

<http://www.geojournals.cn/georev/ch/index.aspx>

问题  
讨论

# 东南亚及哀牢山红河构造带构造演化的讨论

张进江 钟大赟 周勇

(中国科学院地质研究所,北京,100029)

**内容提要** 通过对东南亚和哀牢山红河构造带演化已有模式的分析,在近年来本区海上研究资料的基础上,结合滇西地质情况,认为东南亚的构造格局是由印度洋、太平洋和欧亚三大构造体系共同作用形成的。60~15 Ma BP,欧亚构造体系分别与太平洋和印度洋构造体系作用,在东南亚东、西部形成两个弧后盆地扩张体系。两体系扩张强度和方向的不同,形成转换调节构造带——哀牢山红河构造带。东部较强的扩张作用使扬子板块向北运动,形成哀牢山以东的逆冲构造,并导致哀牢山红河构造带的左行走滑。大约 15 Ma BP 之后,印度洋构造体系作用的加强引发印支板块向东南逃逸,形成挤出模式。构造机制的改变使印支板块以南及以西从张扭变为压扭体制,同时使哀牢山红河构造带经受了两期不同变形机制的左行走滑。

**关键词** 东南亚 哀牢山红河构造带 构造演化

东南亚是新生代构造运动最为活跃的地区,其中哀牢山红河构造带是本区最主要边界构造之一,是该区构造格局发展的控制因素之一。已有多种模式对东南亚构造格局和哀牢山红河构造带的成因进行了解释<sup>[1~4]</sup>,而 Tapponnier 等<sup>[5,6]</sup>提出的挤出模式影响较大:印度大陆与欧亚大陆碰撞使印支板块于 35~17 Ma BP 向 SE 滑移并顺时针旋转,导致其西界实皆断裂右行走滑和东界哀牢山红河构造带左行走滑,后者左行走滑导致南海的扩张。大约在 5 Ma BP 后,主要挤出作用北移,形成以哀牢山红河构造带为南界,阿尔金断裂为北界的挤出,哀牢山红河构造带由左行改为右行<sup>[7~10]</sup>。另一代表模式为右行调节模式<sup>[11,12]</sup>,认为印度大陆至哀牢山红河构造带为一大型右行走滑带,以调节印度大陆的北向运动。八五期间,我国学者根据哀牢山红河构造带更复杂的构造历史及以西块体的旋转,提出了块体旋转和边界调节模式<sup>①</sup>。

## 1 已有模式存在的一些问题

结合近期研究资料,通过分析发现已有模式特别是挤出模式存在以下问题:① 作为印支板块向东南逃逸的两边界,哀牢山红河构造带和实皆断裂的活动时代不同:目前认为哀牢山红河构造带活动时限为 35~17 Ma BP,主期年龄为 23 Ma 左右,但已有未发表数据表明哀牢山红河构造带在 60 Ma BP 左右已开始活动。而西界实皆断裂的活动及安达曼海的张开时间为 12~15 Ma<sup>[13,14]</sup>。② 许多研究认为印支板块向东南的位移并不大,主要运动方式为块体旋转<sup>[11,15]</sup>。古地磁资料表明扬子板块向北位移了 4~5°<sup>[16]</sup>,与挤出模式中提出的向东南运动相

注:本文为国家自然科学基金资助项目(编号 49802020, 49732100)。

① 钟大赟等. 滇川西部特提斯带构造变形与运动学研究. 国家自然科学基金“八五”重点项目总结报告. 1997.

