

西北太平洋边缘新生代盆地成因(下): 后裂谷期构造演化*

许浚远, 张凌云

(中国地质大学石油系, 湖北武汉 430074)

摘要: 西北太平洋边缘形成连锁右行拉分裂谷系统后, 在后裂谷期它们虽然基本上继承了原来盆地格架, 但遭到一定程度的改造。其中改造作用最显著的盆地是菲律宾海盆地。在中新世, 由于北移澳大利亚板块新几内亚块体的楔入, 菲律宾海盆地反转成转换挤压型盆地; 与菲律宾海沟断裂共轭剪切而形成的西菲律宾海盆中央断裂, 小角度切割原 NWW 向密集的 R' 断裂; 四国海盆和帕里西维拉海盆转为“撞击”裂谷; 马里亚纳海盆则为马里亚纳洋脊弯曲裂开的产物; 班达海盆受到近 NS 向挤压而变形; 东海盆地也随琉球岛弧形成受压而变形。中新世末台湾岛开始形成。在上新世至第四纪, 太平洋板块向西的挤压较澳大利亚板块向北的挤压强烈, 新几内亚海沟具明显左行位移; 印度板块强烈推挤欧亚板块, 大多数盆地叠加有弱右行拉分作用(由西向东减弱)。全球构造上, 新第三纪和第四纪澳大利亚板块和欧亚板块北移均可造成东太平洋边缘圣安德列斯断裂等右行平移。

关键词: 西北太平洋边缘; 边缘盆地; 菲律宾海; 转换挤压型盆地; 圣安德列斯断裂

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

西北太平洋边缘在老第三纪形成连锁右行拉分裂谷系统后, 虽然大多数盆地格架被继承, 但也遭一定程度改造, 特别是处于北移的澳大利亚板块前缘的菲律宾海。本文承前两篇文章, 继续提出西北太平洋边缘盆地的后裂谷期构造演化认识, 此认识也是我们以前认识的深化和推广。

1 中新世构造演化

老第三纪末或中新世初(早中新世末), 整个西北太平洋边缘发生了强烈的构造运动, 在新、老第三纪之间形成广泛的区域性角度不整合, 新几内亚块体与原新几内亚岛弧发生碰撞, 开始形成新几内亚中央造山带。中新世, 欧亚板块向北漂移大为减弱, 澳大利亚板块的向北漂移速度相对加大。

1.1 菲律宾海盆

中新世, 澳大利亚板块向北漂移, 导致处于澳大利亚板块前缘的菲律宾海盆发生强烈变形。该变形方式与右行拉分相反, 为左行转换挤压, 类似实验^[1]中的菱形“隆起”构造, 这种菱形构造利用早期的拉分盆地边界断裂发生。事实上, 即使不存在早期的拉分盆地, 也可因新几内亚西侧断裂(WGF)

与日本海东缘鞅鞅-仓棚断裂(TTF)右错(right offset)而形成新生的菱形“隆起”。必须说明的是, 形成“隆起”的条件是发生变形的岩石圈上表面在同一水平面上, 但菲律宾海拉分裂谷的北、西和西南界断裂的大陆侧为海底斜坡及岛弧, 挤压时, 力学上一般要求俯冲, 而不是仰冲。菲律宾海沟断裂(PTF)和桑义-东朝鲜断裂(SKF)反转成左行逆断裂, 故菲律宾海大陆侧成为左行转换挤压性盆地而非隆起, 仅大洋一侧发生仰冲, 即伊豆-小笠原和马里亚纳洋脊(BMR)仰冲于太平洋板块之上。原马尼拉-东朝鲜断层(MKF)反转成具有逆断作用的左行平移断裂带, 其西侧形成马尼拉海沟。菲律宾海东侧形成伊豆-小笠原和马里亚纳海沟。

