

欧亚板块东缘新生代盆地成因: 右行剪切拉分作用*

许浚远, 张凌云

(中国地质大学石油系, 湖北武汉 430074)

摘要: 欧亚板块东缘新生代盆地具有惊人相似的几何学特征, 盆地边界均为 Y 断裂及 R, R' 断裂, 平面形态呈准菱形(或 Z 形), 均为右行剪切拉分盆地。此拉分始于印度板块与欧亚板块碰撞, 成形于欧亚板块向北退却与太平洋板块之间的右行剪切作用。太平洋西北边缘独特的裂谷型“弧后盆地”现象, 恰是特有的印度板块与欧亚板块碰撞造成的。据沉降及变形特征, 其构造演化可划分为 3 个一级阶段: 右行走滑拉分裂谷阶段(始新世中期—中新世早期)、挤压隆起阶段(中新世中期)和后裂谷沉降阶段(中新世中晚期—第四纪)。

关键词: 欧亚板块; 右行剪切; 新生代盆地; 拉分盆地; 弧后盆地

第一作者简介: 许浚远, 男, 39 岁, 副教授(博士), 构造地质及石油地质

中图分类号: P544.4 文献标识码: A

欧亚板块东缘新生代盆地是岩石圈重要而又特殊的组成部分并富含油气资源, 其成因历来倍受大地构造工作者和石油地质工作者关注, 人们对其作过大量的研究, 积累了大量资料, 提出许多积极的见解, 但仍有重大分歧, 代表性观点见文献[1~7]。我们研究了欧亚板块东缘主要新生代盆地构造空间几何学特征及其它特征, 分析了前人有关的基础资料和推测性认识, 提出欧亚板块东缘新生代盆地均为拉分盆地。此拉分源于印度板块碰撞欧亚板块之后, 欧亚板块向北退却, 与太平洋板块之间产生右行剪切作用。

1 主要盆地的拉分特征

1.1 南海盆地

迄今, 南海盆地被认为是弧后扩张^[1, 5, 6]、弧后拉张^[4, 7]或挤出拉分^[2, 3]产物, 但其构造几何学特征等不能与之匹配(图 1)。南海盆地主体西界为 NNE 向(N10°E 左右)越东断裂带, 从海南隆起东侧经越南东缘一直延伸至雅加达西侧海峡(近南北向段是局部的), 性质为(正)右行走滑(Y 剪切)。南海东界为菲西断裂向北与台湾岛一系列 NNE 向断

裂带相连, 该断裂带现已反转成以逆冲作用为主的断裂带, 有人称之为俯冲带, 但在南海拉开期间应为正右行走滑性质。南海南界大致为加里曼丹岛—巴拉望岛 NW 侧的 NE 向断裂带(大致平行礼乐滩地块东缘断裂), 该断裂带与前述 EW 向主边界断裂带夹角约为 45°左右, 与拉分盆地实验结果^[8]对比, 它为 R 剪切断裂(R 剪切与主剪切即 Y 剪切方向夹角为 30°~40°)或后裂谷期旋转的 R' 断裂。南海北缘为一系列 NEE—EW 向断裂, 与 NNE 向边界断裂夹角约 60°~70°, 与拉分盆地实验结果对比, 它们与 R' 剪切断裂方位也非常接近。南海内部存在一系列 NE 向和 NEE—EW 向断裂及 NW 向断裂, 它们也可归纳为 R 和 R' 剪切断裂。在 NNE 向拉分作用下, 基性岩沿拉分的 R 和 R' 断裂侵入及溢出, 形成磁异常条带。当一系列磁异常条带近于连续出现在同一区域时(如中央海盆和西南海盆), 最年轻磁异常条带位置便是“海底扩张说”的“扩张轴”。事实上, 它是沿 R 和 R' 断裂带拉开时形成的“拉分轴”。“扩张轴”要求磁异常条带是对称分布的, 而“拉分轴”则不然, 磁异常条带可以对称, 也可以不对称, 并且可以有多个这样的轴, 但总体上是在拉薄地壳细颈化的中心位置最容易形成拉分轴(如在中央海盆和西南海盆), 其它地段仍然可以拉开形成局部拉分轴(如西沙海槽)。也许正因为拉分作用使形成磁异常条带变得复杂, 人们在

