

文章编号: 1009-3850(2006)04-0086-05

# 大港油田埕北断坡区油气富集主控因素分析

于长华<sup>1</sup>, 苏俊青<sup>1</sup>, 袁淑琴<sup>1</sup>, 盛东杰<sup>1</sup>, 段润梅<sup>1</sup>, 张立宽<sup>2</sup>

(1. 大港油田公司 勘探开发研究院, 天津 300280; 2. 中国科学院地质与地球物理研究所, 北京 100029)

**摘要:** 埕北断坡区具有优越的成藏地质背景, 具有含油目的层多, 油气藏类型多样, 纵向叠置、平面连片的特点, 油气勘探潜力巨大。通过对已发现油气藏的成藏要素剖析, 认为充足的油气源、良好储集条件和储盖组合、基岩潜山背景下的断阶构造、长期继承性发育的断层、晚期成藏等是控制该区油气富集的主要因素。

**关键词:** 成藏; 油气富集; 主控因素; 埕北断坡区

中图分类号: TE122.3

文献标识码: A

埕北断坡区位于渤海湾盆地黄骅拗陷中区东侧, 为发育在歧口凹陷南斜坡、具有基岩潜山背景的构造带, 北起歧东构造, 南至埕宁隆起北缘, 西达友谊油田, 东至大港探区边界, 勘探面积约  $5 \times 10^4 \text{ km}^2$  (图 1)。自 20 世纪 60 年代投入勘探以来, 埕北断坡区共发现了新近系明化镇组、馆陶组, 古近系东营组、沙河街组一段至三段及中生界等 7 套含油气层系, 已探明张东、张北、赵东、张东东、关家堡和埕海等多个含油气构造, 展示出良好的勘探潜力。目前, 埕北断坡区被确认为大港油田实现增储上产的重点勘探领域。深入钻探证实, 它具有含油目的层多, 油气藏类型多样, 纵向叠置、平面连片, 油气运聚规律复杂多变的特点, 因此开展油气富集主控因素的研究对于优选勘探目标具有重要的意义。

研究发现, 充足的油气源、良好储集条件和储盖组合、基岩潜山背景下的断阶构造、长期继承性发育的断层、晚期成藏等为该区油气富集的主要控制因素。

## 1 歧口凹陷充足的油气源

油源对比研究表明, 埕北断坡区油气主要来自

于歧口生油凹陷。歧口凹陷是黄骅拗陷最大的生油气凹陷, 整个凹陷被北东东向的南、北大港断裂构造带分割成歧南、歧北和歧口(海域) 3 个次级凹陷, 面积近  $8000 \text{ km}^2$ 。歧口凹陷为长期持续沉降的大型开阔断拗型湖盆, 湖盆水体开阔, 生物繁盛, 发育偏腐泥型有机质。凹陷在多期湖侵体系域下形成多套良好的烃源岩, 主要包括沙三段、沙二段、沙一段及东营组 4 套生油层系, 烃源岩最大累计厚度达  $3800 \text{ m}^{[1]}$ , 其中沙三段、沙一段暗色泥质岩为主力烃源岩, 累计厚度达  $1500 \sim 2000 \text{ m}$ , 具有高有机质丰度、高转化能力、高生烃强度、高成熟、高产烃量等特点<sup>[2]</sup>。

据大港油田第三次资源评价结果(于学敏, 黄骅拗陷第三次资源评价, 2002), 歧口凹陷生油量达  $159.3 \times 10^8 \text{ t}$ , 生气量  $2397 \times 10^8 \text{ m}^3$ , 预测石油资源量  $12.72 \times 10^8 \text{ t}$ , 天然气资源量  $2397 \times 10^8 \text{ m}^3$ 。歧口凹陷丰富的油气源为毗邻的埕北断阶区形成大规模的油气聚集提供了雄厚的物质基础。

