

doi:10.3799/dqkx.2013.076

# 断盖配置对沿断裂运移油气的封闭作用： 以南堡凹陷中浅层为例

付广, 杨敬博

东北石油大学地球科学学院, 黑龙江大庆 163318

**摘要:** 为了研究南堡凹陷中浅层油气成藏规律, 采用区域性盖层厚度与断裂断距大小比较和与油气分布关系分析的研究方法, 对断盖配置对沿断裂运移油气的封闭作用进行了研究。结果表明: 断盖配置对沿断裂运移油气有3级封闭作用: (1) 当盖层厚度大于断裂断距, 且断接厚度大于一定值时, 盖层与断裂配置对沿断裂运移油气可起完全封闭作用; (2) 当盖层厚度大于断裂断距, 但断接厚度小于一定值时, 断盖配置对沿断裂运移油气可起部分封闭作用; (3) 当盖层厚度小于断距, 断接厚度小于零时, 断盖配置对沿断裂运移油气无封闭作用。南堡凹陷3套区域性盖层中东二段泥岩和馆三段火山岩2套区域性盖层与断裂配置对沿断裂运移油气均具有完全、部分和无封闭三级作用, 明下段泥岩区域性盖层与断裂配置仅具完全封闭作用。3套区域性盖层与断裂配置的封闭作用之间, 空间不同配置对南堡凹陷中浅层油气聚集分布层位和区域的控制作用主要表现在以下3个方面: (1) 南堡2号地区东二段区域性盖层与断裂配置为完全封闭, 油气主要分布在其下; (2) 南堡1~5区块东二段区域性盖层与断裂配置为部分或无封闭, 馆三段区域性盖层与断裂配置为完全封闭, 油气主要分布在东一段和馆四段; (3) 南堡1号和4号局部地区东二段和馆三段区域性盖层与断裂配置为部分或无封闭, 明下段区域性盖层与断裂配置为完全封闭, 油气从下至上皆有分布。

**关键词:** 断盖配置; 输导断裂; 封闭作用; 断接厚度; 油气分布层位; 南堡凹陷; 石油地质。

中图分类号: P618

文章编号: 1000-2383(2013)04-0783-09

收稿日期: 2013-01-10

## Sealing of Matching between Fault and Caprock to Oil-Gas Migration along Faults: An Example from Middle and Shallow Strata in Nanpu Depression

FU Guang, YANG Jing-bo

Geoscience College, Northeast Petroleum University, Daqing 163318, China

**Abstract:** To study oil-gas accumulation law of middle and shallow strata in Nanpu depression, sealing of matching between fault and caprock to oil-gas migrating through faults was studied by the method contrasting between thickness of caprock and fault distance and analyzing the relation between it and oil-gas distribution. The results indicate that there are three grades sealing of regional caprock to oil-gas migration through faults: (1) when thickness of caprock is bigger than fault distance and faulted thickness of caprock is bigger than a fixed value, matching between fault and caprock can seal fully oil-gas migration through faults; (2) when thickness of caprock is less than fault distance and faulted thickness of caprock is less than a fixed value, matching between fault and caprock can partially seal oil-gas migration through faults; (3) when thickness of caprock is less than fault distance and faulted thickness of regional caprock is less than zero, matching between fault and caprock can not seal oil-gas migration through faults. Matching between faults and regional caprock of  $Ed_2$  and  $Ng_3$  both have a full, partial and no sealing to oil-gas migration through faults, and matching between faults and regional caprock of  $Nm_1$  has full sealing to oil-gas migration through faults in Nanpu depression. Controlling of relation of matching among sealing of matching between fault and three regional caprock to oil-gas migrating through faults to oil-gas accumulation horizons and areas is shown in following three aspects: (1) matching between faults and regional caprock of  $Ed_2$  in Nanpu2 region has full sealing, oil-gas distributes under it; (2) Matching between faults and regional caprock of  $Ed_2$  in Nanpu 1-5 block has partial or no sealing, but matching

**基金项目:** 国家大型油气田及煤层气开发科技重大专项《大气田形成条件、成藏机制与富集规律研究》(No. 2011ZX05007-002)。

**作者简介:** 付广(1962-), 男, 教授, 现从事油气藏形成与保存条件研究。E-mail: fuguang2008@126.com

between faults and regional caprock of  $Ng_3$  has full sealing, oil-gas distributes main in  $Ed_3$  and  $Ng_4$ ; (3) Matching between faults and regional caprock of  $Ed_2$  and  $Ng_3$  in the part of Nanpu1 and Nanpu4 structures have partial or no sealing, but matching between faults and regional caprock of  $Nm_1$  has full sealing, oil-gas distributes from lower to upper.

**Key words:** matching between fault and caprocks; transporting faults; sealing; faulted thickness; oil-gas distribution layer; Nanpu depression; petroleum geology.

