

# 川滇地区活动块体划分与现代构造 应力场分区研究综述\*

骆佳骥, 崔效锋, 胡幸平, 朱敏杰

(中国地震局地壳应力研究所, 北京 100085)

**摘要:**总结了30多年来川滇地区活动块体划分与现代构造应力场分区的主要研究认识,对二者之间的联系进行了初步讨论。对于川滇地区活动块体的划分,不同学者给出的宏观格局基本一致,但对其中一些次级块体的划分和边界断裂存在不同的认识。学者们对川滇地区现代构造应力场整体特征的认识较为一致,但对应力场的具体划分存在不同看法。川滇地区活动块体的划分格局基本确定了现代构造应力场的分区,但二者并不完全一致。开展这两方面的深入研究,对进一步认识川滇地区构造变形特征具有重要意义。

**关键词:**川滇地区;活动块体;构造应力场;应力场分区

**中图分类号:** P315.53

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1000-0666(2012)03-0309-09

## 0 引言

川滇地区( $21^{\circ}\sim 36^{\circ}\text{N}$ ,  $96^{\circ}\sim 108^{\circ}\text{E}$ )是指包括云南全省、四川大部以及贵州局部地区在内的中国西南地区,但也有部分学者所指的川滇地区仅是四川与云南交界区域。本文所讨论的川滇地区为前者。

川滇地区位于青藏高原东南缘,是欧亚板块和印度板块相互作用的边缘地带。作为中国大陆最显著的强震活动区,川滇地区一直是地学工作者的重点关注对象。活动块体划分和现代构造应力场分区是该地区的2个热点研究问题。

活动块体是被晚第四纪活动断裂带,包括活动断裂、活动盆地和活动褶皱带等所分割和围限的具有相对统一运动方式的地质构造单元,同一块体的构造活动具有相对统一的特征,块体内部相对稳定,而块体边缘活动构造带的活动强烈(张培震,1999;邓起东等,2002;张培震等,2003)。地学学者很早就开始关注川滇地区活动块体。

现代构造应力场反映了现今地壳应力分布状态,它是揭示地球动力过程、研究断层相互作用的重要内容。川滇地区构造应力场复杂,表现为

明显的空间非均匀性特征(谢富仁等,1993;王绍晋等,2005)。为了更好地描述该地区构造应力场的复杂特征,众多学者采用了应力分区的方法对其进行了细致的研究(阚荣举等,1977;谢富仁等,1993,2004;崔效锋等,1999,2006)。

## 1 川滇地区活动块体的划分

早在20世纪70年代中后期,川滇地区的活动块体划分就已具雏形。李坪和汪良谋(1975,1977)、阚荣举等(1977)最早提出了川滇地区菱形块体的概念。徐杰(1977)将四川与云南交界地区划分为色达—松潘断块区、成都—师宗断块区、冕宁—楚雄断块区和甘孜—盐源断块区4个断块区,其中后2个断块区构成“甘孜—楚雄联合断块区”,现在称之为“川滇菱形块体”,是川滇地区活动块体中最为重要和最受关注的部分。在此之后,众多学者从大地构造(阚荣举,韩源,1992)、活动断裂(宋方敏等,1998;李国和等,2000;向宏发等,1986;徐锡伟等,2003;程万正等,2003;胡家富等,2003,2005)以及GPS(吕江宁等,2003;乔学军等,2004)等角度,对川滇地区的活动块体的划分开展了大量的研究,丰富了学界对于川滇地区活动块体的认识。

\* 收稿日期: 2011-12-12.

基金项目: 国土资源部公益性行业专项(201011068)、国家科技支撑计划(WFSD-07)和中国地震局地壳应力研究所基本科研业务专项(ZDJ2011-01)共同资助。

川滇地区的活动块体主要有 2 种划分方法 (图 1)。第一种是划分为 4 个一级块体, 包括巴颜喀拉块体 (I)、川滇菱形块体 (II)、滇东块体 (III) 和滇西南块体 (IV); 第二种划分为 5 个一级块体, 其中巴颜喀拉块体、川滇菱形块体和滇东块体这 3 个一级块体的划分与前一种基本一致, 不同的是将滇西南地区划分为两个一级块体, 并且有 2 种不同的划分方案。一种以怒江—澜沧江断裂为界, 分为印支块体 (D) 与腾冲—保山块体 (E); 另一种以腾冲—澜沧断裂带为界, 分为保山—普洱块体 (D') 与密支那一西盟块体 (E')。受内部活动断裂的分割, 川滇地区的一级活动块体可进一步划分为若干次级块体。受龙日坝断裂的分割, 巴颜喀拉块体可分为阿坝 (I<sub>1</sub>) 和龙门山 (I<sub>2</sub>) 2 个次级块体; 以丽江—小金河断裂为界, 川滇菱形块体可分为川西北 (II<sub>1</sub>) 与滇中 (II<sub>2</sub>) 2 个次级块体。第二种划分中的保山—普洱块体可分为保山、景谷和勐腊等 3 个次级块体; 密支那一

西盟块体可分为密支那、龙陵、西盟和勐龙 4 个次级块体。

1.1 巴颜喀拉块体

已有的研究对巴颜喀拉块体 (I) 的划分分歧不大。该块体最早由韩渭滨和夏大德 (1980) 指出, 被称为“川青块体”, 徐锡伟等 (2005, 2008) 称其为“巴颜喀拉块体”, 并成为普遍称谓, 也有松潘—甘孜块体 (钟锺等, 2005a, 2005b) 等称呼。

巴颜喀拉块体是由 NWW 向东昆仑断裂带和甘孜—玉树断裂带、鲜水河断裂带, 以及 NE 向龙门山断裂带中—南段和近南北向岷江断裂带等围限而成的长条状构造域 (图 1), 并以龙日坝断裂为界分为阿坝 (I<sub>1</sub>) 和龙门山 (I<sub>2</sub>) 2 个次级块体 (徐锡伟等, 2003, 2005, 2008)。其中龙门山次级块体也被称为马尔康块体 (宋方敏等, 1998; 乔学军等, 2004)。

