

康琳, 郭涛, 王伟, 等. 基于地层厚度趋势相关性分析的走滑位移量计算——以渤海湾盆地辽东断裂为例[J]. 海洋地质前沿, 2020, 36(11): 2-10.

# 基于地层厚度趋势相关性分析的走滑位移量计算

## ——以渤海湾盆地辽东断裂为例

康琳, 郭涛, 王伟, 张参, 王国强

(中海石油(中国)有限公司天津分公司渤海石油研究院, 天津 300452)

**摘要:**作为郯庐断裂带东支的重要组成部分, 辽东断裂穿越渤海湾盆地辽东湾拗陷东部, 属于晚期形成的经典平直型走滑断裂。近年来, 沿其周围发现了多个油田和含油气构造, 而缺少精细求取海域走滑断裂走滑位移量的方法一直是制约该区域成藏条件分析的难点。基于最新的三维连片地震资料精细解释, 依据构造特征及变形机制将辽东走滑断裂分为北、中、南 3 段, 提出一种新方法——通过互相关系数对走滑断裂两盘地层厚度变化趋势进行相似性分析, 结合被错动沉积体范围恢复进行验证, 定量求取出各段不同时期的走滑位移量。结果表明, 辽东走滑断裂从东营组至今走滑速率逐渐减弱, 且由北至南走滑变形经历了“强—弱—强”的过程。结合钻井资料, 辽东走滑断裂北段和南段由于较大的走滑位移量让其具有较强的侧向封闭能力, 其控制形成的圈闭也更有利于油气运聚, 具有良好的成藏潜力。

**关键词:**渤海湾盆地; 辽东断裂; 走滑位移量; 构造分段性; 相关性分析

中图分类号: P618.130.2

文献标识码: A

DOI: 10.16028/j.1009-2722.2020.145

## 0 引言

走滑位移的厘定对于确定走滑断裂两侧地质体的古构造位置、恢复古构造形态、研究走滑活动对断裂两侧一系列盆地的形成和演化具有十分重要的意义。关于走滑断裂位移量的计算前人早已做过大量研究及有益的探讨, 概括起来主要有以下 3 种方法: ①古地磁对比法或者地质体对比法。在大尺度范围内通过地质填图对比断裂带两侧地质体构造变形的特征, 从而确定走滑水平相对位移量<sup>[1-3]</sup>。韩国卿等<sup>[4]</sup>通过对断裂带两侧西拉木伦河缝合带和倭勒根岩群展布的研究, 确定嫩江—八里罕断裂带的现今累计走滑位移量在 40~50 km。②沙箱模拟法。单家增等<sup>[5]</sup>根据物理模拟推测辽河拗

陷东部凹陷东营组沉积期的右行走滑位移量大约为 4~8 km; 童亨茂等<sup>[6]</sup>结合构造定量分析, 估算出辽河西部凹陷渐新世以来累计的两侧基底右行走滑位移量约为 18 km(代表郯庐断裂北段西侧分支的走滑位移量), 其中渐新世、中新世和上新世以来的走滑位移量分别为 10.5、1.8 和 5.7 km, 并提出“在纯走滑拉分的条件下, 约 2/3 的走滑位移量可以转化为伸展量”。③模型法。通过数学关系将伸展转化为水平位移<sup>[7-8]</sup>。该数学方法是根据刚体剪切变形时体积不变原理推导出来的, 彭文绪等<sup>[9]</sup>在此基础上进一步考虑盆地形成时基底的不同形状, 设计了三角形模型、长方形模型、半地堑模型以及地堑模型, 并根据走滑和沉降作用的关系模型推导出莱州湾地区走滑水平位移为 7~40 km, 进一步缩短模型法的误差。

虽然前人在走滑断裂位移量方面做过大量研究, 但到目前为止, 走滑断裂位移量计算依然存在一定问题。地质点对比法虽然具有较强的说服力, 但在海域应用具有一定的限制, 而物理模拟法和模型法虽然不断改进完善, 但距离地质真实情况还是

收稿日期: 2020-09-20

资助项目: “十三五”国家科技重大专项“中国近海富烃凹陷优选与有利勘探方向预测”(2016ZX05024-002-006)

作者简介: 康琳(1988—), 男, 硕士, 工程师, 主要从事油区构造解析及地球物理勘探方面的研究工作。E-mail: kanglin2@cnoc.com.cn

有一定的差距,其模拟条件也限制了适用范围,并且具有较大的误差。值得注意的是,大型走滑断裂往往存在分段性,在不同段由于变形机制不同,其走滑量也会发生显著变化<sup>[10]</sup>,而目前针对分段性求取位移量的方法尚无报道。

为此,本文依托最新三维地震资料,在对辽东走滑断裂系统构造解析的基础上对其分段,并首次尝试用走滑断裂两盘的地层厚度进行相关性分析,结合属性刻画被错断的沉积体加以验证,得出了较为可靠、准确的位移量数据,这一方法在同类型的走滑断裂普遍适用。同时结合钻井资料,对辽东走滑断裂的成藏条件进行了分析。

