

中国西部盆地台盆区高角度断层的成因及控油气作用分析

康永尚^{1,2}, 曾联波², 张义杰³, 文永红², 向辉⁴

1. 中国石油大学石油天然气成藏机理教育部重点实验室, 北京 102249

2. 中国石油大学资源与信息学院, 北京 102249

3. 中国石油新疆油田分公司勘探处, 新疆克拉玛依 834000

4. 中国石油新疆油田分公司准东采油厂勘探开发研究所, 新疆阜康 831511

摘要: 给出了中国西部盆地台盆区普遍发育高角度(倾角 $>45^\circ$)断层的证据,从断裂形成的力学机制上分析了高角度断层的成因,认为中国西部盆地台盆区高角度断层的形成主要受压扭性应力场控制,同时与脆性地层的变形特点有关。断层面静封闭压力由岩石泊桑比、上覆地层容重、断层埋藏深度和倾角、最大和最小主应力以及断层走向与最大主应力方向的夹角等计算,作为断层开启性评价的一个指标,断层面静封闭压力的计算表明,断层的开启性随断层倾角的增加而增加,同时,沿断层面运移的油气所受浮力在平行断层面方向上的分力也随着断层倾角的增加而增加,这就决定了高角度断层更有利于油气的垂向运移。结合西部盆地的具体分析,认为中国西部盆地区域性高角度断层是沟通深部成藏动力学系统与中上部成藏动力学系统的重要通道,是中上部系统成藏的关键,决定着中上部系统中油气的分布,在每一系统内部发育的高角度断层具有使油气在断层断开的最新层位中优先充注成藏的基本规律。这些认识对指导油气勘探具有重要意义,而且,这些认识同样可推广到其他存在高角度断层的盆地中。

关键词: 西部盆地;台盆区;高角度断层;断层开启性;油气运移和分布。

中图分类号: P618.130.2

文章编号: 1000-2383(2005)04-0459-08

收稿日期: 2005-02-13

Formation Mechanism of High-Obliquity Faults in Platform Areas of Chinese Western Basins and Their Control on Petroleum Migration and Occurrence

KANG Yong-shang^{1,2}, ZENG Lian-bo², ZHANG Yi-jie³, WEN Yong-hong², XIANG Hui⁴

1. Key Laboratory for Hydrocarbon Accumulation Mechanism, China University of Petroleum, Ministry of Education, Beijing 102249, China

2. Faculty of Natural Resources and Information Technology, China University of Petroleum, Beijing 102249, China

3. Exploration Department, Xinjiang Oilfield Company, PetroChina, Karamay 834000, China

4. Exploration & Development Research Institute, Zhundong Oil Production of Xinjiang Oilfield Company, PetroChina, Fukang 831511, China

Abstract: High-obliquity faults (superior to 45°) are very commonly encountered in the platform areas in Chinese western basins. Geomechanical analysis demonstrates that high-obliquity faults are produced by the compression-torsion stress field existing in Chinese western basins, and they may also be related to the stratum's brittle deformation. Static sealing pressure, which can be calculated from Poisson's coefficient, burial depth, obliquity degree of the fault, and maximum and minimum principal stresses, is used as an index of the sealing capacity or openness degree of a fault for petroleum migration. The calculation of static sealing pressure indicates that the openness degree of a fault increases with the fault's obliquity degree. The floating force decomposition illustrates that the decomposed force along the fault surface also increases with the fault's obliquity degree.

基金项目:国家“973”项目(No. G19990433);新疆油田公司与中国石油大学合作项目。

作者简介:康永尚(1964—),男,教授,主要从事油气勘探地质、地质工程等方面的教学科研工作。E-mail: kangysh@sina.com

uity degree. Therefore, vertical, cross-formational petroleum migration via a high-obliquity fault is easier than via a low-obliquity fault. This conclusion is applied to interpret the control of high-obliquity faults on petroleum migration and occurrence in the Tarim and Junggar basins of western China. Conclusions are: (1) Regional high-obliquity faults crossing different dynamic fluid systems control the petroleum distribution in different systems, especially as petroleum migration pass-ways for the middle-upper systems, as they are essential for pool formation in the latter; (2) Inside each dynamic fluid system, petroleum migrating along high-obliquity faults is most likely to fill the newest layer cut by the faults. The conclusions obtained have clear implications for petroleum exploration and these conclusions can be extended to other basins where high-obliquity faults exist.

Key words: Chinese western basin; platform area; high-obliquity fault; fault's openness; petroleum migration and occurrence.

0 引言

断层对油气运聚、成藏的控制作用,历来受到关注(Smith, 1980),尤其是近年来,国内外在该方面的研究十分活跃(Sibson, 1994; Perez and Boles, 2002; Shutaro *et al.*, 2002; 罗群, 2002; 罗晓容等, 2004),得到的基本共识是在活动期断裂具有通道作用,在静止期断裂具有封闭作用,当然,断层两盘的岩性对接情况对断裂的通道或封闭作用的强度起到一定的影响(Allen and Allen, 1990).