1.2 川滇菱形块体

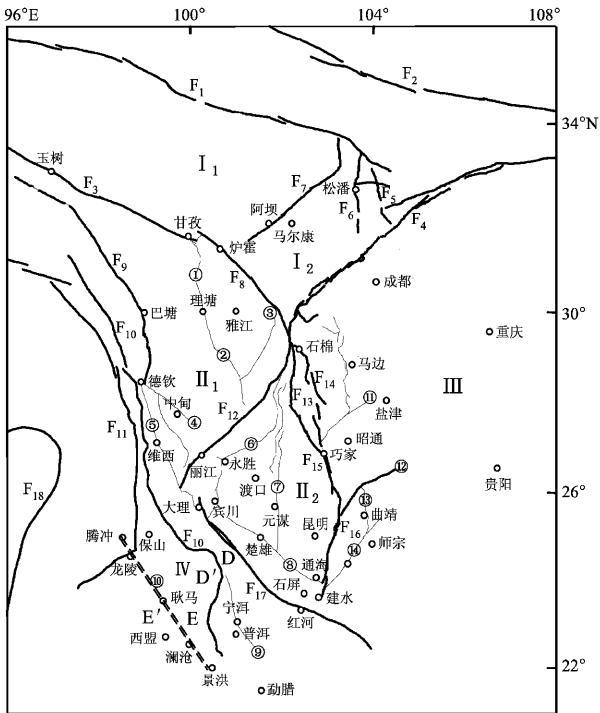
川滇菱形块体 (II) 早在 20 世纪 70 年代就被人们所注意 (李坪, 汪良谋, 1975, 1977; 阚荣举等, 1977), 最早被称为“康滇菱形断块” (“康滇菱块”) (阚荣举等, 1980a, b, 1983), 与此同时已有“川滇菱形块体” (钱洪等, 1980) 的提法, 并成为日后的普遍称谓。曾有少数学者称之为“甘孜—楚雄联合断块区” (徐杰, 1977) 或“甘孜—楚雄菱形块体” (朱介寿等, 1984)。

川滇菱形块体是川滇地区活动块体中最重要和最受关注的组成部分, 不同学者对该块体构造边界及其内部次级块体的再划分的认识存在一定的差异。

1.2.1 块体边界

一般认为, 川滇菱形块体由甘孜—玉树断裂、鲜水河断裂、安宁河断裂带、则木河断裂、大凉山断裂、小江断裂带、金沙江断裂带和红河断裂带等围限而成。这些边界断裂在上新世—一早更新世作为统一的“川滇菱形块体”的边界控制断裂出现, 并表现出与菱形块体向南滑移相符合的动力学特征 (向宏发等, 2000)。

川滇菱形块体的北边界为甘孜—玉树断裂带和鲜水河断裂带, 基本不存在争议。但对其东边界, 一些学者较早认为是安宁河断裂带、则木河断裂带和小江断裂带。后来经过众多学者的深入



F<sub>1</sub>: 东昆仑断裂; F<sub>2</sub>: 秦岭北缘断裂; F<sub>3</sub>: 甘孜—玉树断裂; F<sub>4</sub>: 龙门山断裂; F<sub>5</sub>: 虎牙断裂; F<sub>6</sub>: 岷江断裂; F<sub>7</sub>: 巴颜喀拉断裂; F<sub>8</sub>: 鲜水河断裂; F<sub>9</sub>: 金沙江断裂; F<sub>10</sub>: 澜沧江断裂; F<sub>11</sub>: 怒江断裂; F<sub>12</sub>: 丽江—小金河断裂; F<sub>13</sub>: 宁河断裂; F<sub>14</sub>: 大凉山断裂; F<sub>15</sub>: 则木河断裂; F<sub>16</sub>: 小江断裂; F<sub>17</sub>: 红河断裂; F<sub>18</sub>: Sagaing 断裂;  
① 甘孜—理塘断裂带; ② 理塘—德钦断裂带; ③ 玉龙—丽江断裂带; ④ 德钦—中甸—大具断裂带;  
⑤ 德钦—维西断裂带; ⑥ 金河—箐河断裂带; ⑦ 元谋—绿汁江断裂带; ⑧ 楚雄—通海断裂带;  
⑨ 镇源—普安山断裂带; ⑩ 腾冲—澜沧断裂带; ⑪ 金阳—莲峰断裂带; ⑫ 寻甸—来宾断裂带;  
⑬ 曲靖断裂带; ⑭ 弥勒—师宗断裂带  
I: 巴颜喀拉块体, 包括 (I<sub>1</sub>) 阿坝和 (I<sub>2</sub>) 龙门山 2 个次级块体;  
II: 川滇菱形块体, 包括川西北 (II<sub>1</sub>) 和滇中 (II<sub>2</sub>) 2 个次级块体; III: 滇东块体; IV: 滇西南块体;  
D: 印支块体; E: 腾冲—保山块体; D': 保山—普洱块体; E': 密支那—西盟块体

图 1 川滇地区活动块体划分示意图  
Fig. 1 Division of active blocks in  
Sichuan-Yunnan region

研究,他们认为大凉山断裂带也是川滇菱形块体东边界的一部分。

大凉山断裂带位于安宁河、则木河断裂的东侧,是一条连通了鲜水河和小江断裂的区域性活动断裂。韩渭滨和蒋国芳(2000, 2004)最早认为大凉山断裂带与安宁河断裂带交替活动,共同组成川滇块体的一段边界。经过古地震和晚第四纪研究,申旭辉等(2000),宋方敏等(2002),周荣军等(2003),徐锡伟等(2003),陈桂华等(2008),张永久等(2008)广泛认可它是川滇菱形块体东边界的一部分。

