

文章编号:1671-4814(2009)04-255-08

胡状集油田断层封闭性研究*

曾红¹, 仵永强², 杨小波¹, 单长冰¹

(1 中原油田分公司物探研究院, 河南 濮阳 457001)

(2 西北油田分公司勘探处, 新疆 乌鲁木齐 830000)

摘要:断层封闭性与油气的运移聚集密切相关,是油田含油气性评价中一个非常重要的方面。本文从断层封闭性理论、主要影响因素,以及断层封堵模式的分析论述出发,运用声波时差和断面剖面图等方法,分析了胡状集油田复杂断块区断层封堵性,为该区的滚动勘探提供了一定的指导意义。

关键词:断层封闭性;断层封堵模式;断面剖面图

中图分类号:P618.130.2

文献标识码:A

胡状集构造位于东濮凹陷西部斜坡带的中段,西临内黄隆起,东以柳屯-海通集洼陷与中央隆起带隔洼相望,北与马寨构造相接,南与庆祖集构造相连,构造面积约250 km²(图1)。整个下第三系沉积时期,西部地区经历了先注后隆的发展演化过程,其基底为斜坡状,斜坡上沉积了下第三系沙河街组为主的地层。目前探明储量在层系上主要分布在沙三²、沙三³、沙三^{4上}以及沙三^{4下}等四个层系,区带上主要集中分布在二台阶,一台阶和三台阶很少,油藏类型主要为断鼻、断块等构造油气藏,构造-岩性复合油气藏也有所发现,但所占比例较少。

胡状集地区的勘探先后经历了摸索、突破、稳步发展以及下滑、低谷等多个勘探开发阶段。造成勘探低谷的原因很多,构造、储层以及油气成藏规律研究不够等等,都会在很大程度上制约该区勘探的进程,尤其是构造因素更为关键。

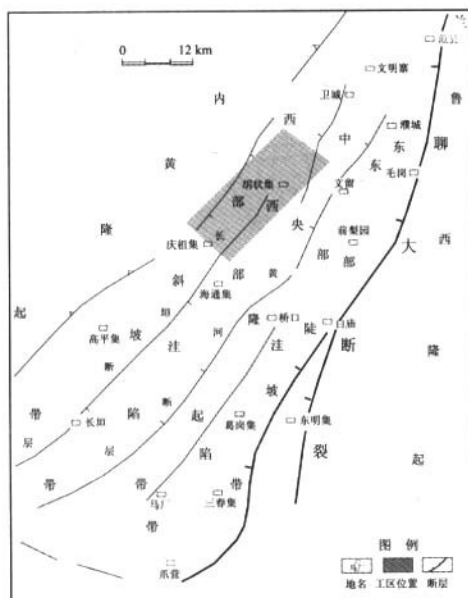


图1 东濮凹陷构造分区及胡状集油田位置图
Fig. 1 Structural zoning of Dongpu depression and location of Huzhuangji oilfield

* 收稿日期:2009-07-06

第一作者简介:曾红(1971--),女,重庆合川人,工程师,从事地球物理勘探研究工作。

本文主要立足于断层封闭性对胡状集油田的油气成藏进行了深入分析。

1 断层封闭性理论及其重要性

油气从运移到聚集成油藏,其过程可表述为非润湿性流体(油气)挤入被润湿性流体饱和的毛细管中,那么,挤入油气所需的最小毛细管力称为排替压力。排替压力大小与储层的孔喉半径成反比,孔喉越粗,排替压力越小,反之,则排替压力增大。显然,对于杂基含量相同的沉积岩,岩性越粗,则孔喉半径越大,挤入油气的排替压力越小。

断层是否封闭,关键取决于断层两侧相对应岩层的排替压力不同,即存在一个压力差,当油气运移的动力,介于断层两侧的排替压力之间时,则为封闭断层。当油气运移动力大于最高排替压力时,即使断层两侧的排替压力不同,断层也不封闭。

上述论述表明,断层两侧“砂岩不见面”是较优越的天然封闭条件,即使“砂岩见面”,但如果它们的排替压力不同,或断层泥与砂层的排替压力不同(断层泥的排替压力大于对应岩层的排替压力),也可形成封闭断层。

