

西北太平洋边缘新生代盆地成因(中): 连锁右行拉分裂谷系统*

许浚远, 张凌云

(中国地质大学石油系, 湖北武汉 430074)

摘要: 在平面应变等的一级近似假定下, 恢复了边缘盆地拉分后印度板块与欧亚板块相对压缩量和南海、日本海盆地的拉分量。得出两板块碰撞时, 其间缝合线在现今位置南约 26° (沿东经 85° 方向), 南海北岸在现今位置南约 14° , 日本海北岸相对西南日本在南约 4.5° 位置, 而西南日本岛本身在现今位置南约 8.5° 位置。印度板块和欧亚板块碰撞后, 加速了后者向北退却, 西北太平洋边缘发生右行剪切, 在老第三纪(或至早中新世末)形成南海、日本海、菲律宾海、苏禄海及苏拉维西海等右行拉分裂谷, 它们共同构成巨大的连锁右行拉分裂谷系统, 以保持运动学平衡。秦岭和贝加尔-斯塔诺夫左行剪切带为该系派生的 R' 断裂。在全球构造上, 欧亚板块向北退却与美洲板块南移是和谐的, 东太平洋边缘形成诸如圣安德列斯右行平移断裂。

关键词: 西北太平洋边缘; 边缘盆地; 拉分盆地; 贝加尔-斯塔诺夫断裂; 圣安德列斯断裂; 右行剪切

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

在本文系列篇(上)中, 我们较全面地述评了西北太平洋边缘盆地成因假说及边缘海年龄问题, 本文继续提出我们关于整个西北太平洋边缘盆地成因认识。我们认为西北太平洋边缘盆地格架奠基于老第三纪(或至早中新世末)右行剪切拉分作用, 这一认识是我们以往认识^[1~6]的深化(包括局部修改)和推广。

1 拉分盆地模式的简要回顾

自从 Burchfiel 等^[7]提出拉分盆地概念以来, 人们对拉分盆地的构造特征作了日益深入的天然的、实验的及理论的研究。拉分盆地具有区别于其它类型盆地的空间几何学特征及形成过程, 但其自身仍可以进一步区分不同的类型, 造成不同类型原因是演化阶段不同和形成力学条件(地壳或岩石圈物质不均性和受力边界条件)的差异。图 1 便是以右行剪切拉分为例, 总结的不同类型拉分盆地模式。

(a) 是拉分盆地发育早期阶段产物^[8]: (a-1) 是 Z 形或“懒 Z”形盆地^[8,9], (a-2) 可能存在的不对称的 Z 形盆地。(b) 是拉分盆地发育成熟阶段产物^[8]: (b-1) 是常见的菱形盆地, (b-2) 是非对称性菱形盆地^[9], (b-3) 另一种非对称性菱形盆

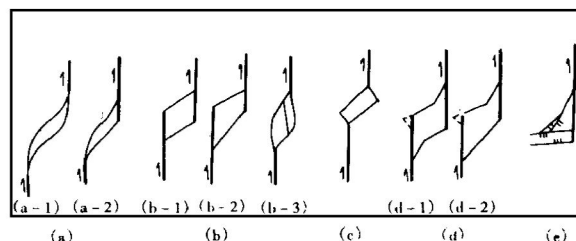


图 1 拉分盆地模式及大陆边缘转移型盆地模式

Fig. 1 Models of pull-apart basins and continental transform margin basins

地^[10,11]。(c) 是常被忽视的, 当两条断裂平移至某处, 介质的强度大, 平移断裂可能向 X 剪切方向(或 P 剪切方向)转折, 与 R' 剪切共同构成一种菱形盆地。(d) 可能为一种更为常见的拉分盆地(据文献^[1~5]修改), 其形态具有 Z 形或“懒 Z”形和菱形双重特征。如果称之为 Z 形, 但主体为菱形, 如果称之为菱形, 两对角又是敞开的, 并在另一对角可能被 X 剪切所切割。我们曾称之为准菱形^[5], 若不使术语过多, 称之为“懒 Z”形或广义菱形也未尝不可。(e) 是走滑断裂尾端转换大陆边缘型盆地^[9], 通常不归为拉分盆地。

