

莺歌海盆地成因及其大地构造意义

钟志洪^{1,2)} 王良书¹⁾ 夏 斌²⁾ 董伟良³⁾ 孙 珍⁴⁾ 施央申¹⁾

1) 南京大学地球科学系, 210093; 2) 中国科学院广州地球化学研究所, 510640

3) 中国海洋石油有限公司研究中心, 北京, 100027; 4) 中国科学院南海海洋研究所, 广州, 510301

内容提要 莺歌海盆地位于南海西北部, 属 NW 走向红河断裂带向南海海域的延伸。本文通过对盆地结构、沉降特征和构造-沉积迁移过程的研究, 提出莺歌海盆地在始新世—早渐新世期间属左旋扭张性断陷盆地, 晚渐新世—早中新世的盆地演化阶段受到红河断裂带的左行剪切运动影响。莺歌海盆地的形成和演化历史反映了印藏板块碰撞过程对南海形成演化的影响历史。

关键词 莺歌海盆地 构造-沉积迁移 扭张性断陷盆地 南海形成演化

莺歌海盆地位于印支半岛与南海北部大陆架交接区, 属红河断裂带在海域的延伸部位(图1)。茹克(1988)认为莺歌海盆地是受 NWW-SEE 及 NW-SE 方向的左行张剪应力场作用, 沿 NW 向里德尔剪切发育的盆地。张启明等(1997)、孙家振等(1995)、龚再升等(1997)和李思田等(1998)认为盆地是在右行走滑应力场作用下沿 NW 向断裂拉分形成的走滑-伸展盆地。丁中一等(1999)提出, 莺歌海盆地是与南海两期海底扩张作用有关的、符合 McKenzie 模型(1978)的拉张盆地。以上对莺歌海盆地成因机制的认识存在较大差异, 其焦点是红河断裂带对盆地形成和演化的影响程度及影响方式。在大陆区的研究表明, 红河断裂带在古近时期经历了左旋走滑作用(Leloup et al., 1995; 张连生等, 1996), 在上新世至第四纪期间则主要发生右旋走滑运动(Allen et al., 1984; Leloup et al., 1995)。红河断裂带延伸进入南海之后, 其运动学特征是否存在显著的变化? 越南东京湾(Tonkin gulf, 即我国北部湾)研究表明, 晚渐新世以后红河断裂带在该区的左旋走滑位移量仅几十千米(Rangin et al., 1995a), 远远小于红河断裂带 700±200 km 的总位移量(Leloup et al., 1995)。

本文在近年来对莺歌海盆地油气勘探中所取得的资料基础上, 通过对盆地结构、沉降特征和构造-沉积迁移作用的研究, 讨论了莺歌海盆地的成因机

制及其大地构造意义。

1 莺歌海盆地基本结构

1.1 断裂和断陷特征

莺歌海盆地的走向和断陷形态主要受到 NW、NNW 和近 SN 走向的基底断裂带控制(图1)。这些基底断裂带在第三纪的活动形成了两个长轴走向 NW 的拗陷, 分别为河内拗陷和莺歌海拗陷。

在河内拗陷, NW 走向的基底断裂带为红河断裂带的延伸。这些 NW 走向断裂带不仅是拗陷带的主要边界断裂带, 而且是拗陷内部的基底主断裂带, 拗陷带第三纪盖层的沉积作用和变形作用均明显地受 NW 走向的断裂带控制。沿 NW 走向的基底断裂带, 发育了大量与其斜交的 NNW 和 EW 走向的次级断层及沉积中心(Rangin et al., 1995a)。

莺歌海拗陷是莺歌海盆地的主体拗陷, 其构造结构表现为受 NW 走向和近 SN 走向边界断裂带控制的大型菱形断陷, 长:宽比约 2.5:1。NW 走向的 1 号断裂带和马江断裂带分别构成莺歌海拗陷(东)北部和中南部的边界断裂带, 近 SN 走向的莺西断裂带和知尊地垒(Qui Nhon ridge)(Roques et al., 1997)两侧边界断裂带为莺歌海拗陷的西部和东部边界断裂带。拗陷带内部基底断裂走向主要为 NNW、近 SN 和 NE 走向, 这些断裂与 NW 走向的 1

注:本文为中国科学院知识创新项目(编号 Kzcx2-SW-117, KZCX2-209-05)和南海海洋研究所边缘地质与古环境开放室基金项目(编号 BYH00-04)资助的部分成果。

收稿日期:2002-12-01; 改回日期:2003-03-13; 责任编辑:郝梓国, 任希飞。

作者简介:钟志洪, 男, 1970年生。2000年于南京大学地球科学系博士毕业, 现在中国科学院广州地球化学研究所从事博士后研究工作。

Email: zhongzh@gig.ac.cn.