* 国家自然科学基金资助项目

收稿日期: 1999-04-22

进行边缘海磁异常条带调查和处理过程中常发现磁异常条带的年龄分布和对称性并不是“扩张说”所希望的那样^[5]。考虑到拉分的空间平衡,我们怀疑中央海盆和西南海盆地壳是否全为新生的洋壳,可能只是含较多超浅成基性侵入体及玄武岩的陆壳,其地壳应为变薄的陆壳,相应岩石圈应为变薄的岩石圈。此外,我们认为“弧后主动扩张说”在理

论上也不能成立:如此小的“洋盆”“扩张”推开两侧巨大块体在动力学上是不可能的(特别是在大洋板块挤压的情形下),况且两侧块体上同期发育的拉分构造(如珠江口盆地和加里曼丹岛上近EW向地堑)与之也不能匹配。

南海的主体长宽比大致为3,考虑到菲西断裂带后裂谷期逆断作用,拉分裂谷期此值略小,东海

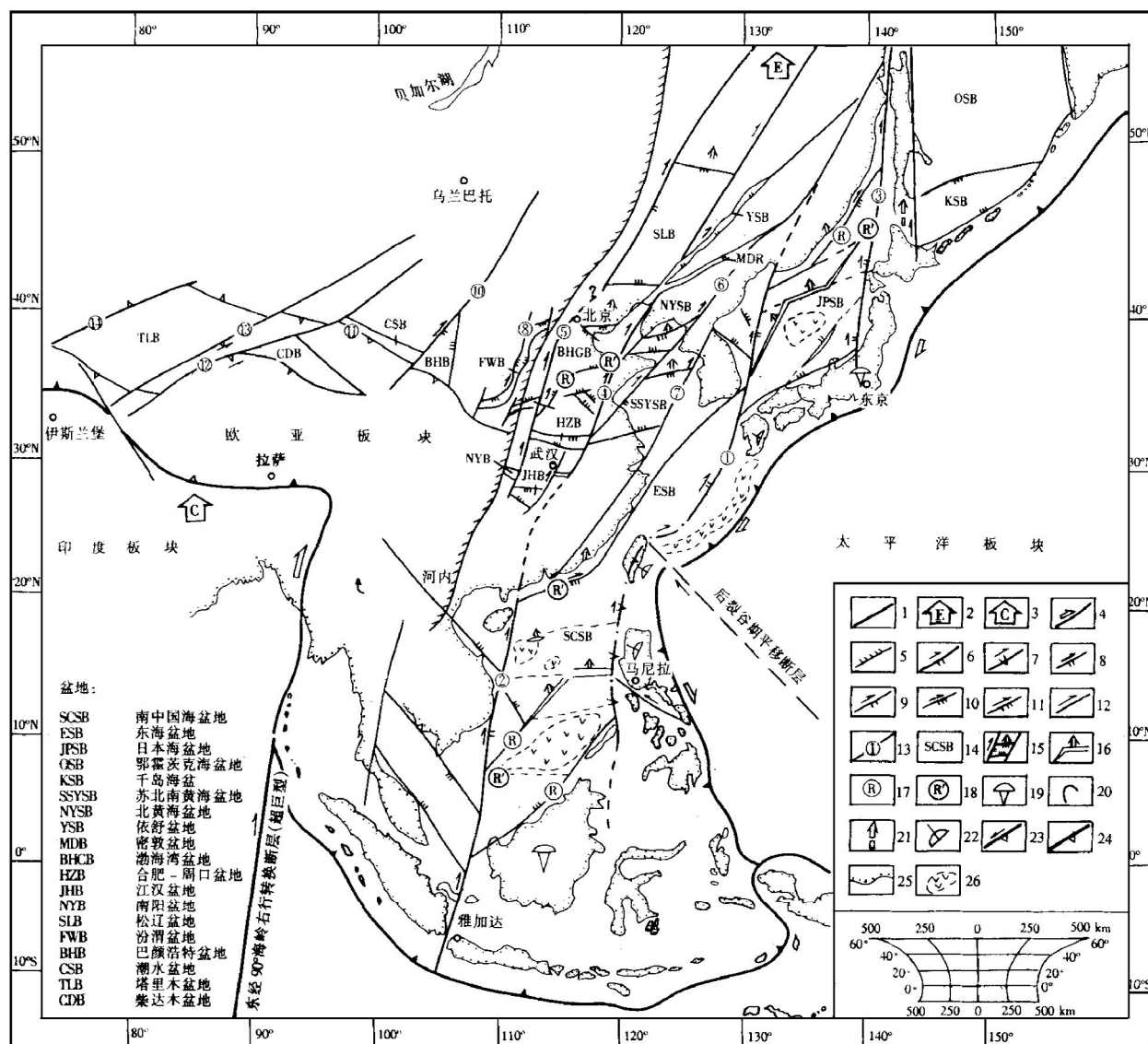


图1 欧亚板块东缘新生代盆地裂谷期右行走滑拉分作用及其构造背景

Fig. 1 The right lateral pull apart action during rifting stage of the Cenozoic basins in the eastern margin of Eurasia Plate and its tectonic background

1—板块边界;2—板块推挤方向;3—板块分离方向;4—板块边界剪切应力方向;5—重力异常梯度带;6—巨型正走滑断层;7—后裂谷期反转并显著变位的巨型正走滑断层;8—大型正走滑断层;9—一般正走滑断层;10—走滑正断层;11—正断层;12—走滑断层;13—断层编号;14—菱形盆地代号;15—菱形盆地及其北侧块体位移方向;16—边缘海洋盆(?)拉张轴;17—R剪切断层;18—R'剪切断层;19—基本原地的块体;20—顺时针旋转块体;21—右旋剪切断(?)块体;22—后裂谷期遭显著变位块体运动方向;23—逆平移断层;24—逆断层;25—海陆边界;26—边缘海水下降起及群岛;①—菲西—冲绳—朝东断裂;②—越东断裂;③—鞑靼—日高断裂;④—郯—庐断裂;⑤—太行山东缘断裂;⑥—嘉山—响水断裂;⑦—丽水—海丰断裂;⑧—吕梁山东缘断裂;⑨—贺兰山西缘断裂;⑩—狼山断裂;⑪—龙首山北缘断裂;⑫—阿尔金断裂;⑬—阿尔金北断裂;⑭—塔里木盆地西北缘断裂