## 2 良好的储集条件与储盖组合

埕北断坡区自下而上共发育前古近系、古近系沙河街组、东营组、新近系 4 套储层, 并相应构成四

收稿日期: 2006-03-02; 修改日期: 2006-06-06

第一作者简介: 于长华, 1977 年生, 助理工程师, 主要从事石油地质综合研究与油气勘探等工作。

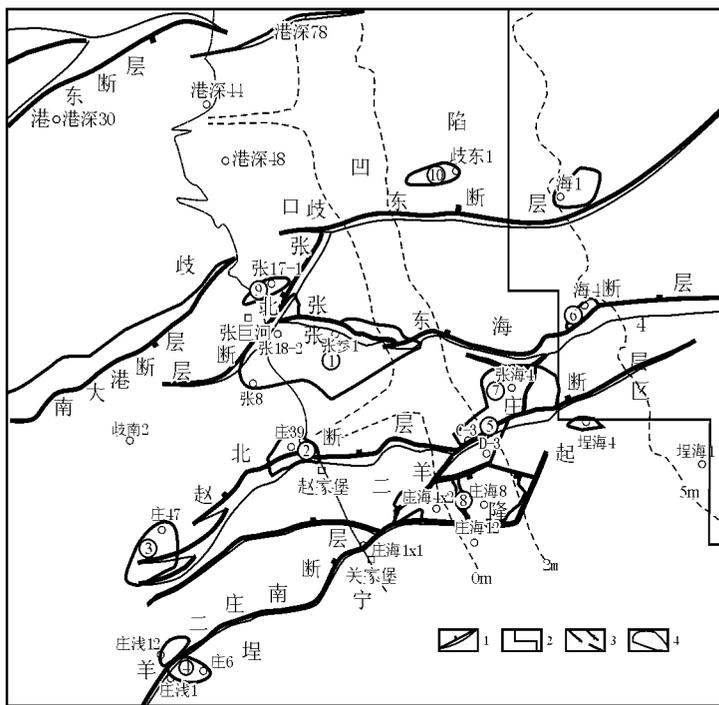


图1 埭北断坡区构造位置图及油气田、含油气构造分布图

1. 断层; 2. 矿区界限; 3. 水深线; 4. 油气田及含油气构造; ①. 张东油气田; ②. 羊二庄油气田; ③. 友谊油气田; ④. 刘官庄油气田; ⑤. 赵东油气田; ⑥. 海4井油气田; ⑦. 张东东含油气构造; ⑧. 关家堡含油气构造; ⑨. 张北含油气构造; ⑩. 歧东含油气构造

Fig. 1 Tectonic setting of the Chengbei fault terraces and distribution of oil and gas fields and structures

1=fault; 2=oil field boundary; 3=bathymetric line; 4=oil and gas field and structure. Oil and gas fields: ①=Zhangdong; ②=Yang'erzhuang; ③=Youyi; ④=Liuguanzhuang; ⑤=Zhaodong; ⑥=Hai-4 well. Oil and gas structures: ⑦=Zhangdongdong; ⑧=Guanjiabao; ⑨=Zhangbei; ⑩=Qidong

大套储盖组合。中、下侏罗统为河流相沉积, 砂体较为发育, 单砂层厚达30~60m, 横向分布稳定, 物性好; 测井解释孔隙度为16%~20%, 渗透率 $(300 \sim 600) \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ 。该套地层呈下粗上细的正旋回, 可形成良好的储盖组合条件。沙三、二段受埭宁隆起古地貌和物源的控制, 大致以海岸线为界发育东西两个水下扇砂体, 储集砂岩发育, 厚达60~120m, 物性较好, 其与上覆沙一段为大套厚层泥质岩区域性盖层, 构成了该区第二套储盖组合。东营组一段为湖泊三角洲相, 东三段和东一段发育三角洲前缘和前三角洲砂体, 可与东二段深湖一半深湖相泥质区域盖层及互层泥岩构成储盖组合。明化镇组、馆陶组河流相砂体发育, 砂岩分布广泛, 单砂层厚度5~25m, 储集物性好, 测井解释孔隙度一般大于25%, 渗透率达 $8400 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ , 属于高孔高渗型储层。馆陶组内部泥岩和明化镇组下段厚层泥岩可作为馆陶组和明化镇组砂岩的优质盖层。上述储盖组合为研究区形成多层系含油的复式油气聚集奠定了基础<sup>[3]</sup>。

