

文章编号:1000-0550(2017)03-0592-08

doi: 10.14027/j.cnki.cjxb.2017.03.016

# 断裂输导油气运移形式分布区预测方法及其应用

付广<sup>1</sup>,李世朝<sup>1</sup>,杨德相<sup>2</sup>

1.东北石油大学地球科学学院,黑龙江大庆 163318

2.中国石油华北油田勘探开发研究院,河北任丘 062552

**摘要** 为研究断裂在油气成藏与分布中的作用,在断裂输导油气运移形式划分的基础上,对断裂输导油气运移形式所需条件和分布区预测方法进行了研究,结果表明:断裂输导油气运移形式不同,所需条件也不同,断裂垂向向上输导油气运移形式所需的条件主要是断裂位于成熟源岩区内,断裂垂向向下输导油气运移形式所需条件是断裂位于具有供油气能力的超压成熟源岩区内,断裂侧向连接输导油气运移形式所需条件是断裂位于盖层断接厚度大于和等于其油气侧向运移所需的最小断接厚度区内,断裂侧向变径输导油气运移形式所需条件是断裂位于盖层断接厚度小于其油气侧向运移所需的最小断接厚度区内。通过断裂分布区成熟烃源岩区或具有供油气能力的超压成熟源岩区叠合和油气侧向运移区、油气非侧向运移区及断裂分布区叠合,分别建立了断裂垂向向上、垂向向下和侧向连接、变径输导油气运移形式分布区的预测方法,并将其分别应用于渤海湾盆地冀中坳陷留楚地区东二、三段、松辽盆地三肇凹陷扶杨油层和渤海湾盆地冀中坳陷文安斜坡沙二段断裂输导油气运移不同形式分布区预测中,其预测结果与目前留楚地区东二、三段、三肇凹陷扶杨油层和文安斜坡沙一段和沙二段已发现油气分布相吻合,表明该方法用于断裂输导油气运移形式分布区预测是可行的。

**关键词** 断裂输导;油气运移形式;分布区;预测方法

**第一作者简介** 付广,男,1962年出生,教授,油气藏形成与保存,E-mail: fuguang2008@126.com

**中图分类号** P618.13 **文献标识码** A

随着油气勘探的深入,人们愈来愈认识到断裂在含油气盆地油气成藏与分布中所起的作用,断裂不仅可以作为遮挡物使油气在其两侧附近聚集成藏,而且活动断裂还可以作为输导通道连接源岩和圈闭,使油气在含有油气盆地内更大的立体范围内聚集成藏。由于油气运移方向不同,断裂输导油气运移的形式也就不同,所以对油气运移成藏与分布所起的作用也就不同。能否正确认识断裂输导油气运移形式及其分布特征,是含油气盆地断裂发育区油气勘探的关键。关于断裂输导油气运移形式及其对油气成藏的作用前人曾做过大量的研究和探讨,主要是按照油气运移方向将断裂输导油气运移形式分为垂向和侧向输导油气运移两种形式<sup>[1-2]</sup>。文献[3-5]又将断裂垂向输导油气运移形式细分为垂向向上和垂向向下2种输导油气运移形式,断裂侧向输导油气运移形式又细分为断裂侧向连接和变径输导油气运移2种形式,并对上述几种断裂输导油气运移形式特征及在油气成藏中所起作用进行了研究,所取得的研究成果对指导含油气盆地断裂发育区油气勘探起到了非常重要的作用。然而,关于断裂输导油气运移形式分布特征除了断裂垂

向输导油气运移形式曾被研究<sup>[6-7]</sup>外,其他断裂输导油气运移形式分布特征研究的相对较少,目前尚无文献报道,这无疑不利于含油气盆地断裂发育区油气勘探的深入。因此,开展断裂输导油气运移不同形式分布区预测方法的研究,对于正确认识含油气盆地断裂发育区油气分布规律和指导油气勘探均具有重要意义。

## 1 断裂输导油气运移形式及其所需条件

断裂输导油气运移形式按油气运移方向可以分为以下两大类和4小类。

### 1.1 断裂垂向向上与向下输导油气运移形式

断裂垂向向上输导油气运移形式主要发育在含油气盆地油源区内,源岩生成的油气在浮力(若存在超压,超压也可作为动力)作用下,通过断裂垂向向上(包括斜向向上)输导油气的一种形式,如图1a所示。该断裂输导油气运移形式发生所需条件主要是断裂位于成熟烃源岩区内,源岩生成的油气才会沿断裂垂向向上输导运移;否则源岩无油气生成,也就无油气沿断裂垂向向上输导运移。即使有沿不整合面、砂体或其他断裂运移至此油气,其再沿断裂垂向向上

输导运移的油气也应是有限的,不应是断裂垂向向上输导油气运移形式发生的主要地区。

断裂垂向向下输导油气运移形式也主要发生在含油气盆地油源区内,源岩生成的油气在其内超压的作用下通过断裂垂向向下(包括斜向向下)输导油气运移的一种形式,如图1b所示。该类断裂输导油气运移形式发生需要的条件是断裂位于具有供油气能力的超压成熟源岩区内,源岩生成的油气在超压作用下才能克服断裂垂向向下输导所遇到的各种阻力(断裂带毛细管压力、地层高压和油气本身浮力),使源岩生成的油气沿断裂垂向向下输导运移,否则即使源岩生成油气但超压太小,或虽然源岩超压较大,但源岩未有油气生成均无油气沿断裂垂向向下输导运移。