勘探开发实践及研究表明,断层的不封闭性可分为两种情况,一种是发生串通作用,允许油气穿过断层进入对面另一盘的储集层中(图 2(a));二是发生纵向窜流作用,使油气沿断层面垂向流动一段距离,然后进入相连通的某一储集层中(图 2(b))。断层究竟起什么作用完全取决于具体的地质条件,如断层的活动性、断层面受力情况、两盘相互接触的岩性等。

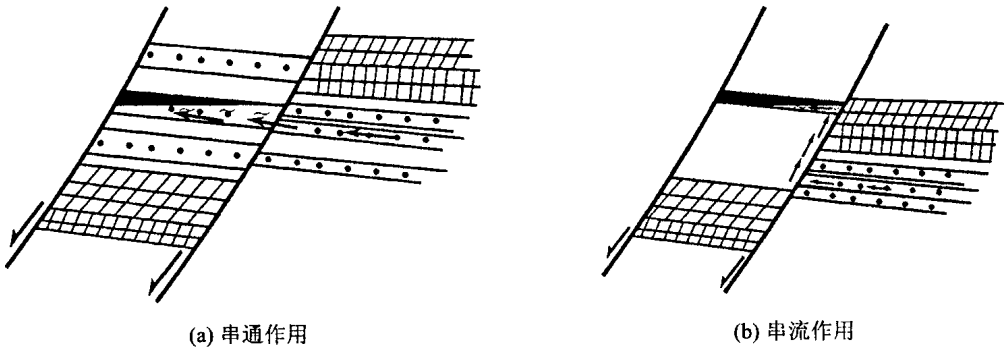


图 2 断层对油气的串通及窜流作用

Fig. 2 Pass through and cross flow channeling effects of faults on oil-gas

胡状集地区多数圈闭均含油,表明该区断层封闭性相对较强,但仍有部分圈闭未能形成油气藏,其关键因素可能在于断层的封闭性。如,胡 49 块位于胡状集二台阶胡 47 块西边,是受石家集断层及其下降盘派生小断层共同遮挡而成的断块圈闭。胡 49 井钻于该圈闭高部位,无油气显示,裸眼完井(图 3)。

石家集断层产生的时期在沙三⁴段沉积前,主要活动期为沙三⁴-东营期,控制着胡状集地区的构造演化、地层沉积和油气富集区分布。在其下降盘已经发现了胡 7、胡 12 等储量超千万吨的高产富集区块,而其上升盘发现的油气很少,表明石家集断层对油气运移的封堵作用很强。但胡 49 块圈闭落实,却未见油气,也进一步说明石家集断层在该块沙三¹⁻²亚段的封闭性相对较差,导致油气沿着断层向上逸散。因此,断层封闭性研究在胡状集地区的圈闭含油气性评价中仍然占有非常重要的位置。