川滇菱形块体的西边界和南边界争议相对较大。一般认为,其西边界是金沙江断裂(李坪,汪良谋,1975, 1977; 成尔林,1981),但沈军等(2001)认为是澜沧江断裂。其依据是,受德钦—中甸—大具第四纪走滑断裂的切割,金沙江断裂两侧的地形没有明显变化,很难作为一个正在运动着的块体的边界,而受到切割的澜沧江断裂两侧地形存在巨大的差异,并表现为右旋走滑正断层性质,因此可认定是川滇菱形块体的西边界。但将澜沧江断裂作为西边界时,藏东块体部分地区也就划入了川滇菱形块体的范围(宋方敏等,1998; 程万正等,2003; 乔学军等,2004)。吕江宁等(2003)则认为,川滇菱形块体的西边界大致处于红河、澜沧江和怒江等几条深大断裂并排的不足30 km范围内,或者大致是金沙江、怒江和澜沧江并流的“三江断裂”(许才军等,2004)。此外,阚荣举等(1977)将巴塘—大理地震带作为川滇菱形块体的西边界,胡家富等(2003)将玉龙雪山断裂作为川滇菱形块体的西边界。

川滇菱形块体的南边界大致有3种认识。第一种认为是红河断裂(李坪,汪良谋,1975, 1977; 徐杰,1977; 阚荣举等,1977),或相近的观点认为是德钦—维西断裂与红河断裂(程万正等,2003)。第二种认为是楚雄—通海断裂带(向宏发等,1986; 吕江宁等,2003)。其依据是,红河断裂南段晚更新世以来的活动性有逐渐减弱的趋势,而在楚雄—通海地震带内,从巍山北向东经双柏南支新平一带存在十分明显的弱震密集带;同时,沿大理—祥云—南华—楚雄有断续分布的第四纪盆地和活动断层,阚荣举等(1977)有过相类似的推测。第三种认为是腾冲—澜沧断裂带(李铁

明等,2003),相近的看法是龙陵—澜沧断裂带(王凯英,马谨,2004)。但向宏发等(1986)、徐锡伟等(2003)将腾冲—澜沧断裂带作为滇西南地区两个一级活动块体的边界,而并不认为它是川滇菱形块体的南边界。

### 1.2.2 次级块体的再划分

川滇菱形块体可分为北部的川西北( $\text{II}_1$ )和南部的滇中( $\text{II}_2$ )2个次级块体(图1)。但向宏发等(1986)将其划分为中甸—木里块体、宾川—渡口块体和昆明—通海块体3个次级块体。在后一种划分中,中甸—木里块体相当于川西北次级块体,宾川—渡口块体和昆明—通海块体构成滇中次级块体。

现在的观点普遍认为,川西北与滇中次级块体是以丽江—小金河断裂为界。与之相同的分界观点包括金河—洱海断裂(王铠元等,1987)和丽江—小菁河断裂(李铁明等,2003)。但韩渭滨和蒋国芳(2004)认为其南面的金河—菁河断裂是两个次级块体的分界,与此相同的观点认为是金河—永胜—宾川断裂(李坪,汪良谋,1975, 1977)、金河—永胜断裂(徐杰,1977)、永胜—宾川断裂(阚荣举等,1983)和程海—金河断裂(汪良谋,1982; 李国和等,2000)。此外宋方敏等(1998)认为,川滇菱形块体的南北分界为锦屏山—玉龙雪山构造带,它包括了金河—菁河断裂前缘冲断带、小金河断裂主冲断带和玉龙希大断裂后缘冲断带。陈桂华等(2008)持类似观点,认为丽江—小金河断裂和玉龙雪山断裂带组成的构造带横向切割川滇菱形块体。

川西北次级块体( $\text{II}_1$ ),又称为川西—滇西北次级块体(李国和等,2000)、康定次级块体(洪汉净等,2001)或雅江次级块体(程万正等,2003; 陈桂华等,2008),早期被称为甘孜—盐源断块(徐杰,1977)或甘孜—丽江断块(汪良谋,1982)。阚荣举等(1983)认为川西北次级块体还可分为2个三级块体,即甘孜和丽江块体,以甘孜—理塘断裂为界,或雅江和中甸块体(吕江宁等,2003),以理塘—德巫断裂为界(程万正等,2003; 吕江宁等,2003)。宋方敏等(1998)将其分为义敦、雅江和盐源—宁蒗等3个三级块体,不过此处的“雅江块体”与程万正等(2003)所言完全不同。

滇中次级块体 ( $II_2$ ), 又称为攀西次级块体 (李国和等, 2000), 早期被称为冕宁—楚雄断块 (徐杰, 1977) 或石棉—楚雄断块 (汪良谋, 1982)。王宝禄等 (2004) 所提的川滇黔菱形块体相当于滇中次级块体。有学者将滇中次级块体进一步分为 2 个三级块体 (阚荣举等, 1983; 乔学军等, 2004), 以绿汁江—元谋断裂带为界 (阚荣举等, 1983)。这两个三级块体与宾川—渡口块体和昆明—通海块体在位置上是一致的, 只是不同学者块体划分的等级不同。还有学者将滇中次级块体所在区域划分为盐源—丽江陆缘拗陷、滇中拗陷和康滇古隆起 3 个二级大地构造单元 (阚荣举, 韩源, 1992)。

### 1.3 滇东块体

滇东块体 (III) 一般是指小江断裂带以东地区 (宋方敏等, 1998), 向宏发等 (1986) 将这一区域称为昭通块体, 其他称其为川中块体 (程万正等, 2003) 或川东南块体 (杜方, 吴江, 2005) 等。

此外, 还存在滇东拗褶带 (阚荣举, 韩源, 1992) 和凉山块体 (李国和等, 2000) 等与滇东块体相近的概念。但滇东拗褶带的范围与滇东块体有所不同, 而凉山块体的范围则与滇东块体相近, 但二者并不完全一致。滇东拗褶带是小江断裂带以东的局部区域, 是由小江断裂、曲靖—昭通断裂、弥勒—富源断裂和寻甸—来宾断裂等围限而成的构造单元 (阚荣举, 韩源, 1992)。而凉山块体则是由安宁河—小江断裂带、弥勒—师宗断裂带与荣经—马边—盐津断裂带围限而成的区域 (李国和等, 2000)。