### 1.2 断裂侧向连接和变径运移形式

断裂侧向连接和变径输导油气运移形式主要发生在含油气盆地油源区之外,源岩生成的油气在浮力的作用下沿砂体侧向运移遇到断裂时,断裂对油气侧向运移所起的侧向连接或侧向变径输导运移的二种形式(图1c,d)。断裂侧向连接输导油气运移形式发生需要的条件是砂体之上盖层断接厚度大于和等于其油气侧向运移所需的最小断接厚度,油气不能沿断裂穿过盖层向上输导运移,而只能在盖层之下继续沿砂体发生侧向输导运移的一种形式,如图1c所示。断裂侧向变径输导油气运移形式发生所需条件是砂体之上盖层断接厚度小于其油气侧向运移所需的最

小断接厚度,油气将沿断裂穿过盖层向上输导运移,而无油气继续沿盖层之下砂体侧向输导运移的一种形式,如图1a所示。

## 2 不同断裂输导油气运移形式分布区预测方法

由上可知,断裂输导油气运移形式不同,其所需条件也就不同,造成不同断裂输导油气运移形式分布区的预测方法也就不同。

### 2.1 断裂垂向向上和向下输导油气运移形式分布区预测方法

由于断裂垂向向上输导油气运移形式发生主要是断裂位于源岩成熟区内,因此,只要确定出源岩成熟区和断裂分布区,二者叠合便可以确定出断裂垂向向上输导油气运移形式主要分布区。源岩成熟区可以根据源岩内有机质热演化程度 $R_o$ 大于和等于0.5%或源岩排烃门限所圈定的范围来确定。而断裂可以通过三维地震资料的解释结果,对断裂断穿层位进行拆分,将连接源岩和目的储层,且在油气成藏期活动的断裂作为输导油气的断裂,再将源岩成熟区与断裂分布叠合,二者重叠区便是断裂垂向向上输导油气运移形式的主要分布区。

由于断裂垂向向下输导油气运移形式应是断裂位于在具有供油气能力的超压成熟源岩区内,因此,只要确定出具有供油气能力的超压成熟源岩区和断裂分布区,二者叠合即为断裂垂向向下输导油气运移形式分布区。具有供油气能力超压成熟源岩区可以首先根据声波时差资料计算出现今源岩内的超压值大小利用文献<sup>[8-10]</sup>中古超压恢复方法,对源岩在油气成藏期古超压值进行了恢复计算;然后根据已知井点处源岩古超压值与断裂垂向向下输导油气的运移距离(可用目前源岩之下储层中油气显示距源岩的最大深度统计得到)之间统计关系(图2)。确定断裂垂向向下输导油气所需最小源岩古超压值,再根据网格点处源岩古超压值,将古超压值大于由图2中所确定出的断裂垂向向下输导油气运移所需的最小源岩古超压值的区域作为超压成熟源岩区。再按照上述断裂分布区的确定方法确定出断裂分布区,最后将二者叠合得到的重叠区便是断裂垂向向下输导油气运移形式分布区。

### 2.2 断裂侧向连接和变径输导油气运移形式分布区预测方法

由于断裂侧向连接或变径输导油气运移形式应

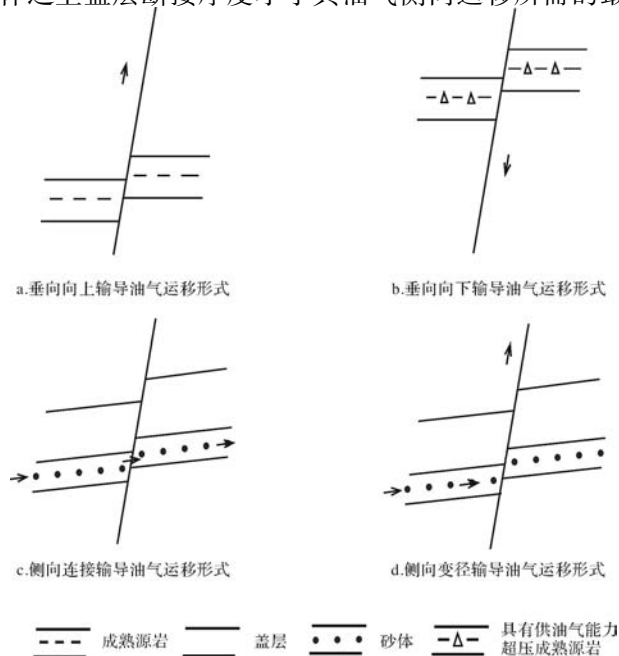


图1 断裂输导油气运移形式类型示意图

Fig.1 Fault conduit form of transporting oil and gas diagram

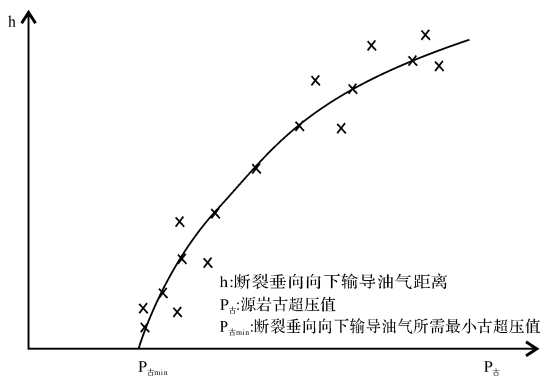


图2 源岩古超压值与断裂垂向之下输导油气距离的关系

Fig.2 The relationship between ancient source rock's overpressure and the distance of fault vertically downward transporting oil and gas