在左行转换挤压中, 菲律宾海沟断层(PTF)发生左行平移和俯冲, 与之基本平行的菲律宾断层(PHF)也发生显著的左行位移(图 1)。整个菲律宾岛弧向 NNW 方向位移, 直至中新世末与华南大陆碰撞, 开始形成台湾岛。西菲律宾海盆(WPB)内部发育与菲律宾海沟断层共轭的 NW 向西菲律宾海盆中央断裂(PCF)等, 原 NWW 向密集断层重新活动, 发生右行平移。与此同时, 西菲律宾海盆的西北边界发生俯冲, 形成琉球弧, 且南琉球弧开始发生顺时针转动。据前人古地磁资料^[2~4], 西菲律宾海盆早渐新世以来, 顺时针旋转 50°~70°, 我们认

* 国家自然科学基金项目

收稿日期: 1999-11-12

为此值(若是可信的)包含了断裂剪切变形造成的局部旋转,而不代表整个西菲律宾海盆的旋转。

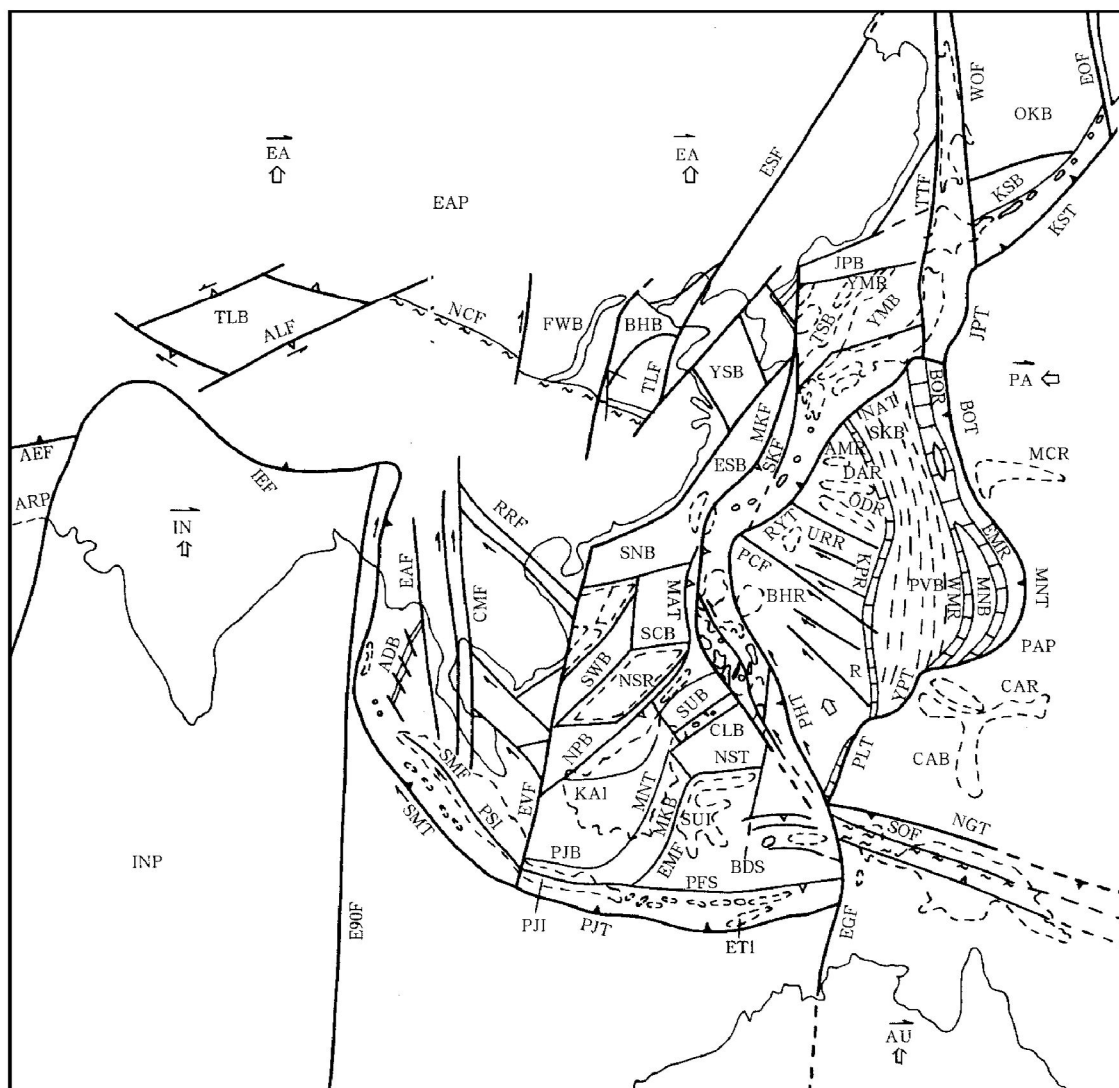


图1 西北太平洋边缘盆地中新世变形

Fig. 1 Deformation of basins in northwest Pacific margin in Miocene

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: ADB= 安达曼海盆, SMB= 苏门答腊北盆地, PJB= 爪哇海盆, PFB= 弗罗勒斯海盆, BDB= 班达海盆, CEB= 西里伯斯海盆, SUB= 苏禄海盆, MKB= 望加锡海盆, NPB= 北巴拉望海盆, SWB= 南海西南海盆, SCB= 南海中央海盆, SNB= 南海北部边缘盆地, ESB= 东海盆地, PVB= 帕里西维拉海盆, SKB= 四国海盆, TSB= 对马海盆, JPB= 日本海盆, YMB= 大和岛海盆, KSB= 千岛海盆, OSB= 鄂霍茨克海盆, YSB= 黄海盆地, BHB= 渤海湾盆地, HZB= 合肥- 周口盆地, FWB= 汾渭盆地, TLB= 塔里木盆地; 海沟: SMT= 苏门答腊海沟, PJT= 爪哇海沟, EIT= 东帝汶海沟, NGT= 新几内亚海沟, NST= 苏拉维西北海沟, PHT= 