南海西南部西纳土纳盆地中部走滑构造带分段性及对油气控制作用

毕素萍[1)],潘懋[2)],夏朝辉[3)],张铭[3)],张文起[3)]

1)中国地质大学(北京)地球科学与资源学院,北京,100083;

2)北京大学地球与空间科学学院,北京,100871; 3)中国石油勘探开发研究院,北京,100083

内容提要:为了研究南海西南部印度尼西亚纳土纳群岛西侧西纳土纳盆地走滑构造特征及对油气的控制作用,对研究区三维地震资料进行了精细分析,并结合切片和剖面特征对走滑构造进行了刻画。研究表明盆地中部中新世晚期发育北西向右旋走滑构造,由南东向北西,构造特征存在明显差异,根据其平面、剖面特征及活动强度分为东段、中段和西段。东段平面上为平直的、贯通的主干走滑断裂和雁列断层组,剖面上为花状构造;中段平面上为S型贯通的主干走滑断裂和雁列断层组,剖面上为花状构造;而西段平面上为雁列构造,没有贯通的主干走滑断裂,剖面上主要为断阶组合。推测走滑构造的分段性受走滑强度、断层几何形态和盖层厚度的影响,并对圈闭形成和油气运移、聚集具有明显的控制作用。

关键词:南海西南部西纳土纳盆地;走滑构造带;花状构造;雁列断层;分段性;油气成藏

走滑构造包括主走滑断层及伴生的雁列式褶皱和断层,根据力学性质的不同可以分为压扭和张扭两种类型。走滑构造对油气成藏具有重要的作用,主要表现在两个方面,一是形成大量的圈闭,为油气聚集提供重要的场所,在国内渤海湾盆地、国外东南亚盆地、委内瑞拉马拉开波盆地和北海等多个盆地中都发现了大量与走滑构造相关的油气藏(肖尚斌等,2000;池英柳和赵文智,2000;Imber,2005;Escalona and Mann,2006;Doust and Noble,2008);二是发育陡倾断裂,是沟通油源和储层的重要通道(Imber,2005;Huang et al.,2014)。然而,由于走滑构造沿走向断层性质及倾向多变,分段性强,其油气成藏特征沿走向变化大,一直是研究的难点。

西纳土纳盆地位于南海西南部印度尼西亚纳土纳群岛西侧,位于马来西亚半岛、加里曼丹岛和苏门答腊岛之间(图1),是澳大利亚板块、印度板块和欧亚板块多个板块相互作用的交汇区(杨文采等,2014;杨文采,2016)。盆地在始新世至早中新世为断陷—坳陷沉积,中中新世发生走滑作用,形成一系列的走滑构造(Publellier and Morley,2014)。盆地油气资源丰富,但目前已发现的油气主要分布于走滑构造带两侧,明显受走滑构造的控制(叶德燎等,2004;Doust and Noble,2008)。

本文通过对高分辨率三维地震资料的精细解释,识别了西纳土纳盆地中部北西向走滑构造的样式及其展布特征,根据雁列断层与主干走滑断裂夹角关系和断层切割层位判别了走滑构造的类型和活动时间,并探讨了走滑构造对油气成藏的控制作用。

1 西纳土纳盆地构造背景

西纳土纳盆地位于东南亚板块的巽他微板块内,为古近纪—新近纪克拉通内裂谷盆地。已有研究表明该区盆地构造演化先后经历了同生裂谷期、后裂谷期、构造反转—走滑期、后反转期四个阶段(Haile,1972;Hall,1996;姚伯初,1999;杨福忠和薛良清,2006;朱伟林等,2012),也有学者将同生裂谷期进一步划分为同生裂谷早期、同生裂谷晚期(Daines,1985)(图2)。始新世—早渐新世同生裂谷早期,受印度板块与欧亚板块的碰撞逃逸作用影响,西纳土纳盆地基底发生伸展断陷,形成了一系列北东—南西向半地堑,沉积了Lama、Benua组地层。晚渐新世—早中新世同生裂谷晚期,断层活动不断减弱,断层对沉积没有明显的控制作用,沉积变得具有区域性,Gabus、Barat、Pasir组地层在此时期发育。

