



## 断裂附近源断砂空间配置油气运聚有利部位预测方法及其应用

付广, 于桐

引用本文:

付广, 于桐. 断裂附近源断砂空间配置油气运聚有利部位预测方法及其应用[J]. 沉积学报, 2023, 41(1): 270-279.

FU Guang, YU Tong. Proposed Method for Predicting Favorable Locations for Oil and Gas Migration and Accumulation in Source-faulted-sand Zones near Faults and Its Application[J]. *Acta Sedimentologica Sinica*, 2023, 41(1): 270-279.

### 相似文章推荐 (请使用火狐或IE浏览器查看文章)

Similar articles recommended (Please use Firefox or IE to view the article)

#### 断盖配置渗漏与封闭转换时期的确定方法及其应用

Determination Method and Application for the Conversion Period of Fault<sup>2</sup>caprock Configuration Leakage and Sealing

沉积学报. 2020, 38(4): 868-875 <https://doi.org/10.14027/j.issn.1000-0550.2019.090>

#### 塔里木盆地塔中Ⅲ区奥陶系碳酸盐岩油气成藏主控因素及有利区带

Main Factors Controlling Carbonate Reservoir Formation: Case study of Tazhong block III, Tarim Basin

沉积学报. 2019, 37(4): 868-877 <https://doi.org/10.14027/j.issn.1000-0550.2018.176>

#### 乌石凹陷南部陡坡带流二段大型储集体发育条件及特征

Large Reservoirs Development Condition and Characteristics of the Second Member of Liushagang Formation in the Southern Steep Slope Zone, Wushi Depression

沉积学报. 2018, 36(1): 154-165 <https://doi.org/10.3969/j.issn.1000-0550.2018.017>

#### 断裂输导油气运移形式分布区预测方法及其应用

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

沉积学报. 2017, 35(3): 592-599 <https://doi.org/10.14027/j.cnki.cjxb.2017.03.016>

#### 准噶尔盆地北缘哈山构造带油气输导系统与运聚规律

Hydrocarbon Transmission System and Accumulation in Hala'alat Mountain Structural Belt in the Northern Margin of Junggar Basin

沉积学报. 2017, 35(2): 405-412 <https://doi.org/10.14027/j.cnki.cjxb.2017.02.017>

文章编号:1000-0550(2023)01-0270-10

DOI: 10.14027/j.issn.1000-0550.2021.071

# 断裂附近源断砂空间配置油气运聚有利部位预测方法及其应用

付广,于桐

东北石油大学地球科学学院,黑龙江大庆 163318

**摘要** 为研究含油气盆地生上储式断裂附近断砂空间配置圈闭中油气分布规律,在断裂附近源断砂空间配置油气运聚机理及有利部位研究的基础上,利用源岩排烃分布区和断裂输导油气有利部位,确定断裂附近源断砂空间配置油气运聚有利部位;通过断裂侧向封闭分布部位和油气储集砂体发育部位,厘定断裂附近断砂空间配置油气圈闭部位,两者叠合建立了一套断裂附近源断砂空间配置油气运聚有利部位的预测方法,并将其应用于渤海湾盆地冀中拗陷廊固凹陷大柳泉地区旧州4条分支断裂附近沙三中下亚段源断砂空间配置油气运聚有利部位的预测中。结果表明:旧州4条分支断裂附近沙三中下亚段源断砂空间配置油气运聚有利部位主要分布在F9断裂、F8断裂中部西南及东北部局部和F7断裂西南部,有利于下伏沙四段源岩生成油气沿断裂附近源断砂空间配置油气运聚有利部位向上覆沙三中下亚段断砂空间配置圈闭中运聚成藏,与目前旧州4条分支断裂附近沙三中下亚段已发现油气主要分布相吻合,表明该方法用于预测断裂附近源断砂空间配置油气运聚有利部位是可行的。

**关键词** 断裂附近;源断砂空间配置;油气运聚;有利部位;预测方法

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

**中图分类号** P618.13 **文献标志码** A

## 0 引言

随着油气勘探的深入,在砂泥岩含油气盆地生上储式生储盖组合中,能够找到的纯构造油气藏越来越少,而断裂附近断砂空间配置形成的油气藏越来越多,这类油气藏的形成除了受本身圈闭条件的控制外,同样也要受油气供给条件的控制。只有油气供给条件和圈闭条件耦合一致时,方可使油气聚集成藏,否则二者缺一,或二者均发育但不耦合,均无油气聚集成藏。由此不难看出,能否准确地预测断裂附近源断砂空间配置油气运聚有利部位,对于正确认识砂泥岩含油气盆地生上储式断裂附近断砂空间配置圈闭中油气分布规律及指导油气勘探至关重要。

目前,断裂附近源断砂空间配置油气运聚有利部位的研究相对较少,主要是关于断裂附近源断砂空间配置油气运聚有利部位和断裂附近断砂空间配置油气侧向分流运移的研究。断裂附近源断砂空间配置油气运聚有利部位的研究主要表现在两个方面。一方面

是根据源岩排烃分布区和油源断裂凸面脊分布,研究停止活动后断裂附近源断砂空间配置油气运聚有利部位<sup>[1-3]</sup>,认为源岩排烃分布区内油源断裂凸面脊发育部位,为停止活动后断裂附近源断砂空间配置油气运聚有利部位;另一方面是根据源岩排烃分布区与油源断裂活动速率相对较大部位,研究活动期断裂附近源断砂空间配置油气运聚有利部位<sup>[4-7]</sup>,认为源岩排烃分布区内的油源断裂活动速率较大部位,为活动期断裂附近源断砂空间配置油气运聚有利部位。断裂附近断砂空间配置油气侧向分流运移的研究主要表现在两个方面。一方面是根据其断盖配置垂向是否封闭,研究断裂附近断砂空间配置是否侧向分流运移油气<sup>[8-11]</sup>,认为断盖配置垂向封闭,断裂附近断砂空间配置能侧向分流运移油气;反之断裂附近断砂空间配置不能侧向分流运移油气。另一方面是根据砂体所在层砂地比值相对大小,研究断裂附近断砂空间配置侧向分流运移油气层位<sup>[12-13]</sup>,认为砂体所在层砂地比值相对较高的层位,应是断裂附近断砂空间配置侧向分流运移油气层位。