2 右行剪切拉分初始古构造重建

西北太平洋边缘新生代盆地开始显著拉分时期大约在始新世中期, 即以印度板块与欧亚板块碰撞为标志^[5,6]。古新世和始新世早期拉分作用可

* 国家自然科学基金项目

收稿日期: 1999- 11- 16

能业已开始,但非常弱,盆地内沉积少。为恢复两板块碰撞时位置,我们作以下一级近似假定:

(1) 印度板块与欧亚板块间的挤压变形和西太平洋边缘的拉分变形均为连续的平面应变,挤压方向和拉分方向为近南北向。

(2) 上述挤压前和拉分前,地壳厚度均为35 km (相当于现代南海和日本海北岸地壳厚度)。

上述近似假定误差主要表现在:挤压区剥蚀厚度和后期沉积厚度、拉分区后期侵入岩墙厚度未考虑;拉分初始地壳厚度确切分布未知;变形三维性;成图误差等。综合各种正负误差因素估算,下列恢复结果(图2)误差值小于百分之二十五(但若将中生代右行拉分量考虑其中,误差会更大些)。

我们在上述近似假定下,恢复了3条近南北向剖面(图2)。

图2(a-1)是印度板块北部和欧亚板块南部碰撞变形区的南北向剖面(沿85°E经线)现代地壳

厚度分布^[12,13];图2(a-2)是恢复的碰撞开始时各单元分布。比较图2(a-1)和图2(a-2)表明,印度板块和欧亚板块碰撞后,其间的缝合线与北纬55°(其北未明显变形)之间的压缩量达13个纬度。

图2(b-1)是南海中部近南北向(N3°E,经东沙岛)剖面现代地壳厚度分布;图2(b-2)是拉分前各单元分布。比较图2(b-1)和图2(b-2),南海北岸相对于加里曼丹岛北缘拉张量约9°,相对爪哇岛拉张量约13°。如果将爪哇岛固定,则南海以北欧亚板块向北漂移也约有13°。然而,爪哇岛到东帝汶岛在拉分过程中可能亦向北应有小幅度位移(古地磁资料^[14]加里曼丹岛渐新世以来仅向北位移2°,古地磁资料仅在此作参考。顺便说明,限于古地磁资料误差一般为6个纬度,各研究者报道结果相互矛盾,差别很大,且一些结果与地质学基本原理矛盾,不宜用作古构造恢复),我们假定爪哇岛到东帝汶岛向北位移1°,则南海北岸向北漂移约14°。