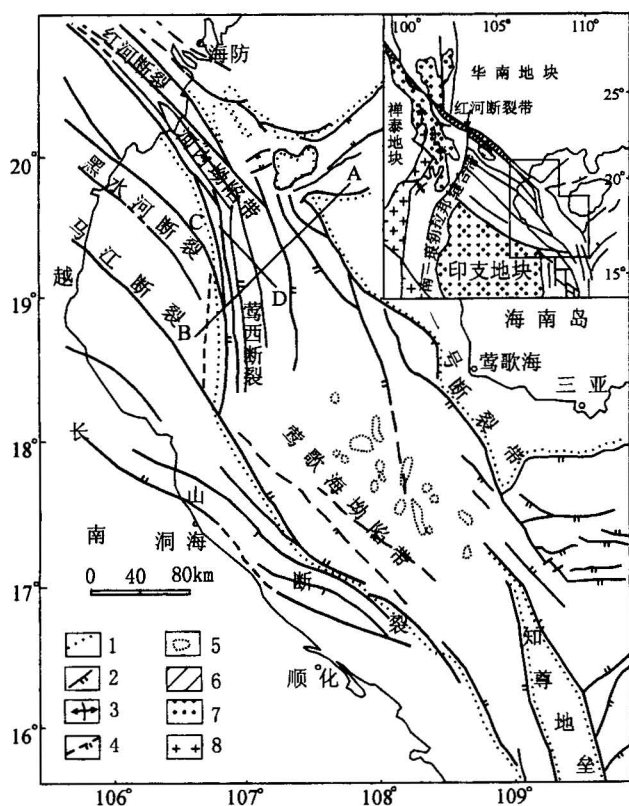


图1 莺歌海盆地构造格架

Fig. 1 Tectonic frame of the Yinggehai basin

1—古近纪盆地边界;2—断层;3—褶皱;4—推测断层;5—地震异常体;6—变质岩带;7—中生代盆地;8—早古生代—三叠纪花岗岩;A-B与C-D分别为图2和图6所示的地震剖面的位置

1—Paleogene basin boundary; 2—fault; 3—fold; 4—suspected fault; 5—seismic anomaly; 6—metamorphic belt; 7—Mesozoic basin; 8—Early Paleozoic—Triassic granite; A-B and C-D show the positions of the seismic profiles in Fig. 2 and Fig. 6

号边界断裂带斜交。

莺歌海坳陷的西北部断陷结构表现为复杂地堑结构(图2),其基底沉降主要受相对倾斜的共轭断层系控制。盆地断层的主要活动期在始新世—早渐新世期间,始新统崖城组沉积层序内部发育的活动断层占剖面断层总数的76%;晚渐新世—早中新世期间的活动断层数量明显减少,陵水组—三亚组沉积层序中的活动断层占剖面断层总数的28%;自中中新世开始,盆地内部基本上无明显的活动断层发育,主要的活动断裂发育区从盆地内部迁移至一号断裂以东。

莺歌海坳陷东南部,由于新近系沉积层厚度大,古近系的构造特征在地震资料上揭示较少,因此其断陷结构特征尚不清楚。从盆地构造图分析(图1),坳陷整体上仍然表现为受马江边界断裂与一号边界

断裂限制的大型NW向地堑结构。从浅层发育的地震异常体走向判断,大型地堑内部可能被一些NNW、近SN和NE走向的断裂复杂化。

1.2 沉积和沉降特征

莺歌海盆地内部充填的新生代地层单元包括始新统、下渐新统崖城组、上渐新统陵水组、下中新统三亚组、中中新统梅山组、上中新统黄流组、上新统莺歌海组和第四系(图3)。始新统崖城组为一套由巨厚的陆相碎屑岩沉积体系(张启明等,1997)。海相沉积层序自晚渐新世开始发育。其中,上渐新统陵水组和下中新统三亚组在莺歌海盆地西北部以水体浅的滨海相沉积为主,而东南部则以浅海相沉积为主;中中新统梅山组至第四系的沉积相以浅海—半深海相沉积为主。

莺歌海盆地主要的沉降集中在盆地中部。该区的沉降过程大致可以分为三个阶段(图4):①沉降阶段1(50~30 Ma)盆地整体受断裂活动控制发生快速沉降;②沉降阶段2(30~10.5 Ma)盆地西北部与东南部的沉降特征存在明显分异,其中,盆地西北部经历了30~15.5 Ma的快速沉降阶段和15.5~10.5 Ma的缓慢沉降阶段,而盆地东南部则在30~10.5 Ma期间均处于快速沉降阶段。③沉降阶段3(10.5 Ma—现代)盆地经历了断裂活动不明显的快速沉降过程。显然,莺歌海盆地的沉降历史具有长期相对快速沉降的特征,盆地整体的缓慢沉降阶段缺失,这种沉降特征与典型的拉分盆地沉降(Biddle et al., 1985)类似。

2 盆地的构造-沉积迁移

莺歌海盆地始新世—早中新世的沉积中心具有朝ES方向迁移的特征,其中,各阶段的沉积中心展布与盆地构造变形之间具有如下特征:

始新世—早渐新世(图5),断层控制了盆地的沉降。始新统崖城组陆相沉积中心发育在盆地西北部的地堑构造内部。该地堑自北部的河内坳陷向南部的莺歌海坳陷呈喇叭式张开,沉积中心(4000~6000 m等厚线)受边界断层控制以NW走向为主,局部随构造走向变化转变为近SN走向。从地震反射特征分析,在近SN走向沉积中心发育的始新统崖城组沉积经历了褶皱变形(图6),说明近SN走向的边界断层具有一定的压性分量,它并非典型的正断层系统。此外,在断陷东部(图5),大量NE走向的次级断层也明显地影响了断陷沉积厚度的变化。

