

文章编号: 1001-6112(2008)01-0041-06

准噶尔盆地西缘车排子地区断层封闭性研究

王离迟^{1,2}, 杨勇², 洪太元^{1,2}, 夏忠谋³

(1. 中国石油大学, 北京 102249; 2. 中国石油化工股份有限公司石油勘探开发研究院, 北京 100083;
3. 中国科学院地质与地球物理研究所, 北京 100029)

摘要: 准噶尔盆地西缘车排子地区断层横向延伸较短, 断距小, 大多为高角度正断层。主要发育4种类型, 分别为: 深浅部均发育的晚期断层、层间断层、只在浅部发育的晚期断层以及喜山早期已经开始形成的早期断层。研究区以滩坝相岩性油藏为主, 断层输导是该区油气成藏的主要控制因素。运用应力分析、模糊综合评判和非线性映射等断层封闭性方法进行对比分析, 选择2种泥岩涂抹方法对区内6条重要断层进行评价。对排208井南断层和排17井东断层进行封闭性预测研究, 该断层在塔西河组垂向封闭, 具“下开上闭”特征, 既有侧向输导层, 也有顶部封堵层。研究成果有效地指导了勘探生产, 获得了较好的油气储量。

关键词: 断层封闭性; 泥岩涂抹; 下开上闭; 勘探实效; 车排子凸起; 准噶尔盆地

中图分类号: TE122.3

文献标识码: A

STUDY OF FAULT SEALING IN CHEPAIZI REGION IN THE WEST OF JUNGGAR BASIN

Wang Lichi^{1,2}, Yang Yong², Hong Taiyuan^{1,2}, Xia Zhongmou³

(1. *China University of Petroleum, Beijing 102249, China*; 2. *Research Institute of Petroleum Exploration and Production, SINOPEC, Beijing 100083*; 3. *Research Institute of Geology and Geophysics, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100029, China*)

Abstract: Faults in Chepaizi region in the west of Junggar Basin are mainly high-angle normal ones with small fault displacements. There are mainly 4 fault types; late faults generated both deep and shallow, interzonal faults, late faults generated only shallow and early faults generated since the early Hercynian. The study region is mainly of bar and bank facies lithologic traps. Fault migration is the key for hydrocarbon accumulation. According to stress analysis, synthetic fuzzy judgment and nonlinearity representation, 6 important faults in the region are evaluated with 2 shale smear factor methods. Sealing studies are done in the fault in the south of Well Pai 208 and the fault in the east of Well Pai 17. The faults work as effective sealing in the Taxihe Formation, characterized by opening down and closing up. There are both passages and top sealing for hydrocarbon. The studies have provided useful information for hydrocarbon exploration and got good industry reserves in the region.

Key words: fault sealing; shale smear factor method; opening down and closing up; exploration effect; the Chepaizi Uplift; the Junggar Basin

准噶尔盆地西缘车排子地区属于准噶尔盆地西部隆起, 其西面和北面邻近扎伊尔山, 南面为四棵树凹陷, 向东以红车断裂带与昌吉凹陷以及中拐凸起相接(图1)。自海西晚期以来, 车排子地区长期处于隆起状态, 经历了晚海西早期—中燕山期(晚石炭世—侏罗纪)的强烈隆升阶段、晚燕山期—早喜山期(白垩纪—古近纪)的缓慢沉