### 1.4 滇西南地区活动块体

滇西南地区是川滇地区活动块体划分的不同观点最为集中的地区。一些学者将滇西南地区划分为 1 个一级活动块体, 即密支那滇西块体 (程万正等, 2003)、滇西块体 (钟锺等, 2005a, 2005b) 或滇西南块体 (IV) (杜方, 吴江, 2005)。另外有些学者将其划分为 2 个一级活动块体, 而这两个一级块体又有 2 种划分方法: 一种是以怒江—澜沧江断裂为界划分为印支块体 (D) 和腾冲—保山块体 (E), (宋方敏等, 1998; 阚荣举, 韩源, 1992; 苏有锦, 秦嘉政, 2001) (图 2); 另一种是以腾冲—澜沧断裂带为界划分为保山—普洱块体 (D') 和密支那—西盟块体 (E') (向宏发等,

1986; 徐锡伟等, 2003) (图 3)。此外, 吕江宁等 (2003) 从 GPS 的角度将该地区划分为红河形变带和瑞丽—西盟区。

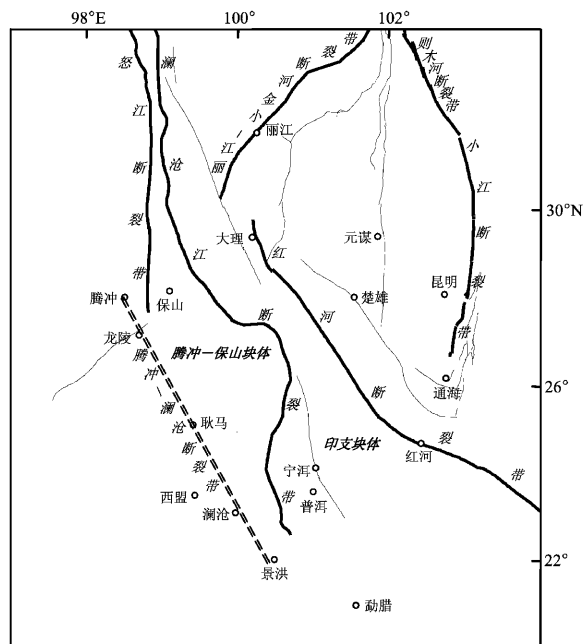


图 2 印支块体与腾冲—保山块体

Fig. 2 Indochina and Tengchong-baoshan blocks

印支块体 (宋方敏等, 1998; 胡家富等, 2003, 2005; 乔学军等, 2004) 位于红河断裂带与澜沧江断裂带之间, 属于印支板块, 阚荣举和韩源 (1992) 称其为兰坪—思茅盆地。腾冲—保山块体 (阚荣举, 韩源, 1992; 苏有锦, 秦嘉政, 2001) 是腾冲块体和保山块体的联合体, 属于滇缅泰板块, 胡家富等 (2003, 2005) 称其为滇缅泰块体。印支块体与腾冲—保山块体的分界是怒江—澜沧江断裂 (阚荣举, 韩源, 1992; 苏有锦, 秦嘉政, 2001)。

保山—普洱块体和密支那—西盟块体最早由向宏发等 (2000) 提出。保山—普洱块体位于红河断裂带和腾冲—澜沧断裂带之间, 包括保山、景谷和勐腊 3 个次级块体 (徐锡伟等, 2003)。阚荣举等 (1983)、王绍晋等 (2005) 所称的滇西南块断带, 其范围基本与保山—普洱块体一致。密支那—西盟块体介于腾冲—澜沧新生断裂带和缅甸境内近南北向的 Sagaing 断裂带 (图 1) 之间 (徐锡伟等, 2003), 它可进一步被划分为密支那、龙陵、西盟和勐龙 4 个次级块体 (向宏发等, 1986)。

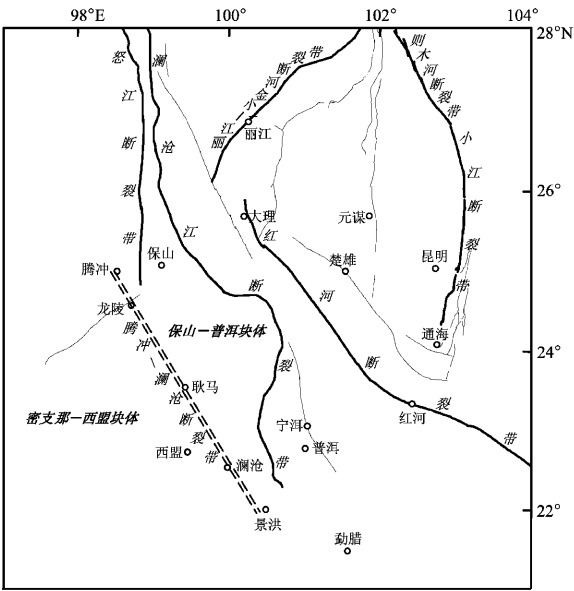


图3 保山—普洱块体与密支那—西盟块体  
Fig. 3 Baoshan-Pu'er block and Myitkyina-Ximeng block

1.5 小结

川滇地区的活动块体划分，由李坪和汪良谋（1975，1977）和阚荣举等（1977）勾勒雏形，经过徐杰（1977）、阚荣举和韩源（1992）、宋方敏等（1998）、李国和等（2000）、向宏发等（1986）、徐锡伟等（2003，2005，2008）的不断研究和补充，最后形成现今的划分格局。

川滇地区活动块体有2种划分格局，第一种是划分为4个一级块体，第二种是划分为5个一级块体。其中，巴颜喀拉块体、川滇菱形块体和滇东块体这三个一级块体的划分基本一致。2种划分方法的不同在于：前者将滇西南地区划分为一个活动块体，称为滇西南块体（或滇西块体、或密支那滇西块体），而后者将其划分为两个一级块体。受内部活动断裂影响，川滇地区的一级活动块体还可进一步划分为若干次级块体。