## 1 地质概况

辽东走滑断裂是郯庐断裂带东支在辽东湾段的主要表现形式,向北延伸与辽河凹陷田庄台断裂相连,向南与渤东断裂相接,全长约 80 km,贯穿渤海湾盆地辽东湾拗陷东部,控制了辽东凹陷、辽中凹陷及两凹陷之间的辽东凸起带<sup>[11-14]</sup>。本次构造分析依托覆盖整个辽东湾拗陷最新处理的三维连片资料,其面积达  $1.6 \times 10^4 \text{ km}^2$ ,良好的地震分辨能力及其方差体对深大断裂的成像更为清晰,对构造的解析也更为系统。已有研究显示,辽东走滑断裂在辽东湾拗陷后裂陷期(主要是东营组末期、馆陶组及明化镇组)发生了右旋走滑活动,其走滑作用对油气聚集分布均影响巨大<sup>[15]</sup>。近年来,随着勘探的不断深入,在断裂带周围已发现如锦州 23-2 等多个油田和含油气构造,也印证了该区带具有极好的油气勘探前景。因此,走滑位移量的求取无疑是解

决油气成藏问题的基础和关键。

长期以来,关于郯庐断裂走滑位移距离的研究集中在前新生代左行走滑所产生的位移量,主要通过对比出露在郯庐断裂中南段地表的一系列岩石和岩相带分析来确定位移量的大小。相对前新生代左行走滑数百千米的位移量来说,新生代右行走滑产生的位移量要小得多,只有数十千米。而用传统的古地磁恢复法和沙箱物理模拟法这些针对大尺度、长滑距的方法在精度上都难以满足我们的研究要求,而由于海水的覆盖难以观测露头等地质参考点,严重制约了对成藏条件的分析。值得注意的是,走滑断裂在不同段由于变形机制不同,其走滑量也会发生显著变化<sup>[16]</sup>,因此,在求取大型走滑断裂位移量的同时应该考虑其分段性。

## 2 走滑位移量的定量计算

### 2.1 走滑断裂分段特征

由于一条大的走滑断裂的发展演化、物质组成、深部结构和地震活动等方面存在着不均一性,因此分段性是走滑断裂的固有特性。根据构造特征解析对大型走滑断层合理分段,是进行走滑位移量准确计算的前提。在走滑作用中,在断裂的弯转、断错(或阶跃)和非连续 Riedel 破裂等部位常发生汇聚走滑和离散走滑,形成一组次级的同向叠瓦状走滑断裂,形状类似于双重逆冲构造,两侧被主走滑断层所围限<sup>[17-19]</sup>,此类构造在平面上的表现形式称为走滑双重构造(图 1a),在剖面上则为花状构造(图 1b、c)。因此,对走滑双重构造的识别是清楚认

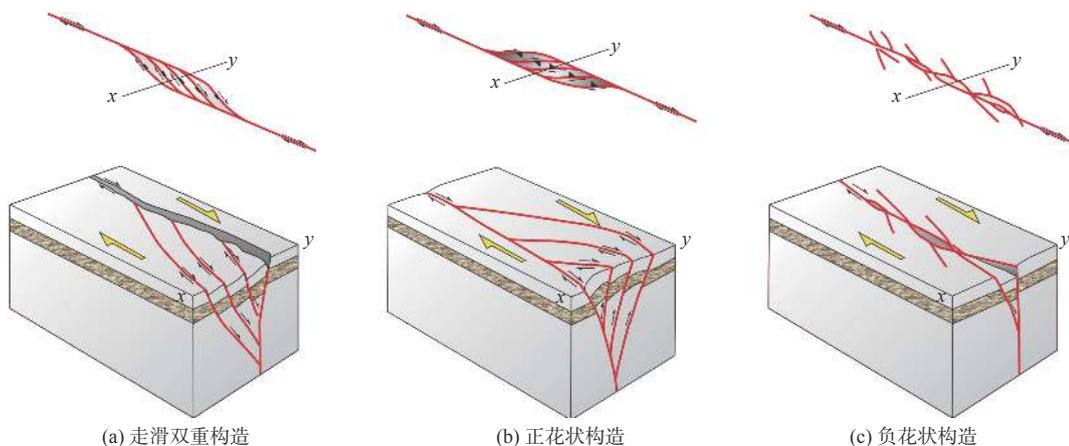


图 1 走滑断层分段的主要构造特征模式

Fig.1 Main structural characteristics of a strike-slip fault

识走滑断裂演化机制的重要因素,其表现出的几何不连续、构造不连续常常作为分段的重要依据<sup>[20]</sup>。

根据发育的部位,走滑双重构造又可分为平直型走滑双重构造和弯曲型走滑双重构造。平直段走滑双重构造往往发育在非连续 Riedel 破裂等部位,平面上表现为菱形的透镜体,剖面上多为“Y”型、地堑或地垒构造,其演化模式为在低位移区平直的断层段通常包含里德尔剪切形成的雁列断层,随着剪切作用的增加和位移的增大,这些断层逐渐以低角度连通起来,表明其为弱张扭环境下形成的。弯曲型走滑双重构造在断裂的弯转、断错处较为常见,平面上表现为两侧被主走滑断层所围限的双重构造,剖面上表现为花状构造。根据其形成的应力特征,可以将走滑双重构造进一步划分为挤压型走滑双重构造和伸展型走滑双重构造。伸展型走滑双重构造在横剖面上呈现负花状构造(图 1a),挤压型走滑双重构造在横剖面上呈现正花状构造(图 1b)。不同类型的走滑双重构造揭示了走滑带附近张扭或压扭的变形机制,是反映局部地区应力环境的重要标志。