菲律宾海沟, PLT= 帕劳海沟, YPT= 雅浦海沟, MNT= 马里亚纳海沟, BOT= 伊豆- 小笠原海沟, 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, SMF= 苏门答腊断裂, EAF= 安达曼海盆东断裂, 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= 东望加锡断裂, MKF= 马尼拉- 东朝鲜断裂, SKF= 桑义- 东朝鲜断裂, SOF= 索龙断裂, PTF= 菲律宾海沟断裂, PCF= 西菲律宾海盆中央断裂, WGF= 西新几内亚断裂, BMF= 伊豆- 马尼亚纳断裂, TTF= 鞑靼- 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; 洋脊和隆起: KPR= 九州- 帕劳洋脊, BMR= 伊豆- 马里亚纳洋脊, CAR= 加罗林洋脊, MCR= 马可斯洋脊, NSR= 南沙隆起, BHR= 本哈姆隆起, ODR= 冲大东隆起, DAR= 大东隆起, AMR= 奄美隆起, YMR= 大和隆起;

岛屿: PSI= 苏门答腊岛, PII= 爪哇岛, ETI= 东帝汶岛, SUI= 苏拉维西岛, PHI= 菲律宾(群)岛, IPI= 日本岛

对比构造变形实验^[1]可以看出, 相当于四国海盆(SKB)和帕里西维拉海盆(PVB)的位置, 与PTF共轭的右行平移断裂是不发育的。九州-帕劳洋脊

(KPR)的存在可能使两海盆内此种右行平移断裂尤其不发育。在向北漂移的澳大利亚板块的新几内亚块体楔进造成近NS向挤压下, 两个海盆类似

“撞击裂谷”的变形,特别是由于加罗林洋脊(CAR)向北位移的撞击加剧了撞击作用。因此,帕里西维拉海盆主构造线方向近NS向,断裂显示张性特征。四国海盆本应与帕里西维拉海盆内部主构造线方向一致,但四国海盆的西界为NNW向洋脊,可能是在此边界条件约束下,其内部断裂与之大致平行。四国海盆和帕里西维拉海盆向北位移,在西南日本南缘的南海海沟(NAT)发生俯冲,对西南日本产生近NS向挤压^[5]。