南堡凹陷位于渤海湾盆地黄骅拗陷北部,为黄骅拗陷新生代裂谷盆地的二维负向构造单元,总体上具有北断南超的箕状断陷的特征.南堡凹陷从下至上发育古近系的孔店组、沙河街组和东营组,新近系的馆陶组和明化镇组及第四系地层.截止到目前为止,南堡凹陷已找到了高尚堡、柳赞、北堡、老爷庙和南堡 1 号~5 号构造油气田,油气纵向上分布广泛,从下部的沙三段至上部的明化镇组皆有分布,但中浅层油气相对富集,约占总储量的 70%,中浅层又以东一段油气最多,其次是馆一、二段和明下段,东二段和东三段相对较少.这除了受到它们本身储集条件、与源岩的位置关系等因素的影响外,在很大程度上受到区域性盖层阻烃作用的制约,东一段和馆四段储层的区域性盖层为馆三段火山岩,馆一、二段和明化镇组储层的区域性盖层为明下段泥岩,东二段和东三段储层的区域性盖层为东二段泥岩.由于中浅层油气均来自于下伏沙三段或沙一段—东三段源岩,油气在沿断裂向上覆中浅层运移过程中,由于不同储层的区域性盖层被断裂破坏程度不同,其对于沿断裂向上运移油气的封闭作用也就不同,造成油气富集程度也就不同.虽然前人曾对南堡凹陷盖层和断裂输导油气作用进行过大量研究和探讨(王家豪等,2001;谢建磊和杨坤光,2006;董月霞等,2008;周天伟和周建勋,2008;周天伟等,2009;范柏江等,2010;李宏义等,2010;史冠中等,2011;万涛等,2013),但主要是针对盖层和断裂特征及其与油气运聚关系的研究,而将两者联合起来从断盖配置对沿断裂运移油气的封闭作用的研究仍是一个空白.虽然有学者对断盖配置对油气成藏与分布控制作用也开展了研究(付广等,2004,2005;杜春国和付广,2007;付广和王有功,2008;吕延防等,2008;刘士忠和查明,2010;付晓飞等,2011),但只是从被断裂破坏后盖层是否连续角度入手对油气成藏与分布控制进行研究,对按盖层被断裂破坏后连续分布程度划分不同等级,进而对油气成藏与分布控制的研究几乎没有.因此,开展南堡凹陷中浅层断盖配置对于沿断裂运移油气的封闭作用研究,对于正确认识南堡凹陷中浅层油气聚集与分布和指导油气勘探均具有重要意义.

## 1 区域性盖层发育及分布特征

油气钻探结果揭示,南堡凹陷中浅层从下至上主要发育东二段泥岩、馆三段火山岩和明下段泥岩 3 套区域性盖层,其剖面位置如图 1 所示.发育及分布特征如下.

由图 2a 中可以看出,南堡凹陷东二段泥岩盖层除了高柳断裂以北缺失外,其余广大地区皆有分布,最大厚度可达 300 m 以上,主要分布在南堡 5 号和南堡 2 号、3 号构造以北地区,由两个高值区向其四周东二段泥岩盖层厚度逐渐减小,在凹陷西部边部厚度可减小至零.

由图 2b 中可以看出,南堡凹陷馆三段火山岩盖层主要分布在凹陷的西部,最大厚度可达 500 m 以上,主要分布在南堡凹陷 1 号构造,由此向其周围馆三段火山岩盖层逐渐减小,在凹陷西、北部和东部火

地层				盖层	含油层系	
系	统	组	段			
第四系						
新近系	上新统	明化镇组	上段			
			下段			
	中新统	馆陶组	上段	馆陶组上段1段		
			下段	馆陶组上段2段 馆陶组上段3段 馆陶组上段4段		
古近系	渐新统	东营组	一段			
			二段			
			三段	东三段上 东三段下		
		一段	沙一上			
			沙一中			
			沙一下			
	始新统	沙河街组	三段	沙三段1段		
				沙三段2段		
				沙三段3段上		
				沙三段3段下		
				沙三段4段		
			沙三段5段			
			四段			

图 1 南堡凹陷中浅层盖层与油气剖面分布关系

Fig. 1 Relation between caprocks and oil-gas distribution of middle and shallow strata in Nanpu depression

