

文章编号:1006-6616(2001)01-0001-08

似新华夏式伸展盆海系的基本特征 及其形成演化的力学机制

丘元禧

(中山大学地球科学系,广州 510275)

摘 要:晚中生代(白垩纪)以来,中国东部及西太平洋大陆边缘发育一系列 NNE、NE 乃至 NEE 向(与纬向构造联合)的巨型右行张扭性断陷(地堑、半地堑)在平面上组成平行雁列的多字型构造,其深部发育同走向的上地幔隆起和基底拆离,地表常出现变质核杂岩和大型低缓倾角的伸展剥离断层,它主要是东亚及西太平洋大陆边缘陆缘扩张的产物,其地球动力学过程为晚燕山期以来的后造山期的大陆隆升和水平侧向伸展以及晚白垩世末—早第三纪、45Ma 以来的印度板块与欧亚板块碰撞所产生的碰撞效应。

关键词:似新华夏式伸展盆海系;陆缘扩张;碰撞效应

中图分类号:P552

文献标识码:A

0 引言

1948年李四光教授在他的“新华夏海之起源”一文中把渤海、黄海、东海都归入新华夏系海,意指这些海盆都受新华夏系控制^[1]。自60年代以来,地质地球物理调查表明第一、第二、第三新华夏系沉降带自晚白垩世末至第三纪以来都是一些巨型张扭性断陷,并非挤压性拗陷盆地,这已是我国地质界的共识^[1-6]。许多地质力学工作者曾用巨型新华夏系二次纵张来解释其成因,但是它在中国东部及西太平洋的区域性展布,其所发育的构造部位(并不限于复式背斜隆起轴部)和等级规模显然无法用新华夏系的二次纵张来解释,它们在空间上的展布远及东亚的内部也无法都用洋陆俯冲的弧后扩张来解释。它主要是东亚及西太平洋大陆边缘陆缘扩张的产物,和新华夏系有着完全不同的区域构造应力场和地球动力学机制。它是一个复合叠加在原来的新华夏系之上的独立的区域构造体系,它的主要构造成分都继承了原来新华夏系的构造成分,它的平面构造组合型式也极似新华夏系,但均已发生了力学性质和应力活动方式的改变,特别是原来压剪性的新华夏系主压面改变为伸展性张剪性断面,控制着中国东部及西太平洋晚白垩世—早第三纪以来的许多巨型断陷盆地、陆表海和边缘海(图1)。为了说明它与新华夏系的区别与联系,也考虑与李四光教授已经明确这些海盆受新华夏系控制的概念

收稿日期:2000-04-10

作者简介:丘元禧(1932—),男,教授,1952年毕业于清华大学地质系,长期从事区域构造、大地构造的研究与教学。

相衔接,本文作者建议把这一独立的区域构造体系命名为似新华夏式伸展盆海系(Paraneocathaysian extensional basins system)。本文着重阐述这一新建立的区域构造体系的基本特征及其形成演化的力学机制,并指明建立这一区域构造体系的理论与实践意义。

