

文章编号: 0253-9985(2009)05-0598-10

雪峰山陆内复合构造系统印支—燕山期构造穿时递进特征

金 宠^{1,2}, 李三忠^{1,2}, 王岳军³, 张国伟⁴, 刘丽萍^{1,2}, 王 建^{1,2}

(1. 海底科学与探测技术教育部重点实验室, 山东 青岛 266100; 2. 中国海洋大学 海洋地球科学学院, 山东 青岛 266100; 3. 中国科学院 广州地球化学研究所, 广东 广州 510640; 4. 西北大学, 陕西 西安 710069)

摘要: 通过分析雪峰山陆内变形构造区内三叠系—白垩系中不整合面的分布以及不整合面上下地层的夹角情况, 明确了早—中三叠世构造运动波及范围以及高角度不整合和低角度不整合分布的分界线, 且变形具有由东向西的逐渐减弱的规律; 自晚三叠世以来, 构造运动仍体现出由东向西的穿时递进扩展变形, 继而得出各时期变形时间的分界线。另外, 通过计算各时期穿时变形的传递速率, 并且通过传递速率作为联系纽带, 得出燕山期向西递进变形的直接原因为湘赣及华夏陆块等地岩石圈减薄软流圈上涌, 而间接原因是古太平洋板块对欧亚板块的俯冲方式, 而滑脱层在燕山期构造传递过程中也扮演了重要角色。

关键词: 不整合面; 穿时递进特征; 陆内复合构造系统; 印支—燕山期; 雪峰山

中图分类号: TE121.2 文献标识码: A

Diachronous and progressive deformation during the Indosinian-Yanshanian movements of the Xuefeng Mountain intracontinental composite tectonic system

Jin Chong^{1,2}, Li Sanzhong^{1,2}, Wang Yuejun³, Zhang Guowei⁴, Liu Liping^{1,2}, Wang Jian^{1,2}

(1. Key Lab of Submarine Geosciences and Prospecting Technique Ministry of Education Qingdao Shandong 266100 China;

2. College of Marine Geosciences, Ocean University of China, Qingdao Shandong 266100 China;

3. Guangzhou Institute of Geochemistry, Chinese Academy of Sciences, Guangzhou Guangdong 510640 China;

4. Northwest University, Xi'an Shaanxi 710069 China)

Abstract: The distribution of angular unconformity and included angle between strata above and below the unconformity in the Triassic and Cretaceous in the Xuefeng Mountain intracontinental tectonic system are studied. Based on that, we identify the range of deformation during the Early (T_1) and Middle Triassic (T_2) and the boundary line between high-angle and low-angle unconformities. It is indicated that the deformation intensity in the study area decreases from east to west during T_1 — T_2 . Since the Late Triassic tectonic movements have been featured by east-to-west diachronous and progressive deformation, which helps to define the boundary lines among each period of deformation. Propagation rates of diachronous deformation in each period are calculated. From these propagation rates, it is concluded that the direct causes for the westward progressive deformation during the Yanshanian period are the thinning of lithosphere and the upsurging of asthenosphere in the Cathaysia and other plates, while the indirect cause is the subduction of the Paleo-Pacific Plate beneath the Eurasia Plate. Moreover, the decollement surfaces also play an important role in tectonic propagation during the Yanshanian period.

Key words: unconformity; diachronously progressive deformation; intracontinental composite tectonic system; Indosinian-Yanshanian period; Xuefeng Mountain

雪峰山陆内复合构造系统在地域上涵盖湘、黔、渝、桂等省区, 2004年普光海相气田的发现^[1]证

明了华南海相油气资源远景潜力大。但是, 勘探程度低, 勘探潜力与难度风险并存。华南地区构造的

收稿日期: 2009-08-21。

第一作者简介: 金宠 (1978—), 男, 博士研究生, 构造地质学。

基金项目: 中石化重大前瞻性项目 (YPH08004)。

核心研究内容是雪峰山陆内复合构造系统。已有研究表明,雪峰山陆内变形系统具有复杂的时空结构、多期穿时推滑演化、形成机制复杂等特点。加强这些基础关键科学问题的研究对油气保存条件的理解具有重要意义,而且,该构造系统其广阔陆内穿时变形构造系统也是探索性研究大陆动力学、发展我国的特色陆内造山作用体系有意义。

前人对该构造系统已进行了卓有成效的探索,诸多证据表明它具有一个非常明显的特征:历次构造运动穿时递进变形。但是,不同研究人员对“穿时”的理解不同,孙肇才^[2]认为该构造带是一个由岩石圈陆内俯冲作用产生的穿时性、连续性、准原地性的递进推覆为内涵的山链。Wang Y J等人^[3]认为其是以汇聚作用为主兼具走滑的非简单汇聚构造带,或包含薄弱带的斜向汇聚并向西穿时演变的陆内造山带。Yan D P等人^[4]认为是一个卷入多期变形的具穿时变形发展的山前挤压构造带或陆内挤压型走滑构造带。丁道等^[5]通过断层和褶皱组合样式认为它由 SE 向 NW 方向(同时派生由 E 向 W、由 S 向 N 方向)的逆冲水平运动,扬子板内的中生界盆地发生了变形时序由 T_2 末到 J_3 、变形强度由强及弱的递进(衰减)改造变形。

然而,穿时递进构造变形各时代强度及变形时限和界线等并无深入研究。为此,我们在野外观察点的详细构造分析的基础上,基于 1:200 000 地质图以及 T_3 — J_3 地层的分布位置,进一步分析雪峰山陆内印支—燕山期不整合分布图来揭示其穿时递变特征。

1 区域背景

雪峰山陆内复合构造系统位于扬子陆块核心部位,其东界为郴州—临武断裂,西界以华蓥山断裂为界和四川盆地相接,核部是前人称为的“江南—雪峰古陆”^[6],所以又称江南雪峰山—华蓥山构造带。其主体构造线北东—北北东向展布,该方向与北部秦岭—大别造山带和西南侧三江造山带垂直或大角度相交,而表现特异。其周边这些造山带先后受控于古亚洲洋、特提斯洋和太平洋三大构造动力系统。

