

似花状断裂密集带富油差异性 ——以渤海湾盆地南堡凹陷中浅层为例

胡明¹,姜宏军²,付广¹,厉娜¹,陈亚军¹

(1. 东北石油大学 地球科学学院,黑龙江 大庆 163318; 2. 中国石油 吉林油田有限责任公司 乾安采油厂,吉林 乾安 131400)

摘要:在三维地震、钻井资料及前人研究成果基础上,利用联合剖面对比追踪,累计隆起幅度和盖层断接厚度等研究方法,分析了渤海湾盆地南堡凹陷中浅层似花状断裂密集带平面和垂向富油特征及其差异性,并建立了油气成藏模式。研究认为:①南堡凹陷内似花状断裂密集带较发育,展布方向主要为北东向,以背形断裂密集带为主;②平面上似花状断裂密集带内部及边部是油气富集的主要区域,内部较边部油气富集程度高,背形似花状断裂密集带较向形似花状断裂带油气富集程度高,背形似花状密集带内累计隆起幅度控制着油气富集程度上限;③垂向上油气富集程度受控于盖层断接厚度,东营组二段盖层断接厚度控制似花状断裂密集带内中浅层的油气聚集,馆陶组盖层断接厚度控制中浅层内垂向油气聚集层位;④背形似花状断裂密集带内累计隆起幅度较大区域,且东营组二段盖层断接厚度小于90~95 m 阈值区域为下一步勘探有利区。

关键词:花状断裂;断裂密集带;累计隆起幅度;成藏模式;南堡凹陷;渤海湾盆地

中图分类号:TE121.2

文献标识码:A

Characterization of petroleum pooling patterns in dense flower-like fault belts: Taking the middle and shallow layers in Nanpu Sag of Bohai Bay Basin as an example

Hu Ming¹, Jiang Hongjun², Fu Guang¹, Li Na¹, Chen Yajun¹

(1. School of Earth Sciences, Northeast Petroleum University, Daqing, Heilongjiang 163318, China;

2. Qian'an Oil Producer, PetroChina Jilin Oil Field Co., Ltd., Qianan, Jilin 131400, China)

Abstract: A study was carried out to investigate oil and gas pooling patterns in belts with densely-distributed flower-like faults in the middle and shallow layers of Nanpu Sag, Bohai Gulf Basin. Methods such as composite profile comparison and tracing, cumulative uplift amplitude and cap rock juxtaposition thickness analyses and etc., were resorted to analyze or establish oil pooling patterns and disparities across (horizontally and vertically) the belts based on seismic and drilling data as well as previous studies. The results indicate that (1) flower-like faults, mostly antiformal faults, are well developed and densely distributed in NE-trending belts of the Sag; (2) horizontally, oil and gas mainly enrich in the inner (containing more pools) and marginal parts of the belts, with enrichment degree being higher in the inner part than in the marginal part and higher in the antiformal dense flower-like fault belt than in the synformal belt, and uplift amplitude controls the upper limits of oil and gas pooling in the antiformal flower-like dense fault belt; (3) vertically, oil and gas pooling is conditioned by cap rock juxtaposition thickness-the juxtaposition thickness of E_3d^2 and $N_{1+2}g$ (both cap rocks) in the Sag were observed to have a control over the oil and gas pooling in the middle and shallow layers in belts with densely-distributed flower-like faults; (4) areas in the antiformal dense flower-like belts with larger cumulative uplift amplitude and juxtaposition thickness of the E_3d^2 being less than 90 m ~ 95 m are considered potential exploration targets in the Sag.

Key words: flower-like fault, dense fault belt, cumulative uplift amplitude, pooling pattern, Napu Sag, Bohai Bay Basin

断裂在大部分含油气盆地内部发育程度较高,控制油气的运聚过程,且与油气分布的关系极为密切,油气藏主要分布在盆地内断裂较为集中的区域^[1-2]。在这些断裂较为发育的盆地内部,断裂在剖面上具有以“地

堑”式、“Y”字型、“反Y”字型或“似花状”多种组合关系;平面上具有密集成带的特征,特别是拗陷构造层,称之为断裂密集带^[3-7]。不同成因的断裂密集带,在平面上的组合形态有所差异,可以表现为平行式、帚状、发辫

收稿日期:2016-03-23;修订日期:2016-06-14。

第一作者简介:胡明(1984—),男,博士、讲师,油气藏形成与保存研究。E-mail:dy_huming@nepu.edu.cn。

基金项目:国家科技重大专项(2016ZX05007-003);国家自然科学基金面上项目(41372153);东北石油大学青年基金项目(2013NQ126)。

状和混合式,分别体现了伸展、扭动、走滑和混合式成因^[7]。断裂密集带的重要成因机制之一为深部先存构造和晚期构造活动双控成因^[2,7-9]。南堡凹陷内部发育的典型断裂密集带就是在 NE-SW 向区域性扭动应力场和先存断裂的共同控制下形成的,在中浅层(古近系东营组一段至新近系明化镇组)内发育的密集带在剖面上以似花状组合为主^[10-13](图1,图2)。凹陷内同为断裂密集带,油气富集程度差异较大,即使同一断裂密集带内在不同部位油气分布也不均匀。前人对松辽盆地北部和渤海湾盆地的研究表明,断裂密集带对油气运聚具有控制作用,但在不同的地质条件下具有差异性,可总结为:①断裂密集带对侧向来源的油气具有横向遮挡与侧向输导作用^[14];②断裂密集带边界断裂是油气成藏的重要油源断裂^[3,5,15-18];③油气主要富集在断裂密集带的内部^[17,19]或边部^[5,15-16,20];④密集带交汇部位是油气聚集的有利区^[14];⑤背斜型断裂密集带是油气聚集的有利部位^[4,21]。综上所述,对关于不同类型密集带油气聚集的差异和同一断裂密集带不同部位的油气聚集差异性的研究相对较少,因此本文在对南堡凹陷似花状断裂密集带类型划分的基础上,对这一问题进行研

究,总结似花状断裂密集带油气运聚差异,并建立了似花状断裂密集带油气运聚成藏模式。

1 区域地质特征

南堡凹陷位于中国东部渤海湾盆地黄骅坳陷北部,为黄骅坳陷新生代裂谷盆地的二级负向构造单元,断陷构造层总体呈北断南超的箕状特征,面积为 1 932 km²。南堡凹陷整体为下断上坳的构造格局,下部发育的断陷构造层整体受北部的西南庄断层和柏各庄断层控制,为北断南超式半地堑结构,由古近系沙河街组(E_3s)构成;中部为断-坳构造层,由古近系东营组(E_3d)组成;上部为坳陷构造层,由新近系馆陶组(N_{1+2g})和明化镇组(N_2m)及第四系(Q)构成。现今已经发现的主要含油层系有明化镇组(N_2m)、馆陶组(N_{1+2g})、东营组一段(E_3d^1)、沙河街组三段(E_3s^3)以及基岩,目前油气勘探成果表明南堡凹陷具有良好的勘探前景。区域内发育 2 套烃源岩,分别位于 E_3s^3 和 $E_3s^1-E_3d^3$ 内。迄今为止,南堡凹陷内发现了高尚堡油田、柳赞油田、唐海油田和北堡油田等 4 个陆上油田,以及南堡 1 号油田、南堡 2