收稿日期:2020-11-23;修回日期:2021-05-10;录用日期:2021-07-19;网络出版日期:2021-07-19

基金项目:国家自然科学基金项目(41872157,42072157)[**Foundation:** National Natural Science Foundation of China, No. 41872157, 42072157]

上述研究成果对正确认识砂泥岩含油气盆地地下生上储式断裂附近断砂空间配置圈闭中油气分布规律及指导油气勘探起到了非常重要的作用。然而,目前对断裂附近断砂空间配置油气圈闭部位研究的相对较少,将源断砂放在一起进行空间配置研究油气运聚有利部位的更少,这无疑不利于指导油气勘探。因此,开展断裂附近源断砂空间配置油气运聚的有利部位研究,对于正确认识砂泥岩含油气盆地地下生上储式断裂附近断砂空间配置圈闭中油气分布规律及指导油气勘探均具有重要意义。

## 1 断裂附近源断砂空间配置油气运聚机制及有利部位

所谓断裂附近源断砂空间配置是指断裂附近源断空间配置油气运聚有利部位和断砂空间配置油气圈闭部位之间的配置关系。如果断裂附近断砂空间配置油气圈闭部位位于源断空间配置油气运聚有利部位处或附近,断砂空间配置圈闭可获得大量油气运聚成藏,此源断砂空间配置为油气运聚的有利部位(图1,A处);相反,如果断裂附近断砂空间配置油气圈闭部位远离源断空间配置油气运聚有利部位,那么断砂空间配置圈闭无法获得大量油气运聚成藏,此源断砂空间配置不是油气运聚的有利部位(图1,B处)。

断裂附近源断空间配置油气运聚有利部位是指源岩排烃分布区与断裂输导油气有利部位之间的配置关系。只有位于源岩排烃分布区的断裂输导油气

有利部位才是断裂附近源断空间配置油气运聚有利部位(图1,A、B处),反之不是断裂附近源断空间配置油气运聚有利部位。断裂附近断砂空间配置要形成油气圈闭,除了要求断砂空间配置二者倾向相反外,还必须要求断裂侧向封闭和砂体能储集油气,即断裂侧向封闭部位与油气储集砂体发育部位二者耦合部位才能形成断裂附近断砂空间配置油气圈闭(图1,A处),否则二者缺一,或二者均发育但不耦合,都不能形成断裂附近断砂空间配置油气圈闭(图1,B处)。

## 2 断裂附近源断砂空间配置油气运聚有利部位预测方法

由上可知,要预测断裂附近源断砂空间配置油气运聚有利部位,就必须断裂附近源断空间配置油气运聚有利部位和断砂空间配置油气圈闭部位,取二者的重合部位即为断裂附近源断砂空间配置油气运聚有利部位。

### 2.1 断裂附近源断空间配置油气运聚有利部位预测方法

要预测断裂附近源断空间配置油气运聚有利部位,就必须确定源岩排烃分布区和断裂输导油气有利部位。利用源岩地化参数随埋深变化特征和源岩排烃门限明确方法<sup>[4]</sup>,厘清源岩排烃门限,据此便可确定源岩排烃分布区(图2)。能输导油气的断裂应是连接源岩和目的层,且在油气成藏期活动的断

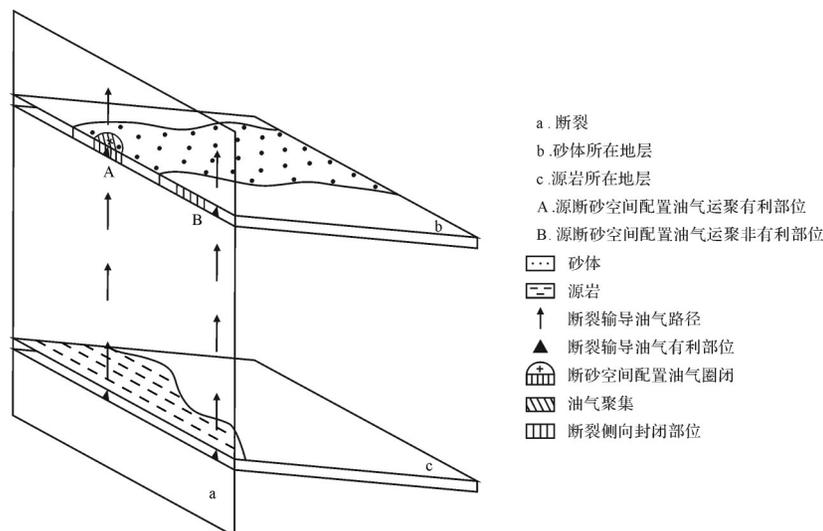


图1 断裂附近源断砂空间配置油气运聚有利部位示意图

Fig. 1 Schematic diagram of favorable positions for oil and gas migration and accumulation in source-faulted-sand zones near faults