## 2.2 “海豚效应”对比法

辽东湾东部凹陷的走滑活动起始于沙一二段的断拗过渡期,东营组时期活动最为强烈,新近纪以来继续存在显著活动并持续到第四纪<sup>[21-22]</sup>。辽东断裂属于典型的平直型走滑断裂,剖面上为陡立的走滑断层,缺少拉张的分量,对断层两盘地层厚度在垂向上改造不明显。因此,走滑断层两盘在被错断之前同一地质点的地层厚度大致相同,在发生走滑作用之后,两侧地层也被错断,并在垂直断层的剖面上呈现出不同的厚度,这也符合经典的“海豚效应”理论。基于这种理论,选取其中一盘固定长度的地层厚度变化趋势,依次与另一盘相同长度的进行对比,当两趋势线达到最相似的时候所经过的距离即为走滑位移量(图 2),这种方式即为“海豚效应”对比法。根据以上分析,建立了求取位移量的对比模型。以一条右旋走滑断层为例,在断层右盘选取断层固定长度  $h$ ,并统计出这段长度内地层厚度变化趋势曲线,依次等间距( $L$ )向右旋方向(因为已经确定为右旋断层,故不必往左旋方向)与另一盘的地层厚度变化趋势进行对比分析。需要注意的是, $L$ 的取值一定要小于  $h$ ,所得结果才会更为

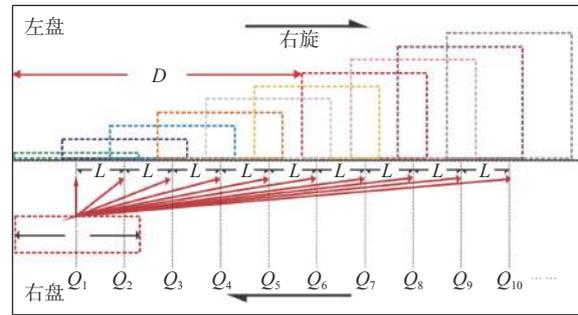


图 2 厚度趋势变化相关性分析的理论模型

Fig.2 Theoretical model for the correlation analysis of thickness trend change

合理。此外,由于目标区地层埋深较浅,压实作用对地层厚度的影响可以忽略,因此,厚度读取时选用时间厚度即可。

## 2.3 地层厚度趋势相关性分析

在对比走滑断裂两侧地层厚度趋势时,很难去定量描述两者的相似程度。因此,引用了相关系数 (correlation coefficient)用以反映变量之间的相关关系密切程度,并用  $Q$  来表示其计算结果。相关系数是按积差方法计算,以两变量与各自平均值的离差为基础,通过两个离差相乘来反映两变量之间相关程度,如下:

$$Q = \frac{\sum (x - \bar{x})(y - \bar{y})}{\sqrt{\sum (x - \bar{x})^2 \sum (y - \bar{y})^2}}$$

式中: $x, y$  为 2 组样本中的数值;

$\bar{x}, \bar{y}$  为所在组的平均值。

$Q$  为相关系数计算结果,范围为  $-1 \sim 1$ 。根据统计学原理,当  $Q$  值越接近 1,表示 2 组样本越相似,反之越不相似。在模型中,计算了一系列  $Q$  值并假设  $Q_6$  的值是最大的,对比当  $Q=Q_6$  时两盘地层厚度变化趋势线,发现其吻合程度较高(图 3)。由于两盘地层厚度趋势往往在错动前最为相似,因此,求取的  $Q$  值在理论上整体应具有正态分布的特征,但由于误差等因素,也有可能存在局部的异常  $Q$  值,在实际求取中应结合地质背景加以分析。在求取完  $Q$  值后,只要计算右盘在  $Q$  值最大时移动的距离  $D$ ,即为断裂的走滑位移量。在模型中, $D=5L$ ,由于  $L$  是已知的,所以位移量很容易得出。

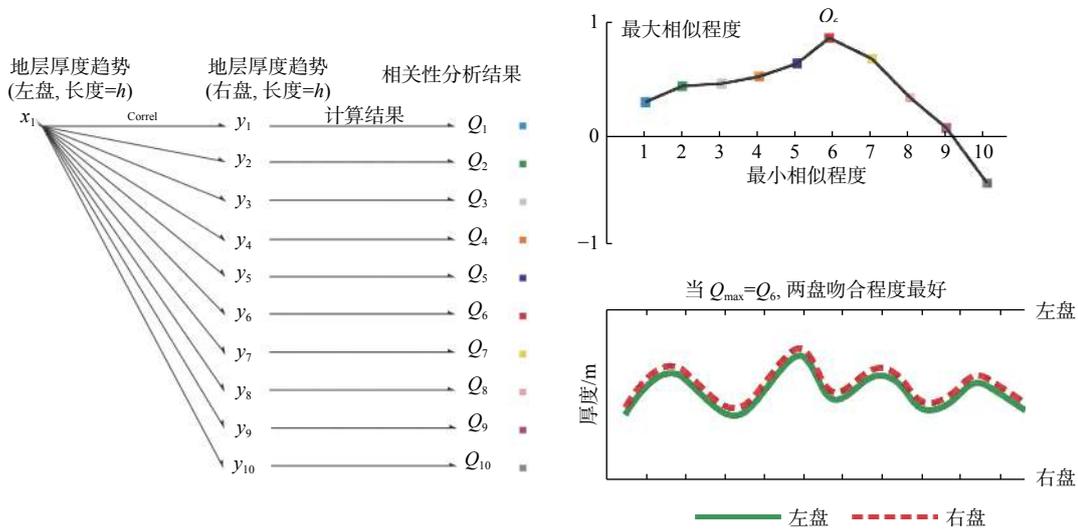


图 3 厚度变化趋势相关性分析结果及当  $Q$  值最大时两盘相似程度

Fig.3 Results of correlation analysis of thickness variation trend and the degree of similarity between the two walls when  $Q$  value is the largest