盆地主要部分是裂谷期南海的东北角(后文),原南海的长宽比仍大致为3,与典型的拉分盆地长宽比

(2.4~4.3, 平均2.8)^[8]十分接近。

1.2 日本海盆地

日本海盆地有3个主要次一级盆地: 日本海盆、对马海盆及大和海盆。Kimura等^[9]提出日本海盆为拉分成因。此种认识对认识整个边缘海成因有重要的启迪意义。日本海盆磁异常条带杂乱、年龄不清^[10]; 但总体上以NEE-EW向为主, 向东北角偏转成NE向^[10]。对马海盆和大和海盆为NE向, 其中磁异常条带也不清楚。Kimura等^[9]认为大和海盆为拉分期后岛弧弯曲的产物; Lallemand等^[10]认为对马海盆及大和海盆是拉分期后弧后扩张的产物; 我们则认为它是R剪切断裂发生拉分的产物, 只是开始成为“洋壳”的(也可能为很薄的陆壳!) 时间要晚, 因为横向拉分量较R'剪切横向拉分量要小。鞆海峡西缘断裂与日本海盆东界鞆-日高断裂带(Y shear) 夹角约30°, 是较为典型的R剪切断裂。日本海北缘和南缘断裂带为NEE向, 也是较典型R'断裂带方位。它们与东西两侧(正)右行走滑断裂带造成了日本海盆地主体的平面形态呈菱形。

日本海盆地主体长宽比约为2.5, 如果将对马海峡及其南沿部分计算在内, 则长宽比接近2.8。

1.3 东海盆地

东海盆地本身不能独立作为拉分盆地, 但它是南海盆地及日本海盆地延伸部分, 在拉分盆地裂谷期, 南海和日本海盆地均为“懒Z形”(Lazy Z-Shaped), 东海正是两个“懒Z形”连接部位(日本海盆地延伸部分仅为对马海峡及其南沿)。东海盆地西界断裂为R断裂, 主体东界为“菲西-冲绳-朝东巨型断裂带(裂谷期为N10°E左右平直的走滑断裂带)。东海内部有广泛分布的左列地堑, 表明它们具有右行剪切作用。