降阶段以及喜山早期—现今(新近纪—现今)的快速沉降阶段^[1~3], 现今构造形态为一向东、东南倾的斜坡。

1 断裂发育特征

根据车排子构造带不同时期构造断裂的发育特征, 可将断裂演化分为3个阶段: 前白垩纪断裂主

收稿日期: 2007-11-02; 修订日期: 2008-01-03。

作者简介: 王离迟(1965—), 男, 在站博士后, 高级工程师, 主要从事石油地质综合研究。E-mail: htyuan@126.com。

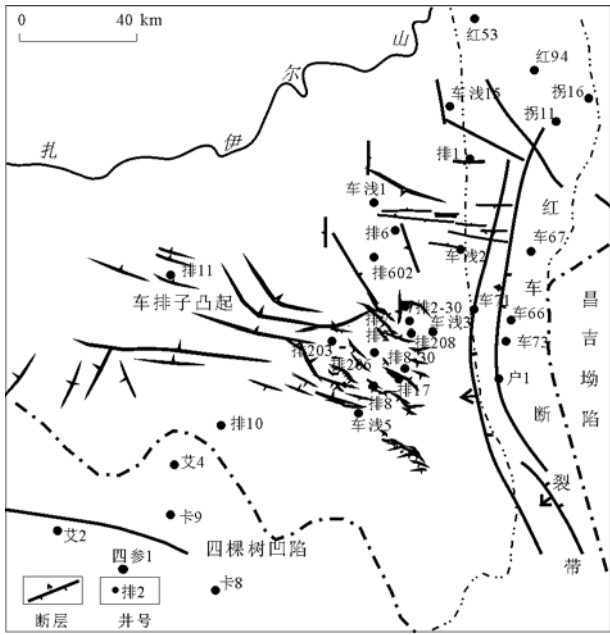


图1 准噶尔盆地车排子地区构造位置
Fig.1 Tectonic location of Chepaizi region, the Junggar Basin

要分布在车浅2井以南,呈北西向展布,以对冲、背冲式断裂组合为主,断裂向西北侧延伸,与玛依拉山—唐巴勒蛇绿(混杂)岩带相接,而且断裂大多都深切石炭系基底,由此可以推测该组断裂的发育可能受北西向基底断裂控制。白垩纪形成的断裂主要分布在车浅1井以北的红山嘴地区,断裂数量和规模都明显减少,断裂走向与达拉布特断裂走向一致,可能与其成生演化相关。新近纪形成的正断层除分布在红车断裂南段东、西两侧外,在车浅3井、排2井附近也有分布,断裂走向以北北西向为主,成因上受南缘挤压应力场控制。

车排子地区断层一般切穿地层较深,延伸较短,且大多为正断层,剖面上大多是高角度断层,有些断层为通天断层,形成时间较晚,以喜山期为主;断层最大延伸21 km,断距一般也较小,最大只有35 m。主要有4种类型,分别为:深浅部均发育的晚期断层(切穿中生代的断层,如F14)、层间断层(如F28)、只在浅部发育的晚期断层(如F23)以及早期断层(喜山期早期已经开始形成的断层,如F31)(图2)。区内以北西向断裂为主,多为雁行式断裂,地层走向转换为稍偏北的近东西向,地层与断层配置不理想,很少有断块或断块—岩性圈闭,仅在排2井三维区的东北角发育一个断块圈闭。