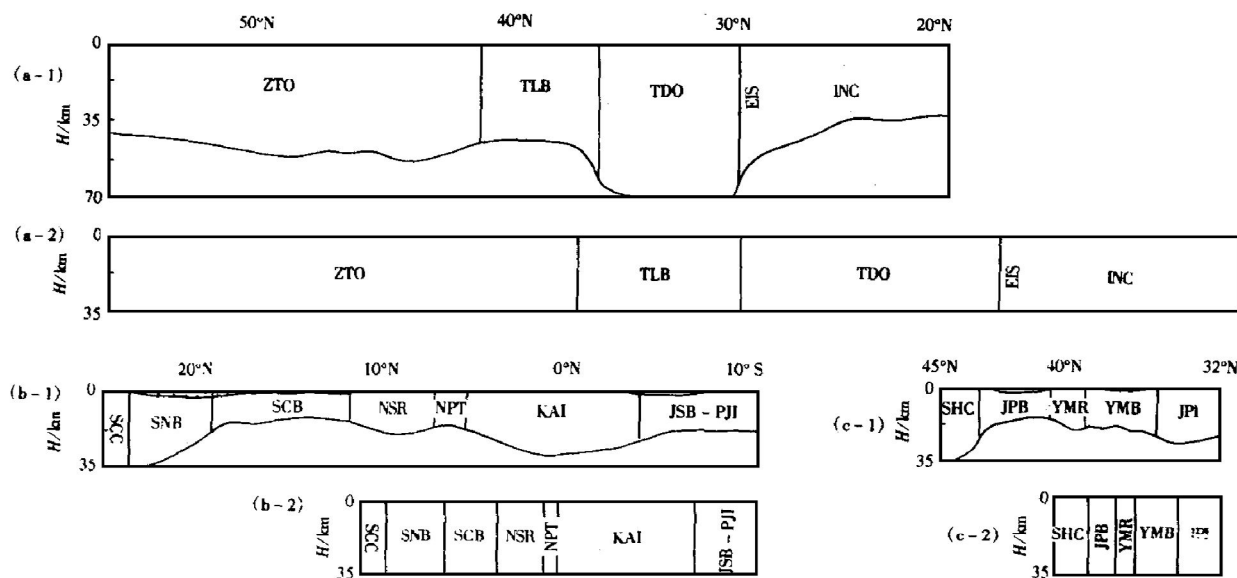


图2 印度板块与太平洋板块间相对压缩量、南海和日本海拉分量计算

Fig. 2 Calculations of relative contraction magnitude between Indian and Pacific plates and pull-apart magnitudes of South China Sea and Japan Sea

(a-1) 印度板块和欧亚板块间压缩区地壳厚度分布, (a-2) 印度板块和欧亚板块压缩初始各构造单元相对位置; (b-1) 南海至爪哇岛地壳厚度分布, (b-2) 南海拉分初始构造单元相对位置; (c-1) 日本海和日本岛地壳厚度分布, (c-2) 日本海拉分初始构造单元相对位置。符号: ZTO= 准噶尔-天山造山带, TLB= 塔里木盆地, TDO= 滇藏造山带, EIS= 印度板块和欧亚板块间缝合线, INC= 印度大陆, SCC= 华南大陆, SNB= 南海北部边缘盆地, SCB= 南海中央海盆, NSR= 南沙隆起, NPT= 北巴拉望海槽, KAI= 加里曼丹岛, JSB= 爪哇海盆, PJI= 爪哇岛, SHC= 锡霍特大陆, JPB= 日本海盆, YMB= 大和盆地, YMR= 大和隆起, JPI= 西南日本岛。带点区为沉积盖层

图2(c-1)是穿越日本海中部南北向剖面(沿135°E经线)现代地壳厚度分布,图2(c-2)是拉分前各单元分布,比较图2(c-1)和图2(c-2)日本海北岸相对西南日本拉张量约4.5°。

综合剖面图2a, 2b和2c分析结果,考虑到空间平衡,在拉分作用开始时:印度板块与欧亚板块

间界线(沿东经85°处)在现位置南约26°(13°+14°-1°, 1°为华南压缩量,见后文);南海北岸在现在位置南约14°,日本海北岸区相对西南日本北移约4.5°,而后者自身也在现在位置南约8.5°左右。图3是恢复的西北太平洋边缘古板块位置及各主要盆地边界断裂位置和力学性质。

图3中共包含了5个板块: 阿拉伯板块(ARP)、印度板块(INP)、澳大利亚板块(AUP)、太平洋板块(PAP)和欧亚板块(EAP)。ARP与INP界线为IEF西段近南北向段落; ARP与EAP间界线为AEF; INP与AUP间为E90°F; AUP含两条较大的近

南北向断层EVF和WGF(WGF可能南延至澳大利亚大陆内部, 参见世界大陆地质图^[16])。WGF的北段JTF、RYF、NAF为拉分伊始EAP与PAP间边界断裂(其初生时代有待进一步研究)。KPF、BMF、YPF和PLF则是拉分过程中形成的。