注:本文为国家重大专项"海外重点风险项目勘探综合配套技术"(编号:2011ZX05029)资助的成果。

收稿日期:2015-07-24;改回日期:2016-02-04;责任编辑:刘志强。Doi:10.16509/j.georeview.2016.03.017

作者简介:毕素萍,女,1981年生。博士生。矿产普查与勘探专业。Email:bisuping2013@163.com。

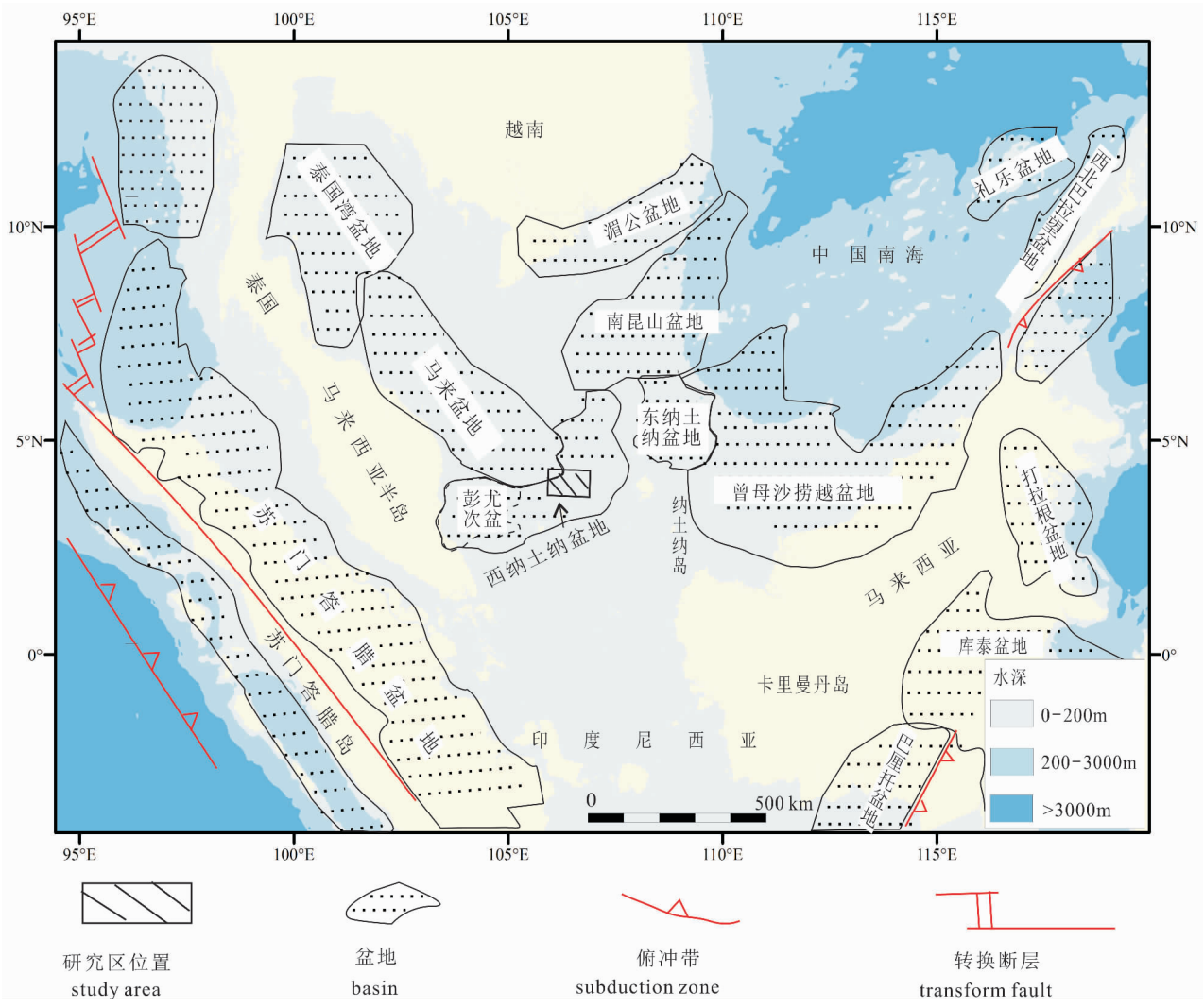


图 1 西纳土纳盆地及研究区位置

Fig. 1 Location of West Natuna Basin and study area

早—中中新世后裂谷期,构造活动较少,全区以稳定的盆地沉降为主,沉积了巨厚的 Arang 组地层。中—晚中新世期间受西印度尼西亚区域性的挤压和隆升作用影响,西纳土纳盆地发生构造反转,形成了一系列挤压背斜及北西南东向的走滑构造。中新世末期构造反转停止,进入后反转期,全区 Muda 组地层稳定沉降(Ginger et al. ,1994)。

西纳土纳盆地周边走滑构造发育,其北部的泰国湾地区发育 NW—SE 和 NE—SW 向的多组走滑断裂,但对于走滑的时间和作用还有一定的分歧,如 Polachan 等(1991)认为前者以右旋走滑为主,后者以左旋为主,二者共同作用控制了渐新世以来的盆地发育,而 Morley(2001)年根据走滑构造的特征和年代分析提出,左旋走滑构造在 30 Ma 左右已经停止,右旋走滑分布局限,渐新世以来的盆地形成主要受印度板块向东北俯冲的控制。因此,研究纳土纳盆地走滑构造对于分析区域走滑时间和作用具有重要意义。

2　走滑构造分段性及各段特征

中—晚中新世地层的地震相干体时间切片及解释(图 3,图 4)显示研究区发育一条北西—南东向的走滑构造,长度约 35 km。该走滑构造发育一系列伴生的雁列式断层,根据其与走滑断层的夹角关系可以判断得出,走滑断层为右旋走滑。从相干切片和解释图上可以看出,走滑断层并未完全贯通,而是呈现出三段式的特征,反映出走滑作用并未十分强烈,强烈的走滑作用常表现为位移量大、贯通的走

