

文章编号: 1009-3850(2010)01-0093-05

日本海陨击事件与新生代东亚大地构造演化

傅 恒, 房晓璐, 姜绍珍

(成都理工大学 能源学院, 四川 成都 610059)

摘要: 北太平洋及东亚地区在始新世左右发生了一系列重大地质事件: 日本海发生开裂; 日本西南和中国板块北部发生顺时针旋转 ($> 20^\circ$); NNW 向运动的太平洋板块突然改变方向开始 NWW 向运动; 郯庐断裂带由强烈断陷造成快速冷却事件; 渤海湾盆地出现地幔热异常开始形成裂谷系; 阿尔金断裂开始脉冲式走滑; 贝加尔湖裂谷开始形成。这些重大地质事件的发生都与日本海陨击事件相关。

关键词: 日本海; 陨击; 新生代; 东亚大地构造演化

中图分类号: P542

文献标识码: A

北太平洋及东亚地区在始新世发生了一系列重大地质事件。日本海在 45Ma 开裂^[1], 欧亚大陆东部克拉通内的断裂导致郯庐断裂以东的日本西南和中国板块北部顺时针旋转 ($> 20^\circ$)^[2]; 夏威夷热点记录显示, NNW 向运动的太平洋板块在 43Ma 突然改变方向开始 NWW 向运动^[3]; $45 \sim 58\text{Ma}$ 郯庐断裂带发生第 4 次 (共 4 次) 强烈构造运动, 郯庐断裂带因强烈断陷造成快速冷却事件^[4]; 渤海湾盆地出现地幔热异常并开始形成裂谷系^[5]; $43 \sim 35\text{Ma}$ 阿尔金断裂开始新生代第 1 次 (共 4 次) 脉冲式走滑^[6]; $30 \sim 25\text{Ma}$ 贝加尔湖裂谷开始形成^[7]。所有这些重大地质事件并不是孤立发生的, 它们都与日本海陨击事件有关。

1 始新世前后北太平洋及东亚发生的重大地质事件

约 40Ma 左右, 小洋盆的扩张形成了日本海^[1]。日本岛在欧亚大陆东部边缘的分解可划分为 4 个阶段^[2]: ①锡霍特山到日本西南和朝鲜半岛的连续区域内前新生界组成类似, 说明中央锡霍特山断裂和日本中央构造线都是中生代末期较大左旋断层的组成部分; ②与中国北部板块相关的东部郯

庐板块古近纪顺时针旋转运动 ($> 20^\circ$); ③渐新世到早中新世, 日本海的扩张断裂把日本西南部从东部郯庐板块分离出来; ④伊豆-小笠原岛弧碰撞引起的中新世中期日本西南部拱曲运动和弧后倒转。

45Ma 左右, 太平洋板块的运动方向发生了显著改变。连续的海底山系—夏威夷群岛和皇帝海岭体系, 在太平洋西北部 $32^\circ\text{N}172^\circ\text{E}$ 附近有处特殊的转折, 大部分地质学家很早就认为这是太平洋板块在热点上运动时留下的痕迹^[3]。该热点位于 $18^\circ\text{N}155^\circ\text{E}$ 附近的夏威夷岛, 并在最近 1 亿年保持不动。夏威夷群岛和皇帝海岭转折处的 Kinmei 海山年龄约为 45Ma , 太平洋板块的运动方向以这里 (这时) 为标志发生了显著改变, 由 NNW 向转变为 NWW 向。

$45 \sim 58\text{Ma}$ 郯庐断裂带记录了第 4 次构造热事件^[4]。郯庐断裂带共记录了 4 次构造热事件, 分别是 193Ma 的同造山走滑、 139Ma 的左行平移、 $97 \sim 92\text{Ma}$ 和 $45 \sim 58\text{Ma}$ 的伸展。磷灰石年龄 ($45 \sim 58\text{Ma}$) 记录了郯庐断裂带由强烈断陷而造成的快速冷却事件。郯庐断裂带晚白垩世—古近纪的伸展活动是中国东部区域性伸展活动的一部分^[4]。

