

准噶尔西缘车排子凸起东北部断层封闭性

董大伟¹,李理¹,刘建²,赵利¹,刘海剑¹

[1. 中国石油大学(华东)地球科学与技术学院,山东 青岛 266555; 2. 中国石化胜利油田分公司地质科学研究院,山东 东营 257000]

摘要:断层是车排子地区油气运移的主要通道,也能形成与之相关的油气藏,断层封闭性的研究对于确定研究区油气藏的空间分布有着极为重要的意义。通过定性分析断层活动期与生排烃期的匹配关系以及断层特征,定量评价断层两盘岩性配置关系、泥岩涂抹及断面正应力等控制封闭性能的各个要素,对车排子凸起东北部 F1 和 F2 两条主要断层进行封闭性分析,最终应用模糊评价方法进行综合评判。结果表明:F1 断层和 F2 断层封闭性具有“纵向上分期,平面上分段”的变化特征,纵向上分为白垩系、新近系沙湾组一段、沙湾组二段和沙湾组三段 4 期。其中,白垩系断层封闭性平面上整体好,仅 F2 断层的南段封闭性差;沙一段地层 F1 断层的封闭性具有北段好、中段差、南段较好-较差的变化特征,F2 断层封闭性整体差-较差;沙二段地层断层封闭性整体好;沙三段地层断层封闭性整体差,仅 F2 断层中段封闭性好。

关键词:泥岩涂抹;断面正应力;模糊综合评价;断层活动期;断层封闭性;车排子凸起;准噶尔西缘

中图分类号:TE122.1

文献标识码:A

Sealing ability of faults in northeastern Chepaizi Uplift at western margin of Junggar Basin

Dong Dawei¹, Li Li¹, Liu Jian², Zhao Li¹, Liu Haijian¹

(1. School of Geosciences, China University of Petroleum, Qingdao, Shandong 266580, China;

2. Geological Research Institute, Shengli Oilfield Company, SINOPEC, Dongying, Shandong 257000, China)

Abstract: Faults are the main oil-gas migration pathways in Chepaizi area and can also form associated hydrocarbon reservoirs, thus research on fault sealing ability is of great significance for confirming spatial distribution of reservoirs in the study area. Through qualitative analysis of fault characteristics and the timing between faulting and hydrocarbon generation and expulsion, and quantitative evaluation of factors controlling sealing ability such as juxtaposition of lithology, shale smear, and normal stress on fault surface, we studied the sealing ability of two major faults (F1 and F2) in northeastern Chepaizi Uplift, and performed comprehensive judgment by using fuzzy evaluation method. The results show that the sealing abilities of F1 and F2 feature in ‘vertical periods and lateral segmentation’. Vertically, the fault sealing ability can be divided into periods, including Cretaceous (K), the first member of Neogene Shawan Fm (N_1s^1), 2nd member of Neogene Shawan Fm (N_1s^2), and 3rd member of Neogene Shawan Fm (N_1s^3). The sealing ability of faults in Cretaceous is good as a whole except for the southern segment of F2. For N_1s^1 , sealing ability of F1 is good in the northern segment, poor in the middle segment, and good to poor in the southern segment, while that of F2 is poor to fair as a whole. For N_1s^2 , fault sealing abilities are good as a whole. For N_1s^3 , fault sealing abilities are poor as a whole, except for the middle segment of F2 whose sealing ability is good.

Key words: shale smear, normal stress on fault surface, fuzzy evaluation, fault activity stage, fault sealing ability, Chepaizi Uplift, western margin of Junggar Basin

断层既可作为油气运移的通道,又可作为油气聚集的遮挡物,形成与之相关的油气藏^[1-2]。活动性断层在油气成藏期作为运移通道,断层停止活动后封闭性受到多种地质要素的影响,如断层两盘的岩性配置

关系、断裂带内泥岩涂抹和断面所受的正应力等,其封闭性能决定了油气藏空间分布规律,油气总是沿断层封闭段展布^[2-4]。因此,研究断层封闭性能对油气勘探开发具有重要的实践意义。所谓断层封闭性是指断

收稿日期:2014-02-27;修订日期:2014-05-08。

第一作者简介:董大伟(1984—),男,博士研究生,地质学。E-mail:18105468200@163.com。

通讯作者简介:李理(1967—),女,博士、教授,构造地质学。E-mail:lilywmwys@upc.edu.cn。

层对流体的封闭能力。它在地质空间上表现为两个方面,即断层的侧向封闭性和垂向封闭性^[4]。断层封闭性的研究主要集中在断层封闭机理、断层封闭性定性和定量分析与评价、断层封闭性与油气成藏形成分布之间的关系等方面。国内外对断层封闭性的研究,从研究内容上,主要侧重于断层的几何学、形态学、断层面的物质涂抹等方面^[5]。从研究的方法上,应用现代测试和数学分析的方法,从单一学科、单一手段研究向多学科、多角度方向发展,实现了从定性研究到定量研究。