本文 1998 年 10 月收到,1999 年 1 月改回,任希飞编辑。

矛盾。③ 哀牢山红河构造带滑距存在很大争论。挤出模式认为滑距超过 700 km, Dewey 等<sup>[11]</sup>认为其无多大的位移量。古地磁资料表明哀牢山红河构造带两侧自白垩纪以来没有明显的纬度变化<sup>[17]</sup>, 故国内学者认为滑距为 300 km 左右<sup>[16]</sup>。特别在北部湾, 近来研究认为其滑移距离不超过 100 km<sup>[18]</sup>。④ 至今尚无充分资料证实哀牢山红河构造带在晚第三纪发生运动方向改变这一假设, 近来研究却证明北部湾至 5 Ma BP 仍是左行, 之后也无明显的右行活动<sup>[17]</sup>, 现今地震资料也表明滇西仍相对于四川向东南运动<sup>[19]</sup>。⑤ 阿尔金断裂的活动时代比模式中提出的年龄早。⑥ 根据挤出模式, 印支板块以南自 35 Ma BP 开始应属挤压构造体制, 但其南与西南部海区却从 43 Ma BP 呈现张性体制, 直至 15 Ma BP 才转为压扭性。⑦ 挤出模式最重要的一个组成部分是南海的走滑扩张, 但南海的扩张不论是时间上还是方式上都与此模式不符。

已有模式包括挤出模式在考虑哀牢山红河构造带形成时还存在以下问题: ① 均强调特提斯构造体系(印度与欧亚大陆碰撞)效应, 而忽略了环太平洋构造体系影响。但该构造带处于这两大构造体系的转换交接部位, 新生代活跃的两体系势必均对该构造带发生影响。② 只强调新生代中期以来左行走滑, 但其构造特征表明其经历了更复杂历史, 一些未发表数据已证明哀牢山红河构造带在第三纪早期已开始活动。

## 2 南海及以南地区构造模式问题

挤出模式认为南海是印支板块挤出、哀牢山红河构造带走滑导致的拉分盆地, 其扩张年龄为 32~17 Ma。但近来研究认为南海的扩张始于晚白垩世, 比欧亚大陆与印度大陆碰撞早 10~20 Ma<sup>[13, 20~22]</sup>。南海盆地形态西宽东窄, 张开时间东老西新, 沉积厚度由西向东增厚<sup>[23]</sup>, 南海的扩张速度高于哀牢山红河构造带的走滑速度<sup>[15]</sup>。说明南海张开的动力应来源于东部, 而不是西边界哀牢山红河构造带。由此推测南海更可能是西太平洋构造体系的弧后盆地, 其楔形形状和扩张轴的顺时针旋转符合 Honza<sup>[24]</sup>提出的Ⅲ型弧后盆地模式。南海以南发育苏禄、苏拉维西等盆地, 东北发育渤海和日本海盆地, 它们的性质和发育时间与南海大致相同(白垩纪末至 15~10 Ma BP)。这些盆地均沿西太平洋构造体系边界发育, 扩张期与太平洋和欧亚板块的汇聚的降速期(68.5~10 Ma BP<sup>[21]</sup>)相对应, 之后的加速与盆地扩张的停止相一致。可以推测, 南海与哀牢山红河构造带的运动关系上, 南海主动, 哀牢山红河构造带被动, 即南海作为弧后盆地张开并向北推挤扬子板块, 导致哀牢山红河构造带的左行运动<sup>[10]</sup>。

哀牢山红河构造带入海后沿越南东缘发育<sup>[25]</sup>, 以与南海扩张中心对应的越南中部为界, 其北一直为左行, 以南则先右行后左行<sup>[26]</sup>, 说明南海早期为主动扩张, 西界哀牢山红河构造带可能是一个类似转换断层的调节构造。30 Ma BP 以前, 南海扩张主要以广泛的陆缘裂谷方式发生, 其西界未出现集中走滑作用, 30 Ma BP 以后南海发生海底扩张, 其西边界出现集中左行走滑<sup>[23, 26]</sup>, 再次说明南海扩张导致哀牢山红河构造带调节构造的形成。

已有研究证明, 挤出模式可能主要发生于南海主动扩张停止后(大约 15 Ma BP)。南海扩张的停止并非是挤出运动的北移(由印支转至扬子板块), 而是其南缘巴拉望和礼乐滩地块等与加里曼丹地块和菲律宾板块的碰撞所致<sup>[14, 26]</sup>, 也可能有库拉板块—太平洋板块扩张于 15 Ma BP 停止的更远程效应<sup>[27]</sup>。南海扩张停止和印度洋板块在 15 Ma BP 左右的增速过

① Muller R D, Royer J Y, Lawver L A. Revised plate motions relative to the hotspots from combined 12 Atlantic and Indian Ocean Hotpot tracts. *Geology* (in press).