中国西部盆地多是经历多次复合、叠加才最终定型的,盆地多由海相沉积过渡到陆相沉积,经历了多次大规模的构造运动,断裂是叠合盆地控制油气生运聚散和分布的根本原因(罗群, 2002),针对中国西部叠合盆地断裂的控油气作用,前人已做过大量工作(魏国齐等, 1995; 王燮培和严俊君, 1995; 杨春林等, 2000; 魏国齐和贾承造, 2001).

在对中国西部叠合盆地油气地质研究的过程中,笔者注意到中国西部盆地台盆区广泛发育高角度断层这一客观地质现象,本文尝试从成因上分析这些高角度断层形成的机制,并结合具体实例分析、探讨油气沿高角度断裂垂向运移过程中在纵向上各层系中分配充注的基本规律,为分析中国西部盆地台盆区高角度断裂的控油气作用提供一条新的思路,以提高油气分布预测的准确性,有效地指导油气勘探.

1 西部叠合盆地台盆区高角度断层普遍发育的证据及其形成机制

从中国西部盆地的勘探实际看,台盆区广泛发育高角度断层(倾角 $>45^\circ$)是个不争的事实(表 1),而且这类断层多以一定的构造组合样式出现.

在塔里木盆地轮南地区,轮南断层与其派生的轮南南断层、桑塔木断层与其派生的桑塔木南断层

在剖面上分别构成了“Y”字形断层组合(图 1),其中,轮南断层是本区规模较大的一条基底逆断层,走向北东转东西,断面南倾,倾角较陡(图 1),最大断开层位震旦系—三叠系.

准噶尔盆地陆东地区呈现的两凸夹一凹的构造格局主要就是受大型高角度逆断层控制的,如滴水泉南北断层、石南 1 井西和石南 1 井东断层、三个泉断层等,倾角普遍较高(表 1),其中,滴水泉南断层直接影响到滴西凸起和滴水泉凸起的油气聚集和分布,断层倾角达 $70^\circ\sim 80^\circ$,断开层位石炭系—三叠系,部分断至侏罗系,垂直断距 410~650 m,断距下大上小,对二叠系和三叠系沉积有明显的控制作用.

在柴达木盆地尕斯地区,逆断层一般都具有高角度(图 2,表 1),并且这类断层多为同生逆断层,相伴生的是正牵引背斜(图 2),它们组合形成的构造样式是油气聚集的重要场所.

高角度断层在台盆区是一个普遍现象,这类断层的形成机制到底是怎样的呢?进一步分析原因,发现其主要受区域应力场和地层沉积共同控制,其中压扭性应力场起着关键作用.在塔北地区, NNE 向断层的发育是盆地北缘板块活动对盆地造成的巨大挤压应力的结果,在这种压扭性应力场作用下(魏国齐等, 1995),轮南断层和桑塔木断层构造组合得以形成;仔细观察发现,南北向的挤压应力并没有引发大规模的褶皱,而是相对垂直的上升运动,从力学机制上看,一方面反映了应力的快速释放,另一方面也说明地层脆性变形的特点.在陆东地区,海西中晚期,在强烈的压扭性应力场作用下,深层压扭性断层形成发展,一直延续到印支期,它们在平面上呈雁列式排列,个别断层在燕山期都有不同程度的活动和发展,如滴西 1 井区的雁列式断层(图 3),就是受北北西向的挤压应力而形成的.另外,石南 2 号西断层、石南 1 井东断层、石南 1 井西断层、滴水泉北断层、滴水泉南断层、三个泉北断层、陆南断层也是在晚海西期受压扭性应力作用形成并相继定形的.在

表 1 西部叠合盆地部分断层倾角统计

Table 1 Statistics of some faults' obliquity in some western basins

地区	断层名称及级别	断穿层位及倾角/(°)						
		TP ₁	TT ₁	TJ ₁	TJ ₂	TJ ₃	TJ ₄	TK ₁
准噶尔盆地陆东地区	滴水泉北断层 II		76	81	81	83	83	
	滴水泉南断层 II	80	80	80	80	81	81	
	滴水泉断层 III	63	67	67				
	石南 1 井西断层 II		67	59	65	65		
	石南 1 井东断层 II		79	79	57			58
	三个泉北断层 I		63	64	65	67		70
	泉 1 井 1 号断层 III		83	83	83	83	83	83
	泉 1 井 2 号断层 III		58	58	59	59	59	62
	泉 1 井 3 号断层 III		79	79	82	82	84	84
	陆南 1 井断层 III			72	74	77	77	78
柴达木盆地尕斯地区	七个泉断层		T ₁ -T ₆				64	
	红柳泉断层		T ₁ ² -T ₆				63~75	
	阿东断层		T ₁ -T ₆				64~82	
	Ⅳ断层		T ₁ -T ₆				73~80	
	Ⅵ断层		T ₁ -T ₆				80	
	乌南断层		T ₂ -T ₆				85	