2 断层封闭性研究方法选择

断层既可以是烃类运移的通道,也可以是其遮

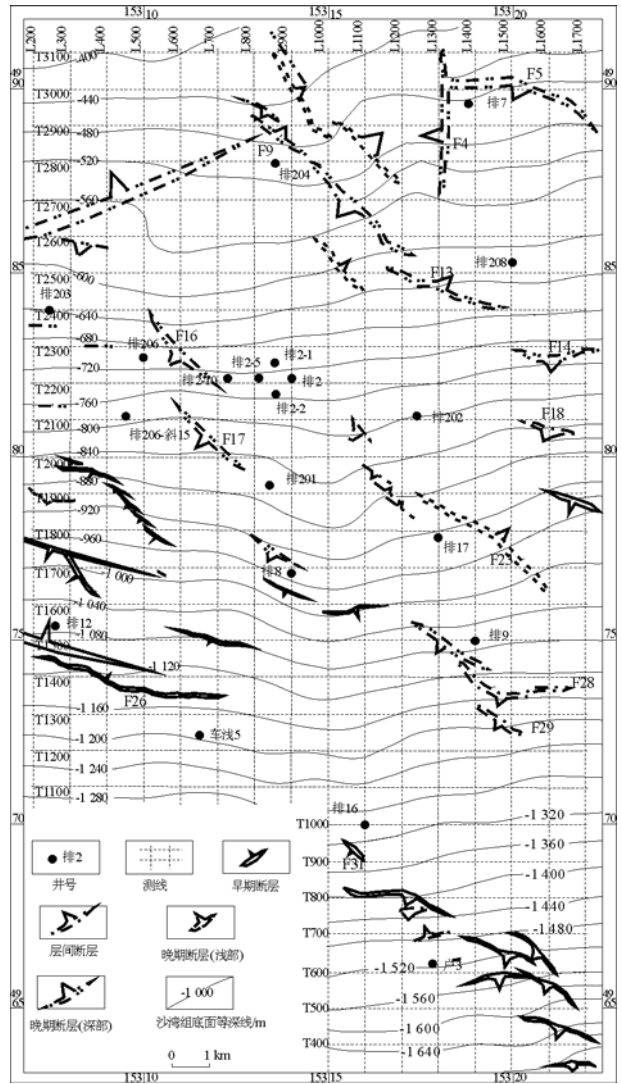


图2 准噶尔盆地车排子地区新近系沙湾组底面断裂特征
Fig.2 Features of fractures at the bottom of Shawan Formation, Neogene in Chepaizi area, the Junggar Basin

挡层,这主要取决于断层面的封堵能力^[4]。断层在油气运聚过程中究竟起何种作用,关键在于其封闭与开启性。正确理解断层开启性和封闭性的关系,将有助于理解油气成藏的动态过程,预测油气的富集层位,揭示油气的分布规律^[4],从而有效地指导油气勘探。车排子地区发现的油藏主要为第三系岩性透镜体油藏,因而断层输导是关键因素。

近年来,对断层封闭性的研究有了长足进展,除了对传统的岩性配置识别法进行了改进,还提出了泥岩涂抹系数法、声波时差法等一系列的定性、定量标准^[5~13]。但是每种方法都有其适用范围,并受到资料品质、勘探程度等一系列因素的限制。断层封闭性研究是一个庞大的地质工作,断层性质

受各种因素影响,同一断层的不同部位、相邻的不同断层之间封闭与否存在较大差异,要根据该断层实际情况进行具体分析^[5]。因此对于特定地区,选择适用性方法、提高断层启闭性预测的准确性是现在亟待解决的问题之一。

在勘探新区,断层封闭性研究一般应从应力研究着手。车排子地区的断层主要是喜山晚期形成的,统计结果显示该区以北西向正断层为主,约占断层总量的 50% 以上;其次为东西向或近东西向正断层,倾向主要为南西向或正南方向。在车排子断阶带上,存在有 2 组应力,其主压应力方向分别为北北东向和北西西向,而扭应力方向则为北北西向、北东东向、西西南向和南南东向,从而推测研究区最大主应力方向为北东向。在喜山运动时期,应力场由早期的强烈挤压转为挤压松弛,沿与最大主应力垂直方向松弛形成正断层,因而判断该区北西向断层为压性,而东西向断层以压扭性为主,在垂向上有较好的封闭性。应力研究只能给出断层走向与封闭性的定性判断,对于车排子这一局部地区的圈闭评价来说实际意义不大。

现今使用较多的模糊综合评判、非线性映射等方法,特点是综合各种地质因素,通过加权或对比映射,给出半定量化的评价结论,基本实现归一化的目的,精确性相对较高。但是在车排子地区并不适用,因为研究区勘探程度较低,不符合上述方法对资料的要求。譬如,非线性映射的应用前提是部分断层的启闭性已知,而车排子地区此前并未开展过类似工作。

另外,再有一种适宜在碎屑岩地区使用的方法,即泥岩涂抹方法。泥岩涂抹是断裂带中普遍存在的地质现象。断层活动过程中,由于泥岩塑性大,在挤压应力或重力的作用下,泥岩粉碎成粘土在其上下盘断壁间截砂岩层形成一个糜棱岩化的泥岩隔层。这种泥岩涂抹层,由于受挤压应力或重力作用,不仅可以使泥质颗粒侵入砂岩断面堵塞其孔隙,而且还会受到不同程度的动力变质发生致密化,具封闭性^[1]。目前泥岩涂抹法已经成为定量评价断层封闭性的重要方法。车排子地区小规模断层两侧的岩性特征明显,断层要素明确,因而对于该区的断层封闭性评价可以选择泥岩涂抹方法。

3 泥岩涂抹定量评价

根据 Yielding 等^[14]提出的泥岩削刮比(SGR)计算法,以及断裂带泥质含量 R_m 的计算,对车排子地区相关断层的侧向及垂向封闭性进行了定量

评价。断层垂向封闭参数——断裂带充填物泥质含量(R_m)代表错断地层泥岩厚度所占的比率,一般 R_m 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。公式如下:

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

式中, R_m 为断裂带充填物泥质含量,%; 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 为断层移动地层厚度,m; 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。

断层侧向封闭参数——断层两盘岩性配置关系,其中泥岩涂抹因子(SGR)的计算方法如下:

$$SGR = \frac{\sum \text{泥岩层厚度}}{\text{断距}} \times 100\% \quad (2)$$

泥岩削刮比法就是在断层位移段内测定刮过目的层的泥和(或)页岩所占的比例,用上盘或下盘各自测定。准噶尔盆地 SGR 值评价等级为:小于 30% 不具封闭性,大于 60% 封闭性好。车排子凸起侧向与垂向封闭性评价结论见表 1。

表 1 准噶尔盆地车排子地区重点断层封闭性评价

Table 1 Evaluation of sealing function of important faults in Chepaizi area, the Junggar Basin

断 层	SGR, 侧向封闭性评价 %	R_m , %	垂向封闭性评价
排 206 东断层 F16 上段 (塔西河组)	60 封堵性好	55	封闭性好
排 206 东断层 F16 下段 (第三系—白垩系)	25 开启	27	可作为输导层
排 2 南断层 F17 上段 (塔西河组)	75 封堵性好	62	封闭性好
排 2 南断层 F17 下段 (第三系—白垩系)	10 开启	15	优势通道
排 7 西断层 F4 上段 (第三系)	10 开启	12	优势通道
排 7 西断层 F4 下段 (白垩系)	75 封堵性好	70	封闭性好
排 7 北断层 F5 上段 (第三系)	0 开启	11	优势通道
排 7 北断层 F5 下段 (白垩系)	80 封堵性好	65	封闭性好
排 208 南断层 F13 上段 (沙湾组一段—塔西河组)	62 封堵性好	42	可作为输导层
排 208 南断层 F13 下段 (白垩系—沙湾组二段)	25 开启	35	可作为输导层
排 8 南断层上段 (塔西河组)		90	封闭性好
排 8 南断层下段 (第三系—白垩系)		35	可作为输导层

排 206 井东断层和排 2 南断层两段在浅部断距相差不大,在较深部位前者明显大于后者。对以上两个断层进行断裂带充填物泥质含量研究认为,由于沙湾组顶部泥岩较厚,断层断距小,无法切穿厚泥岩层,导致断层在塔西河组及以上地层垂向封闭,油气得以保存(图 3)。沙湾组一段底部向下,岩性以砂砾岩为主,断层带内充填物以砂质为主,封闭性差,排 206 井东断层侧向开启,使排 206 与排 2 井沙湾一段底部的油层连通,可作为油气充注的通道。白垩系底部向下,两个断层侧向封闭性开始增强,排 2 南断层侧向封闭性优于排 206 井东断层,在 1 250 m 处封闭了排 2 井侏罗系顶部油层(图 4)。

排 7 井北断层和西断层在第三系不具有垂向和侧向封闭,因而无油气显示。在白垩系以下,随着大套泥岩的出现,断层垂向封闭性增强,在排 7 井白垩系底部封堵多层油气,形成断块型油气藏。在侏罗系顶部有薄层油气显示,推测是由于断层侧向封闭性变差,油气进入断层带,进入侧向封闭较差的上升盘对应砂体,从而沿该层逸散。

排 8 南断层在平面上较短,断距不大,但是错

断地层较深,至白垩系顶部。断层带泥质含量在沙湾组一直保持在 35% 以上,到塔西河组突然增大到 90% 以上。断层具有“下开上闭”特征,从白垩系至沙湾组可作为油气运移的优势通道,断层在塔西河组具有较好的垂向封闭性。从以上分析可认为,在车排子 3D 区,透镜体油藏都有好的输导性断层沟通砂体与下部连通砂体和不整合面。

排 208 井南断层在塔西河组以下具有较好的垂向输导能力,在沙湾组中部大块砂体处侧向封闭性差,油气可穿过断层向东侧运移,最终在排 208 井北侧圈闭的高部位成藏。在沙湾组顶部断层下盘,由于和上盘塔西河组顶部泥岩对接,泥岩削刮比大于 60%,侧向封闭性好,可以封堵下盘油气,形成小规模的结构—岩性复合油气藏。