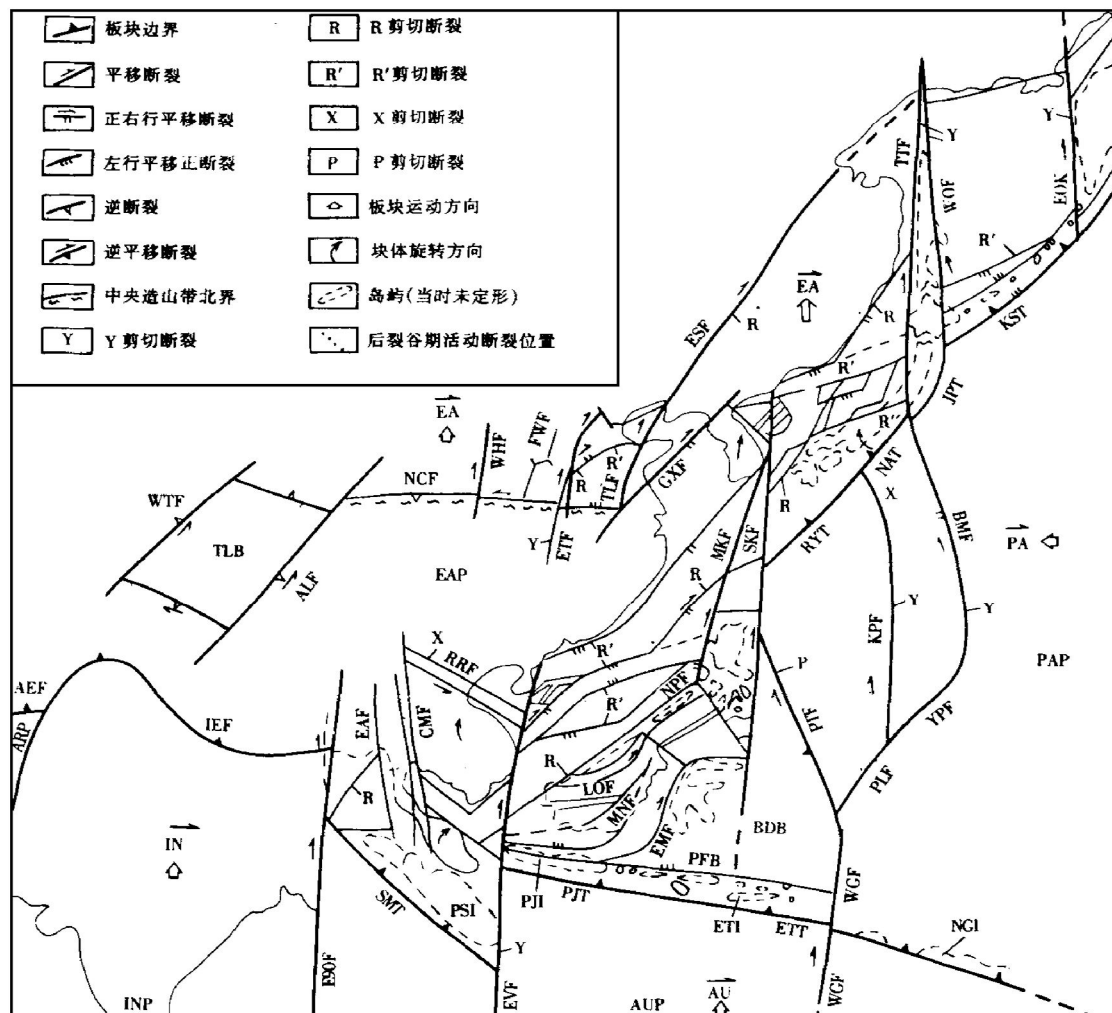


图3 印度板块和欧亚板块碰撞伊始古构造重建及断裂分布

Fig. 3 Reconstruction of paleotectonics and distribution of boundary faults at beginning of collision between Indian and Eurasian plates
 板块: EAP= 欧亚板块, INP= 印度板块, AUP= 澳大利亚板块, PAP= 太平洋板块, ARP= 阿拉伯板块; 盆地: PFB= 弗罗勒斯海盆, BDB= 斑达海盆, TLB= 塔里木盆地; 海沟: SMT= 苏门答腊海沟, PJT= 爪哇海沟, ETT= 东帝汶海沟, SOT= 索龙海沟, RYT= 琉球海沟, NAT= 南海海沟, JPT= 日本海沟, KST= 千岛海沟; 断裂: IEF= 印度板块和欧亚板块间缝合线, AEF= 欧亚板块和阿拉伯板块缝合线, E90F= 东经九十度海岭断裂, EAF= 安达曼海东断裂, CMF= 昌宁-孟连断裂, RRF= 红河断裂, EVF= 东越南断裂, NPF= 巴拉望北断裂, LOF= 卢帕尔断裂, MNF= 默腊土斯断裂, EMF= 望加锡海东断裂, MKF= 马尼拉-东朝鲜断裂, SKF= 桑义-东朝鲜断裂, PTF= 菲律宾海沟断裂, WGF= 新几内亚西断裂, KPF= 九州-帕劳断裂, PLF= 帕劳断裂, YPF= 雅浦断裂, BMF= 伊豆-马尼亚纳断裂, TTF= 鞆-仓棚断裂, WOF= 鄂霍茨克海西断裂, EOF= 鄂霍茨克海东断裂, ESF= 松辽盆地东断裂, TLF= 郯庐断裂, GXF= 嘉山-响水断裂, ETF= 太行山东断裂, WHF= 贺兰山西断裂, NCF= 中国中央造山带北缘断裂, ALF= 阿尔金断裂, WTF= 塔里木盆地西北断裂; 岛屿: PSI= 苏门答腊岛, PJI= 爪哇岛, ETI= 东帝汶岛, NGI= 北新几内亚岛