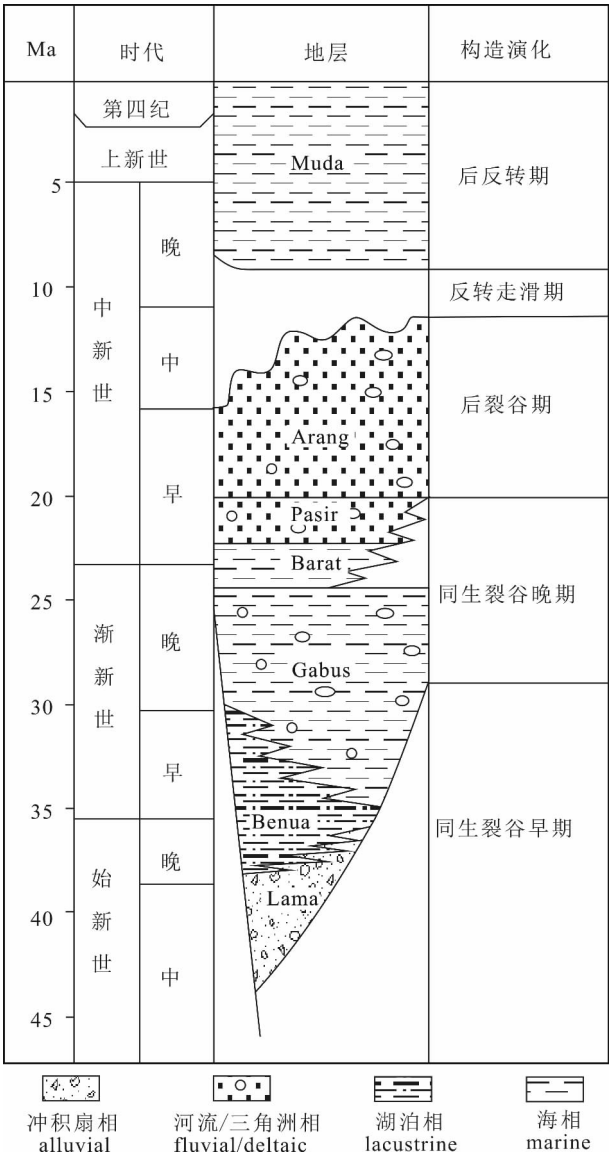


图 2 西纳土纳盆综合地层柱状图

Fig. 2 Generalized stratigraphic column of West Natuna basin

滑断层(Morley,1999)。因此可以得出该期右旋走滑构造并未如 Polachan 等(1991)所认为的走滑构造起主导作用。

根据走滑构造的平面、剖面特征及活动强度将其划分为东段、中段和西段(图 4)。

2.1 东段特征

东段走滑构造在平面上表现为平直的、贯通的主干走滑断裂和雁列断层组(图 4)。主干走滑断裂长约 8.6 km,呈 NWW 向展布。雁列断层组中除西北端的一支雁列断层长度约 4.9 km 外,其余均延伸相对较短,长度 0.8 ~ 2.8 km,雁列断层间距 0.3 ~ 0.8 km,大部分与主干断层呈近 90°交角。分析认为雁列断层延伸较短是因为走滑活动早期发育的雁列断层,迅速被主干走滑断裂贯通,由此造成雁列断层停止发育。而西北端的一支雁列断层为走滑剪切应力的释放区,得到充分发育,延伸长,断距大。雁列断层与主干断裂交角较大,可能是由于强烈的拖拽作用引起的,而雁列断层的远端延长线方向与主干走滑断裂的交角约 60°。

东段走滑构造在剖面上表现为负花状构造,即向上散开的正断层组(图 5a)。主干走滑断裂在剖面上是花状构造的“花柄”,断层面陡倾,向下插入基底,向上贯穿中新世构造反转—走滑期之前沉积的 Lama、Benua、Gabus、Arang 组全部地层,主干走滑断裂两侧地层厚度、产状以及地震反射特征存在明显的差异。东段剖面显示伴生的断层并未断穿沉积较厚的 Arang 组地层,这也从另一个方面说明东段雁列断层活动可能时间较短,其被主干断层快速贯穿,而未能充分发育。

总体而言,东段主干走滑断裂向下深切基底,其伴生的次生断裂数量多,切割的盖层深度大,而且在平面上贯穿所有雁列断层,且拖曳作用强,说明该段走滑作用相对较强,推测走滑断裂沿基底先存断裂活动,且基底断裂陡倾。

2.2 中段特征

中段走滑构造在平面上表现为 S 型贯通的主干走滑断裂和雁列断层组(图 4)。主干走滑断层长度约 12.9 km,呈近 NWW 向的 S 型展布。雁列断层大小不一,延伸较长、断距较大的雁列断层主要分布在主干走滑断裂北侧及南端的应力释放区。雁列断层与主干断层交角大部分为 60°。中段主干走滑断裂呈 S 型,说明在贯穿过程中受阻弯曲,主干走滑断裂贯通时间晚于东段,也使得部分雁列断层充分发育,表现为延伸长、断距大。

中段走滑构造在剖面上表现为负花状构造,即向上散开的正断层组(图 5b)。主干走滑断裂在剖面上是花状构造的“花柄”,断层面陡倾,向下插入基底,向上贯穿中新世构造反转—走滑期之前沉积的 Lama、Benua、Gabus、Barat、Pasir、Arang 组等所有地层,主干走滑断裂两侧地层厚度、产状以及地震反射特征存在明显的差异。海豚效应和丝带效应在中段也有表现,即沿断层走向横切主干断裂,其倾向发生变化,时而表现为正断层,时而表现为逆断层,并且在同一剖面上也表现出了断层上下逆向、断面反向的特征。而雁列断层断穿了沉积较厚的 Arang 组