程<sup>[13,14]</sup>①,可能导致挤出由此时开始。南海主动扩张并继之以挤出模式的其他证据如下:①北部湾的沉积在 15.5 Ma BP 有一主要的不整合<sup>[26]</sup>;②15.5 Ma BP 以前哀牢山红河构造带为张扭性构造,以后为压扭性构造<sup>[23,26]</sup>;③越南东缘南部的走滑运动由右行变为左行;④实皆断裂大致于 15.5 Ma BP 开始活动,与其相关的安达曼海同时扩张<sup>[13,14]</sup>;⑤印支板块南部及西南部的张扭性盆地于 15 Ma BP 左右变为压扭性盆地。

### 3 东南亚西部构造模式问题

挤出模式认为印支板块于 35~17 Ma BP 向东南挤出并发生顺时针旋转,此期间印支板块以南及西南应为挤压体制,但本区却发育了泰国、马来、西那土纳、Nam Con Son 和 Peny 等盆地以及加里曼丹地块以北的拉张环境<sup>[13,28]</sup>。这些盆地的扩张时间基本与模式中的挤出时间一致,显然与模式相矛盾,需要应用更合理的模式解释。

印度洋板块运动学曾发生过 3 次大的改变<sup>[14,15,28]</sup>:① 58 Ma BP 板块运动速度由 170 mm/a 降为 110 mm/a,运动方向由 NNE 变为 NE 向,可能是印度洋板块与欧亚边缘的软碰撞所致;② 44 Ma BP 速度再降至 60 mm/a,是印度大陆与青藏碰撞的结果;③ 15 Ma BP 速度再次加快。由此可见,印度洋板块首先和东南亚西南部碰撞,形成苏门达腊弧形构造带,并形成北部的右行走滑碰撞带和西部的左行走滑碰撞带。在弧形碰撞带的东北形成弧后盆地体系,苏门达腊中部的盆地首先张开(43 Ma BP),然后依次向北向东扩展。向东有爪哇盆地等,向北依次形成西那土纳盆地(35 Ma BP)、马来和泰国湾盆地(30 Ma BP)、摸谷盆地(35 Ma BP)和 Nam Con Son 盆地(中新世早期)。北部盆地走向一般为 N—S 向,表示右行走滑所致。所有这些盆地的力学机制在 15 Ma 左右发生明显转换,从原来的张扭性变为压扭性,时限与实皆断裂活动和安达曼海的张开一致,也与印度洋板块运动加速一致<sup>[13,29]</sup>。这种力学机制的转换又和南海及东南亚东部许多构造事件相对应,说明在整个东南亚地区在 15 Ma BP 曾发生一次重要事件,这次事件是否印支挤出的原因,有待进一步探讨。

### 4 东南亚构造模式的新探索

从以上讨论可以看出,东南亚的构造格局是由印度洋、太平洋和欧亚三大构造体系共同作用形成的。60~15 Ma BP,欧亚板块的西南部与印度洋板块碰撞形成大型右行构造带,东部与太平洋板块作用形成左行的斜向碰撞带。两个走滑会聚边缘分别形成两个弧后盆地扩张体系,东部盆地伸展方向近 N—S 向,而西部盆地近 E—W 向,从而形成东西两部分运动上的差别,其间需要一个调节构造带,哀牢山红河构造带南段可能就是这一调节作用的结果。由于东部盆地规模大于西部,其扩张强于西部,所以南海的扩张可能导致扬子板块向北运动,导致哀牢山红河构造带向北扩展和左行走滑(图 1a)。大约 15 Ma BP 之后,印度洋板块运动速度加快,导致印度大陆与欧亚大陆更强烈的挤压,使青藏高原产生大规模的东西向物质运动,同时南海扩张的停止使东南的约束力减弱,引发印支板块向东南逃逸,形成挤出模式,形成右行的实皆断裂和安达曼海的张开(图 1b),造成哀牢山红河构造带活动时限与南海扩张一致而与实皆断裂不一致。这种构造机制的改变虽然使哀牢山红河构造带在大约 15 Ma BP 之后仍为左行运动,但运动已由张扭变为压扭性,更重要的是挤出使印支周围整个地区从张扭变为挤压体制。

