

文章编号: 1001-6112(2009)05-0485-05

过渡动力学背景下的张扭性断陷

——以珠江口盆地惠州凹陷古近纪断陷为例

于水明¹, 施和生¹, 梅廉夫², 舒 誉¹, 吴建耀¹

(1. 中海石油(中国)有限公司 深圳分公司, 广州 510240; 2. 中国地质大学 资源学院, 武汉 430074)

摘要: 通过断陷结构、构造特征研究及与已有的物理模拟实验结果对比分析, 论证了珠江口盆地惠州凹陷古近纪断陷具有典型的张扭性断陷性质, 表现为其具有典型的斜列式结构特征, 构成断陷的基本要素(如断陷内的洼陷、低凸起、边界断层等)均呈斜列式展布。推测其形成机制主要受主伸展应力方向与基底构造走向斜交控制, 从而沿断陷走向产生走滑分量, 进而使断陷具有张扭性特征。

关键词: 古近纪; 张扭性断陷; 斜列式结构; 惠州凹陷; 珠江口盆地

中图分类号: TE121.2

文献标识码: A

ANALYSIS OF TENSE-SHEARING CHARACTERISTICS OF HUIZHOU PALEOGENE FAULT DEPRESSION IN PEARL RIVER MOUTH BASIN

Yu Shuiming¹, Shi Hesheng¹, Mei Lianfu², Shu Yu¹, Wu Jianyao¹

(1. Shenzhen Branch, CNOOC, Guangzhou, Guangdong 510240, China;

2. Faculty of Earth Resources, China University of Geosciences, Wuhan, Hubei 430074, China)

Abstract: Tense-shearing characters of the Huizhou Paleogene Fault Depression in the Pearl River Mouth Basin has been proved by analyses of rift construction, tectonic characteristics and comparing with physical simulation results. Sub-sags, low uplifts and faults are usually en echelon-distributed in the Huizhou Paleogene Fault Depression, which is the typical character of tense-shearing rift. It is mainly formed by oblique intersecting between principal extensional stress and base structural strike. When principal extensional stress is oblique with base structural strike, strike-slipping is produced and tense-shearing characters of fault basin are formed.

Key words: Paleogene; tense-shearing fault depression; en echelon construction; Huizhou Sag; Pearl River Mouth Basin

张扭性断陷是指在拉张和剪切复合作用下形成的一种断陷^[1~6]。其既不同于典型的拉张断陷, 也不同于典型的走滑盆地, 而是两者之间过渡动力学背景下的产物。笔者试图通过对珠江口盆地惠州凹陷古近纪断陷结构、构造特征的研究, 阐述其为典型的张扭性断陷, 并对其形成机制进行探讨。

1 区域地质概况

珠江口盆地惠州凹陷位于南海北部珠 I 坳陷内(图 1), 其北靠北部断阶带, 南达中央隆起带的东沙隆起, 东西分别与惠陆低凸起和西江凹陷相临, 呈北东走向。面积约 10 000 km², 基底最大埋

深近 10 000 m。惠州凹陷以 T7 地震反射层为界, 具有下断上坳的双层结构和下陆上海的沉积特点^[7~11], 其在古近纪为断陷结构, 沉积了一套陆相砂泥岩地层; 在新近纪断陷特征基本消亡, 为坳陷结构, 沉积了一套披覆式海相地层。到目前为止, 在新近系海相地层中已发现多个油气田, 但古近系勘探程度较低, 亦没有发现油气田, 研究工作尚属起步阶段, 因此对于断陷性质及特征等方面的基础研究就变得十分重要。