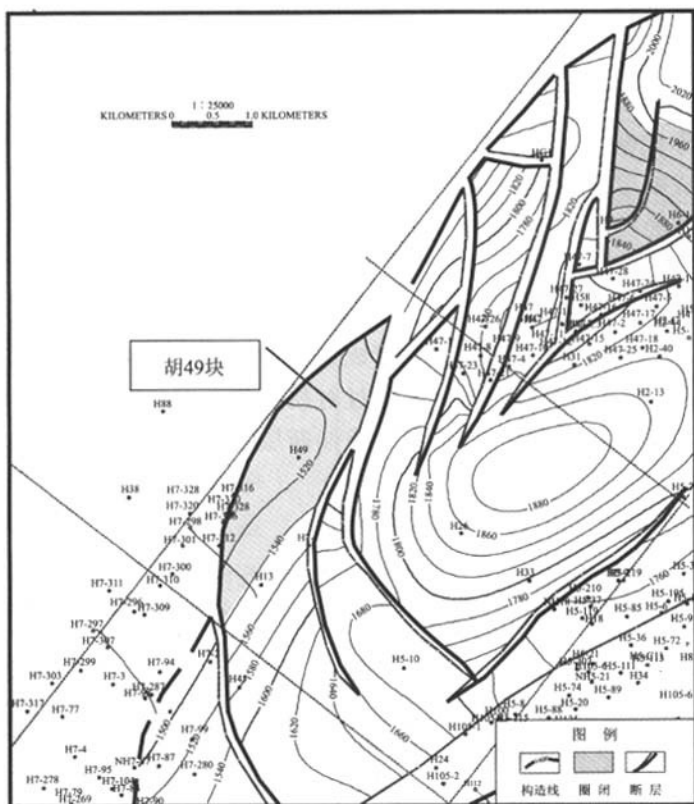


图 3 胡 49 块圈闭构造图

Fig. 3 Structural map of Hu49 Trap

2 断层封闭性的主要影响因素

2.1 断层的活动性

研究断层活动对封闭性的影响,必须对断层的发育期及其活动期有一个正确的了解和认识,发育期是指断层开始出现到不再活动为止的整个时期,而活动期则指断层两盘发生相对位移的时期,每一活动期被接下来的静止期所隔开,组成一个活动周期。二者不断交替,组成了整个发育期。

胡状集地区发育了众多不同规模 and 不同走向的断层,这些断层的发育期次和活动强度虽各有差异,但也有相似的活动规律,就一条断层来说,每次活动期也许只局限于某一范围内,而另一次活动又局限于另一范围内。所以同一条断层不同部位的活动期并不一致,从而造成断层不同部位封闭性的差异。

2.2 断层断距

研究认为,同一力学性质的断层,断距越大、断裂带越宽、断层两侧岩块挤压研磨的碎裂作用越强,越容易形成偏细粒的断层岩,有利于断层封闭性的增强。相反,小断距的断层,力作用于岩石的强度小,一方面岩石破碎相对较差,断层岩细粒化程度明显较弱,不利于形成断层封闭性;另一方面,当断距小于被断地层储层厚度时,降低了断层两盘储层与非储层对

接的机遇,因而,随着断距的减小断层的封闭性也将变差。

2.3 断层性质

一般来说,压性断层易于形成封闭,张性断层则通常具开启性质。

综上所述,对形成断层封闭性来说,断层活动性、断层滑移的距离和被断地层的岩性组合、断层的性质构成断层封闭性三要素。由于地质环境的不同,三者中的某一方面都有可能起主导作用,根据主导因素的不同,断层的封闭可出现不同的封堵模式。

3 断层的封堵模式

断层封堵模式是断层在形成过程中或形成以后,由于构造、沉积、成岩等各种地质因素的影响而形成的对地层流体的封堵机制。通过对胡状集地区断块油藏的解剖,以构造地质学、石油地质学的基础理论为指导,分析了各控油断层的封闭机理,建立了岩性配置封堵模式、时间配置封堵模式两种主要的封堵类型。

3.1 岩性配置封堵模式^[1]

岩性配置封堵模式是指断层的封堵性和封堵能力主要受对盘岩石岩性的控制(图 4)。由于断层的断距在横向和纵向上有变化,在沉积盆地内岩性组合也是变化多端。因此,断层能否起封闭作用,也是变化不一的。但是,其最基本的条件是断层两侧渗透性岩层不直接接触(俗称“砂岩不见面”)就可起封闭作用。在胡状集地区,地层发育主要为砂泥岩互层,砂岩储层被下降盘的泥岩所封堵,成为断块油气藏的一种封堵类型。

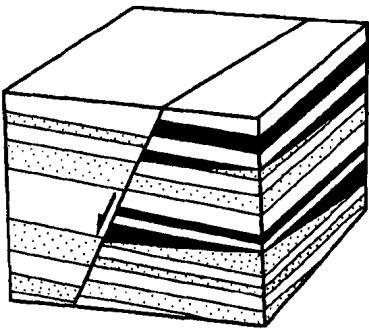


图 4 岩性配置封堵模式
Fig. 4 Lithologic sealing model

胡 47 块油藏,其沙三²亚段顶部有套厚砂层,在胡 58 井、胡 47-3、胡 47-11、胡 47-12、胡 47-14 等井均为油层,而其他储层均为水层或干层,该套油层的油水边界在 1 810~1 815 m 之间(图 5)。通过分析该油藏内小断层上下两盘的渗透层