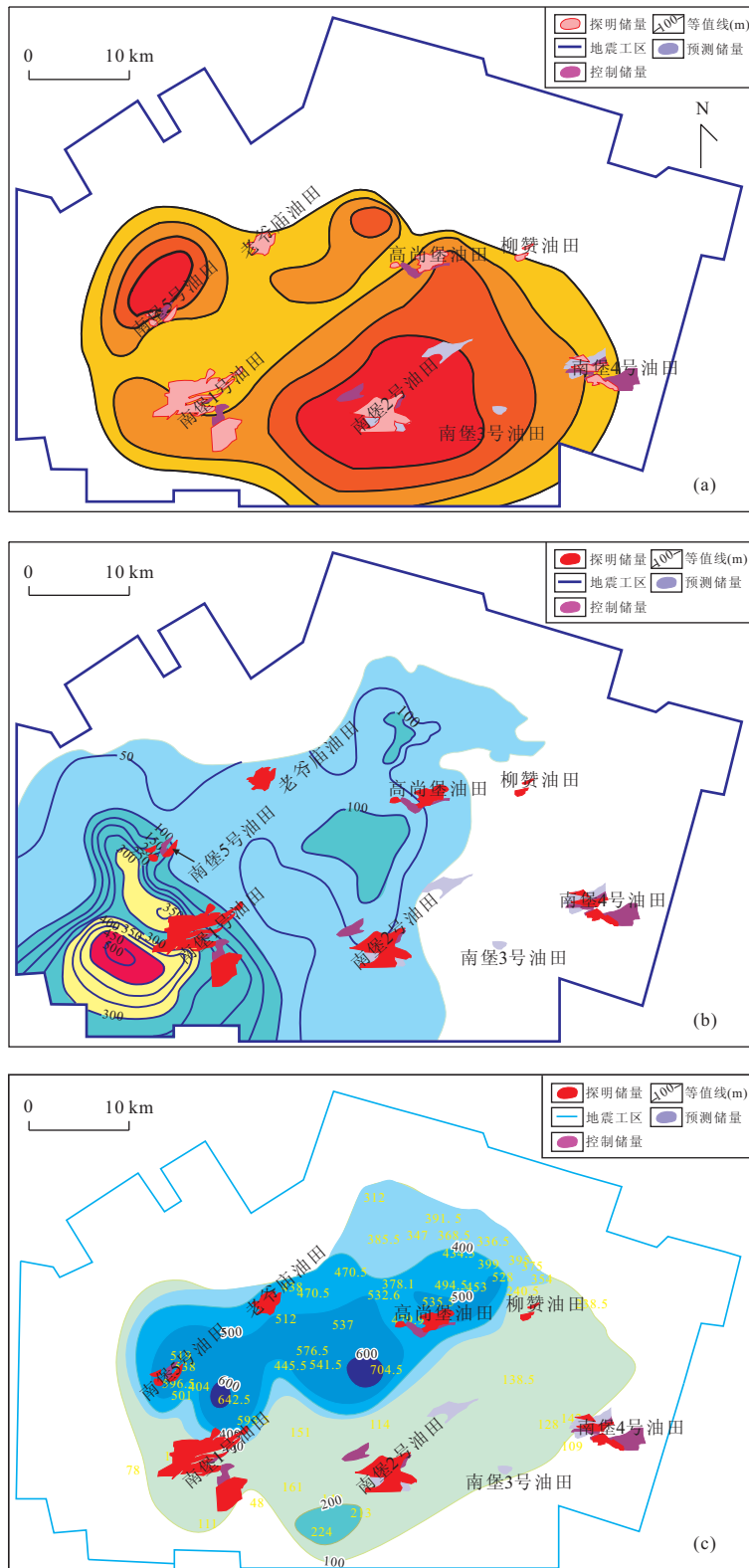


图2 南堡凹陷盖层分布

Fig. 2 Distribution of caprock in Nanpu depression

a. 东二段泥岩盖层分布; b. 馆三段火山岩盖层分布; c. 明下段泥岩盖层分布

山岩盖层厚度逐渐减小至 500 m 以下。

由图 2c 中可以看出,南堡凹陷明下段泥岩盖层

整个凹陷的分布北部厚度明显大于南部,最大厚度可达 600 m 以上,主要分布在老爷庙构造东南和南

堡 5 号构造的西部地区,由 2 个高值区向其四周门下段泥岩盖层厚度逐渐减小,在凹陷南部厚度减小至 100 m 以下.

## 2 油气输导断裂发育及其分布特征

由于沙三段或沙一段一东三段源岩和中浅层地层之间被多套泥岩相隔,沙三段或沙一段一东三段源岩生成的油气难以通过地层孔隙直接运移至上覆中浅层地层中,只有通过断裂的活动开启输导来实现.三维地震资料结果表明,南堡凹陷中浅层各层位断裂发育,断裂密度一般可达到 0.08 条/ $\text{km}^2$ .断距下部小于 200 m,上部小于 100 m,延伸长度下部一般 1~6 km,上部一般 1~4 km.然而并非这些断裂均可成为沙三段或沙一段一东三段源岩生成油气向上覆中浅层且运移的输导通道,只有连接沙三段或沙一段一东三段源岩和中浅层且在沙三段或沙一段一东三段源岩大量排烃期一东营组沉积末期或明化镇组沉积晚期活动的断裂,方可成为沙三段或沙一段一东三段源岩生成油气向上覆中浅层运移的输导通道.由此可知,南堡凹陷中浅层油气运移输导断裂主要是连接沙三段或沙一段一东三段源岩和上覆中浅层不同层位的贯穿断陷层和坳陷层的长期活动断裂.由图 3 中可以看出,南堡凹陷中浅层油气输导断裂发育,尤其是凹陷东部和南部,目前已发现油气的柳赞、高尚堡、老爷庙、南堡 1 号~5 号构造均发育

有输导断裂,这些输导断裂为这些油田沙三段或沙一段一东三段源岩生成的油气向其中浅层运移提供了通道.

