

文章编号: 1001-6112(1999)-04-0285-06

中国东南部中生代盆岭构造特征

徐汉林, 沈扬, 丁晓, 徐嘉炜

(1. 中国石油天然气集团公司杭州石油地质研究所, 杭州 310023; 2. 合肥工业大学资源与环境科学系, 合肥 230009)

摘要: 东南地区中生代形成的盆岭构造, 受控于盆岭区内业已存在的大型断裂系统, 盆岭区内存在有北北东至北东向、近东西向、近北西向等 3 组主要断裂系统。根据区内盆地特征, 可划分为地堑型盆地、铲状断层型盆地和变换-伸展型盆地 3 类。东南地区的盆岭构造总的面貌呈现南北纵向分块, 东西横向分带之特征。形成中国东南地区盆岭构造的外部条件是滨西太平洋域的地球动力学演变, 次要条件是西侧印度板块向北移动与欧亚大陆的碰撞及推挤。

关键词: 东南部; 盆岭构造; 伸展构造; 走滑; 郯庐断裂系

中图分类号: P618.13; TE121

文献标识码: A

东南沿海地区(华南及邻区), 中生代自白垩纪至第三纪, 作为西太平洋大陆边缘的活动构造带, 产生了一系列的断陷盆地及盆间隆起的山岭, 构成一个广大区域的盆岭构造。对中国东南中生代盆岭构造的研究, 不但有助于认识区内中生代大地构造背景, 也对油气勘探具有重要的参考价值。

1 盆岭区主要的伸展断裂系

盆岭区大型断裂系统是控制盆岭构造发生与演化的主导构造。盆岭的大型铲状断层或大型低角度正断层多受控于早期业已存在的某些陡立的断裂。它们是在长期地质时期经过多次变动形成的。尤其是前盆岭期, 即晚侏罗世至早白垩世, 北北东至北东向的郯庐断裂系^[1,2]及有关的次级断裂, 是盆岭期断裂构造的基础。

统计表明, 研究区主干断裂总共 354 条。其中北东 20°~60°之间的断裂占 70%, 尤以北东 30°~50°更为重要, 属盆岭的主体构造, 为张性断裂, 北西 40°~60°至南东 40°~60°为最大的拉张应力方向。万天丰等^[3]研究这个时期的古应力场, 拉张方位为北西 58°至南东 58°, 与本成果大致相近。

1.1 北北东至北东向的断裂系

如盆岭构造图(图 1)所示, 该系统为盆岭区断裂的主体, 是盆岭的主导构造。该系统即为郯城-庐江断裂系统(郯庐系)^[1,2], 是指太行山-武陵山以东, 北北东至北东向中生代以来曾左行走滑产生的一系列陡倾断层。该断裂系在晚侏罗世至早白垩世为左行走滑性质, 在中白垩世开始均转化为张性, 表现为沿断裂拉开并产生强烈的差异升降。转化的形式是这些陡立的早期断面沿着它的倾向产生明显的断落, 并随之产生铲状断层。在吉泰盆地东缘所见, 盆缘陡立断层的倾角在 65°~70°之间, 而盆地内部 S 线地震时间剖面所反映的铲状断层倾角仅为 10°~25°间。前者有可能深入壳下层直至上地幔。在衡山西麓、衡东盆地及攸县盆地东缘, 均有这种形式。

1.2 近东西向断裂系

在研究区, 近东西向(包括北东东向)的断裂系居其次的地位。它有多次构造性质逆转的历史, 生成时代也有不同。主要分布在下扬子地区、大别山北侧、钱塘江附近、江南隆起的南缘及广东北部南岭南侧等。

这些断裂在前盆岭期经常是压剪性的。在中生代早期, 南北陆块碰撞时, 这些断裂在前陆上作为压

收稿日期: 1998-04-01; 修订日期: 1999-08-19.

作者简介: 徐汉林(1966-), 男, 江苏靖江人, 工程师, 主要从事石油构造研究工作.