2 川滇地区现代构造应力场分区

大量的研究表明，川滇地区作为印度板块与欧亚板块碰撞的边缘地带，是中国大陆现代构造应力场最为复杂的地区。许忠淮等（1987）利用大量的小震P波初动数据，对川滇地区现代构造应力场进行了细致研究，展现了该地区主应

力方向的分布特征：压应力轴（P轴）和张应力轴（T轴）方向皆为水平，主应力的方向变化很大，其方位由北向南呈现比较规则的转动，主压应力轴在北部为NE—SW方向，到中部川西北地区转为近E—W方向，再到南部云南地区转为NNW—SSE或近N—S方向。川滇菱形块体以东，主压应力以北西向为主，而以西，主压应力方向则为北东方向（谢富仁等，1993；钟继茂，程万正，2006）。

为了更好地研究川滇地区构造应力场，许多学者都采用了空间分区的方法，对川滇地区主应力方向的非均匀分布特征进行了研究。本节以应力场分区为切入点，对前人关于川滇地区构造应力场的研究做简要回顾。

2.1 川滇地区应力分区研究的回顾

早在20世纪70年代早期，我国学者在进行地震活动研究时，就开始关注了川滇地区的构造应力状态（时振梁等，1973）。此后，众多学者利用多种方法对该地区的构造应力场开展了大量的研究工作。

李坪和汪良谋（1975，1977）利用震源机制P波初动解的结果，根据主应力轴分布方向的不同，将川滇地区分为4个区，并讨论了它们的构造应力场特征。徐杰（1977）在川滇地区划分为4个断块区的基础上，按块体分析了它们的构造应力场特征。成尔林（1981）利用1933~1978年四川地区76次5级及以上地震的震源机制P波初动解结果，根据P轴优势方向及主要构造线的展布特征，将四川及邻区现今构造应力场划分为3个区。

上述研究初步勾勒了川滇地区构造应力场空间分区特征，可以有效认识川滇地区的应力场特征。阚荣举等（1977）利用1933~1972年我国西南地区及越南、缅甸北部等共51个5级及以上主震P波初动解，根据P波初动解的P轴方位对川滇地区进行了构造应力场分区，将川滇地区划分为5个应力区（图4），并首次将滇西南地区划分为2个应力区。此后，阚荣举等（1980a，b），王绍晋等（1989，2005）不断补充资料验证并完善了这5个应力分区，并对其中一些应力分区进行了细微调整。

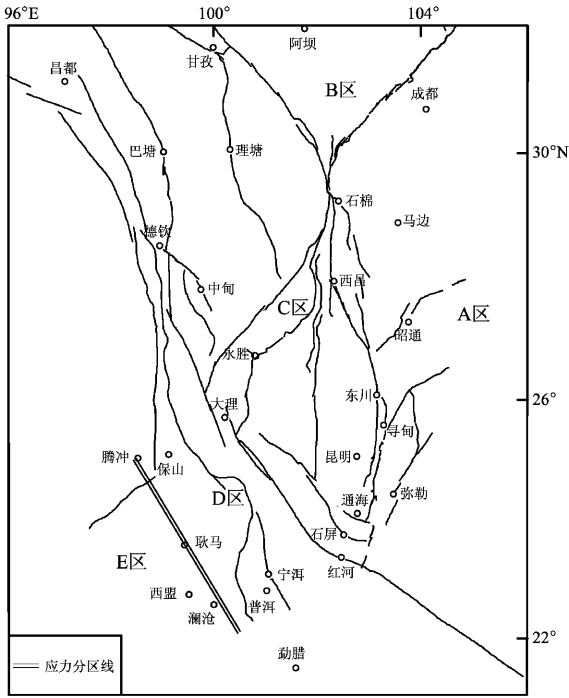


图4 川滇地区应力场的5个分区  
Fig. 4 5 zonings of stress field in Sichuan-Yunnan region

这5个应力区具体为(阚荣举等, 1977, 1983, 1980a; 王绍晋等, 1989, 2005): A区为龙门山断裂、安宁河断裂与小江断裂以东地区, 向南越过国界延伸至越南北部, 向东包括贵州中部; B区包括鲜水河断裂带以东以及龙门山断裂以北地区, 向北延伸至青海、甘肃境内; C区为鲜水河断裂带以南, 安宁河断裂带、则木河断裂带与小江断裂带以西, 金沙江断裂带、红河断裂带以东地区; D区为红河断裂带西南、腾冲—澜沧断裂带以东地区; E区包括腾冲—澜沧断裂带以西地区, 向西到达缅甸西北部的中深源地震带。

自20世纪90年代以来, 谢富仁等(1993, 2004), 崔效锋等(1999, 2006)开始利用多种应力数据资料和分析手段对川滇地区构造应力场的分区特征进行了比较深入的研究。最具代表的是谢富仁等(2004)以“中国大陆地壳应力环境数据库”5类应力数据资料为基础(包括震源机制解资料、水压致裂资料、应力解除资料、钻孔崩落资料和断层滑动反演构造应力张量资料), 总结了中国大陆及邻区现代构造应力场的基本特征, 提出了划分构造应力场分区的原则和方法, 将中国

大陆及邻区现代构造应力场分为2个一级应力区、4个二级应力区、5个三级应力区和26个四级应力区。一级构造应力区主要受板块边界的几何特征和作用在边界上的力所控制; 二级应力区的构造应力状态主要受控于区域块体间的相互作用; 三级构造应力区受控于区域内部块体间的相互作用; 四级应力区主要受块体和断裂相互作用的影响。通常四级应力区内部的应力性状(主应力方向、变形强度、应力结构等)整体一致性较好。川滇地区位于中国东部和西部两个一级应力区的交汇部位, 主体部分属于中国西部应力区(图5)。中国东部和西部两个一级应力区在南部大致以龙门山断裂带、安宁河断裂带、则木河断裂带、大凉山断裂带和小江断裂带为界, 其东部为华南二级应力区, 西部为青藏高原二级应力区。