雪峰山陆内变形构造系统组成有:元古宇主要为海相陆源碎屑岩,夹火山碎屑岩及碳酸盐岩;古生界和中、下三叠统由海相碳酸盐岩夹碎屑岩组成,海相碳酸盐占优势;而上三叠统及其以上地层全为陆相碎屑沉积。该区先后经历了武陵运动(四堡运动)、雪峰运动(晋宁运动)、加里东运动、印支运动、燕山运动和喜马拉雅运动等多期次不同性质的构造运动,其中晋宁运动、加里东运动、印支运动和燕山运动具有构造变革特点,造就了雪峰山多期次多种类型多个级别的陆内复合变形构造系统。

通过野外地质勘查资料、地球物理资料和相关图件的精细解析,对雪峰山构造系统的主要构造变革期的时限重新进行了厘定,划分出 4 个主要构造变革期,对应 4 个构造层。构造层与地层之间的对应关系见下表(表 1)。文章主要讨论印支和燕山期构造运动的部分特征。

表 1 雪峰山陆内变形构造系统主要构造变革时期限

Table 1 Timing of major tectonic movements of the Xuefeng Mountain intracontinental tectonic system

构造期次		地层		距今起始年龄/Ma
喜马拉雅期		第四系	Q	3
		第三系	N	23
			E	65
燕山期	晚期	白垩系	K	145
	早期	侏罗系	J ₃	161
			J ₂	175
			J ₁	200
	过渡	三叠系	T ₃	228
T ₂	245			
T ₁	251			
印支期	二叠系		P	299
	石炭系		C	359
	泥盆系	D	416	
加里东期		志留系	S	443
		奥陶系	O	488
		寒武系	Є	542
		震旦系	Z	800

注:距今绝对年龄参照 2004 年国际地层表(ICS,2004)。

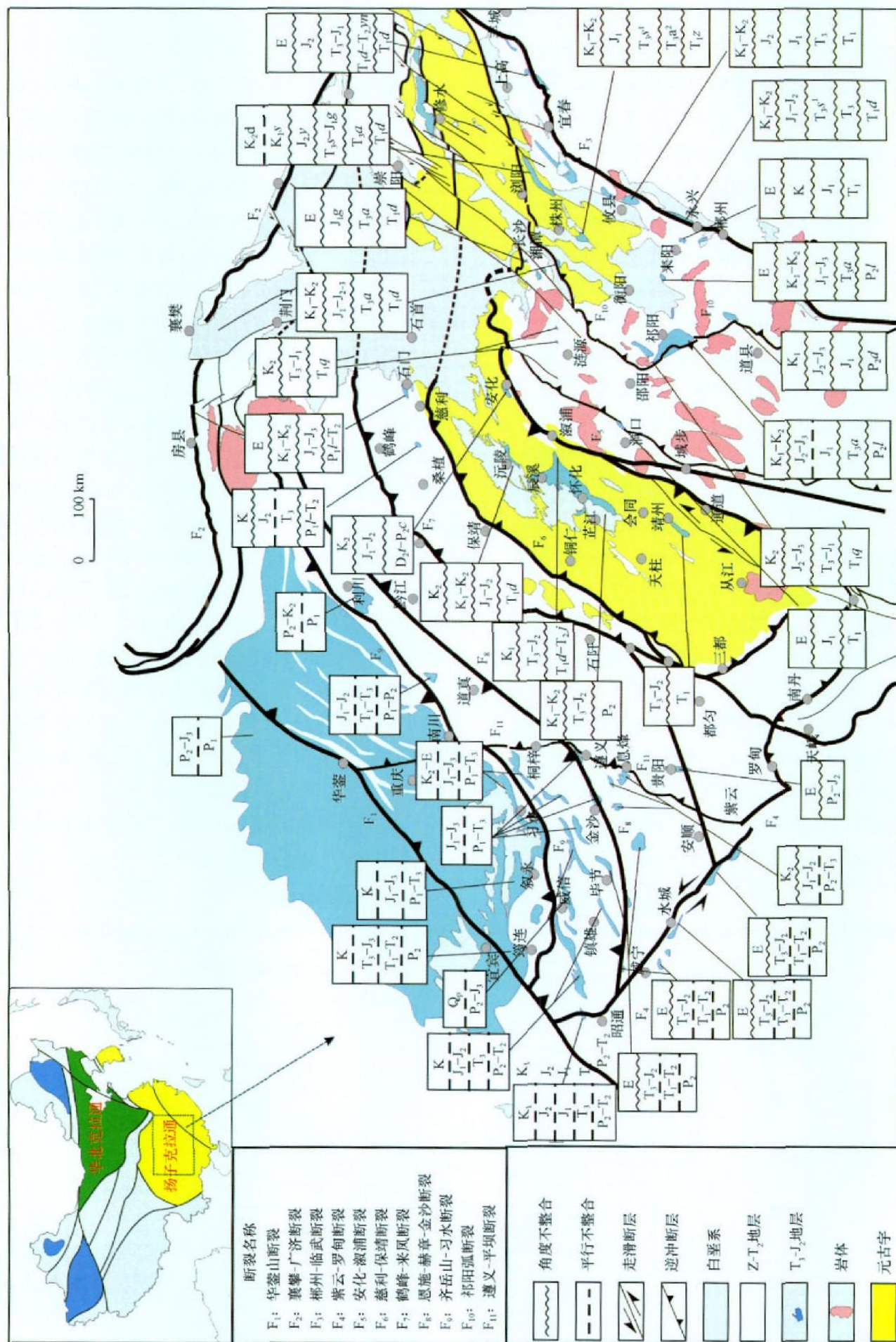


图 1 印支—燕山期雪峰山陆内变形构造系统不整合分布

Fig.1 Distribution of unconformities in the Xuefeng Mountain intracontinental tectonic system during the Indosinian -Yanshanian

初步研究表明,雪峰山构造变形系统作为陆内系统始于加里东期,其递进变形演化过程始于印支期,穿时递进扩展演化燕山期最为明显。

通过野外观察点的详细构造分析,同时基于 1:200 000 地质图得出三叠纪—燕山期雪峰陆内变形构造系统不整合分布图(图 1)。

2 印支早—中三叠世非穿时变形强度递变规律

早、中三叠世构造运动造成 T_3 及之上地层与下伏地层之间角度不整合。由图 1 可知,此期运动造成的角度不整合在鹤峰—来凤—三都断裂至郴州—临武断裂之间的区域内均存在,说明早、中三叠世运动波及范围从郴州—临武断裂至雪峰山西侧。由图 1 可以进一步得到图 2 中③线以西,二叠系和三叠系为整合接触,连续沉积,比如毕节、金沙、桐梓和利川南部一带;线②和线③之间, T_3 与 T_2 的平行不