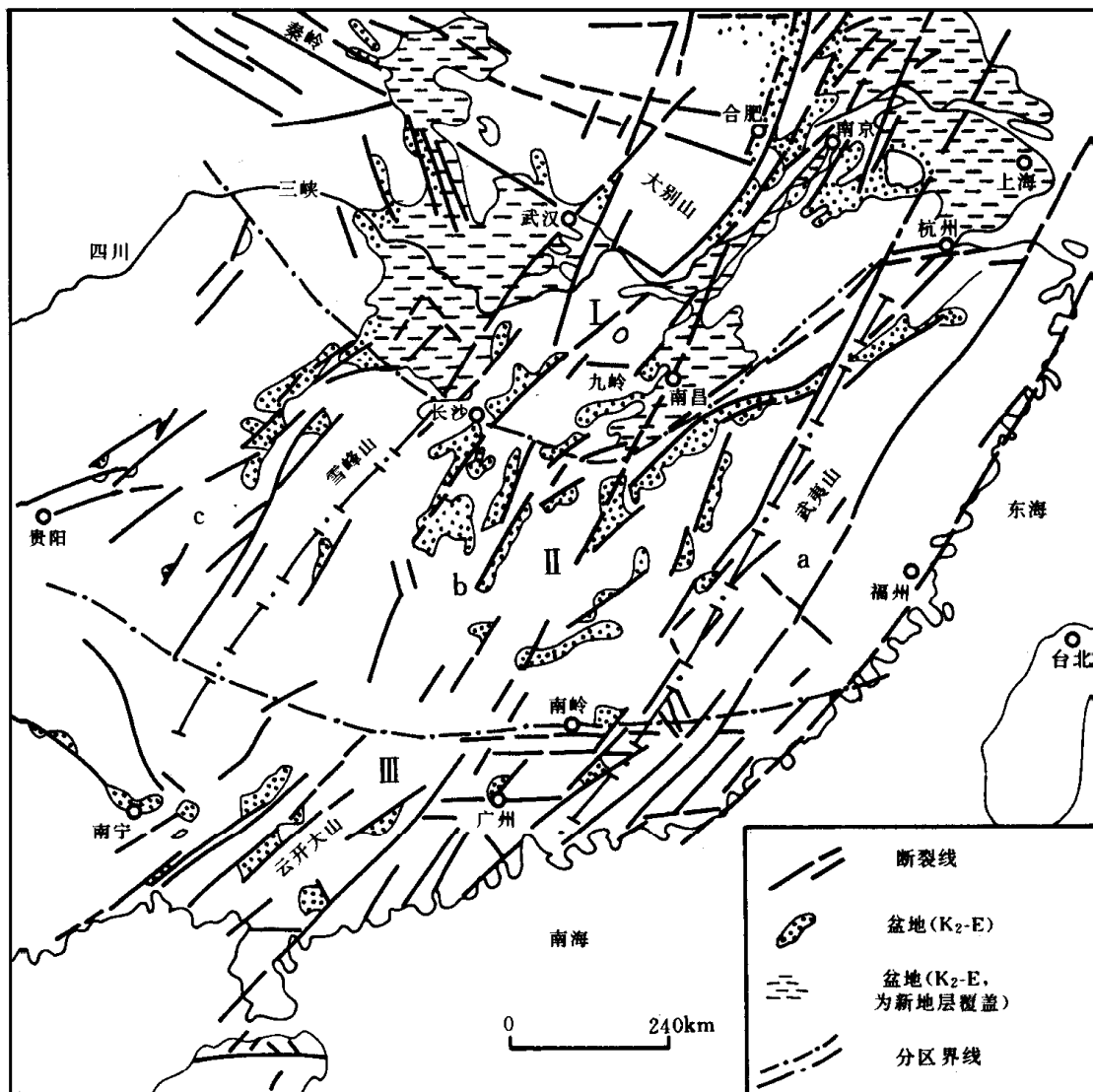


图 1 华南中生代盆岭构造略图

I. 扬子区; II. 湘赣区; III. 岭南区; a. 火山盆地区; b. 盆岭区; c. 拗陷盆地区

Fig. 1 Sketch map of the Meso- Cenozoic basin and range province in Southeast China

性逆断层,甚至发育逆冲-推覆构造。在盆岭期,尤其是晚白垩世开始,主要属性是张剪性。一方面是早期南北碰撞挤压造山,这时压应力释放松弛,构造回缩调整而产生相对伸展,沈修志等^[6]已有论述。另一方面,由于北西向的最大主张应力,使得近东西向的断层产生在伸展中兼有一定程度的左行走滑,如在弋阳盆地西段。近东西向断裂的拉张作用,产生了若干箕状盆地,如北淮阳舒城盆地、皖南休宁盆地、江西弋阳盆地与清江盆地、浙江金华-衢州盆地等。江汉盆地南部近东西向断裂也明显具有左行的性质。