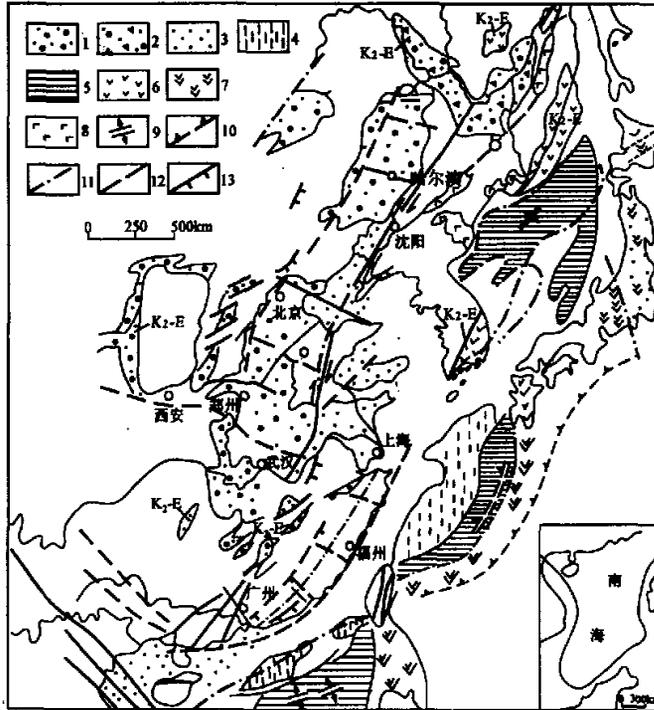


图1 中国东部及邻区晚白垩世以来似新华夏式伸展盆海系展布图
(据王鸿祯,1983;马杏垣,1983 改编)

Fig.1 Map showing the distribution of the Paraneocathaysian extensional basins system in East China and its adjacent area

1. 新第三纪—第四纪陆相沉积;2. 晚白垩世—早第三纪陆相沉积;3. 新第三纪—第四纪近海沉积;4. 大陆架拗陷带;
5. 洋壳增生张裂区;6. 晚白垩世末—早第三纪碱性中酸性火山岩;7. 岛弧玄武岩;8. 碱性玄武岩(晚白垩世以来);
9. 洋中脊扩张轴;10. 俯冲带;11. 物探推测断裂;12. 张剪性断裂;13. 伸展裂高断层

1 似新华夏式伸展盆海系的基本特征

(1)平面上总体呈 NNE 向平行雁列展布着一系列右行张扭性断陷盆地,它们追踪原先的新华夏系主压面以外,有时也追踪原来的新华夏系的 NNW 向大义山式构造、NEE 向泰山式构造和 NNW 向横向张裂开裂,因而整个构造型式保持了原新华夏系的多字型构造型式,但其主体仍呈 NNE—NE 向展布(图1);

(2)在这些张扭性断陷盆地中,自晚白垩世末期—早第三纪以来,在陆内及陆缘沉积了一

套河湖相、冲洪积相沉积,在陆表海及边缘海则沉积了一套滨海相、浅海相、半深海相乃至深海相沉积(后两者常见于日本海、冲绳海槽及南海海域)。这些陆缘碎屑沉积层中,尚夹有多层火山岩,其时空分布大体有如下特征:晚中生代主要为中酸性钙碱性火山岩,晚白垩世末至早第三纪起则变为亚碱性乃至碱性玄武岩;空间上,在陆内裂谷和陆缘裂谷中多为多层多旋回的碱性玄武岩和拉斑玄武岩,在这些玄武岩中不乏有深源地幔包体,它们多半由二辉橄辉岩和辉岩所组成,反映出深源物质沿断陷盆地上涌,在岛弧的一侧分布有高铝玄武岩和岛弧拉斑玄武岩^[2-4]。

(3) 对应于地壳表层每一个陆内或陆缘裂谷盆地,岩石圈深部存在一个上地幔隆起,上地幔顶部常有一个异常的地幔垫,在异常地幔垫的上方则有一个由张性正断层或张剪性平移—

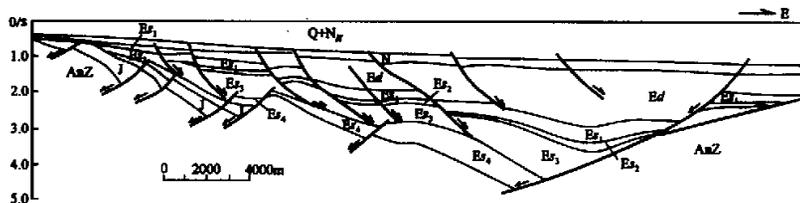


图 2 华北地槽系中的半地堑箕状断陷(据马杏垣,1983)

Fig.2 The profile showing the fault depression in a shape like winnowing basket or half-graben located in the graben system of North China