整合,如黔中隆起和紫云—罗甸断裂两侧。

印支期高角度不整合和低角度不整合分界线(图 2 中线①)是建立在野外观察和晚三叠世—早侏罗世运动影响范围基础之上(图 3),因为确定 T_3 — J_1 运动影响范围可以明确:在此范围之外 J_1 和下伏层的不整合发生在早—中三叠世。图 2 中线①和线②之间 T_3 或 J_1 与下伏各地层为低角度(约小于 30°)不整合。如石门县新关镇乌龟桥边(点 1), 出露 J_1 和 T_2 低角度不整合(图 4); 桑植洪家关附近(点 2) T_3 和 T_2 呈低角度不整合接触(图 4); 靖州南西的向斜中(点 3), 在剖面中虽然 J_2 和 P_2 呈低角度不整合(图 4), 然而剖面再往北, T_3 — J_1 连续沉积并和 J_2 无角度不整合。图 2 中线①以东为印支期高角度不整合接触, 主要特征为 T_3 或 J_1 与下伏各地层呈高角度(约大于 30°)不整合接触关系。洞口县德州附近(点 4), J_1 高角度不整合在 C_{2+3} (图 4), 祁阳西北(点 5) T_3 — J_1 高角度不整合在 C_{2+3} 之上。

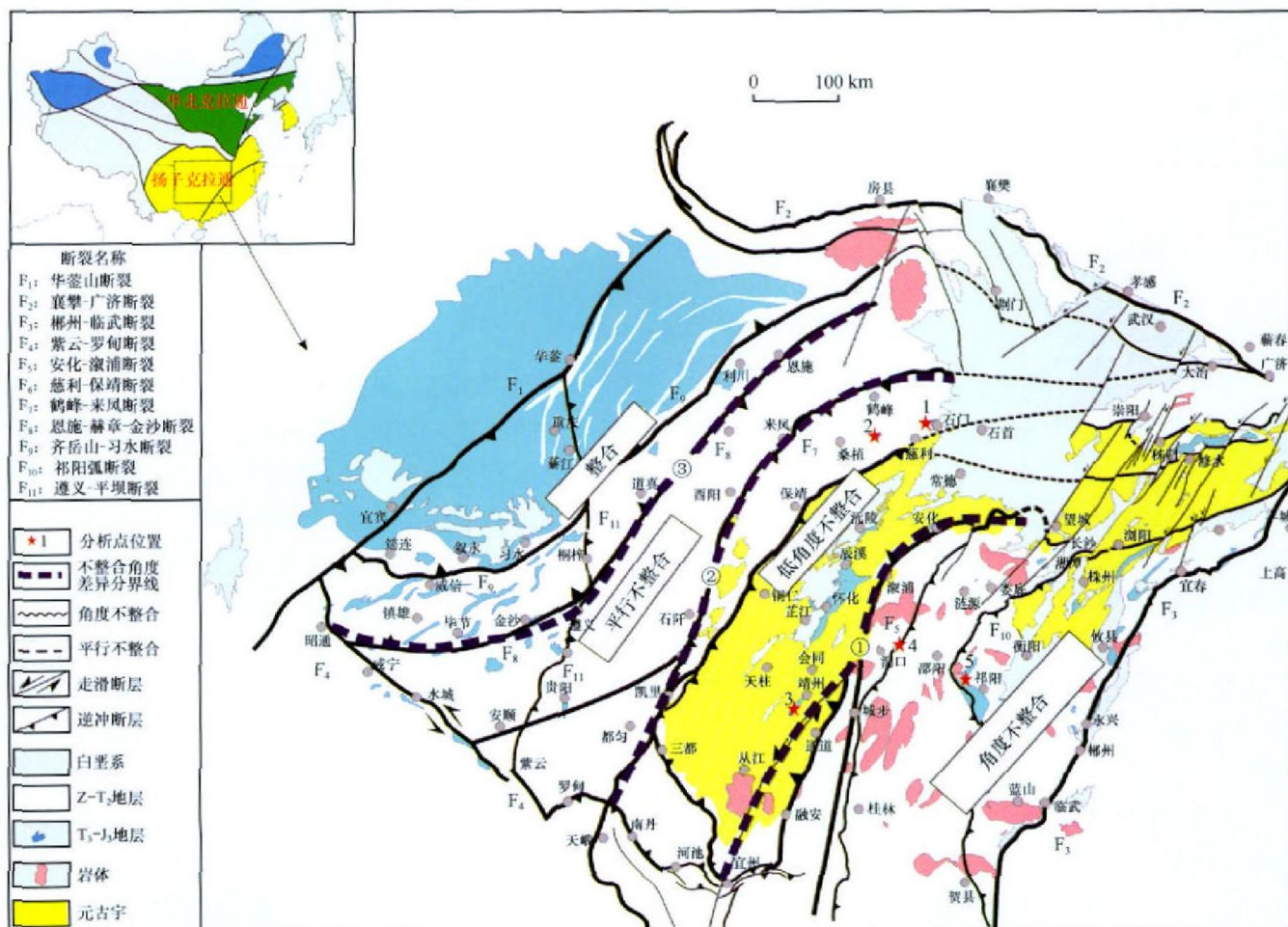


图 2 雪峰山陆内变形构造系统内早—中三叠世运动不整合接触分界线

Fig 2 Boundary lines among unconformities of the Xuefeng Mountain intracontinental tectonic system during the Early-Middle Triassic