2 断陷基本结构特征

惠州凹陷古近纪断陷总体呈北东东向带状展

收稿日期: 2008-04-02; 修订日期: 2009-09-01。

作者简介: 于水明(1972—), 男, 博士, 主要从事石油地质与油气勘探研究工作。E-mail: yushm@cnooc.com.cn。

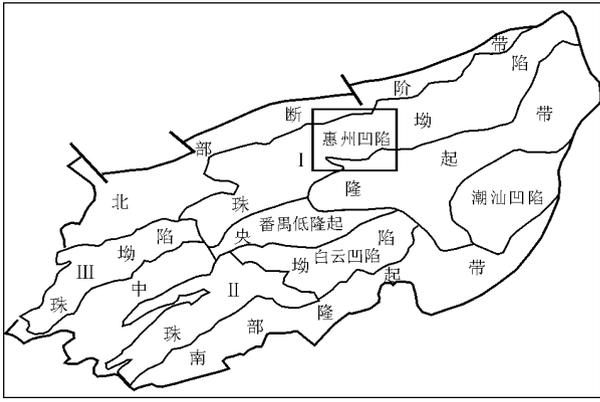


图 1 珠江口盆地惠州凹陷区域位置

Fig. 1 Regional location map of Huizhou Sag, the Pearl River Mouth Basin

布,西窄东宽。断陷边界受雁列式断层控制,断层对断控制洼陷的发育,断层相背则控制低凸起的形成。总体具有“东西分区、南北分块、隆凹相间斜列展布”的空间特征。本次研究将惠州凹陷古近系划分为 7 个一级构造单元(图 2~4),包括 5 个负向构造单元和 2 个正向构造单元。5 个负向构造单元包括惠西洼陷、惠南洼陷、惠北洼陷、惠东洼陷和陆西洼陷;2 个正向构造单元包括惠中低凸起和惠东低凸起。

各个洼陷内古近系沉积厚度较大,是烃源岩的发育区。其中,惠西、惠北和陆西洼陷均受南北两侧边界断层控制,形成复式地堑系统;惠南和惠东洼陷受一侧边界断层控制,形成半地堑系统。2 个低凸起上古近系较薄,断陷形成初期一直是局部分割洼陷的古隆起带;断陷中晚期由于水体扩大,才

在其上沉积了较薄的古近系地层。

该断陷重要特征之一是断陷结构比较复杂,并不是一个简单的半地堑或地堑,而是多个洼陷组合的复式系统(图 3)。各洼陷被低凸起部分分割,洼陷与洼陷之间呈斜列式展布,洼陷沿走向与低凸起对接,低凸起亦呈斜列式展布。

该断陷重要特征之二是边界断层之间转换带发育。本次研究识别了 5 个转换带(图 2),其中南部边界发育 3 个,北部边界发育 2 个。该区已有钻井证实这种边界断层之间的转换带基本是断陷的物源区,也是重要的砂体发育区。

该断陷重要特征之三是断层发育具有不同一般断陷的特征(图 2~4):边界断层呈右旋斜列式展布,断层的发育基本控制了断陷的形成和发育,因此由于控边断层的斜列才导致了各洼陷的斜列分布;断层平面和剖面上的组合有较强的规律性,断层总是以地堑式断层组或半地堑式断层组出现。这些断层组控制了各洼陷的形成,剖面上断层也成组出现。正是这些空间上的地堑式和半地堑式断裂系统控制了断陷结构的格局。

3 断陷张扭性性质依据

一般而言,断陷性质及断陷形成的动力学环境决定了断陷的形成和演化,从而也决定了断陷的空间结构特征。本次研究主要将 Mcclay^[12] 等人所做的物理模拟实验结果同研究区断陷结构特征进行对比,证明惠州凹陷古近纪断陷是典型的张扭性断陷。