是断裂位于砂体之上盖层断接厚度大于和等于或小于其油气侧向运移所需的最小断接厚度区内。因此,只要确定出油气侧向运移区和非油气侧向运移区及断裂分布区,三者叠合便可以得到断裂侧向连接或变径输导油气运移形式分布区。油气侧向运移区和非油气侧向运移区可首先根据研究区已知井点处盖层厚度和断裂断距计算其断接厚度,并将其从小到大的顺序排列,再统计盖层上下油气分布特征,如图3所示,将仅在盖层之下有油气分布的最小断接厚度视为油气侧向运移所需的最小断接厚度,这是因为如果油气仅分布在盖层之下,说明油气不能穿过盖层向上运移,只能在盖层之下发生侧向运移;相反,油气既可以分布在盖层之下,又可以分布在盖层之上,说明一部分油气已穿过盖层向上运移,油气已不再发生侧向运移,而主要发生的是变径运移,应是非侧向运移区。然后统计研究区所有断裂的断距和对应处盖层厚度,计算其断接厚度,然后将其做成平面图。最后将所有盖层断接厚度大于和等于其油气侧向运移所需的最小断接厚度的断裂分布划在一起,即为断裂侧向连接输导油气运移形式分布区,而将所有盖层断接厚度小于其油气侧向运移所需的最小断接厚度的断裂划在一起,即为断裂侧向变径输导油气运移形式分布区。

### 3 实例应用

#### 3.1 断裂垂向向上和向下输导油气运移形式分布区预测实例应用

选取渤海湾盆地冀中坳陷饶阳凹陷留楚地区东二段、东三段,利用上述方法预测断裂垂向向上输导沙一段源岩生成油气运移形式分布区,并通过其预测

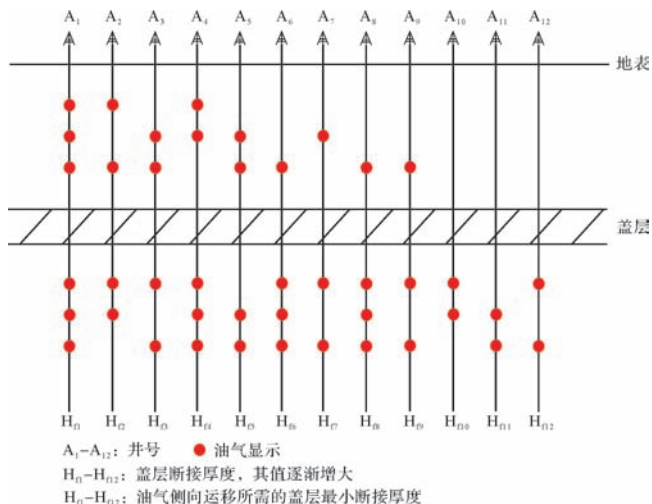


图3 油气侧向运移所需的盖层最小断接厚度厘定示意图

Fig.3 Minimum thickness of the caprock for oil-gas lateral migration

结果与目前东二、三段已发现油气分布之间关系分析,验证该方法预测断裂垂向向上输导油气运移形式分布区的可行性。

留楚地区位于冀中坳陷饶阳凹陷中部,构造上是一个NE走向的不对称背斜构造,背斜核部位于研究区北部,背斜东翼陡,西翼缓,面积515 km<sup>2</sup>。该区从下至上发育的地层有古近系的孔店组、沙河街组、东营组和新近系的馆陶组、明化镇组和第四系。目前该区发现的油气主要分布在东二、三段,油气源对比结果表明,东二、三段油气主要来自下伏沙一段源岩。由于沙一段源岩与东二、三段储层之间被多套泥岩层相隔,沙一段源岩生成的油气只能通过断裂才能向上覆东二、三段输导运移。三维地震资料解释结果表明,东二、三段发育有中期走滑伸展、晚期张扭、早期伸展—中期走滑伸展、中期走滑伸展—晚期张扭和早期伸展—中期走滑伸展—晚期张扭5类断裂,但能够成为沙一段源岩生成油气向上覆东二、三段输导运移的断裂应是中期走滑伸展—晚期张扭和早期伸展—中期走滑伸展—晚期张扭2类断裂。

由图4可以看出,留楚地区东二、三段输导油气断裂除了研究区东北部和西部边部相对不发育外,几乎全区分布。由图4可以看出留楚地区沙一段源岩成熟区除东、西、南部边部外研究区大面积分布,中北部面积大于南部。由沙一段源岩成熟区和东二、三段输导油气断裂分布叠合便可得到留楚地区东二、三段断裂垂向向上输导油气运移形式分布区,如图4所示。由图4可以看出,除东、西、南部边部外研究区东