①安化—溆浦—黔阳—洪江—靖州—从江—江界线; ②鹤峰—来凤—三都分界线; ③恩施—金沙—赫章分界线

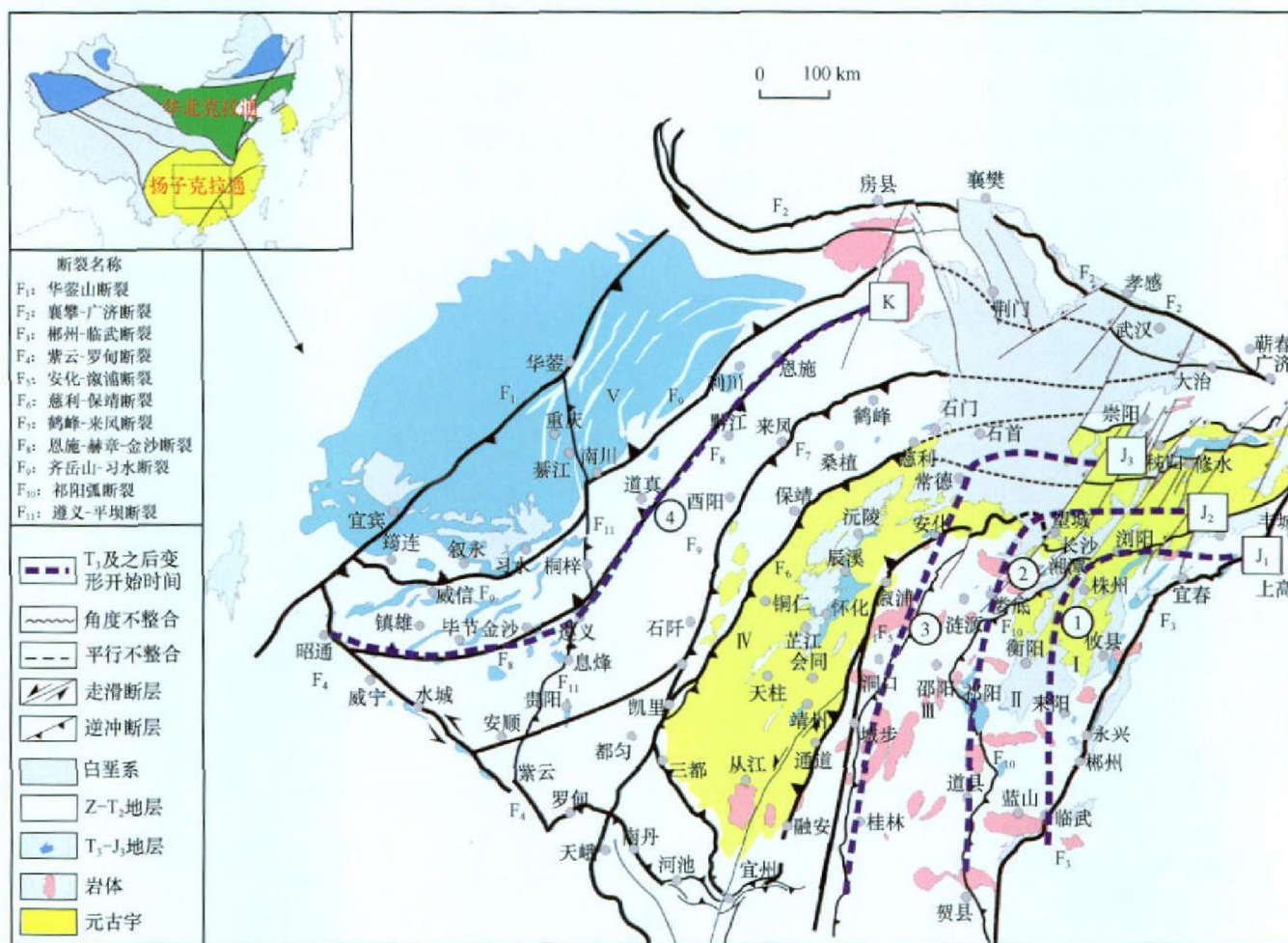


图 3 雪峰山陆内变形构造系统各时期传递界线

Fig. 3 Boundaries of tectonic propagation of the Xuefeng Mountain intracontinental tectonic system during different periods

- ①浏阳—株洲—耒阳—临武传递界线；②望城—娄底—祁阳—道县传递界线；
③常德—安化—洞口—桂林传递界线；④恩施—道真—金沙—赫章传递界线

综合上述,印支早中三叠世构造运动由东向西波及至鹤峰—来凤—三都一线。在全区由东往西可以很清楚的分出高角度不整合—低角度不整合—平行不整合—整合 4 个递变区域 (图 2)。因此,早—中三叠世构造运动表现出非穿时的由东向西强度递减特征。

3 晚三叠世—燕山期穿时递进变形规律

由图 1 综合归纳总结出表 2 和图 3 从而揭示雪峰山陆内变形构造系统晚三叠世—燕山期构造运动特征。该构造系统在晚三叠世—燕山期表现出明显穿时递进扩展变形,晚三叠世和其后的构造运动具有明显的继承性。此期运动遗迹在研究区既有 T_3 地层内部的角度不整合,也有 T_3-J_1 和

T_3-J_2 之间连续沉积并和下伏地层不整合,还存在该区西部 T_3-K 的连续沉积。

表 2 和图 3 可以清楚的看出,晚三叠世—燕山期构造递进特征明显,不整合面从东向西减少,连续沉积的地层由东向西为 T_3 , T_3-J_1 , T_3-J_2 , 其分界线由东向西依次为图 3 中的①,②,③,④线,各区间的不整合接触特点如下。

区域 I: 线①以东地区, T_3 s 角度不整合在 T_3 a 之上, J_1 角度不整合在 T_3 s 之上; J_2 角度不整合在 J_1 之上, K 角度不整合在 J_2 之上。该区经历 4 个变形阶段 (表 2), 变形起始时间为晚三叠世。

区域 II: 线①和线②之间, J_1 角度不整合在 T_3 a 之上, J_2-J_3 连续沉积角度不整合在 J_1 之上, K 角度不整合在下伏地层之上。该区经历 3 个变形阶段 (表 2), 变形起始时间为早侏罗世。