1 区域地质概况

车排子凸起位于准噶尔盆地西缘,其东以红车断

裂带为界与昌吉凹陷及中拐凸起相接,南面为四棵凹陷及伊林黑比尔根山,西北面与扎伊尔山相接,平面上呈三角形,其主体走向为北西-南东至东西向,自海西晚期形成以来,研究区长期处于隆升状态(图1)。

车排子东北部断层非常发育,根据断层形成时期及性质,可将研究区断层分为两组:一组为海西-印支期形成,后期持续活动,从石炭系基底断至白垩系底砾岩的一系列逆冲及逆掩断层;另一组为喜马拉雅期形成的正断层,大多数断开白垩系至新近系,其中F1和F2断层切穿石炭系基底,且在其附近发现了春风油田,这两条断层对研究区油气成藏具有非常重要的控制作用,因此,本文选择对研究区F1和F2断层进行封闭性研究。

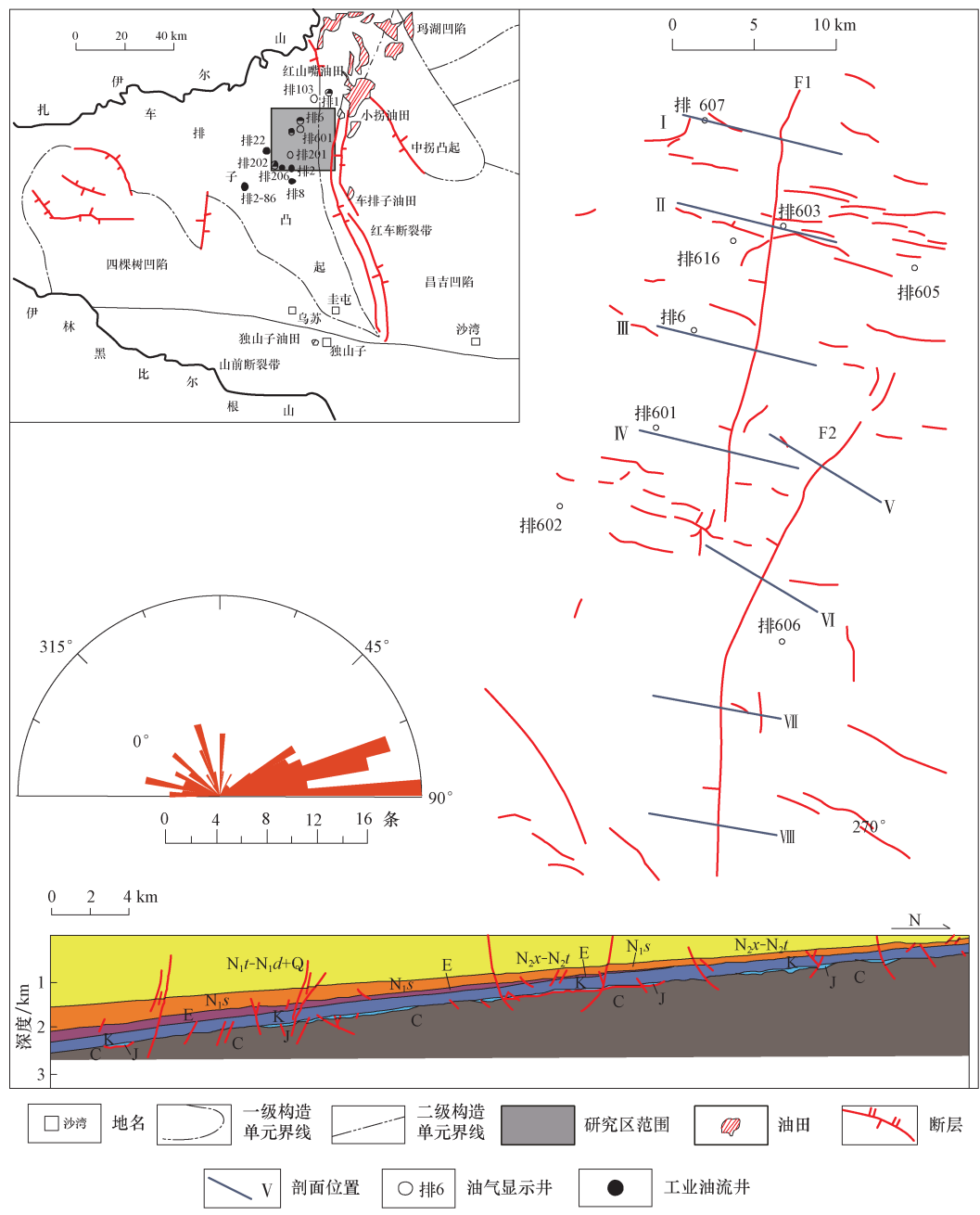


图1 车排子凸起东北部构造示意图

Fig 1 Structural schematic diagram of northeastern Chepaizi Uplift

2 断层封闭性

断层封闭性是非常复杂的地质问题,目前多数学者认为断层活动时期主要起到输导油气的作用,而断层静止期,其封闭性受断层两盘的岩性配置关系、断裂带内泥岩涂抹、断面正应力以及断裂带内成岩作用等多种地质要素的影响,且油气成藏期间,断层封闭性的好坏直接决定了油气富集的程度^[6-7]。因此,通过定性分析断层活动期与油气运移期的匹配关系,确定了研究区油气成藏期,并在此基础上,对影响断层封闭性的多个地质要素进行分类定量评价,最终利用模糊综合评价的方法对油气成藏期 F1 断层和 F2 断层的封闭性进行研究。