### 3 典型地区应用效果

#### 3.1 辽东走滑断裂分段构造特征

辽东 1 号走滑断裂北段自锦州 23-2N 构造起到锦州 32-4 构造区, 为郯庐断裂东支的主要构成部分。其倾角集中于  $80^{\circ} \sim 90^{\circ}$ , 走向主要呈 NE 及 NNE, 仅在局部地区发生弯曲, 是一条典型的平直型走滑断裂。根据方差切片及地震剖面, 识别出 2 处不同类型的走滑双重构造, 故将辽东走滑断裂分为 3 段 (图 4, 1 000 ms)。

从断裂的平面特征看, 北段平面上较为平直, 伴生断裂较少, 多发育 R 型、P 型剪切断裂以及 R' 反向剪切断裂, 而张性正断层 T 相对发育较少。特别是在锦州 23-2N 地区, 由辽东走滑断裂与其伴生的 2 条走滑断裂作为主干围限断层发生汇聚走滑作用, 夹持的断块在剖面上具有上拱现象, 表现为正花状构造特征 (图 5), 平面上形成局部的挤压走滑, 反映出强挤压-走滑的应变环境。中段整体平面上较为平直, 伴生断裂较少, 向北发育典型的平直型走滑双重构造, 剖面上表现为“Y 型”、“多级 Y 型”或“似花状”等构造样式 (图 6), 反应出弱走滑-伸展的应变环境; 向南则发育伸展型走滑双重构造, 剖面表现为负花状构造, 表现为强张扭的应变环境。南段伴生断裂逐渐增多, 在平面上为一系列 NE 向的马尾状断层组合, 向

NE 收敛, 向 SW 撒开, 剖面为似花状构造 (图 7), 揭示了其强张扭的应变环境<sup>[23]</sup>。

综上, 辽东走滑断裂北、中、南 3 段由于不同的变形机制具有不同的走滑位移量, 需进行分段求取。

#### 3.2 相关分析的计算结果

依据上述方法, 针对辽东走滑断裂在东营组、馆陶组及明化镇组的走滑位移量及位移速率开始计算, 并对每次计算的  $Q$  值分布特征及当  $Q$  值最大时走滑断裂两盘吻合程度进行了统计分析 (图 8)。这里需要注意的是,  $Q$  值是一个相对大小的概念, 在同一组计算出的  $Q$  值可以进行比较进而选出最大  $Q$  值 ( $Q_{max}$ ), 而不同组的  $Q$  值本身并不具可比性。实际上, 由于受断层的倾角、性质, 地层的差异沉降及压实作用等地质因素的影响, 不同组  $Q$  值的大小具有明显的差异, 这一现象本身也符合地质规律。

需要强调的是, 当  $Q$  值最大时求出的位移量是指某一时期至今的累积位移量。例如, 求取东营组的位移量 ( $D_{E3d}$ ), 计算得出的是东营组至今走滑位移量的累积。

$$D_{s1} = D_{E3d} + D_{N1g} + D_{N2m}$$

式中:  $D_{N1g}$  代表馆陶组的位移量;

$D_{N2m}$  反应明化镇组的位移量。

继续计算出馆陶组的走滑位移量 ( $D_{s2}$ ),

$$D_{s2} = D_{N1g} + D_{N2m}$$

所以东营组的实际走滑位移量为:

$$\Delta D = D_{s1} - D_{s2} = D_{E3}$$

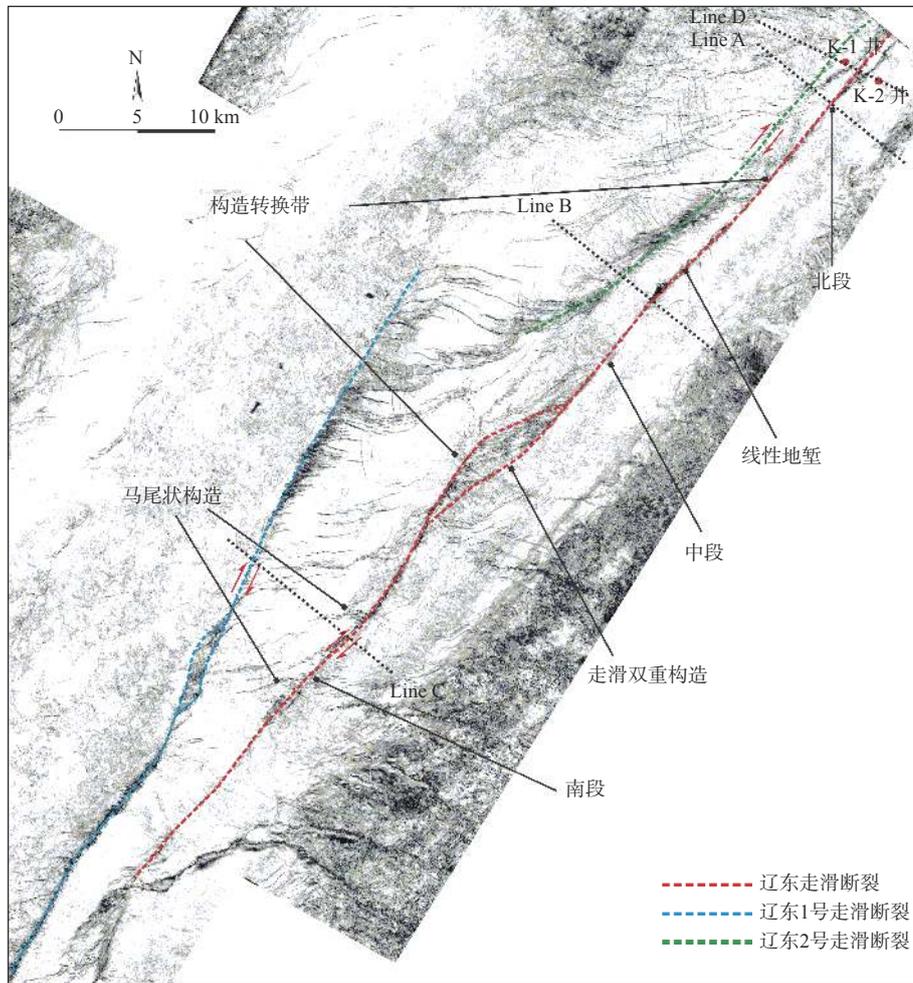


图4 辽东湾东北部方差切片

Fig.4 Section of variance in the northeast of Liaodong Bay

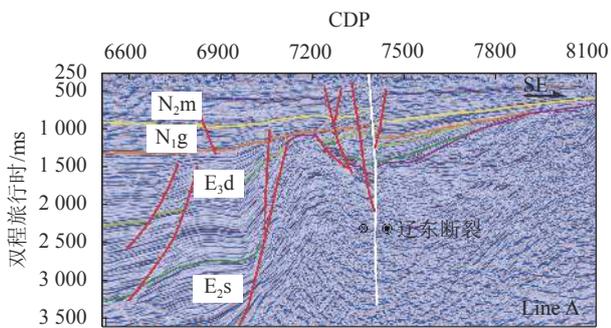


图5 辽东走滑断裂北部剖面正花状构造特征

Fig.5 The characteristics of normal flower-like structure in the northern section of Liaodong strike-slip fault

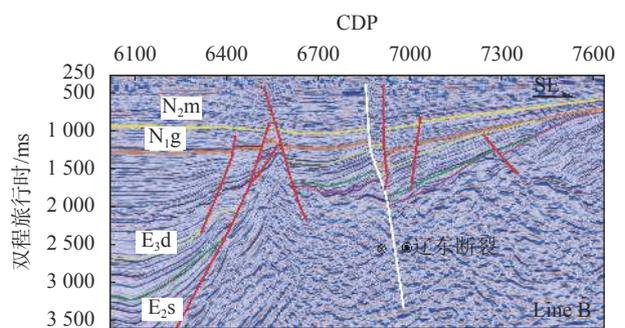


图6 辽东走滑断裂中段剖面线性地堑构造特征

Fig.6 Structural characteristics of linear graben in the middle section of Liaodong strike-slip fault

运用这种方法,辽东走滑断裂北、中、南在东营组、馆陶组及明化镇组的走滑位移量的计算结果如表1所示。

从时间上看,东营组走滑速率最强,其次是馆陶组,明化镇组以后逐渐减弱。而从走滑位移量来看,东营组和馆陶组的走滑位移量大致相同,明化镇组以后基本位移量极小。值得注意的是,无论中

段还是北段,明化镇组的走滑速率明显减弱,这种特征显然与作为郟庐断裂西支的辽河西部走滑断裂不同<sup>[6]</sup>。从空间上看,辽东走滑断裂在不同部位因其走向、所受应力等的不同,表现出不同的走滑位移强度,由南到北都体现出应力的先减弱再增强过程,这与前人的研究大致吻合<sup>[16]</sup>。

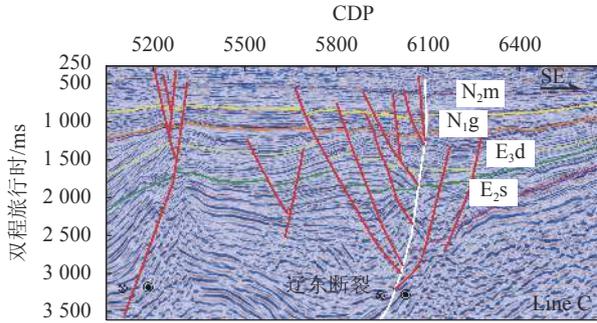


图 7 辽东走滑断裂南段剖面负花状构造特征

Fig.7 The characteristics of negative flower structures in the southern section of Liaodong strike-slip fault

### 3.3 沉积体的验证

为了进一步验证地层厚度对比法的准确性, 尝试在地震剖面上对一些被辽东走滑断裂错断的沉积体进行识别及范围的刻画。通过钻井资料及地震剖面信息, 在辽东走滑断裂中段识别出馆陶组沉积的一套砾岩, 通过提取均方根振幅属性很好的刻画了该套砾岩的范围。沿辽东走滑断裂对该套被错动的砾岩进行左旋恢复, 可精确的估算出其在新近系及第四系(馆陶组沉积后)的位移量大致为 1.5 km, 与地层厚度对比法求取结果基本一致(图 9)。