$46 \sim 40\text{Ma}$ 渤海湾盆地处于强烈断陷期 (沙河

街组第三段沉积期)^[5]。渤海湾盆地是由 6 个相对独立的古近纪裂陷盆地和一个统一的新近纪—第四纪拗陷盆地叠合而成: ①每一个古近纪裂陷盆地都可以看作是由一系列旋转的基底正断层组成的伸展构造系统, 它们具旋转伸展变形的特点, 整个渤海湾盆地区在宏观上亦表现出旋转伸展变形特点并具有区段性; ②渤海湾盆地区内存在一些深断裂带, 其中包括郯庐深断裂, 古近纪裂陷盆地就是在深断裂基础上发育形成的, 沿着深断裂带在盆地盖层中发育了带状分布的 NNE 向右旋走滑的构造带; ③渤海湾盆古近纪裂陷盆地对应的地壳厚度相对较小, 显示整个岩石圈的伸展变形, 且壳下岩石圈的伸展量明显大于地壳伸展量; ④渤海湾盆地是在白垩纪末至古新世初区域隆起背景下发育形成的, 古近纪裂陷初期有较强烈的基性火山岩喷发, 裂陷盆地的演化分为 3 个裂陷伸展期, 沙河街组第三段代表裂陷伸展 2 期的地层组合。

43~35Ma 阿尔金断裂开始新生代第 1 次(共 4 次)脉冲式走滑^[6]; 作为青藏高原的西北边界, 其一支主断裂位于阿尔金山南侧, 由多条 NEE 向左行斜列的断裂所组成, 西起拉竹龙, 东过金塔, 延伸至西拉木伦河, 全长约 3500 km, 左行走滑起始于晚中生代, 累积错距 350~400 km; 另一支主断裂沿塔里木盆地东南缘民丰、且末一线分布(即盆地中隐伏的车尔臣断裂), 向北东切过星星峡、东阿尔泰山和海洋拉盆地, 沿德尔布干断裂延伸至鄂霍次克海, 全长约 4500 km, 左行走滑起始于新生代, 累积错距不足 100 km。它们是中亚大陆上晚中生代—新生代规模最大的左行走滑断裂带, 亦可称为广义的“阿尔金断裂带”。新生代以来, 由于受印度板块与欧亚大陆板块弧陆碰撞、陆陆碰撞的影响, 断裂自西向东延伸, 经历了 46~35Ma、25~22Ma、3~2.6Ma、1~0.7Ma 四次脉冲式的走滑错移。

30~25Ma 贝加尔湖裂谷开始形成^[7]。贝加尔裂谷带主要包括与裂谷形成有关的新近纪—第四纪屯金盆地。贝加尔期褶皱系内可划分出包括上新统一第四系沉积的最新的活化杂岩在内的 5 种不同时代的构造建造。贝加尔裂谷带是在新生代总体抬升的背景下形成了盆地, 被火山沉积和磨拉石充填, 现今被水充填, 形成深湖。