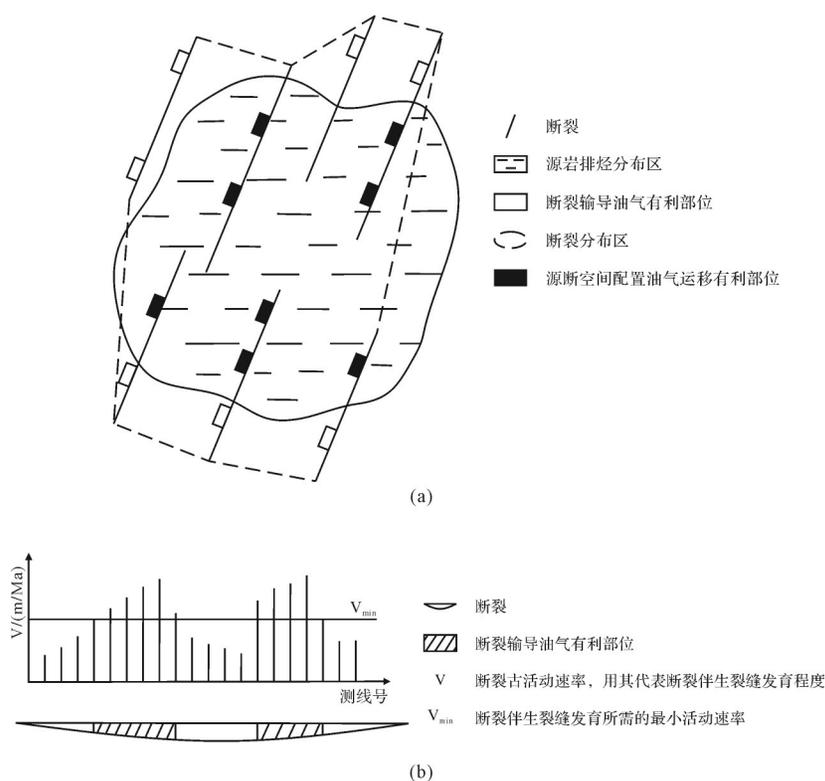


图2 断裂附近源断空间配置油气运移有利部位示意图

(a)源断空间配置油气运移有利部位;(b)断裂输导油气有利部位

Fig.2 Schematic diagram of favorable positions for oil and gas migration in source-faulted zones near faults

裂<sup>[15]</sup>,利用三维地震资料拆分目的层中断裂断穿层位,将上述断裂圈在一起,即为断裂输导油气区(图2a)。由地震资料统计这些断裂在不同测线处的断距,利用最大断距相减法<sup>[16]</sup>恢复断裂在油气成藏期的古断距,再除以其活动期,便可以得到不同测线处断裂古活动速率(图2b)。统计研究区已知井点断裂古活动速率与其附近油气显示特征,取油气井最小古活动速率作为断裂伴生裂缝发育所需的最小活动速率<sup>[17]</sup>,因为只有断裂伴生裂缝发育,断裂方可输导油气,才有油气在其附近运聚成藏,油气钻探才能发现油气;否则无油气发现。将断裂古活动速率大于其伴生裂缝发育所需的最小活动速率的部位圈在一起,便可得到断裂输导油气有利部位(图2b)。源岩排烃分布区和断裂输导油气有利部位的耦合部位即为断裂附近源断空间配置油气运移有利部位。

## 2.2 断裂附近断砂空间配置油气圈闭部位预测方法

要预测断裂附近断砂空间配置油气圈闭部位,就必须明确断裂侧向封闭分布部位和能储集油气砂体分布部位。利用钻井和地震资料统计断裂在目的层内的断距和被其错断地层岩层厚度,由式1计算断裂在目的层内断层岩泥质含量。

$$R_f = \frac{\sum_{i=1}^n H_i R_i}{L} \quad (1)$$

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,m; $R_i$ 为被断裂错断第*i*层岩层泥质含量,%; $n$ 为被断裂错断岩层层数; $L$ 为断裂断距,m。

统计研究区已知井点断裂在目的层内断层岩泥质含量与其油气显示特征,取含油气井最小断层岩泥质含量,作为断裂侧向封闭油气所需的最小断层岩泥质含量<sup>[18]</sup>,这是因为只有断裂侧向封闭,油气才能在附近的砂体中聚集成藏,油气钻探才能发现油气;否则无油气发现。将断层岩泥质含量大于其侧向封闭所需的最小断层岩泥质含量的部位圈在一起,便可以得到断裂侧向封闭分布部位(图3a)。由钻井资料统计断裂附近目的层砂地比值,统计研究区已知井点地层砂地比值与其内砂体中油气显示特征,取油气井最小砂地比值,作为能储集油气砂体所需的最小地层砂地比值<sup>[19]</sup>。将目的层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部位圈在一起,便可得到断裂附近目的层能储集油气砂体分布部位(图3b)。将上述确定的断裂侧向封闭分布

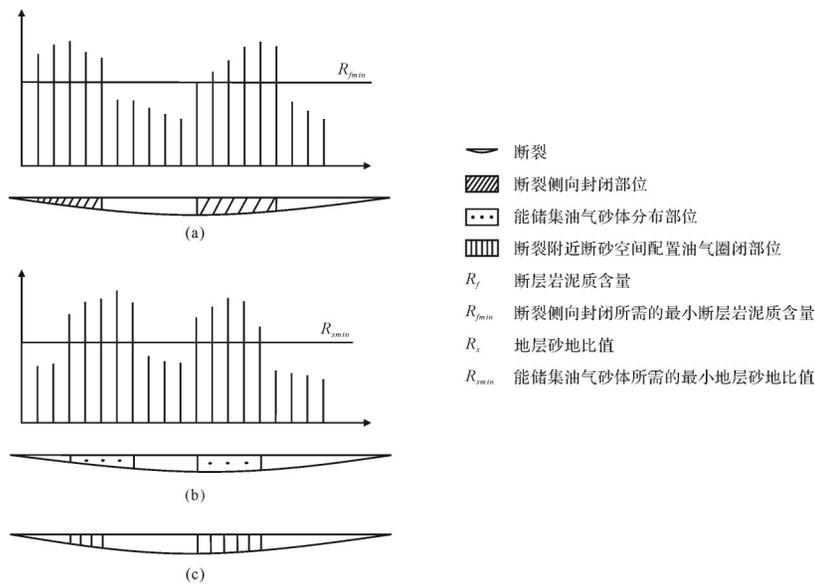


图3 断裂附近断砂空间配置油气圈闭分布部位厘定示意图

(a)断裂侧向封闭分布部位;(b)能储集油气砂体分布部位;(c)断裂附近断砂空间配置油气圈闭部位

Fig. 3 Schematic diagram of determining distribution positions of oil and gas traps in faulted-sand zones near faults

部位和能储集油气砂体分布部位叠合,二者重合部位即为断裂附近断砂空间配置油气圈闭部位(图3c)。

### 3 实例应用

本文选取渤海湾盆地冀中坳陷廊固凹陷大柳泉地区旧州4条分支断裂作为应用实例,利用上述方法预测其附近沙三中下亚段源断砂空间配置油气运聚有利部位,并通过预测结果与目前沙三中下亚段已发现油气分布之间关系,验证该方法用于预测断裂附近源断砂空间配置油气运聚有利部位的可行性。

