩,馆陶组近 450 m 后的泥岩盖层。QHD32-6 油田,主力含油层段明下段有近 160 m 厚的泥岩盖层。CFD11-1 油田明化镇组泥岩盖层总共约 500 m。位于辽西低凸起上的 SZ36-1 油田,东下段有近 350 m 厚的泥岩盖层。所以,在披覆构造部位,如果有大规模的盖层发育,其下有

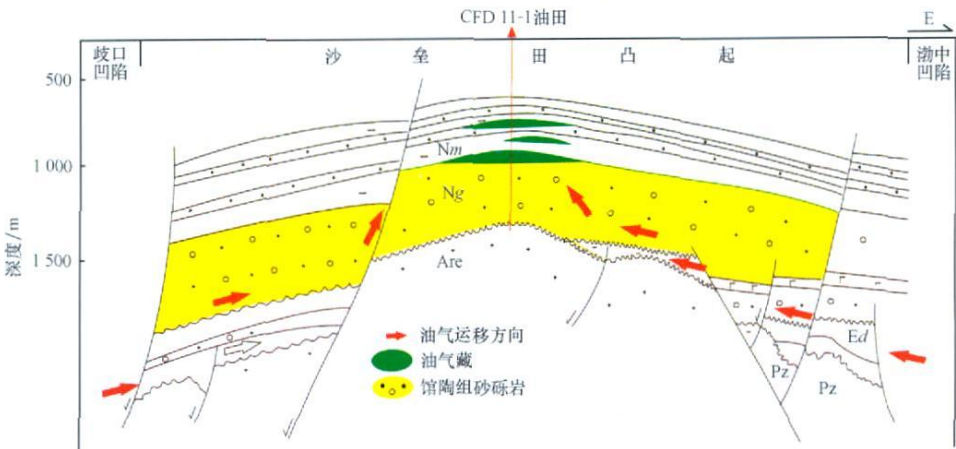


图 5 CFD11-1 油田成藏模式

Fig 5 Hydrocarbon pooling patterns of CFD11-1 oilfield

好的成藏条件, 将是有利的勘探方向。

3) 渤海东部是郯庐断裂活动强烈的地区, 位于该区的渤东低凸起勘探程度低、探井数量少, 而庙西北凸起和庙西南凸起均近邻渤中、渤东、庙西生油凹陷。石油地质条件十分优越。根据地震资料解释出了一系列披覆背斜, 这些圈闭均位于油气运移指向。所以渤海东部走滑断裂带是油气聚集有利区带。这里勘探程度低, 是渤海今后重点研究地区。

3 结论

1) 渤海海域披覆背斜油气藏都位于凸起或低凸起上, 以新近系为主要的含油层位, 海域新近系具有独特的区域沉积环境和储盖组合条件是披覆背斜大型油气田形成的重要因素。

2) 紧邻富生烃凹陷, 有充分的油源供给也是披覆背斜大型油气田形成的一个重要因素。

3) 渤海海域油气成藏特点与断层的发育有密切的关系, 受长期活动的同生大断裂与走滑断裂活动控制, 凸起与低凸起之上的披覆背斜是渤海油气富集的较好油气藏类型。中浅层的明化镇组、馆陶组和东营组是渤海蕴藏油气量最多的含油层系。

参 考 文 献

1 王涛. 中国东部裂谷盆地油气藏地质 [M]. 北京: 石油工业出

版社, 1996

2 胡见义. 中国陆相石油地质理论基础 [M]. 北京: 石油工业出版社, 1991. 238~ 258

3 池英柳, 赵文智. 渤海湾盆地油气富集带的形成与分布 [J]. 勘探家, 2000, 5 (1): 9~ 16

4 邓运华. 渤海湾盆地上第三系油藏类型及成藏控制因素分析 [J]. 中国海上油气 (地质), 2003, 17 (6): 360~ 365

5 李家康. 渤海油气成藏特点与断层关系 [J]. 石油学报, 2001, 22 (3): 26~ 31

6 何海清, 王兆云. 华北地区构造演化对渤海湾油气形成和分布的控制 [J]. 地质学报, 1998, 72 (4): 313~ 322

7 米立军. 新构造运动与渤海海域上第三系大型油气田 [J]. 中国海上油气 (地质), 2001, 15 (1): 21~ 28

8 薛永安, 余宏忠, 项华. 渤海湾盆地主要凹陷油气富集规律对比研究 [J]. 中国海上油气 (地质), 2007, 19 (3): 145~ 148

9 龚再升, 王国纯, 贺清. 上第三系是渤中坳陷及其周围油气勘探的主要领域 [J]. 中国海上油气 (地质), 2000, 14 (3): 145~ 156

10 李军, 王燮培. 渤海湾盆地构造格架及演化 [J]. 石油与天然气地质, 1998, 19 (1): 63~ 68

11 郝芳, 蔡东升, 周华耀, 等. 渤中坳陷超压- 构造活动联控型流体流动与油气快速成藏 [J]. 地球科学, 2004, 29 (5): 518~ 524

12 张人玲. 江苏油田高勘探区复杂断块油藏的滚动勘探开发 [J]. 石油与天然气地质, 2003, 24 (3): 304~ 308

13 邱旭明. 苏北盆地断块圈闭分类及油气成藏特征 [J]. 石油与天然气地质, 2003, 24 (4): 371~ 374

14 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 高 岩)

(上接第 502 页)

32 余一欣, 周心怀, 魏刚, 等. 渤海湾地区构造变换带及油气意义 [J]. 古地理学报, 2008, 10 (5): 555~ 560

33 周心怀, 余一欣, 魏刚, 等. 渤海辽东湾海域 JZ25- 1S 变换带与油气成藏的关系 [J]. 石油学报, 2008, 29 (6): 837~ 840

34 Sibson R H. Tectonic controls on maximum sustainable overpressure fluid redistribution from stress transitions [J]. Journal of Geochemical Exploration, 2000, 69~ 70: 471~ 475

35 Knipe R J, Jones G, Fisher O J. Faulting, fault sealing and fluid flow in hydrocarbon reservoirs [A]. Geological Society Special Publication, 1998: 147

36 Moretti I. The role of faults in hydrocarbon migration [J]. Petroleum Geosciences, 1998, 4 (1): 81~ 94

37 Aydin A. Fractures, faults and hydrocarbon entrapment, migration and flow [J]. Marine and Petroleum Geology, 2000, 17 (5): 797~ 814

38 金之钧, 张发强. 油气运移研究现状及主要进展 [J]. 石油与天

然气地质, 2005, 26 (3): 263~ 270

39 Whelan JK, Kennicutt M C, Brooks JM, et al. Organic geochemical indicators of dynamic fluid flow process in petroleum basins [J]. Organic Geochemistry, 1994, 22 (4): 587~ 615

40 Robert S J, Nunn J A. Episodic fluid expulsion from geopressured sediments [J]. Marine and Petroleum Geology, 1995, 20 (5): 302~ 311

41 郝芳, 邹华耀, 杨旭升, 等. 油气幕式成藏及其驱动机制和识别标志 [J]. 地质科学, 2003, 38 (3): 413~ 424

42 郝芳, 邹华耀, 龚再升, 等. 新 (晚期) 构造运动的物质、能量效应与油气成藏 [J]. 地质学报, 2006, 80 (3): 424~ 431

43 龚再升. 渤海海域将成为我国东部石油稳产的重要基地 [J]. 石油科技论坛, 2000, 4: 17~ 25

44 许红, 蔡瑛. 渤海海域油气勘探进展与前景展望 [J]. 海洋地质动态, 2007, 3 (5): 26~ 29

(编辑 高 岩)