2 日本海地质特征

日本海包括三个深海盆地。北边是日本盆地, 最深达 3780m; 该盆地被大和海脊一分为二; 大和海

脊与本州北海岸之间为大和盆地, 深度 3000m; 对马盆地位于朝鲜半岛与大和海脊之间, 深度 2000m(刘福寿, 1995)^[1](图 1)。

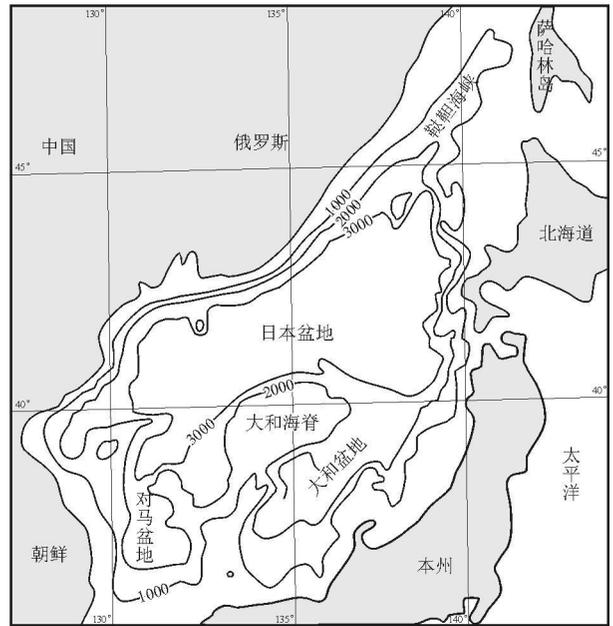


图 1 日本海水深及地理位置示意图

Fig 1 Isobath contours and geographic position of the Japan Sea

2.1 地球物理特征

日本海弧后盆地地壳与太平洋地壳物质的磁性差异表明, 日本海产生的新洋壳在某种程度上被海沟轴部附近下陷的花岗岩所混染。

区域性热流异常是日本海最重要的地球物理特征。热流值异常较高, 通常为 2.00~3.23 HFU(安井, 1968), 热流异常围绕大和海脊(低热流值, 1.67 HFU)呈环状分布, 靠近陆缘向区域正常值以下衰减。毗连的西伯利亚大陆上为低热流值(1.1 HFU), 但是朝鲜具很高热流值(3.67 HFU)。总的热流分布特点可与主要地形变化相比, 在日本盆地深度约 3000m 海底的热值是 2.22 ± 0.33 HFU; 深度超过 3500m 海底的热流值为 3.00 HFU。盆地东部热值较高, 从日本至朝鲜半岛、西伯利亚及萨哈林岛, 陆上的热值从高到低急剧下降。钻探资料, 日本海莫氏面附近的地热达 1000°C。根据热流方程及地壳体积推算, 日本海在 40Ma 内形成, 时代为渐新世至中新世早期, 日本海小洋盆地壳是海底扩张形成的。

2.2 地质构造特征

根据深海钻探资料, 日本海沉积盖层的底部是

中新世硅藻粘土,上覆上新世更新世浊积层。大和海脊由火山岩和花岗岩组成。由于海底扩张已于中新世停止,故日本海盆的中新世沉积物未受变形,保持水平层理。海盆北部沉积层相对较厚,隆起部分受到侵蚀。由于在海盆曾采到二叠纪花岗岩砾石,苏联学者别洛乌索夫认为日本海盆是由于大陆地块断陷、大陆地壳海洋化形成的。更新世时,日本海完全与大洋隔开,形成广阔的内陆湖。

日本海海底年代不同的花岗岩类和火山岩类广泛发育,前者以陆壳为特征,在海底结构中占主要地位,常在海底隆起、陆坡和岛坡范围内形成巨大地块。玄武岩发育于海隆,也分布在大洋型地壳的深海盆范围。日本盆地中心以洋壳为底,地壳厚度约10 km,基底上覆盖着2 km厚的沉积物。大和盆地洋底地形起伏不平,上覆薄的沉积层,向陆架方向逐渐变厚。

3 日本列岛在亚洲大陆东部的定位

Yasuo Itoh等(2006)^[2]认为,日本海南部边缘新近纪不规则断层地堑的形成和倒转变形分别表明弧弧碰撞运动引起的扩张运移和后生收缩(图2)。

马文璞等(2003)^[8]认为,日本列岛是晚古生代以来洋、陆沿活动陆缘汇聚及南来地体拼贴的产物,

在日本海张开以前曾是亚洲大陆的一部分,主要的制约事实有:①无论在地理上还是区域构造上,日本北海道都是俄罗斯远东萨哈林带的向南延续。两者都由白垩纪至中新世的岛弧火山岩、远海硅质岩、蛇绿混杂堆积及含海山碎片的消减增生杂岩组成;②Otofuji等根据古地磁成果提出日本列岛的转动变形模式为东北日本岛逆时针、西南日本岛顺时针方向的双开门式旋转,在此之前日本列岛大体是成直线状分布的;③水谷伸治郎等认为,中国东北那丹哈达岭与美浓带不仅放射虫属种相似,而且混杂堆积中的晚古生代灰岩和蛇绿岩块也十分相似,提出在日本海出现以前它们曾与西锡霍特山组成统一的地体。Zonen-shaier等认为兴凯地块通过日本海中的大和浅滩与飞驒地块相连。20世纪80年代以来,不同作者的日本在亚洲东缘位置的复原图都大体相同(图2a)。

4 日本海陨击事件及其影响

距今约45Ma,东北亚大陆边缘遭到一次规模巨大的陨击,陨击地点位于现今日本海。陨击事件不仅形成一巨型陨石坑—日本海盆,而且对北太平洋及东北亚大地构造演化产生了巨大而深刻的影响,