### 5 可能的新模式在陆上的表现

以上讨论基于海上资料,现象较为清楚,滇西的陆上地质情况也存在相应的构造特征(图

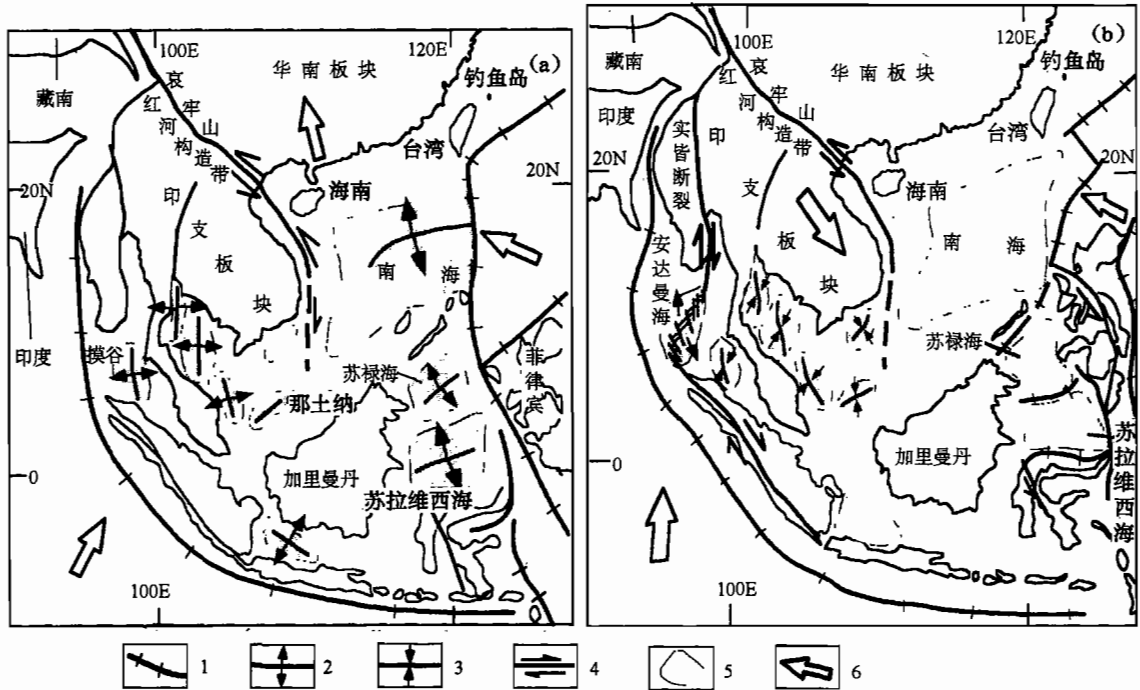


图1 15 Ma BP以前(a)和15 Ma BP以后(b)东南亚构造格局示意图

Fig. 1 The sketch of tectonic pattern of SE Asia before 15 Ma BP (a) and after 15 Ma BP (b)

1—俯冲带;2—扩张区;3—挤压区;4—走滑带;5—盆地;6—板块运动方向

1—Subduction zone; 2—extension area; 3—compressive area; 4—strike-slip zone; 5—basin;

6—direction of plate movement

2)。野外考察及资料分析表明,如下事实符合上述构造演化模式。

### 5.1 哀牢山红河构造带东西两侧发育两套不同的构造体系

东西两侧构造体系的界限沿哀牢山红河构造带呈NW向延至点苍山,然后转为NNE向的乔后—龙蟠断裂。界限以东,主要为走向NE或NNE以向NW逆冲为主的左旋逆冲推覆构造,该套构造体系北部为低角度逆冲断层,向南断层倾角增大并形成一系列对冲断层,力学机制和构造几何学表明驱动力来自于东南,即太平洋板块作用。已有证据表明该套构造可能形成于第三纪:①喜马拉雅期基性火山岩沿丽江断层发育,但被断裂切割;②中新世碱性岩沿与乔后—龙蟠断裂垂直的张性裂隙侵位,说明岩浆为同构造期生成;③年龄为74 Ma的个旧岩体<sup>[30]</sup>被NE向断层切割,而年龄为49 Ma的薄竹山岩体(云南区调队未发表数据)却呈等轴状侵位于同一构造带,可能为构造后侵位;④昆明隆起西北缘断裂推覆于白垩纪砂砾岩之上;⑤与这些NE向构造相关的沉积盆地多为第三纪盆地。