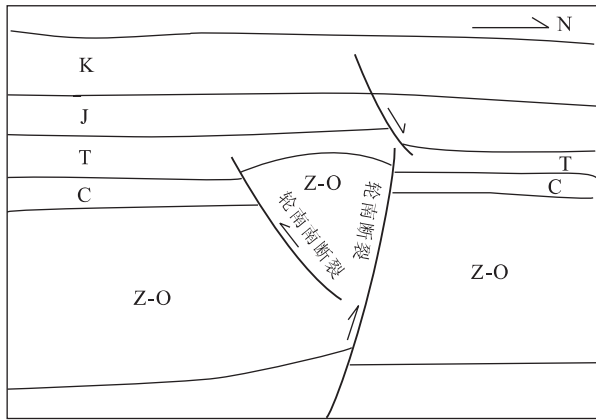


图 1 塔里木盆地轮南断层与轮南南断层的“Y”字型组合
Fig. 1 “Y” type combination between Lunnan fault and southern fault in Lunnan uplift of Tarim basin

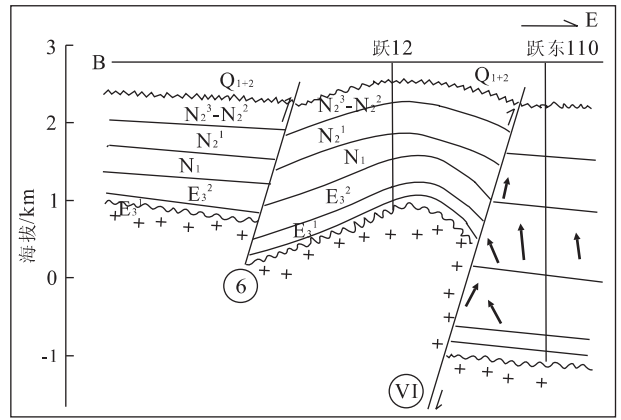


图 2 跃进 2 号东高点连井剖面
Fig. 2 Cross-well profile of the east highland of Yuejin 2

柴达木盆地尕斯凹陷,由于受第三纪阿尔金走滑断层活动的影响,该区断层也表现出一定的扭动性质,即形成压扭性同生逆断层,对构造的发育和形成有较大的影响.总之,这种高角度的断层主要受压扭性应力场控制,同时对地层的脆性变形也有一定的影响.

2 西部叠合盆地台盆区高角度断层对油气运移的意义

2.1 断层的开启性随断层倾角的增加而增加

从对油气的运移角度看,断层的封闭性起主要的控制作用,封闭作用存在广泛性(而不是普遍性)、

相对性和易变性(王平等,1994),但总体上还是受应力场控制,断层的封闭性是断面所受静封闭压力的函数,随着断面所受静封闭压力的增大,断层的开启性减小,静封闭压力(P_i)可由下式来表示:

$$P_i = \frac{\mu}{1-\mu} \cdot H \cdot \rho_s \cdot \sin\theta + H \cdot \rho_w \cdot \cos\theta -$$

$$H \cdot \rho_w + \sigma_1 \cdot \sin\theta \cdot \sin\beta \pm \sigma_3 \cdot \sin\theta \cdot \cos\beta$$

式中, P_i 为作用于断面上的静封闭压力(MPa); μ 为岩石泊桑比; H 为埋藏深度(km); ρ_s, ρ_w 分别为上覆地层岩石和地层水的容重(kg/m^3); σ_1, σ_3 分别为构造应力场的最大、最小主应力(MPa); θ 为断层倾角; β 为构造应力场的最大主应力与断层走向的夹角.