## 3 断盖配置对沿断裂运移油气的封闭作用模式及特征

### 3.1 断盖配置对沿断裂运移油气的封闭作用模式

油气在沿着断裂向上运移过程中,其向上运移的距离和层位除受到断裂本身向上延伸距离大小影响外,在一定程度上还要受到盖层被断裂破坏程度的影响.按照盖层厚度和断裂断距的相对大小,可将断盖配置对沿断裂运移油气的封闭作用分为以下 3 级模式:第一级作用模式为断裂断距大于盖层厚度,盖层被断裂完全错开,盖层失去空间分布的连续性,断盖配置不能封闭油气沿断裂向上运移,即对沿断裂向上运移油气无封闭作用,如图 4a 所示;第二级作用模式为断裂断距小于盖层厚度,不能将盖层完全错开,仍保持空间分布的连续性,但盖层的断接厚度(所谓断接厚度等于盖层厚度减去断裂断距)小于某一定值,封闭能力相对较弱,仍会有一部分油气通过盖层向上运移,断盖配置不能完全阻止油气沿断裂向上运移,只能起到部分封闭作用,如图 4b 所示;第三级作用模式为断裂断距小于盖层厚度,且断接厚度大于某一定值,封闭能力相对较强,可以阻止油气通过盖层沿断裂向上运移,起到完全封闭作用,如图 4c 所示.

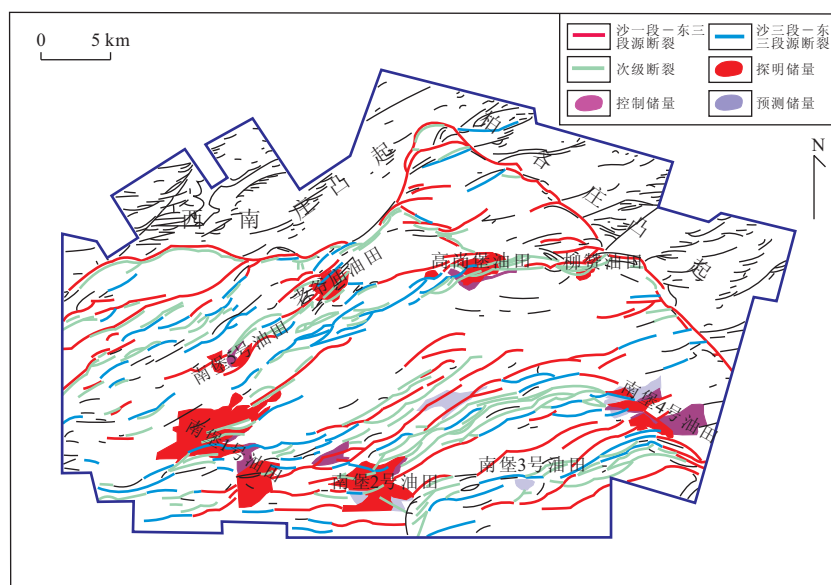


图 3 南堡凹陷中浅层输导断裂分布

Fig. 3 Distribution of faults transporting oil-gas of middle and shallow strata in Nanpu depression

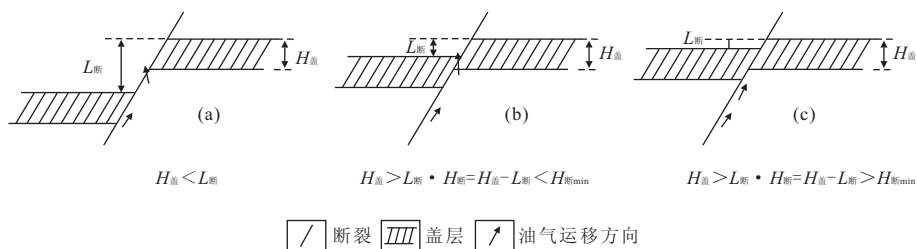


图 4 断盖配置对沿断裂运移油气封闭作用模式

Fig. 4 Scheme of sealing models of matching between fault and caprock to oil-gas migration along faults

