

油源断裂输导和遮挡配置油气成藏有利部位 预测方法及其应用

付广, 韩旭, 梁木桂

东北石油大学, 黑龙江大庆, 163318

拟
刊
于
V. 67
No. 2

内容提要: 为了研究含油气盆地下生上储式油源断裂附近油气成藏规律,在油源断裂输导和遮挡配置油气运聚机制及有利部位研究的基础上,通过确定油源断裂伴生裂缝发育部位和储集油气砂体分布区,确定油源断裂输导油气有利部位;通过确定油源断裂侧向封油气部位和储集砂体分布区,确定油源断裂遮挡油气有利部位,二者结合建立了一套油源断裂输导和遮挡配置油气成藏有利部位的预测方法,并将其应用于渤海湾盆地歧口凹陷板桥断裂在始新统沙河街组一段下亚段(沙一下亚段)内输导和遮挡配置油气成藏有利部位的预测中,结果表明:板桥断裂在沙一下亚段内输导和遮挡配置油气成藏有利部位主要分布在其东北中部,少量分布在西南东部,有利于下伏始新统沙河街组三段(沙三段)源岩生成油气在沙一下亚段内运聚成藏,与目前板桥断裂附近沙一下亚段内已发现油气主要分布在其东北中部,少量分布在西南东部相吻合,表明该方法用于预测油源断裂输导和遮挡配置油气成藏有利部位是可行的。

关键词: 油源断裂;输导和遮挡配置;油气成藏;有利部位;预测方法

油气勘探实践表明,油源断裂连接着含油气盆地下伏源岩和上覆目的储层,且在油气成藏期活动,在油气成藏中既是油气运移的输导通道,又是油气聚集的遮挡物,对油气的运聚成藏起到了非常重要的作用(Bense et al., 2003; Sample et al., 2006; 陈伟等, 2010; 王圣柱等, 2018)。然而,并非油源断裂附近皆有油气藏分布,这除了受到圈闭是否发育的影响外,很大程度上受到油源断裂输导和遮挡配置油气成藏有利部位的影响,只有位于油源断裂输导和遮挡配置油气成藏有利部位或附近,才有利于油气成藏,油气钻探才能发现油气;否则无油气发现(付晓飞等, 2005, 2012; 贾茹等, 2017; 刘宗堡等, 2017)。因此,能否准确地预测出油源断裂输导和遮挡配置油气成藏有利部位,应是含油气盆地下生上储式油源断裂附近油气勘探的关键。关于油源断裂输导和遮挡油气有利部位前人曾做过一定研究和探讨,对油源断裂输导油气有利部位主要是利用活动期断裂活动速率相对大小,通过预测油源断裂伴生裂缝发育部位,研究活动期油源断裂输导油气有利部位(宗奕等, 2009; 吴智平等, 2010; 庄新兵等, 2012; 孟令东等, 2014),认为油源断裂伴生裂缝发育

部位即为其活动期输导油气有利部位;反之则不是断裂输导油气有利部位。再者是利用断裂断层面的起伏特征,刻画油源断裂的凸面脊分布,研究停止活动后油源断裂输导油气有利部位(Hindle et al., 1997; Lightenberg et al., 1997; 罗群等, 2005; 姜振学等, 2005)。认为凸面脊发育部位即为停止活动后油源断裂输导油气有利部位,反之则不是断裂输导油气有利部位(姜素华等, 2005; 蒋有录等, 2011; 袁波等, 2014; 姜贵璞等, 2017)。对于油源断裂遮挡油气有利部位主要是利用断裂断距和被其错断岩层厚度及泥质含量,预测断层岩泥质含量(付广等, 2016),再通过断层岩泥质含量和断裂侧向封闭油气所需的最小断层岩泥质含量比较,研究油源断裂侧向封闭的有利部位(付广等, 2013, 2016; 许新明, 2014; 吕延防等, 2016),进而研究油源断裂遮挡油气有利部位。认为断层岩泥质含量大于或等于其封油气所需的最小断层岩泥质含量的部位,即为油源断裂遮挡油气有利部位;反之则不是遮挡油气有利部位。上述这些研究成果对指导含油气盆地下生上储式油源断裂附近油气勘探起到了非常重要作用。然而,上述这些研究对油源断裂输导油气有利部位和

注:本文为国家自然科学基金“砂泥岩层系中油源断裂输导油气优势路径演化及识别研究”资助项目(编号:41872157)的成果。

收稿日期:2020-06-17;改回日期:2020-08-13;网络首发:2021-01-20;责任编辑:刘志强。Doi:10.16509/j.georeview.2021.*

作者简介:付广,男,1962年生,教授,博士生导师,现从事油气藏形成与保存研究;Email: fuguang2008@126.com。

遮挡油气有利部位研究均是分开进行的,缺少二者的综合研究,造成研究结果与目前油源断裂附近已发现油气并不完全符合,给油气勘探带来了一定风险。因此,开展油源断裂输导和遮挡配置油气成藏有利部位预测方法研究,对于正确认识含油气盆地地下生上储式油源断裂附近油气成藏规律和指导油气勘探均具有重要意义。

1 油源断裂输导和遮挡配置油气成藏机制及其有利部位

油源断裂附近之所以能有油气聚集成藏,主要是因为断裂活动时期油源断裂伴生裂缝发育,可作为输导通道,将下伏源岩生成的油气输导至其附近目的层内砂体中,当断裂停止活动后,油源断裂伴生裂缝在上覆沉积载荷、区域主压应力和地下水沉淀胶结等作用下降闭愈合,侧向封闭,遮挡砂体中的油气,使油气在油源断裂附近的断砂配置圈闭中聚集成藏,如图 1 中的 A 部位,既是油源断裂输导油气的有利部位,又是油源断裂遮挡油气的有利部位,应是油源断裂输导和遮挡配置油气成藏有利部位,有利于油气的聚集成藏。而图 1 中的 B 部位,虽是输导油气有利部位,但不是遮挡油气有利部位,不是油源断裂输导和遮挡配置油气成藏有利部位,不利于油气聚集成藏。