图3中, AUP与EAP间为SMF和PJF。SOF位置暂采用Hilde等^[15]所标定的。SOF和PJF可能通过ETF相连, 圈闭了BDB和PFB, 因此BDB属于印度洋或太平洋的海湾(但其范围内许多岛屿具有晚古生代地层, 如: 斯兰岛和哈马拉黑岛)。

3 连锁拉分裂谷系统形成

印度板块与欧亚板块碰撞加速了后者向北漂移, 导致后者与太平洋板块间右行剪切, 形成西北太平洋边缘的边缘海及其它拉分盆地, 有关南海、

向断裂错开的迹象, 菲律宾(群)岛在老第三纪整体向北位移。

苏门答腊北部盆地和马来盆地的主构造线方向均为 NW 向^[13], 推测在拉分早期为左行 X 剪切, 随苏门答腊岛、马来半岛和印支半岛的顺时针转动后, 该断裂转为右行平移。这两个盆地在整个欧亚板块东缘拉分系统中所扮演的角色, 与北部湾盆地在南海拉分盆地中所扮演的角色, 或与东朝鲜湾在日本海拉分盆地中所扮演的角色可能是相似的, 此乃整个西北太平洋边缘拉分作用自相似性的体现。

菲律宾海盆地在老第三纪是在原太平洋板块之上形成的拉分盆地, 其形成模式可用图 1(b-3) 解释。之所以认为菲律宾海是右行拉分的产物, 不仅是其样式, 而且是因为南海、苏禄海和西里伯斯海巨大的拉分量较日本海的拉分量大得多, 两者相差近千余公里, 从空间平衡考虑, 在 SKF 东侧必然要形成一个拉分盆地来平衡这一差异拉分量。该盆地便是叠加在太平洋盆地之上的菲律宾海。在拉分过程中, KPF 和 BMF 逐渐伸长, 沿其有火山岩喷发, 分别形成原始的洋脊 KPR 和 BMR, 但当时规模小。西菲律宾海盆和四国海盆、帕里西维拉海盆也因拉分有大量的海底熔岩形成, 西菲律宾海盆内主构造线方向应为 NE 至近 EW 向, 但现在主构造线方向(磁异常条带和隆起与凹陷)以 NWW 向为主, 是因拉分过程中顺时针旋转造成的(类似鄂霍茨克海盆内 NWW 向断裂), 西菲律宾海盆内 PCF 则是后裂谷期形成的(详见本文续篇(下))。

考虑到后裂谷期欧亚板块东缘的位移量较小, 图 4 中欧亚板块东缘老第三纪末(或早中新世末)的位置是按现今位置标定的。

上述各拉分盆地形成过程中的运动量在空间上是平衡的, 即

$$Pu_i + \left(\sum_{i=1}^n Pr_{i-1} \right) = c \quad (i = 1, 2, 3, \dots, n)$$

式中: Pu_i 是第 i 个拉分单元的拉分量; Pr_i 为拉分盆地北缘伴随压缩量(不总是存在, $Pr_o = 0$); c 为常数(相当于造成拉分作用的块体位移量, 如 EVF 西侧块体向北位移量)。就西北太平洋边缘而言, $i = 1$ 相当于南海、苏禄海、西里伯斯海和爪哇海区域; $i = 2$ 相当于菲律宾海和日本海区域; $i = 3$ 相当于鄂霍茨克海和千岛海盆、西北太平洋盆地; $i = 4$ 相当于白令海盆及其北部的右行平移区域; $i = 5$ 则转换为北美板块南移, 圣安德列斯断裂等右行平

