

# 琼东南盆地北部构造变换带及其油气地质意义

谭建财, 范彩伟, 任科英, 席惠娟, 欧阳敏, 侯静娴

(中海石油(中国)有限公司湛江分公司, 广东 湛江 524057)

**摘要:**琼东南盆地北部构造变换带构造特征复杂,与油气的关系不明确。在地震解释及地质研究分析构造变换带类型及发育特征的基础上,结合储集岩、烃源岩、圈闭及运移条件,总结了构造变换带的油气地质意义。研究表明,琼东南盆地北部发育相向倾斜接力式构造变换带,主要是通过主干断裂分支次级断裂、扭转断层走向和改变断裂活动速率来实现位移和应变平衡。在断陷早期形成了构造变换带与物源剥蚀区、沉积中心相间分布的古地理格局,这一古地理格局控制着构造变换带优质储集岩、烃源岩、构造或构造-岩性圈闭发育和油气运移过程,使得构造变换带具有良好的油气成藏条件。位于构造变换带内的构造圈闭或构造-岩性圈闭是油气富集的有力部位。

**关键词:**构造变换带 构造特征 沉积模式 油气成藏 琼东南盆地

**中图分类号:** TE111.2

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1009-9603(2014)02-0062-04

构造变换带是指发生在挤压盆地构造运动作用过程中,地层为保持应变和位移量的守恒所产生的调节构造<sup>[1]</sup>。中国诸多学者在准噶尔盆地褶皱冲断带的构造研究中强调构造变换带的位移量是守恒或逐渐变化的,根据其变化特征可以分为纵向和横向2种类型<sup>[2-3]</sup>。随着中国对断陷盆地构造研究的深入,该概念逐渐被应用到断陷盆地的构造分析中,研究区域主要集中在松辽盆地和渤海湾盆地<sup>[3-8]</sup>,普遍认为构造变换带是由于断陷盆地中2种位移传递方式之间相互作用所伴生的调节性变形区域,其可以控制构造圈闭、优质储集岩和烃源岩的形成与发育,是油气运移的优势区,为有利的油气富集区,在油气勘探中具有重要地质意义。

琼东南盆地北部断裂非常发育,构造复杂,截至2012年,北部拗陷带共钻探井10口,除个别井发现少量油气外,未获得理想的商业性油气突破,原因是沉积、构造和油气的关系还不明确。笔者以琼东南盆地北部构造变换带为例,利用地震解释及地质研究等方法,深入分析构造变换带的类型及特征,重点探讨其对储集岩和油气成藏的控制作用,以期为该区油气勘探提供地质依据。

## 1 区域地质概况

琼东南盆地位于海南岛东南、南海北部海域,

是在前古近系基底上发育的新生代陆缘断陷含油气盆地,盆地东依神狐隆起,西界莺歌海盆地,南临永乐隆起,北靠海南隆起,总面积约为 $4 \times 10^4 \text{ km}^2$ 。盆地边界断层总体呈北东南西走向,划分为北部隆起区、中央拗陷区和南部隆起区3个一级构造单元<sup>[9]</sup>。构造变换带位于北部隆起区的松西凹陷、松东凹陷、海南隆起、松涛凸起之间,位于5号和6号断裂末端交汇处(图1)。

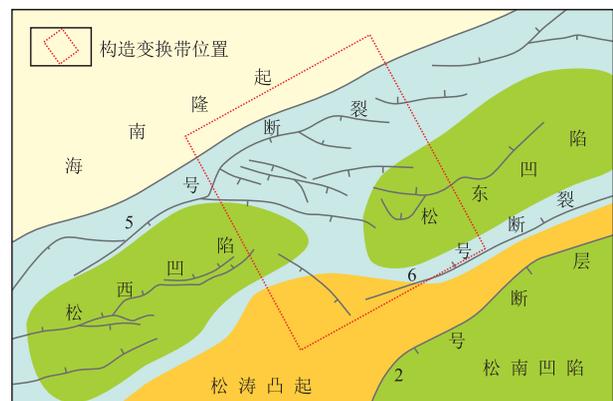


图1 琼东南盆地北部构造变换带构造位置

琼东南盆地演化按古构造运动划分为裂陷沉降期、热沉降期和加速沉降期3个阶段<sup>[10]</sup>。基底由花岗岩、闪长岩、变质岩和白云岩等组成,上覆地层为新生代沉积的一套三角洲、海相碎屑岩建造,从下往上依次沉积崖城组、陵水组、三亚组、梅山组、黄流组、莺歌海组和乐东组,其中崖城组、陵水组是