1.3 近北西向断裂系

近北西向断裂在研究区内断续出现,局部地区占主导地位,如广西西部。它是多动力学成因、多生成时代及性质可变的构造。最早出现的一组应属于

南北中生代早期的碰撞产生的一对纯剪断裂,即北东向左行走滑断层与北西向右行走滑断层。现今保留的襄樊-广济断裂及洪泽-扬中断裂应属于后者。在中期(晚侏罗世至白垩纪)郟庐系强烈左行走滑期,北北西向(北西 30°左右为主)经常作为次级的左行走滑断层。在盆岭期,近北西向的断层主要属性是走滑。它们横切伸展的盆岭构造,起着调节各地段伸展量的作用。同美国盆岭省的岩块碎裂模式相似^[7]。这些断裂视两侧扩张量的不同作左行或左行走滑。有时呈现变换断层(transfer faults)的性质。另一方面,北西向断层单独形成走滑拉分盆地,如广西右江断裂带的百色盆地等。广西西部北西向左行走滑的右江断裂带及相关断裂,与红河断裂带活动有关,应是早第三纪以来才活动。

2 盆岭区内盆地的类型

根据东南地区盆地之特征, 按以下原则进行盆岭区内盆地划分(表 1):

- (1) 伸展断层的旋转情况;
- (2) 断面的形态, 是平面状或铲状, 或花状分支;
- (3) 断面的组合及盆地与主断裂的空间关系;
- (4) 断层的成因机制, 纯剪或单剪。

3 中国东南部盆岭区若干特点的认识

3.1 盆岭区湘赣剖面伸展量的探讨

剖面自湘中衡阳醒狮至赣中泰和沙村, 全长 250km, 横越盆岭区中部。穿越了衡阳、醴攸、茶永、永新及吉泰等盆地。这些盆地除了永新盆地近东西向、北断南超外, 其他盆地均呈北北东向展布, 以东断西超为特点。盆缘断裂带以高陡倾角为主, 以 $55^{\circ} \sim 70^{\circ}$ 为多, 倾向北西, 示东抬西降的态势, 而断层深部均存在低缓的断面。盆地以中晚白垩世堆积为主, 少量下第三系。盆地地层倾角平缓, 一般在 $5^{\circ} \sim 15^{\circ}$ 之间, 但不超过 20° ; 内部还发现有小型正断层, 有的应属生长断层。根据地震资料, 吉泰盆地内断层滑脱面倾角仅 19° , 属于铲状断层。由于底部断面很平缓, 计算伸展量时, 以沃尼克等^[8]非旋转类型处理, 即伸展量(e) = S (铅直断距) $\times \text{ctg}\Phi$ (断面倾角), 在计算时, 理论上这一伸展量偏大, 可适当减去一个修

正量, 东缘铲状断层拉开的伸展量为 9.3km, 伸展率可达 25% 左右。而应用地表资料采用平衡剖面法探索全测线的伸展量时, 可得全线伸展了 32km, 伸展率为 14% 左右。以此伸展率计算, 武陵山至东海岸伸展量约 147km。

3.2 盆地区构造模式

盆地区总的特征是伸展变形、热流值增高、莫霍面上隆、岩石圈变薄及碱性玄武岩上升(图 2)。伸展变形是通过铲状断层、韧性低角度正断层及壳内韧性拆离带达到的。上层是脆性伸展变形带, 深达 5~10km, 产生块断及盆岭地形; 向下进入韧性伸展变形变质带, 界牌韧性剪切带(其东侧的白石峰花岗岩体 147Ma) 即为其出露的代表, 处于绿片岩相及低角闪岩相, 深在 10~20km。在华南, 大致深度在 14~20km 左右, 出现壳内拆离带, 即韧性剥离断层, 角度极平缓, 地壳由于剪切而变薄, 相当于沃尼克等^[6]的“浑沌”构造(chaos structure)。由于上述作用, 地壳变薄约数千米(估计在盆岭期差别更大)。上地幔热流上升, 来自上地幔下部甚至达软流圈的碱性玄武岩浆夹带上地幔的包体上穿至地表。岩石圈下部由于基性岩墙及塑性流动而产生扩张及颈缩, 整个岩石圈变薄。现今的华南岩石圈增厚, 中心达 160~200km, 是晚第三纪以来向东南沿海陆缘弧挤压的结果^[9]。依王良书、施央申^[10]对苏北资料的分析后认为盆地发育期的岩石圈厚度要薄得多, 从玄武岩浆的起源来看, 当时岩石圈、软流圈的边界上移到地下 60km 左右。在上地幔区来自深处软流圈物质的对流, 对盆岭伸展构造的产生必然起着重大的