二、三段断裂垂向向上输导油气运移形式分布区大面积分布,目前东二、三段已发现的油气均分布在断裂垂向向上输导油气运移形式分布区内,这是因为只有位于断裂垂向向上输导油气运移形式分布区内,东二、三段才能通过断裂从下伏沙一段源岩处获得油气聚集成藏;否则,沙一段源岩无油气生成,也就无油气通过断裂垂向向上输导运移,即无油气聚集。

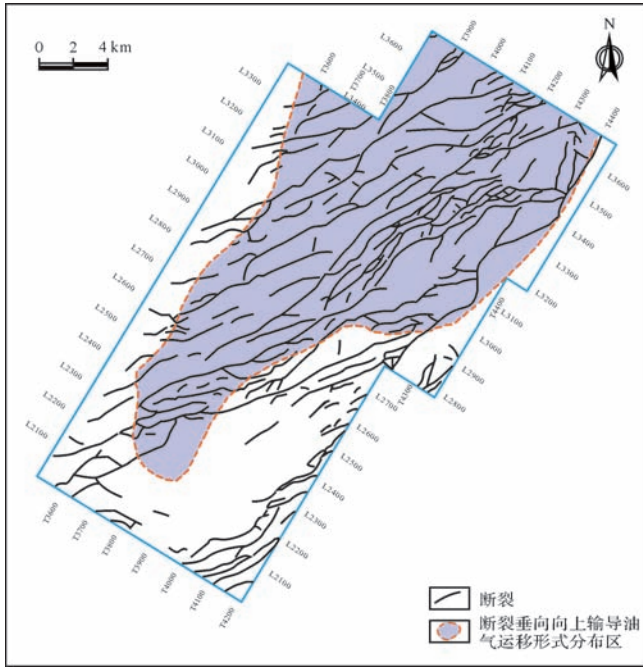


图4 留楚地区东二、三段断裂垂向向上输导油气运移形式分布预测图

Fig.4 Fault conduit distributing prediction of vertically upward transporting oil and gas in Dong 2, Dong 3 member of Liuchu area

选取松辽盆地三肇凹陷扶杨油层为例,利用上述方法预测其断裂垂向向下输导青一段源岩生成油气运移形式分布区,并通过预测结果与目前扶杨油层已发现油分布之间关系分析,验证该方法用于预测断裂垂向向下输导油气运移形式分布区的可行性。

三肇凹陷位于松辽盆地中央坳陷区内,位于下白垩统泉头组三、四段的扶杨油层是其内油的主要产层,油源对比结果<sup>[11-12]</sup>表明,其油主要来自于上覆上白垩统青山口组一段源岩,属于上生下储式生储盖组合,青一段源岩生成的油在超压的作用下通过断裂向下伏扶杨油层输导运移。由文献[13-15]利用声波时差资料计算得到的三肇凹陷青一段源岩现今超压值最大可达到20 MPa,整个凹陷只有在东南边部青一段源岩超压小于6 MPa,其余地区超压值均在8 MPa

以上。由文献[8-10]中源岩古超压恢复方法,对三肇凹陷青一段源岩在油气成藏期—明水组沉积末期古超压值恢复结果可知,青一段源岩古超压值最大可达到10 MPa,除凹陷中部局部和东南边部古超压值小于5 MPa外,整个凹陷大部分地区青一段源岩古超压值大于5 MPa。由文献[16-17]中三肇凹陷青一段源岩古超压值与断裂垂向向下输导油气运移距离之间关系(图5),可以得到断裂垂向向下输导油气运移所需的最小古超压值约为5 MPa,据此由青一段源岩中古超压值分布和油源岩排烃门限分布便可以得到三肇凹陷青一段超压成熟源岩区(图6),再与文献[17-19]中确定出的三肇凹陷扶杨油层输导油气断裂(为图6中断裂密集带的边部断裂)分布叠合,便可以得到三肇凹陷扶杨油层断裂垂向向下输导青一段源岩生成油气运移形式分布区如图6所示,由图6可以看出,三肇凹陷除凹陷中心局部地区和东南边部外,整个凹陷其余广大地区皆为断裂垂向向下输导青一段源岩生成油气运移分布区,这可能是目前三肇凹陷扶杨油层能在整个凹陷范围内(图6)找到大量油藏的重要原因。

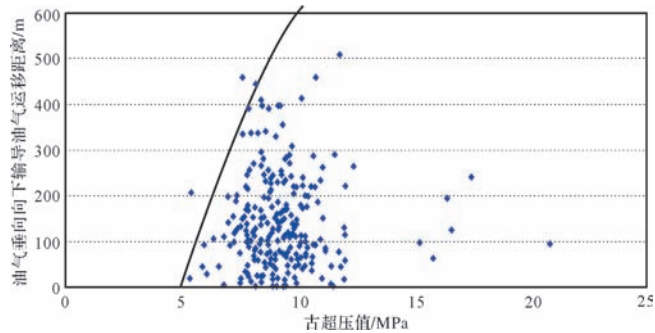


图5 三肇凹陷青一段源岩古超压与断裂垂向之下输导油气运移距离之间关系

Fig.5 The relationship between Qing 1 member source rock of Sanzhao depression's ancient overpressure and the distance of fault vertically downward transporting oil and gas