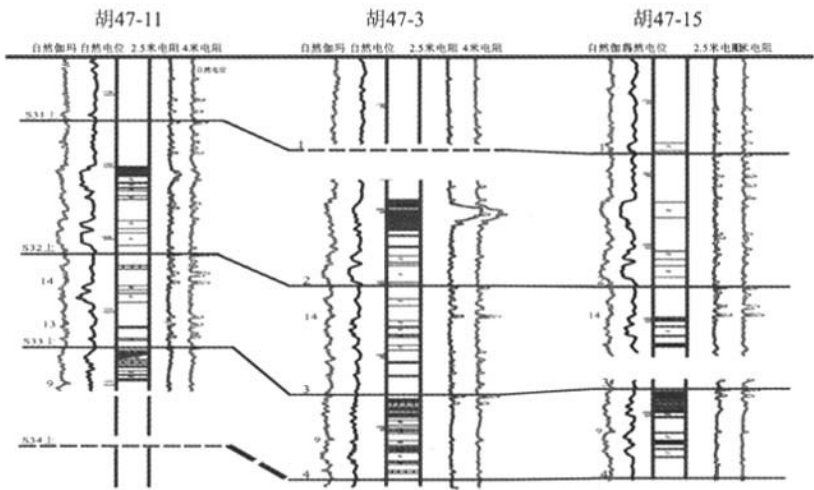


图 5 胡 47 块油层对比图
Fig. 5 Oil reservoir correlation chart of Hu47 Block

和非渗透层之间的对置关系,认识到该套油层是受小断层两侧泥岩的侧向封堵成藏(图 6)。

勘探开发实践表明,这种封堵模式是东濮凹陷各断块油田较为普遍的封堵类型之一。

3.2 时间配置封堵模式

时间配置封堵模式是指控油断层的封闭性主要受控油断层发育时期与油气运移聚集时期的匹配关系所控制。若两者匹配得当,油气就可被断层封堵住,若两者匹配不适当,则不能形成油气的富集(图 7)。在油气大量运移聚集之前就已停止活动的断层,一般都具有较好的封堵性,从而使油气在断层附近聚集起来而形成油气藏;反之,在油气大量运移聚集期间内或之后一直活动的断层,由于油气运至断层附近时,都会顺着断层面而逸散,从而不能封堵油气而成藏,故其封闭性也就差。

如长垣断层下降盘地层,由于受到长垣断层强烈、持续活动的影响,导致海通集注陷生成的油气得不到有利保存,仅在上第三系及第四系沉积时,长垣断裂活动变弱时,才得以有较多油气在深层圈闭中保存。

4 利用声波时差资料研究断层封闭性^[2]

国内外大量文献表明,测井声波时差与岩石排替压力之间具有明显的反比关系,即声波时差越小,其排替压力值越大,反之则越小。利用声波时差资料研究岩石的排替压力,并确定岩层在垂向上的封闭性,其本质是断层充填物与围岩在密度上存在差异。众所周知,声波在岩石中的传播速度与岩石密度成正比关系,因此,当声波通过封闭断层的充填物时,速度明显较其通过围岩的速度要大,而通过开启断层的充填物时,速度就明显较通过围岩时的小。这样,就可以根据断层充填物的声波时差与围岩的声波时差的相对关系来确定断层的封闭性。

图 8 为断层充填物声波时差与围岩声波时差三种情况的相对关系。图 8a 为断层声波时差低于围岩的声波时差值,即声波在断层充填物中的传播速度高于其在围岩中的传播速度,表明断层充填物较围岩致密,渗透性差,因此应具有垂向封闭性。当断层充填物的声波时差高于围岩的声波时差时,又可分为 2 种情况:图 8b 为断层处于欠压实泥岩带内,此时由于欠压实泥岩塑性强,容易发生流动,在超压的作用下,可以堵塞断层面紧闭后遗留下来的孔隙和裂缝,所以尽管其声波时差高于围岩声波时差,但其仍具垂向封闭性;图 8c 则为断层未处