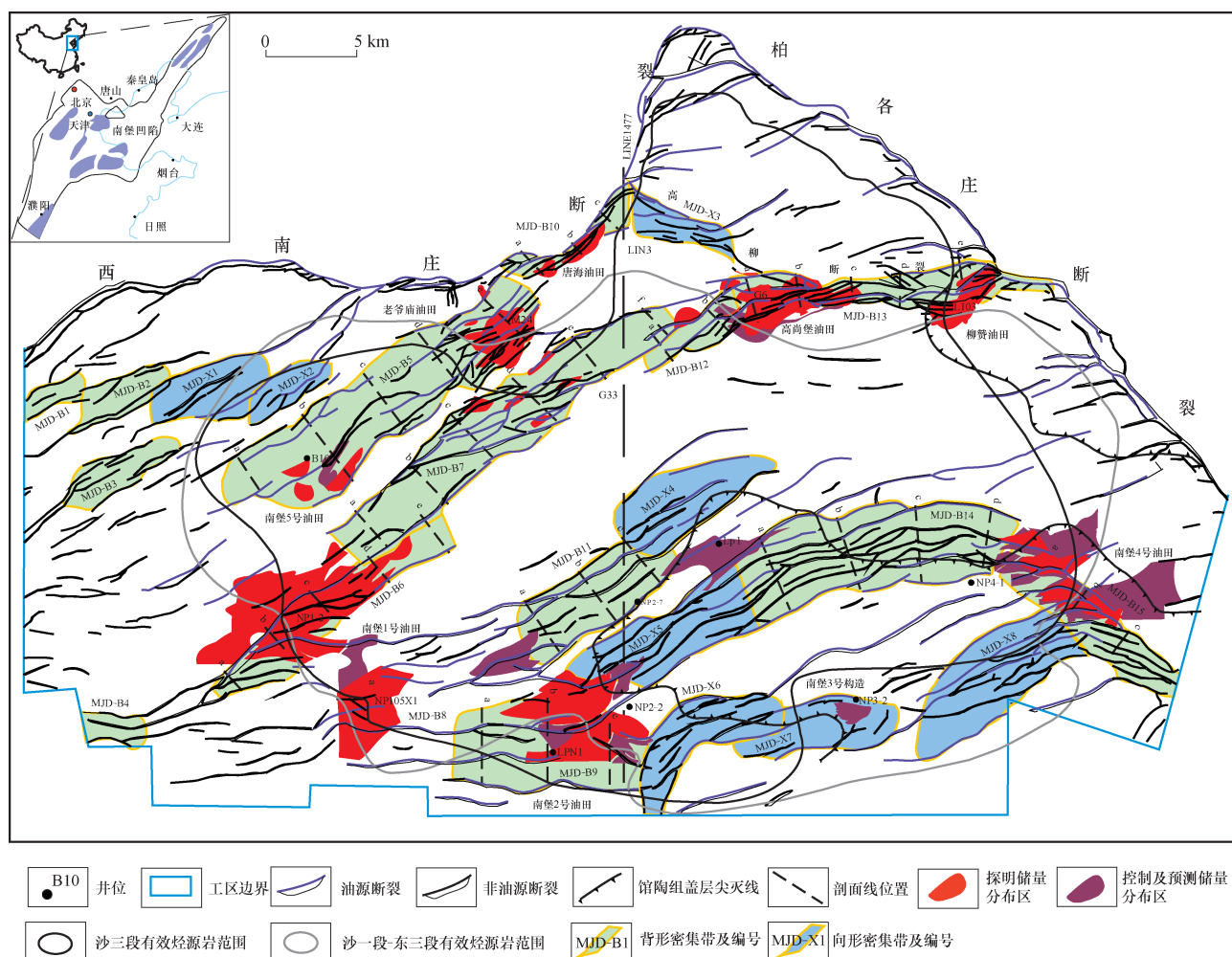


图1 南堡凹陷中浅层断裂密集带及油气平面分布(N_{1+2g} 顶)

Fig. 1 Dense fault belts in the middle and shallow layers of Nanpu Sag and area distribution of oil and gas (top N_{1+2g})

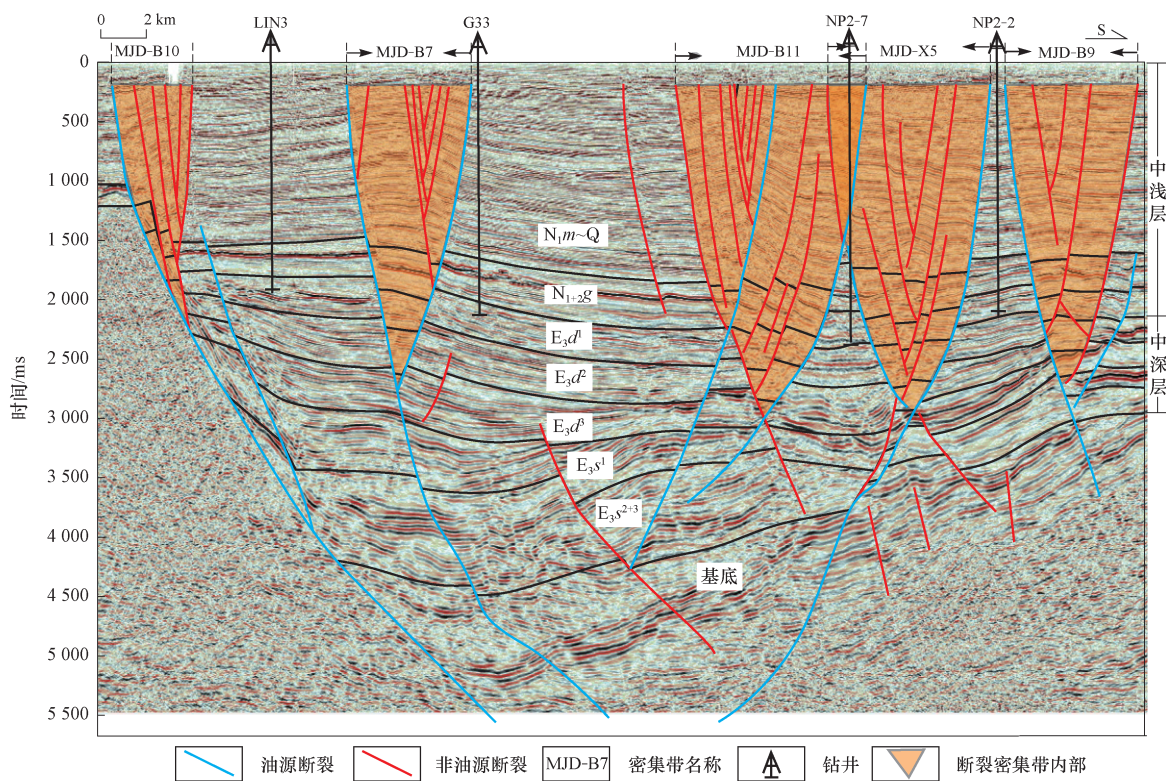


图2 南堡凹陷断裂密集带剖面(测线1477,剖面位置见图1)

Fig 2 Profile of the dense fault belts in Nanpu Sag (Line1477, profile position as shown in Fig. 1)

号油田、南堡3号油田、南堡4号油田和南堡5号油田等5个海上油田(图1)。

2 断裂密集带分布及类型

由过研究区中部的地震剖面可以看出(图2),研究多数断裂具有形态类似负花状构造的组合特征,但又与负花状构造有着明显差异,主要表现在该种组合没有产状竖直且插入基底的根部走滑断裂^[22],因此称之为“似花状构造”^[5]。这种似花状构造在平面上具有可追溯的特征,平面上呈现为断裂密集成带分布的特征,本文称之为“似花状断裂密集带”(以下简称“断裂密集带”)。依据断裂密集带联合剖面对比追踪结果可知,研究区内馆陶组顶面断裂密集带有23条,主要为北东、北东东、近东西向和北西展布(图1)。

研究区内先存断裂走向与晚期NE-SW向扭动应力场斜交,晚期形成的断裂在先存的NW与NE向断裂的透入性影响下均具有扭动性质,因此形成的断裂密集带也均具有扭动的特征,形成的断裂密集带剖面上均呈现为似花状形态^[7]。同时研究区内沟通有效烃源岩且在中浅层油气成藏期活动的断裂(即油源断裂)广泛发育(图1),垂向与侧向来源的油气不易识别,利用断裂密集带与侧向油气的夹角方法^[14]无助于研究区密集带类型划分,因此本文将按照断裂密集带的内外地层剖面形态进行分类。由断裂构成的似花状