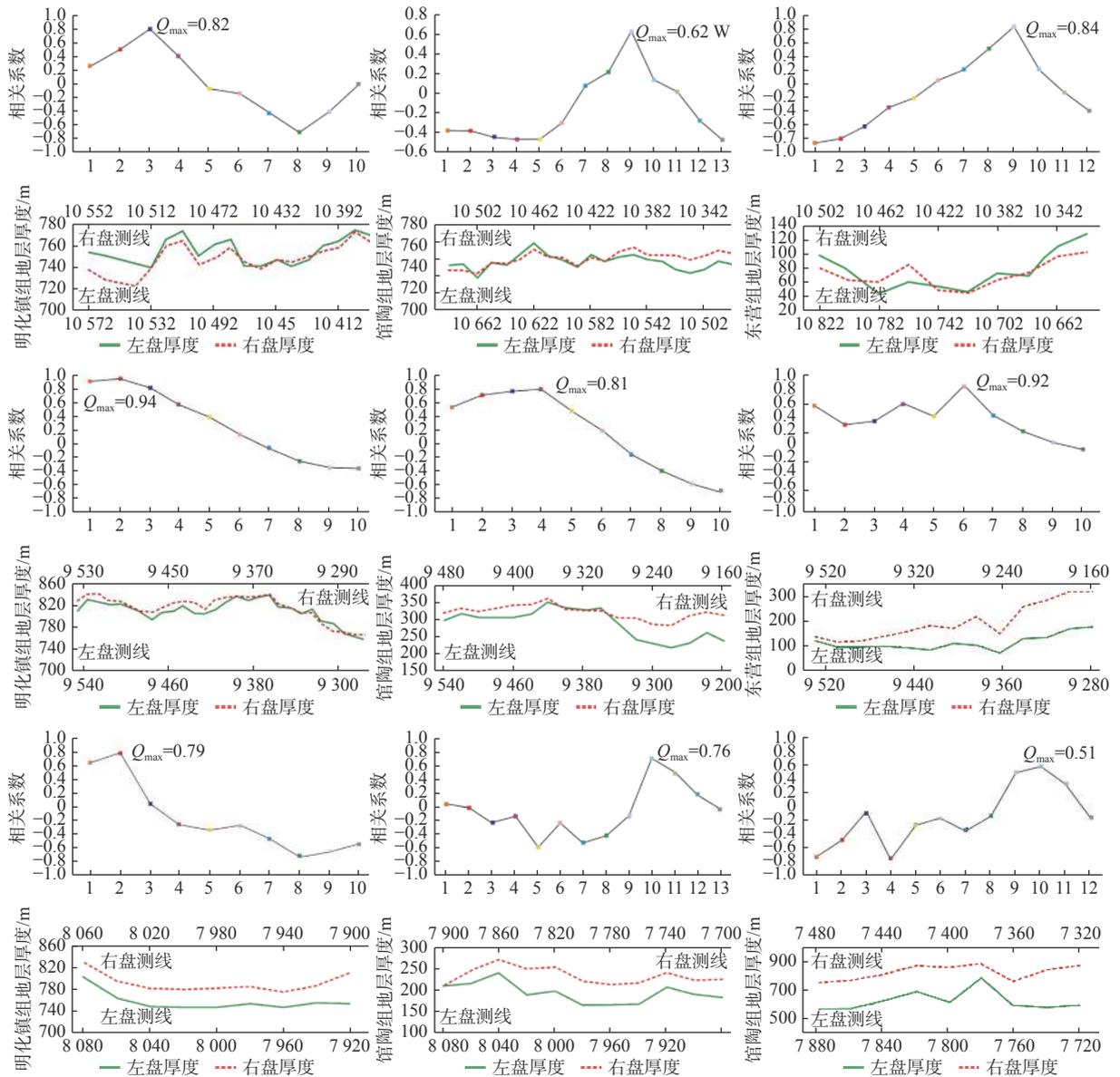


图 8 辽东走滑断裂北、中、南三段各时期厚度变化趋势相关性分析结果及当 Q 值最大时两盘相似程度

Fig.8 The correlation analysis results of the thickness variation trend of the north, middle and south sections of Liaodong strike-slip fault in each period and the similarities of the two walls when the Q value is the maximum

表 1 辽东走滑断裂分段位移量

Table 1 Subsection displacement of Liaodong strike-slip fault

地质层位	北段		中段		南段	
	位移量/km	速率/(km·Ma <sup>-1</sup> )	位移量/km	速率/(km·Ma <sup>-1</sup> )	位移量/km	速率/(km·Ma <sup>-1</sup> )
明化镇组时期—今	0.5	0.09	0.3	0.06	0.5	0.09
馆陶组时期	4	0.22	1.2	0.07	4	0.22
东营组时期	4.7	0.57	1.6	0.2	6.5	0.79

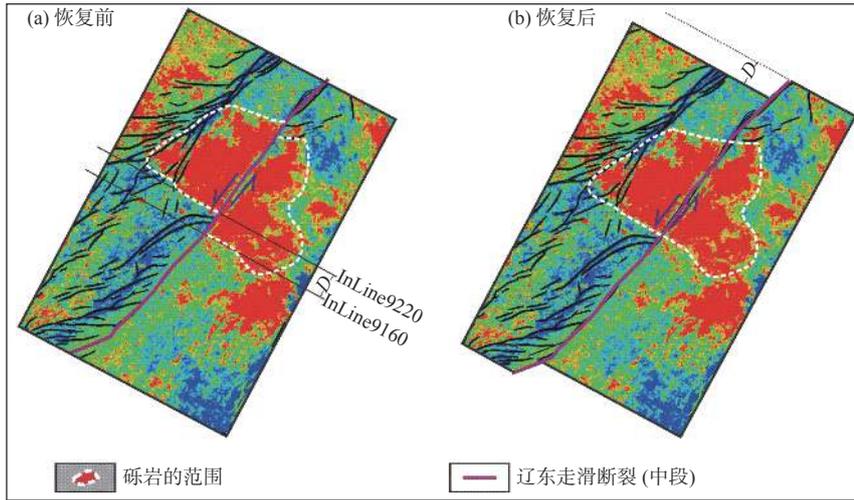


图 9 被错断沉积体的平面恢复

Fig.9 Planar restoration of a fractured sedimentary layer

### 3.4 位移量与油气分布

走滑断层在滑动的过程中，断层两盘的岩体长距离相对错动、紧密磨擦和研磨，往往在断面上形成大量的断层泥<sup>[24]</sup>，对油气封闭性好，因此，较强走滑速率、较大走滑位移量的压扭性断层往往具有较