正断层阶梯式断层组成地堑或半地堑箕状断陷裂谷盆地(图2),这些张剪性断裂常是长期发展的同沉积断裂,不仅控制着巨厚的断陷盆地沉积,而且沿断裂活动的上下盘,形成一系列滚动背斜、牵引构造和花状构造等等,所有这些构造组合反映出它们之间具有成生联系。近年来在中国东部陆续发现一些 NNE—NE 乃至 NEE 向的隆起,隆起的轴部经常是变质核杂岩,其翼部则发育了低缓倾角的伸展剥离断层,形成时代多在白垩纪至早第三纪,如内蒙赤峰姜子店—大城子拆离断层^[7]、辽南金州—金石滩伸展剥离断层^[8]、北京东北部的云蒙山变质核杂岩及河防口伸展剥离断层^[9]、江苏茅山伸展构造^[10]。根据作者近年的研究,珠江口盆地的 NEE 向地堑、半地堑箕状盆地实质上也是华南大陆边缘自晚白垩世—早第三纪以来隆升和基底拆离的产物^①,地震剖面揭示在大陆坡上存在近水平的剪切带(图3)。中国东部这些地堑、半地堑断陷至少有一部分是深部 NNE—NEE 向大型基底伸展拆离构造上盘的低序次低等级构造,它们一致地反映出受控于一个具有垂向挤压和 NW—SE 向水平伸展的区域构造应力场。

(4) 似新华夏式伸展盆海系自晚白垩世—早第三纪以来经历一个由彼此孤立的断陷发展到成面成带的巨型沉降带,自西向东由陆向海扩张伸展,由陆内断陷发展成陆表海、边缘海的演化过程:晚白垩世—早第三纪时主要由彼此孤立但已经排列成行的陆内断陷所组成,新第三纪时在现今的鄂霍茨克海、日本海、渤海、黄海、东海和南海开始沉陷为海。在这些陆表海和边缘海中多有沉沦的陆块,自北而南有中鄂霍茨克隆起,大和隆起,东海前寒武纪基底、西沙、南沙地块等。

① 陈和平,王建华,丘元禧. 广东沿海区域构造专题研究报告,1999.

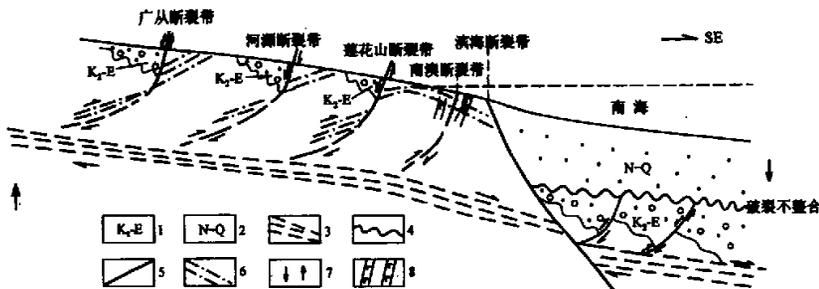


图3 南海北部陆缘受似新华夏系陆隆掀斜控制的基底拆离伸展剥高和地堑、半地堑盆海系形成示意图

Fig.3 Sketch profile showing the grabens, half-grabens and basement detachment controlled by continental uplifting in the north continental margin of the South China Sea

1. 晚白垩世末—早第三纪陆相沉积; 2. 新第三纪—第四纪海相沉积;
3. 基底拆离(据物探资料测得在大陆坡处存在一近水平剪切带);
4. 不整合面; 5. 脆性断裂; 6. 韧性剪切带(糜棱岩带); 7. 升降运动; 8. 基性岩脉

2 似新华夏式伸展盆海系形成演化的动力学机制

东亚—西太平洋大陆边缘构造带由陆缘扩展造成的伸展内带和由太平洋—菲律宾板块洋壳俯冲的挤压性外带组成,是一个具有内张外挤特征的双带构造^[11]。似新华夏式伸展盆海系位于其内带,是内带的主要构造组成。它具有比较复杂的区域构造背景和地球动力学机制。通过整个晚中生代—新生代亚洲—西太平洋区域构造背景和地球动力学系统的分析,似新华夏式伸展盆海系是由下列区域地球动力系统形成的。