断裂密集带呈现为由上至下变窄的“楔形”,在“楔形”内的地层为断裂密集带内部,与“楔形”边界断裂相邻的地层为断裂密集带边部(图2)。图2为贯穿研究区南北,切割了5个似花状断裂密集带。这些密集带中地层的剖面形态有着明显差异,由MJD-B10, MJD-B7, MJD-B11和MJD-B9密集带可以看出,无论内部地层还是两侧地层均向断裂密集带外部倾伏,整体呈现为向上凸起的形态特征,称之为“背形断裂密集带”。而剖面中的MJD-X5断裂密集带内外地层均向内倾斜,整体呈现为向上凹陷的形态特征,称之为“向形断裂密集带”(图2)。按照断裂密集带划分的标准可以看出,研究区内断裂密集带大部分为背形,在馆陶组顶面有15条,主要分布在研究区中部偏西。少部分为向形断裂密集带有8条,主要分布在南堡2号东部和南堡3号构造。

3 断裂密集带与油气分布关系

研究区内油气较为丰富,中浅层油气主要分布在东营组一段、馆陶组上部和明化镇组下部。由提交的储量范围可知(图1),已发现油气藏主要集中在断裂密集带附近,占已经发现油藏总数的99.4%,与断裂密集带无关油藏仅占总油气藏数量的0.6%(图3a)。不同密集带之间存在较大差异,由上述断裂密集带类型划分结果与油气分布关系来看(图3a),油气主要分

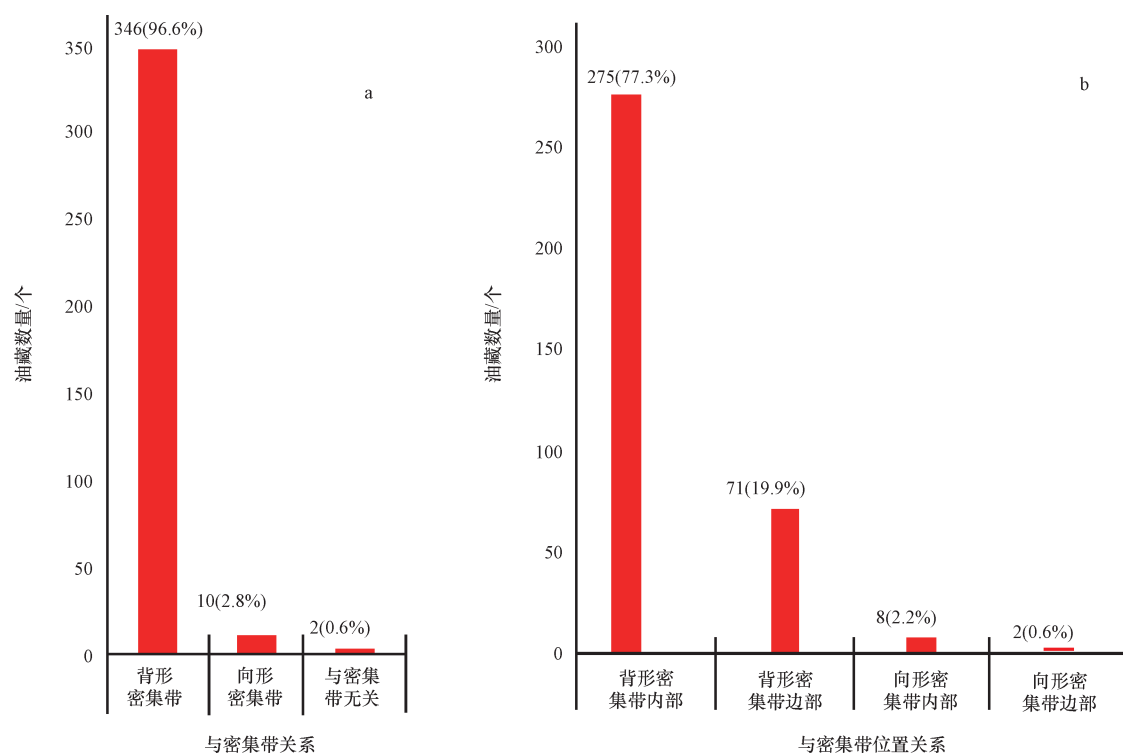


图3 南堡凹陷断裂密集带与油气藏分布关系

Fig 3 Relationship between dense fault belts and hydrocarbon pool distribution in Nanpu Sag

布在背形断裂密集带的内部和边部,约占与密集带相关油藏总数的97.2%,而向形断裂密集带相对较少,为2.8%。同时,油气藏在断裂密集带的内部和边部的分布也有所差异(图3b),与断裂密集带相关油藏中,处于断裂密集带内部油气藏较多,为79.5%,少量富集在边部。其次,沿断裂密集带方向不同部位油气富集程度也有较大差异,如南堡1号断裂密集带(MJD-B6)油气主要分布在中部,4号断裂密集带(MJD-B15)油气主要分布于南部(图1)。

综上,由研究区断裂密集带与油气分布的差异性可以看出,已发现油气藏主要分布于背形密集带。同一类型断裂密集带,主要分布于带内,油气在沿断裂密集带展布方向上局部富集。

4 油气分布差异性

由上述分析可知,不同断裂密集带和同一断裂密集带的不同部位油气分布差异较大,这必然受控于断裂密集带之间及内部的成藏条件的差异。

4.1 平面差异性

断裂密集带类型的差异必然会导致油气成藏条件的不同,由研究区内油源断裂的发育情况可知(图1,2),在有效源岩内的每个断裂密集带均发育有油源断裂,且已发现的中浅层油藏均与该有效源岩范围密切相关,因此源区内油源并不是断裂密集带间平面成藏

差异的关键因素。同时,由前人的研究可知,研究区内东一段、馆陶组和明化镇组砂岩较为发育,砂地比均较大,即由深层来源的油气均能够在中浅层侧向分流^[23-25],故储集层的差异应该不是油气平面分布差异的决定性因素。

在平面上油源断裂和储集砂岩条件大致相同的情况下,本文着重分析不同类型断裂密集带聚油气差异。由图2可以看出,背形断裂密集带内地层为隆起特征,且外部两侧地层向断裂密集带外部倾斜,由断裂密集带边部油源断裂向上运移的油气在遇到东一段良好储层的情况下发生侧向分流,分流的油气也在流体势差的控制下,必然会沿着地层上倾方向向构造位置相对较高的背形断裂密集带内运移。而向形断裂密集带边部油源断裂向上运移的油气分流到储层后,由于向形断裂密集带的内外地层均向内倾斜,外部流体势相对较低的区域成为了油气运移的主要指向区。虽然在向形断裂密集带内少量油气可以侧向进入到具有断层遮挡的圈闭当中,但由实际地质剖面来看(图2),背形断裂密集带主要以反向遮挡断层为主,而向形断裂密集带中则主要以顺向断层遮挡为主。前人研究已经得出反向断层的遮挡条件要明显好于顺向断层的遮挡条件^[26]。从研究区断裂密集带内的顺、反向断层遮挡油气能力也可以看出,反向断层的控油能力较顺向断层更强。反向断裂控制的油藏储量丰富较高,在 $50 \times 10^4 \text{ t/km}^2$ 至 $300 \times 10^4 \text{ t/km}^2$ 以上均有分布,而顺向断层控制油藏的储量丰度则主要集中在 $50 \times 10^4 \text{ t/km}^2$ 至 150

$\times 10^4 \text{ t/km}^2$ (图4)。因此背形断裂密集带较向形断裂密集带油气的指向区有较大差异,致使向形密集带油气难以存留,即使在有充足的油气来源,向形密集带发育的顺向断层圈闭也不利于油气大量聚集。