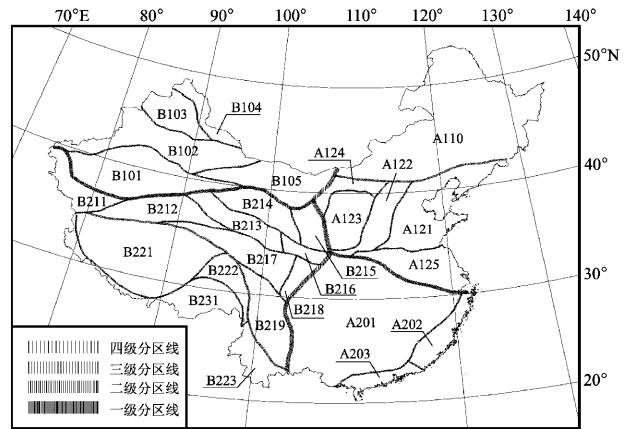


图5 西南地区的4个四级应力区(谢富仁等, 2004)  
Fig. 5 4 stress areas at the forth level in Southwest China (Xie et al, 2004)

按照谢富仁等(2004)的研究结果, 除华南二级应力区以外, 川滇地区还涵盖了巴颜喀拉山应力区(B217)、龙门山—松潘应力区(B218)、川滇应力区(B219)和滇西南应力区(B223)等4个四级应力区, 它们属于青藏高原二级应力区。

如果以阚荣举等(1977, 1983, 1980b)为代表的川滇地区构造应力场分区的研究结果(王绍晋等, 1989, 2005)为一类, 以谢富仁等(2004)为代表的应力分区研究结果为另一类, 可以看出, 两类研究都将川滇地区划分为5个应力区。所不同的是, 前者将巴颜喀拉块体作为一个应力区, 将滇西南地区划分为2个应力区, 而后者将巴颜喀

拉块体划分为两个应力区，将滇西南地区划分为一个应力区。总之，无论是川滇地区活动块体的划分，还是川滇地区应力场分区研究，不同研究结果的争议主要在滇西南地区。

## 2.2 川滇地区现代构造应力场的分区特征

谢富仁等（1993）、王绍晋等（2005）对川滇地区现代构造应力场研究表明，该地区构造应力场以水平作用为主，最大主应力轴方位由北向南呈规则转动的趋势。依据前人应力分区的研究结果，并参照活动块体的划分格局，川滇地区现代构造应力场具有以下分区特征。

巴颜喀拉块体地区应力场表现为主压应力优势方位为北东到北东东，以水平作用为主。但成尔林（1981）认为该地区主压应力轴优势方位有北东东和北西—北西西2组，而程万正等（2003）得到该地区的压应力场作用方向集中在 $100^{\circ} \sim 130^{\circ}$ ，主压应力优势方位为北北西。

川滇菱形块体地区的应力场空间分布具有复杂性，李坪和汪良谋（1975，1977）早期研究得到该区的主压应力轴优势方位为北北西，此后程万正等（2003），崔效锋等（2006）证实并给出了具体的主压应力优势方位。为了更好地描述应力场特征，徐杰（1977）、阚荣举等（1977）、成尔林（1981）将川滇菱形块体区域分为北部、中部和南部讨论，北部主压应力方位为北东到北东东，中部主压应力方位为北西西到近东西，南部主压应力方位为北西到北西西。考虑到构造应力场的复杂性，谢富仁等（1993）将该区域分为鲜水河—理塘区、安宁河南北带区、滇西北地区 and 滇西裂陷区等众多小区，分别讨论它们的主压应力优势方位。但现在较为普遍的是，学者们将川滇菱形块体分为川西北和滇中2个次级块体来讨论其应力场特征（程万正等，2003；刘平江等，2007）。程万正等（2003）由大量震源机制解的 $P$ 轴优势分布推测主应力方向的结果表明，川西北和滇中次级块体的压应力场优势方向均为北北西，但后者略为偏东。

滇东块体地区位于谢富仁等（2004）给出的华南应力区，其主应力优势方位为北西到北西西，以水平作用为主。

滇西南地区的构造应力场也比较复杂，同时受不同应力分区的影响，该区应力场特征也很难

给出一致结论。在早期，李坪和汪良谋（1975，1977）得到金沙江断裂和红河断裂以西的滇西南地区，主压应力优势方位从北部的北东向逐渐转为北北东向到北北西向。不同应力分区结果对滇西南地区的应力场特征描述也有所不同。崔效锋等（2006）将金沙江断裂带和营盘山断裂带以西地区定义为滇西南应力区，得到滇西南地区最大主压应力优势方位为北北东向。阚荣举等（1977，1980b，1983）和王绍晋等（1989，2005）将滇西南地区分为2个应力区，红河断裂带的西南、腾冲—龙陵地震带和耿马—澜沧地震带以东的滇西南块断带，主压应力优势方位为南南东—南东，以水平作用为主，腾冲—龙陵断裂带和耿马—澜沧地震带及其以西地区，主压应力优势方位为北北东—北东，以水平作用为主。

## 3 总结与讨论

有关川滇地区活动块体划分的研究较多，取得的成果非常丰富，但也存在一些争议。首先是川滇地区一级块的划分上，有4个一级块体与5个一级块体之分，不同之处体现在滇西南地区活动块体的划分上。前者将整个滇西南地区划分为一个一级块体，而后者划分为两个一级块体。但滇西南地区2个一个活动块体的划分又有两种观点：一种以怒江—澜沧江断裂带为界进行划分，另一种则根据新生的腾冲—澜沧地震带进行划分。川滇地区的一级活动块体可进一步划分为若干次级块体。