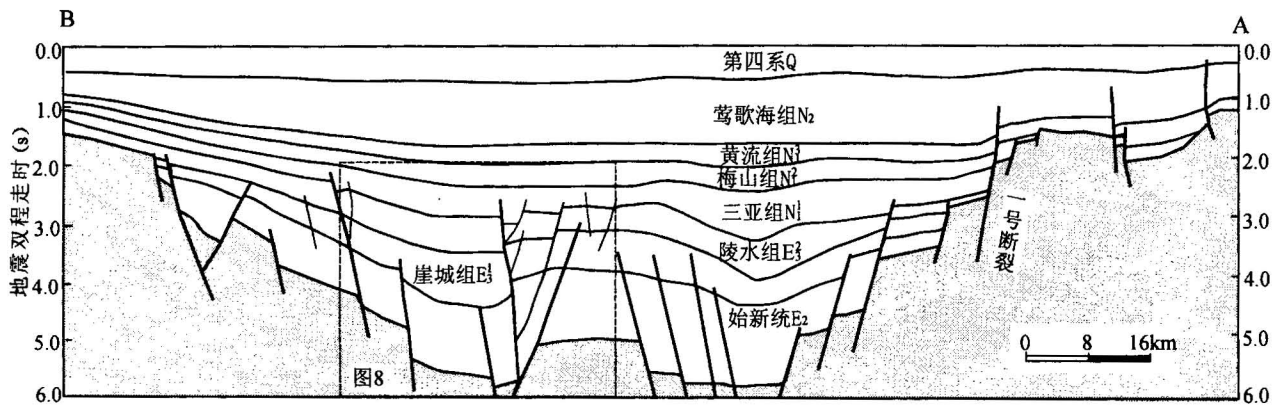


图 2 根据莺歌海坳陷西北部 SW-NE 向地震剖面解释的断陷结构

Fig. 2 Interpreted faulting structures from a SW-NE seismic profile traversing the northwest of the Yinggehai depression

虚线框内内容见图 8

The structures confined by dashed line is shown in Fig. 8

地 层	地 震 地 质 岩 性 沉 积	地 震 地 质 岩 性 沉 积	地 震 地 质 岩 性 沉 积	地 震 地 质 岩 性 沉 积
第四系	T20	1.9	半深海	浅海
上 新 统	莺歌海组	T30	5.5	滨海
上 中 新 统	黄流组	T40	10.5	半深海
中 中 新 统	梅山组	T50	15.5	浅海
下 中 新 统	三亚组	T60	21	滨海
下 新 统	陵水组	T70	30	陆相湖盆
始新统	崖城组	T80	38	

图 3 莺歌海盆地的沉积特征

Fig. 3 The sedimentary characteristics of the Yinggehai basin

晚渐新世(图7),盆地西北端自晚渐新世开始发育两个呈右阶排列的近 SN 走向短轴背斜构造(背斜 a 和 b)。过南部背斜 b 构造的地震剖面展示,背斜的西翼受断裂控制,该断裂在晚渐新世—早中新世期间发生了构造反转活动(图8),而背斜东翼发育同期地层的生长加厚现象。盆地西北端晚渐新世—早中新世期间发生的构造反转变形直接导致了该区的始新统崖城组沉积中心反转隆起和晚渐

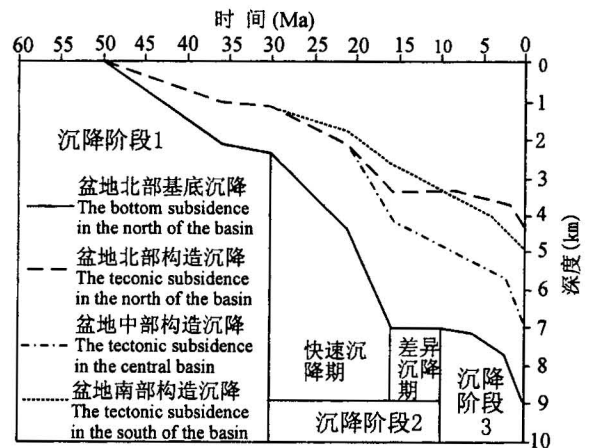


图 4 莺歌海盆地沉降特征

Fig. 4 Subsiding feature of the Yinggehai basin

新世沉积中心(3000~4000 m)快速迁移至盆地西南部。晚渐新世沉积中心的等厚线的长轴呈 NE 走向,滨海-浅海相沉积体系开始发育。

早中新世(图7),褶皱变形在盆地西北端持续发育,但是变形区的范围呈自西向东、自 N 向 S 扩展。在盆地东北部和西南部,三个近 SN 走向的短轴背斜构造(背斜 c、d 和 e)在早中新世期间开始发育,其中,三亚组沉积层序具有生长加厚现象。受褶皱变形范围扩展的影响,早中新世的沉积中心迁移至盆地中南部。该沉积中心(3000~4000 m)的面积扩大,总体走向 NNW,局部沉积中心呈 NE 走向和 NW 走向,其中的充填物主要为一套浅海—半深海相泥岩。