2.1 断层活动期与油气运聚期的配置关系

2.1.1 断层活动性

本次研究通过截取过 F1 和 F2 断层的剖面(图 1),经时深转换后,计算新近系塔西河组(N_1t)、新近系沙湾组(N_1s)、白垩系-古近系(K-E)断层落差(图 2),由图 2 可以得出,(1)K-E 时期,两断层逆断活动,落差为负;(2) N_1s 时期两断层正断活动,落差为正,且 F1 断层活动较强,F2 断层较弱;(3) N_1t 时期 F1 断层活动较弱,F2 断层较强,即新近纪两断层由北向南活动增强;(4)断层继承性发育,并发生负反转,且断层各处反转幅度不同。断层有的地方反转幅度大,断层上、下皆表现为正落差;断层有的地方反转幅度中等,断层上、下无明显落差;断层有的地方反转幅度小,断层上正下逆。

2.1.2 断层活动期与油气运聚期的配置关系

研究区油气以稠油为主,油源对比表明,油气主要

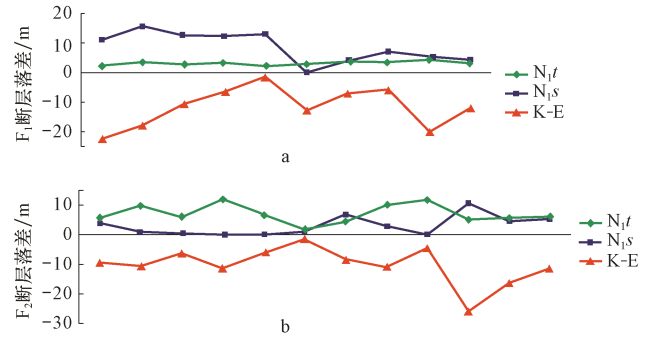


图 2 车排子凸起东北部断层各时期落差

Fig 2 Fault throws in different periods in northeastern Chepaizi Uplift

来源于昌吉凹陷二叠系烃源岩,含油层位包括侏罗系、白垩系以及新近系^[8-10]。二叠系烃源岩生排烃时间主要在三叠纪末至侏罗纪时期,而目前所发现的来源于二叠系的稠油分布在侏罗系以上的地层,这与生烃史是不匹配的,因此,推测研究区稠油为原生油气藏遭到破坏之后形成的次生油气藏;侏罗纪-新近纪时期,红车断裂以及 F1 断层和 F2 断层继续大规模活动,原生油气藏遭到破坏,沿着断裂带发生长距离运移,从而遭受氧化或生物降解形成稠油,该时期为油气运聚期。而新近纪至今为油气成藏期,F1 断层和 F2 断层逐渐停止活动,油气沿着红车断裂带附近以及 F1 断层和 F2 断层分布,形成逆断层型和断块型油气藏(图 3)。从断层活动期与油气运聚期的配置关系可以看出,对 F1 断层和 F2 断层现今的封闭性进行分析对指导勘探实践是非常重要的。