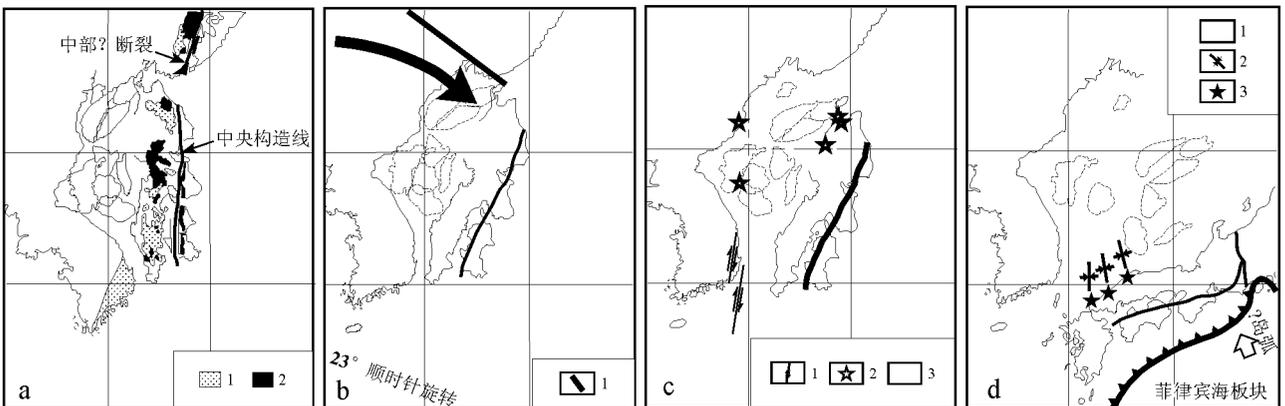


图2 新生代东北亚大陆边缘重构^[2]

a 早第三纪: 1. 晚白垩世/古近纪火山深成岩带; 2. 侏罗系加积复合体。 b 日本海前断裂期: 1. 东邻庐板块东北边界。 c 日本海同断裂期: 1. 右旋断层; 2. 断裂边缘类型火山作用(早中新世); 3. 推测的断裂体系。 d 日本海后断裂期: 1. 强收敛地区; 2. 向斜轴; 3. 中中新世沉积

Fig. 2 Reconstructions of Northeast Asia continent margins during the Cenozoic (after Yasuo Itoh et al., 2006)

a Early Tertiary 1= Late Cretaceous/Paleogene volcanic belt 2= Jurassic accretionary complex b Pre-rifting of the Japan Sea 1= Possible northeastern border of the East Tancheng-Lujiang Block c Syn-rifting of the Japan Sea 1= right lateral faults after Itoh (2001); 2= riftmargin type volcanism (Early Miocene); 3= presumed rift system d Post-rifting of the Japan Sea 1= area of strong contraction 2= synclinal axis 3= Middle Miocene sediments

其后发生的一系列重大地质事件都与日本海陨击事件相关联。

日本海陨击事件发生在 $45Ma_{\pm}$ ，与根据热流方程及地壳体积推算的日本海形成时间 ($40Ma$)相近。

日本海陨击将日本与东北亚大陆分离，自然形成东北日本逆时针、西南日本顺时针向的双开门式旋转。近于圆形、平均水深约 $3000m$ 的日本海盆是日本海遭受陨击形成的陨石坑，大和海脊是巨型陨石坑才具有的中央凸起，在日本海西北边缘还残留有巨型陨石坑边缘的阶梯状陡壁。源自东亚大陆复杂的构造背景，陨击后的日本海海底年代不同的花岗岩类和火山岩类广泛发育，并可残留巨大地块

(碎裂的陆块)，海盆内发现二叠纪花岗岩砾石也不奇怪。日本海地壳与太平洋地壳存在明显的磁性差异，海盆中心以洋壳为底，玄武岩发育于海隆，也分布在深海盆，是陨击后地幔物质上涌的产物。日本海内部的断裂体系呈放射状(图 29)，更符合陨击成因的力学特征。

日本海陨击对东北亚地区新生代地质演化也产生了深刻的影响。其引起东北亚大陆边缘广泛发育玄武质岩浆活动，大体构成以松辽盆地-日本海为中心，以胶东-晋北-冀西北-蒙古东部为外环，内部以富集性地幔为主，而外围以亏损性地幔为主的分布格局，显示强烈的横向不均一性，其地质演化可能受限