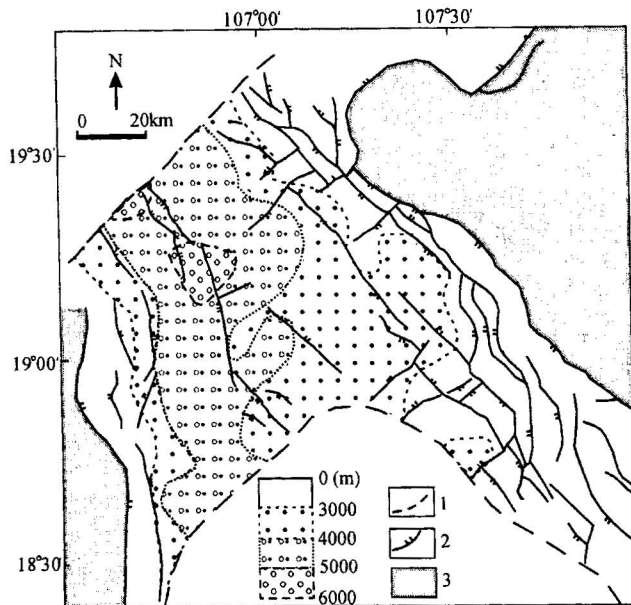


图 5 莺歌海盆地始新世—早渐新世沉积中心分布

Fig. 5 Depocenter distribution of Eocene—Early Oligocene in the Yinggehai basin

1—无资料区; 2—断层; 3—隆起

1—Area lack of data; 2—fault; 3—uplift

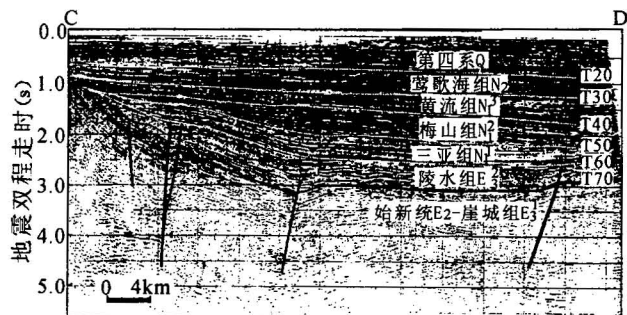


图 6 莺歌海盆地西北部挤压构造及其不整合剖面图

Fig. 6 A seismic profile in the northwest of the Yinggehai basin showing compressive structures and disconformity boundary

以上分析表明,莺歌海盆地早第三纪的沉积中心迁移过程与盆地西北部轴向近 S 北的褶皱变形自西向东、自 N 向 S 扩展过程相伴随。我们认为,莺歌海盆地西北部轴向近 SN 的反转构造变形是受西侧越南隆起相对于东侧海南隆起朝 ES 方向的发生水平位移控制的。越南隆起沿红河断裂发生左行剪切位移使莺歌海盆地西北端产生了局部的朝 SE 方向的侧向挤压力,从而促使该区沿近 SN 向断裂带发

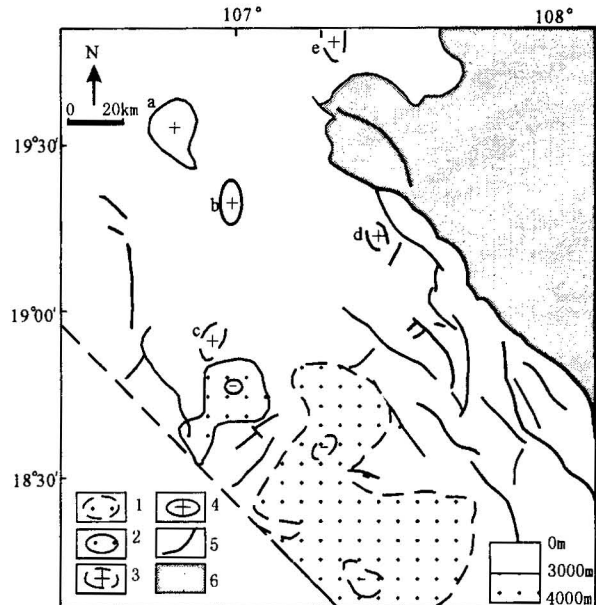


图 7 晚渐新世—早中新世反转隆起与沉降中心的迁移

Fig. 7 Inverse uplift and depocenter migration from Late Oligocene to Early Miocene

1—21~15.5Ma 沉降中心; 2—30~21Ma 沉降中心; 3—21~15.5Ma 反转背斜; 4—30~15.5Ma 反转背斜; 5—断层; 6—隆起

1—Depocenter between 21~15.5 Ma; 2—Depocenter between 30~21 Ma; 3—inversion anticline between 21~15.5 Ma; 4—inversion anticline between 30~15.5 Ma; 5—fault; 6—uplift