### 3 基岩潜山背景下的断阶构造

埭北断坡区为古—中生代古斜坡背景上发育起来的古—新近系断阶构造带。中生代伴随着埭宁隆起的发育, 初步形成南高北低、东西向隆凹相间的构造格局。古近纪, 主控断层规模性发育, 由歧口凹陷区向埭宁隆起区逐级抬升的断阶构造逐步定型, 期间形成数量众多的构造圈闭、岩性圈闭、构造-岩性圈闭和地层圈闭。新近纪为断阶构造的完成期, 构造活动较弱, 部分断层继承性活动, 但已不再控制沉积作用, 受新构造运动的影响, 形成了一系列中浅层圈闭。

这一特殊的构造背景不但决定了该区为继承性的低势区<sup>[4]</sup>, 长期处在油气运移的指向上, 而且油气的运移通道不仅是单一类型的断层、连通砂体或者不整合, 而是由它们组合而成的复杂立体网络体系。油气运移的过程和方式极为复杂<sup>[5]</sup>, 油气从母岩中初次运移后, 通常沿连通砂体(不整合)-断层-连通砂体(不整合)-断层的输导体系, 形成复杂的阶梯状

运移路径,并在斜坡背景下发育的各种圈闭中聚集成藏。如图2所示,张东东沙河街组、中下侏罗统含油气构造—赵东沙河街组、馆陶组和明化镇组含油气构造—关家堡馆陶组、明化镇组含油气构造,就是歧口凹陷油气向埕宁隆起区呈阶梯状运聚成藏的产物。

#### 4 长期继承性发育的断层

研究区内断层十分发育,规模大小不一,以北东、近东西向为主,其中歧东、张东—海4井、羊二庄、赵北、羊二庄南等为主要断层(图1),均为形成于古近纪、长期继承性发育的生长断层,不仅控制了研究区构造和沉积特征,还可连接油气源与储集层,控制着油气的富集规律<sup>[9]</sup>。

从目前发现的油气藏分布特征来看,主断层控制了油气的宏观分布<sup>[3]</sup>。油气主要分布在近北东走向主断层两侧,北东东走向的断层对油气控制程度较弱。同时,断面几何形态影响油气富集的构造位置。北东走向座椅状主控断层与其倾向相反的次级断层构成油气垂向运移通道,油气富集于主断层下降盘,如羊二庄油田(图3a);东西走向的座椅状断层油气主要富集在中深层,如张东油田(图3b);铲式主控断层与其倾向相反的次级断层构成油气垂向运移通道,油气富集于长期活动断层两侧的圈闭中,

如赵东油田(图3c)。此外,通过主断裂生长指数及构造发育史的研究发现,断裂的活动特征决定了含油气层系的分布。北西走向断层在各时期的封闭性都很好;东西向断层在新近纪封闭性最好,但在古近纪封闭性最差;北东向断层在各时期的封闭性都很差。羊二庄油田和赵东油田所在处主断裂在明下段末期活动较强,形成了明下段和馆陶组油气藏,而赵北断层北断在明下段末期活动较弱,因此友谊油田未形成新近系油气藏,油气只是在古近系富集(图3d)。

#### 5 晚期成藏

成藏期晚也是控制埕北断坡区油气富集的主要因素。通过对靠近断坡区的歧口凹陷沙三段和沙一段烃源岩的生排烃史模拟发现,沙三段烃源岩的排烃高峰期出现在明下段沉积末期,明上段沉积末期—第四纪仍继续排烃;沙一段烃源岩排烃较晚,在馆陶期才开始排烃,同样在明下段沉积末期达到排烃的高峰期,明上段沉积末期—第四纪排烃规模也较大。

另外还对断坡区部分岩心样品的包裹体进行了研究,如庄海某井1916m、1942m两个沙三段井壁取芯样品(含油砂岩)流体包裹体分析发现,油气包裹体可划分为3期:早期为液态烃包裹体,中期为气液