车排子凸起主要发育滩坝相岩性油藏,输导体系是成藏的主要控制因素。以上结果表明,该区探井的成功与否,主要和断层封闭性有关。使用泥岩涂抹方法所得的断层封闭性结论与实际十分匹配。因而在下一步勘探中,断层封闭性研究作为必要手段应予以重视。

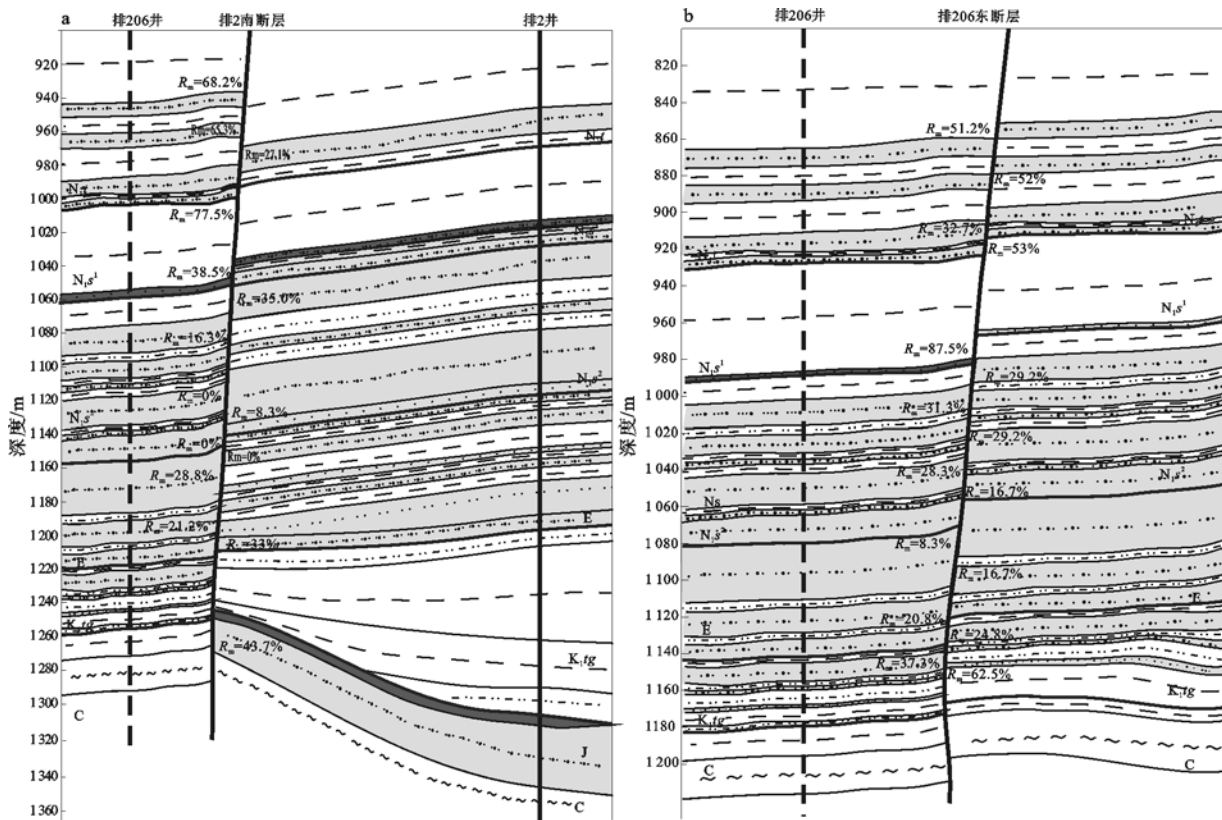


图 3 准噶尔盆地西缘车排子地区断层垂向封闭性评价

a. 排 2 南断层; b. 排 206 东断层

Fig. 3 Evaluation of vertical sealing of the fault in Chepaizi region in the west of Junggar Basin