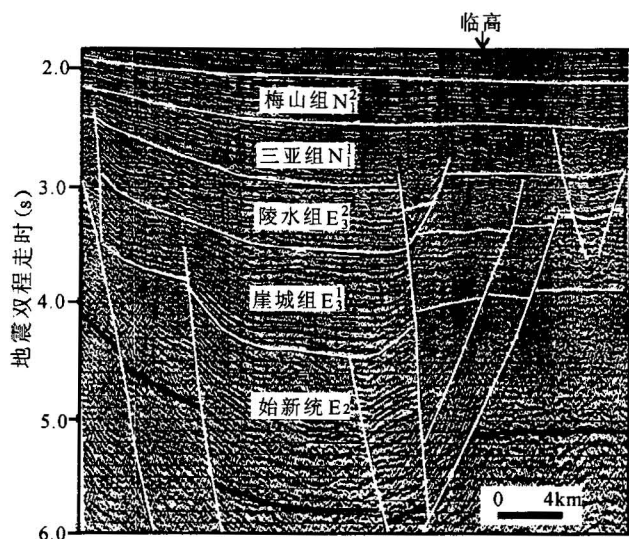


图 8 莺歌海坳陷西北部临高的构造反转

Fig. 8 Tectonic inversion in Lingao, northwest of Yinggehai depression
剖面位置见图2中的虚线框

The profile position is shown in Fig. 2 bounded by dashed line

生构造抬升和地层剥蚀(图6)。此外,这种侧向挤压构造力的随时间传播则使盆地西北部的反转背斜构造带在晚渐新世至早中新世期间发生了向 E 和向 S 方向的构造迁移(图7),其位移值在图7大致可以采用背斜 b 与背斜 c、d 之间的距离和陵水组与三亚组 NE 走向的沉积中心距离表示,约 53 ± 2 km。由于构造反转的幅度较低(图2,图8)及盆地沉积与沉降中心的一致性(龚再升等,1997),我们认为该位移量基本上能够反映越南隆起同期沿 NW 走向红河断裂带的左行走滑位移量。

3 盆地成因及其构造意义

3.1 盆地成因模式

莺歌海盆地形成期间处于印度—欧亚板块和太平洋—欧亚板块两个地球动力系统的联合作用之下。从晚白垩纪至现代,上述板块之间的会聚速率在古新世—始新世期间显著降低(郭令智等,2001),其中,印度—欧亚板块会聚速率的减小与这两大板块之间的碰撞活动有关。伴随碰撞造山作用,印支半岛西北部和东南部的构造特征存在较大的分异(参见图9右上角的小图)。印支半岛西北部因靠近缝合带,在始新世—早渐新世期间主要受 NE—SW 方向主压应力作用,沿断层及古缝合带发生扭压性变形。一些中生代红盆(如楚雄盆地、兰坪盆地、思茅盆地等)内部的晚白垩纪—古新世红层均发生轴向为 NW 或者近 SN 走向的褶皱及推覆作用(Tapponnier et al., 1990; Leloup et al., 1995)。在印支半岛东南部,印支地块顺时针旋转运动及越南北部多条 NW 走向的左行走滑活动使该区的构造变形主要受近 SN 方向的拉张应力控制(Rangin et al., 1995b)。越南西北部在 40~30 Ma 期间存在高钾火山岩活动,这种高钾火山岩发育于加厚的地壳发生伸展崩塌阶段中(Chung et al., 1997),同期,NW 走向的河内坳陷发育了始新统一早渐新世的断陷沉积(Rangin et al., 1995a)。

莺歌海盆地自始新世开始形成,并且在始新世—早渐新世经历以断裂控制沉降为主的盆地断陷阶段。因此,莺歌海盆地主要是受印支半岛东南部始新世—早渐新世期间顺时针旋转挤出产生的近 SN 方向拉张应力控制发生左旋扭张作用而形成的扭张性断陷盆地(图9)。

从盆地的菱形断陷结构分析,控制盆地发育的主位移带在盆地北部为 NW 走向的红河断裂,在盆地南部为近 SN 走向的知尊地垒边界断裂系。以上

两个区域在始新世—早渐新世的断陷表现为狭窄地堑构造,地堑内部断层发育,同时,盆地边界断层逐渐收敛。而盆地内部可能存在 NNW 走向的穿盆断裂带连接 NW 走向的红河断裂与近 SN 走向的知尊地垒边界断裂。此穿盆断裂带构成了莺歌海盆地东北部及西南部断块在印支半岛挤出及旋转过程中发生差异滑移的主位移带(图9)。近 SN 向的拉伸作用促使盆地区及周边多条 NW 走向基底断裂沿同向走滑断层发育的方位发生左行扭张活动。在盆地内部,沿 NNW 走向主位移带的断块滑移则在莺歌海坳陷带内部形成了大量的 NE 走向右行扭张性次级断裂和近 SN 向左行剪切断裂系统,这两组断裂对盆地西北端断陷期沉积中心的展布有显著的影响(图5)。