表 1 盆岭区伸展盆地分类

Table 1 Classification of extensional basins in the basin and range province

基本类型	亚 类	构造旋转	剪切机制	断面形态	盆地代表
地 堑 型 盆 地	单地堑 半地堑 复式地堑 隐地堑 (凹陷盆地)	非旋转	纯 剪	平 面	麻阳盆地
铲状断层 盆 地 (箕状盆地)	单向式		单 剪	铲状断面	苏北盆地 弋阳盆地
	内向式 外向式	层旋转	纯 剪		
	复合式	层与断面旋转		铲状及 平面断面	
变换-伸展 型 盆 地		层旋转		平 面 及 铲状断面	吉泰盆地

作用, 不过对流运动的方向还只能作推测。

3.3 横向综合构造断面特征

通过对华南雪峰山- 武夷山一线东西向剖面的研究发现, 在西部出现麻阳坳陷型盆地, 中间广大地区为箕状盆地; 西部为东断西超, 东部为西断东超, 示铲状断层的方向不同。沿海地带则出现少量的火山盆地, 深度在 14~20km, 在阿尔泰- 台湾地学断面上, 衡山至武夷山之间及在雪峰以西的麻阳盆地均出现壳内的低速层, 并作区域性的展布。而沿海带相应的水平低速层, 代表了壳幔混融层。苏北 20km 以内也存在一低速层。这些低速层代表了一个壳内低缓的韧性剪切带, 即剥离断层。铲状断层下延变缓均收敛于此带。这个带的剪切拉伸, 带动了上层铲状断层的发展。这种伸展构造表现为分层滑动模式^[11], 即主剪切面分层越过壳内剥离断层, 甚至过莫霍面到达上地幔, 这是有可能的。

4 中国东南部盆岭的构造分区

中国东南部盆岭发育特征, 受两个因素的制约。首先是受基底大地构造单元的控制, 即前盆岭期存在一系列大致以东西向不同的大地构造单元, 这些单元是在中生代早期沿南- 北向碰撞拼合而成, 后来又受北北东断裂系的左行错移。其次是滨太平洋域北北东至北东向断裂形成分带。这些断裂在盆岭期均成为同构造的主控断裂。从东南向西北, 即离开太平洋沿岸, 盆岭的性质发生了变化。东南盆岭区内总的面貌是呈现南北纵向分块, 东西横向分带(图 1)。

4.1 南北纵向分块

4.1.1 南华北盆岭区

即华北陆块的东南边缘。显示古老基底的稳定性。其南缘处在近东西向近大别碰撞带的前陆盆地(侏罗纪)之上, 在盆岭期反转, 形成一系列近东西向的南断北超的箕状断陷。

4.1.2 中、下扬子盆岭区

即扬子陆块的中、下扬子部分, 遭受印支期碰撞的强烈变形, 呈现两隆一坳的构造格局。即北面的大别隆起, 南面的江南隆起, 中间沿江坳陷。大别隆起南缘存在沿江前陆盆地(晚三叠世至侏罗纪)。随后郟庐断裂带的左行走滑使格局发生明显的变化, 断裂以东断块大大向北推移。从中白垩世以来, 又严重改造了前两期构造的面貌, 呈现大型隆坳式的盆岭。

在大别- 胶南隆起带的南侧, 形成江汉盆地及苏北盆地。在长江下游的沿江地带, 出现了无为、潜山、望江及南陵等中小型的箕状断陷盆地, 作北东向展布。盆地内部构造简单, 基本上为单斜层。盆地面积约占区内四分之一。