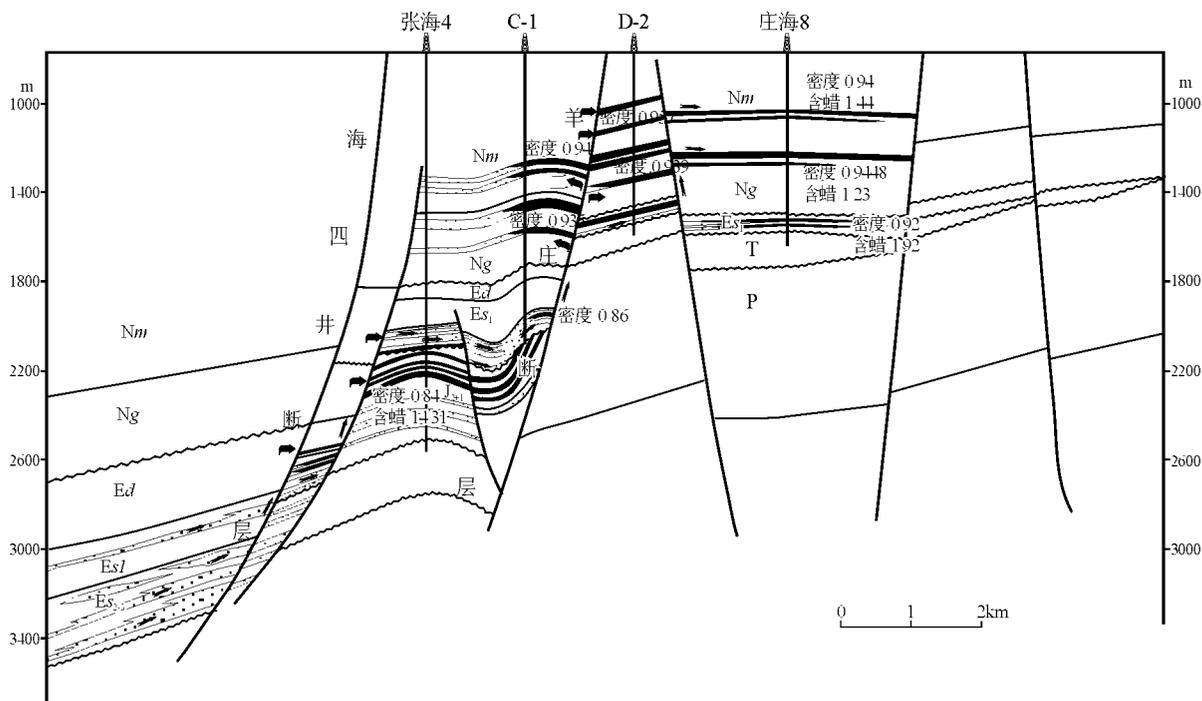


图2 埕北断坡区结构剖面油气运移模式图

Fig. 2 Model showing the step migration of oil and gas in the Chengbei fault terraces