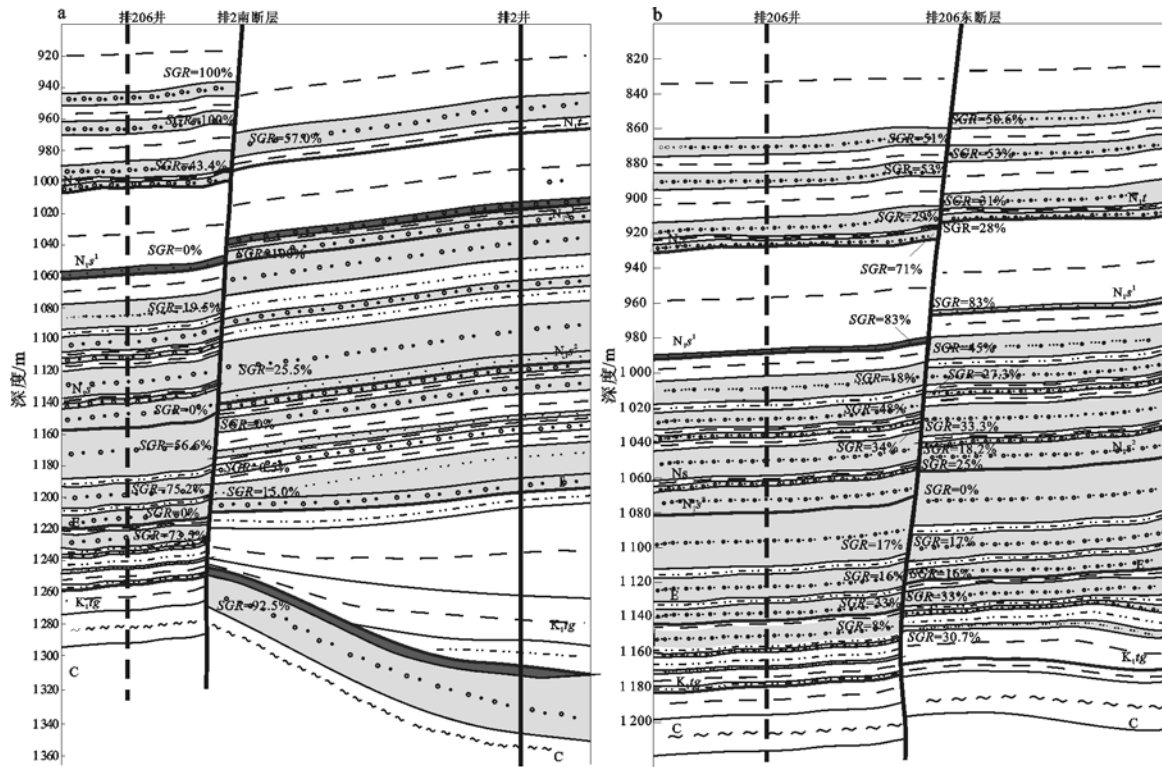


图 4 准噶尔盆地西缘车排子地区断层侧向封闭性评价

a. 排 2 南断层; b. 排 206 东断层

Fig. 4 Evaluation of lateral sealing of the fault in Chepaizi region in the west of Junggar Basin

4 勘探实效

断层封闭性研究的最终目的是应用到勘探实践中去。研究表明,应用泥岩涂抹方法评价断层封闭性,在车排子凸起获得了很好的匹配关系,因而可以应用这一手段指导该区进行有效的油气勘探。

首先根据排 208 井南断层(F13)评价结论为垂向输导、下部侧向开启的特点,认为油气可通过该断层继续向上盘运移,因而在排 208 井北部实钻,在其高部位钻探开发井排 2—30,获工业油流。在研究排 17 井失利原因的过程中,对断层封闭性进行预测,发现排 17 井东断层(F23)在塔西河组及其以上地层垂向封堵,为油气成藏提供了有利条件。然而,由于断层两侧砂体对接率很高,对油气保存不利,致使与排 2 井相对应的砂体仅有少量油气显示,大部分油气可能穿过断层向上盘运移。在以上结论的基础上,对排 17 井东断层上盘高部位进行实钻,在排 8—30 井获得工业油流(图 5)。