2.2 断层封闭性单要素评价

为了定量表征 F1 断层和 F2 断层的封闭性,在查阅大量文献的基础上,选择了 4 种常见的定量评价正断层封闭性的指数。

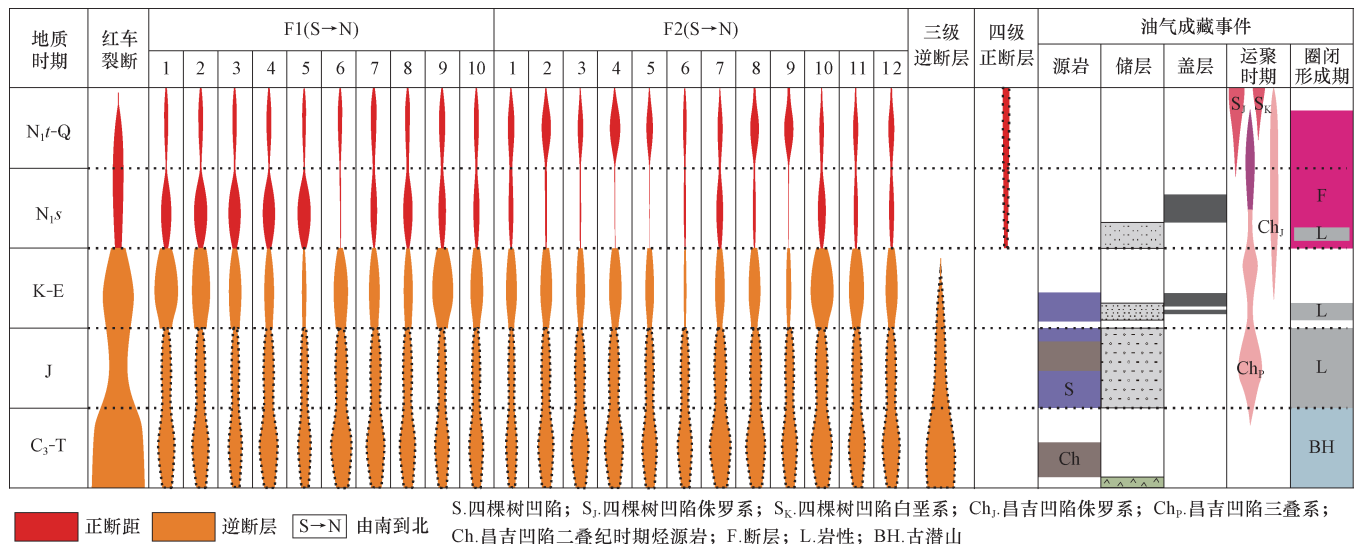


图 3 车排子凸起东北部断层活动期与油气运移期匹配关系

Fig. 3 Timing of faulting and hydrocarbon migration in northeastern Chepaizi Uplift

1) 泥岩涂抹系数(SGR)

SGR 是指断层在活动过程中由于一盘泥岩的滑动对断面形成的涂抹,主要代表侧向封闭性能,计算公式为:

$$SGR = \frac{\sum \Delta Z_i}{\text{垂直断距}} \times 100\% \quad (1)$$

式中: ΔZ_i 表示滑动段第 i 层泥页岩厚度, m [11-12]。

2) 断裂带内泥质含量(R_m)

R_m 指断裂带内由于滑动充填物的含量以及类型,当断裂充填物以泥质为主时,易压实成岩,使其致密程度增高,反之以砂岩为主时,难以封堵油气。 R_m 主要代表垂向封闭性能,其计算公式为:

$$R_m = \frac{h}{H+L} = \frac{1}{2(H+L)} \left(\sum_{i=1}^{n_1} h_{1i} + \sum_{j=1}^{n_2} h_{2j} \right) \quad (2)$$

式中: L 为垂直断距, m ; h_{1i} 和 h_{2j} 分别为断层上、下两盘第 i, j 层泥岩的厚度, m ; n_1, n_2 分别为断层两盘被错断的泥岩层数; h 为断层两盘目的层之间的泥岩累积平均厚度,统计时可取断层两盘不同井泥岩累积厚度的平均值, m ; H 为断移地层厚度, m 。一般 R_m 值大于 75% 表示封闭性好, 50% ~ 75% 为较好, 25% ~ 50% 为一般, 小于 25% 表示封闭性差 [13]。

3) 断层两侧岩性配置关系(N/G)

当砂-泥对接时,断层封闭性好。当砂-砂对接时,如果断层两侧岩层的排驱压力相同或相近时,该处断层是不封闭的;反之,若断层两侧岩层的排驱压力差较大,则该处断层是封闭的,且排驱压力差值相差越大断层封闭越好。为定量表征砂泥对置这一因素,采用净毛比(N/G)的方法,其计算公式为:

$$N/G = \frac{\sum_{i=1}^n h_i}{L} \quad (3)$$

式中: h_i 为被断开的第 i 层储层厚度, m ; n 为储层层数; L 为被断开的层段总厚度, m 。一般 N/G 大于 75% 表示封闭性差, 50% ~ 75% 为较差, 25% ~ 50% 为较好, 小于 25% 表示封闭性好 [14]。

4) 断面正应力(S)

一般来说,在压性、剪性和压剪性应力中形成的断层封闭性均较好,张剪性断层封闭性较差,张性断层多不见封闭性。由此可见,断面应力状况是决定断层封闭与否的关键因素。其计算公式为:

$$S = S_1 \sin \theta + S_2 \cos \theta = \sigma \sin \alpha \sin \theta + (\rho_r - \rho_w) g h \cos \theta \quad (4)$$

式中: S 为断面正应力 MPa ; S_1 为区域主压应力分量 MPa ; S_2 为上覆地层的重力 MPa ; σ 为平面主压应力 MPa ; α 为断层走向与区域压应力的夹角, ($^\circ$); θ 为断层倾角, ($^\circ$); ρ_r 为上覆地层密度, kg/m^3 ; ρ_w 为地层水密度, kg/m^3 ; h 为埋深, m ; g 为重力加速度, m/s^2 。前

人研究表明,泥页岩在 7.5 ~ 22 MPa 之间处于塑性变形范围,有利于细粒化或泥化的断层岩形成泥岩沾污带,从而使断面处于闭合状态,增强断层封闭性 [13]。

在选定了定量评价断层封闭性的参数之后,本文选取了车排子凸起东北部地区垂直于 $F1$ 断层和 $F2$ 断层的 8 条地震剖面(图 1),通过时深转换,得到 8 条地质剖面。在此基础上,利用录井资料恢复岩性剖面,定量计算了断层封闭性定量评价上述 4 个指数(表 1)。