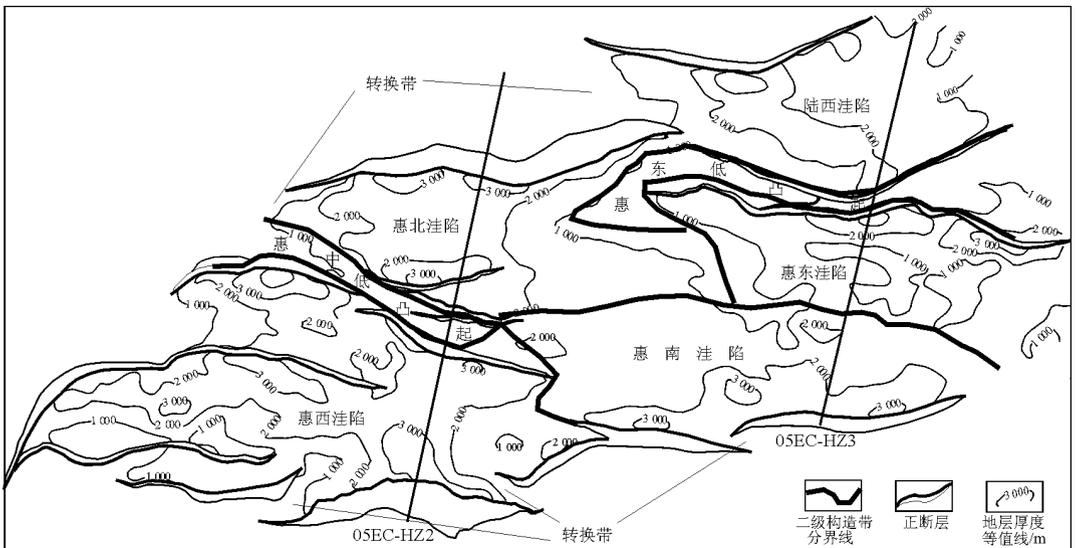


图 2 珠江口盆地惠州凹陷古近系地层残余厚度与 Tg 断层叠合

Fig. 2 Overlapped map of stratigraphic residual thickness of Paleogene and fault distribution of Tg, the Huizhou Sag, the Pearl River Mouth Basin

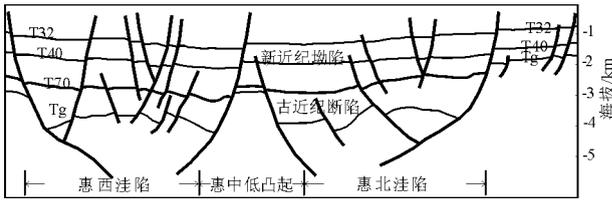


图 3 珠江口盆地惠州凹陷 05EC—HZ2 地震地质剖面
Fig. 3 Seismic-geology interpretation profile of line 05EC-HZ2 in the Huizhou Sag, the Pearl River Mouth Basin

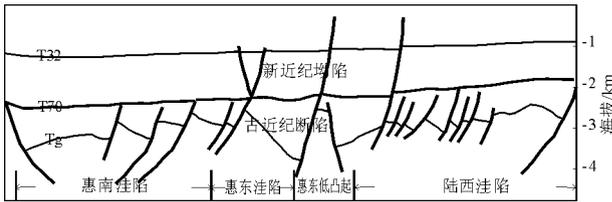


图 4 珠江口盆地惠州凹陷 05EC—HZ3 地震地质剖面
Fig. 4 Seismic-geology interpretation profile of line 05EC-HZ3 in the Huizhou Sag, the Pearl River Mouth Basin

3.1 实验方法

实验是在变形设备(大小为 120 cm×60 cm×7.5 cm)上进行的(图 5)^[11]。模型是由一个 7.5 cm 厚的沙层及在其下面的一个固定在 2 个铝片间的 10 cm 宽的由橡皮组成的基底拆离层构成。其中,实验所用砂岩是机械筛选的 2~3 mm 的白色及彩色干燥石英砂(平均粒径为 100 μm)。橡皮层或相互平行,或由单个基底转换断层分割。底板轴设定为与拉张方向的夹角从 90°(正交模型)到 45°(斜交模型)。变形是通过由发动机驱动的螺旋装置,以固定移动速率(4.16×10^{-3} cm/s)移动 2 块边界钢板来获得。按垂直裂谷轴的方向测量,模型被拉

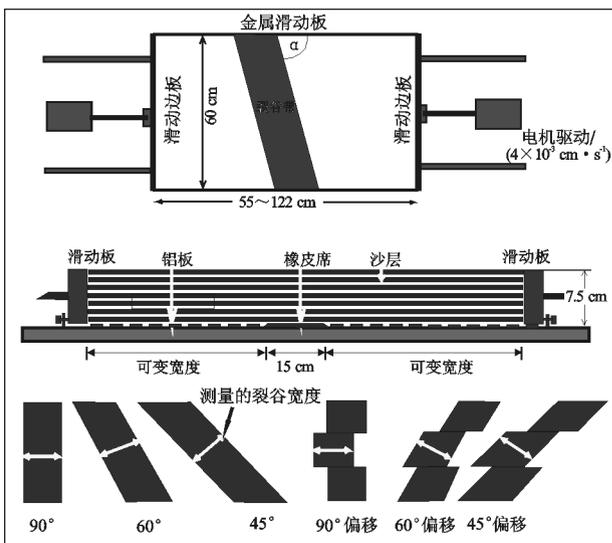


图 5 模拟实验设备及模型^[11]

Fig. 5 Analog experimental equipment and model^[11]