### 3.2 断裂侧向连接和变径输导油气运移形式分布区预测实例应用

选取渤海湾盆地冀中坳陷文安斜坡沙二段为例,利用上述方法预测其沙二段断裂侧向连接和变径输导油气运移形式分布区,并通过预测结果与目前沙一段和沙二段已发现油气分布之间关系分析,验证该方法预测断裂侧向连接和变径输导油气运移形式分布区的可行性。

文安斜坡位于冀中坳陷霸县凹陷东部,整体为一

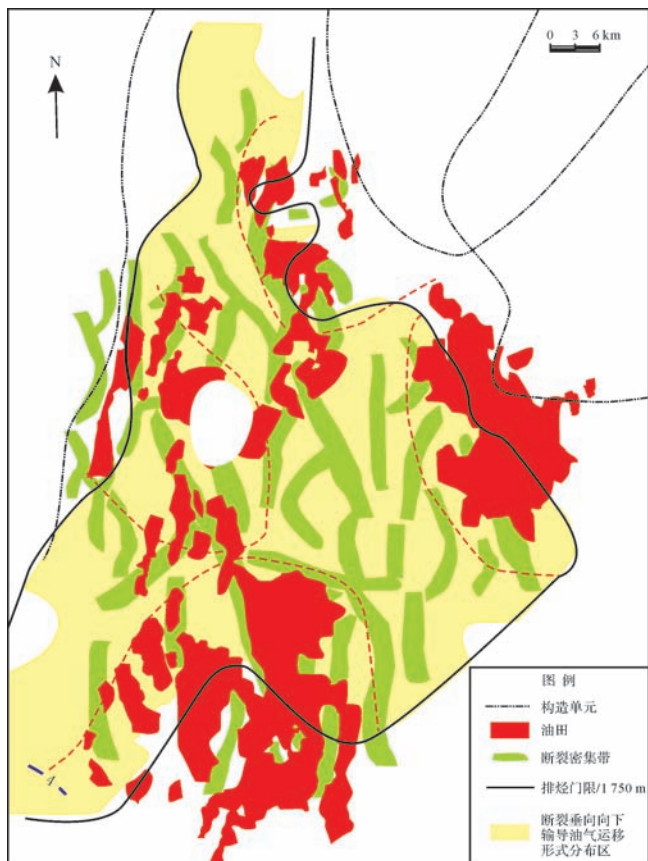


图6 三肇凹陷扶杨油层断裂垂向之下输导油气运移形式分布区预测图

Fig.6 Fault conduit distributing prediction of vertically downward transporting oil and gas in Fu-Yang oil layers

个东拾西倾斜坡,该区从下至上发育的地层有古近系的孔店组、沙河街组、东营组和新近系馆陶组、明化镇组和第四系。油气主要分布在沙一段和沙二段,油气源对比结果表明,油气主要来自东部霸县凹陷的沙一段源岩。霸县凹陷沙一段源岩生成的油气通过断裂侧接进入沙二段储层,然后油气沿沙二段储层在文安斜坡发生侧向运移,在侧向运移途中会遇到多条断裂,而且这些断裂错断了上覆沙一段下部泥岩盖层。由三维地震资料解释结果可知,文安斜坡区沙二段发育中期走滑伸展、晚期张扭、早期伸展—中期走滑伸展、中期走滑伸展—晚期张扭和早期伸展—中期走滑伸展—晚期张扭5类断裂,但能成沙二段油气输导断裂应是油气成藏期—明化镇组沉积末期活动的断裂,即主要是中期走滑伸展—晚期张扭和早期伸展—中期走滑伸展—晚期张扭2类断裂,由图7中可以看出,文安斜坡区沙二段输导油气断裂全区发育,断裂以北北东向展布为主,少量为近东西向展布。由钻井

和地震资料可以得到文安斜坡区沙一段下部泥岩盖层厚度最大厚度可达到1 000 m以上,主要分布在研究区西南边部局部地区,在研究区南部和中北部发育多个次极值区,沙一段下部泥岩盖层厚度可达到500 m以上,由这些厚度极值区向东侧斜坡沙一段下部泥岩盖层厚度逐渐减小,在研究区边部减少至50 m以下。通过已知38口井断裂断距和沙一段下部泥岩盖层厚度计算其断接厚度,并将其由小到大排列,统计沙一段下部泥岩盖层上下油气分布特征(图8),可以得到油气侧向运移沙一段下部泥岩盖层所需的最小断接厚度为140~150 m。统计文安斜坡所有断裂断距和沙一段下部泥岩盖层厚度,计算沙一段下部泥岩盖层断接厚度,并作其平面图,如图7所示,按照油气侧向运移所需的沙一段下部泥岩盖层最小断接厚度值,便可以得到文安斜坡沙二段断裂侧向连接和变径输导油气运移形式分布区如图7所示。由图7中可以看出,文安斜坡区沙二段断裂侧向连接输导油气运移形式分布区主要分布在研究区西部,东部及北部皆