同为背形断裂密集带,但油气聚集的也具有较大差异。由图1可以看出,在有油气分布的密集带内,油气主要分布在背形断裂密集带内的某一区域,而非整条背形密集带,如南堡1号油田油气主要分布在MJD-B6断裂密集带的中部,而老爷庙油田油气主要分布在MJD-B5断裂密集带的两端。为了研究背形断裂密集带不同部位的差异性,垂直于断裂密集带走向间隔3km截取1条地震剖面,并给予编号(剖面位置见图1)。以南堡1号构造MJD-6断裂密集带为例(图5),不同部位的断裂密集带宽度和密集带内断裂之间地层的倾斜程度均有差异。以明化镇组底界断裂密集带宽度(B)对比可知,b和e剖面的断裂密集带宽度较大,c和d剖面的宽度较小,a剖面最小。a,b和c剖面的地层倾角相对较大,d和e剖面的地层倾角较小。为了能够兼顾反映背形断裂密集带规模和其内部地层的隆起幅度,本文采用背形断裂密集带内地层累计隆起幅度这一参数。断裂密集带内的地层累计隆起幅度计算方法如图6所示,在背形断裂密集带内相邻断裂间,由于地层倾斜所产生的地层翘倾高度分别为 h_1, h_2 和 h_3 (首先读取相邻断裂与地层交点双程反射时间,经时深转换后再计算两断裂间翘倾幅度),则其累计隆起幅度 $H = h_1 + h_2 + h_3$ 。对于不同背形断裂密集带内累计隆起幅度可表达为图6中的公式。若背形断裂密集带宽度一致时,地层倾角越大,带内断裂之间地层翘倾高度越大,密集带累计隆起幅度越大,否则反之;若倾角一致时,背形断裂密集带宽度越大,则断裂之间地层翘倾高度越大,断裂密集带累计隆起幅度越大,否则相反。因此,该参数可兼顾反映背形密集带规模和隆起程度。

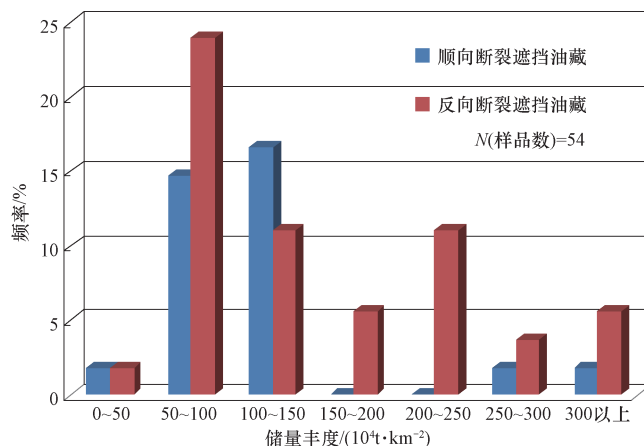


图4 南堡凹陷断裂密集带内顺向、反向断裂遮挡油气藏储量丰度

Fig 4 Reserve abundance of consequent and antithetic faults shielded reservoirs in the fault belts of Nanpu Sag

对研究区内明化镇组底部11条背形断裂密集带内累计隆起幅度进行计算,结果如表1所示。同时将每条剖面线所切过的探明油气藏数量和这些油藏探明地质储量之和绘制相关关系(图7)。由图7可以看出,背形断裂密集带内累计隆起幅度和其切过油藏的探明地质储量外包络线相关性较好,说明断裂密集带规模和隆起幅度控制着油气聚集量的上限。

4.2 垂向差异性

本研究区的油气在垂向上的分布也具有较大差异,由图8中1号和5号含油构造剖面可知,同为背形断裂密集带,在5号含油构造内油藏仅分布于东二段盖层之下,而1号含油构造东部其含油层位则位于馆陶组火山岩盖层之下。更为不同的是1号构造主体部位的油藏在中浅层地层上下均有分布,呈现为不受馆陶组和东二段盖层控制的特征。通过本文的研究认为断裂密集带垂向油气分布的差异是由以下原因导致的。

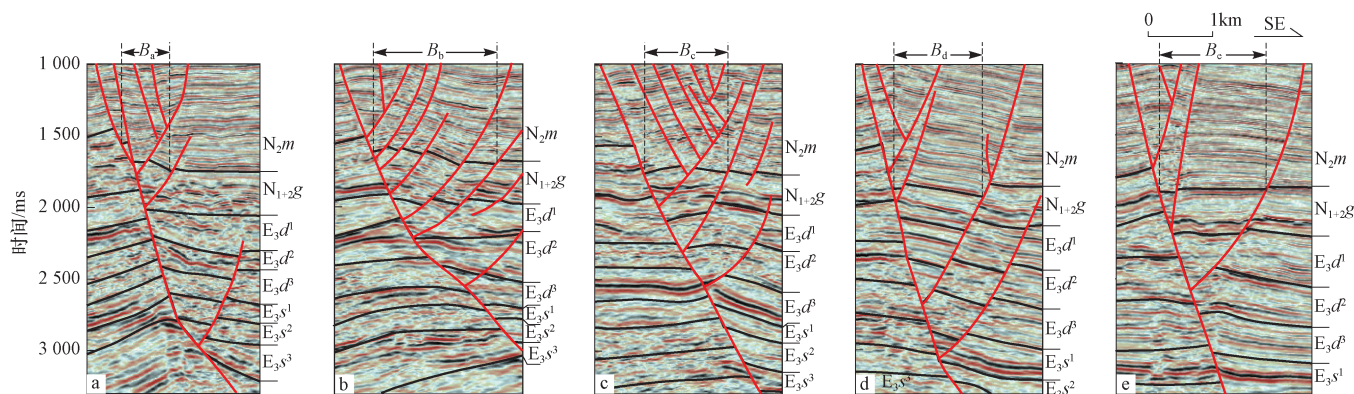


图5 南堡凹陷南堡1号构造MJD-6密集带联合剖面

Fig 5 Composite profiles of the MJD-6 dense fault belt in Napu-No. 1 structure of Nanpu Sag
(B_a-B_e 分别为剖面a—e明化镇组底界断裂密集带宽度,剖面位置见图1。)

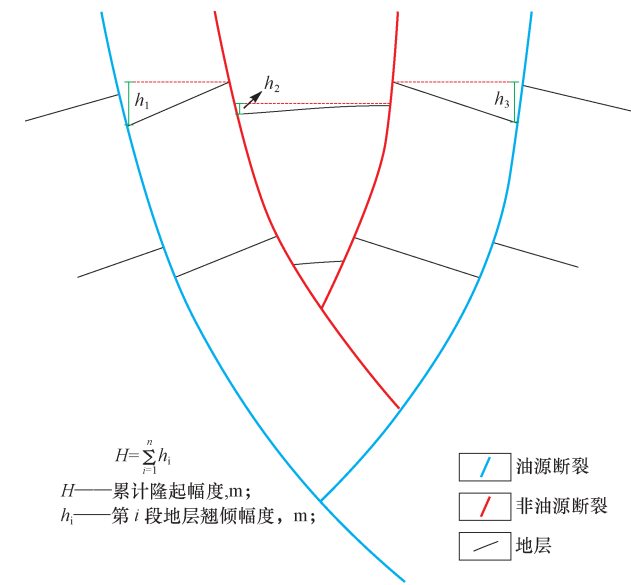


图 6 南堡凹陷背形似花状断裂密集带累计隆起幅度计算示意图

Fig 6 Schematic diagram showing cumulative uplift amplitude in the antiformal flower-like dense fault belts of Nanpu Sag

油源断裂是油气垂向运移的主要通道,断裂密集带处更为密集,油气垂向供给条件相对较好。但不能表明在有油气供给的条件下,油源断裂就一定能够向中浅层供给油气,还取决于断裂与盖层之间的配置关系^[27-28]。盖层断接厚度是断层与盖层配置关系的重要评价参数,断接厚度大于一定值时,油气便不能穿