大柳泉地区是廊固凹陷西南部的一个油气勘探重点地区,该区所钻遇的地层主要有古近系和新近系,少量第四系,古近系地层主要是孔店组、沙河街组、东营组,新近系地层主要是馆陶组和明化镇组。目前已发现油气主要分布在沙三中下亚段,油气主要来自下伏沙四段源岩,为下生上储式生储盖组合。旧州断裂位于大柳泉地区中部,为北北东走向,由4条走向近于一致的F1、F7、F8和F9分支断裂构成(图4),其中F1、F7和F8断裂延伸长度相对较大,F9断裂延伸长度相对较小。旧州断裂4条分支断裂倾角均较大,均从下伏沙四段底部向上断至馆陶组底部,主要在沙三段沉积中期—东营组沉积

时期活动,东营组沉积之后停止活动。由于旧州4条分支断裂连接了沙三下亚段及沙四段源岩和沙三中下亚段,且在油气成藏期(沙二段沉积时期)活动,因此这4条断裂应是沙三中下亚段的油源断裂。目前,华北油田在旧州4条分支断裂附近的沙三中下亚段找到了大量油气,主要分布在F7断裂两端和F9断裂处,其余位置无油气分布。这除了受构造圈闭是否发育的影响外,还受其附近源断砂空间配置油气运聚有利部位的影响。因此,能否准确地预测旧州4条分支断裂附近沙三中下亚段源断砂空间配置油气运聚的有利部位,对指导其油气勘探至关重要。

#### 3.1 断裂附近源断空间配置运移油气有利部位预测

根据大柳泉地区沙四段源岩地化参数随埋深变化特征<sup>[20]</sup>及源岩排烃门限的确定方法<sup>[14]</sup>,确定大柳泉地区沙四段源岩排烃门限约为3 280 m,据此可以得到大柳泉地区沙四段源岩排烃分布区(图4)。大柳泉地区沙四段源岩排烃分布区主要在中部地区,仅南部和北部边部为非源岩排烃分布区,旧州4条分支断裂位于沙四段源岩排烃分布区内。按照上述研究方法,求取旧州4条分支断裂在沙三中下亚段内的古活动速率,由图5中大柳泉地区沙三中下亚段伴生裂缝发育所需的最小活动速率,可知旧州4条分支断裂伴生裂缝发育所需的最小活动速率(图6)。旧州4

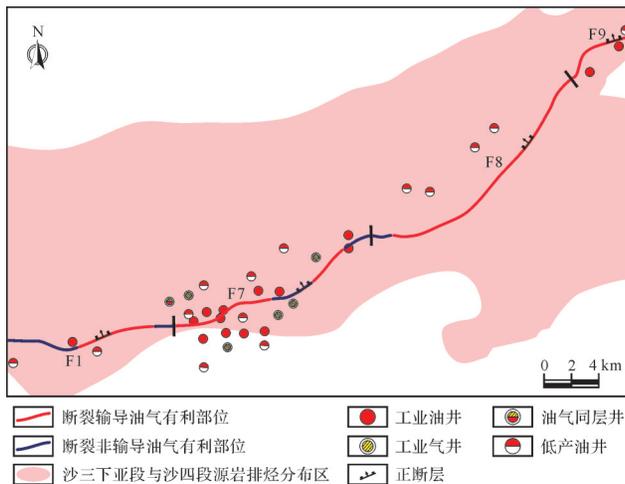


图4 旧州4条分支断裂附近沙三中下亚段源断空间配置油气运移有利部位与油气分布关系图  
Fig.4 Relationship between favorable hydrocarbon migration positions and oil and gas distribution in the source-faulted space configuration of the middle and lower subsections of  $E_{s3}$  near the 4 branches of Jiuzhou fault

条分支断裂输导油气有利部位相对发育,主要分布在F9断裂、F8断裂除西南端部处、F7断裂除中部及东北部局部处、F1断裂中部。旧州4条分支断裂位于沙四段源岩排烃分布区内,因此,其输导油气有利部位即为断裂附近源断空间配置油气运移有利部位(图4)。

### 3.2 断裂附近断砂空间配置油气圈闭部位预测

由于断裂发生上拱,旧州4条分支断裂与沙三中下亚段砂体配置倾向相反,因此,能否形成圈闭主要取决于断裂侧向封闭性和砂体能否储集油气。断裂侧向封闭性与断裂在沙三中下亚段的断层岩泥质含量有关,且泥质含量越高,断裂侧向封闭性越强<sup>[21]</sup>。按照上述方法,求取旧州4条分支断裂在沙三中下亚段内断层岩泥质含量,并根据大柳泉地区不同井点断裂在沙三中下亚段的断层岩泥质含量与油气显示关系(图7),厘定旧州4条分支断裂侧向封闭分布部位(图8)。大柳泉地区不同测线断裂侧向封闭油气所需的最小断层岩泥质含量为29%(图7),旧州4条分支断裂在沙三中下亚段内断层岩泥质含量大于此值的部位即为侧向封闭分布部位。可以看出,旧州4条分支断裂侧向封闭部位主要分布在F9断裂、F8断裂除东北部局部处和F7断裂除中北部处(图8)。砂体能否储集油气与沙三中下亚段地层砂地比有关,地层砂地比值越高,砂体储集油气的能力越好<sup>[22]</sup>。利用钻井资料统计大柳泉地区沙三中下亚段地层砂地比值,根据大柳泉地区已知井点沙三中下亚段地层砂地比值与其内砂体中油气显示之间的关系(图9),确定大柳泉地区沙三中下亚段地层能储集油气砂体分布部位(图10)。大

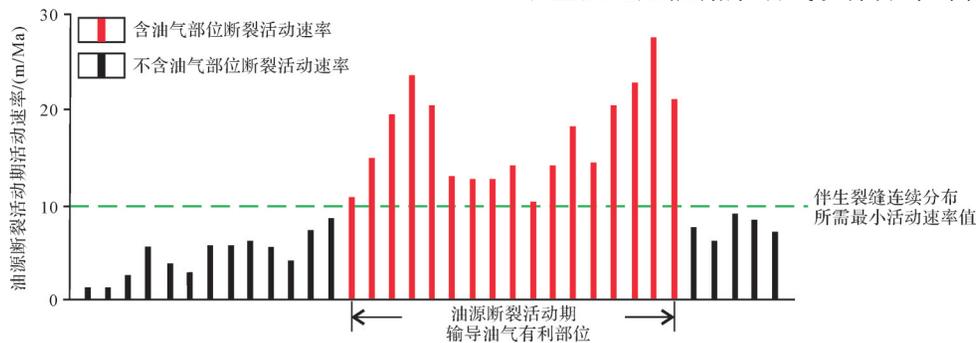


图5 Determination of the minimum activity rate required for the development of associated fractures in the Daluquan area

