

琼东南盆地长昌凹陷断裂带特征及其油气藏勘探意义

李 才,朱继田,尤 丽,杨金海,向良寸,郑榕芬

(中海石油(中国)有限公司湛江分公司,广东 湛江 524057)

摘要:结合琼东南盆地区域构造背景、构造解析及盆地动力学理论方法,对琼东南盆地长昌凹陷分带进行了断裂组合形态、构造样式及特点的详细研究,总结了三大断裂体系:西部右行张扭走滑断裂体系、东部伸展断裂体系、早—中中新世浅层小断裂体系,揭示了各断裂带构造样式及力学成因机制。并综合区域层序地层研究资料,提出了长昌凹陷张扭走滑形成的负花状断裂带及伸展背景下逆牵引构造带为 2 个有利的油气勘探领域。

关键词:长昌凹陷;断裂带特征;成因机制研究;有利勘探区带

中图分类号:TE122.2 **文献标志码:**A **文章编号:**1672-1926(2014)03-0372-07

引用格式:Li Cai, Zhu Jitian, You Li, *et al.* Studies on the characteristics of the fault belt in Changchang Sag and its implication for the oil and gas exploration[J]. Natural Gas Geoscience, 2014, 25(3): 372-378. [李才,朱继田,尤丽,等. 琼东南盆地长昌凹陷断裂带特征及其油气藏勘探意义[J]. 天然气地球科学, 2014, 25(3): 372-378.]

0 引言

南海北部大陆架南缘琼东南盆地深水区是现在的勘探热点地区。目前,共钻探了 5 口井,其中 2010 年中央峡谷带陵水 22-1 气藏钻探成功证实该区烃源条件较好,具有较大的勘探潜力;但之后钻探的探井均未发现大型油气藏,共性之一是油气疏导体系认识不清。而断裂是否发育对油气运移及控制圈闭起到关键作用。目前深水区长昌凹陷还没有一个针对断裂的系统研究,本文重点结合区域构造背景、构造解析及盆地动力学理论方法,对长昌凹陷不同断裂特征进行断裂体系下区带划分研究,从而明确各带断裂展布特征、形成机制、确定有利的运聚体系。

1 构造地质背景

琼东南盆地位于南海北部被动大陆边缘西段,总面积约为 82 993 km²,整体呈 NE 走向。新生带以来周边太平洋板块与欧亚板块的相互作用,同时南海北部大陆边缘新生代幕式张裂作用及南海扩张

的叠加、改造等共同控制了盆地的形成和演化^[1-3]。该盆地新生代以来主要经历了裂陷期(54~21Ma)、拗陷期(21~10.5Ma)和区域热沉降期(10.5Ma~现今)3 个演化阶段:裂陷期主要分为 3 个裂陷幕,其中裂陷 I 幕、II 幕为凹陷盆地的主形成、扩张期,区域性抬升、剥蚀,拗陷发生张裂,继承性发育 NE—SW 向正断层,同时控制沉积了研究区主要的 2 套烃源岩(始新统湖相烃源岩和崖城组海岸平原—浅海相烃源岩),裂陷 III 幕相对前两幕有所衰减,由于此时南海运动等构造活动造就了盆地由断陷向拗陷转化,部分早期断层停止发育,渐新世末期到早中新世应力场发生顺时针旋转,主要发育 NWW 向及近 E—W 向张扭性正断层,沉积了该区陵水组;古近纪早期,琼东南盆地进入了裂后拗陷期,沉积了三亚组和梅山组;10.5Ma 以来的盆地演化阶段为区域热沉降期,大量沉积物在盆地西南部堆积,沉积速率相对加强,主要发育滨浅海—半深海相沉积环境^[4-6]。

最新研究表明,琼东南盆地从北向南共划分 4 个一级构造单元(北部拗陷带、中部隆起带、中央拗陷带

收稿日期:2013-07-25;修回日期:2013-09-11.

基金项目:国家科技重大专项“南海北部深水区潜在富生烃凹陷评价”(编号:2011ZX05025-002)资助。

作者简介:李才(1981-),男,河北张家口人,工程师,主要从事海上油气田勘探研究。E-mail:licai345314@sohu.com.

及南部隆起带),17个二级构造单元(崖北凹陷、松西凹陷、松东凹陷、崖南凹陷、崖城凸起、崖13-1低凸起、陵水低凸起、松涛凸起、乐东—陵水凹陷、松南—宝岛凹陷、长昌凹陷、陵南低凸起、崖南低凸起、松南低凸起、北礁凸起、北礁凹陷和甘泉凹陷),其中深水区(水深大于300m)基本占整个盆地的2/3。长昌凹

陷位于深水区中央坳陷带东部,北面以神狐隆起为界,东面与珠二坳陷相连,由于地震资料覆盖原因,界限还不能准确确定,南面为松南低凸起和北礁凸起,其西部与松南—宝岛凹陷相接(图1)。该凹陷内部凹凸,东西呈现不同的结构形态,东段主要为南断北超式半地堑,西段为典型的双断式地堑结构。