2.3 断层封闭性模糊综合评价

在对以上每个参数计算的基础上,应用模糊变换和最大隶属度原则,考虑影响断层封闭性的各个因素,对断层封闭性进行综合研究。其数学模型为 $B = WR$, 即 $[B_1, B_2, \dots, B_n] = [W_1, W_2, \dots, W_n] \cdot [R_{ij}]_{mn}$ 。式中: B 代表封闭性评价的结果矩阵; W 代表权重系数; R 代表评价指标的模糊矩阵; i, j, m, n 代表矩阵中第几行和第几列。计算的关键环节为确定各因素的权重系数和建立单因素评价矩阵 [7, 15]。

表 1 车排子凸起东北部 $F1$ 和 $F2$ 断层封闭性评价要素参数
Table 1 Parameters for evaluation sealing abilities of $F1$ and $F2$ in northeastern Chepaizi Uplift

断层	剖面线号	不同层段	S/MPa	N/G	R_m	SGR
$F1$ 断层	I	K	0.19	0.33	0.69	0.70
		$N_1 s^1$	0.11	0.53	0.48	0.75
		$N_1 s^2$	0.10	0.44	0.68	0.75
		$N_1 s^3$	0.09	0.98	0.01	0.02
	II	K	1.29	0.28	0.62	0.73
		$N_1 s^1$	0.86	0.33	0.50	0.67
		$N_1 s^2$	0.77	0.15	0.68	0.88
		$N_1 s^3$	0.66	1.00	0.00	0.03
	III	K	0.82	0.24	0.70	0.76
		$N_1 s^1$	0.58	0.55	0.32	0.45
		$N_1 s^2$	0.52	0.04	0.73	0.98
		$N_1 s^3$	0.46	0.93	0.03	0.06
	IV	K	0.53	0.24	0.62	0.75
		$N_1 s^1$	0.39	0.52	0.39	0.48
		$N_1 s^2$	0.36	0.00	0.83	1.00
		$N_1 s^3$	0.32	0.98	0.01	0.03
$F2$ 断层	V	K	0.52	0.23	0.82	0.76
		$N_1 s^1$	0.34	0.55	0.39	0.43
		$N_1 s^2$	0.31	0.15	0.75	0.85
		$N_1 s^3$	0.28	0.81	0.18	0.15
	VI	K	7.76	0.25	0.75	0.77
		$N_1 s^1$	3.99	0.70	0.25	0.30
		$N_1 s^2$	3.64	0.20	0.76	0.90
		$N_1 s^3$	3.40	0.95	0.05	0.05
	VII	K	3.77	0.25	0.75	0.75
		$N_1 s^1$	2.63	0.80	0.21	0.24
		$N_1 s^2$	2.46	0.02	0.93	0.99
		$N_1 s^3$	—	1.00	0.01	0.01
	VIII	K	3.65	0.32	0.69	0.68
		$N_1 s^1$	2.68	0.61	0.35	0.45
		$N_1 s^2$	2.50	0.04	0.86	0.96
		$N_1 s^3$	2.31	0.99	0.027	0.02

根据前人研究和工区实际地质资料,制定了适合该地区的单因素隶属度表(表 2),且利用专家调查法对每个参数赋予了权重系数(表 3)。经矩阵计算后,最终获得了剖面上该断层各层位的综合评价表(表 4)。

表 2 车排子凸起东北部单因素隶属度

Table 2 Membership grad of single-factor in northeastern Chepaizi Uplift

标准	好	较好	较差	差
N/G	≤ 0.30	$0.30 \sim 0.55$	$0.55 \sim 0.80$	≥ 0.80
R_m	≥ 0.70	$0.55 \sim 0.70$	$0.40 \sim 0.55$	≤ 0.40
$SGR/\%$	≥ 70	$45 \sim 70$	$20 \sim 45$	≤ 20
地层压力/MPa	≥ 1.0	$0.5 \sim 1.0$	$0.3 \sim 0.5$	≤ 0.3