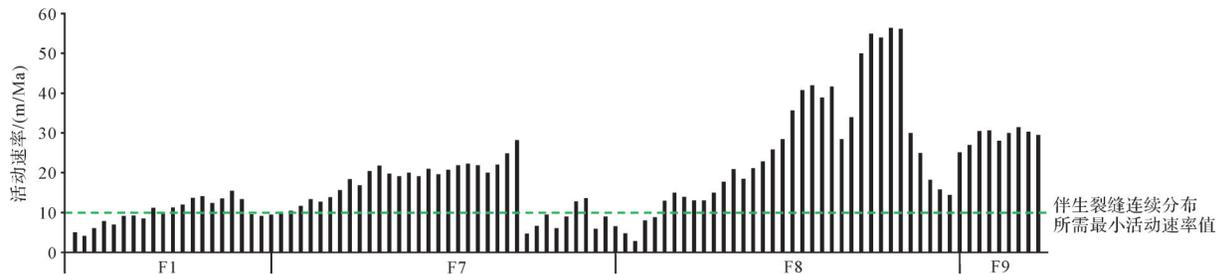


图6 旧州4条分支断裂附近沙三中下亚段断裂伴生裂缝发育部位厘定图  
Fig.6 Determination of the development sites of associated fractures in the middle and lower sub-section of  $E_{s3}$  near the 4 branches of Jiuzhou fault

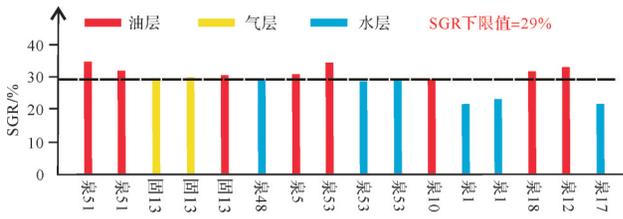


图7 大柳泉地区沙三中下亚段断裂侧向封闭油气所需的最小断层岩泥质含量厘定图

Fig.7 Determination of the minimum argillaceous content of fault rocks required for lateral sealing of oil and gas in the middle and lower subsections of Es<sub>3</sub> in Daluquan area

柳泉地区沙三中下亚段地层能储集油气砂体地层砂地比下限值为18% (图9), 只有地层砂地比大于

此值的砂体才能储集油气。可以看出,大柳泉地区沙三中下亚段地层能储集油气砂体主要分布在F9断裂、F8断裂除中北部局部处、F7断裂除中北部处和F1断裂西南局部及东北部(图10)。

将上述已确定的旧州4条分支断裂侧向封闭部位和沙三中下亚段能储集油气砂体分布部位叠合,便可得到旧州4条分支断裂与沙三中下亚段砂体配置油气圈闭部位(图11)。叠合图显示,旧州4条分支断裂与沙三中下亚段砂体配置油气圈闭部位主要分布在F9断裂、F8断裂的西南部及东北部局部、F7断裂的西南部及东北部。

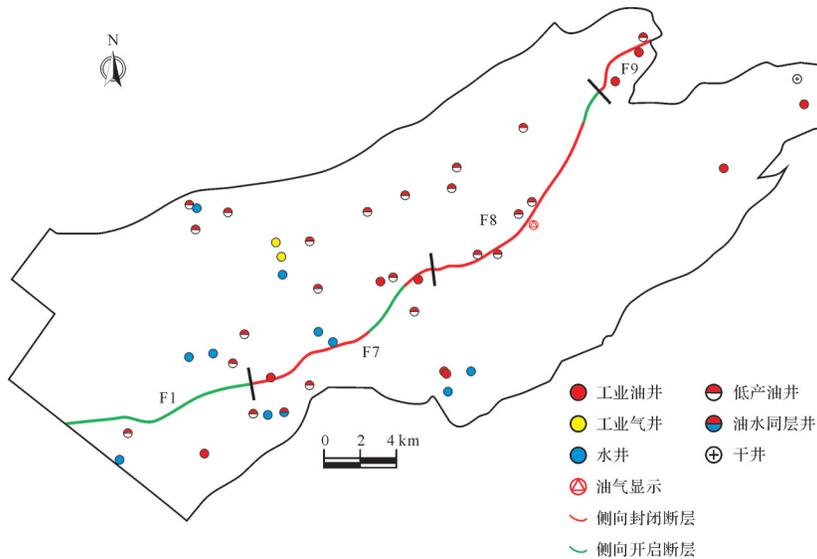


图8 旧州4条分支断裂附近沙三中下亚段侧向封闭部位分布图

Fig.8 Map of lateral sealing sites in the middle and lower subsections of Es<sub>3</sub> near the 4 branches of Jiuzhou fault

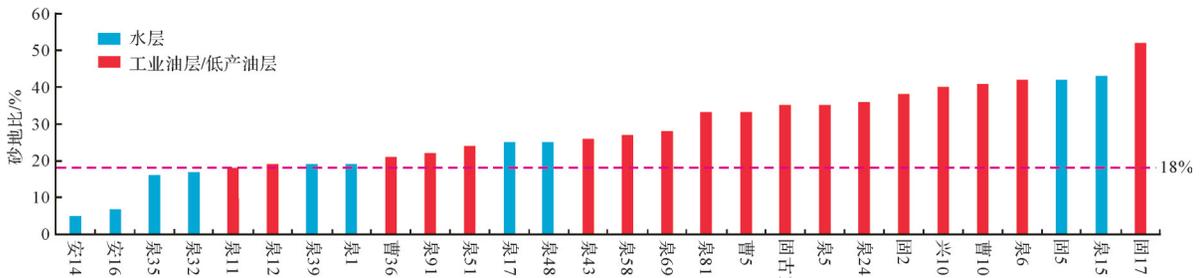


图9 大柳泉地区沙三中下亚段油气储集砂体发育所需最小砂地比值厘定图

Fig.9 Determination of the minimum sand/ground ratio required for the development of that could store sand bodies in the middle and lower subsections of Es<sub>3</sub> in Daluquan area