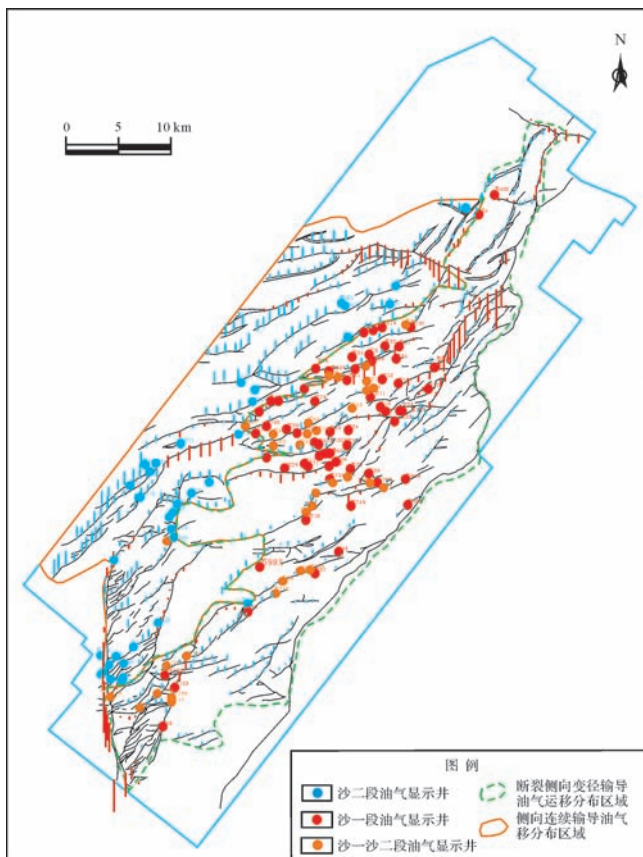


图7 文安斜坡沙二段断裂侧向连接和变径输导油气运移形式分布区预测图

Fig.7 Distribution prediction of fault lateral connections and adjustable transporting of the Sha 2 member, Wen'an slope

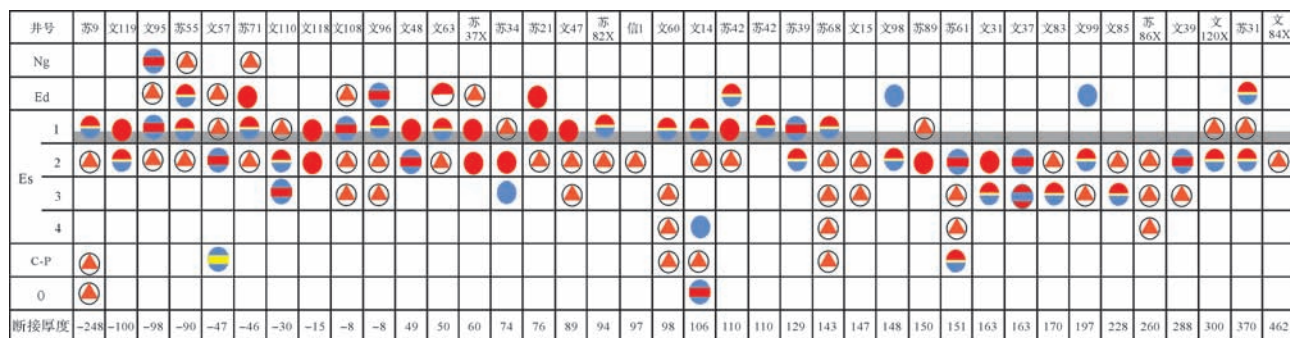


图8 文安斜坡沙一段下部泥岩盖层封油气最小断接厚度

Fig.8 Minimum break thickness of sealing oil and gas in the mudstone cap rock of the lower part of Sha 1 member in Wen'an slope

为断裂侧向变径输导油气运移形式分布区。目前文安斜坡区沙二组已发现的油气主要分布在断裂侧向连接输导油气运移形式分布区内,少量分布在断裂侧向变径输导油气形式分布区内,而目前文安斜坡沙一段目前已发现的油气均分布在断裂侧向变径输导油气运移形式分布区内,如图7所示。这是因为沿沙二组储层侧向运移的油气在断裂侧向连接输导油气运移区域内不能沿断裂向上输导运移,而只能在沙二段储层内侧向运移和聚集。当沿沙二段储层侧向运移油气进入断裂侧向变径输导油气运移形式分布区内主要沿断裂发生变径运移,使油气进入到上覆沙一段储层中运移和聚集形成的。只有剩余的少量油气继续沿沙二段储层侧向运移和聚集。

#### 4 结论

(1) 断裂输导油气运移形式不同,所需条件也不同。断裂垂向向上输导油气运移形式所需条件主要是断裂位于成熟源岩区内,断裂垂向向下输导油气运移形式所需形式是断裂位于具有供油气能力的超压成熟源岩区内,断裂侧向连接输导运移油气形式所需条件是断裂位于砂体之上盖层断接厚度大于和等于其油气侧向运移所需的最小断接厚度区内,断裂侧向变径输导运移油气形式所需的条件是断裂位于砂体之上盖层断接厚度小于其油气侧向运移所需的最小断接厚度区内。