表 3 车排子凸起东北部单因素权重系数

Table 3 Weight coefficient of single-factor in northeastern Chepaizi Uplift

影响因素	w_1	w_2	w_3	w_4
权重系数	0.20	0.25	0.25	0.30

表 4 车排子凸起东北部 F1 和 F2 断层封闭性评价

Table 4 Evaluation of fault sealing ability in northeastern Chepaizi Uplift

断层	剖面 线号	不同层段	综合评价隶属度				评价 结果
			好	较好	较差	差	
F1 断层	I	K	0.566	0.165	0.019	0.250	好
		N_1s^1	0.450	0.008	0.142	0.400	好
		N_1s^2	0.594	0.006	0.000	0.400	好
		N_1s^3	0.050	0.000	0.000	0.950	差
	II	K	0.700	0.266	0.034	0.000	好
		N_1s^1	0.467	0.261	0.122	0.150	好
		N_1s^2	0.558	0.392	0.000	0.150	好
		N_1s^3	0.050	0.185	0.065	0.700	差
	III	K	0.660	0.322	0.019	0.000	好
		N_1s^1	0.050	0.334	0.316	0.300	较好
		N_1s^2	0.600	0.089	0.161	0.150	好
		N_1s^3	0.005	0.046	0.204	0.700	差
	IV	K	0.600	0.221	0.179	0.000	好
		N_1s^1	0.050	0.251	0.375	0.323	较差
		N_1s^2	0.600	0.000	0.141	0.259	好
		N_1s^3	0.050	0.000	0.046	0.904	差
	V	K	0.575	0.245	0.180	0.000	好
		N_1s^1	0.025	0.191	0.452	0.332	较差
		N_1s^2	0.575	0.025	0.139	0.261	好
		N_1s^3	0.025	0.025	0.120	0.830	差
	VI	K	0.825	0.156	0.019	0.000	好
		N_1s^1	0.275	0.025	0.424	0.276	较差
		N_1s^2	0.825	0.025	0.120	0.030	好
		N_1s^3	0.275	0.025	0.120	0.580	差
F2 断层	VII	K	0.806	0.176	0.019	0.000	好
		N_1s^1	0.275	0.025	0.193	0.507	差
		N_1s^2	0.825	0.025	0.120	0.030	好
		N_1s^3	0.475	0.025	0.120	0.380	好
	VIII	K	0.739	0.242	0.019	0.000	好
		N_1s^1	0.275	0.180	0.365	0.180	较差
		N_1s^2	0.825	0.025	0.120	0.030	好
		N_1s^3	0.275	0.025	0.120	0.580	差

3 断层封闭性空间变化规律及其与油气关系

3.1 白垩系

断层封闭性平面上总体评价好(图 4a),富含油气。白垩系为以泥岩为主夹砂岩、粉砂岩的非均质地层,其底部为灰绿色砾岩,与下伏地层呈角度不整合接触,为白垩系油气的横向运移提供了运移通道。白垩系泥岩含量相对高,砂泥岩对接概率高,油气侧向封堵可能性大;同时使得断裂带内泥质含量高,油气垂向封堵的可能性大;此外,白垩纪一新近纪期间断层发生负反转,断裂带泥岩发生反复涂抹,断层封闭性好。因此,当油气运移到白垩系后,能够有效封堵,形成油气藏(表 5)。

3.2 新近系沙一段

断层封闭性平面上总体评价较好(图 4b),含油丰富。F1 断层封闭性好于 F2 断层,导致 F1 断层附近比 F2 断层附近油气更加富集,F2 断层下盘以油水同层为主。F1 断层断层封闭性北部好于南部,导致 F1 断层南段上盘油气比下盘富集,且油气远离断层聚集;断层北段下盘油气比上盘油气富集,最终油水界面应与地层走向相平行。

3.3 新近系沙二段

断层封闭性平面上总体评价好,但不含油气(图 4c)。沙二段为研究区内良好的盖层,故不存在储层,不含油(表 5)。同时,该层段断层综合评价隶属度分布都比较集中,显示出良好的侧向、垂向封闭性,封堵油气继续向浅部运移。

3.4 新近系沙三段

断层封闭性平面上总体评价差(图 4d),且不含油气。沙三段由于断层断距小,沙三段砂岩未完全断开,同时其下 N_1s^2 区域盖层将油气封盖在下部,使得该层段不含油(表 5)。

4 结论

1) 白垩系的断层封闭性总体评价好,富含油气。但是如果该段断面发育陡,断面压力过小,断层会垂向开启使得油气发生垂向运移;

2) N_1s^1 地层断层封闭性平面上总体评价较好且含油丰富。F1 断层封闭性好于 F2 断层,导致 F1 断层附近比 F2 断层附近油气更加富集。F1 断层封闭性北