2.1 由大陆地质独立发展的大陆动力学系统

现今东亚—西太平洋边缘自晚白垩世即开始了陆缘扩张式的区域性裂解作用^[5],任纪舜称其为裂解性大陆边缘^[6]。这一区域性裂解标志的地质表现主要有:①在我国东部,许多张性断陷中上白垩统和下第三系是连续沉积的;②闽粤沿海这一时期的NNE走向的晶洞碱长花岗岩(同位素年龄值为106.8~73Ma)^[12],它向东北延伸可及上海郊区及南朝鲜,向南尚可见于珠江口外大陆架的钻孔中。在时间上陆缘扩张形成的断陷盆地自陆向洋依次变新,并一直延续至新第三纪、第四纪,显然,它的起始时间早于印度板块与欧亚板块的会聚碰撞时间——始新世,而空间上远及东北亚的白令海和整个西北太平洋,因而它并非一开始就是印度板块与欧亚板块碰撞时所产生的挤出效应的产物。它应该是亚洲独立的大陆动力作用的产物(图4)。再者,早燕山期东亚大陆边缘曾是一个挤压性的大陆边缘,在造山期后,即在晚燕山期后白垩世末—早第三纪初,由于大陆造山期后陆壳加厚后向洋一侧产生张力,燕山期强烈的岩浆活动也使陆壳热膨胀向洋一侧产生侧向张力,以及由于燕山期加厚的岩石圈和山根产生拆沉和地幔顶蚀作用而产生陆壳隆升和侧向伸展等地球动力学因素综合导致由陆向洋的陆缘扩张^[13]。这是似新华夏式伸展盆海系形成的第一个地球动力学机制。

2.2 由印度板块与欧亚板块会聚碰撞所产生的地球动力学系统

自始新世以来开始的印度板块与欧亚板块的会聚碰撞在东亚地区引起的挤出效应^[14]确

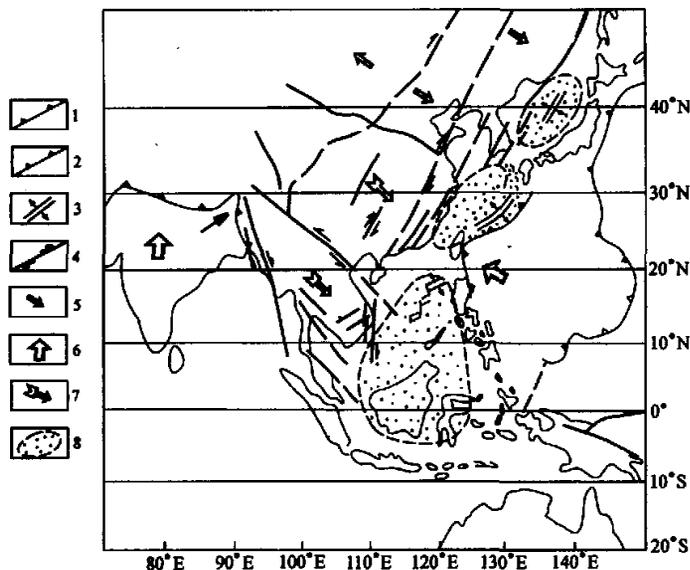


图 4 形成似新华夏式伸展盆海系的地球动力系统
(据 Tapponnier, Fukao 等资料编制)

Fig. 4 Map showing the geodynamic system of the formation of Paraneocathaysian extensional basins system

1. 地缝合线; 2. 俯冲带; 3. 扩张轴; 4. 右行张剪性断裂; 5. 燕山期后造山侧向张力系统;
6. 板块运动方向; 7. 叠加的板内碰撞效应——挤出方向; 8. 地幔柱