2 油源断裂输导和遮挡配置油气成藏有利部位的预测方法

由上可知,要预测油源断裂输导和遮挡配置油气成藏有利部位,就必须确定出油源断裂输导油气有利部位和油源断裂遮挡油气有利部位,取二者重合部位即为油源断裂输导和遮挡配置油气成藏有利部位。

2.1 油源断裂输导油气有利部位确定方法

要确定油源断裂输导油气有利部位,就必须确定出油源断裂伴生裂缝发育部位和储集油气砂体分布区,二者重合部位即为油源断裂输导油气有利部位。

由三维地震资料统计油源断裂在目的层内的断距,由最大断距相减法(刘哲等,2012)恢复其在油气成藏期的古断距(若地层存在抬升剥蚀,首先须利用地层古厚度方法对地层古厚度进行恢复(庞雄奇等,1991),再按最大断距相减法(刘哲等,2012)恢复其油气成藏期古断距),再除以断裂活动时期,便可以得到油源断裂在油气成藏期的古活动速率

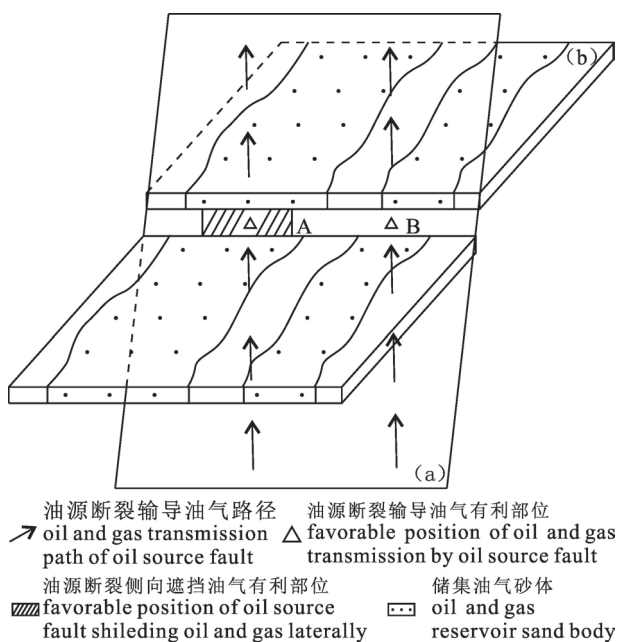


图 1 油源断裂输导与遮挡配置油气成藏有利部位示意图

Fig. 1 Sketch map of favorable positions for oil and gas accumulation in oil source fault transportation and shielding configuration

(a) 断裂; (b) 砂体所在地层; A—油源断裂输导和遮挡配置油气成藏有利部位; B—油源断裂输导和遮挡配置油气成藏不利部位

(a) fault; (b) sand body location stratum; A—favorable position of oil and gas accumulation sites by oil source fault transmission and shielding; B—non-favorable position of oil and gas accumulation sites by oil source fault transmission and shielding

(图 2),统计研究区油气成藏期油源断裂古活动速率与油气分布之间关系,取油气分布处最小古活动速率作为油源断裂伴生裂缝连通分布所需的最小活动速率(图 2),这是因为只有油源断裂活动,才能产生伴生裂缝,且断裂活动强度(可用活动速率相对大小表示)越大,伴生裂缝越发育;反之则不发育。而且伴生裂缝仅存在于断裂活动时期,停止活动后便在各种地质因素作用下紧闭愈合失去输导能力,而变成油气聚集的遮挡物。通常情况下只有油源断裂伴生裂缝连通分布,才能输导油气,才会有油气聚集成藏,油气勘探才能发现油气;反之则无油气发现。二者结合取油源断裂古活动速率大于伴生裂缝连通分布所需的最小活动速率的部位,即为油源断裂伴生裂缝连通分布部位(图 2)。

目的层中砂体是否储集油气主要取决于地层砂地比值的相对大小,由钻井资料统计可以得到油源断裂附近目的层中的砂地比值(图 3)。统计研究区

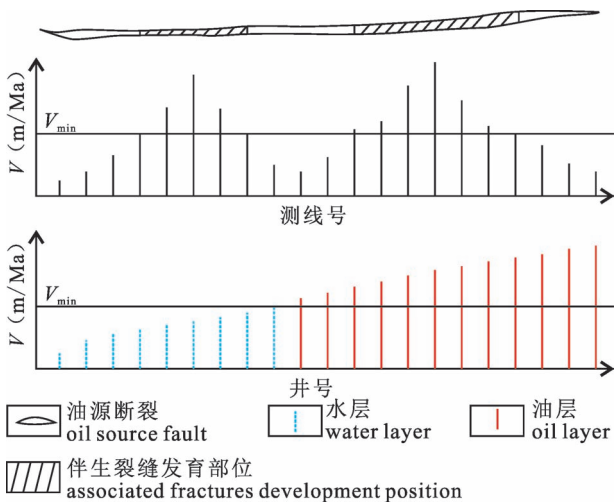


图 2 油源断裂伴生裂缝连通与分布部位厘定示意图
Fig. 2 Sketch map for determination of connection and distribution parts of associated fractures of oil source fault
 V —油源断裂古活动速率; $V_{\min}$ —伴生裂缝发育所需的最小活动速率
 V —paleoactivity rate of oil source fault; $V_{\min}$ —minimum activity rate required for associated fracture development

含油气砂体所在地层砂地比值,取含油气砂体所在地层最小砂地比值作为能储集油气砂体所需的最小地层砂地比值(图 3),这是因为只有砂体能储集油气,油气才能在其内运移和聚集,油气钻探才能发现油气;否则无油气发现。二者结合取砂地比值大于能储集油气砂体所需的最小砂地比值的区域,即为储集油气砂体分布区(图 3)。

将上述已确定出的油源断裂伴生裂缝连通分布部位和储集油气砂体分布区叠合,二者重合部位即为油源断裂输导油气有利部位(图 1)。

2.2 油源断裂遮挡油气有利部位确定方法

要确定油源断裂遮挡油气有利部位,就必须确定油源断裂侧向封闭部位和储集油气砂体分布区,取二者重合部位即为油源断裂遮挡油气有利部位。储集油气砂体分布区确定方法如上所示。