根据以上公式,笔者计算了准噶尔盆地陆东地

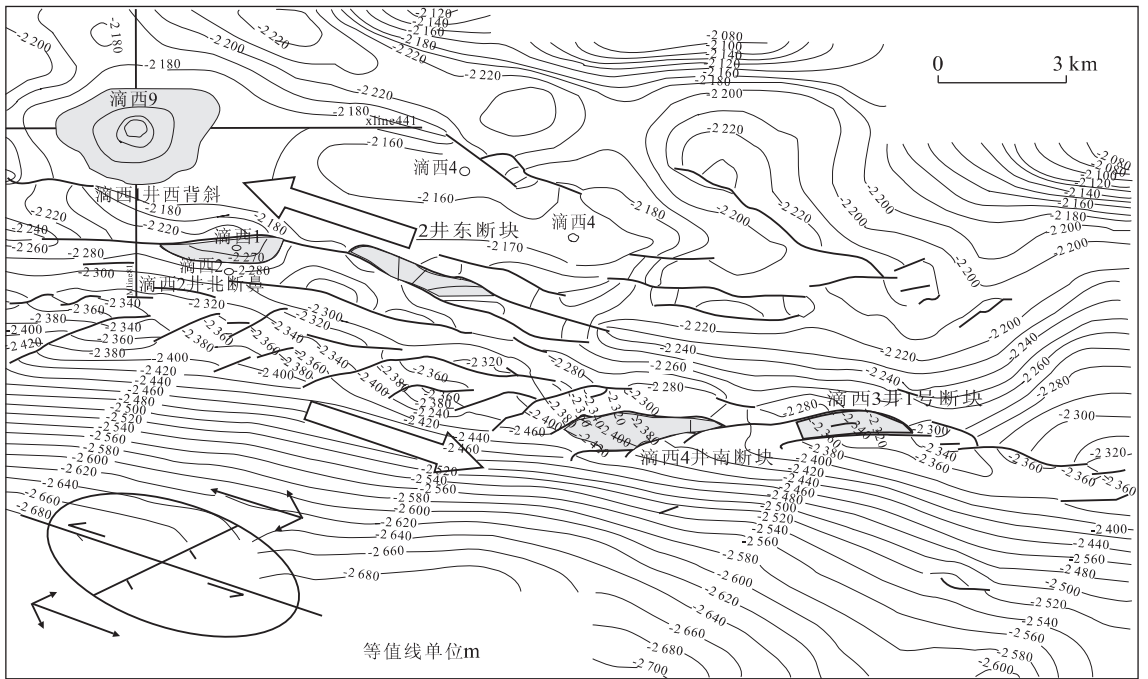


图3 滴西1井区T₃反射层断层分布及左行走滑图(据新疆油田公司勘探开发研究院改编,2000)

Fig. 3 Fault distribution and levorotatory sliding T₃ reflecting layer in the Dixi 1 zone

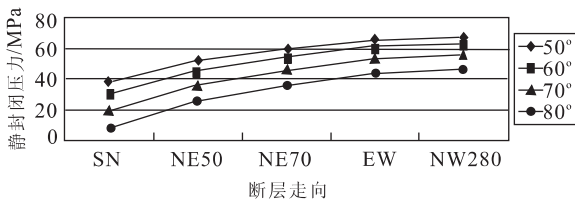


图4 准噶尔盆地东地区燕山晚期不同方向断层在3000 m深度处的静封闭压力

Fig. 4 Static sealing pressure at the depth of 3000 m on the faults of different directions during the late Yanshan period in Ludong area, Junggar basin

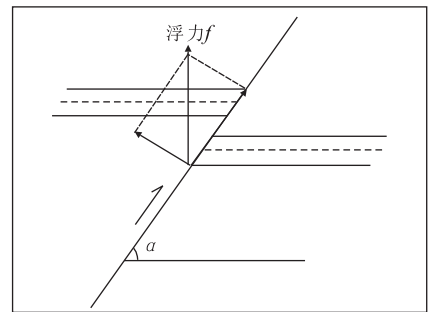


图5 沿断层面油气所受浮力的力学分解

Fig. 5 Petroleum floating force decomposition along fault

区晚燕山期不同方向的断层断面静封闭压力随倾角的变化(图4),从图上可以看出,在同一方向上的断层的静封闭压力随着倾角的增大而减小,表明随断层倾角的增大,断面的开启性增加,有利于油气的运移。仔细观察发现,断层断面静封闭压力随着断层方向出现有规律的变化,同一倾角的断层,东西走向的断层较南北走向的断层静封闭压力大,这主要与该时期区域最大主应力为近北北东方向有关。

2.2 断层倾角越大,油气在浮力作用下沿断层面运移的动力分量越大

油气的运聚都是受力学法则控制的,有2个方面的原理:一是运移动力大于阻力,油气发生运移,反之,油气发生聚集;二是油气运移指向阻力最小的

方向(康永尚等,2004)。

浮力是油气运移的主要动力,水动力也发生一定的作用,但作用时间有限,这是因为在断层活动时垂向上不同层系之间的压力差很快达到平衡,而浮力是恒久的一个动力,所以,总体上可仅考虑浮力的作用。假设油气在浮力作用下有2个流向——断层面和地层中的分流,把浮力分解到2个方向(图5),这样,油气沿断层运移相对于沿地层储层运移的动力倍数就是断层倾角的正切函数(\tan),随着 α 的增大, \tan 增大,沿断面上的运移动力倍数也增大。