5 结论

车排子地区正断层特点明显,表现为多数切穿

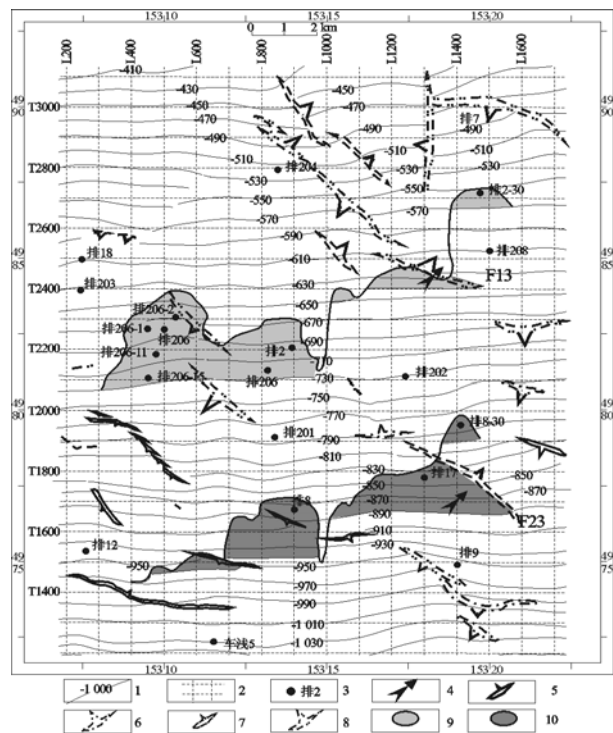


图 5 准噶尔盆地车排子地区油气沿 F13, F23 运移路径

- 1. 沙湾组底面等深线/m; 2. 测线; 3. 井号; 4. 油气运移方向;
- 5. 早期断层; 6. 层间断层; 7. 晚期断层(浅部); 8. 晚期断层(深部);
- 9. 排 2 井油层圈闭; 10. 排 8 井油层圈闭

Fig. 5 Hydrocarbon migration routes along F13 and F23 in Chepaizi area, the Junggar Basin

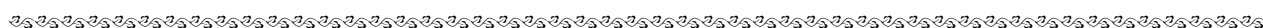
中生界—新生界的多套地层,剖面上大多是高角度断层,但是延伸较短,规模小,形成时间较晚,以喜山期为主。相对于应力分析、模糊综合评判和非线性映射等断层封闭性方法,泥岩涂抹方法在研究区更具优势,研究结论与实际相匹配。通过对多条断层的 R_m , SGR 值的分析与计算,认为大多数断层在塔西河组垂向封闭,具“下开上闭”特征,第三系为重要的输导层。在以上理论研究的基础上指导油气勘探,收到了良好效果。

参考文献:

1 董臣强,孙自明,洪太元. 准噶尔盆地南缘前陆褶皱冲断带构造滑脱层厘定[J]. 石油实验地质,2007,29(2):138~142
 2 王离迟,洪太元,江 洪. 强振幅地震属性分析技术在车排子地区油气检测中的应用[J]. 新疆地质,2006,24(3):310~313
 3 洪太元,王离迟,张福顺等. 准噶尔盆地西缘车排子地区地层沉积特征[J]. 中国西部油气地质,2006,2(2):164~167
 4 鲁 兵,丁文龙,刘 忠等. 断层封闭性研究进展[J]. 地质科技情报,1998,17(3):75~80

5 张永华,贾曙光,杨春峰等. 断层封堵性的应用研究[J]. 石油物探,2001,40(4):83~88
 6 王 斌,袁月琴,周江羽等. 塔里木盆地雅—轮地区断层封堵性研究[J]. 石油实验地质,2006,28(5):30~35
 7 吕延防,付 广. 断层封闭性研究[M]. 北京:石油工业出版社,2002
 8 王德海,郭 峰,任国选等. 松辽盆地东南隆起区断层与油气运移及成藏[J]. 石油实验地质,2006,28(4):29~33
 9 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
 10 白新华,罗 群. 断层封闭性评价研究[J]. 大庆石油学院学报,1998,22(1):89~93
 11 何 伟. 断层封堵性的三级评价方法[J]. 油气地质与采收率,2005,12(2):27~29
 12 鲁雪松,蒋有录,吴 伟. 对断层开启机制的再认识[J]. 油气地质与采收率,2004,11(6):11~13
 13 杨 勇,邱贻博,查 明. 用模糊综合评判方法研究断层封闭性:以高邮凹陷陈堡地区为例[J]. 新疆石油地质,2005,19(1):102~104
 14 Yielding G, Freeman B, Needham D T. Quantitative fault seal prediction[J]. AAPG Bulletin,1997,81(6):987~997