川滇地区现代构造应力场分区研究也取得了大量成果，这些成果可总结为2类。这类研究成果都将川滇地区划分为5个应力区，与活动块体划分存在一定的相似性，但这两类应力分区方法存在明显的差异。以阚荣举等（1977）为代表的第二类应力分区方法将巴颜喀拉块体地区划分为一个应力区，将滇西南地区划分为2个应力区；而以谢富仁等（2004）为代表的第二类应力分区方法将巴颜喀拉块体地区划分为2个应力区，将滇西南地区划分为一个应力区。

早期人们发现，中国大陆现代构造运动具有块断运动的特点。构造应力场分区考虑的是在已有构造框架下地壳中应力分布的状态（崔效锋等，

2006)。因此,在川滇地区应力场特征研究时,人们通常将活动块体的边界作为应力场的分区边界。但崔效锋等(2006)研究表明,川滇地区应力场分区与活动块体划分虽然具有一定的相关性,但并不完全一致。

无论是川滇地区活动块体划分,还是川滇地区现代构造应力场分区研究,不同研究结果的争议主要集中在滇西南地区。一是对红河断裂带能否成为川滇菱形块体的西南边界持有争议(向宏发等,1986;吕江宁等,2003;李铁明等,2003)。王凯英和马谨(2004)认为,红河断裂带东侧的川滇菱形块体南部地区与红河断裂带西侧至少到龙陵—澜沧一带,受统一的力学机制控制,川滇菱形块体的西南边界应当西移。二是滇西南地区以及活动块体和应力区的划分,有学者认为,腾冲—澜沧断裂带作为一条新生断裂带,是可以成为一级活动块体的边界(向宏发等,2000;徐锡伟等,2003)和应力分区边界(阚荣举等,1977)。这些分歧和争议恰恰从一个侧面反映了川滇地区构造和应力场的复杂性。

活动块体的划分主要是从构造活动的角度展现不同地质构造单元的运动方式,应力分区主要是从动力学的角度研究地壳应力的非均匀性分布特征。开展这两方面的深入研究,对进一步认识川滇地区构造变形特征具有重要的意义。

## 参考文献:

- 陈桂华,徐锡伟,闻学泽,等.2008.川滇块体北—东边界活动构造带运动学转换与变形分解作用[J].地震地质,30(1):58-85.
- 成尔林.1981.四川及其邻区现代构造应力场和现代构造运动特征[J].地震学报,3(3):231-241.
- 程万正,刁桂苓,吕弋培,等.2003.川滇地块的震源力学机制、运动速率和活动方式[J].地震地质,25(1):71-87.
- 崔效锋,谢富仁,张红艳.2006.川滇地区现代构造应力场分区及动力学意义[J].地震学报,28(5):451-461.
- 崔效锋,谢富仁.1999.利用震源机制解对中国西南及邻区进行应力分区的初步研究[J].地震学报,21(5):513-522.
- 邓超东,张培震,冉勇康,等.2002.中国活动构造基本特征[J].中国科学(D辑),32(12):1 020-1 030.
- 杜方,吴江.2005.西南地区次级构造块体与分区强震预报[J].四川地震,(4):1-7.
- 韩渭滨,蒋国芳.2000.四川地壳结构研究的现状、问题和建议[J].四川地震,(4):1-8.
- 韩渭滨,蒋国芳.2004.川滇地区强震活动分布特征及其与地壳块体构造背景关系的研究[J].地震学报,26(2):211-222.
- 韩渭滨,夏大德.1980.松潘、平武地震和川青块体的运动[J].地震科学研究,(1):39-48.
- 洪汉净,汪一鹏,沈军,等.2001.我国大陆地壳块体运动的平均图像及其动力学意义[A]//马宗晋,汪一鹏,张燕平.青藏高原岩石圈现今变动与动力学.北京:地震出版社.
- 胡家富,苏有锦,朱雄关,等.2003.云南的地壳S波速度与泊松比结构及其意义[J].中国科学(D辑),33(8):714-722.
- 胡家富,朱雄关,夏静瑜,等.2005.利用面波和接收函数联合反演滇西地区壳幔速度结构[J].地球物理学报,48(5):1069-1076.
- 阚荣举.1980a.西南地区现代构造应力场与板内强震活动[J].地震研究,3(3):45-59.
- 阚荣举,韩源.1992.云南遮蔽至马龙地质断面(说明书)[M].北京:地震出版社.
- 阚荣举,彭万里.1980b.西南地区应力场变动与强震活动秩序及实验研究[J].地震研究,3(4):181-192.
- 阚荣举,王绍晋,黄琨,等.1983.中国西南地区现代构造应力场与板内断块相对运动[J].地震地质,5(2):79-90.
- 阚荣举,张四昌,晏凤桐,等.1977.我国西南地区现代构造应力场与现代构造活动特征的探讨[J].地球物理学报,20(2):96-109.
- 李国和,王思敬,尚彦军,等.2000.川滇交界地区地壳结构及现代地壳活动模式[J].地质力学学报,6(2):82-91.
- 李坪,汪良谋.1975.云南川西地区地震地质基本特征的探讨[J].地质科学,(4):308-326.
- 李坪,汪良谋.1977.云南川西地区地震地质基本特征的探讨[A]//国家地震局西南烈度队.西南地区地震地质及烈度区划探讨.北京:地震出版社.
- 李铁明,邓志辉,吕弋培.2003.川滇地区现今地壳形变及其与强震时空分布的相关性研究[J].中国地震,19(2):132-147.
- 刘平江,刁桂苓,宁杰远.2007.川滇地块的震源机制解特征及其地球动力学解释[J].地震学报,29(5):449-458.
- 吕江宁,沈正康,王敏.2003.川滇地区现代地壳运动速度场和活动块体模型研究[J].地震地质,25(4):543-554.
- 钱洪,沈钧礼,黄进,等.1980.西南地区近代构造应力场和地壳运动特征的实验研究[J].地震研究,3(3):60-67.
- 乔学军,王琪,杜瑞林.2004.川滇地区活动地块现今地壳形变特征[J].地球物理学报,47(5):805-811.
- 申旭辉,陈正位,许任德,等.2000.凉山活动构造带晚新生代变形特征与位移规模[J].地震地质,22(3):232-238.
- 沈军,汪一鹏,任金卫.2001.中国云南德钦—中甸—大具断裂带第四纪右旋走滑运动[A]//马宗晋,汪一鹏,张燕平.青藏高原岩石圈现今变动与动力学.北京:地震出版社.
- 时振梁,环文林,武宜英,等.1973.我国强震活动和板块构造[J].地质科学,(4):281-293.
- 宋方敏,李如成,徐锡伟.2002.四川大凉山断裂带古地震研究初步结果[J].地震地质,24(1):27-34.
- 宋方敏,汪一鹏,俞维贤,等.1998.小江活动断裂带[M].北京:地震出版社.
- 苏有锦,秦嘉政.2001.川滇地区强地震活动与区域新构造运动的关系