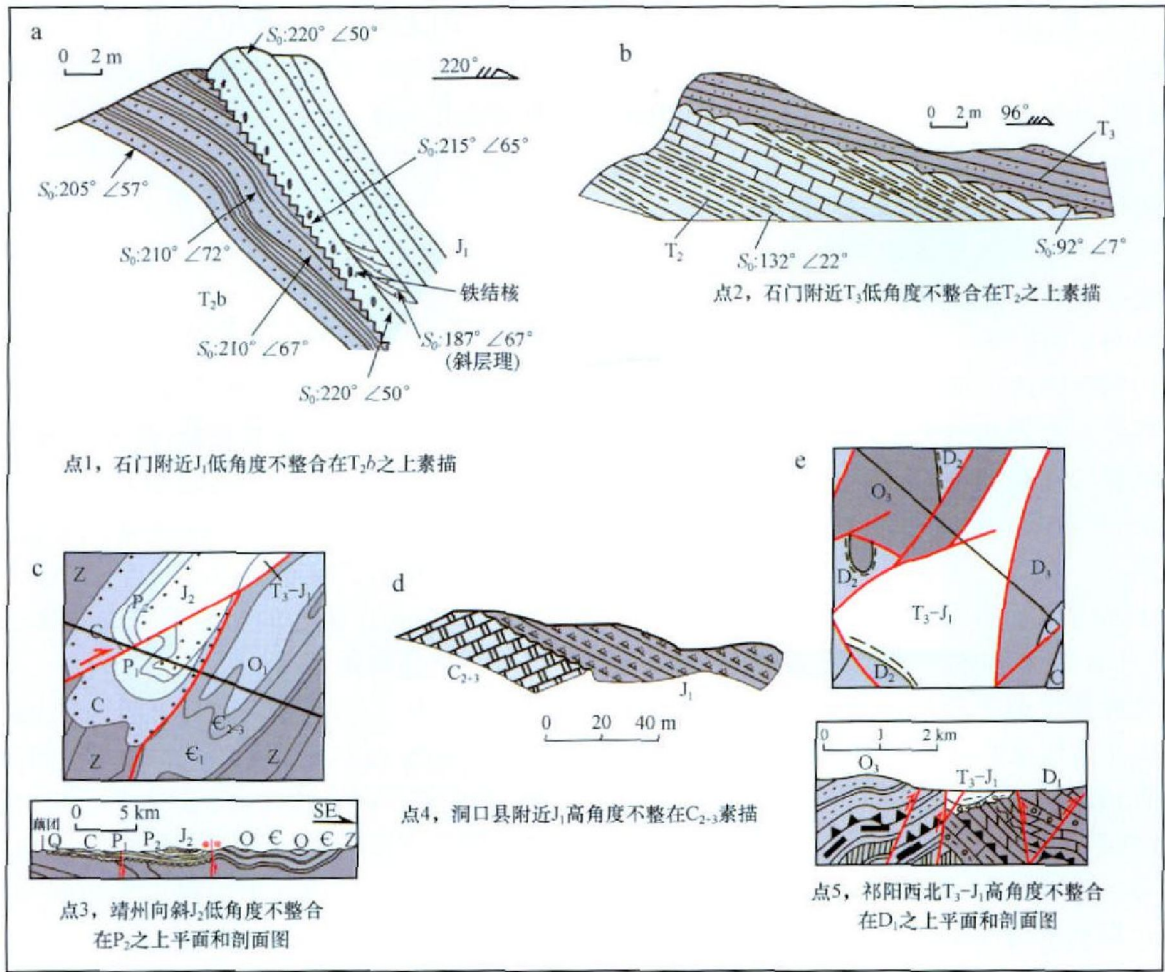


图 4 早-中三叠世不整合野外素描及剖面

Fig. 4 Field sketches and sections of unconformity of the Xuefeng intracontinental tectonic system during the Early and Middle Triassic

表 2 雪峰山陆内变形构造系统晚三叠世—燕山期不整合分布界线及变形时代

Table 2 Boundary lines and deformation time of the Xuefeng Mountain intracontinental tectonic system during the Late Triassic-Yanshanian period

地理界线	华蓥山断裂	恩施—道真— 金沙—赫掌	常德—安化— 洞口—桂林	望城—娄底— 祁阳—道县	浏阳—株州— 耒阳—临武
不整合 规律	$\begin{matrix} K_2-E \\ J_1-J_3 \\ P_1-T_3 \end{matrix}$	$\begin{matrix} K_1-K_2 \\ T_3-J_2 \end{matrix}$	$\begin{matrix} K_1-K_2 \\ J_2-J_3 \\ T_3-J_1 \end{matrix}$	$\begin{matrix} K_1-K_2 \\ J_2-J_3 \\ J_1 \\ T_3 \end{matrix}$	$\begin{matrix} K_1-K_2 \\ J_2 \\ J_1 \\ T_3^s \\ T_3^a \end{matrix}$
区域	V	IV	III	II	I
变形 时代	新生代	J_3-K_1	J_3-K_1 J_1-J_2	J_3-K_1 J_1-J_2 T_3-J_1	J_3-K_1 J_1-J_2 T_3-J_1 T_3

区域 III: 线②和线③之间, T_3-J_1 连续沉积, J_2-J_3 连续沉积角度不整合在下伏地层之上, K 角度不整合在下伏地层之上。该区经历 2 个变形阶段 (表 2), 变形起始时间为中侏罗世。

区域 IV: 线③和线④之间, T_3-J_2 连续沉积, K 角度不整合在下伏地层之上。该区经历 1 个变形阶段 (表 2), 变形起始时间为晚侏罗世。

区域 V: ④线以西, J_1-J_3 连续沉积且平行不

整合在 T_3 之上,上、下地层变形一致,变形起始时间为白垩纪。

由以上可知,雪峰山陆内变形构造系统从晚三叠世开始逐渐向西递进扩展变形,变形发生时间由东向西变晚,变形次数减少。郴州—临武断裂边上的持续脉动式构造运动类似发动引擎,提供研究区晚三叠世—燕山期构造变形的动力,使得变形持续向北西扩展。

燕山期穿时递进向西扩展运动,可以通过上述四条界线大致算出各主要时期变形传递速率,表 3 可以看到在研究区内,燕山期构造传递速率逐渐加快,在晚侏罗世达到高峰,白垩纪为构造传递低速期。