实存在,它除形成区域性的 NE 向和 NW 向两组剪切走滑的滑移场外,亦沿 NNE 向发生右行张剪性断裂,以及由于剪切走滑性断裂,日本海、南海、安德曼海受控于剪切拉分断裂都说明这种由于板块会聚碰撞所产生的板内碰撞效应的存在;除了区域构造应力场上的空间联系以外,前述伸展盆海系的成盆时间与印度板块与欧亚板块碰撞时间也存在一个因远离印度板块而滞后的规律:原在南海东南侧古菲律宾海(即西菲律宾海)形成于古新世—始新世(60~35Ma),南海形成于渐新世—中新世(32~17Ma),日本海形成于中新世—上新世^[15],鄂霍茨克海形成于早第三纪末^[16],边缘海这种时空上的分布规律可能是一种与板块碰撞有联系的地幔柱热点迁移(图4)。它是似新华夏式伸展盆海系形成和演化的重要地球动力学机制。

综上所述,前述两种动力机制其总体效应都表现为 NW—SE 方向上的水平伸展,具有统一的 NE—SW 方向挤压的区域构造应力场。其叠加的总体构造效应表现为亚洲东部向西太平洋扩张。

3 似新华夏式伸展盆海系与新华夏系构造带的区别与联系

从上文我们可以进一步归纳出似新华夏式伸展盆海系与新华夏系区域构造带的区别与联系:

(1)两者形成的区域构造背景和地球动力学系统完全不同:在现今千岛弧—马里亚纳弧—汤加弧以东的西北太平洋存在 100Ma 侏罗白垩纪的古洋壳(其热流值一般有 $41.87 \sim 54.43 \text{ mW/m}^2$)^[16],其东界为皇帝海岭—夏威夷海岭,这是古太平洋洋壳,它并非是由新生代东太平洋中脊向西扩展的产物,而是晚古生代—中生代古太平洋扩展的产物。由于古太平洋板块向 NNW 俯冲,形成了东亚中生代活化大陆边缘,而新华夏系是在亚洲大陆向南、太平洋向北、古太平洋板块沿 NNW 方向向东亚大陆俯冲,从而沿 NNE 走向断裂发生斜向俯冲以及 45Ma 以来菲律宾—太平洋板块沿 NNW 方向向东亚大陆俯冲所产生的。整个东亚—西太平洋在燕山期是一个挤压性大陆边缘,新华夏系构造带是一个左行压剪性构造。据笔者在华南特别是对广东几条著名的断裂带,诸如长乐—南澳断裂带,政和—大浦(莲花山)断裂带,河源断裂带,恩平—开平断裂带,吴川—四会断裂带和罗定—广宁断裂带的研究成果表明,其早期(侏罗纪)为低缓倾角的韧性剪切带,晚燕山期以来脆性压剪断裂带叠加其上,它们都是左行压剪性构造(参阅图 3),这个时期所形成的一些巨型沉降带也是一个压剪性拗陷,尽管这些压剪性拗陷的边缘和腹地也常常为同走向的断裂所切割,它是新华夏系构造带的重要组成部分和负向构造单位;与此同时,也有一些张性断陷,它们多发育在新华夏系的横向张裂配套构造和隆起带的二次纵张之中;整个新华夏系可以说是在洋陆俯冲的同时,陆盘居于主导地位,由大陆内部腹地推波助澜式地仰冲到古太平洋板块之上。这一挤压性的大陆动力学系统造成了新华夏系为主体并与纬向构造相联合向东南凸出的大陆边缘弧和构造岩浆岩带,其花岗岩带和火山岩带的时代由北西向南东变新以及由地球物理深部探测指示出的深入到大陆内部具层状产出的花岗岩板状体都很难用洋陆俯冲大洋板块是主动盘的模式来解释;而用大陆为主要变形机制、陆壳仰冲、顺层剪切变形机制解释则较合理,陆壳中低速层的存在则可进一步证明深层次的剪切深熔的可能性。总而言之,新华夏系形成的区域构造背景是陆内的区域性挤压,陆壳的滑移体制是新华夏系形成的主要机制^[17];而晚白垩世末—早第三纪开始的似新华夏式伸展盆海系则是有着完全不同的区域构造背景和力学机制。如前所述,它是在燕山期后造山期区域构造背景已经由区域性挤压改变成区域性伸展的情况下发生的,它是上述两种地球动力学系统的前后叠加和综合作用的产物。