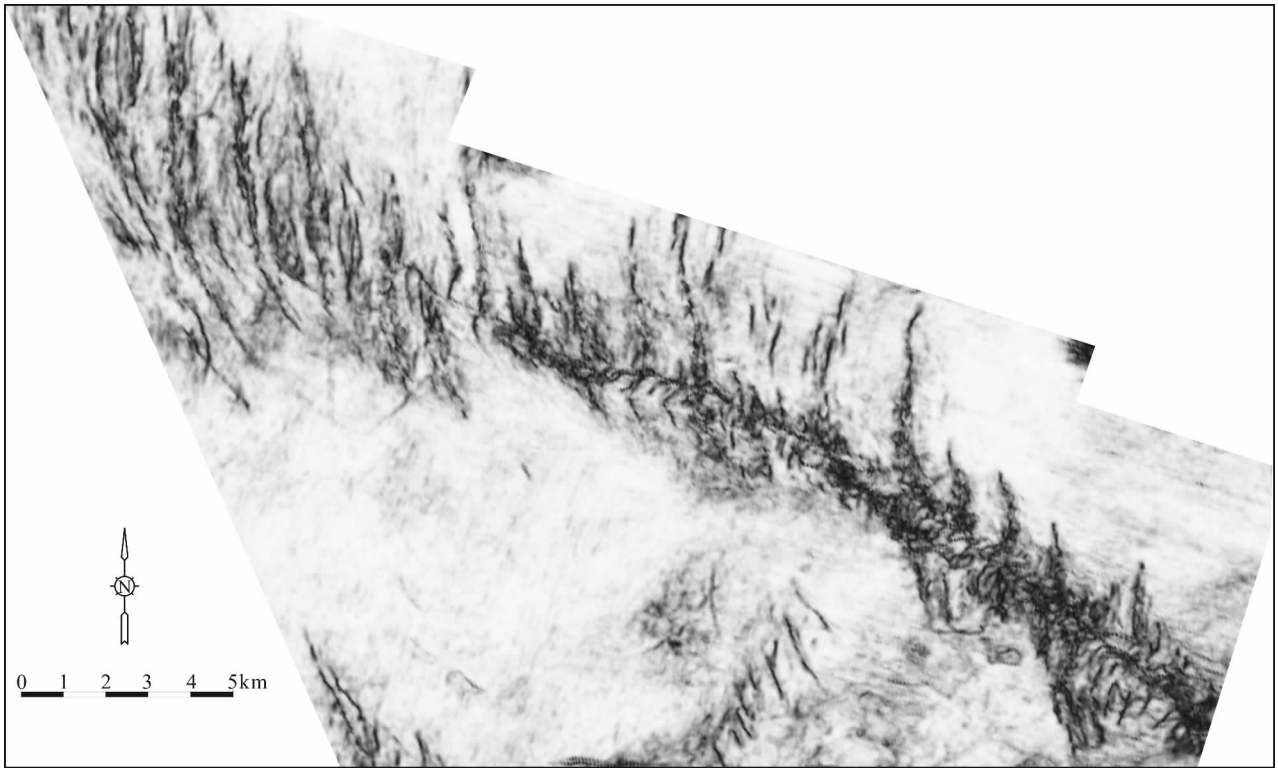


图 3 西纳土纳盆地中部 Gabus 组顶面相干切片图

Fig. 3 Coherence slice on the top of Gabus formation in middle West Natuna basin

地层,这也说明中段雁列断层活动时间较长,雁列断层得以充分发育。在主干断裂 S 型弯曲受阻部位,剖面显示早期控凹断层发生反转。

总体而言,中段主走滑断层发育,切割基底和盖层,但雁列断层较东段切割深度浅,且断层倾角较东段缓,这可能与该段基底活动性弱有关。

2.3　西段特征

西段不发育贯通的主干走滑断裂,而主要表现为雁列构造(图 3,图 4),雁列断层组呈 NW 向展布,单个断层近 SN 向展布,均为正断层,延伸较长,长度在 8.0 km 以上的雁列断层有 6 条。相邻断层在雁列部位重叠,重叠距较大。

西段走滑构造在剖面上平行构造走向方向主要表现为断阶组合(图 5c)。垂直于构造走向方向由于走滑活动同期的挤压作用活化了早期的控凹断层,使其发生反转,表现为被断阶复杂化的反转构造背斜(图 5d)。

总体而言,西段主要发育未被走滑断层贯穿雁列断层,说明深部走滑断层活动性可能更弱,未能穿透盖层。此外,从剖面上可以看出雁列断层向下延伸较深,因而推测主走滑断层埋藏较深。

2.4　走滑构造分段性的控制因素

走滑构造带是一个复杂的构造系统,反映了在剪切作用下产生的变形组合。从几何学来说,单一的走滑断裂和不连续的多段断层组合都是存在的(邓起东等,2014)。在不连续分段组合断裂带内多段剪切断层按一定的行、阶排列构成不连续的断裂带。这些不连续断裂带常具有各自的变形特征,从而造成走滑断裂具有明显的分段性。走滑断层的分段性是其固有特性之一,与应力状况、断层的发展演化、深部结构、盖层物质组成等不均一性密切相关。

研究区走滑断层的分段性受走滑强度影响显著,根据主走滑断层在切片和剖面上的延伸长度及与雁列断层的关系,可以推断研究区自东向西走滑作用有减弱的趋势,主走滑断层贯穿东段和中段,而在西段仅发育未被贯穿的雁列断裂。

此外,走滑断裂分段性还明显受到断层几何形态的影响,走滑断裂初始形成时往往形成多个斜列断层,随着走滑量的增加,其中的一些断层不断扩展、连接,逐渐形成一条大的贯穿性的断层,其余的断层未能全部贯通则形成独立的断层,这也是断层分段性的一个重要机制。另外,断层在连接过程中