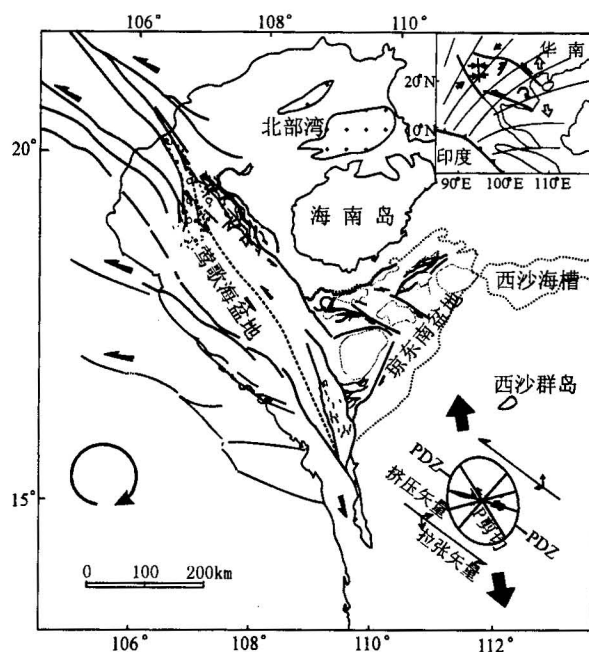


图9 莺歌海盆地始新世—早渐新世扭张性断陷模式
Fig. 9 Transtensional rifting model of the Yinggehai basin from Eocene to Early Oligocene

晚渐新世开始,越南北部的走滑变形主要沿红河断裂发生(Rangin et al., 1995b),莺歌海盆地的断裂活动对盆地沉降的贡献显著减小(图2)。根据盆地沉降历史(图4),盆地再次经历了两个阶段的演化历史。在晚渐新世—早中新世期间,红河断裂带的左行剪切运动在莺歌海盆地西北端主位移带向近 SN 方向转折的部位产生了局部的侧向构造挤压作用,同期,盆地东部的南海海底扩张(Biais et al., 1993)则产生了近 SN 方向的伸展作用(参见图10右

上角的小图)、SN走向断裂越南东海岸SN走向断裂发生右行走滑运动(Roques et al., 1997; Rangin et al., 1995b)。以上构造作用引起莺歌海盆地西北部与中南部的沉降作用的分异(图10)。盆地西北部在红河断裂带走滑产生的侧向构造挤压作用下沿主位移动带转折区形成近SN走向的斜向挤压背斜构造和沉积中心朝ES方向迁移(图7);而盆地中南部主位移动带的左行走滑则受到南海海底扩张引起的盆地东侧断裂右行走滑运动影响,发生沿主位移动带和NE走向反向走滑断层的扭张断裂活动,同时,该区开始进入快速沉降阶段(图4)。晚中新世—第四纪,盆地经历了一期快速沉降,沉降期间的断层活动表现为一些近SN走向断层的扭张变形和NE走向断层的扭压变形,反映了NW-NNW走向主位移动带的右行剪切运动(殷秀兰等,2001),然而,从变形强度分析,这期构造变形对盆地沉降的影响很弱,盆地沉降和莺歌海组早期最大海侵作用(李杰等,1999)可能主要受地幔活动的控制(李思田等,1998)。

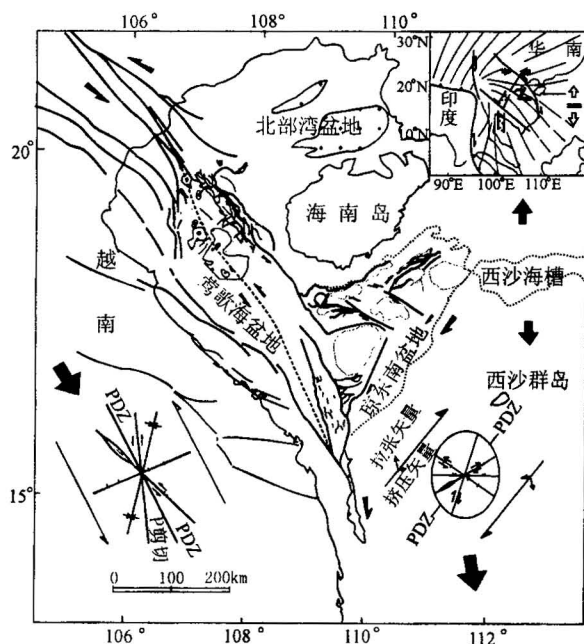


图10 莺歌海盆地晚渐新世—早中新世演化模式

Fig. 10 The evolution model of the Yinggehai basin from Late Oligocene to Early Miocene

3.2 构造意义

印藏板块碰撞作用对南海形成演化过程的影响存在两种明显差异的认识。Tapponnier等(1982, 1986)通过刚性体挤入粘土的实验研究提出印藏板块碰撞引起印支半岛向SE方向发生大位移量的构

造逃逸,南海是位于滑移带(红河断裂带)末端的拉分盆地。另一方面,England等(1986)根据薄席模型计算,提出印藏板块碰撞能量主要被亚洲内部地壳的缩短作用消耗,走滑作用晚于地壳加厚作用,且规模不大,对东南亚和我国东部的影响很小。