(编辑 韩 或)

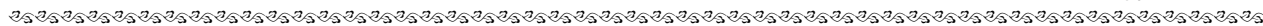


(上接第 36 页)

3 马安来,张水昌,张大江等. 轮南、塔河稠油油源对比[J]. 石油与天然气地质,2004,25(1):31~38
 4 贾存善,马旭杰,饶 丹等. 塔河油田奥陶系油田水同位素特征及地质意义[J]. 石油实验地质,2007,29(3):292~297
 5 康玉柱. 塔里木盆地古生代海相碳酸盐岩储集岩特征[J]. 石油实验地质,2007,29(3):217~223
 6 高 波,刘文汇,范 明等. 塔河油田成藏期次的地球化学示踪研究[J]. 石油实验地质,2006,28(3):276~280
 7 张水昌,梁狄刚,张宝民等. 塔里木盆地海相油气的生成[M]. 北京:石油工业出版社,2004.45~47
 8 范小林,邱蕴玉,鲍新毅. 塔里木盆地轮南—阿克库勒地区地质构造及油气成藏与勘探目标[J]. 石油实验地质,1996,21(2):

132~136
 9 顾 忆. 塔里木盆地北部塔河油田油气藏成藏机制[J]. 石油实验地质,2000,22(4):307~312
 10 刘大锰,金奎励,王凌志. 塔里木盆地志留系沥青砂岩的特性及其成因[J]. 现代地质,1999,13(2):169~175
 11 刘洛夫,赵建章,张水昌等. 塔里木盆地志留系沥青砂岩的形成期次及演化[J]. 沉积学报,2000,18(3):475~479
 12 吕修祥. 塔里木盆地塔中低凸起志留系油气成藏机理初探[J]. 石油实验地质,1997,19(4):328~331
 13 贾承造. 塔里木盆地构造演化与油气[M]. 北京:石油工业出版社,1997
 14 陈元壮,刘洛夫,陈利新等. 塔里木盆地塔中、塔北地区志留系古油藏的油气运移[J]. 地球科学,2004,29(4):473~482

(编辑 吴传芝)



(上接第 40 页)

特征,孔隙类型以微孔、过渡孔为主;从北向南,煤级逐渐升高,整体表现为低—中煤级;煤的吸附能力较强,煤层气具有饱和、过饱和特征,煤层含气潜力大。

参考文献:

1 刘新社,席胜利. 鄂尔多斯盆地东部上古生界煤层气储层特征[J]. 煤田地质与勘探,2007,35(1):37~40
 2 付金华,魏新善,任军峰等. 鄂尔多斯盆地天然气勘探形势与发展前景[J]. 石油学报,2006,27(6):1~12
 3 叶建平. 中国煤层气勘探开发进展综述[J]. 地质通报,2006,25(9~10):1074~1078
 4 常象春,王明镇,郭海花. 鄂尔多斯盆地多种能源矿产共存特征及其相关性[J]. 石油实验地质,2006,28(6):507~510
 5 秦长文,庞雄奇,蒋 兵等. 吐哈盆地煤层气富集的地质条

件[J]. 天然气工业,2004,24(2):8~10
 6 吴传荣,张 慧,李远虑. 西北早—中侏罗世煤岩煤质与煤变质研究[M]. 北京:煤炭工业出版社,1995
 7 张 群,杨锡禄. 煤中残余气含量及其影响因素[J]. 煤田地质与勘探,1999,27(5):26~28
 8 李小彦,司胜利. 我国煤储层煤层气解吸特征[J]. 煤田地质与勘探,2004,32(3):27~29
 9 张建博,王红岩. 中国煤层气地质[M]. 北京:地质出版社,2000
 10 王生维,陈钟惠,张 明等. 煤层气地质学新进展[J]. 煤田地质与勘探,2002,30(5):20~22
 11 王明寿,汤达祯,魏永佩等. 沁水盆地北端煤层气储层特征及富集机制[J]. 石油实验地质,2006,28(5):440~444

(编辑 韩 或)