万方数据

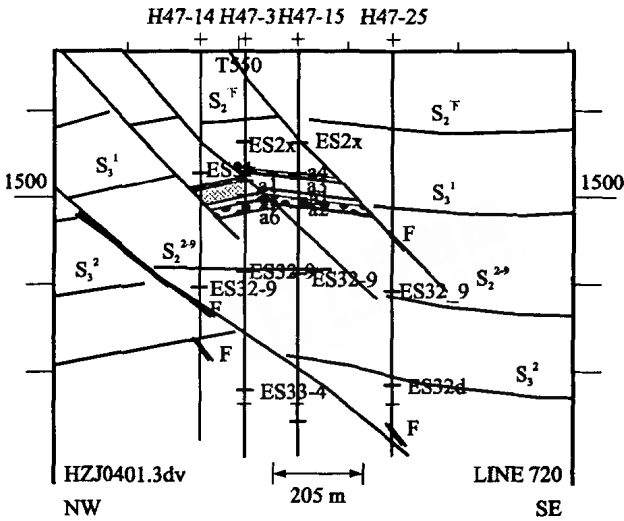


图 6 胡 47 块油藏剖面
Fig. 6 Reservoir section of Hu47 Block

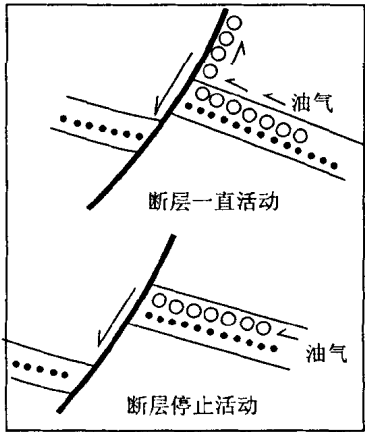


图 7 时间配置封堵模式
Fig. 7 Time sealing model

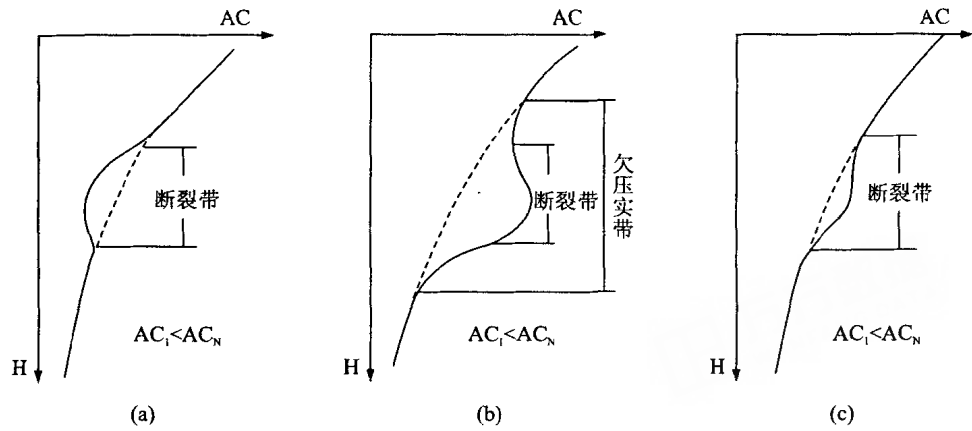


图 8 断层充填物声波时差与围岩声波时差的相对关系

Fig. 8 Relationships of sound-wave time differences for fault-filling materials and country rocks

于欠压实泥岩带中,其声波时差值高于围岩的,表明充填物具有较好的渗透性,不具有垂向封闭性。

本文利用声波时差曲线分别对各级断层,如:二级断层(石家集断层)、三级断层(胡 2 断层、胡 14 断层)、四级断层(胡 12 断层)以及五级断层(胡 47-3 断层、胡 63-4 断层)等进行了断层封闭性的分析(图 9)。