收稿日期:2013-12-25。

作者简介:谭建财,男,助理工程师,硕士,从事油气勘探地质研究。联系电话:14718222890, E-mail: tanjc1@cnoc.com.cn。

基金项目:国家科技重大专项“莺琼盆地高温高压天然气成藏主控因素及勘探方向”(2011ZX05023-004)。

盆地主要的烃源岩和储集岩发育层位,勘探证实为多套有效的生储盖组合<sup>[10]</sup>。

## 2 构造变换带类型及特征

### 2.1 构造变换带类型

构造变换带的形成和发育起因于裂谷盆地的伸展拉张,现今的盆地是由许多被边界断裂控制的小凹陷逐渐伸展沉降最后连通一体形成的,凹陷之间为了保持总体应变守恒而形成构造变换带,依据其特定的结构特征可以划分为不同类型<sup>[4,11]</sup>。漆家福在 Morley 等<sup>[12-13]</sup>构造变换带分类的基础上,将盆地主干断裂的位移变换方式分为缓冲式、接力式、消长式、传递式和消减式5种,提出多达15种类型的裂谷盆地构造变换带分类方案<sup>[7]</sup>。

琼东南盆地北部构造变换带南北以5号和6号断裂为界,2条断裂相向倾斜,在末端存在一定的叠置(图2)。其中5号断裂是海南隆起东侧边界断裂,控制松西凹陷沉积形成南东超覆的半地堑结构(AA'剖面);6号断裂发育在盆地内部,是松涛凸起西侧边界断裂,控制松东凹陷沉积形成北西超覆的半地堑结构(CC'剖面)。因此,松东、松西凹陷在断陷早期为保持相向倾斜的位移和应变平衡,凹陷交汇处会形成一个凸起的过渡地带(BB'剖面)——构造变换带,依据5号和6号主干断裂相向倾斜、部分叠置的构造变换带特征,将其定义为相向倾斜接力式构造变换带(图2,图3)。

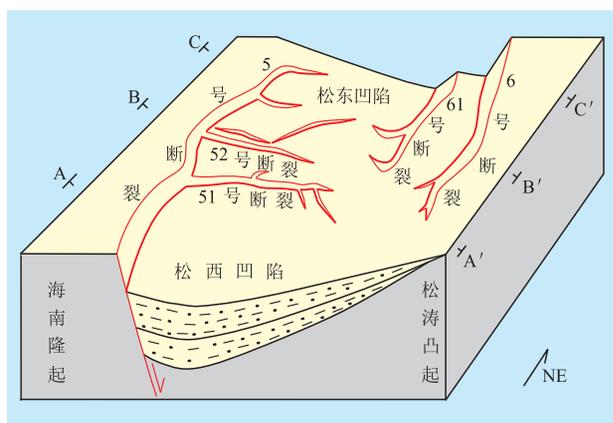


图2 琼东南盆地北部基底断裂组合关系

### 2.2 构造变换带特征

从研究区基底断裂组合关系(图2)可以看出,5号断裂控制松西凹陷沉积,由单支主干断层逐渐分叉出2条相对较大的近东西走向的分支断裂——51号和52号断裂,在分支断裂上继续发育多条小型分支断层,随着断裂活动的逐渐减弱消失在构造变换