燕山期的陆缘挤压造成的陆壳加厚、岩浆热膨胀、岩石圈山根的形成和折沉等因素才导致后造山期的陆壳隆升,向洋扩张和拉伸减薄,这就是前后两个地球动力学过程之间的联系。

(2)新华夏系是左行压扭性构造带、具有多字型构造型式,似新华夏式伸展盆海系则是右行张扭性构造带,虽然也有多字型的构造型式,但这是一种张性的多字型构造型式,除了 NW 向断裂常转化为压扭性结构面外,几乎所有其他构造成分的力学性质都发生了张性改变,这就是两者在结构面力学性质方面的区别;但是两者有一个互相转化、力学性质互换的演化历史,这就是它们之间的联系。似新华夏式伸展盆海系一方面继承、追踪、归并原来燕山期的新华夏系的构造成分,特别表现出它的控盆构造原来都是新华夏系的构造成分(图 3);但是,它不仅仅是继承了原来新华夏系的构造成分、构造型式,而且使它们发生了张性改变,在它的伸展过程中还产生了一系列新生的构造诸如变质核杂岩和大型伸展剥离断层,地堑、半地堑以及同沉积的准同生构造(褶皱构造和断裂构造),这些新生的共生构造组合具有成生联系。同时似新华夏式伸展盆海系又受到晚于它的晚近时期的新华夏系的叠加改造,表现为这些似新华夏式伸展盆海系的盆缘和盆内常被晚于它的新华夏系左行压扭性断裂所逆冲切割。新华夏式与似新华夏式在时空上的互换反映了喜马拉雅构造域和太平洋构造域在时空上的互换。

(3)在形成时间上,新华夏系既存在于燕山期,也存在于喜马拉雅期和新构造时期,而似新

华夏式伸展盆海系主要形成于晚白垩世末—早第三纪以来,考虑到中国东部长期处于欧亚板块、特提斯—印度板块与库拉(伊泽纳茨)—太平洋—菲律宾板块的相互作用之中,由于特提斯—印度板块的向北推挤所导致的东亚大陆向东伸展的陆缘扩张可能并不限于喜马拉雅期,当古、中特提斯关闭的时候,中国东部也可能存在陆缘扩张和由此产生的NNE向右行张剪性断陷,它们叠加在已存在的印支期华夏系和早期新华夏系的主压面之上。因此,追踪似新华夏式伸展盆海系的形成演化历史,有可能最早两次周期发生于后印支早燕山期的晚三叠世末—早侏罗世初和早燕山期造山期后即晚侏罗世末—早白垩世初。

综上所述,似新华夏式伸展盆海系与新华夏系是两个既有联系又有区别的独立的区域构造体系。无论从区域构造背景、区域构造应力场、还是从组成构造体系变形场的构造成分的结构面力学性质、共生组合和成生联系它都是自成体系的,把它作为一独立的区域构造体系从原来的新华夏系中筛分和独立出来是有充分的科学依据;而笔者之所以建议用似新华夏式伸展盆海系来命名这一新的构造体系是考虑到它与新华夏系既有区别而又还有联系(是由原来的新华夏系由于后造山期的伸展作用演变而来的,继承了原来的新华夏系的构造型式)这一特征的。

众所周知,似新华夏式伸展盆海系是我国东部新生代主要控盆构造,也是油气盆地的所在,是我们寻找新生代油气资源的主要目的地,详细准确地研究似新华夏式伸展盆海系一系列地质地球物理特征对石油天然气和地热地下水资源的勘探开发具有重要意义。它的区域构造背景及伸展性质对我国东部特别是沿海地区及海域的环境水文地质,环境工程地质、地震地质和地质灾害也具有不同的控制意义,因而把它作为一个独立构造体系来加强研究,也具有重要的作用和环境地质和防灾减灾意义。