伸的增长量从 0.25 到 7.50 cm,顶部由 35 mm 相机来记录。每 2 cm 的变形后,调节空间就被白色和红色砂岩交互层充填来模拟同裂谷沉积。对于每一种类型的模型,重复实验至少 2 次以确保结果的准确性,并且允许切水平和垂直剖面图。

3.2 正交、斜交模拟实验结果对比分析

正交裂谷模型(图 6)^[11]:伸展带模型垂直于拉张方向,模型受纯张应力。变形具有以下特征:模型发育地堑,中部发育中央地垒带,地堑与地垒贯穿整个裂谷系统,较长的平直断层发育,走向一致,近平行于地堑长轴方向,近垂直于裂谷的拉张方向,未出现转换带或具有走滑性质的转换断层。沉积中心沿裂谷走向无明显变化。总体断陷具有一定程度的对称性。

斜交 60°裂谷模型(图 6)^[11]:同正交裂谷模型不同,在斜交裂谷模型中,伸展带模型斜交于拉张方向,与拉张方向呈 60°夹角。因此模型受张扭性应力作用,除了垂直于伸展带产生拉张应力分量外,沿伸展带方向还存在剪切应力分量,同正交裂谷模型的只受垂直伸展带方向的张应力情况完全不同,因此两者的模拟结果亦有显著差别,形成鲜明对比。斜交 60°裂谷实验的变形具有以下特征:模型中主要发育半地堑,但也有地堑发育。半地堑、地堑规模较小,范围局限,裂谷内地垒、半地垒发育,斜列式展布,不具有贯穿性。雁列或斜列式断裂系统发育,部分主控断层呈弧形特征,断层走向与裂谷长轴方向呈一定角度。裂谷内发育各种类型的转换带,尤其在主控断层斜列的结合部,同向调解带发育。沉积中心不统一,沿裂谷走向出现多个沉积中心,呈斜列式沿盆地长轴展布。总体断陷不具有明显对称性。

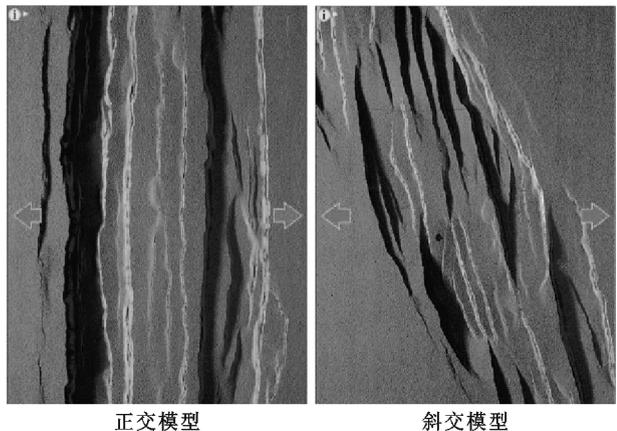


图 6 正交和斜交裂谷模型实验结果对比^[11]

Fig. 6 Comparison between orthogonal rift model and oblique rift model^[11]

以上正交、斜交裂谷模型可以分别看作是纯张性和张扭性应力场下形成的断陷理论模型。当然，斜交裂谷模型中裂谷长轴与拉张方向的夹角在不同地区可能不同。应用以上基本理论模型就可以确定实际断陷基本性质。

3.3 同斜交 60°裂谷模型模拟结果对比分析

通过将惠州断陷 Tg 构造图与斜交 60°裂谷模型模拟结果对比分析(图 7)，可以看出两者相似程度很大。1)两者的总体走向均为北东向，整体断陷形态、构造格局十分相似。2)主控断裂均呈斜列式展布，部分断层平面上具有弧形特征，主断裂叠覆处均发育转换带。3)两者地堑、半地堑、地垒等发育，且均为斜列式展布，其中惠州断陷的惠北洼陷、

惠南洼陷、惠东洼陷、陆西洼陷及惠中、惠东低凸起等构造单元均可在模型中找到相应位置，但惠西洼陷与模型存在一定差别。总之，通过对比可以清晰地看出：惠州断陷同斜交 60°裂谷模型模拟结果极为相似，是自然界中发育的典型张扭性断陷。

4 断陷张扭性动力学机制分析

尽管对于南海及周缘盆地的成因解释存在各种观点，珠江口古近纪为伸展断陷却是共识。那么，形成惠州凹陷古近纪张扭性断陷的机制可能由于主伸展应力方向与基底构造北东向斜交而形成。