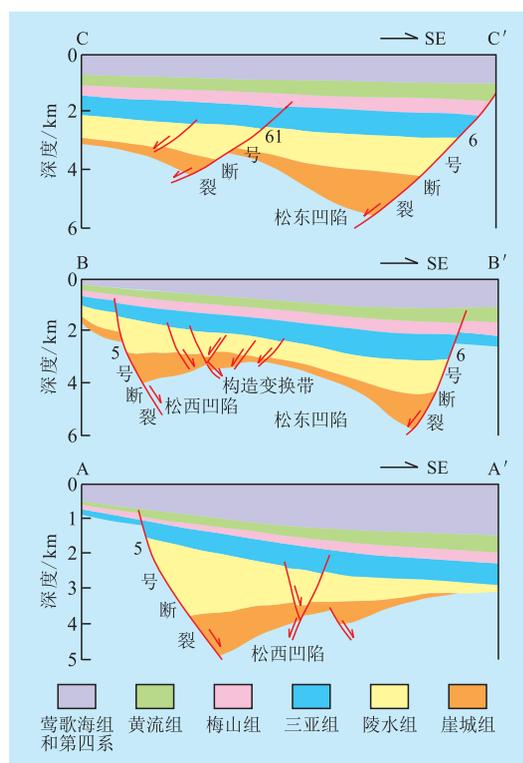


图3 琼东南盆地北部构造变换带地质剖面

带上;6号断裂控制松东凹陷沉积,规模相对较小,在断裂末端分叉成几支较小断层,并且活动强度很快减小,同样是消失在构造变换带上。由此可见,5号和6号主干断裂不是直接通过变换断层相连,而是通过分支断层和扭转断层走向来实现变换断层的调节作用,继而达到位移和应变平衡形成相向倾斜接力式构造变换带。

分析BB'剖面5号和6号主干断裂活动速率认为,断裂之间差异的活动速率也是控制位移和应变平衡的因素之一。在古近系崖城组、陵水组裂陷沉降期,5号和6号断裂平均活动速率均大于100 m/Ma,分别为167.1和127.6 m/Ma,51号和61号断裂平均活动速率均小于100 m/Ma,分别为89.6和77.8 m/Ma,52号断裂活动速率明显变小,平均仅为16.9 m/Ma(表1)。在裂陷沉降期凹陷之间发生构造变形必然会使断块之间出现拉张量的差异,这些差异主要表现在断层之间活动速率的差异,从而形成了位移

表1 琼东南盆地北部主干断裂活动速率 m/Ma

边界 断裂	崖城组		陵水组		平均 速率
	二段	一段	三段	二段	
5号	158	179.6	124	194.4	167.1
51号	43.2	55.6	50.8	145.6	89.6
52号	41.2	20.8	6.8	10.4	16.9
6号	138.6	149.5	106.3	114.2	127.6
61号	42.6	65.8	52.6	125.7	77.8

和应变平衡的构造变换带。

### 3 油气地质意义

构造变换带是构造演化过程中形成的变形区带,通常是油气聚集成藏的有利部位<sup>[14]</sup>。世界上大多数断陷盆地的油气富集区主要分布在构造变换带中,在中国松辽盆地、渤海湾盆地也发现了大量与构造变换带有关的大型油气田和含油气圈闭<sup>[15-17]</sup>。

#### 3.1 控制储集体和烃源岩的分布

构造变换带对古水系位置、沉积相类型和分布具有控制作用,主要是因为边界断裂上升盘为隆起区,与下降盘地形高差较大,而在变换带处,断层垂直落差相对小、地势相对平缓,水系多利用此处较低的地形作为物源通道进入盆地,沿着变换带向凹陷中心运移,发育三角洲、近岸水下扇和浊积扇等有利沉积相。值得注意的是,由于海南隆起和松涛凸起之间地势、面积及气候等存在差异,沉积相分布及规模主要是受海南隆起物源的控制<sup>①</sup>。来自海南隆起的万泉河水系携带碎屑物质沿着5号主干断裂末端进入盆地,在构造变换带发育规模较大、延伸较远的三角洲扇体,受波浪作用在前三角洲发育浊积扇,在5号断裂下降盘发育以砂砾岩为主的近岸水下扇沉积,可以形成三角洲、近岸水下扇、浊积扇和浅海相泥岩组合的有效储盖组合(图4)。来自松涛凸起的松涛水系在6号断裂末端进入盆地,其发育的三角洲规模远小于万泉河水系。另外,构造变换带局部会出现断层交汇叠置,断层活动产生次生裂缝,从而改善了储集体的物性。