移及拉分盆地。关于西北太平洋盆地(NPB)是否也受到拉分作用的影响, 涉及到现行板块构造学说一些基本问题(如老第三纪太平洋板块俯冲量问题), 已超出本文范围, 作者将另文讨论。

一般说来, Pr_i 较 Pu_i 小得多, 但对局部区域的盆地演化也会有重要作用。例如, 我国华南位于南海北侧, 在老第三纪特别是渐新世, 先存的盆地中常缺失渐新统, 此乃局部挤压隆升的结果, 但这一压缩量很小, 现代华南地壳最大厚度一般为 38~40 km, 这一压缩量不超过 200 km。当 Pr_i 较大时, Pu_i 会随 i 增大迅速衰减。

全球构造上, 欧亚板块北移与美洲板块南移是和谐的, 前者北移形成上述的右行拉分裂谷系统, 具有左行走滑^[21~23]分量的贝加尔-斯塔诺夫和秦岭断裂(东经 100°以东)是该系统派生的“多米诺骨牌”式的 R' 断裂; 后者南移造成北美诸如 San Andreas-Queen Charlotte 断裂右行平移和盆岭省等的拉分和南美的 Atacama-Liguine 断裂^[24]。在两板块结合部位(北极圈地带东部), 因地球的球面效应, 形成 NEE-EW-SE 向右行平移断裂(如: 阿拉斯加的 Kaltag-Tintina 断裂^[25])。我们初步推测西北太平洋边缘新生代盆地裂谷作用时, 环太平洋大陆板块围绕太平洋板块顺时针旋转(注: 美洲相对欧亚绕欧拉极亦作顺时针转动)。

4 结论

(1) 印度板块与欧亚板块碰撞伊始, 两者界线位于现今南约 26°位置(沿东经 85°), 南海北岸在现今南约 14°位置, 日本海北岸相对西南日本北移约 4.5°位置, 而西南日本自身在现今南约 8.5°左右位置。

(2) 印度板块与欧亚板块的碰撞, 加速了后者向北漂移, 使太平洋板块产生右行剪切, 产生以南海、苏禄海、西里伯斯海、日本海、菲律宾海、鄂霍茨克海及白令海等为代表的拉分盆地。

(3) 西北太平洋边缘老第三纪拉分盆地共同构成连锁拉分盆地系统, 以满足运动学的平衡。

参 考 文 献

- 1 许浚远. 地堑两侧块体分离方向的确定[J]. 石油实验地质, 1994, 16(4): 137~144
- 2 许浚远. 歧口凹陷构造演化[J]. 石油实验地质, 1996, 18(4): 346~353