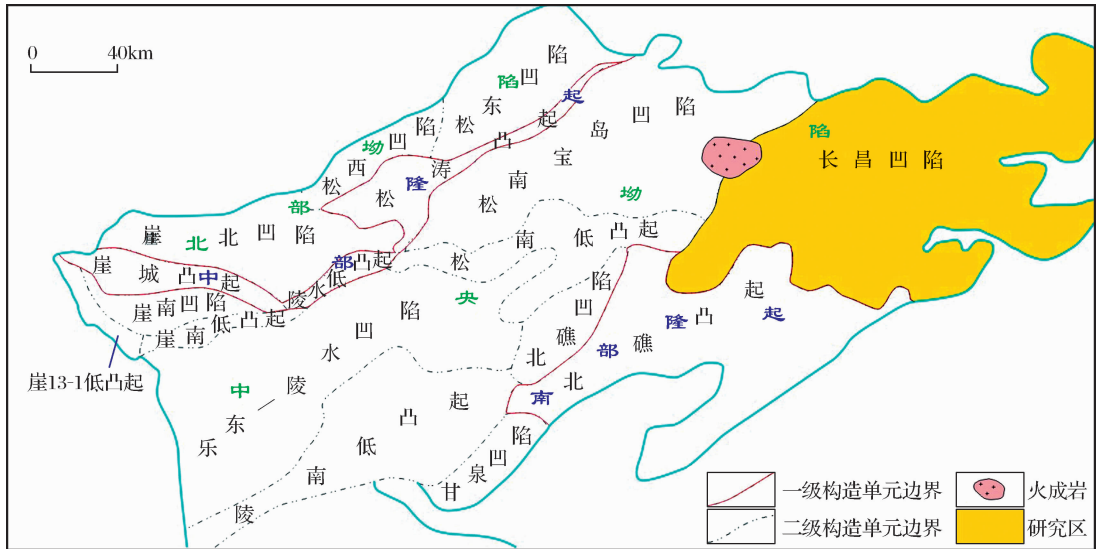


图1 琼东南盆地构造区划

Fig. 1 Tectonic zoning map of Qiongdongnan Basin

2 长昌凹陷断裂特征分析

中央坳陷带长昌凹陷主要受控于盆地NE走向展布的12号、16号一级大断裂。盆地在形成和发育的过程中经历了多期构造运动,兼存拉张和走滑应力作用,伸展断裂和走滑断裂是凹陷内最主要的断裂类型,但在其内部分布有典型的分带性,平面呈现“西走滑、东拉张”的分布形态,断裂规模大小不一,走向倾向多变,不同规模和走向的断裂相互交织在一起,形成雁列式、网格状、分叉状等多种组合样式;纵向各层系断裂发育具有一定的继承性,且受区域应力场顺时针旋转影响,断裂走向发生一定的右旋。根据断裂类型、走向及分布位置等,笔者将长昌凹陷划分为3个大的断裂体系:西部右行张扭走滑断裂体系、东部伸展断裂体系及早—中中新世浅层小断裂体系^[7-10]。

2.1 西部张扭右行走滑断裂体系

琼东南盆地始新世—早渐新世为断陷阶段,NW—SE向张应力拉伸作用下形成NE向张性断裂,同时边界大断裂控制了各凹陷沉降格局,晚渐新世—早中新世应力场发生旋转,拉伸方向转为近S—N

向,断裂走向基本变为近E—W向。而长昌凹陷西部靠近松南—宝岛凹陷断裂带展布特征与区域呈现明显不同,从始新世—早中新世断裂平面走向基本为NW向或NWW向,另外应力场旋转也有一定的影响,但总的走向没有发生大的变化。综合剖面、平面展布特征等分析认为断裂带具有明显的张扭右行走滑性质。主要的特征表现为以下几个方面:

(1)平面上。主要发育2个断裂带,分别位于长昌凹陷A洼两翼,由于该带断层均为正断层,且走向与区域呈现明显的不同,与主拉伸应力方向(NW—SE)相同或交角为锐角(小于 20°),因此,从应力角度分析断裂具有一定的张扭斜滑性质。而且断裂带内各断层相互交会,主要的断层组合形态表现帚状、雁列状、平行状和交织状等。

帚状断裂主要由一系列一端收敛,另一端撒开的弧形断裂组成,平面上形似扫帚,通常是在压扭或张扭性应力环境下形成的,而研究区带断裂局部可见明显一方向收敛,另一方向撒开的典型帚状断裂,且为正断层,判断为右行张扭性走滑带;该带同时可见雁列状断裂,又称雁行式断裂,一组平行错列或斜列、产状及性质相同的断裂,各单条断裂长度相近且皆较

短,相邻断裂端部尖灭侧依次排列,表现为右行;另外,平行式断裂、交织状断裂也比较发育,主要是由于在应力作用下彼此间断裂平行、相交、错断等,平面上呈现平行状或网状(图2,图3)。