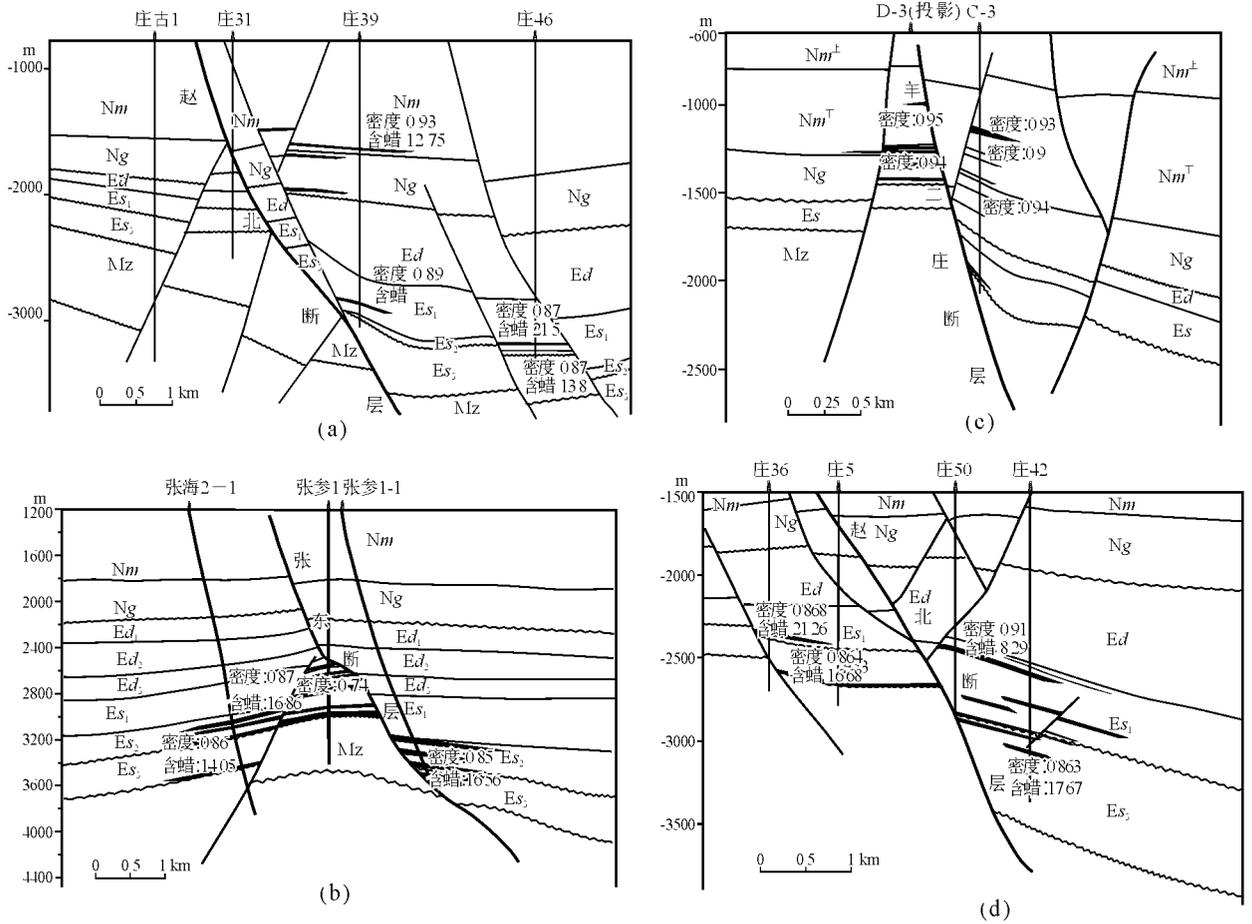


图3 断层与油气成藏关系图

(a). 羊二庄油田油藏剖面; (b). 张东油田油藏剖面; (c). 赵东油田油藏剖面; (d). 友谊油田油藏剖面

Fig. 3 Relationship between faults and oil and gas accumulation

Oil accumulation in: (a) Yang'erzhuang Oil Field; (b) Zhangdong Oil Field; (c) Zhaozhong Oil Field; (d) Youyi Oil Field

态烃包裹体, 晚期为气液态烃包裹体。在剔除早期的原生包裹体后, 含烃盐水包裹体均一温度主要分为两期: 66~68℃、75~77℃。通过与埋藏史图的对比(图4), 揭示油气的充注期为明化镇末期—第四纪。

构造演化史研究表明, 埕北断坡区是在燕山运动晚期隆起, 古近纪的沉积过程中继承了古隆起的特征, 受区内主断裂的控制, 形成了众多不同类型的构造和圈闭, 构造圈闭主要定型于沙河街期; 新近纪, 受渤海新构造运动的影响, 也形成了一系列中浅层圈闭。而油气的生成与成藏主要发生于明化镇组下段沉积末期—第四纪, 因此圈闭形成的时间早于大规模油气成藏期, 古近系烃源岩生成并排出的油气可以源源不断的运移到圈闭, 有利于油气的富集。此外, 该区在明化镇期后构造活动较弱, 由于成藏期晚, 保存条件好, 未造成大规模的油气藏破坏也是该区油气富集的重要原因。