在澳大利亚板块的新几内亚块体向北挤压过程中,原来的伊豆-小笠原(BOR)至马里亚纳岛弧(MNR)发生弯曲,形成倾竖褶皱,这种褶皱范围主要限制在南段(无论是变形实验^[1],还是由于MCR的约束,均支持褶皱主要发生在南段)。在褶皱过程中,马里亚纳岛弧发生裂开(其裂开机制类似于在褶皱的转折端部位产生虚脱),从而形成马里亚纳海盆,原马里亚纳弧也一劈两半成东马里亚纳洋脊(EMR)和西马里亚纳洋脊(WMR)。在理论上,马里亚纳海盆的形成还有一种可能:在中新世形成的西马里亚纳弧与东马里亚纳弧圈闭了原太平洋板块而形成马里亚纳海盆。但实际上东马里亚纳海脊存在老第三纪玄武岩^[6~7],而东侧西太平洋几乎缺失老第三纪(第三纪间断?),因此,东马里亚纳弧在老第三纪就已存在^[6~7],而不是新第三纪的产物,从而排除了这一可能。与马里亚纳洋脊南段弯曲的同时,整个伊豆-小笠原洋脊和马里亚纳脊因受到近NS向挤压向北位移,因洋脊不易俯冲,便撞击在西南日本东段,形成著名的日本大地堑(Fossa Magna),洋脊前缘形成东西向逆冲断裂和褶皱。

帕里西维拉海盆和四国海盆与伊豆-小笠原洋脊与马里亚纳洋脊差异向北运动(前者因俯冲较快),该洋脊发生右行剪切变形。

1.2 班达海盆及其西北侧盆地

班达海盆(BDB)在老第三纪基本上表现为圈捕印度洋或太平洋一部分而成圈捕型盆地,在中新世,随澳大利亚板块北移,澳大利亚西北侧的陆坡(水下)与班达海南侧的岛链(PJI-ETI)发生斜向碰撞,致使后者发生逆时针转动。由于近NS向挤压,在班达海的北缘形成一系列近EW向逆冲断层,并形成布鲁岛(Bru)和斯兰岛(Seram)。西几内亚断裂也因近NS向挤压而弯曲,在其东侧形成韦伯岛,西侧形成韦伯海渊。韦伯岛东侧的阿鲁海槽

和阿鲁岛分别属于原澳大利亚与新几内亚间的深海湾和陆架部分。

在班达海西侧和西北侧, NNE向至NE向断裂反转,发生左行位移,并具有显著的逆断作用,近EW向断层则以反转逆断作用为主,从而开始形成北苏拉维西海沟(NST),苏禄海沟(SUT)和加里曼丹岛北侧的西北婆罗洲-巴拉望海槽(NPB)。加里曼丹岛并可能发生小角度逆时针转动。

1.3 安达曼海盆、苏门达腊北部盆地及马来盆地

因印度板块小幅度北移,其东邻的以近NS向断裂为侧向边界的安达曼海盆和马来盆地西部的暹罗湾盆地,可能仍继承了早第三纪的拉分裂谷作用特征,热沉降和构造沉降并举。

欧亚板块向北位移作用相对减弱,但澳大利亚板块北移相对增强,致使印支半岛的NW向断裂此阶段具有压剪作用特征。因此,以NW向断裂为主要边界的苏门答腊北侧盆地和马来盆地处于右行压剪切性环境,总体以热沉降为主,但沿NW向断裂局部可以发生拉分。