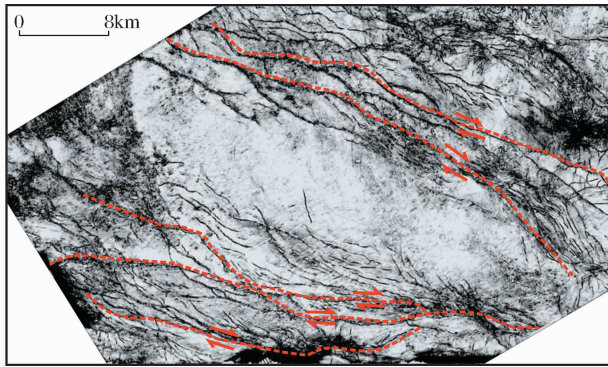


图2 长昌凹陷西部 T_{60} 沿层切片
Fig. 2 The analysis on T_{60} stratigraphic slice in the west of the Changchang Sag

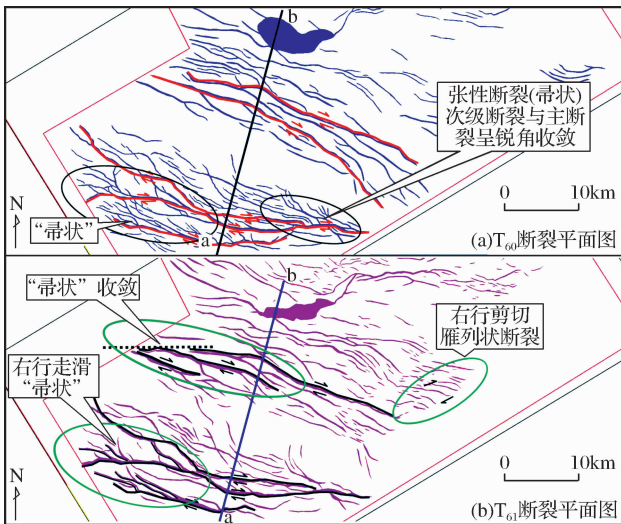


图3 长昌凹陷西部 T_{60} 、 T_{61} 平面断裂特征分析
Fig. 3 The analysis on T_{60} and T_{61} fault characteristics in the west of the Changchang Sag

(2)剖面上。长昌凹陷西部断裂非常发育,断层相互影响,在空间上形成多种断裂样式,总结了主要的3种组合:断阶式、包心菜式及负花状式(图4)。

断阶型断裂组合,由一系列倾向相同、产状相近的断裂组成,该断裂组合主要位于万宁北斜坡带,根据断层倾向与所夹岩层的倾向确定主要为同向断阶组,为顺坡断阶特征;而包心菜式断裂组合,最大特征是心部两侧断层掉向相反,各断层由内向外依次增大,内部断块较小,剖面上形似包心菜,外部的大断裂切割的层位比较深,该带主要与负花状断裂相伴生;负花状断裂组合,由于该区域应力场表现为张扭走滑

特征,剖面上负花状断裂特征比较明显,在剪切断裂带的浅部表现为向上分叉、撒开,在张扭应力场条件下产生的断层向上分支并构成向形构造,主断层及分支断层多具正滑距特征。

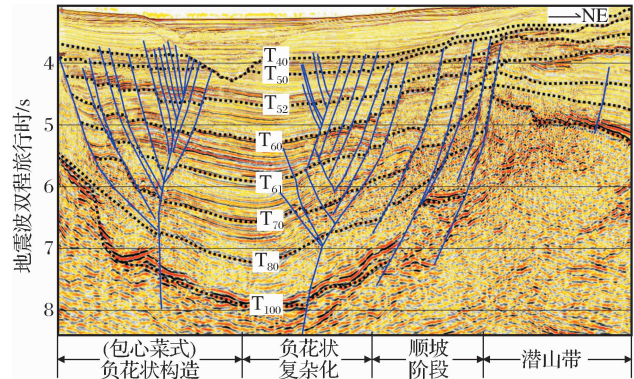


图4 长昌凹陷西部 a-b 剖面典型断裂特征
Fig. 4 The a-b seismic section of fault characteristics in the west of Changchang Sag