4.1.3 南华盆岭区

指南岭以北, 江南隆起怀玉山- 九岭以南, 包含雪峰山、武功山、越城岭和武夷山之间的广大地带。大地构造上包括扬子陆块的湘黔前寒武纪地块、湘赣的加里东褶皱地带及闽浙地块的一部分。本区以北北东向条带状盆岭为特征。出现条带状中低山及介于其间的条带状箕状盆地。盆地范围小, 约占六分之一。示后期隆起高, 剥蚀深, 大致在 5~10km 间。

4.1.4 岭南盆岭区

大体属于陈焕疆等^[12]所划分的扬子陆块南缘的地体增生区。计有粤西- 桂东南地体、粤中地体及粤东- 闽东南地体等。南岭带以近东西向断裂构造为主, 全区以北东和北西向断裂交汇为特色。北东

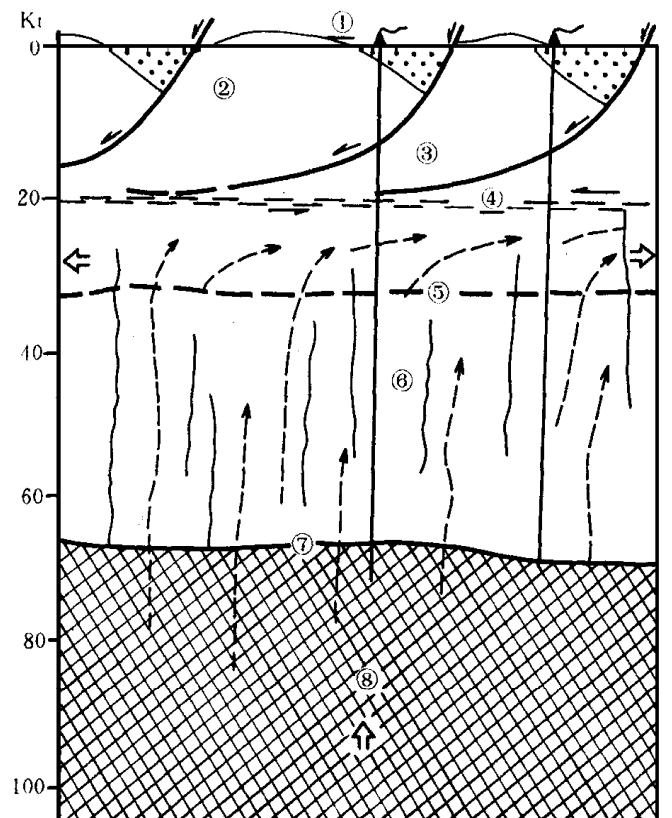


图 2 中国东南盆岭区深部模式剖面

盆岭地形带, 比差 0.5~2km; ④脆性盆岭拉伸变形带, 5~10km 以上, 盆岭沉积深达 4~6km; ④韧性拉伸变形变质带, 10~20km; 壳内韧性拆离带(低速层), 14~20km; 莫霍面, 隆起; 薄化岩石圈, 基性岩墙群及碱性玄武岩喷发, 热流上升; ⑧岩石圈底面, 盆岭期可能在 60~70km 深; ⑨软流层, 对流物质与热流的上升源。

Fig. 2 Model profile in depth of the basin and range province of SE China

向山岭如十万大山、六万大山、云开大山及莲花山等隆起高,其间盆地范围较小,约占1/7~1/8。

4.2 东西横向分带

4.2.1 闽浙沿海火山隆起带

大致以浙江龙泉—福建南平—广东莲花山一线为界,本带以东为火山活动隆起带。以前寒武纪变质岩为基底,缺失或极少有古生代盖层;燕山期沿海还有热变质带;中生代出现强烈的碱钙性火山活动;早第三纪又出现碱性玄武岩类。以伴随断裂的火山盆地及断陷盆地为主,面积小,约占1/10以内。盆岭早期产生北北东向箕状盆地,如永康盆地;火山断陷盆地,如武义、临海、连城、永安等盆地。晚白垩世盆地多呈北东东向展布,如宁波、金衢及仙居等盆地。早第三纪盆地向北迁到长河地区。