1.4 渤海湾盆地

较早就有人认识到渤海湾盆地是右行剪切拉分成因的^[11]; 但这一认识未受到足够的重视, 并被其他观点(挤出拉分或主动裂谷, 被动裂谷等)所淹没。我们在此进一步确证它主要是拉分的产物。该盆地东界为郯-庐断裂带, 西界为太行山东缘断裂, 它们是造成拉分盆地的(正)右行走滑断裂。主体南北缘断裂带为NEE-EW向, 为R'断裂; 东北角的辽东湾西缘断裂与郯-庐断裂有15°~20°夹角, 可归为R断裂; 西南角东界断裂带也可归为R断裂。盆地长宽比约为2.5。

1.5 黄海盆地

黄海盆地分为北黄海盆地和苏北-南黄海盆地, 前者西界为郯-庐断裂的R分支断裂, 东界为嘉山-响水断裂; 后者东界可能为丽水-海丰断裂, 西界为嘉山-响水断裂。这两条断裂在整个欧亚板块东缘右行剪切系统中属R剪切。黄海盆地在以郯-庐断裂为主干断裂右行拉分系统中是相对原地的, 其拉分量小, 菱形特征不明显。如果将南北黄海盆地及其间“地垒”一并考虑, 其长宽比约为2。

1.6 汾渭盆地

该盆地成因也有许多认识, 但我们赞成右行剪切观点。该盆地由一系列地堑系组成, 总体上由两个未充分发育的Z形盆地联结而成, 平面形态与日本海-东海-南海拉分早期十分相似。下第三系仅渭河盆地有发育, 其它盆地不发育, 主要原因是拉分量小, 并可能是挤压期(中新世初)遭剥蚀, 后裂谷期的拉分作用才使之成为今日之面貌(欧亚板块东缘后裂谷期仍有拉分, 但总体上较裂谷期小, 以热沉降为主, 见后文)。

1.7 其它盆地

依-舒盆地(地堑): 由一系列未充分发育的菱形盆地连接而成, 平面上呈齿形面貌。

密-敦盆地(地堑): 总体上呈狭窄地堑, 但在边界断裂为NEE-EW向的部分为较宽的地堑。

松辽盆地: 该盆地骨架主要是中生代奠定的, 新生代拉分作用叠加其上。

合肥-周口盆地和江汉盆地: 可能为郯-庐断裂南尾端形成转换边缘型^[8]盆地, 其边界断裂可能利用了早期近EW向和NW-NWW向断裂。

南阳盆地: 可能为太行山东缘断裂南延尾端的转换边缘型盆地。

2 欧亚板块东缘新生代盆地构造演化

欧亚板块东缘新生代盆地具有共性: 始新世中期开始发生广泛右旋剪切拉分, 随后接受始新世中期至中新世早期断陷型沉积, 南海和日本海的磁异常条带亦是形成于这一时期^[6, 9, 12]。中新世晚期沉积之下存在广泛的不整合, 其上沉积表现为以整体下沉为主, 但仍有拉分作用发生, 只是拉分作用相对较弱。那么, 与经典的裂谷发育阶段比较, 我们不妨将前一阶段始新世中期至中新世早期称为裂谷期, 而将后一阶段称为后裂谷期(中新世中晚期至第四纪)。这一共性及其它特征与印度板块、欧亚板块和太平洋板块相互作用特点总体上是非