2.2 东部伸展断裂体系

长昌凹陷东部主要受控于南部16号一级大断裂,在NW—SE向伸展作用下形成南断北超式半地堑。由于受拉伸速率、基底厚度、基底形态及分布范围各区差异性共同影响,在薄弱地带产生调节应力集中,形成多个二级构造带,多种构造样式并存。实际上伸展构造是由不同尺度、不同世代、几何形态各异的正断层组合而成。根据目前的资料,结合长昌凹陷东部伸展构造的分布及断层组合特点,发现多种伸展构造样式很多(图5),主要总结了3种主要的伸展构造样式:“y”型逆牵引构造样式、反向断阶带、堑垒断块构造样式。①“y”型逆牵引构造样式:该构造样式通常是在逆牵引背斜基础上发育而来的,是生长断层的伴生构造。由于区域拉张作用,使张开的生长断层两盘中间出现裂隙,在重力作用下,下降盘地层发生沉陷、挠曲,如果下降盘岩层具备足够的韧性,则形成逆牵引现象,形成背斜,但是过度挠曲的结果是背斜顶部为应力薄弱区,易于发育走向平行于主断层的反向调节断层,并向主断层收敛,剖面形态上表现为小写英文“y”字母,称为“y”型逆牵引构造(图6)。在长昌凹陷东部该种构造样式主要存在于控制一级、二级构造单元的同沉积断层上,通常也是控制油气成藏比较有利的构造类型。②反向断阶带:该断裂带主要发育在长昌凹陷中东部北斜坡上,呈NW—NWW向展布,断裂倾向与地层倾向相反。在伸展盆地作用下,反向断阶与盆地掀斜运动有关,在箕状断陷内可发生多个次级反向翘倾运动,形成多个反向正断层。这些

断层平行排列分布,产生的断块依次向斜坡翘起,成排成带形成中小尺度的反向断块构造。③ 坳垒断块构造样式:该构造类型在凹陷东部发育相对较少,仅在凹陷沉降中心发育,以断层相背出现为特征。在坳垒区易形成有利的断块、断鼻圈闭,是油气运移、聚集的指向。

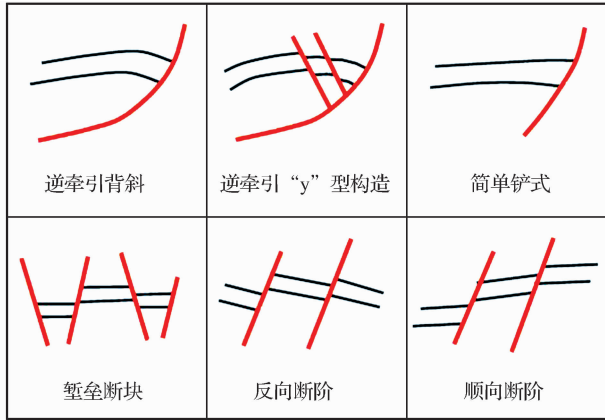


图5 长昌凹陷东部主要的构造样式

Fig. 5 The main tectonic style of the east of Changchang Sag

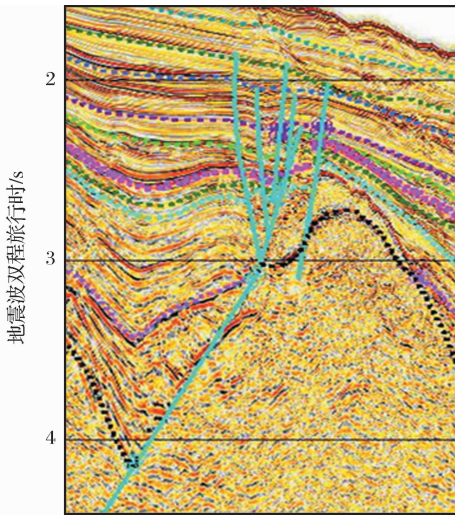


图6 东部逆牵引“y”型构造

Fig. 6 Reverse drag structure in the east

2.3 早—中中新世浅层小断裂体系

已有的地震资料显示,研究区长昌凹陷早—中中新世地层三亚组及梅山组发育大量的小断层,亦即很多学者称为的多边形断层,特点是伸展长度小、间距密、断距小。在南海北部深水盆地中白云凹陷、华光凹陷等均可见到这种多边形断层密集分布。而研究区长昌凹陷发育的这些密集断层与其他凹陷有一个本质的区别就是走向一定,主要集中在 NNW 向、近 EW 向,而华光凹陷和白云凹陷走向却杂乱,无定向。结合(21~10.5Ma)时期整个琼东南盆地大的构造背

景主要为裂后热沉降期,而且沉降的速率最小,断裂发育少。从目前发现的规律来看,这些小断层在长昌凹陷西部发育偏多,深部具有张扭走滑环境的浅部地层,走向与渐新世断层具有较好的一致性,NNW 向或近 EW 向(图 7,图 8)。因此分析认为,三亚组、梅山组发育的多边形断层主要受到深部张扭走滑活动的影响。另外,从浅层小断裂发育特征分析,剖面上并不是呈现相互穿切的关系,同时也没有并行同相排列,而是依附于深部大断层形成的明显的小负花状构造,表明该期早—中中新世继承了早期始新世—渐新世晚期张扭走滑活动的影响。另外,可见部分深部较大断裂,在浅部具有一定的继承性,只是断距及规模相对变小。因此,研究区的多边形断层除其他学者总结的超压泥岩水压破裂模型解释外,更重要的是深部断层构造应力的继承性发育^[11-13]。