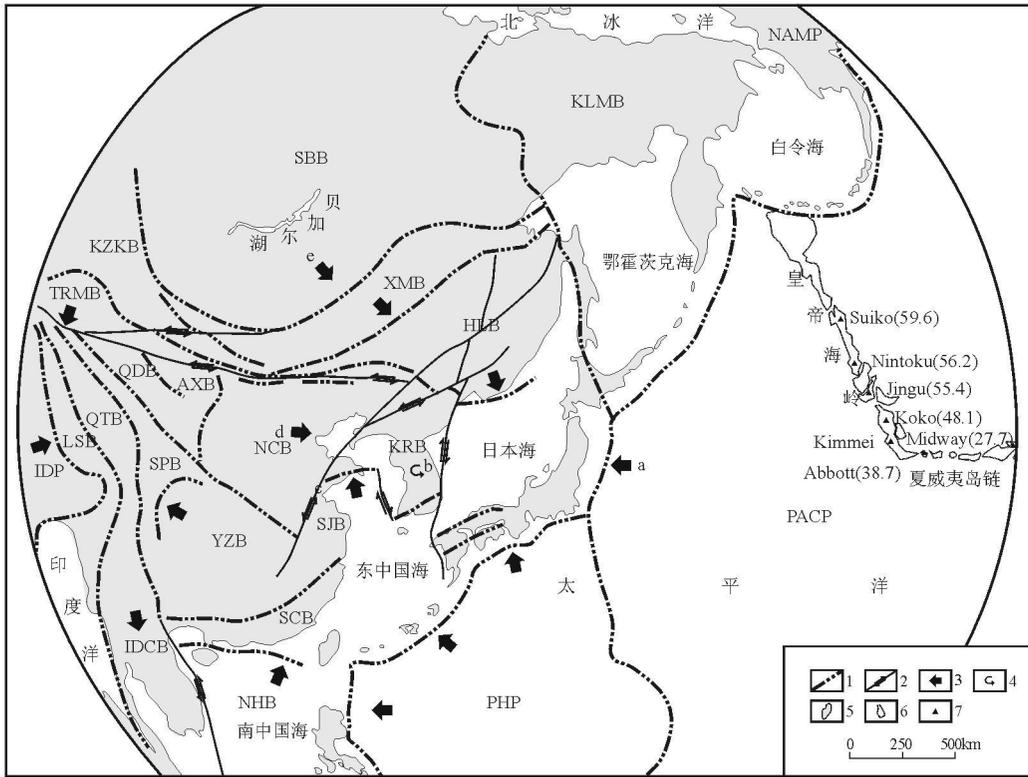


图 3 日本海周缘大地构造略图(板块、地块划分综合葛肖虹^[6](2006)、朱介寿^[10](2007):)

1 地壳消减带(缝合线); 2 走滑断裂带; 3 板块(地块)运动方向; 4 地块旋转运动及方向; 5 陆地; 6 海岭; 7 海山(年龄)

NAMP北美板块; KLMB科雷马地块; KZKB哈萨克板块; SBB西伯利亚地块; XMB兴蒙地块; HLB黑龙江地块; NCB华北地块; KRB朝鲜地块; TRMB塔里木地块; QDB柴达木地块; AXB阿拉善地块; QTB羌塘地块; SPB松潘地块; YZB扬子地块; SJB苏北胶南地块; SCB华南地块; DCB印支地块; NHB南海地块; IDP印度板块; LST拉萨地块。a 太平洋板块的运动方向由原来的 NNW 向转变为 NWW 向; b 朝鲜地块逆时针旋转式东移; c 郯庐断裂带的“走滑拉分”使渤海湾盆地处于强烈断陷期; d 阿尔金断裂左行走滑显示华北地块整体向东(日本海方向)移动; e 贝加尔裂谷带拉张最大的弧顶指向日本海

Fig 3 Simplified tectonic map around the Japan Sea

1= subduction zone; 2= strike-slip fault; 3= Plate (block) shifting direction; 4= block rotation direction; 5= continent; 6= ocean ridge; 7= seamount. NAMP=North America plate; KLMB=Kolyma block; KZKB=Kazakhstan block; SBB= Siberia block; XMB= Xingmeng block; HLB= Heilongjiang block; NCB= North China block; KRB=Korea block; TRMB= Tarim block; QDB= Qaidam block; AXB= Alxa block; QTB Qiangtang block; YZB= Yangtze block; SJB= North Jiangsu— South Jiaozhou block; SCB= South China block; IDCB= Indochina block; NHB= South China Sea block; IDP= India plate; LST= Lhasa block

击后形成的地幔柱构造所控制^[9]。陨击形成的冲击还使该区新生代玄武岩中的地幔包体具有罕见的糜棱岩化现象,并诱发地幔深部物质的上涌折返,如长白山火山岩中包含有来自600 km深度的“俯冲板片”物质。陨击也是现今日本海西岸深源地震的主因,如我国黑龙江省东部的东宁、穆棱和吉林省东部的珲春、图们也是世界上少有的深源地震发育地区^[9]。总之,日本海陨击使东北亚地区显示出与整个西太平洋不同的地质演化特殊性。