好的封闭能力。通过上述分析，辽东走滑断裂北段累计走滑量为 8.5 km，相对于中段具有较大的走滑速率及走滑位移量，因此判定辽东走滑断裂北段封闭能力极强。

从锦州 23-2 地区钻探的 K1 井和 K2 井也印证了这一结论。图 10 所示 2 口井分别位于辽东走滑

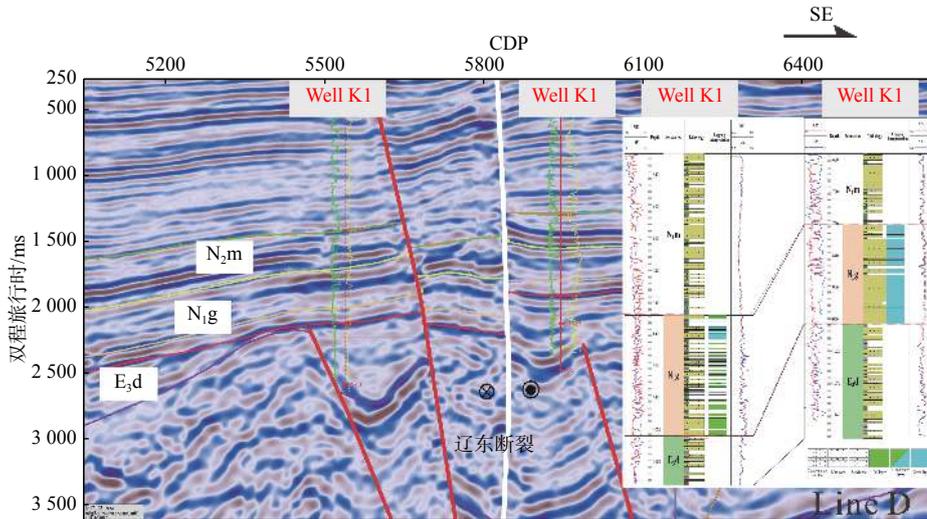


图 10 过 K1 井和 K2 井地震剖面

Fig.10 Joint well seismic profile through Well K1 and Well K2

断裂的两侧, 位于西盘的 K1 井测井显示结果较好, 在馆陶组具有 28.5 m 厚的油层, 而 K2 井测井结果无显示, 反应油气很难从西侧穿越走滑断裂到东侧, 较大走滑速率及位移量下的走滑断层具有极强的封闭能力。

综上所述, 辽东走滑断裂北部和南部由于较大的走滑位移量让其具有较强的侧向封闭能力, 因此, 北部和南部的由该断裂控制形成的圈闭具有良好的成藏潜力, 是下一步勘探的重点。

## 4 结论与讨论

本文从走滑断裂构造分段特征及地层厚度趋势相关性分析入手, 以辽东走滑断裂为例, 建立了一种新的对平直型走滑断裂位移量求取的方法, 通过对被错动沉积体恢复, 验证了该方法的准确性与合理性, 在同类型走滑断裂中具有较好的适用性。

(1) 传统的海域走滑位移量求取方式在分段差异和精细程度方面存在着一定的局限性, 新方法在构造分段的基础上, 通过相关系数对走滑断裂两盘地层厚度变化进行相似性分析, 并结合属性刻画沉积体范围进行验证, 可定量求取不同段不同时期的走滑位移量。

(2) 根据最新的连片三维地震资料和构造解析, 辽东走滑断裂可分为具有强压扭变形的北段、弱张扭变形的中段和强张扭变形的南段, 变形强度的差异造成了北段和南段走滑位移量较大, 中段由于处于应力转换区域, 因此走滑位移量较小。整体上看, 辽东走滑断裂从东营组时期到明化镇组时期累积走滑位移量约为 10 km, 走滑速率呈现明显减弱的趋势。

(3) 目前, 辽东走滑断裂带北部已相继发现一系列含油气构造, 而中部、南部发现较少, 勘探程度较低。由于断裂走滑强度与封闭能力具有一定的正相关性, 因此, 推测辽东走滑断裂南段具有较强的封闭能力, 在运移条件和储盖组合相同的情况下, 其控制形成的圈闭具有更好的成藏潜力, 是下一步勘探的重点。

### 参考文献:

[1] 万天丰. 中国大地构造学[M]. 北京: 地质出版社, 2011: 169-182.  
[2] 朱光, 刘国生, 牛漫兰, 等. 郯庐断裂带的平移运动与成因[J].

地质通报, 2003, 22(3): 200-207.