红河断裂带是印支半岛与华南地块之间的分界构造带,新生代经历了显著的构造变形(Leloup et al., 1995)。莺歌海盆地则是红河断裂带向南海海域的延伸区,因此,盆地的形成和演化历史在一定程度上反映了印藏板块碰撞过程对南海形成演化的影响。

莺歌海盆地基底断裂活动高峰期为始新世—早渐新世,左旋扭张作用引起盆地断陷沉降主要受共轭断层系控制,形成复杂地堑式结构。此外,南海北部盆地的幕式断陷特征表现为:①不同断陷幕之间的拉伸应力场随时间发生顺时针旋转(Ru et al., 1986; 茹克,1988; 龚再升等,1997);②断陷活动时间朝南迁移(Teng, 1992)。这些特征表明南海北部的裂谷作用除了受太平洋—欧亚板块之间的水平压应力传递的强烈影响外(Northrup et al., 1995),同时还受到了印支半岛顺时针旋转挤出运动的影响。因此,我们认为印支半岛向SE方向的挤出过程是存在的,并且挤出过程的主要阶段为始新世—早渐新世。盆地断陷区的NW走向长度大致代表了印支地块相对于华南地块的同期走滑位移量上限,约250~300 km。

晚渐新世至早中新世,莺歌海盆地的构造变形强度较始新世—早渐新世明显减弱。盆地西北部发生了轴向近SN的褶皱变形,沉积中心同期向SE方向发生迁移,以上构造迁移与红河断裂带东南部同期的走滑运动密切相关,其位移量约 53 ± 2 km,因此,印支半岛相对于华南地块晚渐新世—早中新世期间的左行走滑位移量较小,难以引起盆地东部南海海盆同期的海底扩张(Briais et al., 1993)运动,相反,南海相对快速的海底扩张作用对莺歌海盆地中南部的走滑运动和沉降作用产生一定程度的影响,造成盆地中南部晚渐新世以来发生长期的快速沉降作用。

参 考 文 献

- 丁中一, 杨小毛, 马莉, 谢顺兴. 1999. 莺歌海盆地拉张性质的研究. 地球物理学报. 42(1): 53~61.
郭令智, 钟志洪, 王良书等. 2001. 莺歌海盆地周边区域构造演化. 高校地质学报. 7(1): 1~12.
龚再升, 李思田等. 1997. 南海北部大陆边缘盆地分析与油气聚集,

科学出版社。

李杰, 林畅松, 陈平富. 1999. 琼东南盆地莺歌海组—黄流组海平面变化与层序年代地层. 地质论评, 45(5): 514~520.

李思田, 林畅松, 张启明等. 1998. 南海北部大陆边缘盆地幕式裂陷的动力过程及 10 Ma 以来的构造事件. 科学通报, 43(8): 797~810.

茹克. 1988. 南海北部边缘叠合式盆地的发育及其大地构造意义. 石油与天然气地质. 9(1): 22~31.

孙家振, 李兰斌, 杨士恭, 张启明. 1995. 转换—伸展盆地——莺歌海的演化. 地球科学(中国地质大学学报), 20(3): 243~249.

殷秀兰, 李思田, 马寅生, 王砚庆. 2001. 莺歌海盆地晚第三纪构造特征的三维泥料模拟实验及其动力学意义. 地质论评, 47(5): 535~541.

张启明, 郝芳. 1997. 莺—琼盆地演化与含油气系统. 中国科学(D 辑). 27(2): 149~154.

张连生, 钟大赉. 1996. 从红河断裂带走滑运动看东亚大陆新生代构造. 地质科学. 31(4): 327~340.

References

Allen C R, Gillespie A R, Han V. et al. 1984. Red River and associated faults, Yunnan Province, China: Quaternary geology, slip rates and seismic hazard. *Geol. Soc. Am. Bull.*, 95: 686~700.

Biddle K T, Cristie-Blick N (eds). 1985. Strike-slip deformation, basin formation, and Sedimentation. *SEPM Special Publication* 37.

Brais A, Patriat P, Tapponnier P. 1993. Updated interpretation of magnetic anomalies and seafloor spreading stages in the South China Sea, implications for the Tertiary tectonics of SE Asia. *J. G. R.*, 98: 6299~6328.

Chung S L, Lee T Y, Lo C H et al. 1997. Intraplate extension prior to continental extension along the Ailao Shan-Red River shear zone. *Geology*, 25: 311~314.

Ding Zhongyi, Yang Xiaomao, Ma Li et al. 1999. A study of the stretching behavior of the Yinggehai basin. *Chinese Journal of Geophysics*. 42(1): 53~61.

England P, Houseman G. 1986. Finite strain calculations of continental deformation 2: comparison with the India-Asia collision zone. *Journal of Geophysical Research*, 91: 3664~3676.

Gong Zaisheng, Li Sitian et al. 1997. Continental margin basin analysis and hydrocarbon accumulation of the Northern South China Sea. Beijing: Science Press.

Gou Lingzhi, zhong Zhihong, Wang Liangshu, et al. 2001. Regional tectonic evolution around Yinggehai basin of South China Sea, *Geological Journal of China Universities*. 7(1): 1~12.