### 3.3 断裂附近源断砂空间配置油气运聚有利部位及其与油气聚集关系

将上述已确定的旧州4条分支断裂附近沙三中下亚段断裂附近源断砂空间配置油气运移有利部位和断裂附近断砂空间配置油气圈闭部位叠合,便可得

到附近沙三中下亚段源断砂空间配置油气运聚有利部位(图12)。可以看出,旧州4条分支断裂附近沙三中下亚段源断砂空间配置油气运聚有利部位主要分布在F9断裂、F8断裂中部西南及东北部局部、F7断裂西南部。

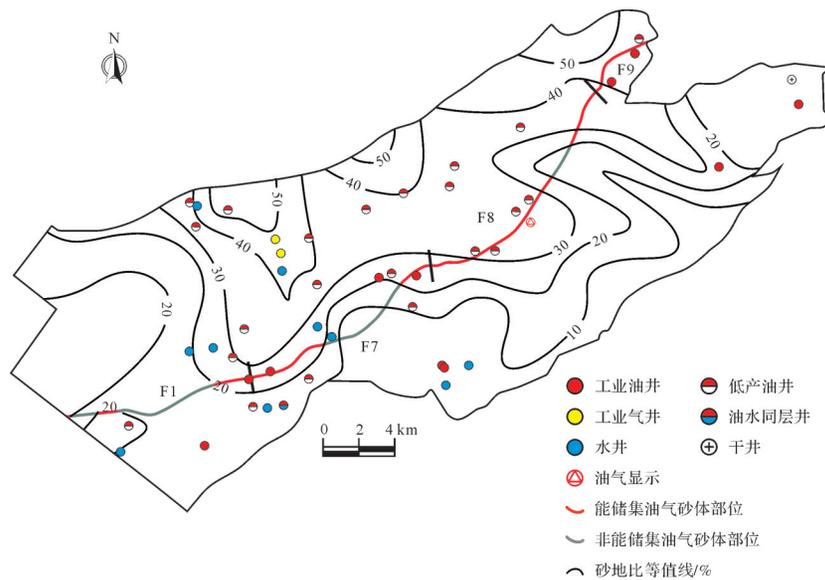


图 10 旧州 4 条分支断裂附近沙三中下亚段油气储集砂体部位分布图

Fig.10 Map of sand bodies that could store oil and gas in the middle and lower subsections of  $Es_3$  near the 4 branches of Jiuzhou fault

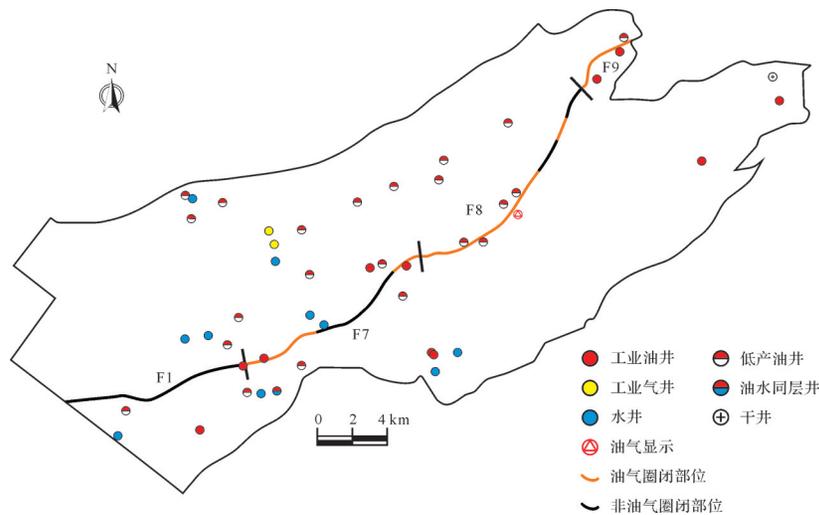


图 11 旧州 4 条分支断裂与沙三中下亚段砂体空间配置油气圈闭部位分布图

Fig.11 Map of oil and gas traps of zones formed by the combination of 4 branches of Jiuzhou fault and sand bodies in the middle and lower subsections of  $Es_3$

## 4 结论

(1) 只有断裂附近断砂空间配置油气圈闭部位与源断空间配置油气运移有利部位耦合,才有利于砂泥岩含油气盆地生上储式油气运聚成藏,为断裂附近源断砂空间配置油气运聚有利部位;否则不是断裂附近源断砂空间配置油气运聚有利部位。

(2) 渤海湾盆地冀中坳陷廊固凹陷大柳泉地区旧州 4 条分支断裂附近沙三中下亚段源断砂空间配置油气运聚有利部位,主要分布在 F9 断裂、F8 断裂中部西南及东北部局部、F7 断裂西南部,有利于下

伏沙四段源岩生成油气沿断裂附近源断空间配置运移油气有利部位向上覆沙三中下亚段断裂附近断砂空间配置圈闭中运聚成藏,与目前旧州 4 条分支断裂附近沙三中下亚段已发现油气分布部位相吻合。

(3) 通过确定断裂附近源断空间配置油气运移有利部位和断砂空间配置油气圈闭部位,两者叠合建立了一套断裂附近源断砂空间配置油气运聚有利部位的预测方法,并经实例应用,验证了该方法的可行性。该方法适用于砂泥岩含油气盆地断裂附近源断砂空间配置油气运聚有利部位的预测。