a. 无封闭作用; b. 部分封闭作用; c. 完全封闭作用

### 3.2 3 套区域性盖层与断裂配置对沿断裂运移油气的封闭作用特征

通过南堡凹陷中浅层 3 套区域性盖层厚度与油气输导断裂断距相对大小比较可以得到, 42 口井中有 14 口井东二段泥岩盖层厚度小于断裂断距, 东二段泥岩盖层被完全错开, 断盖配置对沿断裂向上运移油气无封闭作用. 有 21 口井东二段泥岩盖层厚度大于断裂断距, 断接厚度大于零, 但小于 90~95 m, 只能部分阻止油气沿断裂向上运移, 断盖配置可起到部分封闭作用. 有 7 口井东二段泥岩盖层厚度大于断裂断距, 且断接厚度大于 90~95 m, 具有较强的阻止油气沿断裂向上运移的能力, 断盖配置可起到完全封闭作用, 如图 5a 所示. 44 口井中有 18 口井馆三段火山岩盖层厚度小于断裂断距, 馆三段火山岩盖层完全被错开, 断盖配置对沿断裂向上运移的油气无封闭作用. 有 14 口井馆三段火山岩盖层厚度大于断裂断距, 断接厚度大于零, 但小于 130~150 m, 只能部分阻止油气沿断裂向上运移, 断盖配置可起到部分封闭作用. 有 12 口井馆三段火山岩盖层厚度大于断裂断距, 且断接厚度大于 130~150 m, 具有较强的阻止油气沿断裂向上运移能力, 断盖配置可起到完全封闭作用, 如图 5b 所示. 50 余口井统计结果表明, 明下段泥岩盖层厚度均大于断裂断距, 且断接厚度大于 90~95 m, 均具有较强的阻止油气沿断裂向上运移的能力, 断盖配置均可起到完全封闭作用.

## 4 对油气聚集与分布的控制作用

由图 5 中 2 套区域性盖层断接厚度与其上下层位油气分布关系可以看出, 断盖配置对沿断裂运移油气的封闭作用模式不同, 油气在其上下聚集与分布层位特征也就不同. 如果东二段泥岩区域性盖层断接厚度大于 90~95 m, 断盖配置具有完全封闭作

用, 油气不能穿过东二段泥岩区域性盖层沿断裂向上运移, 只能在东二段泥岩区域性盖层之下层位中聚集与分布; 反之, 东二段区域性盖层与断裂配置只能对沿断裂运移油气起到部分封闭作用或无封闭作用, 油气可沿断裂部分或全部穿过东二段泥岩区域性盖层向上运移, 油气既可以在东二段泥岩区域性盖层之下层位中聚集与分布, 也可以在东二段泥岩区域性盖层之上层位中聚集与分布, 如图 5a 所示. 如果馆三段火山岩区域性盖层断接厚度大于 130~150 m 时, 断盖配置具有完全封闭作用, 油气不能穿过馆三段火山岩区域性盖层沿断裂向上运移, 只能在馆三段火山岩盖层之下层位中聚集与分布; 反之, 馆三段火山岩区域性盖层与断裂配置只能对沿断裂运移油气起到部分或无封闭作用, 油气可沿断裂部分或全部穿过馆三段火山岩区域性盖层向上运移, 油气既可以在馆三段火山岩区域性盖层之下的层位中聚集与分布, 也可以在馆三段火山岩区域性盖层之上的层位中聚集与分布, 如图 5b 所示. 由于明下段泥岩区域性盖层断接厚度均大于断裂断距, 断盖配置可以完全封闭油气沿断裂通过明下段泥岩区域性盖层向上运移, 油气只能聚集与分布在明下段及以下地层中.

通过南堡凹陷中浅层油气分布层位与 3 套区域性盖层与断裂配置对沿断裂运移油气封闭作用之间不同空间配置关系综合研究, 可以得到其对南堡凹陷中浅层油气聚集分布层位和区域性的控制作用主要有以下 3 个方面.

### 4.1 东二段泥岩盖层断接厚度大于 90~95 m 区域, 油气只能聚集与分布在其下层位中

南堡凹陷 2 号东地区, 东二段泥岩区域性盖层断接厚度大于 90~95 m, 断盖配置对沿断裂向上运移油气具有完全封闭作用, 油气难以通过东二段泥岩盖层向上运移, 只能聚集与分布在东二段及以下层位中, 其上地层中无大量油气聚集分布, 有则仅为



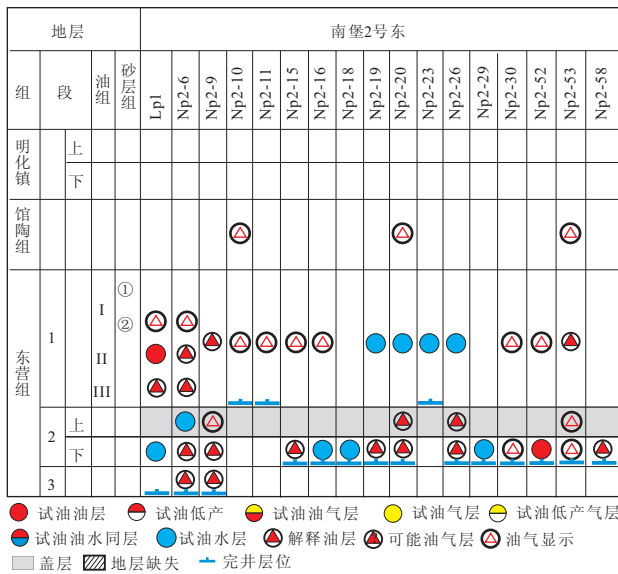


图 6 南堡凹陷 2 号东二段泥盖层断接厚度与油气显示之间分布关系

Fig. 6 Relation between effective thickness of  $Ed_2$  mudstone caprock faulted and oil-gas displays in No. 2 structure of Nanpu depression