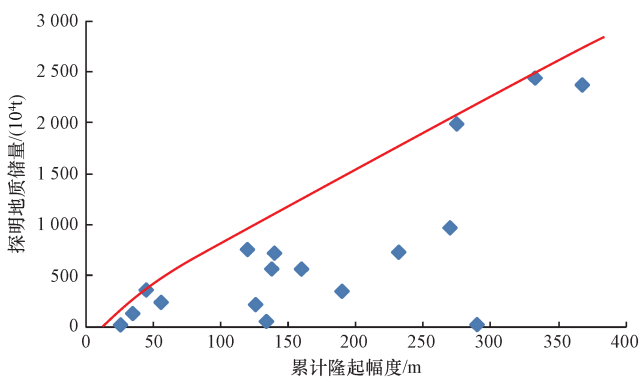


图 7 南堡凹陷背形似花状断裂密集带累计幅度与油气藏探明地质储量关系

Fig 7 Relationship between cumulative uplift amplitude and measured oil and gas reserves in the antiformal flower-like dense fault belts of Nanpu Sag

过盖层向上运移^[27-30]。南堡凹陷中浅层主要发育东二段上部泥岩盖层和馆陶组下部火山岩盖层。由前人研究可知^[4,28],能够阻止油气向盖层之上运移的东二段和馆陶组盖层断接厚度阈值分别为 90 ~ 95 m 和 130 ~ 150 m。由图 8 可以看出,同是背形断裂密集带,在 5 号构造的断裂密集带(MJD - B5)油源断裂东二段断接厚度分别为 249.3 m 和 103.8 m,大于东二段阈值 90 ~ 95 m;而南堡 1 号构造东部断裂密集带(MJD - B8)分别为 58.9 m 和 73.8 m,1 号主体部位分别为

表 1 南堡凹陷背形似花状断裂密集带内累计隆起幅度与探明地质储量

Table 1 Statistics of cumulative uplift amplitude and measured oil and gas reserves in place of the antiformal flower-like dense fault belts in Nanpu Sag

密集带	剖面	累计隆起幅度/m	剖面部位是否已发现油气藏	剖面切割探明油气藏数量/个	密集带内剖面位置探明储量/(10 ⁴ t)	密集带	剖面	累计隆起幅度/m	剖面部位是否已发现油气藏	剖面切割探明油气藏数量/个	密集带内剖面位置探明储量/(10 ⁴ t)
MJD - B5	a	20	否	—	—	MJD - B10	a	134	是	6	47.56
	b	190	是	3	343.60		b	56	是	4	235.61
	c	76	否	—	—		c	100	否	—	—
	d	62	否	—	—	MJD - B11	a	242	否	—	—
	e	126	是	7	213.45		b	285	否	—	—
MJD - B6	a	130	未知	—	—	MJD - B12	c	317	否	—	—
	b	333	是	7	2 436.56		a	88	否	—	—
	c	275	是	13	1 986.25	MJD - B13	b	40	否	—	—
	d	160	是	2	562.31		a	232	是	13	726.74
	e	35	否	—	—		b	140	是	16	717.83
MJD - B7	a	107	否	—	—		c	26	是	6	14.01
	b	145	否	—	—		d	60	否	—	—
	c	260	否	—	—		e	270	是	12	967
	d	290	是	4	16.75	MJD - B14	a	500	否	—	—
	e	317	否	—	—		b	556	否	—	—
	f	97	否	—	—		c	516	否	—	—
MJD - B8	a	45	是	4	356.54		d	372	否	—	—
MJD - B9	a	353	否	—	—	MJD - B15	a	138	是	8	563.25
	b	368	是	11	2 368.5		b	120	是	13	753.67
	c	35	是	8	125.53		c	233	未知	—	—

注:MJD - B6 中 a 剖面 and MJD - B15 中 c 剖面不在冀东油田探区内,含油情况未知,“—”无数据。

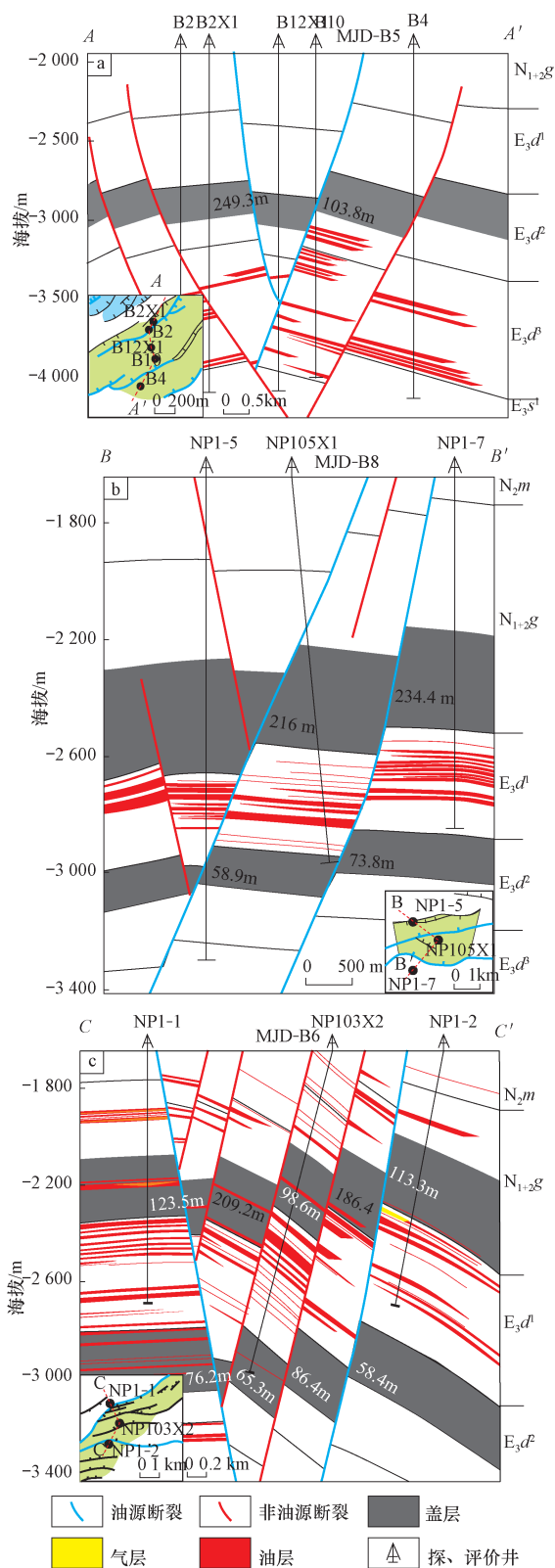


图8 南堡凹陷1号和5号构造似花状断裂密集带油藏剖面
Fig 8 Reservoir section in the antiformal flower-like dense fault belts within No. 1 and No. 5 structures of Nanpu Sag
a. 5号油田剖面; b. 1号油田东部油藏剖面;
c. 1号油田主体油藏剖面

76.2 m 和 58.4 m, 均小于东二段断接厚度阈值 90 ~ 95 m, 导致在 5 号含油构造油藏剖面中油气不能穿过东

二段盖层进入浅部地层成藏, 故无油气聚集。对于馆陶组火山岩盖层, 在南堡 1 号含油构造主体部位断接厚度为 123.5 m 和 113.3 m, 1 号构造东部油藏剖面中, 断接厚度分别为 216 m 和 234.4 m, 1 号构造主体部位盖层断接厚度小于阈值 130 ~ 150 m, 而在东部主体部位 NP1-5 井附近, 均大于该值, 油气不能穿过该套盖层向馆陶组盖层之上地层聚集。因此, 断盖配置是控制断裂密集带油气垂向油气分布差异性的重要因素, 小于阈值区域为中浅层油气聚集有利区, 馆陶组盖层断接厚度仅控制中浅层内部层位油气聚集量垂向差异性。