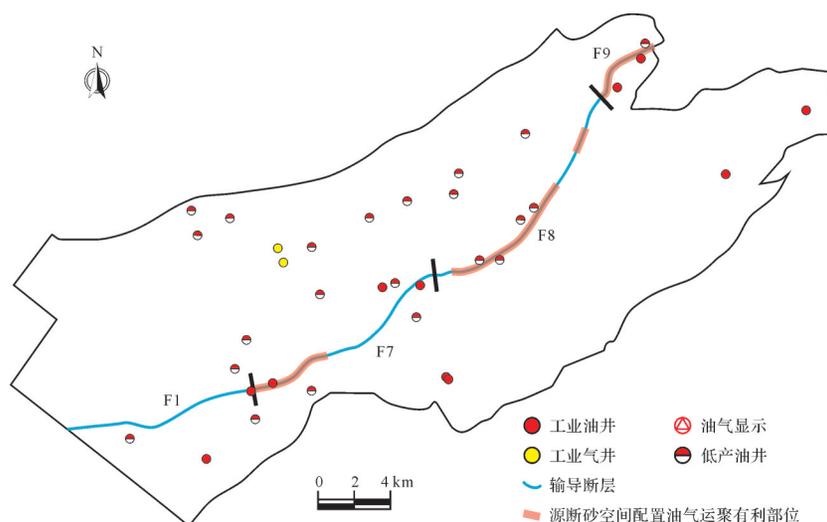


图12 旧州4条分支断裂附近沙三中下亚段源断砂空间配置油气运聚有利部位与油气分布关系图

Fig.12 Relationship between the 4 branches of Jiuzhou fault and the source-faulted-sand zones configuration of the middle and lower subsections of  $E_{s3}$

致谢 感谢评审专家提出的宝贵建议和编辑部老师的指导。

## 参考文献(References)

- [1] 付广,郭玉超,董亚南,等. 南堡凹陷油气成藏的有利地质条件[J]. 油气地质与采收率, 2013, 20(3): 1-4. [Fu Guang, Guo Yuchao, Dong Yanan, et al. Favorable geological conditions for oil and gas accumulation in Nanpu Depression[J]. Petroleum Geology and Recovery Efficiency, 2013, 20(3): 1-4.]
- [2] 蒋有录,刘景东,李晓燕,等. 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[J]. 地球科学:中国地质大学学报, 2011, 36(3): 521-529. [Jiang Youlu, Liu Jingdong, Li Xiaoyan, et al. Actual hydrocarbon migration paths based on ridge-like structures analysis and geochemical indicators tracking: A case study of Puwei area of Dongpu Depression [J]. Earth Science: Journal of China University of Geosciences, 2011, 36(3): 521-529.]
- [3] Jiang H, Pang X, Shi H, et al. Effects of fault activities on hydrocarbon migration and accumulation in the Zhu I Depression, Pearl River Mouth Basin, South China Sea[J]. Australian Journal of Earth Sciences, 2015, 62(6): 775-788.
- [4] 宗奕,邹华耀,滕长宇. 郯庐断裂带渤海段断裂活动差异性对新近系油气成藏的影响[J]. 中国海上油气, 2010, 22(4): 237-239, 242. [Zong Yi, Zou Huayao, Teng Changyu. Impacts of differential faulting along Bohai segment of Tanlu Fault Zone on Neogene hydrocarbon accumulation [J]. China Offshore Oil and Gas, 2010, 22(4): 237-239, 242.]
- [5] 付广,王浩然. 利用地震资料预测油源断裂有利输导油气部位[J]. 石油地球物理勘探, 2018, 53(1): 161-168. [Fu Guang, Wang Haoran. Prediction of favorable oil-gas transportation parts of oil-source faults on seismic data [J]. Oil Geophysical Prospecting, 2018, 53(1): 161-168.]
- [6] 姜贵璞,付广,孙同文. 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[J]. 地球物理学进展, 2017, 32(1): 160-166. [Jiang Guipu, Fu Guang, Sun Tongwen. Seismic data is used to determine the transportation oil-gas ability of oil source faults and the difference of oil-gas accumulation [J]. Progress in Geophysics, 2017, 32(1): 160-166.]
- [7] 蒋有录,刘培,宋国奇,等. 渤海湾盆地新生代晚期断层活动与新近系油气富集关系[J]. 石油与天然气地质, 2015, 36(4): 525-533. [Jiang Youlu, Liu Pei, Song Guoqi, et al. Late Cenozoic faulting activities and their influence upon hydrocarbon accumulations in the Neogene in Bohai Bay Basin [J]. Oil & Gas Geology, 2015, 36(4): 525-533.]
- [8] 付广,杨敬博. 断盖配置对沿断裂运移油气的封闭作用:以南堡凹陷中浅层为例[J]. 地球科学:中国地质大学学报, 2013, 38(4): 783-791. [Fu Guang, Yang Jingbo. Sealing of matching between fault and caprock to oil-gas migration along faults: An example from middle and shallow strata in Nanpu Depression [J]. Earth Science: Journal of China University of Geosciences, 2013, 38(4): 783-791.]
- [9] 付晓飞,方德庆,吕延防,等. 从断裂带内部结构出发评价断层垂向封闭性的方法[J]. 地球科学:中国地质大学学报, 2005, 30(3): 328-336. [Fu Xiaofei, Fang Deqing, Lü Yanfang, et al. Method of evaluating vertical sealing of faults in terms of the internal structure of fault zones [J]. Earth Science: Journal of China University of Geosciences, 2005, 30(3): 328-336.]
- [10] 付广,李世朝,杨德相. 断裂输导油气运移形式分布区预测方法及其应用[J]. 沉积学报, 2017, 35(3): 592-599. [Fu Guang, Li Shichao, Yang Dexiang. A method forecasting dis-