由于东边持续挤压,研究区内地层均有所缩短,表 3 计算结果并未考虑地层缩短量的影响。根据研究区燕山期平衡剖面地层缩短率的统计,缩短率由东向西逐渐减少:湘中地区为 24%,对应于区域 III;雪峰山隆起区为 22.7%,雪峰山西侧为 10%,此两者对应为区域 IV。另外,根据图 2 雪峰山隆起区与雪峰山西侧的宽度大致都为 140 km。通过校正后的构造传递速率(表 4)依然是晚侏罗世时最快。

由此可见,晚三叠世—燕山期的穿时递变变形和早—中三叠世的非穿时递变变形是明显不同的。但是,正是这两个不同阶段的两种递变变形在空间上的叠加导致雪峰山陆内构造系统现今的复杂构造格局。这种递变变形机制与洋中脊增生

系统中的递变扩张增生相比,也具有其独特性,可能是大陆内部变形的重要机制,是大陆动力学的重要内容。

4 雪峰山陆内构造系统的构造过程及其机制

4.1 早—中三叠世构造机制

早印支期,华南南部在印支陆块和华南陆块之间存在一支古特提斯洋盆,其封闭碰撞最早时间大约在 $260 \text{ Ma}^{[7-9]}$,高峰期可能为 $250 \sim 230 \text{ Ma}^{[10-13]}$,此时产出的花岗岩主要分布在粤、桂两省交界的华南西南部,大多为 S 型花岗岩^[14],总体东西向展布,代表性的碰撞型花岗岩体是广东云开地块周边岩体。

早—中三叠世,华南北部秦岭—大别造山带由于华北陆块和华南陆块之间的勉略洋的消亡而碰撞,形成近东西向的强大造山带^[15],其南部前陆也发生变形^[16],但变形宽度约 50 km。这说明北部造山带对华南陆内变形没有太大影响,但是可能起到了一个边界约束作用。

可见,华南陆块南北处于强大的南北向挤压作用,然而,与此同时,研究区东部属于挤压状态^[17-18]。挤压产生的构造在来凤—鹤峰—三都一线以东普遍存在,且东强西弱,产生的构造线在十万大山内为 NEE 向的构造线,与南部的碰撞带形迹一致;而湘中涟源附近,祁阳弧形构造控制 T_3 — J_1

表 3 燕山期雪峰山陆内变形构造系统变形传递速率

Table 3 Propagation rates of deformation in the Xuefeng Mountain intracontinental tectonic system during the Yanshanian period

时代	J_1	J_2	J_3	K
传递距离 /km	83	100	282	200
经历时间 /Ma	24	14	60	80
传递速率 /($\text{mm} \cdot \text{a}^{-1}$)	3.46	7.14	17.63	2.50
传递区域	湘东	湘中	雪峰山及其西侧	川东

表 4 校正后燕山期雪峰山陆内变形构造系统变形传递速率

Table 4 Corrected propagation rates of deformation in the Xuefeng Mountain intracontinental tectonic system during the Yanshanian period

地区	缩短率, %	现今距离 /km	恢复后的距离 /km	地质年代	校正后的传播速率 /($\text{mm} \cdot \text{a}^{-1}$)
湘中地区	24	100	132	J_2	9.43
雪峰山地区	22.7	140	182	J_3	21.1
雪峰山西侧	10	140	156	J_3	21.1

甚至上白垩统红层沉积^[19],而晚三叠世的变形局限于 I 区和 II 区,未波及涟源附近,说明此弧形构造带在早印支期已经形成,但其 NNE 向构造线与华南陆块 EW 向的碰撞带垂直。说明在外界力源下,受陆块内部现存断裂的局部边界作用控制,可以形成了与主力源边界不配套的构造形迹。

4.2 晚三叠世构造机制

华南陆块与华北陆块在现今大别—苏鲁地区首先碰撞,华南陆块北向俯冲最早时间为 244 Ma 而碰撞时间在 226 Ma^[19,20]。此时扬子陆块内部远离碰撞带的区域,受因碰撞产生的南北向的挤压力的远程效应并不显著,近东西向的构造并不普遍。推测其作用力也有类似华南内部的燕山期递进过程,但是强烈构造持续时间短,未传递至扬子板块内部区域即已衰减,东西向变形只局限于碰撞的周边区域。

同时,此期变形范围为研究区的 I 区和 II 区,局限在研究区东部,比起早—中三叠世的变形范围缩小很多。此时地壳因地层褶皱而被中等加厚,碰撞后减压熔融形成 S 型晚碰撞花岗岩^[17],此期华南花岗岩面状分布。以上这些说明晚三叠世的构造变形,属于挤压逆冲推覆后缘局部区域(如雪峰山东侧)因松弛产生的沿滑脱面递进扩展的构造变形,而与研究区周边碰撞关系不大。

4.3 晚三叠世—早侏罗世特提斯构造域向太平洋构造域转变时期

早侏罗世的构造运动和晚三叠世构造运动具

有明显的继承关系,然而晚三叠世岩浆岩的活动又表明此期时岩浆岩活动与早印支期岩浆岩有继承关系^[17],早侏罗世为岩浆作用的平静期。在此转变时期内,雪峰山陆内复合构造系统内构造运动的极性是指向西的。至中侏罗世岩浆岩展布明显受太平洋构造域影响,岩体展布方位和太平洋俯冲带边界平行。所以,特提斯构造域影响向太平洋构造域的转变后,雪峰山陆内复合构造系统中侏罗世彻底受太平洋板块活动的影响。

4.4 燕山期穿时递变扩展变形机制

现有的资料表明,湘东南地区以及临近的华夏陆块自中生代以来经历了多次岩石圈伸展—减薄作用^[21~24]。湘赣区,主要为郴州—临武断裂的弱构造带附近,在 220 175 150 ~ 120 和 90 ~ 80 Ma 时存在岩石圈减薄和软流圈上隆构造事件^[24];而雪峰山地区和雪峰西侧的褶皱和断裂均指示中生代为挤压应力场。可以推测,研究区东侧的岩石圈减薄和软流圈上涌正好提供了研究区内向西的挤压力,从而发育雪峰山及其西侧大规模的燕山期断褶系统。而研究区东部岩石圈减薄和软流圈上涌与燕山期岩浆岩对应。