- [3] 施炜, 张岳桥, 董树文. 郯庐断裂带中段第四纪活动及其分段特征[J]. 地球学报, 2003, 24(1): 11-18.  
[4] 韩国卿, 刘永江, Franz N, et al. 松辽盆地西缘边界断裂带中段走滑性质时间及其位移量[J]. 中国科学: 地球科学, 2013, 42(4): 471-482.  
[5] 单家增, 张占文, 孙红军, 等. 营口—佟二堡断裂带成因机制的构造物理模拟实验研究[J]. 石油勘探与开发, 2004, 31(1): 15-17.  
[6] 董亨茂, 宓荣三, 于天才, 等. 渤海湾盆地辽河西部凹陷的走滑构造作用[J]. 地质学报, 2008, 82(8): 1017-1026.  
[7] 余朝华, 韩清华, 董冬冬, 等. 莱州湾地区郯庐断裂中段新生代右旋走滑位移量的估算[J]. 天然气地球科学, 2008, 19(1): 62-69.  
[8] 曹忠祥. 营口—潍坊断裂带新生代走滑拉分—裂陷盆地伸展量、沉降量估算[J]. 地质科学, 2008, 43(1): 65-81.  
[9] 彭文绪, 张如才, 孙和风, 等. 古新世以来郯庐断裂的位移量及其对莱州湾凹陷的控制[J]. 大地构造与成矿, 2010, 34(4): 585-592.  
[10] PEACOCK D C. Displacements and segment linkage in strike-slip fault zones[J]. Journal of Structural Geology, 1991, 11(9): 1026-1035.  
[11] 徐佑德, 柳忠泉. 郯庐断裂带营潍段走滑断裂特征[J]. 石油天然气学报, 2006, 28(6): 12-15.  
[12] 王应斌, 黄雷. 渤海海域营潍断裂带展布特征及新生代控盆模式[J]. 地质学报, 2013, 87(12): 1811-1888.  
[13] 孙臻敏. 营潍断裂带结构特征及其与相邻盆地的关系[J]. 大地构造与成矿, 2008, 32(4): 418-426.  
[14] 周斌, 邓志辉, 晁洪太, 等. 营潍断裂带走滑构造特征、演化及动力学机制[J]. 西北地震学报, 2008, 30(2): 117-123.  
[15] 黄雷, 周心怀, 刘池洋, 等. 渤海海域新生代盆地演化的重要转折期证据及区域动力学分析[J]. 中国科学: 地球科学, 2012, 42(6): 89-94.  
[16] 曹忠祥, 任凤楼, 宋国奇, 等. 营口—潍坊断裂带对辽东湾拗陷东部凸起的形成及构造分段的控制作用: 来自物理模拟实验和断层几何学特征的证据[J]. 地质科学, 2008, 4(2): 179-188.  
[17] WOODCOCK N H, FISCHER M. Strike-slip duplexes[J]. Journal of Structural Geology, 1986, 8(7): 725-735.  
[18] MITRA S, PAUL D. Structural geometry and evolution of releasing and restraining bends: Insights from laser-scanned experimental models[J]. AAPG Bulletin, 2011, 95(7): 1147-1180.  
[19] CEMBRANO J, GONZALEZA G, ARANCIBIAB G, et al. Fault zone development and strain partitioning in an extensional strike-slip duplex: a case study from the Mesozoic Atacama fault system[J]. Northern Chile. Tectonophysics, 2005, 400: 105-125.  
[20] 孟文, 陈群策, 吴满路, 等. 龙门山断裂带现今构造应力场特征及分段性研究[J]. 地球物理学进展, 2013, 28(3): 1150-1160.  
[21] 康琳, 吕丁友, 高锁贵, 等. 辽东湾拗陷新生代构造变形特征及营潍断裂带的表现[J]. 石油学报, 2019, 40(增刊2): 79-90.

- [22] 彭靖淞, 徐长贵, 吴奎, 等. 郑庐断裂带辽东凸起的形成与古辽中洼陷的瓦解[J]. 石油学报, 2015, 36(3): 274-285.
- [23] HARDING T P. Seismic Characteristics and identification of negative flower structures, positive flower structures, and positive structural inversion[J]. AAPG Bulletin, 1985, 69(4): 582-600.
- [24] 罗胜元, 何生, 王浩. 断层内部结构及其对封闭性的影响[J]. 地球科学进展, 2012, 27(2): 154-164.

## DISPLACEMENT CALCULATION FOR STRIKE-SLIP FAULT BASED ON CORRELATION OF STRATA THICKNESS TENDENCY: A CASE FROM THE LIAODONG FAULT, OFFSHORE BOHAI BAY

KANG Lin, GUO Tao, WANG Wei, ZHANG Can, WANG Guoqiang

(Bohai Oilfield Research Institute, Tianjin Branch of CNOOC China Limited, Tianjin 300452, China)

**Abstract:** The Liaodong fault, located in the northeast Bohai Bay Basin, is a straight strike-slip fault formed in Late Eocene. Facts prove that the slipping of fault has a tremendous impact on the distribution of oil and gas in the region. However, the displacement of the strike-slip fault is always difficult to calculate in offshore areas for quantitative fault analysis due to various limitations. It also restricts detailed analysis of reservoir-forming conditions. Based upon the interpretation of structural features from the newly merged 3D seismic data, the Liaodong fault could be subdivided into three sections, i.e. the northern, middle, and southern sections. A new method was then adopted to analyze the similarity of strata-thickness variations trend on the two walls of the fault with the correlation coefficient. Some displaced sedimentary bodies are restored and used to check the calculated displacement with seismic attributes. The results are dependable, upon which the displacements of the Liaodong strike-slip fault in different periods and sections are acquired quantitatively. Combined with drilling data, it is confirmed that the strike-slip fault in northern Liaodong, where occur large displacement, has good fault sealing ability. Similar to the north, traps in the south are also favorable for hydrocarbon accumulation, due to good fault sealing conditions.

**Key words:** Bohai Bay Basin; Liaodong Fault; displacement of strike-slip; tectonic segmentation; correlation analysis