- tribution areas of fault transporting oil-gas migration and its application [J]. *Acta Sedimentologica Sinica*, 2017, 35(3): 592-599. ]
- [11] 张皎,付广,宋戴雷. 断一砂配置侧向分流输导油气的综合判别方法[J]. *石油地球物理勘探*, 2018, 53(5): 1041-1048. [Zhang Jiao, Fu Guang, Song Dailei. Lateral migration hydrocarbon identification in fault-sand configuration [J]. *Oil Geophysical Prospecting*, 2018, 53(5): 1041-1048. ]
- [12] 付广,张博为,历娜,等. 沿断裂运移油气向两侧砂体发生侧向分流的判识方法[J]. *天然气地球科学*, 2016, 27(2): 211-219. [Fu Guang, Zhang Bowei, Li Na, et al. Discussion on judging method of oil-gas migration along fault or along sandbodies on both sides with lateral division migration [J]. *Natural Gas Geoscience*, 2016, 27(2): 211-219. ]
- [13] 付广,孙同文,吕延防. 南堡凹陷断一砂配置侧向输导油气能力评价方法[J]. *中国矿业大学学报*, 2014, 43(1): 79-87. [Fu Guang, Sun Tongwen, Lü Yanfang. An evaluation method of oil-gas lateral transporting ability of fault-sandstone configuration in Nanpu Depression [J]. *Journal of China University of Mining & Technology*, 2014, 43(1): 79-87. ]
- [14] 陈中红,查明,金强. 牛38井烃源岩排烃门限的确定[J]. *天然气工业*, 2005, 25(11): 7-9. [Chen Zhonghong, Zha Ming, Jin Qiang. Determining the expelling hydrocarbon threshold of source rock of well Niu 38 [J]. *Natural Gas Industry*, 2005, 25(11): 7-9. ]
- [15] 王浩然,付广,孙同文. 油源断裂古转换带恢复及其输导油气的有利条件:以南堡凹陷2号构造F10断裂为例[J]. *天然气地球科学*, 2016, 27(10): 1848-1854. [Wang Haoran, Fu Guang, Sun Tongwen. Recovery of oil-source fault ancient transfer zone and its favorable conditions to oil-gas transportation: Taking fault F10 in No. 2 structure of Nanpu Sag as an example [J]. *Natural Gas Geoscience*, 2016, 27(10): 1848-1854. ]
- [16] Dutton D M, Trudgill B D. Four-dimensional analysis of the Sembo relay system, offshore Angola: Implications for fault growth in salt-detached settings [J]. *AAPG Bulletin*, 2009, 93(6): 763-794.
- [17] 付广,王浩然. 不同时期油源断裂输导油气有利部位确定方法及其应用[J]. *石油学报*, 2018, 39(2): 180-188. [Fu Guang, Wang Haoran. Determination method and its application of favorable positions for hydrocarbon transport in oil-source fault during different periods [J]. *Acta Petrolei Sinica*, 2018, 39(2): 180-188. ]
- [18] 王超,付广,董英洁,等. 基于SGR算法的断层侧向封闭性评价方法改进及其应用[J]. *地质学报*, 2017, 91(7): 1641-1650. [Wang Chao, Fu Guang, Dong Yingjie, et al. SGR algorithm-based improvement of fault lateral sealing evaluation method and its application [J]. *Acta Geologica Sinica*, 2017, 91(7): 1641-1650. ]
- [19] 赵健,罗晓容,张宝收,等. 塔中地区志留系柯坪塔格组砂岩输导层量化表征及有效性评价[J]. *石油学报*, 2011, 32(6): 949-958. [Zhao Jian, Luo Xiaorong, Zhang Baoshou, et al. A quantitative characterization and effectiveness evaluation on sandstone carrier beds of the Silurian Kalpintag Formation in the Tazhong area, Tarim Basin [J]. *Acta Petrolei Sinica*, 2011, 32(6): 949-958. ]
- [20] 杨恺. 廊固凹陷天然气成藏条件和控制因素研究[D]. 青岛: 中国石油大学(华东), 2012. [Yang Kai. Accumulations of natural gases and their controls in the Langgu Depression [D]. Qingdao: China University of Petroleum (East China), 2012. ]
- [21] 吕延防,黄劲松,付广,等. 砂泥岩薄互层段中断层封闭性的定量研究[J]. *石油学报*, 2009, 30(6): 824-829. [Lü Yanfang, Huang Jinsong, Fu Guang, et al. Quantitative study on fault sealing ability in sandstone and mudstone thin interbed [J]. *Acta Petrolei Sinica*, 2009, 30(6): 824-829. ]
- [22] 孙永河,赵博,董月霞,等. 南堡凹陷断裂对油气运聚成藏的控制作用[J]. *石油与天然气地质*, 2013, 34(4): 540-549. [Sun Yonghe, Zhao Bo, Dong Yuexia, et al. Control of faults on hydrocarbon migration and accumulation in the Nanpu Sag [J]. *Oil & Gas Geology*, 2013, 34(4): 540-549. ]

## Proposed Method for Predicting Favorable Locations for Oil and Gas Migration and Accumulation in Source-faulted-sand Zones near Faults and Its Application

FU Guang, YU Tong

School of Earth Sciences, Northeast Petroleum University, Daqing, Heilongjiang 163318, China

**Abstract:** A set of methods is established for predicting the most favorable positions for oil and gas migration and accumulation in source-faulted-sand zones near faults. The study examined the distribution of oil and gas in traps of lower-generation and upper-reservoir faulted-sand zones near faults in petroliferous basins, based on the mechanism of hydrocarbon migration and accumulation, as well as the most favorable positions of source-faulted-sand zones near faults. This was applied to the middle and lower subsections of  $E_{s_3}$  near the 4 branches of Jiuzhou fault, Daliuquan area, Langgu Sag, Jizhong Depression, Bohai Bay Basin. The most likely locations of source-faulted zones for oil and gas migration in the region of source rock hydrocarbon expulsion, and favorable regions of faults for oil and gas transportation were determined. The positions of oil and gas traps in faulted-sand zones near faults were predicted from the position of laterally sealed faults and the area of sand bodies that could store oil and gas. The most favorable positions for oil and gas migration and accumulation in this region are predicted to be mainly in the F9 fault, in the area southwest of the middle part and the northeastern part of the F8 fault, and in the southwestern part of the F7 fault. These areas are beneficial for the migration and accumulation of oil and gas from the  $E_{s_4}$  source rock along favorable migration pathways to the faulted-sand zone traps in the middle and lower subsections of  $E_{s_3}$ . This is consistent with the main distribution of oil and gas that have been discovered in the middle and lower subsections of  $E_{s_3}$  near the 4 branches of Jiuzhou fault, indicating that the proposed method is feasible for predicting favorable regions for oil and gas migration and accumulation in source-faulted-sand zones near faults.

**Key words:** near faults; source-faulted-sand zone; oil and gas migration and accumulation; favorable position; prediction method