哀牢山红河构造带以西,构造的走向为NW或NNW,性质为以走滑为主的逆冲走滑。在点苍山以北,该体系东缘的断层产状倾向SW,并在乔后与走向NNE的乔后—龙蟠断裂合并,往南西部体系表现为夹持思茅地块对冲的走滑构造,思茅地块东缘主要为具有向西逆冲性质的左旋走滑构造。总之,以哀牢山红河构造带为界可分为东西两个不同的构造域或构造体系,东部体系的主要构造形态为逆冲推覆,主压应力为NW—SE向,驱动力来源于SE,应属太平

洋构造体系。西部体系的主要构造形态为挤压性走滑, 应力场较为复杂, 可能属于印度大陆与欧亚大陆作用下的挤出体制。

### 5.2 哀牢山红河构造带为两期构造形成

一般认为哀牢山构造带内东部高级变质带和西部低级变质带为同一期构造形成, 但构造形态、历史和运动学特征证明它们可能是两期构造运动的结果。构造形态上, 东部高级变质带中强烈变形层位主要发育 L 型糜棱岩, 可能是简单剪切或稍具张性的走滑变形机制所致。西部低级变质带发育以面理为主的 S 型构造岩, 并由强变形带和相间的弱变形带组成, 强变形带的线理倾角较陡, 弱变形带的线理较缓, 这是强烈挤压走滑的特征, 所以动力学上两者存在不同。运动学性质上, 东部线理倾角一般小于  $15^\circ$ , 表现为近水平的左旋剪切, 而西部的构造形态为具有很大大逆冲分量的左旋走滑, 主运动面上的线理倾角较陡, 表现为左旋斜冲性质。构造历史上, 西部低级变质带经受最明显的变形只有一期左旋斜冲, 东部高级变质带则有两期变形, 即早期近水平左旋和后期左旋斜冲, 后期变形形式和运动学性质与低级变质带相似, 变形层次也基本与西部相同, 为脆韧性—脆性断层, 而与本身前期的塑性变形不同。另外, 低级变质带于墨江附近和高级变质带分离, 构造带相邻盆地沉积中只有高级变质岩碎屑而无浅变质岩碎屑, 所有这些用同期同地形成难于解释。另外, 我们最近从西部低级变质带构造片岩获得了  $12\sim 13$  Ma 的构造年龄数据, 而东部高级变质带此时已停止活动<sup>[9]</sup>, 也充分说明该构造带为两期形成。

由此可见, 哀牢山红河构造带经历了两期变形。前期由太平洋体系作用, 哀牢山以东向西北推挤形成起调节作用的哀牢山构造带东部、点苍山和雪龙山高级变质走滑带, 该期运动中, 哀牢山红河构造带的变形机制为简单剪切走滑或稍具张扭性, 而且已有研究证明其确实经历过拉张过程<sup>[31]</sup>。后期变形主要为脆—韧性变形, 可能是挤出所致, 挤压性走滑机制导致间隔性滑动面、不均一线理和斜冲。

### 5.3 哀牢山红河构造带及以东的构造显示向北变新的趋势

与哀牢山红河构造带早期变形相关的隆升和冷却时间明显呈南老北新的趋势<sup>[32]</sup>; 构造带以东发育的碱性喷发岩的时代同样自南至北变新<sup>[33]</sup>。构造带以东逆冲构造体系中, 北缘乔后—龙蟠断裂可能发生于中新世, 而南部个旧附近的断裂可能发生于  $74\sim 49$  Ma BP。说明大地构造发育的动力应来源于南部, 可能是太平洋构造体系的作用所致。