大量研究表明断裂停止活动后在侧向上能否形成封闭,要受到区域主压应力、上覆沉积载荷重量、沉淀胶结和断层岩泥质含量等多种因素的影响,而对同一地区近于相同埋深的目的层而言,区域主压应力、上覆沉积载荷重量和沉淀胶结作用近于相同,其侧向封闭性的差异主要受到断层岩泥质含量的影响,故本文主要利用断层岩泥质含量相对大小研究断层侧向封闭性。由钻井和地震资料统计油源断裂在目的层中的断距和被其错断岩层厚度及泥质含

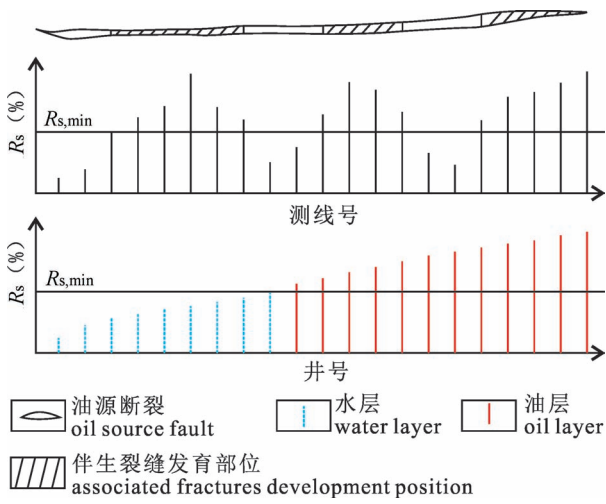


图 3 储集油气砂体分布区厘定示意图
Fig. 3 Determination of distribution area of oil and gas reservoir sand body
 R_s —地层砂地比值; $R_{s,\min}$ —能储集油气砂体所需的最小地层砂地比值
 R_s —stratum sand-formation ratio; $R_{s,\min}$ —minimum sand-formation ratio required for oil and gas sand reservoir

量,由式 1 计算油源断裂断层岩泥质含量如图 4 所示。统计研究区已知井点处断层岩泥质含量,将其由小至大排列,取含油气砂体处断裂断层岩最小泥质含量作为断裂侧向封闭油气所需的最小断层岩泥

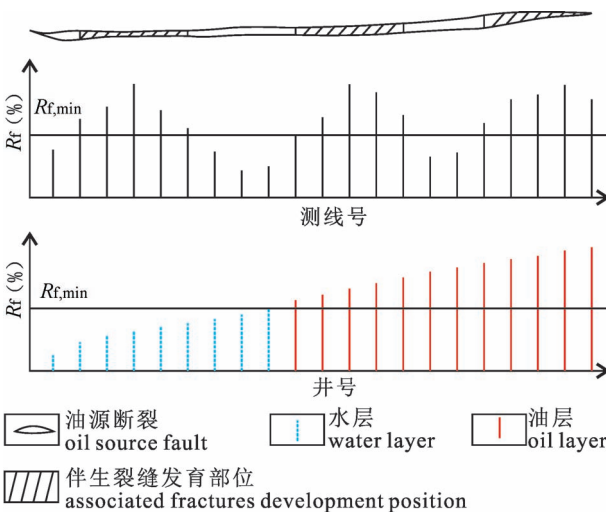


图 4 油源断裂遮挡油气有利部位厘定示意图
Fig. 4 Sketch map for determination of oil and gas favorable sealing position of oil source fault
 R_f —断层岩泥质含量; $R_{f,\min}$ —断裂侧向封油气所需的最小断层岩泥质含量
 R_f —mudstone content of fault-rock; $R_{f,\min}$ —minimum mudstone content of fault-rock required for lateral sealing of oil and gas in fault

质含量(图4),这是因为只有断裂侧向封闭,断砂配置圈闭中油气才能聚集成藏,油气钻探才有油气发现;否则无油气发现。将二者结合取断层岩泥质含量大于断裂侧向封油气所需的最小断层岩泥质含量的部位,即为侧向封闭油源断裂侧向封闭部位(图4)。

$$R_f = \frac{\sum_{i=1}^n H_i \cdot R_i}{L}$$

(1)

式中: R_f 为断层岩泥质含量,%; H_i 为被断裂错断第*i*层岩层厚度,单位:m; R_i 为被断裂错断第*i*层岩层泥质含量,%; L 为断裂断距,单位:m; n 为被断裂错断岩层个数。

将上述已确定出油源断裂侧向封闭部位和储集油气砂体分布部位叠合,取二者的重合区即为油源断裂遮挡油气有利部位(图1)。

最后,将上述已确定出的油源断裂输导油气有利部位和油源断裂遮挡油气有利部位叠合,取二者重合部位即为油源断裂输导和遮挡配置油气成藏有利部位(图1)。

3 实例应用

本文选取渤海湾盆地黄骅坳陷歧口凹陷板桥断裂为例,利用上述方法预测其在始新统沙河街组一段下亚段(沙一下亚段)输导和遮挡配置油气成藏有利部位,并通过预测结果与目前沙一下亚段已发现油气分布之间关系,验证该方法用于预测油源断裂输导和遮挡配置油气成藏有利部位的可行性。

板桥断裂位于歧口凹陷北部,平面延伸约13 km,走向为北东东向(图5a),向北西西方向倾斜,倾角介于60°~70°,从下部沙四段向上一一直断至明化镇组(图5b)。由于板桥断裂连接了下伏沙三段源岩和沙一下亚段目的层,且在油气成藏期——明化镇组沉积晚期活动,应是沙一下亚段的油源断裂。目前油气勘探已在板桥断裂附近在沙一下亚段内找到了大量油气(图5b),但中部和东北部油气较西南部油气富集,这除了受到圈闭发育的影响外,很大程度受到板桥断裂输导和遮挡配置油气成藏有利部位的影响,能否准确地预测出板桥断裂输导和遮挡配置油气成藏有利部位,应是板桥断裂附近沙一下亚