泥岩区域性盖层断接厚度小于 90~95 m, 馆三段火山岩区域性盖层厚度小于 130~150 m, 二者的断盖配置对沿断裂向上运移油气只能起到部分或无封闭作用, 油气均可以部分或全部穿过这 2 套区域性盖层向上运移, 但明下段泥岩区域性盖层断接厚度大于 90~95 m, 断盖配置对沿断裂向上运移油气具有完全封闭作用, 油气不能穿过其向上运移, 只能在其下层位聚集与分布. 因此造成这些地区油气从上至下皆有聚集与分布, 如图 8 所示.

### 5 结论

- (1) 断裂对盖层破坏程度不同, 断盖配置对沿断裂运移油气封闭作用也不同, 第一级为完全封闭作用; 第二级为部分封闭作用; 第三级为无封闭作用.
- (2) 南堡凹陷东二段泥岩和馆三段火山岩 2 套区域性盖层与断裂配置对沿断裂运移油气同时具有完全、部分和无 3 级封闭作用, 而明下段区域性盖层与断裂配置仅具完全封闭作用.
- (3) 南堡凹陷南堡 2 号

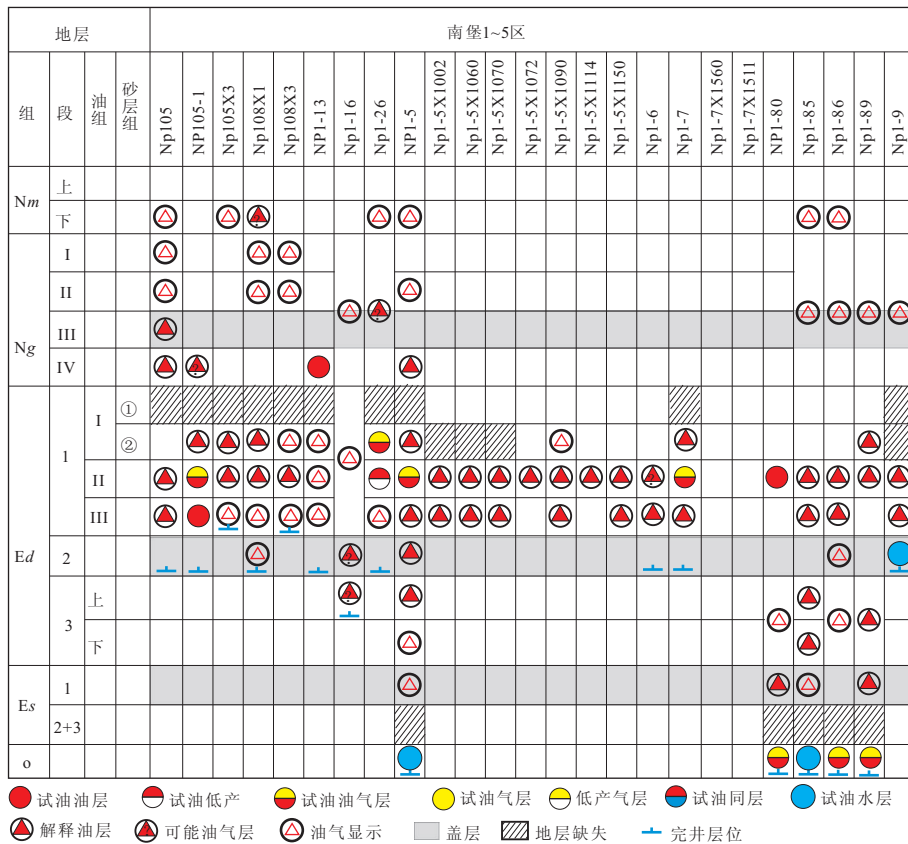


图 7 南堡凹陷 1~5 区东二段泥盖层、馆三段火山岩盖层断接厚度与油气显示之间分布关系

Fig. 7 Relation between effective thickness of  $Ed_2$  mudstone caprock and  $Ng_3$  volcanic caprock faulted and oil-gas displays in 1—5 area of Nanpu depression