从高角度断层的开启性大和平行断层面油气浮力的分量大2个方面综合来看,高角度断层更有利于油气的垂向运移。

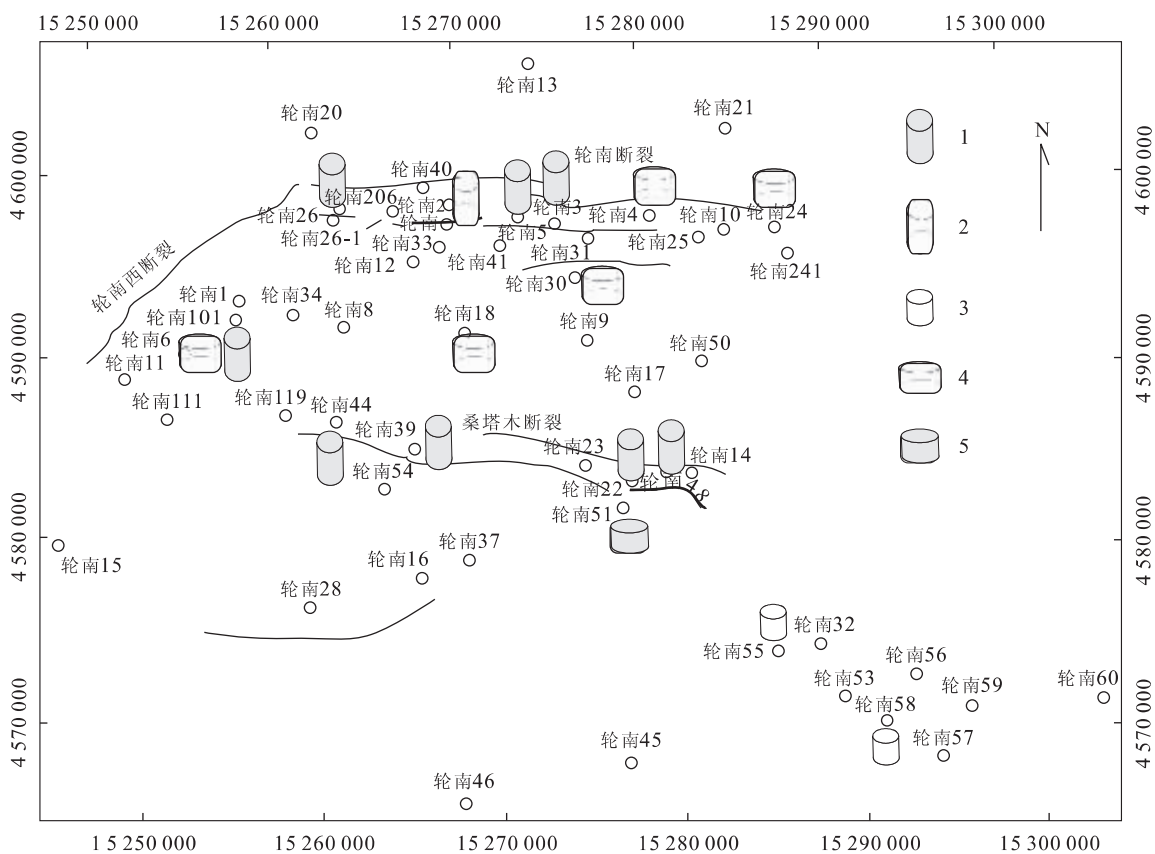


图6 塔里木盆地轮南凸起下三叠统油气分布与断层关系

Fig. 6 Relation between fault and distribution of oil & gas of Lower Triassic in Lunan uplift of Tarim basin

1. 油层; 2. 油气层; 3. 油水同层; 4. 含油水层; 5. 含气水层

3 西部叠合盆地台盆区高角度断层的控油气作用

3.1 高角度断层对不同成藏流体动力系统油气的分配作用

西部盆地在纵向上都存在不同的成藏流体动力系统,如准噶尔盆地陆东地区以三叠系白碱滩组泥岩为分隔,形成C—T深部成藏系统和J—K中上部成藏动力系统(康永尚等,2004)。不同系统成藏的控制因素存在明显的差异:对深部系统来说,断层断开的地方容易出现流体卸压,是流体势降低的方向,成为油气运移的指向区,易在断层带附近出现油气聚集,如在轮南和陆东地区,许多油气藏都与该类断层有关;而中上部系统的油气多来自深部,如在轮南凸起和陆东地区中上部系统,其本身不存在烃源条件,油气通过断层自深部系统垂向运移而来,油气的来源主要有两种形式,一是直接从深部烃源层运移上来,二是因为下部系统古油气藏的破坏,而运移到中

上部系统调整成藏,但不管怎样,油气总要穿过厚层泥岩封隔层才能进入到上部系统,所以,断层成为中上部系统成藏的关键。

高角度断层对不同系统油气的分配作用主要是强调断层控制油气分布和对不同系统油气的贡献。图6是塔里木盆地轮南凸起下三叠统油气分布与断层关系图,三叠系的油气主要来自深部寒武系—奥陶系的烃源岩,其油气分布明显受断层控制,在上部系统的其他层系中也有这样的关系。

3.2 高角度断层对油气成藏流体动力系统内部油气的分配作用

断层的作用主要是沟通垂向上的不同层系,常常是油气自烃源层向储集层运移的重要通道,或者是沟通不同储集层,从而使油气在不同储集层之间分配的重要通道。油气沿断层发生运移的过程中,途经切穿的储集层(或运载层)时,要在不同的储集层中进行分配,尤其是紧邻的储集层,一般情况下,这种分配不是均匀的,存在分配选择的规律性和机理,这在系统内部表现得非常明显。下面首先阐述油气沿高角度