参 考 文 献

- [1] 李四光. 新华夏之起源[A]. 区域地质构造分析[C]. 北京: 科学出版社, 1974. 49 ~ 58.
- [2] 马杏垣, 刘和甫, 王维震, 汪一鹏. 中国东部中生代裂陷作用和伸展构造[J]. 地质学报, 1983, 57(1): 22 ~ 32.
- [3] 王鹤祺. 中国东部及邻区中、新生代盆地发育及大陆边缘区的构造发展[J]. 地质学报, 1983, 57(3): 213 ~ 223.
- [4] 崔盛芹, 李锦春. 东亚及太平洋地区喜马拉雅期构造演化[J]. 地质学报, 1990, 64(1): 1 ~ 12.
- [5] 中国科学院南海海洋地质研究所构造室. 南海地质构造与陆缘扩张[M]. 北京: 科学出版社, 1988.
- [6] 任纪舜, 陈适量, 牛宝贵, 刘志刚, 刘凤仁. 中国东部及邻区大陆岩石圈的构造演化与成矿[M]. 北京: 科学出版社, 1990. 100.
- [7] 王玉芳, 崔文元, 张承志. 内蒙赤峰南部娄子店-大城子拆离断层及其构造演变[A]. 见: 钱祥麟主编. 伸展构造研究[C]. 北京: 地质出版社, 1994. 99 ~ 108.
- [8] 许志琴, 李海兵, 郭光鹤. 动态蠕变、动态重熔及地壳收缩至伸展的转化——辽南古老变质体上隆机制探讨[A]. 见: 钱祥麟主编. 伸展构造研究[C]. 北京: 地质出版社, 1994. 107 ~ 119.
- [9] Davis G A, 于喆, 钱祥麟, 等. 中国变质核杂岩——北京云蒙山地质简介及地质旅行指南[A]. 见: 钱祥麟主编. 伸展构造研究[C]. 北京: 地质出版社, 1994. 144 ~ 154.
- [10] 徐学恩, 胡连英. 茅山伸展构造[A]. 见: 钱祥麟主编. 伸展构造研究[C]. 北京: 地质出版社, 1994. 59 ~ 70.
- [11] 丘元禧, 夏亮辉. 中国东部及邻区中生代大陆边缘性质的讨论[J]. 中国区域地质, 1994, (12): 258 ~ 267.
- [12] 吴克敏, 严炳策. 福建晶洞细质花岗岩的一般特征及其成因的初步探讨[J]. 福建地质, 1982.
- [13] 邹和平. 陆缘扩张型地洼盆地系及其形成机制探讨[J]. 大地构造与成矿学, 1995, 19(4): 303 ~ 313.
- [14] Tapponnier P, Peffner G, Armijo R. 印度和亚洲之间的碰撞机制[A]. 见: M. P. 考沃德, A. C. 里斯主编. 碰撞构造(中译本)[C]. 北京: 地质出版社, 1990. 47 ~ 68.
- [15] Tamaki K, Hozumi E. Global tectonics and formation rock of the Western Pacific[J]. Episodes, 1991, 14(3).

[16] 张文佑,等.中国及邻区海陆大地构造[M].北京:科学出版社,1986.331~468.

[17] 覃忠福,张启富.中国东部新华夏系的演化规律及其成因机制的初步探讨[J].地质学报,1983,57(1):43~50.

BASIC FEATURES AND FORMATION MECHANISM OF PARANEOCATHAYSIAN EXTENSIONAL BASINS SYSTEM

QIU Yuan-xi

(*Geoscience Department of Zhongshan University, Guangzhou, 510275, China*)

Abstract: There develop a series of dextral transtensional fault basins (graben and half-graben) trending NNE since the late Mesozoic (Cretaceous period) in the continental margin of East China and West Pacific Ocean. These basins were arranged as zigzag pattern in the plane view. Under these fault-basins develop upper mantle-uplifting and basement detachments of the same trend. Some times expressed as metamorphic core complex and big low angle extensional detachments. The regional tectonic stress field has been in horizontal extension of NW—SE direction during post-orogenic period since the late Yanshanian stage. It is continental margin expanding caused by the de-rooting of lithosphere (since the late Cretaceous) and the effect of the collision between India and Eurasia plates (since the end of Late Cretaceous and Early Tertiary period).

Key words: Paraneocathaysian extensional basins system; continental margin expanding; collision effect