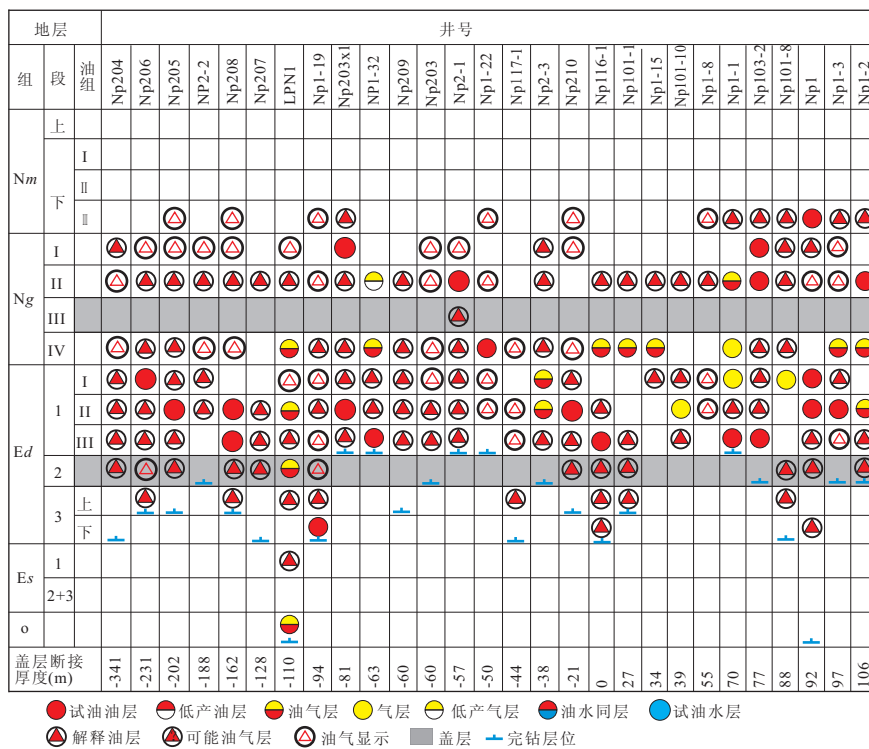


图 8 南堡凹陷 1、2 号构造东二段泥盖层、馆三段火山岩盖层断接厚度与油气显示之间分布关系

Fig. 8 Relation between effective thickness of  $Ed_2$  mudstone caprock and  $Ng_3$  volcanic caprock faulted and oil-gas displays in No. 1 and No. 2 structure of Nanpu depression

东地区东二段区域性盖层与断裂配置对油气具完全封闭作用,油气应主要分布在东二段区域性盖层之下;南堡 1~5 区块东二段区域性盖层与断裂配置对油气具部分或无封闭作用,馆三段区域性盖层与断裂配置对油气具完全封闭作用,油气应主要分布在东一段和馆四段.南堡 1 号和 4 号构造的局部地区东二段和馆三段盖层与断裂配置对油气具部分或无封闭作用,明下段区域性盖层与断裂配置对油气具完全封闭作用,油气应从下至上皆有分布.

References

Dong, Y. X., Wang, Z. C., Zheng, H. J., et al., 2008. Control of Strike-Slip Faulting on Reservoir Formation of Oil and Gas in Nanpu Sag. *Petroleum Exploration and Development*, 35(4): 424-430 (in Chinese with English abstract).

Du, C. G., Fu, G., 2007. Main Factors Controlling Hydrocarbon Accumulation and Distribution in the Second Member of Nantun Formation, Wuerxun Depression. *Natural Gas Industry*, 27(10): 24-27 (in Chinese with English abstract).

Fan, B. J., Liu, C. L., Liu, G. D., et al., 2010. Forming Mechanism of the Fault System and Structural Ecolu-

tion History of Nanpu Sag. *Journal of Xi'an Shiyou University (Natural Science Edition)*, 25(2): 13-23 (in Chinese with English abstract).

Fu, G., Du, C. G., Meng, Q. F., 2005. Analysis to Factors Controlling Formation and Distribution of Oil or Gas Reservoirs in Wuerxun Depression. *Journal of Xi'an Shiyou University (Natural Science Edition)*, 20(1): 8-12 (in Chinese with English abstract).

Fu, G., Lv, Y. F., Fu, X. F., et al., 2004. Time-Space Matching Relation of Source Rock, Caprock and Faults and Its Controlling Effect on Oil and Gas Reservoir in Fault Basin. *Petroleum Geology and Recovery Efficiency*, 11(5): 17-20 (in Chinese with English abstract).

Fu, G., Wang, Y. G., 2008. Time and Space Matching Relation among Accumulation Essential Factors of Gas Reservoirs in Volcanic Rock and Its Controlling to Gas Accumulation: A Case Study of Deep Strata of Xujiaweizi Region. *Earth Science—Journal of China University of Geosciences*, 33(3): 82-88 (in Chinese with English abstract).

Fu, X. F., Wang, H. Y., Sun, Y., 2011. Shallow Gas Genesis and Reservoir Forming Mechanism in the South of Daqing Placanticline. *Earth Science—Journal of China University of Geosciences*, 36(1): 93-102 (in Chinese with English abstract).