4.2.2 武夷—九连宽岭窄盆带

本带处于上述龙泉—南平—莲花山线与江西鹰潭、于都—广东从化线之间。以加里东褶皱基底为主,少数古生代及三叠纪岩层,较多的燕山早期岩体及早白垩世火山岩系,显示在印支运动后上升较高,受较强烈的剥蚀。出现许多北北东向的箕状小盆地,以西断东超为特点。盆地狭窄,宽不到12km,呈现宽岭夹窄盆的特征。如江西会昌、抚州及版石等盆地。

4.2.3 湘赣箕状盆地带

大致在南丰盆地至衡阳盆地之间的湘东、赣西地区。西界为修水—衡阳断裂。以一系列北北东向、东断西超的箕状盆地为特征。各盆地宽约20~40km。山岭由元古界、下古生界的变质褶皱岩层及上古生界沉积岩层组成,下白垩统一般缺失。盆底岭顶比差约在10~15km。盆地堆积以红层为主,暗色层较少。出现中白垩世至早第三纪的碱性玄武岩类。

4.2.4 湘西坳隆盆岭带

基底为前寒武纪褶皱为主,部分有古生代沉积层。本带以北北东向麻阳大型坳陷型盆地及其东雪峰山大型隆起为特色。后者在原先大型推覆构造基础上后期上隆。盆底岭顶比差在10~15km。盆地宽35km,缺玄武岩活动。北北东向断裂发育,但对盆地边界控制不明显。

5 中国东南部盆岭形成的大地构造背景

中国东南部盆岭构造的产生,有其全球性板块

运动的动力学背景,促使盆岭伸展构造的形成及其深部的一系列结构、物质及热场的变化。外部条件主要是滨西太平洋域的地球动力学演变。另外一个次要条件,是其西侧印度板块向北移动与欧亚大陆的碰撞及推挤。

在中生代早期,东亚大陆上各主要块体,即华北板块、扬子板块、印支—南海板块及其有关小地体从南向北的碰合是一个主要构造事件^[13]。这种南北向的挤压可能一直继续到白垩纪早期,在盆岭伸展期才产生构造松弛转化拉张。滨太平洋的构造在印支运动大陆碰合后即开始发展。近年来的研究^[13,14]认为,中生代以来东亚大陆边缘演化分4个阶段,总的过程是从被动大陆边缘(晚三叠世至早中侏罗世,230~150Ma)、剪切(转换)大陆边缘(晚侏罗世末至早白垩世,150~110Ma)、斜向俯冲活动大陆边缘(中白垩世至始新世,110~45Ma)及正面俯冲活动大陆边缘(始新世以来,45Ma后),后者产生岛弧系及弧后边缘海盆地。每一个大陆边缘性质的变化都伴随区域应力场的改变与构造格架的巨大变迁,这就是变格运动^[15]。

中国东部大陆边缘在晚侏罗世末至早白垩世是剪切边缘,大洋板块与大陆板块相对作左行(逆时针)强烈的剪切。外带产生日本中央构造线系统,内带产生大陆上宏大的郯庐走滑断裂系。这些断裂在华南地区大大制约了后来盆岭的发展。

在斜向俯冲时期,西太平洋也是一个直线形的边缘。按北东30°方位从千岛、日本列岛、琉球、台湾到巴拉望延伸达5000km,这个带代表古太平洋俯冲的开始。日本列岛西南的四万十增生体,是外带俯冲的产物,时间从晚白垩世至早第三纪。在内带(“弧”后)产生拉张破裂,导致中国东部及现今边缘海地区的伸展断陷,并伴随有相关的岩浆活动。

整个斜向俯冲是一个复杂的过程,大洋板块的斜冲方向与速率均发生变化,其方向在晚白垩世至古新世,有一个从北西至向北的过程,后来又从向北转为北西及北西西;速率在晚白垩世达到高潮,为20~23cm/a,这正符合盆岭发育的强烈期。

另一个外在的地球动力学因素是印度板块在中白垩世开始与欧亚大陆的碰撞,并不断向北推挤。这种作用影响到华南的西部。在四川至湖南的西部,明显地出现北北东向断裂的右行走滑。这种行为也促使原先在西太平洋构造域的郯庐断裂系的左滑运动得以调整,转为以拉张为主要表现。此外,早第三纪

以来红河断裂带的左行走滑,也直接影响到华南的西南部分。

致谢:本文为杭州石油地质研究所“八·五”课题中的一部分。成文后,承蒙合肥工业大学地质系朱光教授作了精心的审阅。工作过程中得到了所领导和同行的大力支持,在此一并表示感谢。