1.4 南海、东海和日本海及鄂霍茨克海盆地

南海东部因马尼拉-东朝鲜断裂(MKF,相当于西菲律宾-冲绳-东朝鲜断裂^[8])的反转和马尼拉海沟形成而逐渐俯冲于吕宋岛之下,南海逐渐变窄^[8]。整个南海以热沉降为主,其西北角的红河断裂可能有小幅度右行位移。

东海原是南海的东北角及日本海的西南角,在菲律宾海盆变形过程中,形成琉球海沟和琉球群岛的同时,东海盆地发生了NW向挤压变形,MKF和SKF发生弯曲,南琉球弧发生顺时针旋转。吕宋弧与华南大陆逐渐靠近,最终发生碰撞开始形成台湾岛。

日本海也因西南日本的北移和东北日本(大地堑以东)西移,而变窄,但这一变窄量很小,因为现今日本海仍然保留了典型的拉分裂谷几何学特征。日本海此期仍以热沉降为主。

鄂霍茨克海及其中千岛海盆在此阶段也应以热沉降作用为主。因太平洋板块向西运动,沿千岛海沟可能有小幅度右行剪切。东北日本会发生逆时针转动。

1.5 渤海湾盆地和汾渭地堑系

渤海湾盆地继老第三纪末或中新世初发生强烈构造运动之后,大量的火山岩喷发,并转入热沉降阶段,在重力作用下,有弱正断作用发生。盆内

发育近水平产状沉积物并夹有多层玄武岩。

汾渭地堑系似缺失中新统,上第三系仅有上新统^[9]。之所以出现这种状况,可能是因为在老第三纪,该地堑系裂谷作用很弱,沉积厚度小,因此,热沉降作用很弱。

2 上新世和第四纪

有种种现象表明,上新世和第四纪(特别是第四纪)与中新世构造作用特征有所差异。

(1) 汾渭地堑系及安达曼海盆再次发生更显著的拉分作用。

(2) 渤海湾盆地、加里曼丹岛近 EW 向地堑等上新统却比中新统厚得多,按时间间隔和热沉降的一般规律应是相反。

(3) 西南日本的最大水平应力由原近 NS 向转为近 EW 向,日本中央构造线发生右行平移。东北

日本亦受近 EW 挤压^[5]。

(4) 东海和台湾岛中新统与上新统之间存在广泛的角度不整合,Dorsey^[10]及 Letouzey 等^[11]将此不整合定为吕宋岛和华南大陆开始碰撞,形成台湾岛的起点。

(5) 琉球岛链被一系列 NW 向左行平移断层错开,仍用 NW - NNW 向最大水平应力不便解释,而用 NW 至近 EW 向最大水平应力容易得到解释。

(6) 中国大陆东部及南海北缘盆地遭 NS 向拉伸;中国西部遭近 NS 向挤压^[12,13],喜马拉雅山脉强烈隆升^[14]。

上述现象表明,欧亚板块再次向北较明显的后退,澳大利亚板块向北位移作用相对减弱,太平洋板块 EW 向挤压相对增强。在这种背景下,上新世至第四纪构造演化主要特征请见图 2。