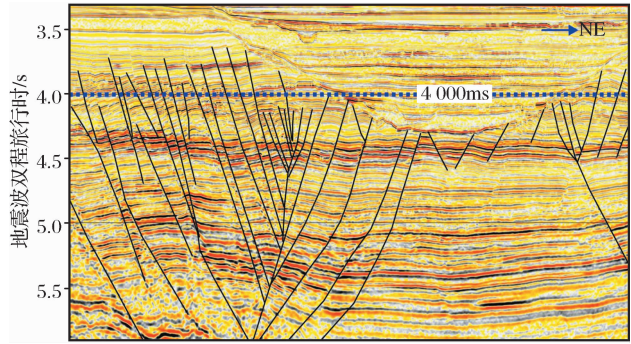


图7 过方差体切片 a-b 典型剖面

Fig. 7 The variance volume a-b seismic section

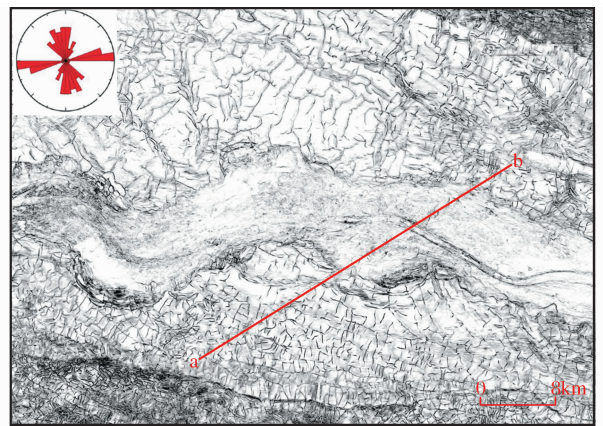


图8 方差体 4000ms 时间切片

Fig. 8 The variance volume 4 000ms slice

3 典型断裂成因机制研究

对于长昌凹陷目前这种断裂特征“西走滑、东拉张”的分布特点,最主要的原因是控制凹陷的隆起带位置及区域应力场共同作用的结果。中央拗陷带长

昌凹陷主要受盆地 NE 走向展布的 12 号、16 号一级大断裂控制形成的地堑结构,西部由于南部隆起及神狐隆起双向控制,表现为典型的双断式地堑;东部仅靠南部隆起控制,形成南断北超半地堑,且平面上呈现撒开的特点。

从构造动力学分析来看,琼东南盆地始新世—早渐新世 NW 向拉张,形成 NE 向盆地及断裂体系,导致中央坳陷带长昌凹陷、松南—宝岛凹陷主体为纯的 NW—SE 向拉伸,而长昌凹陷西部与宝岛凹陷结合带神狐隆起及南部隆起刚性体,阻止了 NE 向构造的发育,在长昌凹陷西部形成宝岛—长昌间张扭环境下的转换带,控制了该区断裂走向,结合平面收敛叠瓦型断裂特征,推测认为转换带断裂存在走滑性质。长昌凹陷东部,由于区域 NW 向拉张,在伸展过程中发生掀翻,呈撒开状(图 9)。

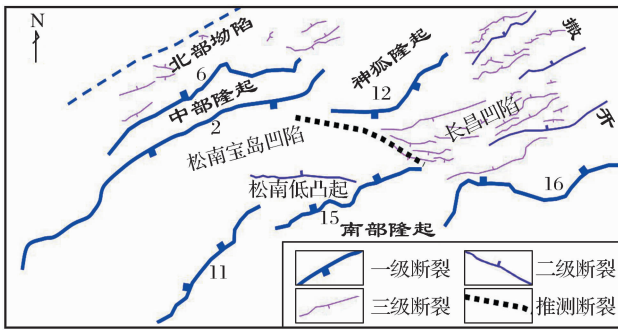


图 9 中央坳陷带长昌凹陷断裂成因分析
Fig. 9 The analysis on causes fault of the Changchang Sag in the central depression

始新统一渐新统时期地层断裂分布特征,长昌凹陷西部主要存在 2 个相对较大的断裂走滑带,派生出多条共生正断层,呈现帚状、交织状、雁列状特征,并且依据帚状分布向 SE 收敛及雁列分布特征来看,整体表现为典型的右行走滑性质,走滑带内张扭反向断层可见地层上拱。对于走滑剪切形成的各现象可以用剪切带中与简单剪切变形相关的增量应变模型来解释。NW 向主走滑带为 R 剪切,右行走滑,与不连续的 R' 剪切呈共轭状,在该区 R' 不明显,随着走滑活动增强,主干走滑断裂两侧形成大量 NNW 向正断层,同时收敛于主干断层,而且具有一定的走滑分量,所以在很多横切正断层的剖面中可以见到地层扭动上拱及负花状构造(图 10)。

对于长昌凹陷东部发育的“y”型逆牵引构造虽然与西部负花状构造形似,但从应力机制上二者本质的区别是前者是简单拉张应力作用下形成的,符合安德生(E. M. Andson)模式中正断层形成机理:当 σ_1 直