前人研究成果(图 8)表明，珠江口盆地基底发育 2 组断层，方向分别为北东向和北西向，其中北

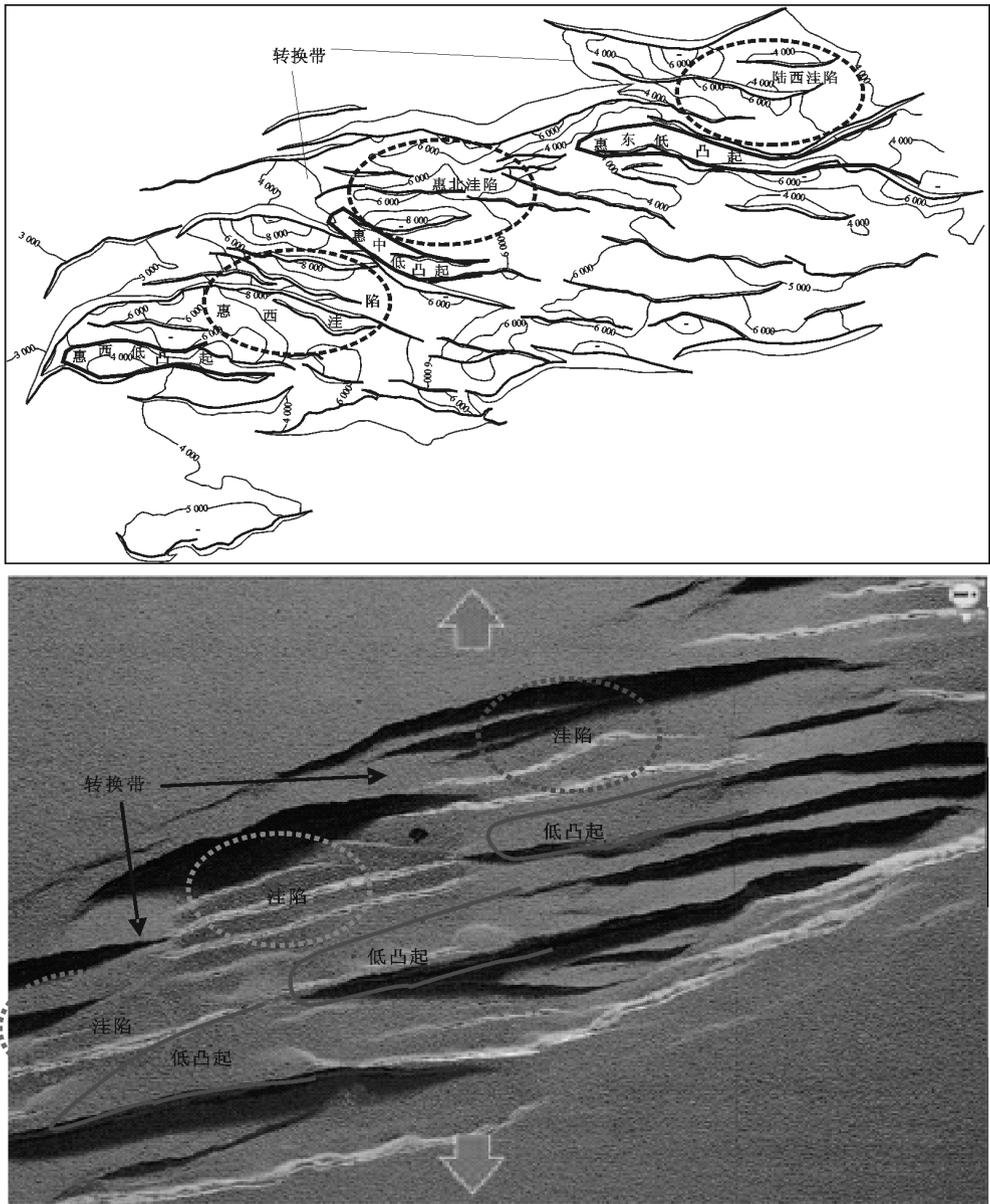


图 7 珠江口盆地惠州凹陷 Tg 构造图与斜交实验结果对比

Fig. 7 Comparison between structural map of Tg of the Huizhou Sag and oblique rift model