5 成藏模式

由南堡凹陷现有的成藏条件总结可知, 研究区油气成藏主要以晚期 (馆陶组 - 明化镇组沉积时期) 为主^[31-37], 该成藏时期沙三段和沙一段 - 东营组 2 套烃源岩已经成熟, 在东一段以上中浅层地层中储层均发育良好, 3 套盖层由下至上分别发育在东二段上部、馆陶组下段和明化镇组下段地层中。断裂密集带贯穿源岩、储层、盖层和圈闭各个成藏要素, 使凹陷内下部源岩生成的油气沿断裂向上部运移过程中在各套盖层之下的储层中分流聚集, 油气在平面上呈现为依附于断裂富集, 在垂向上呈现为多层系分布的特征。

综合以上断裂密集带间油气成藏条件的差异, 建立了一套似花状断裂密集带油气成藏模式 (图 9)。油气沿断裂密集带边缘油源断裂向上运移, 在断裂对盖层破坏程度较大区域 (断接厚度小于断接厚度阈值) 向盖层上部储层中运移, 同时一部分进入盖层之下储层中聚集。在向形断裂密集带内沿断裂上来的油气侧向充注之后, 主要被聚集油气能力较差的顺向断层圈闭遮挡成藏, 形成小规模断层遮挡油气藏, 剩余油气可沿断裂穿过盖层 (断接厚度小于断接厚度阈值) 向上部储层中运移, 也可沿地层向侧向的隆起区运移。向形断裂密集带主要形成的油气藏类型为顺向断层遮挡油气藏。对于背形断裂密集带而言, 垂向来源的油气在盖层之下侧向充注, 运移至聚油能力较好的反向断层遮挡成藏。在背形断裂密集带内隆起幅度和规模的控制下, 油气主要运移至累计隆起幅度较高的区域 (图 9 中累计隆起幅度 $H_1 < H_2 < H_3$, 油气由 H_1 部位向 H_3 部位运移), 在累计隆起幅度高的区域油气更为富集。部分油气可能沿断裂穿过盖层 (断接厚度小于断接厚度阈值) 向上部储层中运移, 此外在背形断裂密集带边部还可能来源于向形断裂密集带侧向运移的油气。背形断裂密集带主要形成的油气藏类型为反向断层遮挡油气藏和断块油气藏。

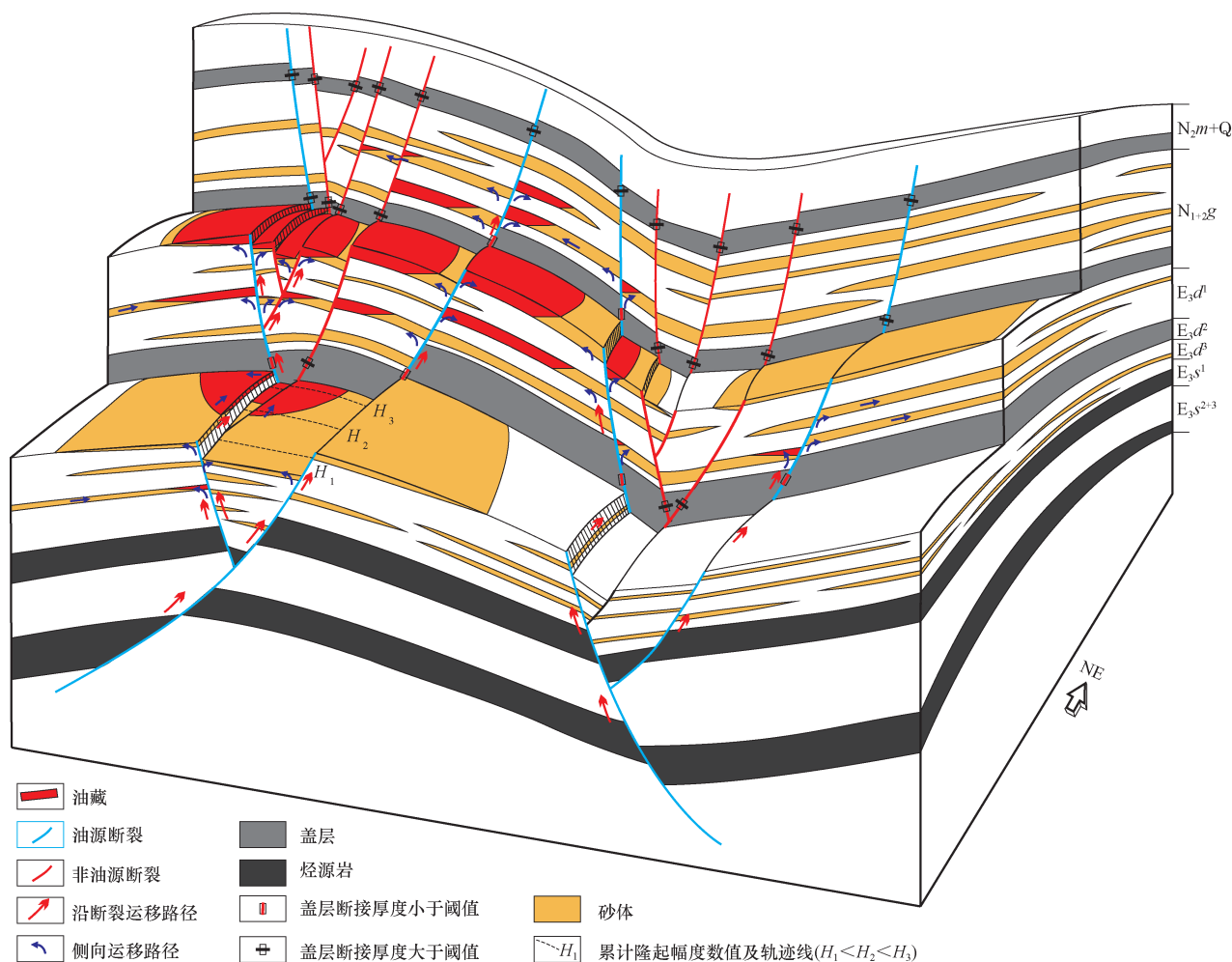


图9 南堡凹陷似花状断裂密集带油气成藏模式

Fig 9 Pattern of hydrocarbon migration and accumulation in the flower-like dense fault belts of Nanpu Sag

6 结论

1) 南堡凹陷在明化镇组北东向右旋张扭的构造应力场和先存的深部断裂共同控制下,断裂表现为扭动性质,剖面呈现为似花状组合,平面上具有密集成带的特征。按照断裂密集带及两侧地层的形态特征,可将其分为背形断裂密集带和向形断裂密集带,南堡凹陷内以背形断裂密集带为主。

2) 在平面上油气主要分布在断裂密集带内部或边部,背形断裂密集带油气较向形断裂密集带更为富集,是由背形断裂密集带主要发育的反向断层侧向遮挡能力较向形断裂密集带主要发育的顺向断层更强。背形断裂密集带内油气较边部更为富集,是由于断裂带上下盘结构差异决定的,断裂的上盘裂缝更为发育且为油气运移的低势指向区,油气优先沿断裂带上盘运移,向反向地层中充注;在背形断裂密集带内部,油气主要富集在地层隆起程度相对较高的部位,油气富集上限受控于背形似花状断裂密集带的累计隆起幅度,累计隆起幅度越大能够聚集的油气的量越多。

3) 南堡凹陷断裂密集带中浅层油气垂向呈现为东营组一段、馆陶组和明化镇组多层位分布的特征,其油气富集层位主要取决于断裂密集带内盖层与断裂的配置关系,即盖层断接厚度,当断接厚度大于断接厚度阈值时油气只能在该套盖层之下断裂密集带内或边部富集聚集,当小于该阈值时,油气可以该套盖层上下均可聚集。