立, σ_2 和 σ_3 水平时,也就是说,正断层的走向与 σ_2 呈水平平行,与 σ_3 呈水平垂直, σ_1 呈直立状态,在这种构造应力状态下,当 σ_1 逐渐增大或 σ_3 逐渐减小时,都可以导致正断层的形成。如果在箕状凹陷陡缘带生长断层下降盘下滑很大且地层没有足够韧性的话,通常会发生逆牵引现象,同时随着地层向下滑动,背斜带顶部由于 σ_3 逐渐减小,可形成新的安德生正断层模式,从而形成“y”型逆牵引构造样式(图 11,图 12)。

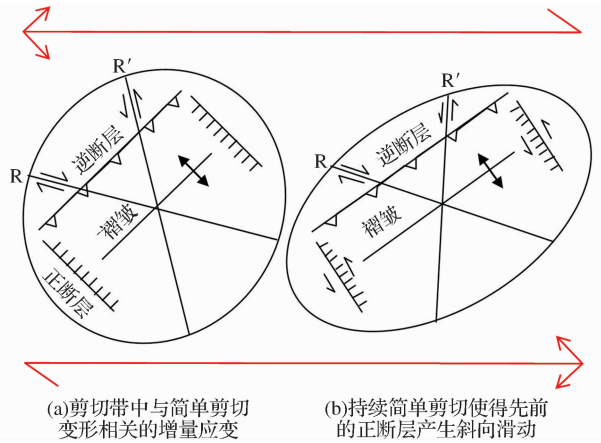


图 10 简单剪切非共轴递进变形应变椭圆^[14-15]
Fig. 10 The strain ellipse of the simple shear non-coaxial progressive deformation^[14-15]

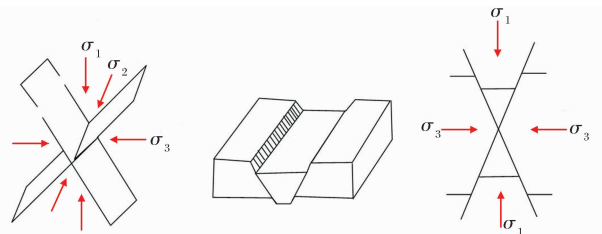


图 11 安德生正断层形成应力状态
Fig. 11 The model on Anderson normal slip fault stress

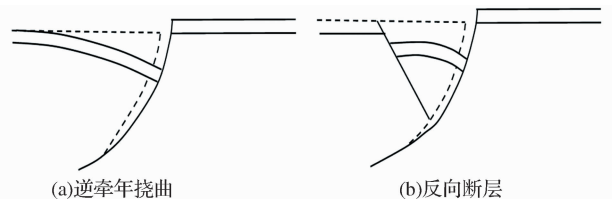


图 12 逆牵引构造形成机理

Fig. 12 The formation mechanism on reverse drag structure

4 有利断裂带对油气藏勘探的意义

断裂对于油气能否成藏非常重要,它不仅可以控制沉积体系、烃源岩分布,还可以形成有效的圈闭,最重要的是可以作为油气运移的通道,成为沟通烃源岩与圈闭之间的“桥梁”。中央坳陷带长昌凹陷处于深

水盆地低勘探区,目前认识烃源条件相对较好,油气成藏的关键在于层序地层指导下有利砂体展布、有效圈闭及与疏导体系的时空配置。通过前面对研究区断裂特征及成因机制分析,结合区域层序地层研究资料,笔者总结了长昌凹陷目前认为比较有利的2个油气藏勘探断裂带:

(1)凹陷西部张扭走滑形成的负花状断裂带:该带主要存在2个具有走滑性质的大断裂带平行分布,走向呈NW向,纵向上负花状断裂特征清楚。由于受断裂张扭应力控制,在“花心”部位、弧形断裂的内侧控制的反向断层容易形成断块、断鼻及背斜等圈闭类型。而且更为有利的是该带三亚组、陵水组低位期盆地扇发育,断裂带基本切到崖城组、始新统烃源岩,疏导体系通畅,是极为有利的勘探领域。目前国内依附走滑断裂带已经发现了多个油气藏,例如渤海湾盆地郑庐断裂走滑带发现的蓬莱19-3大型油田;塔里木库车前陆盆地喀拉玉尔滚、康村、依奇克里克、秋里塔格走滑断裂带发现的英买力、羊塔克、牙哈及大宛齐等系列油气田等,进一步说明走滑断裂不但利于形成各种类型圈闭,同时具有油气穿层运移的优势^[16-18]。

(2)凹陷东部伸展背景下逆牵引构造带:长昌凹陷东部逆牵引构造主要位于控制凹陷沉积的一级、二级大断裂下降盘,包括滚动形成的逆牵引背斜及“y”型逆牵引构造,圈闭类型比较好。由于这类构造主要依附于大的同沉积断层,下降盘砂体比较发育,一般临近生油气区,同时又可作为较好的油气运移通道,所以它是一种非常有利的储油气构造带^[19-20]。