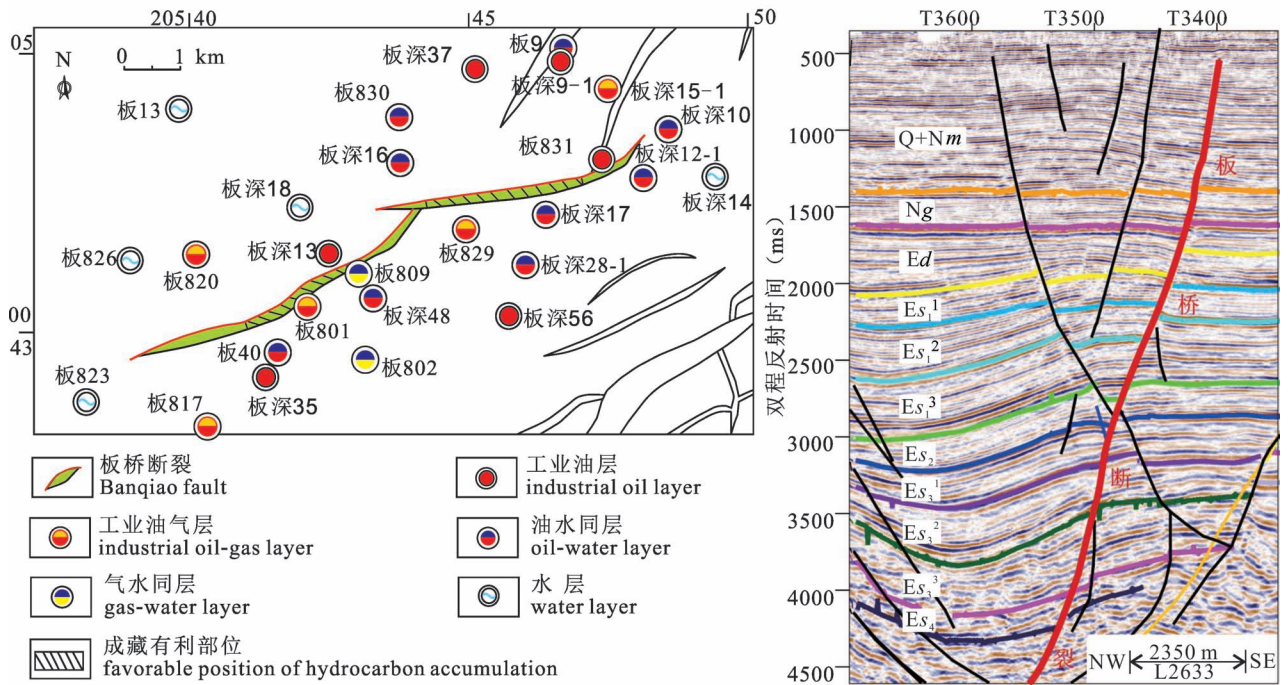


图5 渤海湾盆地黄骅坳陷歧口凹陷板桥断裂分布特征

Fig. 5 Distribution characteristics of Banqiao fault in Qikou Sag, Huanghua depression, Bohai Bay Basin

Q+Nm—第四系+明化镇组; Ng—馆陶组; Ed—东营组; Es₁¹—沙一上亚段; Es₁²—沙一中亚段; Es₁³—沙一下亚段; Es₂—沙二段; Es₃¹—沙三上亚段; Es₃²—沙三中亚段; Es₃³—沙三下亚段; Es₄—沙四段

Q+Nm—Quaternary + the Neogene Minghuazhen Formation; Ng—the Guantao Formation; Ed—the Dongying Formation; Es₁¹—the upper Sha-1 Submember; Es₁²—the middle Sha-1 Submember; Es₁³—the lower Sha-1 Submember; Es₂—the Sha-2 Formation; Es₃¹—the upper Sha-3 Submember; Es₃²—the middle Sha-3 Submember; Es₃³—the middle Sha-3 Submember; Es₄—the Sha-4 Formation

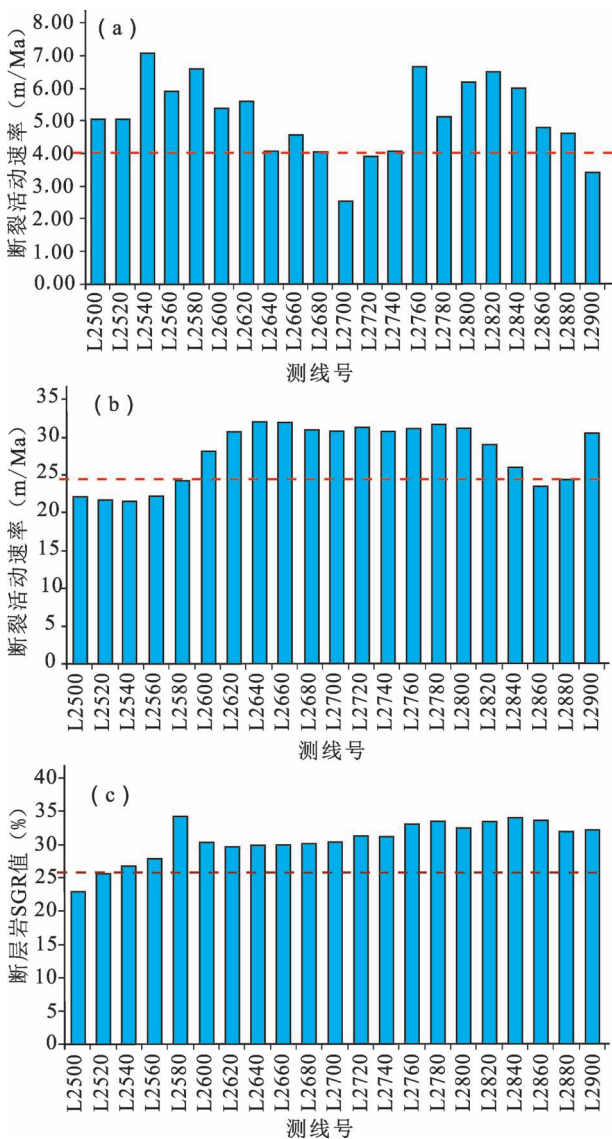


图 6 海湾盆地黄骅拗陷歧口凹陷板桥断裂沙一下亚段油源断裂输导和遮挡条件特征

Fig. 6 Characteristics of oil source fault transportation and shielding conditions in the Qikou Sag, Huanghua Depression, Bohai Bay Basin