日本海陨击改变了太平洋板块的运动方向,即由原来的 NNW 向在约 45Ma 转变为 NWW 向(图 3 a)。陨击的“下沉力”是这种转变的原动力。

日本海陨击的“下沉力”还使朝鲜地块逆时针旋转式东移(图 3 b),导致 45Ma 郯庐断裂带的第 4 次构造热事件—强烈断陷而造成的快速冷却事件。郯庐断裂带的“走滑拉分”又使 46~40Ma 渤海湾盆地处于强烈断陷期,由一系列旋转的基底正断层组成伸展构造系统,并具旋转伸展变形的特点(图 3 c)。

日本海陨击的“下沉力”还引起阿尔金断裂(南支主断裂西起拉竹龙,东过金塔,延伸至西拉木伦河,全长约 3500 km) 开始新生代第 1 次脉冲式左行走滑,华北地块整体向东(日本海方向)移动(图 3 d),并引起 30~25Ma 贝加尔湖裂谷的形成。贝加尔裂谷带呈圆弧,其最大的弧顶指向日本海

(图 3 e)。

参考文献:

- [1] 刘福寿. 日本海地质构造特征[J]. 海岸工程, 1995, 14(1): 37-42
- [2] YASUJO IIOH, KOJI UNO, HIROYUK IARATO. Seismic evidence of divergent rifting and subsequent deformation in the southern Japan Sea and a Cenozoic tectonic synthesis of the eastern Eurasian margin[J]. Journal of Asian Earth Sciences, 2006, 27(2006), 933-942
- [3] И. А. Басов, 夏威夷热点[J]. 朱佛宏摘译自《Пирейда》, 2004, 4, 55-56, 海洋地质动态, 2005, 21(6): 36
- [4] 王勇生. 郯庐断裂带热年代学信息及其与大造山带折返的关系[J]. 地球化学, 2005, 34(3): 193-214
- [5] 蔡乾忠, 刘守全. 渤海湾盆地成盆前后重大地质事件与浅层油气富集[J]. 中国海上油气(地质), 2001, 1(15): 11-15
- [6] 葛肖虹, 任收麦, 刘永江, 等. 中国大型走滑断裂的复位研究与油气资源战略选区预测[J]. 地质通报, 2006, 25(9-10): 1022-1027
- [7] FAISAL, 杨宝俊, 于平, 等. 俄罗斯贝加尔湖-日本石卷地学断面西段地质-地球物理基本特征[J]. 吉林大学学报(地球科学版), 2003, 33(2): 227-231
- [8] 马文璞, 陆松年, 王果胜. 日本在亚洲前沿的构造定位及其对中国东部区域构造的含义[J]. 地质通报, 2003, 22(3): 192-199
- [9] 吴福元, 曹林. 东北亚地区的若干重要基础地质问题[J]. 世界地质, 1999, 18(2): 1-12
- [10] 朱介寿. 欧亚大陆及边缘海岩石圈的结构特性[J]. 地学前缘, 2007, 14(3): 1-20

Cratering events in the Japan Sea and tectonic evolution of East Asia during the Cenozoic

FU Heng, FANG Xiao-lu, JIANG Shao-zhen

(College of Energy Resources, Chengdu University of Technology, Chengdu 610059, Sichuan, China)

Abstract A series of major geological events occurred in Northern Pacific and East Asia during the Eocene about 45 Ma BP. The rifting of the Japan Sea and intracratonic faulting in the eastern part of the Eurasian continent gave rise to the clockwise rotation ($>20^\circ$) of the eastern part of the Tancheng-Lujiang block including the southwestern part of Japan and northern part of adjacent China blocks during the Eocene. At the ages of about 43 Ma, the NNW-trending Pacific Plate recorded by Hawaii hot spots suddenly turned to the NWW direction. The four phases of intense tectonic movements once occurred in the Tancheng-Lujiang fault zone at the ages of 45 to 58 Ma during which the cooling events were caused by the rift faulting of the fault zone. The rift systems were initiated due to the mantle thermal anomaly in the Bohai Bay Basin, and the basin was then in the stage of intense rift faulting at the ages of 46 to 40 Ma. The impulsive strike-slippping occurred in Altun fault at the ages of 43 to 35 Ma. The Baikal Lake rift came into being at the ages of 30 to 25 Ma. All the events outlined above are closely related to the cratering events in the Japan Sea.

Key words Japan Sea; cratering; Cenozoic; East Asia tectonic evolution