(2) 通过断裂分布区、成熟源岩区及具有供油气能力的超压成熟源岩区叠合和油气侧向运移区、非油气侧向运移区及断裂分布区叠合,分别建立了断裂垂向向上、垂向向下和侧向连接和变径输导油气形式分布区的预测方法,并将其分别应用于渤海湾盆地冀中坳陷留楚地区东二、三段、松辽盆地三肇凹陷扶杨油

层和渤海湾盆地冀中坳陷文安斜坡区沙二段断裂输导油气运移不同形式分布区的预测中,其结果与目前留楚地区东二、三段、三肇凹陷扶杨油层和文安斜坡沙二段、沙一段已发现油气分布相吻合,表明该方法用于断裂输导油气运移形式分布区的预测是可行的。

#### 参考文献 (References)

- [1] 姜大朋,代一丁,刘丽华,等. 断裂输导油气的机制及侧向分流控制因素探讨[J]. 现代地质,2014,28(5):1023-1031. [Jiang Dapeng, Dai Yiding, Liu Lihua, et al. A discussion on fault conduit mechanism and control factors of petroleum lateral diversion[J]. Geoscience, 2014, 28(5): 1023-1031.]
- [2] 郭凯,曾澍辉,卢学军,等. 断层纵向输导与储层非均质性耦合控运模拟实验研究[J]. 现代地质,2010,24(6):1164-1170. [Guo Kai, Zeng Jianhui, Lu Xuejun, et al. An experimental study of oil migration controlled by vertical conduction of faults and reservoir heterogeneity[J]. Geoscience, 2010, 24(6): 1164-1170.]
- [3] 孙雨,陈晨,马世忠,等. 松辽盆地扶新隆起带南部扶余油层油气运移机制与成藏模式研究[J]. 地质论评,2013,59(3):501-509. [Sun Yu, Chen Chen, Ma Shizhong, et al. Hydrocarbon migration mechanism and accumulation models of the Fuyu oil layer in Southern Fuxin Uplift, Songliao Basin [J]. Geological Review, 2013, 59(3): 501-509.]
- [4] 付红军,樊自立,施而修,等. 正断裂向上和向下运聚油气作用的差异性[J]. 天然气地球科学,2014,25(8):1210-1217. [Fu Hongjun, Fan Zili, Shi Erxiu, et al. Research on the difference between oil and gas upwards and downwards migration and accumulation through normal fault [J]. Natural Gas Geoscience, 2014, 25(8): 1210-1217.]
- [5] 孙同文,付广,吕延防,等. 断裂输导流体的机制及输导形式探讨[J]. 地质论评,2012,58(6):1081-1090. [Sun Tongwen, Fu Guang, Lv Yanfang, et al. A discussion on fault conduit fluid mechanism and fault conduit form [J]. Geological Review, 2012, 58(6): 1081-1090.]
- [6] 陈伟,吴智平,侯峰,等. 油气沿断裂走向运移研究[J]. 中国石油大学学报:自然科学版,2010,34(6):25-30. [Chen Wei, Wu