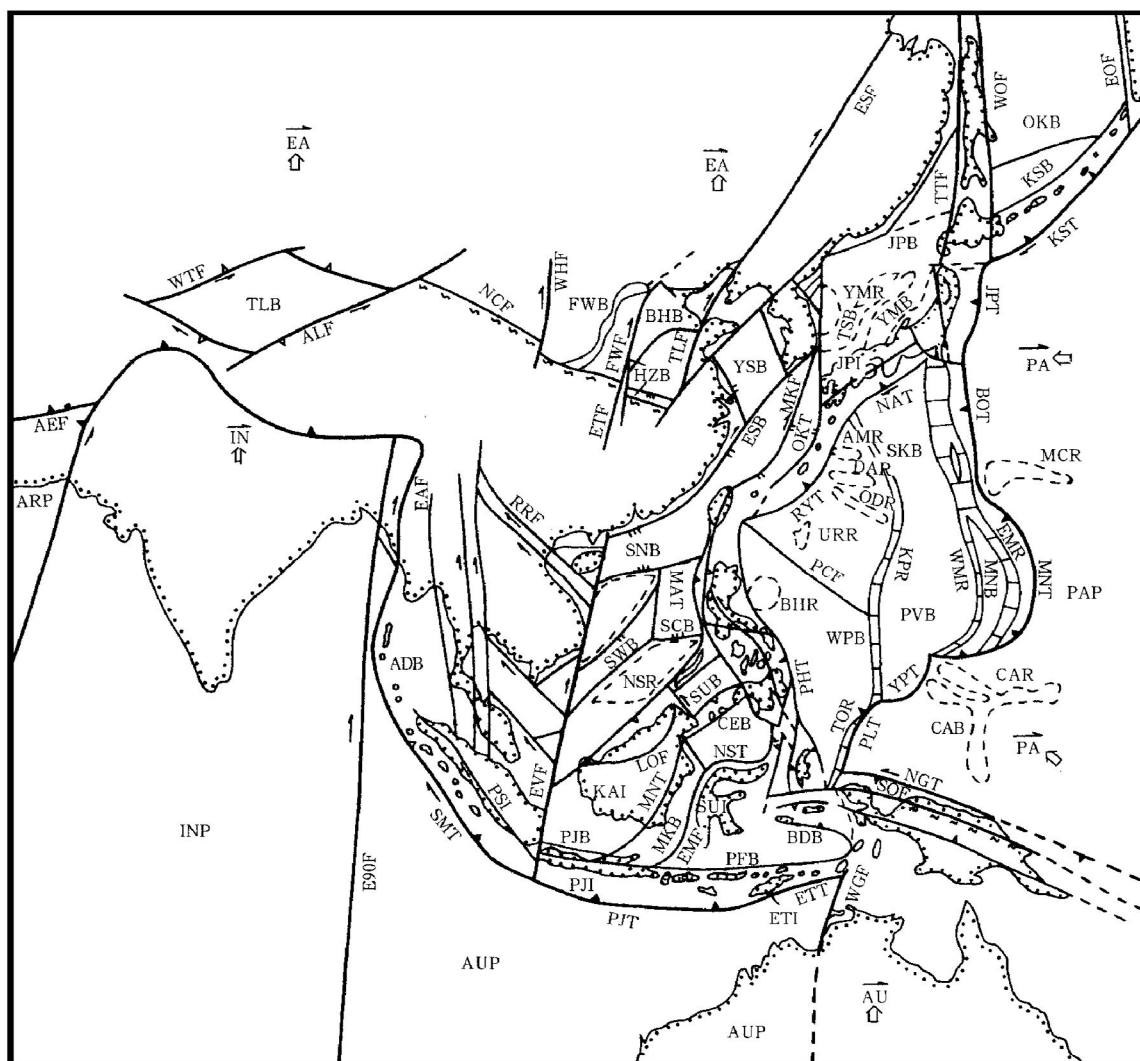


图2 西北太平洋边缘盆地上新世和第四纪变形

Fig. 2 Deformation of basins in northwest Pacific margin in Pliocene and Quaternary

WPB—西菲律宾海盆;MTF—日本中央断裂(中央构造线);其它文字符号见图1

欧亚板块东缘各盆地在继续热沉降的同时, 发生弱的右行拉分。但特别要提出的是, 东海此时发生拉分形成冲绳海槽, 冲绳海槽边界可能部分地利用了弯曲的 MKF 和 SKF。