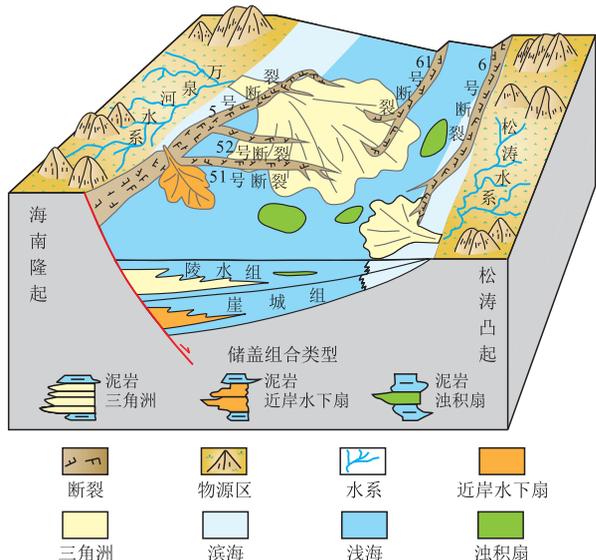


图4 琼东南盆地北部构造变换带沉积模式

在烃源岩方面,构造变换带在断陷期断层活动性强,构造沉降速率大,有利于在半地堑低势区沉积泥岩,发育良好的浅海相烃源岩。在松东凹陷北部ST24-1-1井古近系浅海相地层井壁取心样品中发现了有机质丰度较高的烃源岩,有机碳含量为0.5%~1.5%,平均值为1.0%,在岩屑观察中也发现了煤屑或炭质泥岩,按照中国烃源岩评价标准<sup>[18]</sup>属于中等—好烃源岩;同时在松西凹陷周缘钻探的Y9和BD15-3-1井等见到油气显示,也证实了浅海相烃源岩具有较强的生烃能力。

#### 3.2 控制圈闭和运移条件

琼东南盆地北部构造变换带是断裂系统错综复杂的区带,断裂多分支并且断层走向多变,配合构造变换带对优质储集岩的富集作用,使之有利于发育构造或构造-岩性圈闭,为油气聚集提供良好的圈闭和保存条件<sup>[19]</sup>。例如51号和52号断裂之间的构造高部位靠断层反向遮挡形成构造圈闭;另外,61号断裂下盘砂岩与上盘泥岩匹配,对油气侧向运移有较强的遮挡作用,从而形成上倾断层封堵、下倾尖灭的构造-岩性圈闭(图5)。在油气运移条件方面,构造变换带处于区域构造相对高部位,是油气运聚成藏的有利场所<sup>[20]</sup>。断裂系统、地层不整合面及渗透性砂体构成了油气运移的输导体系,其中长期活动的主干断裂是纵向沟通凹陷深部烃源岩的油源断裂,深部油气可经油源断裂直接向上垂向运移,而陵水组顶面不整合面和相互连通的三角洲砂岩则构成油气侧向运移的主要通道,油气在断裂附近被相对高部位的相关圈闭捕获并聚集成藏(图5)。

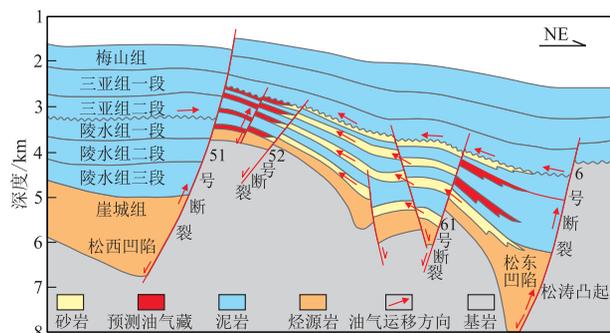


图5 琼东南盆地北部构造变换带油气成藏模式

## 4 结论

琼东南盆地松东、松西凹陷断裂发育,构造复

①杨希冰,孙文钊,朱其,等.松涛宝岛区井位研究.中海石油(中国)有限公司湛江分公司,2010.