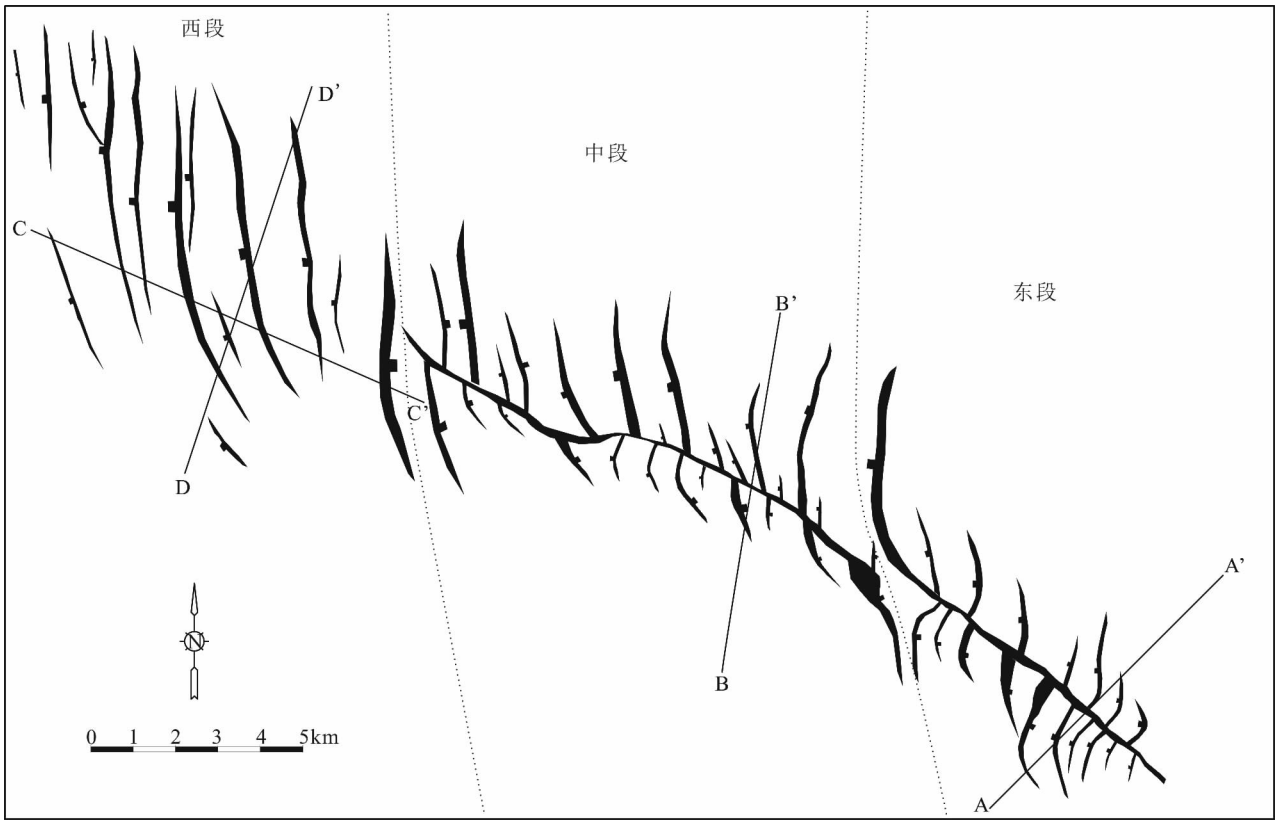


图 4 西纳土纳盆地中部 Gabus 组顶面断裂平面图

Fig. 4 Top Gabus fault distribution in middle West Natuna basin

在连接部位常发生弯曲使断层复杂化,如在中段中部。

再者,盖层厚度对走滑断层的分段性可能也有一定的影响。从剖面上看,东段基底埋藏时间深度在 2.1 ~2.4 s,上覆盖层相对薄,而中段和西段基底埋藏时间深度都在 2.5 s 以下,上覆盖层相对厚,吸收的变形量相对大。然而由于影响走滑构造分段性的因素较多,且其相互影响,很难在实际研究中辨别各个因素的具体影响,现在较常用的方法是利用物理模拟分析单因素的影响。

3 走滑构造对油气成藏的控制

走滑构造对油气成藏起着重要的控制作用,大量的研究表明走滑构造对烃源岩分布、储层的发育、圈闭的形成、油气疏导、聚集成藏都有一定的控制作用(池英柳和赵文智,2000;邓运华,2001;Imber,2005;Escalona and Mann,2006;张延玲等,2006;Doust and Noble,2008;董月霞等,2008;徐怀民等,2008;彭文绪等,2012;柳永军等,2012;杨贵丽,2014;李明刚等,2015)。

该区的主要烃源岩为裂谷期 Benua 湖相泥岩,主要储层为 Lama 组上部砂岩、Gabus、Pasir 组砂岩,盖层 Benua、Barat、Arang 组泥岩(Phillips et al.,1997;Prasetyo,2002),其沉积时代均早于走滑活动发生的中—晚中新世,所以走滑构造对烃源岩和储层的分布不具有控制作用,但对圈闭形成、油气的运移及聚集具有重要的控制作用。

3.1 走滑构造控制圈闭类型

在走滑活动的影响下,西纳土纳盆地中部沿着走滑构造带形成了一系列有利的圈闭群,为油气聚集提供了有利场所。主要有以下两种类型。

(1)断块圈闭。在研究区的东段和中段,主要形成断块圈闭,这种类型圈闭通常由 NWW 向主干走滑断裂与一个或两个雁列断层夹持的断块组成,分布于主干走滑断裂的两侧。

(2)背斜、断鼻、断背斜圈闭。走滑与挤压反转活动紧密相连,在研究区的中段和西段,下部 Lama、Benua 地层受到斜向挤压作用,发生构造反转,上部 Gabus、Barat、Pasir、Arang 地层继承性发育,随之形成背斜,同时在走滑剪切作用下发生脆性断裂,背斜

被走滑断裂及雁列断层复杂化,形成背斜、断鼻、断背斜等圈闭。

3.2　走滑构造控制油气运移和聚集

在东段和中段走滑活动强烈,贯通的主干走滑断裂断至基底,走滑断裂成为沟通 Benua 组烃源岩和 Lama 上部、Gabus、Pasir 组储层的疏导通道,油气沿着走滑断裂和雁列断层向上垂向运移至有效圈闭的储层中(图 6a)。

东段与中段油气聚集存在差异,在东段,Lama 组上部地层受基底隆起和走滑断裂影响形成断背斜圈闭,上部 Benua 组泥岩形成盖层,油气首先聚集在 Lama 组上部形成油气藏,少量油气继续向上运移至上部 Gabus、Pasir 组断块圈闭中。而中段,Lama 组没有形成有利圈闭,则油气继续向上运移,在 Gabus、Pasir 组断块圈闭中聚集成藏(图 6b)。

西段没有贯穿基底的主干走滑断裂,但存在贯穿基底的反转断层沟通烃源岩与储层,与近 SN 向雁列排列的张扭性断层,共同组成了西段的油气输导体系,油气先沿反转断层垂向运移,再沿雁列断层疏导遇到有利圈闭聚集成藏(图 6c)。

此外,研究表明,Benua 湖相泥岩埋深大,成熟度高,其在渐新世中期开始成熟生烃,一直持续到中新世中晚期,是盆地主要的烃源岩[1]。根据走滑断层错断层位及地层变形特征可以推断本区走滑作用