菲律宾海板块和东北日本因太平洋板块向西推进整体西移, 但菲律宾海南部(相当于西菲律宾海盆的中央断层以南)可能受澳大利亚板块北移和太平洋板块西移共同影响, 向 NWW 位移, 南海进一步变窄。马里亚纳海盆几乎停止拉张或因加罗林脊 NWW 至 NW 向位移有微弱的拉张, 但因处于俯冲的太平洋板块的上方, 可以有岩浆侵入和溢出, 并有高热流值。

新几内亚海沟和索仑断层(SOF)为左行^[15]压剪性断层, 它们北侧的西部尾端因挤压形成哈马黑拉岛(Halmahera), 近 NS 向断层(如桑义断层)则表现为以逆断作用为主^[6]。NW 向断层表现为左行平移。

3 结论

(1) 在中新世(或中晚中新世)西太平洋边缘盆地的大多数主要表现为热沉降作用。

(2) 菲律宾海盆地在中新世基本奠定了现今的构造轮廓, 其中西菲律宾海盆内发育 NW 向中央海盆断层, 小角度切割原 NWW 向 R' 断裂, 同时发生右行平移。四国海盆和帕里西维拉海盆表现为类似撞击裂谷的变形特征, 马里亚纳海盆则是马里亚纳洋脊弯曲裂开的产物。

(3) 上新世和第四纪, 西太平洋边缘盆地仍以热沉降作用为主, 但叠加有弱的右行剪切拉分作用, 由汾渭地堑系及安达曼海盆一线向东拉分作用减弱。

4 结束语

我们结束三篇系列文章时, 颇有感慨。此前我们发表过若干篇有关西北太平洋边缘内若干新生代盆地构造演化文章, 随着研究的深入, 对这些文章的部分认识进行了修改。显然, 此三篇系列文章也一定存在不足, 须进一步修正和补充(如: 在地质时间序列上研究得更具体, 古构造重建精度更高, 包括考虑中生代右行剪切拉分量所占的比例); 但我们深信这一成盆机制的框架, 与该区几乎全部有关主要地质事实是吻合的, 和相互矛盾古地磁的部分资料是吻合的, 更和全球构造变形背景事实是吻

合的, 如新生代欧亚板块向北退却, 澳大利亚北移, 均可导致东太平洋边缘发生右行剪切, 使诸如圣安德列斯断裂发生右行平移。此外, 细心的读者也许会发现, 我们回避了太平洋板块运动量, 按现行板块构造假说(以海底扩张说为基础)计算(如: Northrup 等^[16]), 在新生代约有 5 200 余公里“大洋岩石圈”俯冲(本质上是逆断作用!)在欧亚板块或(和)菲律宾海板块之下, 但没有规模与之相适应的造山带, 反而是以形成盆地其特征, 尽管有大量的深度有限的大洋钻探“证据”和业已提出各种各样的大洋板块消减机制假说^[17], 但仍不能不令我们反思现行板块构造是否需要改进以致更新, 进而探索板块漂移、分裂和汇聚等变形的新机制, 如: 板块有限拉伸应变分裂而不是无限拉伸应变($\beta \rightarrow \infty$)分裂(如大西洋), 地球旋转在驱动岩石圈位移、变形中起重要作用, 等等。关于未来全球构造的研究, 我们的基本观点是用大陆构造理论方法“下海”去研究海洋构造, 而不是用所知甚少的海洋构造假说“登陆”来研究大陆构造。

西方人在近代科学中的确作出了巨大贡献, 但他们也有过严重的失误。我们相信, 通过国人共同努力, 有中国这样得天独厚的地质构造条件, 会在西北太平洋边缘盆地乃至全球构造研究中占有更大的一席之地。