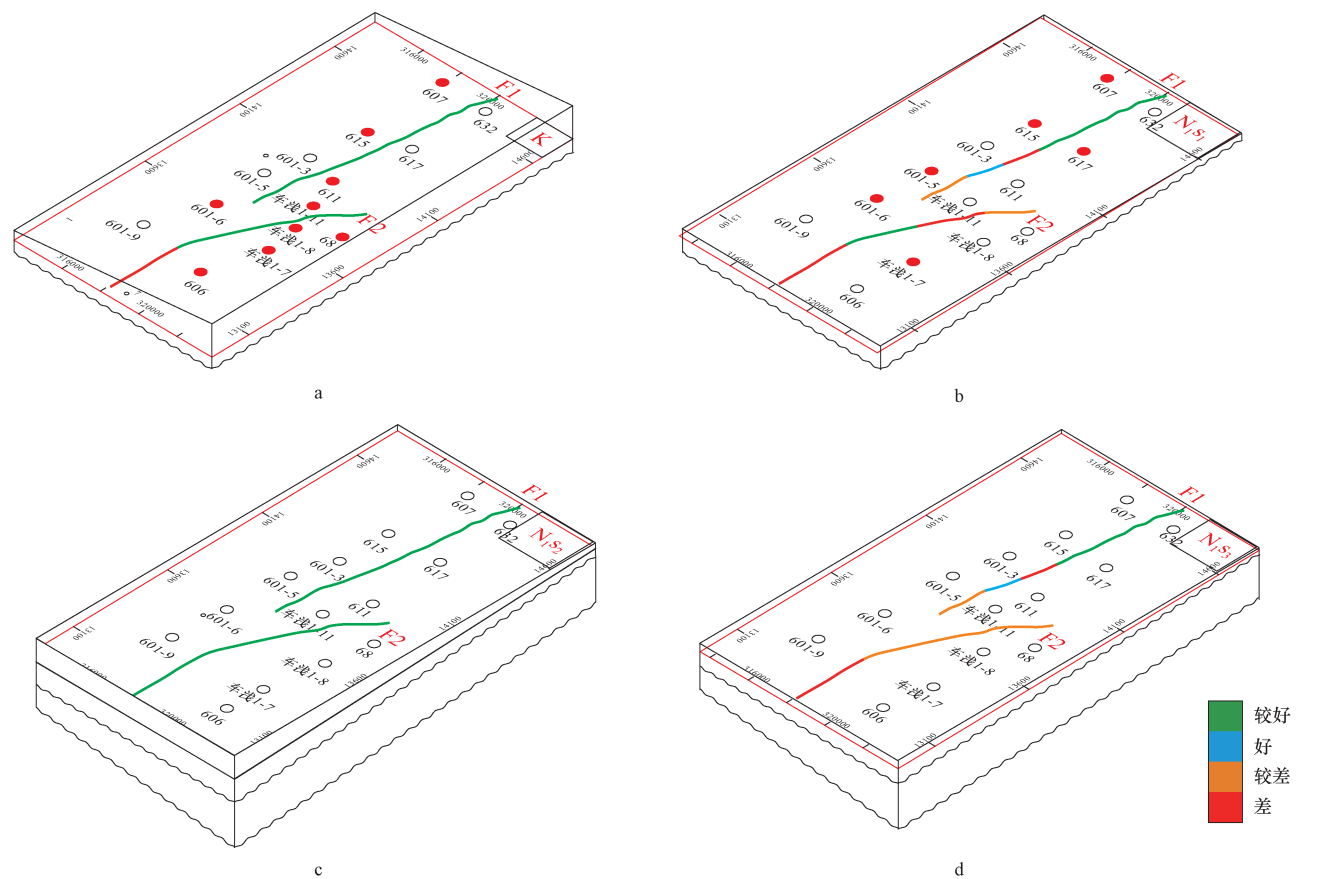


图 4 车排子凸起东北部 F1 断层和 F2 断层纵向不同层段封闭性平面变化特征

Fig. 4 Plane variation in vertical separate layer of F1 and F2 fault in northeastern Chepaizi Uplift

表 5 车排子凸起东北部 F1 和 F2 断层含油性

Table 5 Oil-bearing potential of F1 and F2 in northeastern Chepaizi Uplift

位置	井号	含油性				位置	井号	含油性			
		N_1s^3	N_1s^2	N_1s^1	K			N_1s^3	N_1s^2	N_1s^1	K
F1 断层	P607	水	无	油	油	F2 断层	P611	水	无	油	油
	P632	水	无	水	未打到		P68	水	无	水	油
	P615	水	无	油	油		Cq1-11	水	无	水	油
	P617	水	无	油	未打到		Cq1-8	水	无	油	油
	P601-3	水	无	油	水		P601-6	水	无	油	未打到
	P611	水	无	油	油		Cq1-7	水	无	油	油
	P601-5	水	无	油	含水水层		P601-9	水	无	油	油
	Cq1-11	水	无	水	油		P606	水	无	油水同层	油

部好于南部,导致 F1 断层南段上盘油气比下盘富集。 N_1s^1 段断层综合评价隶属度较分散,对于评价差但含油的情况,油气一般聚集在中上部,与 N_1s^2 形成对置封闭。 N_1s^2 地层为区域盖层,断层封闭性综合评价也好,阻止油气继续向浅部运移;

3) N_1s^3 地层为砂砾岩层,断层封闭性综合评价差,同时受下伏地层封盖影响,地层不含油气。

参 考 文 献

[1] 樊光明,朱志澄. 断裂构造研究的进展和趋势[J]. 地球科学进展,1996,7(6):25-30.

Fan Guangming, Zhu Zhicheng. The progress and tendency of fault research[J]. Advance in Earth Sciences,1996,7(6):25-30.

[2] 查明,吴孔友,曲江秀,等. 断陷盆地油气输导体系与成藏作用[M]. 东营:中国石油大学出版社,2009:160-190.

Zha Ming, Wu Kongyou, Qu Jiangxiu, et al. Migration pathway and entrapment of hydrocarbons in faulted basins[M]. Dongying: China University of Petroleum Press,2009:160-190.

[3] Knott S D. Fault seal analysis in the North Sea[J]. AAPG Bulletin, 1993,77(7):778-792.

[4] 付广,李凤君,白明轩. 断层侧向封闭性与垂向封闭性关系分析[J]. 大庆石油地质与开发,1998,17(2):6-10.