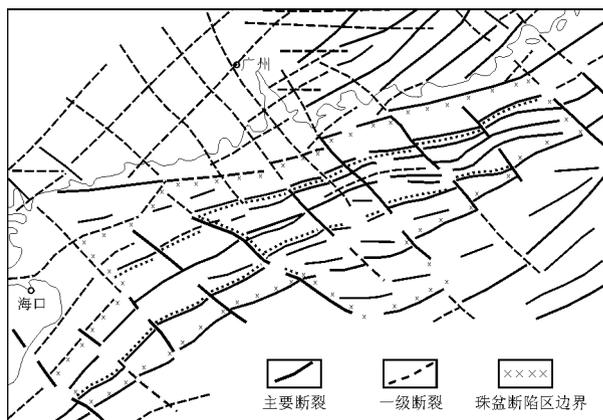


图8 珠江口盆地基底断裂分布

Fig. 8 Distribution of faults of Tg in the Pearl River Mouth Basin

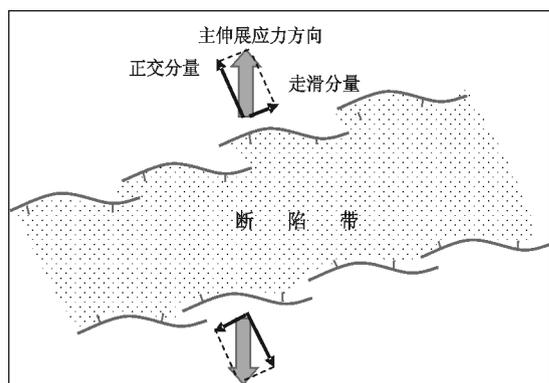


图9 珠江口盆地惠州凹陷古近纪断陷形成应力机制分析

Fig. 9 Stress forming mechanism map of the Huizhou Paleogene Fault Depression in the Huizhou Sag, the Pearl River Mouth Basin

东向断层特征清晰,北西向多为隐伏性断裂。这2组基底断裂基本为基底卷入型,将珠江口盆地基底切割成许多块体,但这些块体主体构造走向为北东向。珠江口盆地形成前,基底的这种结构特征对古近纪断陷的形成具有十分重要的作用。由于基底北东向的基本结构,推测当近南北向(或北北西向)的主伸展应力方向与北东向的基底构造格局方向斜交时(图9),主伸展应力可分解为北北西向的

正交分量和北东东向的走滑分量,正交分量导致北东东向断陷形成,走滑分量作用于断陷边部,形成右旋雁列式(斜列式)边界正断层组合,从而最终形成惠州张扭性断陷。

5 结论及建议

惠州凹陷古近纪断陷是典型的张扭性断陷。张扭性断陷具有典型的斜列式结构特征,洼陷、低凸起、边界断层均呈斜列式展布,同时转换带发育。该类断陷其沉积、构造与典型的半地堑及地堑不同,推测其成藏特征存在较大差别,勘探工作也应分别对待。

参考文献:

- 1 李思田,解习农. 沉积盆地分析基础与应用[M]. 北京:高等教育出版社,2004
- 2 林畅松,刘景彦,张燕梅. 沉积盆地动力学与模拟研究[J]. 地学前缘,1998,5(S1):119~125
- 3 姜华,王华. 珠江口盆地珠三拗陷断层特征及其对油气成藏的控制作用[J]. 石油实验地质,2008,30(5):460~466
- 4 Dickinson W R. Basin geodynamics[J]. Basin Research,1993,(5):195~196
- 5 Miall A D. Principles of sedimentary basin analysis[M]. New York: Springer-Verlag, 1990
- 6 张树林,费琪,叶加仁. 断陷盆地边缘凹陷类型及其成因[J]. 石油实验地质,2007,29(1):47~51
- 7 李平鲁. 珠江口盆地新生代构造运动[J]. 中国海上油气(地质),1993,7(6):11~17
- 8 茹克. 裂陷盆地的半地堑分析[J]. 中国海上油气(地质),1990,14(6):1~10
- 9 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
- 10 江德昕,杨惠秋. 珠江口盆地早第三纪油源岩形成环境[J]. 沉积学报,2000,18(3):469~455
- 11 朱俊章,施和生,舒誉等. 珠江口盆地烃源岩有机显微组分特征与生烃潜力分析[J]. 石油实验地质,2007,29(3):301~306
- 12 McClay K R, Dooley T, Whitehouse P, et al. 4-D evolution of rift systems: Insights from scaled physical models[J]. AAPG Bulletin,2002,86: 935~959

(编辑 韩 或)