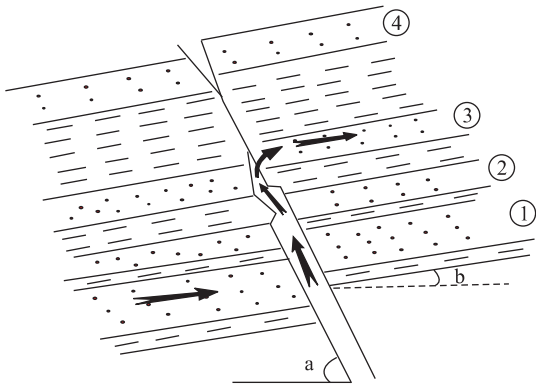


图 7 油气沿高角度断层运移时的充注机制

Fig. 7 Petroleum filling mechanism along high-obliquity faults

断层的充注机制,然后结合实例来加以说明。

油气进入断层后主要受浮力和毛管力,浮力是运移的动力,毛管力是油气运移的阻力,而毛管力又与储集层物性或断层带的渗透率有关,断层带的渗透率取决于断层带的开启程度和裂缝发育程度,而断层带的开启程度和裂缝发育程度又与岩性及其厚度关系密切。一般在碳酸盐岩或砂岩段,断层带渗透率较高,而在泥岩或膏岩段,断层带渗透率较低甚至完全封闭。

在高倾角断层前提下,不同厚度泥岩(或膏岩)对断层带渗透性能及油气在沿断层垂向运移过程中在不同储集层之间的分配存在几种情况:

(1)泥岩厚度小(几 m)。当泥岩厚度小时,如图 7 中储集层①和储集层②之间的薄层泥岩,其对断层带渗透率的影响不大,油气可以“无阻”地沿断层带继续向上运移,因此,储集层①不分流或少量分流(可以忽略)垂向运移的油气。

(2)泥岩厚度中等(十几 m)。当泥岩厚度中等时,如图 7 中储集层②和储集层③之间的泥岩,其对断层带渗透率有一定影响,油气沿断层垂向运移阻力增加,使部分油气分流侧向充注储集层②。

(3)泥岩厚度大(几十 m)。当泥岩(或膏岩)厚度大时,泥岩(或膏岩)盖层的塑性变形以及泥岩的涂抹作用,使断层带附近裂缝发育程度降低,断层带倾向于呈闭合状态,此时,油气沿断层的垂向运移受到障碍,从而选择厚层泥岩(或膏岩)盖层之下紧邻的储集层③充注,厚层泥岩(或膏岩)之上的储集层④由于受厚层泥岩(或膏岩)盖层的屏蔽而没有油气注入(图 7)。

需要说明的是,强调油气优先充注到储集层③中,并不排除有部分油气充注到储集层②或①中,只

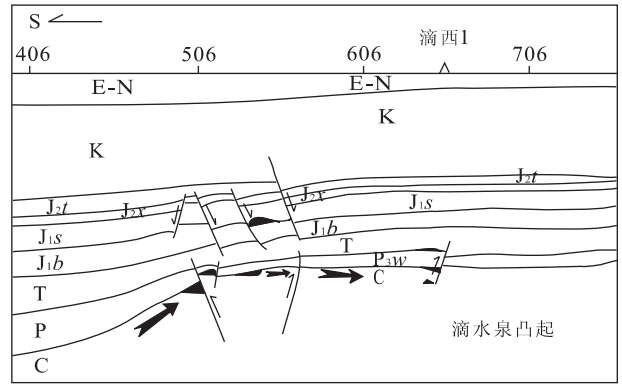


图 8 准噶尔盆地东地区成藏模式

Fig. 8 Petroleum migration-accumulation mode of Ludong area of Junggar basin

是说储集层③相对于储集层②或①更有利于油气的充注。

再次,强调储集层③相对于储集层②或①更有利于油气的充注,并不否认储集层②或①在一定的条件下同样具有勘探潜力,如在油气沿断层快速运移至储集层③而储集层③又无快速吸纳能力的情况下,油气自然会向储集层②或①中分流。

所以,油气向上运移的过程中分流到哪一层的关键是断层断穿的层系和上述的油气沿断层的充注机制,在前者一定的情况下,后者起主要的控制作用。在准噶尔盆地东地区,因为三叠系厚层泥岩的存在,其上下层系表现出不同的构造特征(图 8):中上部侏罗系以张扭性断层为主,白垩系以南倾单斜为主,而下部地层(三叠系以下)中的构造以压扭性断层为主;除断穿三叠系的少数断层外,多数断层分布在 2 个系统内部,油气的成藏明显受此影响。因浅层白垩系储集层总体上要优于侏罗系储层,断层以高角度为主,有利于油气沿断层发生垂向运移,向断层断开的厚层泥岩之下紧邻的储集层中充注,如在石东地区,尽管深部侏罗系中也见到了油气显示,但在白垩系中发现了工业油气流,油气在断层带附近的分配就与上述的优先充注机制有关。