5 结论

(1)通过对长昌凹陷断裂带研究,该带兼存拉张和走滑应力作用,平面呈现“西走滑、东拉张”的分布形态,总结了三大断裂体系:西部右行张扭走滑断裂体系、东部伸展断裂体系、早—中中新世浅层小断裂体系,明确了各体系断裂剖面形态及平面展布特征。

(2)总结了长昌凹陷不同区带的几何学特征,结合区域动力学背景,针对不同的断裂体系,揭示了各断裂带构造力学成因机制。

(3)针对不同断裂带特征,结合区域研究资料,明确长昌凹陷油气成藏的主要控制因素,指出该带下一步重点评价的有利油气藏勘探区带。

参考文献(References):

[1] Lei Chao, Ren Jianye, Li Xushen, *et al.* Structural characteristics and petroleum exploration potential in the deep-water ar-

ea of the Qiongdongnan Basin, South China Sea[J]. *Petroleum Exploration and Development*, 2011, 38(5): 560-569. [雷超, 任建业, 李绪深, 等. 琼东南盆地深水区结构构造特征与油气勘探潜力[J]. *石油勘探与开发*, 2011, 38(5): 560-569.]

- [2] Zhu Weilin. Some key geological issues on oil and gas exploration in the northern deepwater area of the South China Sea [J]. *Acta Geologica Sinica*, 2009, 83(8): 1059-1064. [朱伟林. 南海北部深水区油气勘探关键地质问题[J]. *地质学报*, 2009, 83(8): 1059-1064.]
- [3] Zhang Gongcheng, Mi Lijun, Wu Shiguo, *et al.* Deepwater area—the new prospecting targets of northern continental margin of South China Sea[J]. *Acta Petroli Sinica*, 2007, 28(2): 15-22. [张功成, 米立军, 吴时国, 等. 深水区—南海北部大陆边缘盆地油气勘探新领域[J]. *石油学报*, 2007, 28(2): 15-22.]
- [4] Cai Zhourong, Liu Weiliang, Wan Zhifeng, *et al.* Determination of Cenozoic tectonic movement in the northern South China Sea and the relationship between oil-gas reservoir and tectonic movement[J]. *Marine Science Bulletin*, 2010, 29(2): 161-165. [蔡周荣, 刘维亮, 万志峰, 等. 南海北部新生代构造运动厘定及与油气成藏关系探讨[J]. *海洋通报*, 2010, 29(2): 161-165.]
- [5] Lv Baofeng, Yin Zhengxin, Cai Zhourong, *et al.* Cenozoic Tectonic evolution sequence in northern South China Sea and its oil/gas significance[J]. *Acta Geologica Sinica*, 2012, 86(8): 1249-1260. [吕宝凤, 殷征欣, 蔡周荣, 等. 南海北部新生代构造演化序列及其油气成藏意义[J]. *地质学报*, 2012, 86(8): 1249-1260.]
- [6] Li Xuxuan, Zhu Guanghui. The fault system and its hydrocarbon carrier significance in Qiongdongnan Basin[J]. *China Offshore Oil and Gas*, 2005, 17(1): 1-7. [李绪宣, 朱光辉. 琼东南盆地断裂系统及其油气输导特征[J]. *中国海上油气*, 2005, 17(1): 1-7.]
- [7] Tong Dianjun, Li Yazhe, Ren Jianye, *et al.* Style and formation mechanism and its control on hydrocarbon accumulation of Linnan Depression[J]. *Journal of Oil and Gas Technology*, 2010, 32(4): 31-36. [佟殿君, 李亚哲, 任建业, 等. 临南洼陷构造样式、发育机制及其对油气成藏的控制[J]. *石油天然气学报*, 2010, 32(4): 31-36.]
- [8] Yu Yixin, Zhou Xinhui, Xu Changgui, *et al.* Characteristics and formation mechanisms of the Cenozoic faults in the Bohai Sea waters[J]. *Oil & Gas Geology*, 2011, 32(2): 273-279. [余一欣, 周心怀, 许长贵, 等. 渤海海域新生代断裂发育特征及形成机制[J]. *石油与天然气地质*, 2011, 32(2): 273-279.]
- [9] Li Jiakang. Fault system and hydrocarbon migration and accumulation in Boxi area[J]. *China Offshore Oil and Gas: Geology*, 2000, 14(4): 233-239. [李家康. 渤西地区断裂体系与油气运聚[J]. *中国海上油气: 地质*, 2000, 14(4): 233-239.]
- [10] Li Lei, Li Liansheng, Wu Shan, *et al.* Fracture system and hydrocarbon accumulation in Wangji-Xinzhuang block in Biyang Depression[J]. *Henan Petroleum*, 2003, 17(2): 13-17. [李磊, 李连生, 吴珊, 等. 泌阳凹陷王集—新庄地区断裂体系与油气聚集[J]. *河南石油*, 2003, 17(2): 13-17.]