### 5.4 构造时代的配套性

已有数据和未发表数据表明哀牢山红河构造带的活动可大致分为 3 个阶段, 即  $60\sim 45$

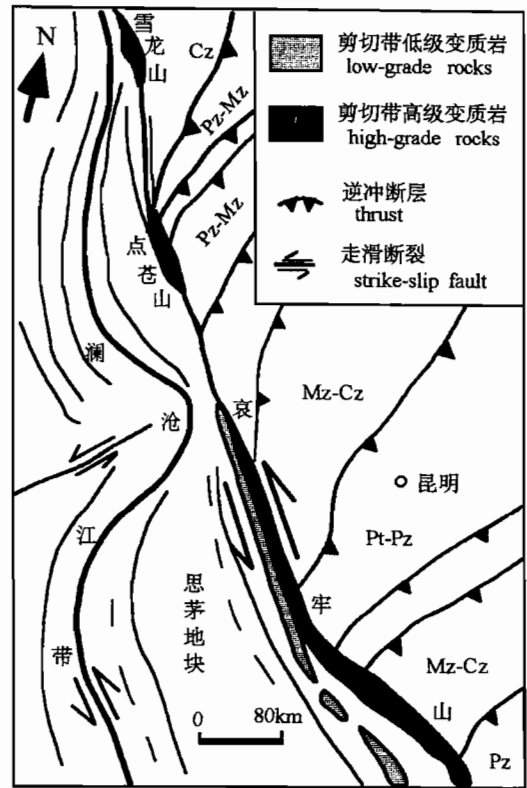


图 2 滇西构造示意图

Fig. 2 The structural sketch of West Yunnan

Ma BP、35~17 Ma BP 和 <15 Ma BP, 其中前两个阶段集中于哀牢山红河构造带东部高级变质带, 该构造带以东的构造活动也主要集中于此时间。最后一阶段活动则集中于西部低级变质带, 而该构造带以西的高黎贡山等构造带也存在相同的活动年代(与季建清交谈)。

## 6 需进一步解决的问题

对于我们提出的模式, 需要进一步收集海陆资料, 查明各大板块的运动过程, 建立印度洋、太平洋和欧亚三大构造体系的作用构置。在陆上需要进一步解决以下问题: ① 各构造体系详细的时间配套序列, 包括哀牢山红河构造带具体的活动时间范围、构造带以东逆冲作用和以西走滑作用的时间, 其中主要是构造带中不同时代形成的不同构造亚带与两侧构造体系的时间关系。② 哀牢山红河构造带东部高级变质带和西部低级变质带变形机制。本文模式中, 早期太平洋体系的作用可能导致哀牢山红河构造带稍具张性的左行走滑, 后期印度洋体系的挤出机制会造成构造带的挤压性走滑。野外构造形态已证明了这一事实, 尚需运用较先进的挤压走滑理论对其进行定量分析。③ 哀牢山红河构造带的构造热历史。本文模式认为构造带早期有张性作用, 构造带及其东侧发育幔源碱性喷发岩, 哀牢山高级变质带中具有高温变质的高钙铝岩石层。④ 哀牢山红河构造带以东构造体制由挤压向拉张转换。早期太平洋体系的作用使构造带以东经受挤压形成逆冲构造, 后期挤出机制的左行走滑效应使本区处于拉张环境。这种先挤压后拉张的构造现象已被证明<sup>[34]</sup>, 但其构造体制的转换时代还没有深入研究。