图 9 是塔里木盆地轮南 2 井油藏油气运聚和调整剖面图(顾家裕和周兴熙, 2001),从该图可以看出,断层是发生在下部油气藏形成之后,倾角大;顶部油藏的油柱高度明显要比下面的高,这从一个侧面说明油气在沿断层向上运聚过程中是优先充注上部储集层的。

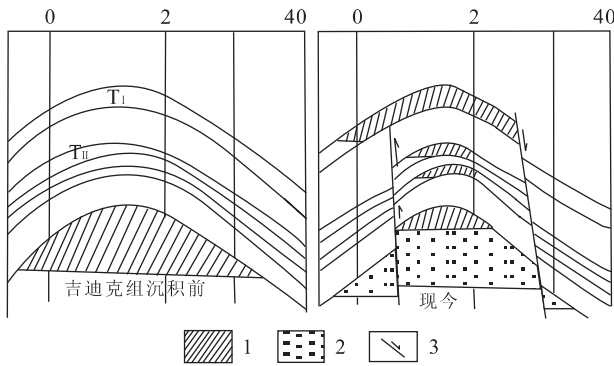


图9 塔里木盆地轮南2井油藏油气运聚和调整剖面(顾家裕和周兴熙,2001)

Fig. 9 Profile of petroleum migration-accumulation and adjustment of well Lunnan 2 reservoir in Tarim basin
1. 油层; 2. 残余油显示; 3. 断层

4 主要认识和建议

中国西部盆地台盆区普遍发育高角度断层,这是一个客观存在的地质现象,高角度断裂的形成与区域压扭应力场的作用存在成因联系,同时与地层的脆性变形有关。

断层面静封闭压力的计算和沿断层面运移的油气所受浮力在平行断层面方向上的分力分解表明,高角度断层更有利于油气的垂向运移。根据高角度断层更有利于油气的垂向运移这一认识,结合中国西部盆地的实例分析,本文认为中国西部盆地台盆区域性高角度断层是沟通深部成藏动力学系统与中上部成藏动力学系统的重要通道,是中上部系统成藏的关键,直接决定着中上部系统中油气的分布,而在每一系统内部发育的高角度断层,具有使油气在断层断开的最新层位中优先充注成藏的趋势。

认识到高角度断层对油气在不同成藏动力学系统和系统内部不同层位的分配作用,对指导油气勘探有十分重要的意义,对那些断穿封隔层的区域性断层应引起足够的重视,认清油气垂向运移的主通道,就能大致判断油气在中上部系统中的分布;认识到系统内油气沿断层的分配机制,有助于合理地确定勘探的目的层系,应注意高角度断层断开的最新层位,断层断开的最新层位中油气成藏充注的可能性更大。

References

Allen, P. A., Allen, J. R., 1990. Basin analysis, principle and application. Blackwell Scientific Publications.
Gu, J. Y., Zhou, X. X., 2001. Tarim basin Lunnan buried hill

and occurrence of oil and gas. Petroleum Industry Press, Beijing (in Chinese).

- Kang, Y. S., Qiu, N. S., Liu, L. F., et al., 2004. Influence of fluid dynamic systems on homogenization temperatures of fluid inclusions and its significance—An application example from the Ludong area of Junggar basin, north-western China. *Acta Geologica Sinica*, 78(5): 704—709 (in Chinese with English abstract).
- Luo, Q., 2002. Fault controlling hydrocarbon theory and petroleum exploration practice. *Earth Science—Journal of China University of Geosciences*, 27(6): 751—756 (in Chinese with English abstract).
- Luo, X. R., Xiao, L. X., Li, X. Y., et al., 2004. Overpressure distribution and affecting factors in southern margin of Junggar basin. *Earth Science—Journal of China University of Geosciences*, 29(4): 404—412 (in Chinese with English abstract).
- Perez, R. J., Boles, J., 2002. Evidence and scale of mass transfer associated with a Quaternary thrust fault: Examples from the Wheeler Ridge oilfield, southern San Joaquin basin, California. *AAPG Bulletin*, 86(13).
- Shutaro, H., Sorkhabi, R., Iwanaga, S., et al., 2002. Fault seal analysis in the Temana field, offshore Sarawak, Malaysia. *AAPG Bulletin*, 86(13).
- Sibson, R. H., 1994. Crustal stress, faulting and fluid flow. In: *Geofluids: Origin, migration and evolution of fluids in sedimentary basins. Geological Society Special Publication*, 78: 69—84.
- Smith, D. A., 1980. Sealing and nonsealing faults in Louisiana Gulf salt basin. *AAPG Bulletin*, 64(2): 145—172.
- Wang, P., Li, J. F., Li, Y. Q., 1994. Exploration and development of complex faulted oil reservoirs. Petroleum Industry Press, Beijing (in Chinese).
- Wang, X. P., Yan, J. J., 1995. Structural framework of major faults in north Tarim basin. *Earth Science—Journal of China University of Geosciences*, 20(3): 237—242 (in Chinese with English abstract).
- Wei, G. Q., Jia, C. Z., 2001. Tectonic characteristics and petroleum accumulation in extensional-shear fault system in Mesozoic-Cenozoic formations in the northern area of Taibei uplift, Tarim. *Acta Petrolei Sinica*, 22(1): 19—25 (in Chinese with English abstract).
- Wei, G. Q., Jia, C. Z., Yao, H. J., 1995. The relation of thrust-strike slip structure and hydrocarbon potential in late Hercynian in north area of Tarim basin. *Xinjiang Petroleum Geology*, 16(2): 96—102 (in Chinese with Eng-

lish abstract).