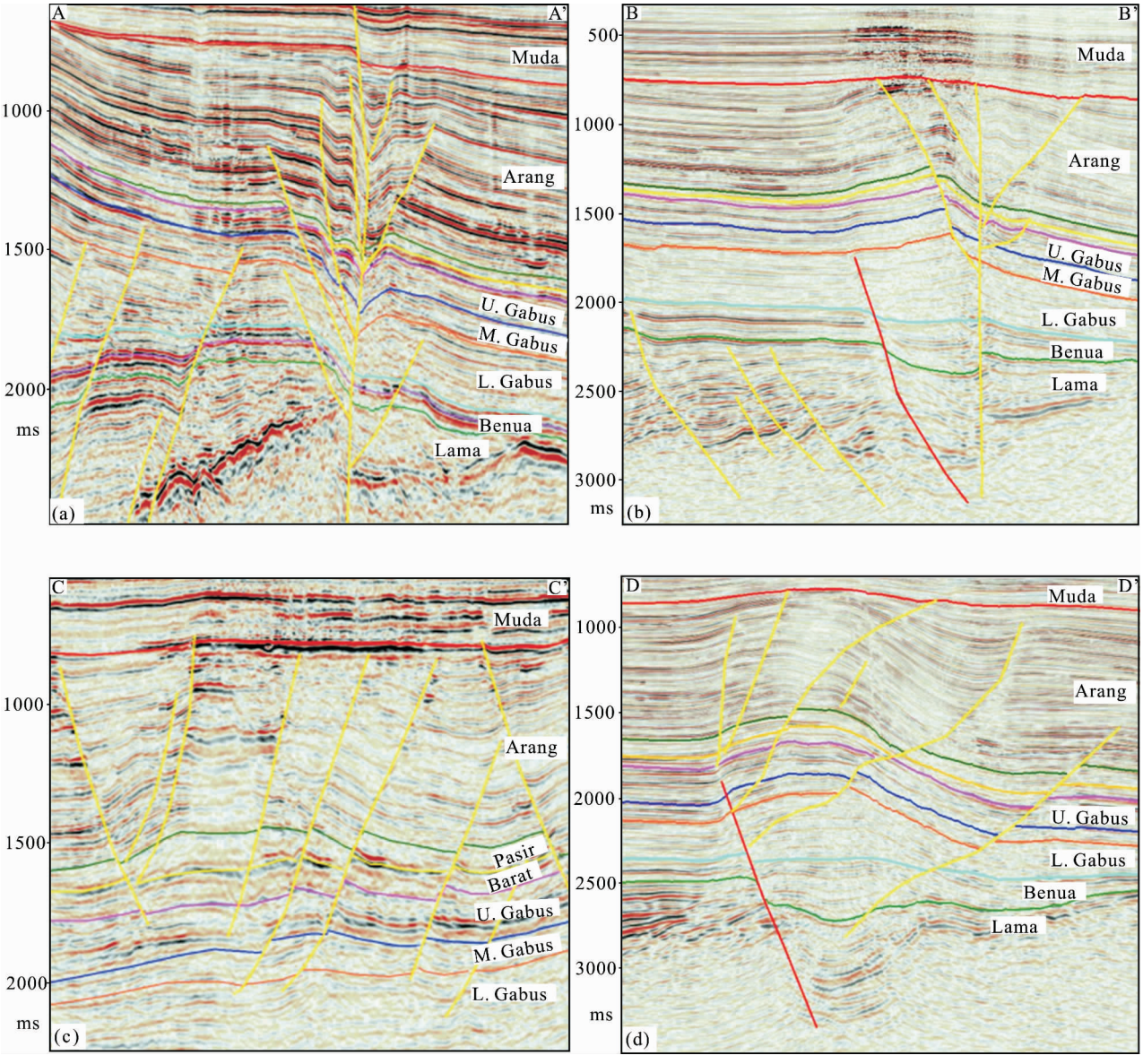


图 5 各段走滑断裂剖面特征(a)东段 AA′;(b)中段 BB′;(c)西段 CC′;(d)西段 DD′(剖面位置见图 4)

Fig. 5 Seismic characteristics of the strike-slip structures in three segments, (a) AA′ section in east segment, (b) BB′ section in middle segment, (c) CC′ section in west segment, (d) DD′ section in west segment (see Fig. 4)

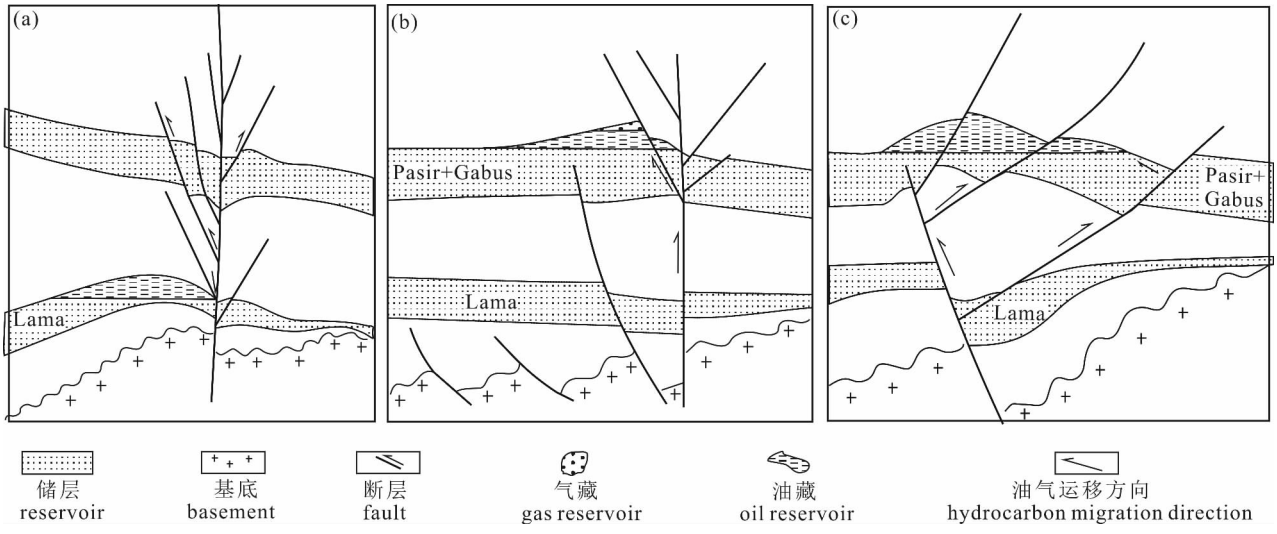


图 6 东(a)、中(b)、西(c)段油气运移及成藏模式

Fig. 6 Hydrocarbon migration and accumulation models at east (a), middle (b) and west(c) segments

主要发生在 Arang 组沉积之后,即中中新世后期,与生排烃时间匹配,但可能晚于生排烃高峰,这也是部分圈闭没有聚集油气的一个重要原因。

4 结论

(1)西纳土纳盆地中部中新世发育北西—南东走向的右旋走滑构造,具有明显的分段性。平面上,东段以主干走滑断裂和雁列断层为特征,中段以 S 型主干走滑断裂和雁列断层为特征,北部仅发育雁列式展布的正断层组。剖面上,东段和中段显示正花状构造,北部显示断阶组合。

(2) 通过初步分析,走滑作用从东到西逐渐减弱是影响研究区断层分段性的主要因素,此外断层的几何形态和盖层厚度也有一定的影响。

(3)走滑断裂控制圈闭类型,东段和中段主要形成断块圈闭,西段形成断背斜圈闭。

(4)走滑断裂控制油气成藏,东段油气沿花状构造运移,在下部储层聚集成藏;中段油气沿花状构造运移,在上部储层聚集成藏;西段油气沿反转断层及雁列断层运移,在上部储层聚集成藏。

注 释 / Note

❶ IHS Energy. 2008. West Natuna Basin. IHS Basin Monitor, 24865 – fie. pdf (unpublished PDF database).