无论如何, 上述各种看法仅是我们的陋见, 正确与否, 需时间回答, 更恳望读者及时指正。

参 考 文 献

- 1 Mandl G. Mechanics of tectonic faulting[M]. Amsterdam: Elsevier, 1988. 154~ 155
- 2 Loudon K E. Paleomagnetism of DSDP sediments, phase shifting of magnetic anomalies and rotations of the West Philippine Basin[J]. Journal of Geophysical Research, 1977, 82: 2 898~ 3 002
- 3 Huston R B, Fuller M. Paleomagnetic data from the Philippine Sea plate and their tectonic significance[J]. Journal of Geophysical Research, 1991, 96: 6 073~ 6 098
- 4 Fuller M, Haston R, Lin J, et al. Tertiary paleomagnetism of regions around the South China Sea[J]. Journal of Southeast Asia Earth Science, 1991, 6: 161~ 184
- 5 Tsunakawa H. Neogene stress field of the Japanese arc and its relation to ineous activity[J]. Tectonophysics, 1986, 124: 1~ 22
- 6 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~ 72
- 7 张文佑. 中国及邻区海陆大地构造[M]. 北京: 科学出版社, 1986. 408~ 412
- 8 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
- 9 赵重远, 刘池洋. 华北克拉通沉积盆地形成与演化及其油气赋存[M]. 西安: 西北大学出版社, 1990. 75~ 84
 - 10 Dorsey R J. Collapse of the Luzon volcanic arc during onset of arc-continent collision: evidence from a Miocene-Pliocene unconformity, East Taiwan[J]. Tectonics, 1992, 11(2): 177~ 185
 - 11 Letouzey J, Kimura M. Okinawa Trough, genesis of back-arc basin developing along a continental margin[J]. Tectonophysics, 1986, 125: 209~ 230
 - 12 马杏垣. 1: 400 万中国及邻近海域岩石圈动力学图说明书[M]. 北京: 地质出版社, 1986. 64~ 69
 - 13 Nakata T, Otsuki K, Khan S H. Active faults, stress field, and plate motion along the Indo-Eurasian plate boundary[J]. Tectonophysics, 1990, 181: 83~ 95
 - 14 杨森楠, 杨巍然. 中国区域大地构造学[M]. 北京: 地质出版社, 1985. 195~ 202
 - 15 Nishimura S, Suparka S. Tectonics of east Indonesia[J]. Tectonophysics, 1990, 181: 257~ 266
 - 16 Northrup C J, Royden L H. Motion of the Pacific plate relative to Eurasia and its relation to Cenozoic extension along the eastern margin of Eurasia[J]. Geology, 1995, 23(8): 719~ 722
 - 17 Moores M E, Twiss J R. Tectonics[M]. New York: W H Freeman and company, 1995. 155~ 195

GENESIS OF CENOZOIC BASINS IN NORTHWEST PACIFIC MARGIN(3): TECTONIC EVOLUTION OF POST RIFTING PERIOD

Xu Junyuan Zhang Linyun

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

Abstract: Though Cenozoic left dextral pull-apart rift system in the northwest Pacific margin basically inherited their original tectonic framework in post rifting period, they underwent some reformation, especially the Philippine Sea Basin. In the Miocene, New Guinea Block of the north drifting Australia Plate wedged in the Philippine Sea Basin and turned the basin into a rhombic transpressional basin; the central fault of West Philippine Sea Basin cut NWW-trending R' faults at small angle; Shikoku and Parece Vela Sea Basins was turned into impact rifts. The bending and cracking of Mariana Ridge resulted in Mariana Sea Basin, the East China Sea was compressed and deformed due to the formation of Ryukyu Arc. In the end of the Miocene, Taiwan Island began to form. In Pliocene-Quaternary, the westward compression of Pacific Plate was more intensive than the northward compression of Australia Plate, this resulted in sinistral drifting of New Guinea Trench. The India Plate pushed Eurasia Plate intensively, leading to the stacking of weak dextral pull-apart action. According to global tectonic evolution, the northward drift of the Australia and Eurasia Plates during Neogene-Quaternary could result in right lateral shift of the San Andreas rift.

Key Words: Northwest Pacific margin; marginal basin; the Philippine Sea; transpressional basin; San Andreas Rift