- Li, H. Y., Jiang, Z. X., Dong, Y. X., et al., 2010. Control of Faults on Hydrocarbon Migration and Accumulation in Nanpu Sag Bohai Bay Basin. *Geoscience*, 24(4): 754—761 (in Chinese with English abstract).
- Lv, Y. F., Wan, J., Sha, Z. X., et al., 2008. Evaluation Method for Seal Ability of Caprock Destroyed by Faulting and Its Application. *Geological Sinica*, 43(1): 162—174 (in Chinese with English abstract).
- Liu, S. Z., Zha, M., 2010. Accumulation Factors of the Deep Natural Gas in Dongying Depression and Their Time Matching Relation. *Journal of Xi'an Shiyou University (Natural Science Edition)*, 25(1): 24—28 (in Chinese with English abstract).
- Shi, G. Z., Wang, H., Xu, B., et al., 2011. Activity of Baigezhuang Fault of Nanpu Depression and Its Controlling on Sedimentation. *Acta Scientiarum Natrualium Universitatis Pekinensis*, 47(1): 85—90 (in Chinese with English abstract).
- Wan, T., Jiang, Y. L., Dong, Y. X., et al., 2013. Reconstructed and Traced Pathways of Hydrocarbon Migration in Nanpu Depression, Bohai Bay Basin. *Earth Science—Journal of China University of Geosciences*, 38(1): 173—180 (in Chinese with English abstract).
- Wang, J. H., Wang, H., Wang, G. F., 2001. Capping of Thick Mudstones and Its Relationship with Oil and Gas in the Nanpu Depression. *Experimental Petroleum Geology*, 23(4): 418—423 (in Chinese with English abstract).
- Xie, J. L., Yang, K. G., 2006. Analysis of the Closeness of the Main Faults in Nanpu Sag in Southeastern Hebei at Key Hydrocarbon Accumulation Moments. *Journal of Xi'an Shiyou University (Natural Science Edition)*, 21(3): 5—9 (in Chinese with English abstract).
- Zhou, T. W., Zhou, J. X., 2008. Formation Mechanism of X-Pattern Normal Faults during Late Cenozoic and Their Impact on Hydrocarbon Accumulation in the Nanpu Sag of Boai Bay Basin. *Geotectonica et Metallogenia*, 32(1): 20—27 (in Chinese with English abstract).
- Zhou, T. W., Zhou, J. X., Dong, Y. X., et al., 2009. Formation Mechanism of Cenozoic Fault System of Nanpu Sag in Bohai Bay Basin. *Journal of China University of Petroleum (Edition of Natural Science)*, 33(1): 12—17 (in Chinese with English abstract).
- ### 附中文参考文献
- 董月霞,汪泽成,郑红菊,等,2008.走滑断层作用对南堡凹陷油气成藏的控制.石油勘探与开发,35(4):424—430.
- 杜春国,付广,2007.乌尔逊凹陷南二段油气成藏与分布主控因素.天然气工业,27(10):24—27.
- 范柏江,刘成林,柳广弟,等,2010.南堡凹陷断裂系统形成机制及构造演化研究.西安石油大学学报(自然科学版),25(2):13—23.
- 付广,杜春国,孟庆芬,2005.乌尔逊凹陷油气成藏与分布控制因素分析.西安石油大学学报(自然科学版),20(1):8—12.
- 付广,吕延防,付晓飞,等,2004.断陷盆地源盖断时空匹配关系对油气成藏的控制作用.油气地质与采收率,11(5):17—20.
- 付广,王有功,2008.火山岩天然气成藏要素时空匹配及对成藏的控制作用:以徐家围子地区深层为例.地球科学——中国地质大学学报,33(3):82—88.
- 付晓飞,王洪宇,孙源,2011.大庆长垣南部浅层气成因及成藏机制.地球科学——中国地质大学学报,36(1):93—102.
- 李宏义,姜振学,董月霞,等,2010.渤海湾盆地南堡凹陷断面对油气运聚的控制作用.现代地质,24(4):754—761.
- 吕延防,万军,沙子萱,等,2008.被断裂破坏的盖层封闭能力评价方法及其应用.地质科学,43(1):162—174.
- 刘士忠,查明,2010.东营凹陷深层天然气成藏要素及其时间匹配关系.西安石油大学学报(自然科学版),25(1):24—28.
- 史冠中,王华,徐备,等,2011.南堡凹陷柏各庄断层活动特征及对沉积的控制.北京大学学报(自然科学版),47(1):85—90.
- 万涛,蒋有录,董月霞,等,2013.渤海湾盆地南堡凹陷油气运移路径模拟及示踪.地球科学——中国地质大学学报,38(1):173—180.
- 王家豪,王华,王根发,2001.南堡凹陷厚层泥岩的封盖作用及期与油气的关系.石油实验地质,23(4):418—423.
- 谢建磊,杨坤光,2006.冀东南堡凹陷关键成藏时刻主要断裂封闭性分析.西安石油大学学报(自然科学版),21(3):5—9.
- 周天伟,周建勋,2008.南堡凹陷晚新生代X型断层形成机制及其对油气运聚的控制.大地构造与成矿学,32(1):20—27.
- 周天伟,周建勋,董月霞,等,2009.渤海湾盆地南堡凹陷新生代断裂系统形成机制.中国石油大学学报(自然科学版),33(1):12—17.