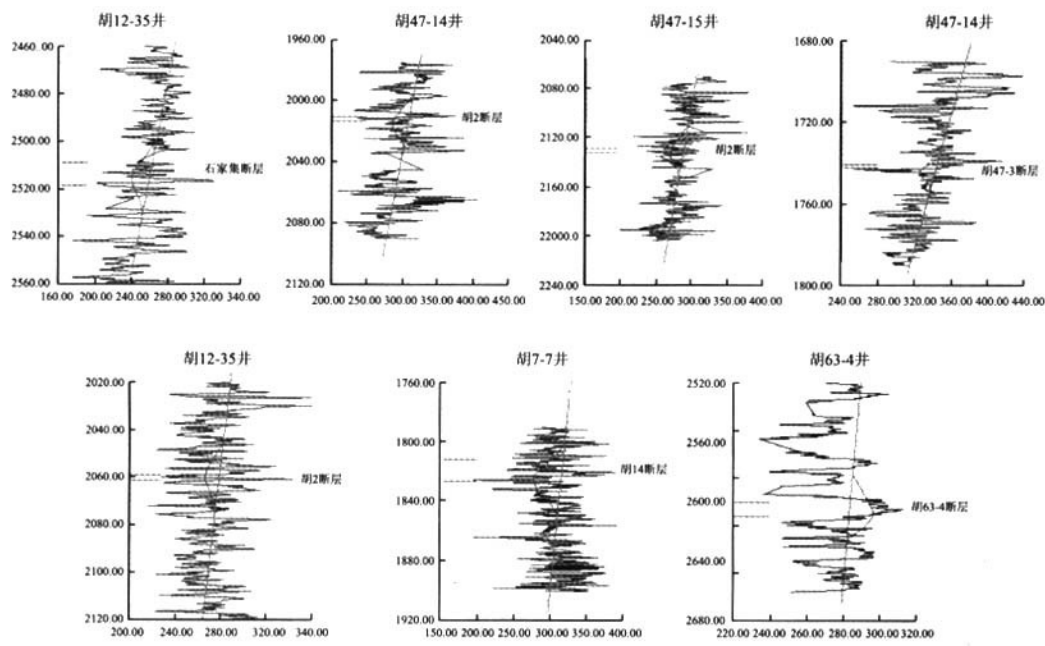


图 9 胡状集地区各级断层声波时差曲线

Fig. 9 Sound-wave time difference curves for faults of different orders in Huzhuangji area

以断层充填物声波时差与围岩声波时差三种情况的相对关系为判别依据,胡状集地区

的断层大多属于封闭性断层(如石家集断层、胡 2 断层、胡 14 断层、胡 12 断层等等),仅有极个别小断层的封闭性较差,属开启性断层(如胡 63-4 断层等)。因此,存在于胡状集地区的断块圈闭大多具有良好的封堵油气的条件,空圈闭相对其它地区来说较少。

5 利用断层面剖面图法分析断层封堵性^[3]

断层封闭性分析是在这样一条假设下进行的,即断层本身在油气运移过程中既可能起通道作用,也可能起遮挡作用,只有在断层两盘砂岩相互接触时才起通道作用,砂岩和泥岩相互接触时才起遮挡作用。

当评价组成某一断块(鼻)圈闭断层的封闭性时,首先是以目的层段构造图(要求构造图准确,否则预测可能有误)为基础,沿断层走向分别切断层两盘的断层面剖面图,把相邻井钻井地质剖面按比例标定到断层面剖面图上,其中封口的为砂岩层,未封口为泥岩层,然后按照相同的深度把两张剖面图迭合起来(一般把组成圈闭的那一盘的剖面放在上面),这时就可以清楚地看到哪些砂层是连通的,哪些砂层是封堵的(封堵的砂层涂成黑色),断层封闭性就一目了然了。如果组成某圈闭的断层不止一条,则他们共同封堵的层才是该圈团最终的封堵层^[4]。

本次研究,运用断层面剖面图法,在胡 47 块和胡 127 块进行了断层封堵性的分析(图 10)。从图上可以直观看出,断层两盘有部分砂层互不见面,具备保存油气的条件。尤其是胡 127 块,可以大致预测出该块新钻井胡 63-15 井的油层大约为 7 层,有效油层厚度约 20 m。