## 参 考 文 献

- 1 Dewey J F, Burke K C A. Tibetan, Variscan and Precambrian basement reactivation; products of continental collision. *Geology*, 1973, 1(12): 683~692.
- 2 Zhao W L, Morgan W J. Uplift of Tibetan plateau. *Tectonics*, 1985, 4: 359~369.
- 3 Rangin C, Jovilet L, Pubellier M. A simple model for the tectonic evolution of southeast Asia and Indonesia region for the last 43 m. y. *Bull. Soc. Geol. France*, 1990, 6: 889~905.
- 4 Houseman G, England P. Crustal thickening versus lateral expulsion in the Indian-Asian continental collision. *J. Geoph. Res.*, 1993, 98(B7): 12233~12249.
- 5 Tapponnier P, Molnar P. Slip-line field theory and large scale continental tectonics. *Nature*, 1976, 264(5584): 319~324.
- 6 Tapponnier P, Peltzer G, Armijo P. On the mechanics of the collision between India and Asia. In: Coward M P, Ries A C. eds. *Collision Tectonics*. Oxford: Blackwell Scientific Publication, 1986. 112~157.
- 7 Tapponnier P, Lacassin R, Leloup P H, and other seven authors. The Ailao Shan/Red River metamorphic belt: Tertiary left-lateral shear between Indochina and South China. *Nature*, 1990, 343 (6257): 431~437.
- 8 Scharer U, Zhang L S, Tapponnier P. Duration of strike-slip movement in large shear zones; the Red River belt, China. *Earth Planet. Sci. Lett.*, 1994, 126(3): 379~397.
- 9 Leloup P H, Lacassin R, Tapponnier P, and other six authors. The Ailao Shan-Red River shear zone. *Tectonophysics*, 1995, 251(1~4): 1~84.
- 10 张连生, 钟大赉. 从红河剪切带走滑运动看东亚大陆新生代构造. *地质科学*, 1996, 31(4): 327~341.
- 11 Dewey J F, Cande S, Pitman W C. Tectonic evolution of the India/Eurasia collision zone. *Eclogae geol. Helv.*, 1989, 82 (3): 717~734.
- 12 Wang E, Burchfiel B C. Interpretation of Cenozoic tectonics in the right-lateral accommodation zone between the Ailao Shan shear zone and the Eastern Himalayan Syntaxis. *Inter. Geol. Rev.*, 1997, 39(3): 192~219.
- 13 Packham G H. Plate tectonics and the development of sedimentary basins of the dextral regime in western Southeast Asia. *J. Southeast Asian Earth Sciences*, 1993, 8(1~4): 497~511.
- 14 Lee T Y, Lawver L A. Cenozoic plate reconstruction of Southeast Asia. *Tectonophysics*, 1995, 251(1~4): 85~138.
- 15 Packnam G. Cenozoic SE Asia; reconstructing its aggregation and reorganization. In: Hall R, Blundell D J. eds. *Tectonic evolution of southeast Asia*. London: Geological Society Special Publication, 1996, 106: 123~152.
- 16 王义昭, 丁俊. 云南哀牢山中深变质岩系构造变形特征及演化. *特提斯地质*, 1996, 20: 52~69.