段油气进一步勘探的关键。

由三维地震资料统计板桥断裂在沙一下亚段内断距,由最大断距相减恢复方法(刘哲等,2012)恢复油气成藏期板桥断裂在沙一下亚段内的古断距,再除以断裂活动时期,便可以得到板桥断裂在油气成藏期的古活动速率,由图 6a 中可以看出,板桥断裂的古活动速率高值区主要分布在其东北中部和西南中部,最大可达到 7 m/Ma,由 2 个高值区向其中部和东部部位古活动速率逐渐减小,小于 4 m/Ma,统计歧口凹陷沙一下亚段内含油气部位油源断裂的

古活动速率,可以得到含油气部位最小活动速率约为 4 m/Ma(图 7a),将其作为油源断裂伴生裂缝连通分布所需的最小活动速率。取古活动速率大于伴生裂缝连通分布所需的最小活动速率的部位即为板桥断裂伴生裂缝发育部位。由图 6a 中可以看出,板桥断裂伴生裂缝主要分布在其西部和东部中部,由钻井资料统计板桥断裂不同测线处沙一下亚段地层的砂地比值,由图 6b 中可以看出,板桥断裂东北中部和东南边部沙一下亚段地层砂地比值相对较高,最大可达到 35%以上,由此向两侧沙一下亚段地层

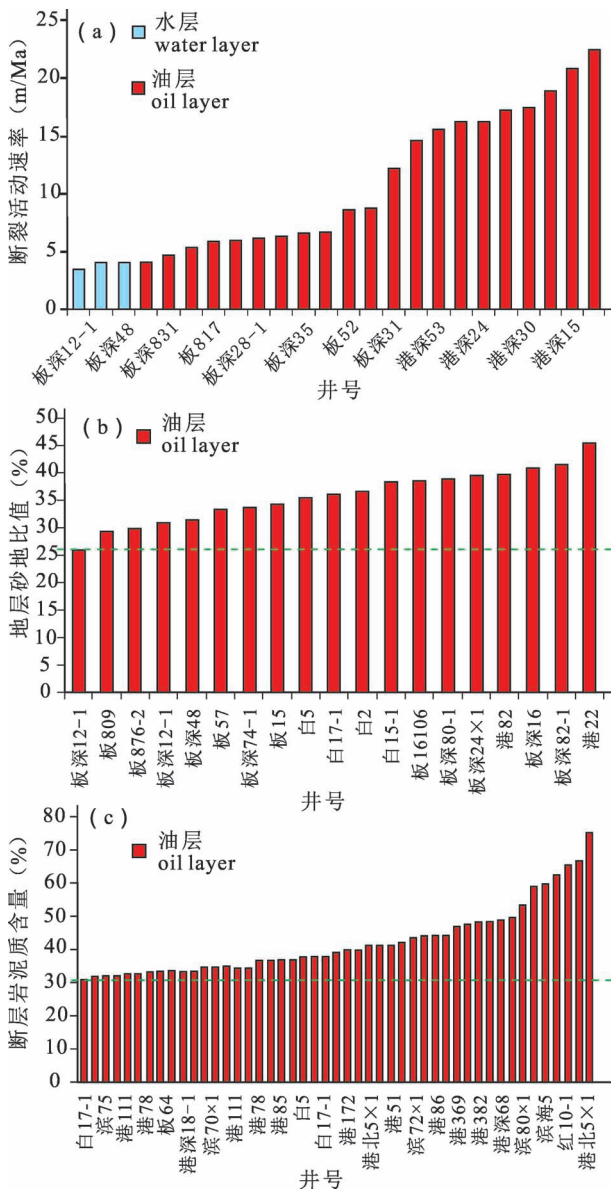


图 7 海湾盆地黄骅拗陷歧口凹陷板桥断裂沙一下亚段油源断裂输导和遮挡条件下限厘定示意图

Fig. 7 Sketch map for determination of lower limit of oil source fault transportation and shielding conditions in the Qikou Sag, Huanghua Depression, Bohai Bay Basin

砂地比值逐渐减小,在东北和西南边部沙一下亚段地层砂地比值小于 24%。统计歧口凹陷沙一下亚段含油气砂体所在地层砂地比值,取含油气砂体所在地层的最小砂地比值,约为 24%,作为能储集油气砂体所需的最小地层砂地比值(图 7b),取砂地比值大于能储集油气砂体所需的最小地层砂地比值的区域,即为板桥断裂储集油气砂体分布区,由图 6b 中可以看出板桥断裂沙一下亚段储集油气砂体主要分布在其中东部。

将上述已确定出的板桥断裂在沙一下亚段内伴生裂缝发育部位和储集油气砂体分布区叠合,二者重合部位即为板桥断裂输导油气有利部位,由图 8a 中可以看出,板桥断裂输导油气有利部位主要分布在其东北部,其次分布在其西南东部。

由钻井和地震资料统计板桥断裂在沙一下亚段内断距和被其错断岩层厚度及泥质含量,由式 1 计算板桥断裂在沙一下亚段内断层岩泥质含量,由图 6c 中可以看出,板桥断裂在沙一下亚段内断层岩泥质含量东北部大于西南部,最大可达到 30% 以上,最小在西南边部,小于 25%,统计歧口凹陷含油气部位断裂在沙一下亚段内断层岩泥质含量,取含油气部位最小断层岩泥质含量,约为 25%,作为断裂侧向封油气所需的最小断层岩泥质含量(图 7c),取断层岩泥质含量大于断裂侧向封油气所需的最小断层岩泥质含量的部位即为板桥断裂侧向封闭部位,由图 7c 中可以看出,板桥断裂除西南边部外,其余大部分侧向上均是封闭。