根据 Zhou X M, Maruyama S 和 Engebretson D C^[25~27]以及递进变形速率得出结果如表 5。表 5 可以看到递进变形速率与华南燕山期岩浆岩运动的剧烈程度以及活动区域有关,而华南燕山期岩浆岩和古太平洋板块又极具相关性。中国南方燕山期岩浆岩活动高潮期为 J₃—K₁,同时其分布范围呈现由内陆向沿海变新的趋势^[25,28]。此规律对应于 J₃

表 5 燕山期岩浆岩、古太平洋运动和运动传播速率的关系

Table 5 Relations between igneous rocks, Paleo-Pacific plate movements and propagation rates during the Yanshanian period

时代	J ₁	J ₂	J ₃	K ₁	K ₂	
传递速率 /(mm ° a ⁻¹)	3. 46	7. 14	17. 63	2. 50		
运动波及研究区 中的最西范围	湘东	湘中	雪峰山及西侧	川东隔档		
岩浆岩作用	平静	较强	剧烈		较平静	
岩浆岩运动主要地区		粤、赣、湘、桂和闽西为 集中分布区		集中分布在浙、闽、粤沿海地带，其次是 海域和长江中、下游		
古太平洋板块 运动情况	法拉隆板块 逐渐消失	依佐奈琦板块低角度快速俯冲			依佐奈琦俯冲角度 增大并消亡	库拉板块高角度 俯冲
古太平洋板块 运动方向		北西		北北西		正西

表 6 滑脱层与传播速率的关系

Table 6 Interrelation between propagation rates and decollement surfaces

地区	滑脱层	传播速率/(mm·a ⁻¹)
湘中地区	C ₁ d ² , D ₂ t 与下伏地层不整合面	7.14
雪峰山地区	Pt ₃ 和 Pt ₂ 不整合面	17.63
雪峰山西侧	Є ₁ n, Є ₁ j, S ₁ l, P ₂ l, P ₂ w, T ₁ d, T ₁ y	17.63
川东隔档区	P ₂ l, P ₂ w, T ₁ d, T ₁ y	2.50

时传播速率的峰值,而白垩纪岩浆岩活动渐趋平静,且向东迁移而表现为远离研究区,由此,研究区进入构造变形传递速率的低速时期。

另外,影响构造运动传递速率其他因素还有岩性、滑脱层。岩石弹性阻尼系数越大,岩石难于变形,传播速率慢,传播范围小。而各区域内的滑脱层是产生构造运动的边界条件之一。

湘中地区滑脱层为下石炭统的大塘阶测水段中的煤层(C₁d²)和泥盆系及下伏地层的不整合面;雪峰山地区滑脱层为中下元古界之间的不整合面;雪峰山西侧滑脱层增加,下寒武统牛蹄塘组(Є₁n)和金顶山组(Є₁j)、上志留统龙马溪组(S₁l)、上二叠统吴家坪组(P₂w)和龙潭组(P₂l)、下三叠统的大冶组(T₁d)及夜郎组(T₁y)^[29]。

由表 6 可知,滑脱层的多少与传播速率的快慢也有一定的关系。可以这样认为,滑脱层可以作为产生运动的薄弱地带,滑脱层多、滑脱层中的粘滞系数小的区域,在外界动力诱发下容易产生运动。

总之,通过构造传递速率作为联系纽带,结合研究区周边 T₃ 以来的构造事件,可以认为,向西递进变形的直接原因为湘赣地块及华夏陆块等地岩石圈减薄软流圈上涌,而更大尺度上的间接原因是古太平洋板块对欧亚板块的俯冲方式,包括俯冲速率、方向和角度。而滑脱层在燕山期构造传递过程中也扮演了重要角色。

5 结论

通过总结雪峰陆内变形构造系统内中生界内不整合面平面分布规律,探讨了印支—燕山期此构造系统各期构造运动波及范围及递进变形特征。早、中三叠世的构造运动在来凤—鹤峰—三都以东地区,为非穿时构造运动,但运动强度由东

向西减弱。其构造线为 NNE 向。

T₃—J₁ 为特提斯构造域向太平洋构造域转变的时期。自晚三叠世以来,雪峰陆内变形构造系统变形由于东部持续脉动式构造运动产生极具特色的向西的穿时递进扩展变形。并且根据变形时代可以明确分为 5 个区域。

以递进变形传递速率作为联系纽带,可以得知该区燕山期西递进扩展变形的直接原因为湘赣及华夏陆块等地岩石圈减薄软流圈上涌,而更大尺度上的间接原因是古太平洋板块对欧亚板块的俯冲方式。而滑脱层在燕山期构造传递过程中也扮演了重要角色。

参 考 文 献

- 1 马永生. 四川盆地普光超大型气田的形成机制[J]. 石油学报, 2007, 28(2): 9~14, 21
- 2 孙肇才. 板内变形与晚期次生成藏——扬子区海相油气总体形成规律的探讨[J]. 石油实验地质, 1991, 13(2): 107~142
- 3 Wang Y J, Fan W M, Peng T R, et al. Element and SrNd systematics of early Mesozoic volcanic sequence in southern Jiangxi Province, South China: petrogenesis and tectonic implications[J]. International Journal of Earth Science, 2005, 53(1): 53~65
- 4 Yan D R, Zhou M F, Song H L, et al. Origin and tectonic significance of a Mesozoic multilayer over-thrust system within the Yangtze block (South China)[J]. Tectonophysics, 2003, 361(2): 239~254
- 5 丁道桂, 刘光祥, 吕俊祥, 等. 扬子板块海相中生界盆地的递进变形改造[J]. 地质通报, 2007, 26(9): 1178~1188
- 6 黄汲清. 中国大地构造及其演化 1:400 万中国大地构造图简要说明[M]. 北京: 科学出版社, 1980
- 7 周小军. 雪峰陆内复合构造系统的变形特征和成因[D]. 中国海洋大学, 2008
- 8 Zhang B Y, Zhao Z H, Shi M Q, et al. Discovery of Permian island-arc basalts in the Cenxi area and the tectonic significance—a piece of evidence for the paleo-Tethyan tectonic belt in western Guangdong and eastern Guangxi[J]. Chinese Science Bulletin, 1998, 43: 1838~1842