4) 综合似花状断裂密集带油气富集特征可知,在背形断裂密集带内部累计隆起幅度大且未发现油气藏的区域应为下一步勘探的有利区,断裂密集带内东二段盖层断接厚度小于阈值的区域为中浅层油气聚集有利区。

参 考 文 献

- [1] 罗群. 断裂控烃理论与油气勘探实践[J]. 地球科学-中国地质大学学报, 2002, 27(6): 751-756.
Luo Qun. Faultcontrolling hydrocarbon theory and petroleum exploration practice[J]. Earth Science-Journal of China University of Geosciences, 2002, 27(6): 751-756.
- [2] Hindle A D. Petroleum migration pathways and charge concentration; a three-dimensional model[J]. AAPG Bulletin, 1997, 81(9): 1451-

- 1481.
- [3] 孙永河,白鹿,付晓飞. 松辽盆地北部 T_2 反射层断裂密集带成因机制[J]. 地球科学-中国地质大学学报,2013,38(4):797-806.
Sun Yonghe, Bai Lu, Fu Xiaofei. Genetic mechanism of T_2 reflector fault dense zones in northern Songliao Basin[J]. Earth Science-Journal of China University of Geosciences, 2013, 38(4):797-806.
- [4] 吕延防,韦丹宁,孙永河,等. 南堡凹陷断层对中-上部含油组合油气成藏的控制作用[J]. 吉林大学学报(地球科学版),2015,45(4):971-982.
Lü Yanfang, Wei Danning, Sun Yonghe, et al. Control action of faults on hydrocarbon migration and accumulation in the middle and upper oil-bearing group in Nanpu Sag[J]. Journal of Jilin University (Earth Science Edition), 2015, 45(4):971-982.
- [5] 付晓飞,平贵东,范瑞东,等. 三肇凹陷扶杨油层油气“倒灌”运聚成藏规律研究[J]. 沉积学报,2009,27(3):558-566.
Fu Xiaofei, Ping Guidong, Fan Ruidong, et al. Research on migration and accumulation mechanism of hydrocarbon "Reversed Migration" in Fuyu and Yangdachengzi formation in Sanzhao Depression[J]. Acta Sedimentologica Sinica, 2009, 27(3):558-566.
- [6] 付广,刘美薇. 松辽盆地长10区块扶余油层运移输导通道及对油成藏的控制[J]. 沉积学报,2010,28(1):201-207.
Fu Guang, Liu Meiwei. Migration pathways of Fuyu oil layer in chang 10 block in Songliao Basin and its control on oil accumulation[J]. Acta Sedimentologica Sinica, 2010, 28(1):201-207.
- [7] 谢昭涵,付晓飞. 松辽盆地“ T_2 ”断裂密集带成因机制及控藏机理—以三肇凹陷为例[J]. 地质科学,2013,48(3):891-907.
Xie Zhaoan, Fu Xiaofei. The genetic mechanism and accumulation mechanism of “ T_2 ” fault dense zone in Songliao Basin; In Sanzhao depression[J]. Chinese journal of geology, 2013, 48(3):891-907.
- [8] Kornsawan A, Morley C K. The origin and evolution of complex transfer zones (graben shifts) in conjugate fault systems around the Funan Field, Pattani Basin, Gulf of Thailand[J]. Journal of Structural Geology 2002, 24:435-449.
- [9] 童亨茂,聂金英,孟令箭,等. 基底先存构造对裂陷盆地断层形成和演化的控制作用规律[J]. 地学前缘,2009,16(4):97-104.
Tong Hengmao, Nie Jinying, Meng Lingjian, et al. The law of basement pre-existing fabric controlling fault formation and evolution in rift basin[J]. Earth Science Frontiers, 2009, 16(4):97-104.
- [10] 董月霞,汪泽成,郑红菊,等. 走滑断层作用对南堡凹陷油气成藏的控制[J]. 石油勘探与开发,2008,35(4):424-430.
Dong Yuexia, Wang Zecheng, Zheng Hongju, et al. Control of strike-slip faulting on reservoir formation of oil and gas in Nanpu sag[J]. Petroleum Exploration and Development, 2008, 35(4):424-430.
- [11] 池英柳,赵文智. 渤海湾盆地新生代走滑构造与油气聚集[J]. 石油学报,2000,21(2):14-20.
Chi Yinliu, Zhao Wenzhi. Strike-slip deformation during the cenozoic and its influence on hydrocarbon accumulation in the BoHai Bay Basin[J]. Acta petrolei Sinica, 2000, 21(2):14-20.
- [12] Clifton A E, Schlische R W, Withjack M O, et al. Influence of rift obliquity on fault-population systematics; results of experimental clay models[J]. Journal of Structural Geology, 2000, 22(10):1491-1509.
- [13] Tron V, Brun J P. Experiments on oblique rifting in brittle-ductile systems[J]. Tectonophysics, 1991, 188(1-2):71-84.
- [14] 陈方文,卢双舫,徐运亨,等. 断裂密集带对油气运移和聚集的制约研究—以王府凹陷为例[J]. 中国矿业大学学报,2011,42(2):235-239.
Chen Fangwen, Lu Shuangfang, XuYunting, et al. Intensively faulted zones and their controlling on the hydrocarbon migration and accumulation: a case study of the Wangfu depression, Songliao basin[J]. Journal of China University of Mining & Technology, 2011, 42(2):235-239.
- [15] 付晓飞,王洪宇,孙源,等. 大庆长垣南部浅层气成因及成藏机制[J]. 地球科学(中国地质大学学报),2011,36(1):93-102.
Fu Xiaofei, Wang Hongyu, Sun Yuan, et al. Shallow gas genesis and reservoir forming mechanism in the south of Daqing Placanticline[J]. Earth Science-Journal of China University of Geosciences, 2011, 36(1):93-102.
- [16] 刘宗堡,付晓飞,吕延防,等. 大型凹陷向斜区油气倒灌式成藏—以松辽盆地三肇凹陷扶杨油层为例[J]. 地质论评,2009,55(5):685-692.
Liu Zongbao, Fu Xiaofei, Lü Yanfang, et al. Hydrocarbon reversed accumulation model of Big Depression syncline area—a case of the Fuyang reservoir in the Sanzhao Depression[J]. Geological Review, 2009, 55(5):685-692.
- [17] 孙同文,吕延防,刘宗堡,等. 大庆长垣以东地区扶余油层油气运移与富集[J]. 石油勘探与开发,2011,38(6):700-707.
Sun Tongwen, Lü Yanfang, Liu Zongbao, et al. Hydrocarbon migration and enrichment features of the Fuyu oil layer to the east of the Daqing placanticline[J]. Petroleum Exploration and Development, 2011, 38(6):700-707.
- [18] 刘宗堡,索苏,潘龙,等. 松辽盆地大庆长垣南部浅层气富集规律及潜力评价[J]. 石油与天然气地质,2014,35(4):463-472.
Liu Zongbao, Suo Su, Pan Long, et al. Shallow gas accumulation pattern and potential evaluation in southern Daqing placanticline, Songliao Basin[J]. Oil & Gas Geology, 2014, 35(4):463-472.
- [19] 张宏国,官大勇,宿雯,等. 复合型花状构造油气富集规律—以渤海海域蓬莱C构造为例[J]. 东北石油大学学报,2015,39(4):38-45.
Zhang Hongguo, Guan Dayong, Su Wen, et al. Oil and gas enrichment characteristic of compound flower structure: Taking Penglai C structure of Bohai sea for example[J]. Journal of Northeast Petroleum University, 2015, 39(4):38-45.
- [20] 肖佃师,卢双舫,陈海峰,等. 源外斜坡区断裂密集带对油气成藏的控制作用:以松辽盆地肇源南扶余油层为例[J]. 中南大学学报(自然科学版),2012,43(9):3548-3557.
Xiao Dianshi, Lu Shuangfang, Chen Haifeng, et al. Control effect of fault condensed belts in hydrocarbon accumulation in slope area outside of source area: A case study of Fuyu oil layer in Zhaoyuannan region, Songliao Basin[J]. Journal of Central South University, 2012, 43(9):3548-3557.
- [21] 刘宗堡,崔羽西,方庆,等. 凹陷向斜区岩性类油藏油富集主控因素及成藏模式—以松辽盆地升西—徐家围子向斜葡萄花油层为例[J]. 沉积学报,2014,32(4):776-783.
Liu Zongbao, Cui Yuxi, Fang Qing, et al. Oil enrichment main controlling factors and accumulation model of lithologic reservoir in Depression Syncline Area: A case of the Putaohua reservoir in Songliao Basin Shengxi-Xujiaweizi syncline[J]. Acta Sedimentologica Sinica, 2014, 32(4):776-783.
- [22] Hsiao L Y, Graham S A, Tilander N. Seismic reflection imaging of a