常吻合的。

2.1 右行拉分裂谷阶段

始新世初,太平洋板块由NNW向转向NW向俯冲于欧亚板块之下,但由于汇聚速率小^[4],不能形成陆缘造山带。也是在始新世初(45 Ma)印度板块与欧亚板块强烈碰撞,印度板块90°海岭(泄漏型)超巨型右行平移断层以西的部分向欧亚板块楔入,向北推挤欧亚板块,使之向北退却,从而造成欧亚板块东缘产生广泛的右行剪切。右行剪切主方向为NNE向(Y剪切)。(1)欧亚板块东缘的东部,沿越东巨型断裂带、菲西-冲绳-朝东巨型断裂带和鞑靼-日高巨型断裂带发生右行走滑,它们之间的叠阶(stepovers)位置(抑或三条巨型断裂带共同组成一条巨型断裂带的释放性弯曲—releasing bends位置)发生拉分,形成R和R'剪切断裂,开始形成大陆裂谷,进而拉开形成弧后盆地,即南海和日本海及东海。沿R和R'断裂基性岩侵入以及溢出,产生磁异常条带。由于R'剪切与拉分方向近于垂直,与R剪切相比具有较大的横向拉分量,磁异常条带往往以R'剪切方向(或垂直于拉分方向)条带为主。在这一拉分裂谷作用过程中,日本列岛基本上是相对原地的^[9],而并非有人所认为的它们向南位移^[3,10]。加里曼丹岛也基本上是相对原地的,大陆向北位移。由于断裂右行走滑产生拖曳,在其东侧块体将发生一定程度的顺时针转动。东径90°海岭断层右旋走滑造成其东侧与越东断裂之间块体顺时针转动。文献[13]报道泰国大陆下第三系有顺时针转动可能是此原因。同样,朝东-冲绳-菲西断裂带右行走滑可使西南日本发生小角度顺时针转动(此转动被“弧后扩张说”解释为差异扩张造成,但转动角度各家报道不一,看来有些数值偏大了)。必须回答的是:如此巨大的拉分,Y断裂必须有巨大的右行走滑位移与之平衡,然而,越东断裂南段右行位移量似较北段要小得多,其主要原因是该断裂南段西侧产生了拉分,形成以泰国湾为代表的盆地。限于篇幅,有关空间平衡问题笔者即将另文论述。(2)欧亚板块东缘西部以郯-庐断裂带为代表发生右行走滑,从而形成渤海湾盆地以及依-舒盆地和密-敦盆地、合肥-周口盆地、江汉盆地等。松辽盆地也遭拉分作用的叠加。北黄海和苏北-南黄海盆地也形成于此期,但由于其东界并非大型走滑断裂,因而盆地拉分量十分有限。(3)欧亚板块东缘西侧的汾渭盆地在此时期亦形成雏形,并可能

全线接受沉积,只是渭河盆地更厚。

欧亚板块东缘新生代盆地在拉分裂谷期区域应力场的综合方位是 σ_3 近NS。 σ_1 近垂直,且 $(\sigma_1 - \sigma_3)$ 值较大, $(\sigma_1 - \sigma_2)$ 值小。

2.2 挤压隆升阶段(中新世中期)

大约17~15 Ma,边缘海基本停止拉分,中新世中晚期沉积与早第三系之间具有广泛区域性不整合。虽然开始挤压确切的年龄不清楚,各地也会略有差异,但在中新世中期欧亚板块东缘发生区域性挤压是一基本事实,挤压源于太平洋板块与欧亚板块快速汇聚。此次强烈挤压造成欧亚板块东缘整体抬升,除边缘海外,早期沉积遭广泛剥蚀,一些在拉分裂谷期沉积较薄的盆地,下第三系甚至被剥蚀殆尽(如汾渭盆地中部和北部及黄海盆地部分)。更为普遍情况是中新统下部及下第三系顶部遭部分剥蚀。在此期间,台湾岛和吕宋岛开始向NW方向明显位移;菲西断裂和原台湾海峡断裂反转成以逆冲作用为主的断裂,朝东-冲绳-菲西断裂带中段开始弯曲;加里曼丹岛开始发生逆时针旋转。

区域挤压应力场的总体方位是 σ_1 为NW(NW?), σ_3 近垂直。强烈挤压持续时间短,具有脉动式特征。

2.3 后裂谷沉降阶段(中新世中晚期至第四纪)

太平洋板块与欧亚板块间汇聚速度明显变小,但仍保持挤压状态,台湾岛-吕宋岛此期与大陆发生斜向碰撞。然而,由于印度板块强烈推挤欧亚板块(特别是上新世-更新世),欧亚板块东缘发生弱的拉分作用。大型盆地表现为以整体热沉降(热沉降时期长,可跨越挤压期)为主兼有弱的拉分作用。沉积盆地主要表现为接受地毯式沉积并叠加有负花状构造和拉分性“花状”构造。