- 9 Zhang B Y, Zhang H X, Zhao Z H, et al. Permian Island-arc basalt in west Guangdong and east Guangxi tectonic belt south China: implications for the Paleo-Tethys [J]. *Journal of Nanjing University* 2003, 39: 46—54
- 10 邓希光, 陈志刚, 李献华, 等. 桂东南地区大容山—十万大山花岗岩带 SHRMP 锆石 U—Pb 定年 [J]. *地质论评*, 2004, 50(4): 426—431
- 11 Lepvrier C, Maluski H, Nguyen V V, et al. Indosinian NW-trending shear zones within the Truong Son belt (Vietnam): ^{40}Ar — ^{39}Ar Triassic ages and Cretaceous to Cenozoic overprints [J]. *Tectonophysics* 1997, 283: 105—127
- 12 Nam T N, Sano Y, Terada K, et al. First SHRMP U—Pb zircon dating of granulites from the Kontum massif (Vietnam) and tectono-thermal implications [J]. *Journal of Asian Earth Sciences* 2001, 19: 77—84
- 13 Carter A, Roques D, Bristow C, et al. Understanding Mesozoic accretion in southeast Asia: significance of Triassic thermotectonism (Indosinian orogen) in Vietnam [J]. *Geology* 2001, 29(3): 211—214
- 14 周新民. 对华南花岗岩研究的若干思考 [J]. *高校地质学报*, 2003, 9(4): 556—565
- 15 张国伟, 董云鹏, 赖绍聪, 等. 秦岭—大别造山带南缘勉略构造带与勉略缝合带 [J]. *中国科学*, 2003, 33(12): 1 121—1 135
- 16 Liu S F, Steel R, Zhang G W. Mesozoic sedimentary basin development and tectonic implication northern South China Block: eastern China: record of continent-continent collision [J]. *Journal of Asian Earth Sciences* 2005, 25: 9—27
- 17 王岳军, Zhang Y H, 范蔚茗, 等. 林舸湖南印支期过铝质花岗岩的形成: 岩浆底侵与地壳加厚热效应的数值模拟 [J]. *中国科学 (D辑)*, 2002, 32(6): 491—499
- 18 王岳军, 范蔚茗, 梁新权, 等. 湖南印支期花岗岩 SHRMP 锆石 U—Pb 年龄及其成因启示 [J]. *科学通报*, 2005, 50(12): 1 259—1 266
- 19 湖南地质矿产局. 涟源幅 1:20 万区域地质报告 [M]. 北京: 冶金工业出版社, 1977. 118—119
- 20 张国伟, 张本仁. 秦岭造山带与大陆动力学 [M]. 北京: 科学出版社, 2001. 1—855
- 21 Zhao X, Coe R. Paleomagnetic constraints on the collision and rotation of North and South China [J]. *Nature* 1987, 327: 41—144
- 22 王岳军, 廖超林, 范蔚茗, 等. 赣中地区早中生代 OIB 碱性玄武岩的厘定及构造意义 [J]. *地球化学*, 2004, 33(2): 109—117
- 23 梁新权, 范蔚茗, 王岳军. 湖南中生代陆内构造变形的深部过程: 煌斑岩地球化学示踪 [J]. *地球学报*, 2003, 24(6): 603—610
- 24 范蔚茗, 王岳军, 郭峰. 湘赣地区中生代镁铁质岩浆作用与岩石圈伸展 [J]. *地学前缘*, 2003, 10(3): 159—170
- 25 Zhou X M, Li W X. Origin of late Mesozoic igneous rocks in southeastern China: implications for lithosphere subduction and underplating of mafic magmas [J]. *Tectonophysics* 2000, 326(11): 269—287
- 26 Maruyama S, Seno T. Orogeny and relative plate motions: example of the Japanese islands [J]. *Tectonophysics* 1986, 127(3—4): 305—329
- 27 Engebretson D C, Cox A, Gordon R G. Relative motions between oceanic and continental plates in the Pacific basins [J]. *Geol Soc* 1985, 206: 1—59
- 28 万天丰. 中国大地构造学纲要 [M]. 北京: 地质出版社, 2004. 75—107
- 29 颜丹平, 汪新文, 刘友元. 川鄂湘边区褶皱构造样式及其成因机制分析 [J]. *现代地质*, 2000, 14(1): 37—43

(编辑 董 立)

(上接第 597 页)

- 305—315
- 12 赵文智, 张光亚, 何海清, 等. 中国海相石油地质与叠合含油气盆地 [M]. 北京: 地质出版社, 2002. 45—61
- 13 金之钧. 中国典型叠合盆地油气成藏研究新进展 (之二)——以塔里木盆地为例 [J]. *石油与天然气地质*, 2006, 27(3): 281—289
- 14 郭旭升, 梅廉夫, 汤济广, 等. 扬子地块中、新生代构造演化对海相油气成藏的制约 [J]. *石油与天然气地质*, 2006, 27(3): 295—325
- 15 Xu S H, Mei L F, Yuan C P. Types, evolution and pool-controlling significance of pool fluid sources in superimposed basins: a case study from Paleozoic and Mesozoic in south China [J]. *Journal of China University of Geosciences* 2007, 18(1): 49—59
- 16 徐思煌, 袁彩萍, 梅廉夫, 等. 叠合盆地成藏流体源类型、演化及控藏意义——以中国南方中、古生界海相地层为例 [J]. *地质科技情报*, 2007, 26(2): 59—64
- 17 郭彤楼, 田海芹. 南方中—古生界油气勘探的若干地质问题及对策 [J]. *石油与天然气地质*, 2002, 23(3): 244—247
- 18 何登发, 贾承造, 周新源, 等. 多旋回叠合盆地构造控油原理 [J]. *石油学报*, 2005, 26(3): 1—9
- 19 何治亮, 顾忆, 高山林. 中国西部多旋回演化与油气聚集 [J]. *石油实验地质*, 2005, 27(5): 433—438
- 20 Lv X X, Zhang Y W, Jin Z J, et al. Reservoir formation cycle of Tarim basin NW China [J]. *Chinese Science Bulletin* 1997, 42(3): 245—248
- 21 Mei L F, Guo T L, Shen C B, et al. Tectonic-hydrocarbon accumulation cycles of marine strata in polycyclic superimposed and reconstructed basins in Southern China [J]. *Journal of China University of Geosciences* 2007, 18(Special Issue): 538—539

(编辑 李 军)