参考文献:

- [1] 徐嘉炜. 郟城-庐江平移断裂系统[A]. 构造地质学论丛[C], 第3期. 北京:地质出版社, 1984.
- [2] Xu JW, Zhu G, Tong WX, Cui KR, Liu Q. Formation and evolution of the Tancheng-Lujiang wrench fault system: a major shear system to the Northwest of the Pacific Ocean[J]. *Tectonophysics*, 1987, 134: 273~310.
- [3] 万天丰, 朱鸿. 白垩纪到早始新世中国构造应力场及其环境[A]. 中国及邻区构造古地理及古生物地理[C]. 武汉:中国地质大学出版社, 1990. 245~261.
- [4] Gilder S A, R S Coe, H Wu, G D Kuang, X X Zhao, Q Wu, X Z Tang. Cretaceous and Tertiary Paleomagnetic Results from Southeast China and their Tectonic Implications[M]. *EPSL*(in Press), 1993.
- [5] 顾心如. 江西吉泰盆地晚白垩世红层古地磁结果的大地构造含义[J]. *江西地质*, 1990, 4(4): 431~443.
- [6] 沈修志, 等. 华北南部盆地逆冲推复构造特征与煤成气关系[J]. *南京大学学报(地球科学)*, 1993, 5(2).
- [7] 刘和甫, 吴振明, 汤良杰, 高金喜. 亚洲大陆中生代裂谷系演化及构造分析[A]. 国际交流地质学论文集(2)[C]. 北京:地质出版社, 1985.
- [8] Wernicke B, Burchfiel B C. Modes of extensional tectonics[J]. *Journal of Structural Geology*, 1982, 4(2): 105~115.
- [9] Xu J W, Tong W X. Major characteristics of the epicontinental arcs of East Asia and their tectonic significance[J]. *J. Southeast Asian Earth Sciences*, 1988, 2(1): 23~33.
- [10] 王良本, 施央申. 油气盆地地热研究[M]. 南京:南京大学出版社, 1989.
- [11] Lister G S, Davis G A. The origin of metamorphic core complexes and detachment faults formed during Tertiary continental extension in the northern Colorado River region, U. S. A. [J]. *Jour. Struct. Geology*, 1989, 11: 65~94.
- [12] 陈焕疆. 论板块大地构造与油气盆地分析[M]. 上海:同济大学出版社, 1990.
- [13] Xu J W, Tong W X, Zhu G, Lin S F, Ma G F. An outline of the pre-Jurassic tectonic framework in East Asia[J]. *J. Southeast Asian Earth Sciences*, 1990, 3(1~4): 19~45.
- [14] 徐嘉炜, 朱光, 马国锋. 东亚大陆边缘演化的若干认识[A]. 亚洲的增生[C]. 北京:地震出版社, 1993.
- [15] 朱夏. 论中国含油气盆地构造[M]. 北京:石油工业出版社, 1956.
- [16] 郭福祥. 中国东部及邻区中生代盆地-山脉系的地质构造特征及形成[J]. *云南地质*, 1989, 8(2).

STRUCTURAL CHARACTERISTICS OF THE MESO- CENOZOIC BASIN AND RANGE PROVINCE IN SOUTHEAST CHINA

XU Han-lin¹, SHEN Yang¹, DING Xiao¹, XU Jia-wei²

(1. Hangzhou Institute of Petroleum Geology, CNPC, Hangzhou 310023, China;

2. Hefei Polytechnical University, Hefei 230009, China)

Abstract: Basin and range structure developed during the Meso- Cenozoic period in Southeast China was controlled by those pre-existed fault systems. There are three fault systems in the area with NNE-NE, nearly E-W, NW strikes. Based on the characteristics of the basins, there are three types of basins in the area: graben, listric faults and transform-extension. The characteristics of the basin and range province in Southeast China is shown by longitudinal blocks in S-N and cross zones in E-W. Formation of basin and range province in Southeast China was mainly resulted from geodynamic evolution of west marginal-Pacific tectonic domain, and from collision and squeezing of Indian plate with Euro-Asian continent.

Key words: basin and range; basin and range structures; extension structures; strike-slip; Tancheng-Lujiang fault system