- 3 许浚远. 依舒地堑构造演化[M]. 武汉: 武汉测绘科技大学出版社, 1997. 1~ 92
- 4 许浚远. 依舒地堑新生代构造演化[J]. 地球科学, 1997, 22(4): 406~ 417
- 5 许浚远. 东亚陆缘新生代盆地相似性[J]. 石油实验地质, 1997, 19(4): 297~ 303
- 6 许浚远. 欧亚板块东缘新生代盆地成因: 右行剪切拉分作用[J]. 石油与天然气地质, 1999, 20(3): 187~ 191
- 7 Burchfiel B, Steward J H. "Pull-apart" origin of the central segment of Death Valley, California [J]. Geological Society of America Bulletin, 1969, 77: 439~ 442
- 8 Mann P, Hempton P R, Bradley D C, et al. Development of pull-apart basins [J]. Journal of Geology, 1983, 91: 529~ 554
- 9 Basile C, Brun J P. Transtensional faulting patterns ranging from pull-apart basins to transform continental margin: an experimental investigation [J]. Journal of Structural Geology, 1999, 21: 23~ 37
- 10 Dooley T, McClay K. Analog modeling of pull-apart basins [J]. AAPG Bull, 1997, 81: 1 804~ 1 826
- 11 Harding T P. Seismic characteristics and identification of negative flower structures, positive flower structures and positive inversion [J]. AAPG Bull, 1985, 69: 582~ 599
- 12 张文佑. 中国及邻区海陆大地构造[M]. 北京: 科学出版社, 1986
- 13 马杏垣. 1: 400 万中国及邻近海域岩石圈动力学图[M]. 北京: 地质出版社, 1986
- 14 Jongsma D, Barber A J. 东亚构造与资源研究[M]. 徐志成, 沈政威, 顾云芳, 等译. 北京: 地质出版社, 1985. 22~ 207
- 15 Hilde T W C, Uyda S, Kroenke L. Evolution of the western Pacific and its margin [J]. Tectonophysics, 1977, 38: 145~ 165
- 16 徐宽. 世界大陆地质图[M]. 北京: 中国地图出版社, 1999
- 17 刘光勋, 肖光明. 山西地堑系及其地震构造特征[A]. 见: 中国地质学会构造专业委员会. 第二届全国构造地质学术会议论文集(第三卷)[C]. 北京: 科学出版社, 1982. 66~ 75
- 18 徐锡伟, 邓起东, 马杏垣. 山西裂谷系统的构造活动特征及其形成机制[A]. 见: 马杏垣. 中国大陆构造论文集[C]. 武汉: 中国地质大学出版社, 1992. 120~ 131
- 19 Hia M. Transcurrent movement in the Bumar Andaman Sea region [J]. Geology, 1987, 15: 911~ 912
- 20 Polachan S, Racey A. Stratigraphy of the Mergui basin, Andaman Sea [J]. Journal of Petroleum Geology, 1994, 17: 373~ 406
- 21 Kimura G, Tamaki K. Collision, rotation and back-arc spreading of the Okhotsk and Japan Sea [J]. Tectonics, 1986, 5: 389~ 401
- 22 Jolivet L, Tamaki K. Japan Sea, opening history and mechanism: a synthesis [J]. Journal of Geophysical Research, 1994, 99: 22 237~ 22 259
- 23 Worrall D M, Kruglyak V, Kunst F, et al. Tertiary tectonics of the Sea of Okhotsk, Russia: far-field effects of the India-Eurasia collision [J]. Tectonics, 1996, 15: 813~ 826
- 24 Moores M E, Twiss J R. Tectonics [M]. New York: W H Freeman and company, 1995. 329~ 335
- 25 Lane L S. Latest Cretaceous-Tertiary tectonic evolution of northern Yukon and adjacent Arctic Alaska [J]. AAPG Bull, 1998, 82: 1 353~ 1 371

GENESIS OF CENOZOIC BASINS IN NORTHWEST PACIFIC MARGIN(2): LINKED DEXTRAL PULL-APART BASIN SYSTEM

Xu Junyuan Zhang Linyun

(Department of Petroleum Geology, China University of Geosciences, Wuhan)

Abstract: Based on the premise of plain strain-thinned crust for the first order approximation, the paleotectonics of northwest Pacific margin at the beginning of collision between Indian and Eurasian Plates have been reconstructed in this paper. The suture between the two plates was located at 26° southward, the north coast of South China Sea at about 14° southward, the north coast of Japan sea at about 4. 5° south and Southwest Japan Island at about 8. 5° south to the their present positions respectively. The collision of Indian Plate and Eurasian Plate accelerated the north retreat of Eurasian Plate, caused right shear along the margin from Sumatera to Far East of Russia and the opening of marginal basins including South Chian Sea, Sulu Sea, Celebes Sea, Philippine Sea, Japan Sea, Okhotsk Sea and so on. These basins constituted a huge chain dextral pull-apart rift system in order to be balanced kinematically, Qinling and Bajkal-Stanovoj was the derived sinistral R' fault belt. Globally, the north retreat of Eurasia Plate possibly harmonized with south shift of North American Plate, and in the east margin of Pacific Plate, San Andreas Fault took dextral displacement.

Key words: Northwest Pacific Margin; marginal basin; pull-apart basin; Bajkal-Stanov Fault; San Andreas Fault; right-lateral shear