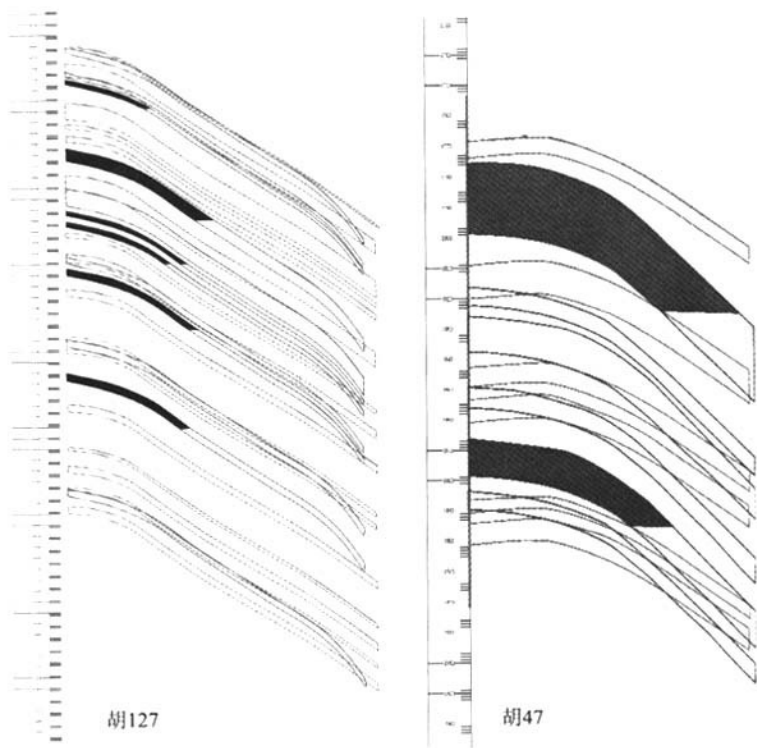


图 10 胡 47 块和胡 127 块断层面剖面图
Fig. 10 Sections of fault planes of Hu47 and Hu127 Blocks

6 结束语

胡状集地区受长垣、石家集和五星集三组 NNE 向断裂系的控制,构造圈闭发育,包括断背斜、断鼻、反向屋脊、顺向断块、墙角断块等,这些圈闭为油气储集提供了良好的场所。据分析,多数圈闭形成时间要早于油气大规模运移时期,非常有利于油气的聚集与保存。目前,该区较大的构造已经基本落实,且大多富含油气,下一步加强对小型复杂断块的研究将是当务之急。

断层活动影响着小断块的构造格局,控制砂体沉积和油气聚集,因此断层封闭性分析在圈闭评价中占有重要地位。但影响断层封闭的因素很多,要准确判断出断层是否对油气具有封堵性是一项十分艰巨复杂的工作。笔者以我国东部油田中实际的助探开发实践为依据,对断层的封堵模式做出理论与实践相结合的探讨,认为在胡状集油田复杂断块区,运用声波时差和断层面剖面图来分析断层封堵性的方法是切实可行的。

参考文献

- [1] 李令喜,张治良,刘春晓.东濮凹陷断层封堵模式探讨[J].西安工程学院学报,1999,21(3).
- [2] 刘伟,贾中,李丽.复杂断块油气田断层封闭性综合分析方法[J].断块油气田,2002,9(1).
- [3] 李焕鹏,吕世全,等.复杂断块油田中的断层封堵性研究[J].特种油气藏,2001,8(1).
- [4] 段新建,秦秉操.断层封堵性分析在滚动勘探中的应用[J].河南石油,1997(5).

Study on the fault sealing properties of Huzhuangji oilfield

ZENG Hong¹, WU Yong-qiang², YANG Xiao-bo¹, SHAN Chang-bing¹

(1 *Geophysical Research Institute of ZhongYuan oil field, Puyang 457001, China*)

(2 *Exploration department of Xibei Oil field, Wulumuqi 83000, China*)

Abstract

Fault sealing properties, which are related closely to the migration and accumulation of oil and gas, are the important aspect in oilfield oil-bearing property evaluation. Starting from the analysis and discussion of the theory of fault sealing properties, main influence factors and fault sealing model, by using of the method sound-wave time differences and sections of fault planes, the article analysed the fault sealing properties in complicated fault block area of Huzhuangji oilfield, and provided some guidance to the progressive exploration in this area.

Key words: fault sealing properties; fault sealing model; section of fault plane