Leloup P H, Lacassin R, Tapponnier P et al. 1995. The Ailao Shan-Red River shear zone (Yunnan, China), Tertiary transform boundary of Indochina. *Tectonophysics*. 251: 3~84.

Li Jie, Lin Changsong, Chen Pingfu. 1999. Sea level change and sequence chronostratigraphy of the Yinggehai — Huangliu

Formation in the Qiongdongnan basin. *Geological Review*, 45(5): 514~520.

Li Sitian, Lin Changsong, Zhang Qiming, et al. 1998. Episodic rifting dynamics of marginal basins north of South China Sea and tectonic accidents since 10Ma. *Science Bulletin*. 43(8): 797~810.

McKenzie D. 1978. Some remarks on the development of sedimentary basins. *Earth Planet. Sci. Lett.*, 40: 25~32.

Northrup C J, Royden L H and Burchfiel B C. 1995. Motion of the Pacific plate relation to Eurasia and its potential relation to Cenozoic extension along the eastern margin of Eurasia. *Geology*, 23: 719~722.

Rangin C, Klein M, Roques D et al. 1995a. The Red River fault system in the Tonkin Gulf, Vietnam. *Tectonophysics*, 243: 209~222.

Rangin C, Huchon P, Le Pichon X et al. 1995b. Cenozoic deformation of central and south Vietnam. *Tectonophysics*, 251: 179~196.

Roques D, Matthews S J, Rangin C. 1997. Constraints on strike-slip motion from seismic and gravity data along the Vietnam margin offshore Da Nang: implications for hydrocarbon prospectivity and opening of the East Vietnam Sea. In: *Petroleum Geology of Southeast Asia*. Geological Society Special Publication, 126: 341~353.

Ru K, Pigott J D. 1986. Episodic rifting and subsidence in the South China Sea. *AAPG Bull.*, 70: 1136~1156.

Ru Ke. 1988. The development of superimposed basin on the Northern margin of the South China Sea and its tectonic significance. *Oil and Gas Geology*. 9(1): 21~31.

Sun Jiazhen, Li Lanbin, Yang Shigong et al. 1995. Evolution of transform-extension basin. *Earth Science—Journal of China University of Geosciences*. 20(3): 243~249.

Tapponnier P, Peltzer G, Armijo P and Cobbold P. 1982. Propagating extrusion tectonics in Asia: New insights from simple experiments with plasticine. *Geology*, 10: 611~616.

Tapponnier P, Peltzer G, Armijo P. 1986. On the mechanics of the collision between India and Asia. *Geol. Soc. Lond. Spec. Publ.*, 19: 115~157.

Tapponnier P, Lacassin R, Leloup P H et al. 1990. The Ailao Shan-Red River metamorphic belt: Tertiary left lateral shear between Indochina and South China. *Nature*, 243: 431~437.

Teng L S. 1992. Geotectonic evolution of Tertiary continental margin basins of Taiwan. *Petroleum Geology of Taiwan*, 27: 1~19.

Yin Xiulan, Li Sitian, Ma Yinsheng, Wang Yanqing. 2001. Modeling experiments with 3D clay for Neogene tectonics of the Yinggehai basin and its kinematic significance. *Geological Review*, 47(5): 535~541.

Zhang Liansheng, Zhong Dalai. 1996. The Cenozoic tectonic of the East Asia according to the strike-slip movement of the Red River Fault Zone. *Scientia Geologica Sinica*. 31(4): 327~340.

Zhang Qiming Hao fang. 1997. Evolution and hydrocarbon system in Ying-Qiong basin. *Sciences in China(Series D)*. 27(2): 149~154

The Dynamics of Yinggehai Basin Formation and Its Tectonic Significance

ZHONG Zhihong^{1,2)}, WANG Liangshu¹⁾, XIA Bin²⁾, DONG Weiliang³⁾, SUN Zhen⁴⁾, SHI Yangshen¹⁾

1) *The Department of Earth Sciences, Nanjing University, Nanjing, 210093*

2) *Guangzhou Institute of Geochemistry, Chinese Academy of Sciences, Guangzhou, 510640*

3) *Research Department of China Offshore Oil Corporation, Beijing, 100027*

4) *South China Sea Institute of Oceanology, Chinese Academy of Sciences, Guangzhou, 510301*

Abstract

Yinggehai basin locates at the northwest of the South China Sea, it is the seaward elongation of the NW-trending Red River Fault Zone. Through research in basin structures, subsidence and tectonic-sedimentary migration process, we proposed that the Yinggehai basin is a sinistral transtensional rifting basin from Eocene to early Oligocene. From late Oligocene to early Miocene, affected by the sinistral shear movement of the Red River Fault Zone, the left-lateral slip distance of the Yinggehai basin is about 53 ± 2 km. The forming and evolving history of the Yinggehai basin reflect the influence history of India-Tibet collision to the evolution of the South China Sea.

Key words: Yinggehai basin; tectonic-sedimentary migration; transtensional rifting basin; evolution of the South China Sea

~~~~~