将上述已确定出的板桥断裂侧向封油气部位和储集油气砂体分布区叠合,取二者重合部位即为板桥断裂遮挡油气有利部位,由图 8b 中可以看出,板桥断裂除西南和东北边部,其余大部分部位皆为遮挡油气有利部位。

将上述已确定出的板桥断裂在沙一下亚段内输导油气有利部位和遮挡油气有利部位叠合,取二者重合部位即为板桥断裂输导和遮挡配置油气成藏有利部位,由图 8c 中可以看出,板桥断裂输导和遮挡配置油气成藏有利部位主要分布在其东北部中部,其次是西南东部。

为了验证上述方法的可信性,本文选取板桥断裂附近的 2 口探井进行阐述。板 831 井位于板桥断裂东北部输导和遮挡配置油气成藏有利部位内(图 8)。该部位板桥断裂在活动时期可输导下伏沙三段源岩生成的大量油气输导进入到沙一下亚段砂体中。板桥断裂停止活动后又可以遮挡进入到沙一下

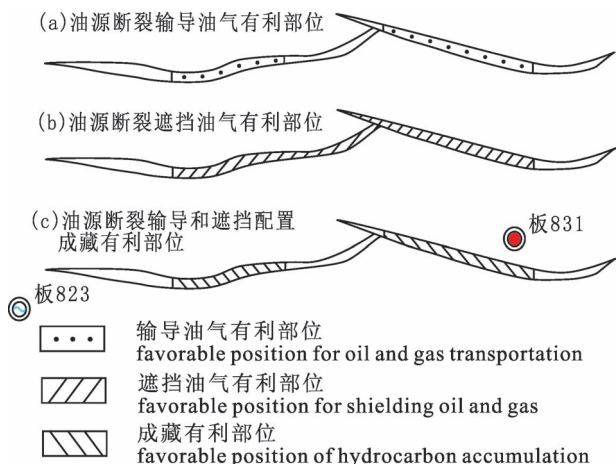


图 8 海湾盆地黄骅坳陷歧口凹陷板桥断裂输导和遮挡配置成藏有利部位厘定图

Fig. 8 Determination of favorable position for hydrocarbon accumulation in fault transportation and shielding configuration of Banqiao fault in the Qikou Sag, Huanghua Depression, Bohai Bay Basin

亚段砂体中的油气聚集成藏,油气钻探结果板 831 井获得了工业油流。而另一口井板 823 井位于板桥断裂西南端的输导和遮挡配置油气成藏非有利部位附近(图 8)。该部位板桥断裂在活动时期既不能将下伏沙三段源岩生成大量油气运移至沙一下亚段砂体中,又不能在停止活动后遮挡已进入到沙一下亚段砂体中的少量油气聚集成藏,油气钻探结果板 823 井为水井。上述二个例子均证实该方法用于确定油源断裂输导和遮挡配置油气成藏有利部位是可行的。

4 结论

(1) 油源断裂输导和遮挡配置油气成藏有利部位应是油源断裂输导油气有利部位和油源断裂遮挡油气有利部位的重合部位,既有利于油气运移,又有利于油气聚集。否则二者缺少哪一个均不利于油气聚集成藏。

(2) 通过确定油源断裂伴生裂缝发育部位和储集油气砂体分布区,确定油源断裂输导油气有利部位;通过确定油源断裂侧向封闭油气部位和储集油气砂体分布区,确定油源断裂遮挡油气有利部位,二者结合建立一套油源断裂输导和遮挡配置油气成藏有利部位的预测方法,实测应用结果表明,该方法用于预测油源断裂输导和遮挡配置油气成藏有利部位是可行的。

(3)渤海湾盆地歧口凹陷板桥断裂在沙一下亚段内输导和遮挡配置油气成藏有利部位主要分布在其东北中部,少量分布在西南东部,有利于下伏沙三段源岩生成油气在沙一下亚段内聚集成藏,与目前板桥断裂附近沙一下亚段已发现油气主要分布在东北中部,少量分布在西南东部相吻合。

(4)该方法主要适用于砂泥岩含油气盆地地下生上储式油源断裂输导和遮挡配置油气成藏有利部位的预测。

致谢:感谢审稿专家和编辑提出的宝贵意见。

参 考 文 献 / References

(The literature whose publishing year followed by a “&” is in Chinese with English abstract; The literature whose publishing year followed by a “#” is in Chinese without English abstract)

陈伟, 吴智平, 侯峰, 孔菲. 2010. 断裂带内部结构特征及其与油气运聚关系. 石油学报, 31(5): 774~780.

付广, 杨勉, 吕延防, 史集建. 2013. 断层古侧向封闭性定量评价方法及其应用. 石油学报, 34(S1): 78~83.

付广, 宿碧霖, 历娜. 2016. 一种利用断层岩泥质含量判断断层侧向封闭性的方法及其应用. 岩性油气藏, 28(2): 101~106, 12.

付晓飞, 方德庆, 吕延防, 付广, 孙永河. 2005. 从断裂带内部结构出发评价断层垂向封闭性的方法. 地球科学, 30(3): 328~336.

付晓飞, 许鹏, 魏长柱, 吕延防. 2012. 张性断裂带内部结构特征及油气运移和保存研究. 地学前缘, 19(6): 200~212.

贾茹, 付晓飞, 孟令东, 巩磊, 刘志达. 2017. 断裂及其伴生微构造对不同类型储层的改造机理. 石油学报, 38(3): 286~296.

姜振学, 庞雄奇, 曾溅辉, 王洪玉, 罗群. 2005. 油气优势运移通道的类型及其物理模拟实验研究. 地学前缘, 12(4): 507~516

姜素华, 曾溅辉, 李涛, 姜雨. 2005. 断层面形态对中浅层石油运移影响的模拟实验研究. 中国海洋大学学报(自然科学版), 35(2): 245~248, 272.

姜贵璞, 付广, 孙同文. 2017. 利用地震资料确定油源断裂输导油气能力及油气富集的差异性. 地球物理学进展, 32(1): 160~166.