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)

池英柳和赵文智. 2000. 渤海湾盆地新生代走滑构造与油气聚集. 石油学报, 21(2): 14 ~ 20.

邓起东, 朱艾斓, 高翔. 2014. 再议走滑断裂与地震孕育和发生条件. 地震地质, 36(3): 562 ~ 573.

邓运华. 2001. 郯庐断裂带新构造运动对渤海东部油气聚集的控制作用. 中国海上油气, 15(5):301 ~ 305.

董月霞, 汪泽成, 郑红菊, 徐岸娜. 2008. 走滑断层作用对南堡凹陷油气成藏的控制. 石油勘探与开发, 35(4): 424 ~ 430.

李明刚, 吴克强, 康洪全, 贾怀存, 程涛. 2015. 走滑构造变形特征及其形成圈闭分布. 特种油气藏, 22(2): 44 ~ 47.

柳永军, 朱文森, 杜晓峰, 武强, 李果营, 柴永波, 王伟. 2012. 渤海海域辽中凹陷走滑断裂分段性及其对油气成藏的影响. 石油天然气学报, 34(7): 6 ~ 10.

彭文绪, 张志强, 姜利群, 石文龙, 陈国童. 2012. 渤海西部沙垒田凸起区走滑断裂演化及其对油气的控制作用. 石油学报, 33(2): 204 ~ 212.

肖尚斌, 高喜龙, 姜在兴, 谯汉生. 2000. 渤海湾盆地新生代的走滑活动及其石油地质意义. 大地构造与成矿学, 24(4): 321 ~ 328.

徐怀民, 徐朝晖, 李震华, 刘得光, 陈永军, 刘巍. 2008. 准噶尔盆地西北缘走滑断层特征及油气地质意义. 高校地质学报, 14(2): 217 ~ 222.

杨贵丽. 2014. 青东凹陷走滑构造对油气成藏的控制作用. 油气地质与采收率, 21(5): 18 ~ 21.

杨福忠和薛良清. 2006. 南亚太地区盆地类型及油气分布特征. 海外勘探, 5: 65 ~ 70.

杨文采,宋海斌. 2014. 从地壳上地幔构造看洋陆转换作用. 地质论评,60(1):1 ~ 21.

杨文采. 2016. 揭开南岭地壳形成演化之谜. 地质论评,(2):257 – 266.

姚伯初. 1999. 东南亚地质构造特征和南海地区新生代构造发展史. 南海地质研究, 11: 1 ~ 13.

叶德燎, 王俊, 刘兰兰. 2004. 东南亚与南亚油气资源及其评价. 北京: 石油工业出版社, 12 ~ 20.

张延玲, 杨长春, 贾曙光, 李明生, 林会喜, 刘华. 2006. 辽河油田

东部凹陷中段走滑断层与油气的关系. 地质通报, 25(9~10): 1152~1155.

朱伟林, 胡平, 江文荣. 2012. 南亚—东南亚含油气盆地. 北京: 科学出版社, 1~89.

Chi Yingliu and Zhao Wenzhi. 2000&. Strike-slip deformation during the Cenozoic and its influence on hydrocarbon accumulation in the Bohai Bay basin. Acta Petroleum Sinica, 21(2): 14~21.

Daines S R. 1985. Structural history of the West Natuna Basin and the tectonic evolution of the Sunda region: Proceedings of the Indonesian Petroleum Association 14th Annual Convention.

Deng Qidong, Zhu Ailan, Gao Xiang. 2014&. Re-evalution of seismogenic and occurrence conditions of large earthquake on strike-slip faults. Seismology and Geology, 36(3): 562~573.

Deng Yunhua. 2001&. Control of the Neotectonism along Tancheng—Lujiang fracture zone on hydrocarbon accumulation in the eastern Bohai sea. China offshore oil and gas, 15(5): 301~305.

Dong Yuexia, Wang Zecheng, Zheng Hongju, Xu Anna. 2008&. Control of strike-slip faulting on reservoir formation of oil and gas in Nanpu Sag. Petroleum Exploration and Development, 35(4): 424~430.

Doust H and Noble R A. 2008. Petroleum systems of Indonesia: Marine and Petroleum Geology, 25: 103~129.

Escalona A and Mann P. 2006. An overview of the petroleum system of Maracaibo Basin. AAPG Bulletin, 90(4): 657~678.

Ginger D C, Pothecary J, Hedley R J. 1994. New insights into the inversion history of the West Natuna Basin. American Association of Petroleum Geologists International Conference and Exhibition; Abstracts, Bulletin American Association of Petroleum Geologists, 78(7): 1142~1143.

Haile N S. 1972. The Natuna Swell and adjacent Cainozoic basins on the north Sunda Shelf. Geological Society of Malaysia——Kesatuan Kajibumi Malaysia, 34(34): 14~15.

Hall R. 1996. Reconstruction Cenozoic SE Asia, in R. Hall and D. Blundell, eds. Tectonic evolution of south eastAsia: Geological Society London Special Publication, 106: 153~184.

Huang Lei, Liu Chiyang, Wang Yingbin, Zhao Junfeng, Mountney N P. 2014. Neogene—Quaternary postrift tectonic reactivation of the Bohai Bay Basin, eastern China. AAPG Bulletin, 98(7): 1377~1400.

IHS Energy. 2008. West Natuna Basin. HIS Basin Monitor.

Imber J, Holdsworth R E, McCaffrey K J W, Wilson R W, Jones R R, England R W, Gjeldvik G. 2005. Early Tertiary sinistral transpression and fault reactivation in the western V? ring Basin, Norwegian Sea: Implications for hydrocarbon exploration and pre-breakup deformation in ocean margin basins. AAPG Bulletin , 89(8): 1043~1069.

Li Minggang, Wu Keqiang, Kang Hongquan, Jia Huaicun, Chengtao. 2015&. Deformation features and trap distribution of strike-slip structures. Special Oil and Gas Reservoir, 22(2): 44~47.