杂,两者之间发育相向倾斜接力式构造变换带,具有5号、6号主干断裂相向倾斜、末端部分叠置的构造特征;该构造变换带的位移和应变平衡主要是通过主干断裂分支断裂、扭转断层走向和改变断裂活动速率来实现的。在盆地断陷早期形成了构造变换带与海南隆起物源剥蚀区、松东—松西凹陷沉积中心相间分布的古地理格局,这一古地理格局控制着构造变换带发育三角洲、近岸水下扇等储集岩和浅海相烃源岩,同时也控制着构造或构造-岩性圈闭的形成和油气运移成藏过程。因此,位于构造变换带内的构造或构造-岩性圈闭是油气富集的有利部位。

#### 参考文献:

- [1] Dahlstorm C D A. Structural geology in the eastern margin of the Canadian Rocky Mountain[J]. Bulletin of Canadian Petroleum Geology, 1970, 18(3): 332-406.
- [2] 汪新伟,汪新文,马永生. 准噶尔盆地南缘褶皱-冲断带的构造变换带特征[J]. 石油与天然气地质, 2007, 28(3): 345-354, 394.
- [3] 刘磊,张光亚,侯连华,等. 准噶尔盆地西北缘红山嘴及邻区构造变换带与油气成藏关系[J]. 现代地质, 2009, 23(4): 607-615.
- [4] 杨贵丽. 济阳凹陷青东凹陷构造格局及构造演化[J]. 油气地质与采收率, 2011, 18(1): 7-10.
- [5] 方旭庆,蒋有录,石砥石. 济阳坳陷沾化地区断裂特征及其与成藏要素和油气分布的关系[J]. 油气地质与采收率, 2012, 19(2): 1-4.
- [6] 邱桂强,王勇,熊伟,等. 济阳坳陷新生代盆地结构差异性研究[J]. 油气地质与采收率, 2011, 18(6): 1-5.
- [7] 漆家福. 裂陷盆地中的构造变换带及其石油地质意义[J]. 海相油气地质, 2007, 12(4): 43-50.
- [8] 梁锋,范军侠,李宏伟,等. 大港油田板桥凹陷构造变换带与油气富集[J]. 古地理学报, 2008, 10(1): 73-76.
- [9] 朱继田,裴健翔,孙志鹏,等. 琼东南盆地新构造运动及其对晚期油气成藏的控制[J]. 天然气地球科学, 2011, 22(4): 649-656.
- [10] 龚再升,李思田,谢泰俊,等. 南海北部大陆边缘盆地分析与油气聚集[M]. 北京: 科学出版社, 1997.
- [11] 陈书平,漆家福,王德仁,等. 东濮凹陷断裂系统及变换构造[J]. 石油学报, 2007, 28(1): 43-49.
- [12] Morley C K, Nelson R A, Patton T L, et al. Transfer zones in the East African rift system and their relevance to hydrocarbon exploration rifts[J]. AAPG Bulletin, 1990, 74(8): 1 234-1 253.
- [13] Faulds J E, Varga R J. The role of accommodation zones and transfer zones in the regional segmentation of extended terranes [C]// Faulds J E, Stewart J H. Accommodation zones and transfer zones: The regional segmentation of the basin and range provinces. America: Geological Society Paper, 1998: 1-45.
- [14] Rawling G C, Goodwin L B, Wilson J L. Internal architecture, permeability structure, and hydrologic significance of contrasting fault-zone types[J]. Geological Society of America Bulletin, 2001, 29(1): 43-46.
- [15] 胡望水. 裂谷盆地转换构造及其石油地质意义[J]. 国外油气勘探, 1991, 6(2): 145-154.
- [16] 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.
- [17] 余一欣,周心怀,魏刚,等. 渤海湾地区构造变换带及油气意义[J]. 古地理学报, 2008, 10(5): 555-560.
- [18] 黄保家,李绪深,王振峰,等. 琼东南盆地深水区烃源岩地球化学特征及天然气潜力[J]. 中国海上油气, 2012, 24(4): 1-7.
- [19] 于海波,王德英,牛成民,等. 层序-构造对黄河口凹陷新近系油气分布及成藏的控制作用[J]. 油气地质与采收率, 2012, 19(6): 42-46.
- [20] 张琴,朱筱敏,董国栋,等. 南苏门答腊盆地构造演化对沉积演化及成藏条件的控制[J]. 油气地质与采收率, 2013, 20(1): 16-19.

编辑 经雅丽

欢迎广大科技人员踊跃投稿