蒋有录, 刘景东, 李晓燕, 徐会永. 2011. 根据构造脊和地球化学指标研究油气运移路径: 以东濮凹陷濮卫地区为例. 地球科学(中国地质大学学报), 36(3): 521~529.

刘哲, 吕延防, 孙永河, 李彦彬, 张东伟. 2012. 同生断裂分段生长特征及其石油地质意义——以辽河西部凹陷鸳鸯沟断裂为例. 中国矿业大学学报, 41(5): 793~799.

刘宗堡, 郭林源, 付晓飞, 张东, 刘云燕. 2017. 砂泥互层地层断裂带结构特征及控油作用. 中国石油大学学报(自然科学版), 41(2): 21~29.

罗群, 庞雄奇, 姜振学. 2005. 一种有效追踪油气运移轨迹的新方法——断面优势运移通道的提出及其应用. 地质论评, 51(2): 156~162.

吕延防, 王伟, 胡欣蕾, 付广, 史集建. 2016. 断层侧向封闭性定量评价方法. 石油勘探与开发, 43(2): 310~316.

孟令东, 付晓飞, 王雅春, 张晓玲, 吕延防. 2014. 徐家围子断陷火山岩断层带内部结构与封闭性. 石油勘探与开发, 41(2): 150~157.

庞雄奇, 付广, 陈章明, 陈发景. 1991. 地震资料用于地层古厚度恢

复与剥蚀量计算方法探讨. 大庆石油学院学报, 15(4): 1~8.

王圣柱, 吴倩倩, 宋梅远, 于洪洲, 张关龙. 2018. 断裂带内部结构及其对油气运聚的控制作用——以准噶尔盆地北缘哈山构造带为例. 天然气地球科学, 29(11): 1559~1567.

吴智平, 陈伟, 薛雁, 宋国奇, 刘惠民. 2010. 断裂带的结构特征及其对油气的输导和封堵性. 地质学报, 84(4): 570~578.

许新明. 2014. 基于断层岩泥质质量分数预测的断层侧向封闭性评价. 断块油气田, 21(5): 574~578.

袁波, 孙照勇, 姜鹏, 舒光虎, 李艳萍. 2014. 文留油气田断面优势运移通道对油气的控制作用. 断块油气田, 21(3): 292~295.

庄新兵, 邹华耀, 滕长宇. 2012. 新构造运动期断裂活动对油气的控制作用——以渤中地区为例. 中国矿业大学学报, 41(3): 452~459.

宗奕, 徐长贵, 姜雪, 田金强, 滕长宇. 2009. 辽东湾地区主干断裂活动差异性对油气成藏的控制. 石油天然气学报, 31(5): 12~17, 429.

Bense V F, Berg E H V D, Balen R T V. 2003. Deformation mechanisms and hydraulic properties of fault zones in unconsolidated sediments; the Roer Valley Rift System, The Netherlands. Hydrogeology Journal, 11(3): 319~332.

Chen Wei, Wu Zhiping, Hou Feng, Kong Fei. 2010&. Internal structures of fault zones and their relationship with hydrocarbon migration and accumulation. Acta Petrolei Sinica, 31(5): 774~780.

Fu Guang, Yang Mian, Lü Yanfang, Shi Jijian. 2013&. A quantitative evaluation method for ancient lateral sealing of fault. Acta Petrolei Sinica (Petroleum Processing Section), 34(S1): 78~83.

Fu Guang, Su Bilin, Li Na. 2016&. A method of judging lateral sealing of fault by mudstone content of fault rock and its application. Northwest Oil & Gas Exploration, 28(2): 101~106, 12.

Fu Xiaofei, Fang Deqing, Lü Yanfang, Fu Guang, Sun Yonghe. 2005&. Method of evaluating vertical sealing of faults in terms of the internal structure of fault zones. IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, 30(3): 328~336.

Fu Xiaofei, Xu Peng, Wei Changzhu, Lü Yanfang. 2012&. Internal structure of normal fault zone and hydrocarbon migration and conservation. Earth Science Frontiers, 19(6): 200~212.

Hindle A D. 1997. Petroleum migration pathways and charge concentration: a three-dimensional model. AAPG Bulletin, 81(9): 1451~1481.

Jia Ru, Fu Xiaofei, Meng Lingdong, Gong Lei, Liu Zhida. 2017&. Transformation mechanism of fault and its associated microstructures for different kinds of reservoirs. Acta Petrolei Sinica, 38(3): 286~296.

Jiang Zhenxue, Pang Xiongji, Zeng Jianhui, Wang Hongyu, Luo Qun. 2005&. Research on types of the dominant migration pathways and their physical simulation experiments. Earth Science Frontiers, 12(4): 507~516.

Jiang Suhua, Zeng Jianhui, Li Tao, Jiang Yu. 2005&. An experimental study on the influence of fault-plane shape on petroleum migration in middle and shallow formations. Journal of Ocena University of China (Natural Science Edition), 35(2): 245~248, 272.

Jiang Guipu, Fu Guang, Sun Tongwen. 2017&. Seismic data is used to determine the transportation oil—gas ability of oil source faults and the difference of oil—gas accumulation. Progress in Geophysics, 32(1): 160~166.