- 17 程国梁,白云虹,李素玲,孙宇航. 红河断裂带白垩纪古地磁及青藏高原地质构造演化. 地震地质, 1988, 10(4): 184~190.
- 18 Rangin C, Klein M, Roques D, Le Pichon X, Le Van Trong. The Red River fault system in the Tonkin Gulf, Vietnam. *Tectonophysics*, 1995, 243(3~4): 209~222.
- 19 Holt W E, Ni J F, Wallace T C, Haines A T. The active tectonics of the eastern Himalayan Syntaxis and surrounding regions. *J. Geoph. Res.*, 1991, 96(B9): 14595~14632.
- 20 Holloway N H. The stratigraphic and tectonic evolution of Reed Bank, North Palawan and Mindoro to the Asian mainland and its significance in the evolution of the South China Sea. *APPG Bulletin*, 1982, 66(9): 1357~1383.
- 21 Northrup C J, Royden L H, Burchfiel B C. Motion of the Pacific plate relative to Eurasia and its potential relation to Cenozoic extension along the eastern margin of Eurasia. *Geology*, 1995, 23(8): 719~722.
- 22 陈雪, 林进峰. 南海中央海盆岩石圈厚度和地壳年代的初步分析. 海洋学报, 1997, 19(2): 71~84.
- 23 Zhou D, Ru K, Chen H. Kinematics of Cenozoic extension on the South China Sea continental margin and its implications for the tectonic evolution of the region. *Tectonophysics*, 1995, 251(1~4): 161~178.
- 24 Honza E. Spreading mode of backarc basins in the western Pacific. *Tectonophysics*, 1995, 251(1~4): 139~152.
- 25 Hall R. Reconstructing Cenozoic SE Asia. In: Hall R, Blundell D J. eds. *Tectonic evolution of southeast Asia*. London: Geological Society Special Publication, 1996, 106: 153~184.
- 26 Rangin C, Huchon P, Le Pichon X. Cenozoic deformation of central and south Vietnam. *Tectonophysics*, 1995, 251(1~4): 179~196.
- 27 Lonsdale P. Paleogene history of the Kula plate: offshore evidence and onshore implications. *Geol. Soc. Am. Bull.*, 1988, 100: 733~745.
- 28 Tjia H D, Liew K K. Changes in tectonic stress field in northern Sunda Shelf basins. In: Hall R, Blundell D J. eds. *Tectonic evolution of southeast Asia*. London: Geological Society Special Publication, 1996, 106: 291~306.
- 29 Lithout K, Helmers H, Wijbrans J R, Van Wees J D A M.  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$  constraints on obduction of the Seram ultramafic complex: consequences for the evolution of the southern Banda Sea. In: Hall R, Blundell D J. eds. *Tectonic evolution of southeast Asia*. Geological Society Special Publication, London, 1996, 106: 455~464.
- 30 张玉泉等. 横断山区花岗岩类地球化学. 北京: 科学出版社, 1995.
- 31 Chung S-L, Lee T-Y, Lo C-H, Wang P-L, Chen C-Y, Nguyen Trong Yem, Tran Trong Hoa, Wu G. Intraplate extension prior to continental extrusion along the Ailao Shan—Red River shear zone. *Geology*, 1997, 25(4): 311~314.
- 32 陈文奇, 李齐, 汪一鹏. 哀牢山—红河左旋走滑剪切带中新世抬升的时间序列. 地质论评, 1996, 42(5): 385~390.
- 33 张玉泉, 谢应雯. 哀牢山—金沙江富碱侵入岩年代学和 Nd, Sr 同位素特征. 中国科学 (D 辑), 1997, 27(4): 289~293.
- 34 国家地震局地质研究所, 云南省地震局. 滇西北地活动断裂. 北京: 地震出版社, 1990.

## **Tectonic Evolution of Southeast Asia and the Ailao—Honghe Tectonic Belt**

Zhang Jinjiang, Zhong Dalai and Zhou Yong

*(Institute of Geology, Chinese Academy of Sciences, Beijing, 100029)*

### **Abstract**

Based on an analysis of available models and recent off-shore studies, combined with a study of the geology of western Yunnan, a new model for the tectonic evolution of Southeast Asia and the Ailao—Honghe (Ailao Mountains or Ailao Shan—Honghe River or Red River) tectonic belt is presented. This model proposes that the tectonic framework of this region is controlled by the Indian Ocean, Pacific and Eurasian tectonic systems. From 60 to 15 Ma BP, the Eurasian plate interacted with the Indian Ocean and Pacific tectonic systems, forming two back-arc spreading systems in the west and east parts of Southeast Asia. The differences in spreading intensity and

direction between the two systems resulted in the formation of the transform zone—the Ailao—Honghe tectonic belt, which accommodated the difference in kinematics. The more intense spreading of the east part (chiefly in the South China Sea) caused the Yangtze plate to move northward, forming the thrusts in the region eastern to the Ailao Mountains, and led to the left-lateral strike-slip of the Ailao—Honghe tectonic belt. After about 15 Ma BP, the strengthening of the movement of the Indian Ocean plate triggered the southeastward escape of the Indosinian plate and formed the extrusion mechanism. The change of the tectonic regime resulted in the shift from transtension to transpression in the regions southern and western to the Indosinian plate, and made the Ailao—Honghe tectonic belt experience two periods of left-lateral shear of different deformation mechanisms.

**Key words:** southeast Asia; Ailao—Honghe tectonic belt (Ailao Shan (Mountains)—Honghe (Red) River); tectonic evolution

### 作者简介

张进江,男,1964年生。1986、1989和1997年分别在北京大学地质学系获学士、硕士和博士学位,现为中国科学院地质研究所博士后。主要从事构造地质几何学、运动学、变形机制与条件、构造年代学及构造演化研究。通讯地址:100029,北京 9825 信箱岩石圈室;电话:010—62008438。

---

---