Fu Guang, Li Fengjun, Bai Mingxuan. An analysis on relationship be-

- tween lateral and vertical sealing of faults[J]. *Petroleum Geology & Oilfield Development in Daqing*, 1998, 17(2): 6-10.
- [5] 吕延防,李国会,王跃文,等. 断层封闭性的定量研究方法[J]. *石油学报*, 1996, 17(3): 39-45.
- Lv Yanfang, Li Guohui, Wang Yuewen, et al. Quantitative analysis in fault sealing properties[J]. *Acta Petrologica Sinica*, 1996, 17(3): 39-45.
- [6] 付广,刘洪霞,段海风. 断层不同输导通道封闭机理及其研究方法[J]. *石油实验地质*, 2005, 27(4): 404-408.
- Fu Guang, Liu Hongxia, Duan Haifeng. Seal mechanisms of different transporting passways of fault and their research methods[J]. *Petroleum Geology & Experiment*, 2005, 27(4): 404-408.
- [7] 童亨茂. 断层开启与封闭的定量分析[J]. *石油与天然气地质*, 1998, 19(3): 216-220.
- Tong Hengmao. Quantitative analysis of fault opening and sealing[J]. *Oil & Gas Geology*, 1998, 19(3): 216-220.
- [8] 靖辉,江洪,向奎. 准噶尔盆地西缘车排子地区岩性油气藏成藏主控因素[J]. *石油实验地质*, 2007, 29(4): 377-383.
- Jing Hui, Jiang Hong, Xiang Kui. Key factors to control formation conditions of stratigraphic pools in Chepaizi area, the west of the Junggar Basin[J]. *Petroleum Geology & Experiment*, 2007, 29(4): 377-383.
- [9] 沈扬,贾东,赵宏亮,等. 准噶尔盆地西部车排子凸起新近系沙湾组成藏体系与富集规律[J]. *地质通报*, 2010, 29(4): 581-588.
- Shen Yang, Jia Dong, Zhao Hongliang, et al. Shawan Formation pool-forming system and enrichment regular pattern in Chepaizi Uplift, western Junggar Basin[J]. *Geological Bulletin of China*, 2010, 29(4): 581-588.
- [10] 全裕科,丁文龙,余腾孝,等. 塔里木盆地巴楚隆起同岗断裂封闭性综合评价[J]. *石油与天然气地质*, 2008, 29(6): 770-773.
- Quan Yuke, Ding Wenlong, Yu Tengxiao, et al. Comprehensive evaluation of sealing ability of Tonggang fault in the Bachu Uplift of the Tarim Basin[J]. *Oil & Gas Geology*, 2008, 29(6): 770-773.
- [11] 赵密福,李阳,李东旭. 泥岩涂抹定量研究[J]. *石油学报*, 2005, 26(1): 60-65.
- Zhao Mifu, Li Yang, Li Dongxu. Quantitative study of shale smear[J]. *Acta Petrologica Sinica*, 2005, 26(1): 60-65.
- [12] 杨智,何生,王锦喜,等. 断层泥比率及其在断层侧向封闭性评价中的应用[J]. *天然气地球科学*, 2005, 16(3): 16-21.
- Yang Zhi, He Sheng, Wang Jinxi, et al. Shale gouge ratio and application in the fault seal estimation across the faulted zone[J]. *Natural Gas Geoscience*, 2005, 16(3): 16-21.
- [13] Yielding G, Freeman B, Needham D T. Quantitative fault sealing prediction[J]. *AAPG Bulletin*, 1997, 81(11): 897-911.
- [14] 付广,张靖,李庆章. 断层侧向封闭模式及研究方法[J]. *中国海上油气*, 1998, 12(1): 42-47.
- Fu Guang, Zhang Jing, Li Qingzhang. Lateral sealing model of fault and its research method[J]. *China Offshore Oil and Gas*, 1998, 12(1): 42-47.
- [15] 宋国奇,李继岩,贾光华,等. 东营凹陷王家岗构造带孔店组构造特征及其控藏作用[J]. *石油与天然气地质*, 2013, 34(2): 208-214.
- Song Guoqi, Li Jiyan, Jia Guanghua, et al. Structural characteristics and its control on hydrocarbon accumulation of the Kongdian Formation in the Wangjiagang structural zone, Dongying Depression[J]. *Oil & Gas Geology*, 2013, 34(2): 208-214.

(编辑 张玉银)

《石油与天然气地质》影响因子再创历史新高

近日,由中国科学技术期刊编辑学会、中国科学技术信息研究所、北京万方数据股份有限公司与万方数据电子出版社联合主办的“第十二届全国核心期刊与期刊国际化、网络化研讨会”在江西南昌召开。从本次研讨会上获悉,《石油与天然气地质》2013年影响因子为2.902,总被引频次为3224,再次创出历史新高。这再次印证了《石油与天然气地质》的学术影响力在行业内不断扩大,得到了广大科研人员的高度关注和认可。感谢编委会、审稿专家、广大作者和读者长期的关心和支持,欢迎您继续投稿并提出宝贵意见与建议。

(张亚雄 供稿)