- [11] Chen Duanxin, Wu Shiguo, Wang Zhijun, *et al.* Geometry and genesis of polygonal faults in epicontinental deepwater basins northern South China Sea[J]. *Acta Petrolei Sinica*, 2012, 33(4):610-616. [陈端新, 吴时国, 王志君, 等. 南海北部陆缘深水盆地多边形断层几何特征及成因[J]. *石油学报*, 2012, 33(4):610-616.]
- [12] Wu Shiguo, Sun Qiliang, Wu Tuoyu, *et al.* Polygonal fault and oil gas accumulation in deep-water area of Qiongdongnan Basin[J]. *Acta Petrolei Sinica*, 2009, 30(1):22-27. [吴时国, 孙启良, 吴拓宇, 等. 琼东南盆地深水区长方形断层的发现及其油气意义[J]. *石油学报*, 2009, 30(1):22-27.]
- [13] Wu Shiguo, Sun Qiliang, Dong Dongdong. The geometrical characteristics and formation mechanism of polygonal faults in deep-water basin[J]. *Journal of Geomechanics*, 2008, 14(3):231-240. [吴时国, 孙启良, 董冬冬. 深水盆地中多边形断层的几何特征与形成机制探讨[J]. *地质力学学报*, 2008, 14(3):231-240.]
- [14] Waldron J W F. Extensional fault arrays in strike-slip and transtension[J]. *Journal of Structural Geology*, 2005, 27:23-34.
- [15] Wan Guimei, Tang Liangjie, Zhou Xinhuai, *et al.* Neogene-Quaternary fault characteristics and its formation mechanism in Bohai Sea[J]. *Acta Petrolei Sinica*, 2010, 31(4):591-595. [万桂梅, 汤良杰, 周心怀, 等. 渤海海域新近纪—第四纪断裂特征及形成机制[J]. *石油学报*, 2010, 31(4):591-595.]
- [16] Wu Xiaozhi, Li Baihua, Lv Xiuxiang, *et al.* Strike-slip fault system in Kuqa foreland basin and its control on Hydrocarbon[J]. *Xinjiang Petroleum Geology*, 2010, 31(2):118-121. [吴晓智, 李佰华, 吕修祥, 等. 库车前陆盆地走滑断裂形成机理及其对油气的控制[J]. *新疆石油地质*, 2010, 31(2):118-121.]
- [17] Wang Wenge, Zhang Zhipan, Lu Yi, *et al.* Characteristics and its role in basin controlling of strike-slip faults in cenozoic Qikou Sag, Huanghua Depression[J]. *Natural Gas Geoscience*, 2012, 23(4):713-719. [王文革, 张志攀, 卢异, 等. 黄骅坳陷歧口凹陷新生代走滑断裂特征及控盆作用[J]. *天然气地球科学*, 2012, 23(4):713-719.]
- [18] Yan Peng, Wang Liuzhu, Yu Chaozhua, *et al.* Strike-slip structural feature and its influence on the hydrocarbon accumulation in Kendong area, Jiyang Depression[J]. *Natural Gas Geoscience*, 2009, 20(1):100-107. [严鹏, 王六柱, 余朝华, 等. 济阳坳陷垦东走滑断裂构造特征及其对油气成藏的影响[J]. *天然气地球科学*, 2009, 20(1):100-107.]
- [19] Gong Zaisheng, Wang Guochun. Neotectonism and late hydrocarbon accumulation in Bohai sea[J]. *Acta Petrolei Sinica*, 2001, 22(2):1-7. [龚再升, 王国纯. 渤海新构造运动控制晚期油气成藏[J]. *石油学报*, 2001, 22(2):1-7.]
- [20] Gong Zaisheng. Neotectonics and petroleum accumulation in offshore Chinese basins[J]. *Earth Science: Journal of China University of Geosciences*, 2004, 29(5):513-517. [龚再升. 中国近海含油气盆地新构造运动与油气成藏[J]. *地球科学: 中国地质大学学报*, 2004, 29(5):513-517.]

Studies on the Characteristics of the Fault Belt in Changchang Sag and its Implication for the Oil and Gas Exploration

LI Cai, ZHU Ji-tian, YOU Li, YANG Jin-hai, XIANG Liang-cun, ZHENG Rong-fen
(Zhanjiang Branch of CNOOC Ltd., Zhanjiang, 524057, China)

Abstract: A detailed study of fault combination of morphological, structural styles and characteristics on the zoning of Changchang Sag of Qiongdongnan Basin was carried out based on the regional structural background, structural analysis and basin dynamics theory methods. Three major fault systems were summarized, such as western dextral transtensional strike-slip fault system, eastern extensional fault system, and Early-Middle Miocene shallow and small fault system. It revealed the structural style and the mechanics mechanism of the fault zones. According to this, this study proposed two favorable exploration zones in Changchang Sag with the data of regional sequence stratigraphic, i. e., transtensional strike-slip negative flower fault belt and extensional reverse drag structure belt.

Key words: Changchang sag; Characteristic of fault belt; Study on genetic mechanism; More favorable exploration zones