- major strike-slip fault zone in a rift system; Paleogene structure and evolution of the Tan Lu fault system, Liaodong Bay, Bohai, offshore China[J]. AAPG Bulletin, 2004, 88(1): 71–97.
- [23] 罗晓容, 雷裕红, 张立宽, 等. 油气运移输导层研究及量化表征方法[J]. 石油学报, 2012, 33(3): 428–436.
- Luo Xiaorong, Lei Yuhong, Zhang Likuan, et al. Characterization of carrier formation for hydrocarbon migration: concepts and approaches[J]. Acta Petrolei Sinica, 2012, 33(3): 428–436.
- [24] 付广, 孙同文, 吕延防. 南堡凹陷断-砂配置侧向输导油气能力评价方法[J]. 中国矿业大学学报, 2014, 43(1): 79–87.
- Fu Guang, Sun Tongwen, Lü Yanfang. An evaluation method of oil-gas lateral transporting ability of fault-sandstone configuration in Nanpu depression[J]. Journal of China University of Mining & Technology, 2014, 43(1): 79–87.
- [25] 胡明. 南堡凹陷中浅层油气成藏要素空间匹配及控藏作用研究[D]. 大庆: 东北石油大学, 2013: 65–75.
- Hu Ming. Accumulation factors space matching and controlling effect of hydrocarbon reservoirs in middle-shallow strata, Nanpu Depression[D]. Daqing: Northeast Petroleum University, 2013: 65–75.
- [26] 李宏义, 姜振学, 董月霞, 等. 渤海湾盆地南堡凹陷断层对油气运聚的控制作用[J]. 现代地质, 2010, 24(4): 755–761.
- Li Hongyi, Jiang Zhenxue, Dong Yuexia, et al. Control of faults on hydrocarbon migration and accumulation in Nanpu Sag, Bohai Bay Basin[J]. Geoscience, 2010, 24(4): 755–761.
- [27] 吕延防, 万军, 沙子萱, 等. 被断裂破坏的盖层封闭能力评价方法及其应用[J]. 地质科学, 2008, 43(1): 162–174.
- Lü Yanfang, Wan Jun, Sha Zixuan, et al. Evaluation method for seal ability of cap rock destructed by faulting and its application[J]. Chinese Journal of Geology, 2008, 43(1): 162–174.
- [28] 付广, 杨敬博. 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[J]. 地球科学-中国地质大学学报, 38(4): 783–791.
- Fu Guang, Yang Jingbo. Sealing of matching between fault and caprock to oil-gas migration along faults: An example from middle and shallow strata in Nanpu Depression[J]. Editorial Committee of Earth Science-Journal of China University of Geosciences, 38(4): 783–791.
- [29] 付晓飞, 贾茹, 王海学, 等. 断层-盖层封闭性定量评价—以塔里木盆地库车坳陷大北-克拉苏构造带为例[J]. 石油勘探与开发, 2015, 42(3): 300–309.
- Fu Xiaofei, Jia Ru, Wang Haixue, et al. Quantitative evaluation of fault-caprock sealing capacity: A case from Dabai-Kelasu structural belt in Kuqa Depression, Tarim Basin, NW China[J]. Petroleum Exploration and Development, 2015, 42(3): 300–309.
- [30] 孙同文, 付广, 吕延防, 等. 南堡1号构造中浅层油气富集主控因素分析[J]. 天然气地球科学, 2014, 25(7): 1042–1051.
- Sun Tongwen, Fu Guang, Lü Yanfang, et al. Main controlling factors on the hydrocarbon accumulation in the middle-shallow layer of 1st structure, Nanpu Sag[J]. Natural Gas Geoscience, 2014, 25(7): 1042–1051.
- [31] 庞雄奇, 霍志鹏, 范泊江, 等. 渤海湾盆地南堡凹陷源控油气作用及成藏体系评价[J]. 天然气工业, 2014, 34(1): 28–36.
- Pang Xiongqi, Huo Zhipeng, Fan Bojiang, et al. Control of source rocks on hydrocarbon accumulation and assessment of gas pools in the Nanpu Sag, Bohai Bay Basin[J]. Natural Gas Industry, 2014, 34(1): 28–36.
- [32] 吴孔友, 李思远, 裴仰文, 等. 准噶尔盆地夏红北断裂带结构及其封闭差异性评价[J]. 石油与天然气地质, 2015, 36(6): 906–912.
- Wu Kongyou, Li Siyuan, Pei Yangwen, et al. Fault zone architecture of Xiaohong North Fault zone in Junggar Basin and its sealing properties[J]. Oil & Gas Geology, 2015, 36(6): 906–912.
- [33] 张雷, 朱伦威, 卢双舫, 等. 徐家围子断陷火山岩天然气盖层差异特征[J]. 石油与天然气地质, 2015, 36(1): 7–16.
- Zhang Lei, Zhu Lunwei, Lu Shuangfang, et al. Differential characteristics of cap rocks of volcanic gas reservoirs in the Xujiaweizi fault-depression, Songliao Basin[J]. Oil & Gas Geology, 2015, 36(1): 7–16.
- [34] 董立, 徐文明, 赵旭, 等. 塔里木盆地柯坪隆起推覆作用对断裂封闭性的影响[J]. 石油实验地质, 2014, 36(1): 46–50.
- Dong Li, Xu Wenming, Zhao Xu, et al. Influence of SE-direction stress produced during thrusting of Keping Uplift on fault sealing of Selibuya Fault in Tarim Basin[J]. Petroleum Geology & Experiment, 2014, 36(1): 46–50.
- [35] 邓杰杰, 胡明毅, 胡忠贵, 等. 浅水三角洲分流河道砂体沉积特征——以松辽盆地三肇凹陷扶Ⅱ—I组为例[J]. 石油与天然气地质, 2015, 36(1): 118–127.
- Deng Qingjie, Hu Mingyi, Hu Zhonggui, et al. Sedimentary characteristics of shallow-water deltas distributary channel sand bodies: a case from Ⅱ—I Formation of Fuyu oil layer in the Sanzhao Depression, Songliao Basin[J]. Oil & Gas Geology, 2015, 36(1): 118–127.
- [36] 王黎, 王果寿, 邱岐, 等. 松辽盆地梨树断陷深部层系沉积特征及演化分析[J]. 石油实验地质, 2014, 36(3): 316–324.
- Wang Li, Wang Guoshou, Qiu Qi, et al. Sedimentary features and evolution of deep series in Lishu Fault Depression, Songliao Basin[J]. Petroleum Geology & Experiment, 2014, 36(3): 316–324.
- [37] 李占东, 王殿举, 张海翔, 等. 松辽盆地南部东南隆起区白垩系泉头组典型河流相沉积特征[J]. 石油与天然气地质, 2015, 36(4): 621–629.
- Li Zhandong, Wang Dianju, Zhang Haixiang, et al. Sedimentary characteristics of typical fluvial facies in the Cretaceous Quantou Formation in southeast uplift of southern Songliao Basin[J]. Oil & Gas Geology, 2015, 36(4): 621–629.

(编辑 董立)