Jiang Youlu, Liu Jingdong, Li Xiaoyan, Xu Huiyong. 2011&. Actual hydrocarbon migration paths based on ridge-like structures analysis

- and geochemical indicators tracking: a case study of Puwei area of Dongpu Depression. *Earth Science: Journal of China University of Geosciences*, 36(3): 521~529.
- Ligtenberg J H. 2005. Detection of fluid migration pathways in seismic data: implications for fault seal analysis. *Basin Research*, 17(1): 141~153.
- Liu Zhe, Lü Yanfang, Sun Yonghe, Li Yanbin, Zhang Dongwei. 2012&. Characteristics and significance of syngenetic fault segmentation in hydrocarbon accumulation, an example of Yuanyanggou fault in western sag, Liaohe Depression. *Journal of China University of Mining & Technology*, 41(5): 793~799.
- Liu Zongbao, Guo Linyuan, Fu Xiaofei, Zhang Dong, Liu Yunyan. 2017&. Sandstone—mudstone interbed fault zones structure feature and controlling oil effect. *Journal of China University of Petroleum (Edition of Natural Science)*, 41(2): 21~29.
- Luo Qun, Pang Xiongqi, Jiang Zhenxue. 2005&. A new method for effective trace petroleum migration path—Concept of fault section dominant migrating channel and its application. *Geological Review*, 51(2): 156~162.
- Lü Yanfang, Wang Wei, Hu Xinlei, Fu Guang, Shi Jijian. 2016&. Quantitative evaluation method of fault lateral sealing. *Petroleum Exploration and Development*, 43(2): 310~316.
- Meng Lingdong, Fu Xiaofei, Wang Yachun, Zhang Xiaoling, Lü Yanfang. 2014&. Internal structure and sealing properties of the volcanic fault zones in Xujiaweizi fault depression, Songliao Basin, China. *Petroleum Exploration and Development*, 41(2): 150~157.
- Pang Xiongqi, Fu Guang, Chen Zhangming, Chen Fajing. 1991#. The use of seismic data in the recovery of stratigraphic thickness and the calculation of stripping amount. *Journal of Daqing Petroleum Institute*, (4): 1~8.
- Sample J C, Woods S, Bender E, Loveall M. 2006. Relationship between deformation bands and petroleum migration in an exhumed reservoir rock, Los Angeles Basin, California, USA. *Geofluids*, 6(2): 105~112.
- Wang Shengzhu, Wu Qianqian, Song Meiyuan, Yu Hongzhou, Zhang Guanlong. 2018&. Quantitative evaluation of the transportation of fault zone and its controlling effect on hydrocarbon migration and accumulation: Case study of Hala'alat Mountain tectonic belt in the north margin of Junggar Basin. *Natural Gas Geoscience*, 29(11): 1559~1567.
- Wu Zhiping, Chen Wei, Xue Yan, Song Guoqi, Liu Huimin. 2010&. Structural characteristics of faulting zone and its ability in transporting and sealing oil and gas. *Acta Geologica Sinica*, 84(4): 570~578.
- Xu Xinming. 2014&. Evaluation on fault lateral sealing ability based on shale mass fraction of fault rock. *Fault-block Oil & Gas Field*, 21(5): 574~578.
- Yuan Bo, Sun Zhaoyong, Jiang Peng, Shu Guanghu, Li Yanping. 2014&. Control of dominant migration pathway on oil and gas distribution in Wenliu oil and gas field. *Fault-block Oil & Gas Field*, 21(3): 292~295.
- Zhuang Xinbing, Zou Huayao, Teng Changyu. 2012&. Controlling of hydrocarbons by Neotectonics and Tectonics fault activities: a case study of Bozhong area. *Journal of China University of Mining & Technology*, 41(3): 452~459.
- Zong Yi, Xu Changgui, Jiang Xue, Tian Jinqiang, Teng Changyu. 2009&. The influence of differential activities of faults on petroleum accumulation in Liaodongwan area. *Journal of Oil and Gas Technology*, 31(5): 12~17, 429.

Prediction method of favorable position of oil source fault transmission and shielding configuration for oil and gas accumulation and its application

FU Guang, HAN Xu, LIANG Mugui

Northeast Petroleum University, Daqing, Heilongjiang, 163318

Objectives: Oil source faults connect the underlying source rocks and overlying reservoirs in the petroliferous basin, and they are active in the hydrocarbon accumulation period. They are not only the transport channel of oil and gas migration, but also the barrier of oil and gas accumulation, which play a very important role in the migration and accumulation of oil and gas. However, it is not certain that there are oil and gas reservoirs near the source fault. Accurately predicting the favorable position of oil and gas accumulation is the key of oil and gas exploration near the oil source fault in the lower source and upper reservoir in petroliferous basin.

Methods: In order to study the rules of oil and gas accumulation near the oil—gas source faults in the lower source and upper reservoir oil—gas basin, on the basis of the study on the mechanism and the favorable parts of oil—gas migration and accumulation due to oil source fault conduction and shielding, the favorable parts of oil and gas transmission are determined by defining the development parts of the associated fractures of oil—gas source faults and the distribution areas of oil—gas reservoir sand bodies; and the favorable position of oil and gas shielding of oil source fault is determined by defining the lateral sealing position and distribution area of reservoir sand body of oil source fault and distribution area of reservoir sand body. The location and distribution area of reservoir sand body are determined, and the favorable position of oil and gas shielding of oil source fault is determined. A set of

prediction method for the favorable position of oil and gas migration and accumulation by oil source fault is established by combining the two methods, and it is applied to the prediction of the favorable position of oil and gas migration and shielding configuration in the Es_1^3 Submember of Banqiao fault in Qikou Sag of Bohai Bay Basin.

Results: The results show that favorable accumulating position of oil and gas migration and shielding configuration in the Es_1^3 Submember of Banqiao fault is mainly distributed in the middle of northeast and a small amount in the east of southwest, which is conducive to the oil and gas generated in the lower Es_3 source rock migrating and accumulating in the Es_1^3 Submember.

Conclusions: At present, the oil and gas discovery in the Es_1^3 Submember near Banqiao fault are mainly distributed in the middle of northeast and a small amount in the east of southwest, which indicates that this method is feasible to predict the favorable position of oil and gas accumulation in oil source fault migration and occlusion configuration.

Keywords: oil source faults; conduction and shielding configuration; hydrocarbon accumulation; favorable position; prediction method

Acknowledgements: This study is supported by National Natural Science Foundation of China (No. 41872157); Thanks to the reviewers and editors for their valuable comments

First author: FU Guang, male, born in 1962, professor and doctoral supervisor, is engaged in the research of oil—gas reservoir formation and preservation; Email: fuguang2008@126.com

Manuscript received on: 2020-06-17; Accepted on: 2020-08-13; Network published on: 2021-01-20

Doi: Doi:10.16509/j.georeview.2021.*.*; Edited by: LIU Zhiqiang