Yang, C. L., Wu, Q. Z., Xia, Y. P., 2000. The origin of Mesozoic-Cenozoic extension-torsional fault system in the north positive element in the Tarim basin, and its role in accumulating oil and gas. *Oil Geophysical Prospect*, 35(4): 461-469 (in Chinese with English abstract).

附中文参考文献

顾家裕, 周兴熙, 2001. 塔里木盆地轮南潜山岩溶及油气分布规律. 北京: 石油工业出版社.
康永尚, 邱楠生, 刘洛夫, 等, 2004. 流体动力系统对流体包裹体均一温度的影响及其意义——以准噶尔盆地陆东地区为例. *地质学报*, 78(5): 704-709.
罗群, 2002. 断裂控烃理论与油气勘探实践. *地球科学——中国地质大学学报*, 27(6): 751-756.

罗晓容, 肖立新, 李学义, 等, 2004. 准噶尔盆地南缘中段异常压力分布及影响因素. *地球科学——中国地质大学学报*, 29(4): 404-412.

王平, 李纪辐, 李幼琼, 1994. 复杂断块油田详探与开发. 北京: 石油工业出版社.

王燮培, 严俊君, 1995. 塔里木盆地北部断层格架分析. *地球科学——中国地质大学学报*, 20(3): 237-242.

魏国齐, 贾承造, 2001. 塔北隆起北部中新生界张扭性断层系统特征. *石油学报*, 22(1): 19-25.

魏国齐, 贾承造, 姚慧君, 1995. 塔北地区海西晚期逆冲—走滑构造与含油气关系. *新疆石油地质*, 16(2): 96-102.

杨春林, 吴奇之, 夏义平, 2000. 塔里木盆地北部隆起中、新生界张扭断层系统成因及其油气聚集的作用. *石油地球物理勘探*, 35(4): 461-469.

欧洲地学联盟年会(EGU 2005)在奥地利首都维也纳国家会议中心举行

陈志军, 王志敬

中国地质大学地质过程与矿产资源国家重点实验室, 湖北武汉 430074

历时近一周的欧洲地学联盟(European Geosciences Union, 简称 EGU)年会 2005 年 4 月 29 日在奥地利首都维也纳落下帷幕。本届年会是近年来规模较大、内容较全和人数较多的一次地学盛会。它涵盖地学的多个分支方向, 包括大气科学、生物地学、气候学、永冻圈科学、能源/资源与环境、大地测量学、地球动力学、地形地貌学、地球物理设备与仪器、水文学、磁学/古磁学/岩石物理与材料、自然灾害、地球物理非线性过程、海洋学、行星与太阳系科学、地震学、土壤学、日地科学、地层学/沉积学与古生物学、大地构造与构造地质学、火山学/地球化学/岩石学/矿物学。大会共收到论文摘要 12 000 千余篇, 参加人数为 7 924 人。

欧洲地学联盟是欧洲地球物理学会(European Geophysical Society (EGS))和欧洲地球科学联盟(European Union of Geosciences (EUG))于 2002 年 9 月 7 日合并而成的, 是在地学界具有重要影响的较大的地学学会之一。该学会致力于促进地球及其环境、星球和空间科学的研究与合作, 造福人类。

该学会除举办学术年会外, 还出版许多有重要影响的学术期刊, 包括: *Annales Geophysicae*, *Atmospheric Chemistry & Physics*, *Biogeosciences*, *Hydrology and Earth System Sciences*, *Natural Hazards and Earth System Sciences*, *Nonlinear Processes in Geophysics*, *Ocean Science*, *Advances in Geosciences*, *Geophysical Research Abstracts*。

EGU 率先于 20 世纪 90 年代初成立了“地球物理非线性过程”(nonlinear processes in geophysics, 简称 NP)并在其年会中开设了 NP 分会, 和美国地球物理学会共同出版了 *Nonlinear Processes in Geophysics* 期刊, 为非线性理论的发展和非线性地学的发展作出了重要的贡献。非线性理论和非线性过程是近几年地球科学的重要研究热点和前沿研究方向。非线性过程的研究涉及到地学的各个领域, 为地学疑难科学问题的解决以及方法技术的提高注入了新的内容。本届年会共设 6 个专题 21 个非线性过程分会, 包括: “地学中非线性过程研究的挑战与进
(下转 472 页)