Liu Yongjun, Xu Changgui, Du Xiaofeng, Li Huiyong, Zhu Wensen, Cai Yongbo. 2013&. Hydrocarbon migration, accumulation and adjustment of strike-slip inversion structure zone in Bohai sea: taking Lvda 22~27 area as an example. Fault-Block Oil & Gas Field, 20(6): 694~697.

Morley C K. 1999. Influnce of preexisting fabrics on rift structure. In Morley C K eds. Geoscience of rift system——evolution of East Africa. AAPG studies in Geology, 44: 151~160.

Morley C K. 2001. Combined escape tectonics and subduction rollback arc extension: a model for the evolution of Tertiary rift basin in Thailand, Malaysia and Laos. Journal of the Geological Society, London, 158: 461~474.

Peng Wenxu, Zhang Zhiqiang, Jiang Liqun, Shi Wenlong, Chen Guotong. 2012&. Evolution of strike-slip faults in the Shaleitian bulge of the western Bohai offshore and their control on hydrocarbon. Acta Petroleum Sinica, 33(2): 204~212.

Phillips S, Little L, Eric M, Odell V. 1997. Sequence stratigraphy of Tertiary petroleum systems in the West Natuna Basin, Indonesia: Proceedings of the Indonesian Petroleum Association, 26(1): 381~389.

Polachan S, Pradidtan S, Tongtaow C, Janmaha S, Intarawijitr K, Sangsuwan C. 1991. Development of Cenozoic basin in Thailand. Marine and Petroleum Geology, 8: 84~97.

Prasetyo B. 2002. Source rock evaluation and crude oil characteristics, West Natuna area, Indonesia: Proceedings of the Indonesian Petroleum Association, 28(1): 825~837.

Pubellier M and Morley C K. 2014. The basins of Sundaland(SE Asia): Evolution and boundary conditions. Marine and Petroleum Geology, 58: 555~578.

Xiao Shangbin, Gao Xilong, Jiang Zaixing, Qiao Hansheng. 2000&. Cenozoic dextral strike-slip motion in Bohai bay basin and its meaning to petroleum geology. Geotectonica et Metallogenia, 24(4): 321~328.

Xu Huaimin, Xu Chaohui, Li Zhenhua, Liu Deguang, Chen Yongjun, Liu Wei. 2008&. Characteristics of strike-slip faults in the northwestern margin Junggar basin and their geological significance for petroleum. Geological Journal of China University, 14(2): 217~222.

Yang Fuzhong and Xue Liangqing. 2006&. Basin classification and oil—gas distribution in south Asia—Pacific area. Oversea Exploration, 5: 65~70.

Yang Guili. 2014&. The strike slip structure and its influences on the formation of petroleum reservoir in Qingdong sag. Petroleum Geology and Recovery Efficiency, 21(5): 18~21.

Yang Wencai, Song Haibin. 2014&. Ocean—continent transition process reveled by worldwide comparison of crust and upper mantle structures. Geological Review, 60(1):1~21.

Yang Wencai. 2016&. Raise the curtain on formation and evolution of Nanling Mountains. Geological Review, 62(2):257-266.

Yao Bochu. 1999&. The geological tectonic characteristics in SE Asia area and Cenozoic tectonic history in the south China sea. South Sea Geology Research, 11: 1~13.

Ye Deliao, Wang Jun, Liu Lanlan. 2004 #. Southeast—South Asia hydrocarbon resource and assessment. Beijing: Petroleum Industry Press, 12~20.

Zhang Yanling, Yang Changchun, Jia Shuguang, Li Mingsheng, Lin Huixi, Liu Hua. 2006&. Geological Bulletin of China, 25(9~10): 1152~1155.

Zhu Weilin, Hu Ping, Jiang Wenrong. 2012. Hydrocarbon basins in South—Southeast Asia. Beijing: Science Press, 1~89.

Strike-slip Structures Segmentation and Its Control of Hydrocarbon Accumulation in Middle Part of the West Natuna Basin

BI Suping[1)], PAN Mao[2)], XIA Zhaohui[3)], ZHANG Ming[3)], ZHANG Wenqi[3)]

1) *School of Earth Sciences and Resources*, *China University of Geosciences*, *Beijing*, 100083;

2) *School of Earth and Space Sciences*, *Peking University*, *Beijing* 100871;

3) *PetroChina Research Institute of Petroleum Exploration & Development*, *Beijing* 100083

Objectives: The strike slip faults had played important role in the development of West Natuna basin offshore Indonesia, however, detailed characteristics of the strike slip structures are not known. The fault segmentation and control of hydrocarbon distribution was studied.

Methods: 3D seismic data interpretation was carried out to study the fault deformation characteristics in cross section and horizontal section. Based on oilfield data, hydrocarbon accumulation features and the relationship with the segmentation were analyzed.

Results: The study indicates that NW dextral strike-slip structures were developed in the central basin during late Middle Miocene, and the deformation styles change from SE to NW, which can be divided into east, middle and west segments. Each segment has distinct deformation characteristics in the horizontal and cross sections and hydrocarbon accumulation features. The east segment is composed of a straight master fault and several set of en echelon faults with flower structures, and the hydrocarbon is mainly accumulated in fault trap in lower section through strike slip fault; the middle segment is characterized by a type S main strike slip fault with several set of en echelon faults, and the hydrocarbon is accumulated in fault trap in upper section through strike slip faults; the west segment is characterized by several set of en echelon faults which formed fault terrace zones without a master fault, and the hydrocarbon is mainly accumulated in faulted anticline in upper section through inversion and en echelon faults. The segmentation may be caused by deformation intensity, fault geometry and formation thickness.

Conclusions: The strike-slip structures can be divided into three segments, and each segment has distinct hydrocarbon accumulation features due to different trap type and migration pathways.

Keywords: West Natuna basin; strike-slip structure; flower structure; en echelon fault; segmentation; hydrocarbon accumulation

Acknowledgments: This work is granted by the Important National Science & Technology Specific Projects (Grant No. 2011ZX05029).

First author: BI Suping, female, born in 1981, Ph. D. candidate, majored in mineral resource prospecting and exploration, is interested in seismic interpretation. Email: bisuping2013@163.com

Manuscript received on: 2015-07-24; Accepted on: 2016-02-04; Edited by: LIU Zhiqiang.

Doi: 10.16509/j.georeview.2016.03.017