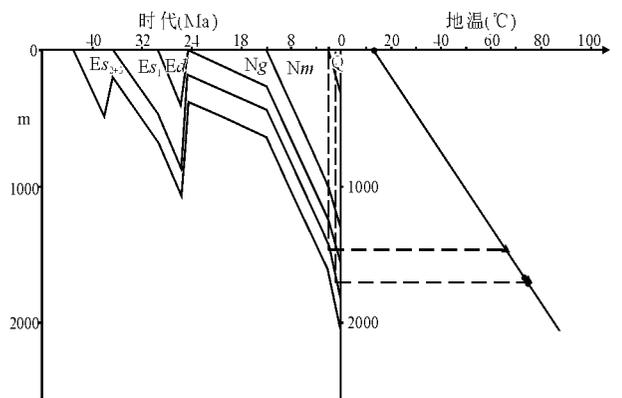


图4 埕北断坡区庄海某井埋藏史与油气注入期次分析图

Fig.4 Burial history and oil injection phases for one well in Zhuanghai within the Chengbei fault terraces

## 6 结论

(1) 埕北断坡区北邻歧口生油凹陷, 油气源充

足,为埕北断坡区的油气富集提供了雄厚的物质基础。

(2) 发育多套储集层砂岩、物性条件好,储盖组合优越是该区油气多层富集的关键。

(3) 埕北断坡区为基岩潜山背景下的断阶构造带,圈闭数量众多,类型丰富,且长期处于油气运移的指向区,油气受复合输导体系的控制以阶梯状运聚成藏模式为主。

(4) 长期发育的主断裂控制了油气的富集规律,断层的几何形态、活动特征决定了油气富集的构造位置和层位。

(5) 油气成藏期晚,主要发生在明化镇末期—第四纪,晚于主排烃期及圈闭大规模形成的时间有利于油气的富集,此外油气充注期晚,成藏期后构造活动较弱,保存条件好也是本区油气富集的重要原因。

#### 参考文献:

- [1] 大港油田科技丛书编委会.第三系石油地质特征[M].北京:石油工业出版社,1999.120—150.
- [2] 杨池银,周宗良,周建生.歧口凹陷含油气系统与油气勘探[J].中国石油勘探,2000,(3):74—80.
- [3] 袁淑琴,丁新林,苏俊青,等.大港油田滩海区埕北断坡区油气成藏条件研究[J].江汉石油学院学报,2004,26(增刊):8—9.
- [4] 王德强,柳广第.歧口凹陷深层流体势场与油气运移[J].石油勘探与开发,1999,16,15—18.
- [5] 张国良,陈国童.歧口凹陷断裂对油气运聚控制作用[J].中国海上油气(地质),1996,10(5):290—296.
- [6] 李延辉,梁惠兰,胡永军,等.渤海湾埕北断阶区油气二次运移模式及其对勘探的作用[J].西安石油大学学报(自然科学版),2004,19(1):19—23.

## Controlling factors for oil and gas accumulation in the Chengbei fault terraces of the Dagang Oil Field

YU Chang-hua<sup>1</sup>, SU Jun-qing<sup>1</sup>, YUAN Shu-qin<sup>1</sup>, SHENG Dong-jie<sup>1</sup>, DUAN Run-mei<sup>1</sup>, ZHANG Li-kuan<sup>2</sup>

(1. *Research Institute of Petroleum Exploration and Development, Dagang Oil Field Corporation, Tianjin 300280, China*; 2. *Institute of Geology and Geophysics, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100029, China*)

**Abstract:** The Chengbei fault terraces are host to many target strata, where the oil and gas pools tend to be vertically stacked and laterally connected, and thus have great potential for oil and gas exploration. The main controlling factors for oil and gas accumulation in the study area include sufficient hydrocarbon sources, good reservoir-seal associations, fault terrace development, inherited fault development, later oil accumulation and diverse migration patterns for oil and gas.

**Key words:** accumulation; oil and gas accumulation; controlling factor; Chengbei fault terraces