此期区域性应力场综合方位是 σ_1 为NW向, σ_2 近垂直。此时,在盆地北部及东北部边缘可形成正花状构造(与盆内负花状构造并存)。

3 结论

(1)欧亚板块东缘新生代盆地均为沿NNE向断裂带右行走滑作用产生的拉分盆地,盆地南北两侧和内部的NEE-EW向和(或)NE向断裂带分别为R'和R剪切断裂,边缘海内NEE-EW向和NE向磁异常条带分别为基性岩沿拉分的R'和R剪切断裂侵入变薄岩石圈及溢出的结果。

(2)欧亚板块东缘新生代盆地构造演化分3个

一级阶段: 右行走滑拉分裂谷阶段(始新世中期—中新世早期)、挤压隆起阶段(中新世中期)和后裂谷沉降阶段(中新世晚期—第四纪)。这 3 个阶段与印度板块、欧亚板块和太平洋板块相互作用特点吻合, 成盆的根本原因是印度板块碰撞欧亚板块之后, 欧亚板块向北退却, 与太平洋板块之间产生 NNE 向右行剪切作用。

参 考 文 献

- 1 Karig D E. Origin and development of marginal basins in western Pacific [J]. *Journal of Geophysical Research*, 1971, 76: 2 542~ 2 561
- 2 Tapponier P. Propagating extrusion tectonics in Asia: new insights from simple experiments with plasticine [J]. *Geology*, 1982, 10(12): 611~ 616
- 3 Jolivet L, Davy P, Cobbold P. Right-lateral shear along the northwest Pacific margin and the India Eurasia collision [J]. *Tectonics*, 1990, 9(6): 1 409~ 1 419
- 4 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 [J]. *Geology*, 1995, 23(8): 719~ 722
- 5 Moores E M, Twiss R J. *Tectonics* [M]. New York: W H Freeman and Company, 1995. 172~ 173
- 6 姚伯初, 曾维军, Hayes D E, 等. 中美合作调研南海地质专报 [M]. 武汉: 中国地质大学出版社, 1994. 1~ 191
- 7 Ben-Avraham Z, Uyeda S. The evolution of the China Basin and the Mesozoic paleogeography of Borneo [J]. *Earth and Planetary Science Letters*, 1973, 18: 365~ 376
- 8 Basile C, Brun J P. Transensional faulting patterns ranging from pull-apart basins to transform continental margins: an experimental investigation [J]. *Journal of Geological Structure*, 1999, 21(1): 23~ 37
- 9 Lallemand S, Jolivet L. Japan Sea: a pull-apart basin? [J]. *Earth and Planetary Science Letters*, 1986, 76: 375~ 389
- 10 Kimura G, Tamaki K. Collision, rotation and back-arc spreading in the Okhotsk and Japan Seas [J]. *Tectonics*, 1986, 5(3): 389~ 401
- 11 胡朝元. 渤海湾盆地形成机理与油气分布特点新议 [J]. *石油实验地质*, 1982, 4(3): 161~ 167
- 12 杨森楠, 杨巍然. 中国区域大地构造学 [M]. 北京: 地质出版社, 1985. 263~ 264
- 13 Hutchison S C. Eocene unconformity in the southeastern and eastern Sunda Continent [J]. *Bull Geol Sci Malaysia*, 1992, 32(9): 69~ 88

GENESIS OF CENOZOIC BASINS IN THE EASTERN MARGIN OF EURASIA PLATE: DEXTRAL PULLING-APART

Xu Junyan, Zhang Lingyun

(*Petroleum Department, China University of Geosciences, Wuhan Hubei*)

Abstract: All Cenozoic basins in the east margin of Eurasia Plate have delimited by Y, R and R' fractures. Such geometrical similarities between the basins of different magnitudes suggest that all of them are dextral pull-apart basins. The dextral pulling-apart started at the beginning of collision between India and Eurasia Plates and developed during the north retreat process of Eurasia Plate which led to right lateral shearing subduction zone between Pacific and Eurasia Plates. The unique backarc basins resulted from the unique collision between India and Pacific Plates. The tectonic evolution of them can be divided into three first-order stages: (1) pull-apart rifting (45 Ma~ 17 or 15 Ma) stage; (2) compression uplifting (around 17 Ma~ 15 Ma); (3) post rifting (17 or 15 Ma~ 0 Ma) stage.

Key words: Eurasia Plate; right shear; Cenozoic basin; pull-apart basin; back-arc basin