- Zhiping, Hou Feng, et al. Study on hydrocarbon migration along fault strike[J]. *Journal of China University of Petroleum*, 2010, 34(6): 25-30.]
- [7] 杜春国,郝芳,邹华耀,等. 断裂输导体研究现状及存在的问题[J]. *地质科技情报*, 2007, 26(1): 51-56. [Du Chunguo, Hao Fang, Zou Huayao, et al. Progress and problems of faults conduit systems for hydrocarbon migration[J]. *Geological Science and Technology Information*, 2007, 26(1): 51-56.]
- [8] 孙波,蒋有录,石小虎,等. 渤海湾盆地东濮凹陷压力演化与超压形成机制[J]. *中国石油大学学报:自然科学版*, 2013, 37(2): 28-35. [Liu Bo, Jiang Youlu, Shi Xiaohu, et al. Pressure evolution and formation mechanism of overpressure in Dongpu depression, Bohaiwan Basin[J]. *Journal of China University of Petroleum*, 2013, 37(2): 28-35.]
- [9] 刘福宁. 异常高压区的古沉积厚度和古地层压力恢复方法探讨[J]. *石油与天然气地质*, 1994, 15(2): 180-185. [Liu Funing. An approach to reconstruction of paleo-sedimentary thickness and paleo-formation pressure in abnormal high pressure region[J]. *Oil & Gas Geology*, 1994, 15(2): 180-185.]
- [10] 李静,查明. 基于流体包裹体的任丘油田雾迷山组成藏期次确定与古压力恢复[J]. *中国石油大学学报:自然科学版*, 2010, 34(4): 38-43. [Li Jing, Zha Ming. Determination of oil accumulation period and building up of paleopressure of Wumishan Formation in Renqiu oilfield by using fluid inclusion[J]. *Journal of China University of Petroleum*, 2010, 34(4): 38-43.]
- [11] 付广,王有功. 三肇凹陷青山口组源岩生成油向下“倒灌”运移层位及其研究意义[J]. *沉积学报*, 2008, 26(2): 355-360. [Fu Guang, Wang Yougong. Migration horizons downward of oil from  $K_1qn$  source rock of F, Y oil layer in Sanzhao depression and its significance[J]. *Acta Sedimentologica Sinica*, 2008, 26(2): 355-360.]
- [12] 迟元林,萧德铭,殷进垠. 松辽盆地三肇地区上生下储“注入式”成藏机制[J]. *地质学报*, 2000, 74(4): 371-377. [Chi Yuanlin, Xiao Deming, Yin Jinyin. The downward injection pattern of oil and gas migration and accumulation in the Sanzhao area of Songliao Basin[J]. *Acta Geologica Sinica*, 2000, 74(4): 371-377.]
- [13] 付广,庞雄奇,姜振学. 利用声波时差资料研究泥岩盖层封闭能力的方法[J]. *石油地球物理勘探*, 1996, 31(4): 521-528. [Fu Guang, Pang Xiongqi, Jiang Zhenxue. Method for researching mud-caprock sealing ability based on interval transit times[J]. *Oil Geophysical Prospecting*, 1996, 31(4): 521-528.]
- [14] 付广,付晓飞,孟庆芬. 用声波时差研究泥岩盖层毛细管封闭能力[J]. *石油物探*, 2003, 42(2): 261-264. [Fu Guang, Fu Xiaofei, Meng Qingfen. Research of capillary seal ability and its formation period of mudstone caprock with acoustic transit time[J]. *Geophysical Prospecting for Petroleum*, 2003, 42(2): 261-264.]
- [15] 瞿建华,彭建亮,雷正军. 利用声波时差测井法评价克拉2气田盖层封闭性[J]. *天然气地球科学*, 2005, 16(6): 758-760. [Qu Jianhua, Peng Jianliang, Lei Zhengjun. The appraisal of cap formation enclosing capability in the Kela 2 gas field by acoustic logging method[J]. *Natural Gas Geoscience*, 2005, 16(6): 758-760.]
- [16] 邹才能,贾承造,赵文智,等. 松辽盆地南部岩性—地层油气藏成藏动力和分布规律[J]. *石油勘探与开发*, 2005, 32(4): 125-130. [Zou Caineng, Jia Chengzao, Zhao Wenzhi, et al. Accumulation dynamics and distribution of lithostratigraphic reservoirs in South Songliao Basin[J]. *Petroleum Exploration and Development*, 2005, 32(4): 125-130.]
- [17] 王雅春,王胜男. 源岩、超压和断裂空间匹配对三肇凹陷扶杨油层油成藏的控制作用[J]. *吉林大学学报:地球科学版*, 2009, 39(4): 656-661. [Wang Yachun, Wang Shengnan. Controlling of the match of source rock, overpressure and fault on oil accumulation of Fu-Yang oil layer in Sanzhao depression[J]. *Journal of Jilin University: Earth Science Edition*, 2009, 39(4): 656-661.]
- [18] 陈方文,卢双舫,薛海涛,等. 三肇凹陷扶杨油层断裂密集带样式及有利成藏部位[J]. *地球科学*, 2013, 38(6): 1281-1288. [Chen Fangwen, Lu Shuangfang, Xue Haitao, et al. Types and favorable oil accumulation parts of fault dense belts in Fuyang Formation of Sanzhao depression, Songliao Basin[J]. *Earth Science*, 2013, 38(6): 1281-1288.]
- [19] 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.]

# A Method Forecasting Distribution Areas of Fault Transporting Oil-gas Migration and Its Application

FU Guang<sup>1</sup>, LI ShiZhao<sup>1</sup>, YANG DeXiang<sup>2</sup>

1. Earth Science Institute, Northeast Petroleum University, Daqing, Heilongjiang 163318, China

2. Exploration and Development Research Institute, PetroChina Huabei Oilfield Company, Renqiu, Hebei 062552, China

**Abstract:** To study the play of fault in oil-gas accumulation and distribution, based on the division of fault transporting oil and gas forms, the conditions required for fault transporting oil-gas and the method forecasting distribution are studied. The results show that the fault transporting oil-gas migration forms are different and the required conditions are also different. The conditions required for fault vertically transporting oil-gas upward is that the fault locates in the area where mature source rocks exist. The condition of fault vertically transporting oil-gas downward is the fault located in the maturation zone with ex-high pressure and supply oil ability. The condition of fault laterally transporting petroleum migration is that the fault locates in where cap rocks faulted-contact thickness is greater than or equal to the minimum faulted-contact thickness for oil-gas lateral migration. The condition of fault laterally diameter changing transporting petroleum migration is that the fault locates in the area that cap rocks faulted-contact thickness less than faulted-contact thickness for oil-gas lateral migration. By comparing the matured source rocks distribution or the matured source rocks distribution with anomaly high pressure and supply hydrocarbon ability, oil-gas lateral migration distribution, oil-gas non-lateral migration distribution and fault distribution, a prediction method of different fault transporting distribution area is established. Then it is applied into the study of predicting distribution areas of fault transporting oil-gas migration in  $Ed^2$ ,  $Ed^3$  Formation, Jizhong sag of Bohai bay basin, the Fuyang Reservoir in the Sanzhao Depression of Songliao basin, and  $Ed^2$  in Wenan slope of Baxian depression, Bohai bay basin. The prediction results are consistent with the discovered distribution of oil and gas, indicating that the prediction method of fault transporting oil and gas migration is feasible.

**Key words:** fault transporting; hydrocarbon migration form; distribution area; prediction method