- 系[J]. 中国地震, 17(1): 24-34.
- 汪良谋. 1982. 康滇活动构造带的形成力学机制及其强震活动 [A]//中国地震学会地震地质专业委员会. 中国活动断裂. 北京: 地震出版社.
- 王宝禄, 吕世琨, 胡居贵. 2004. 试论川滇菱形地块[J]. 云南地质, 23(2): 140-153.
- 王凯英, 马瑾. 2004. 川滇地区断层相互作用的地震活动证据及有限元模拟[J]. 地震地质, 26(2): 259-272.
- 王铠元, 孙克祥, 薛啸锋. 1987. 川滇交界金河—洱海深断裂带的形成机理和构造属性探讨[J]. 地震研究, 10(3): 335-348.
- 王绍晋, 阚荣举, 胡克坚. 1989. 云贵地区现代构造应力场空间分布与地震危险区划[A]//闵子群. 云贵地区地震危险性研究文集 [C]. 昆明: 云南科技出版社.
- 王绍晋, 龙晓帆, 余庆坤. 2005. 昆明地区现代构造应力场分析[J]. 地震研究, 28(2): 178-184.
- 向宏发, 魏顺民, 冉勇康, 等. 1986. 滇西北地区的现代构造应力场 [J]. 地震地质, 8(4): 15-23.
- 谢富仁, 崔效锋, 赵建涛, 等. 2004. 中国大陆及邻区现代构造应力场分区[J]. 地球物理学报, 47(4): 654-662.
- 谢富仁, 祝景忠, 梁海庆, 等. 1993. 中国西南地区现代构造应力场基本特征[J]. 地震学报, 15(4): 407-417.
- 徐杰. 1977. 西南地区四川运动以来构造应力场的初步研究[A]//西南地区地震地质及烈度区划探讨. 北京: 地震出版社.
- 徐锡伟, 闻学泽, 陈桂华, 等. 2008. 巴颜喀拉地块东部龙日坝断裂带的发现及其大地构造意义[J]. 中国科学(D辑), 38(5): 529-542.
- 徐锡伟, 闻学泽, 郑荣章, 等. 2003. 川滇地区活动块体最新构造变动样式及其动力来源[J]. 中国科学(D辑), 33(增刊): 151-162.
- 徐锡伟, 张培震, 闻学泽, 等. 2005. 川西及其邻近地区活动构造基本特征与强震复发模型[J]. 地震地质, 27(3): 446-474.
- 许才军, 李志才, 王琪. 2004. 川滇地区现今地壳运动及动力学的大地测量研究展望[A]//朱耀仲, 孙和平. 大地测量与地球动力学进展. 武汉: 湖北科学技术出版社.
- 许忠淮, 汪素云, 黄雨蕊, 等. 1987. 由多个小震推断的青甘和川滇地区地壳应力场的方向特征[J]. 地球物理学报, 30(5): 476-486.
- 张培震, 邓起东, 张国民, 等. 2003. 中国大陆的强震活动与活动地块 [J]. 中国科学(D辑), 33(增刊): 12-20.
- 张培震. 1999. 中国大陆岩石圈最新构造变动与地震灾害[J]. 第四纪研究, (5): 404-413.
- 张永久, 高原, 石玉涛, 等. 2008. 四川区域地震台网的剪切波分裂研究[J]. 地震学报, 30(2): 123-134.
- 钟继茂, 程万正. 2006. 由多个地震震源机制解求川滇地区平均应力场方向[J]. 地震学报, 28(4): 337-346.
- 钟锺, 徐鸣洁, 王良书, 等. 2005a. 利用航磁、重力资料研究川滇地区大陆变形特征[J]. 地球科学进展, 20(10): 1 089-1 094.
- 钟锺, 徐鸣洁, 王良书, 等. 2005b. 川滇地区重力场特征与地壳形变研究[J]. 高校地质学报, 11(1): 111-117.
- 周荣军, 黎小刚, 黄祖智, 等. 2003. 四川大凉山断裂带的晚第四纪平均滑动速率[J]. 地震研究, 26(2): 191-196.
- 朱介寿, 曹家敏, 刘舜化, 等. 1984. 用人工地震初探川西地区的地壳结构[J]. 成都地质学院学报, (3): 111-122.

## Research Review of the Division of Active Blocks and Zoning of Recent Tectonic Stress Field in Sichuan-Yunnan Region

LUO Jia-ji, CUI Xiao-feng, HU Xing-ping, ZHU Min-jie

(Institute of Crustal Dynamic, CEA, Beijing 100085, China)

### Abstract

Reviewing and summarizing the main research results in division of active blocks and the zoning of recent tectonic stress field in Sichuan-Yunnan region for the last thirty years, then we preliminarily discuss the relation between them. For the division of active blocks in Sichuan-Yunnan region, the macro pattern given by different researchers is more or less the same, except for the division of some secondary active blocks and the boundary faults. The researchers have agreement with the general characteristic of the recent tectonic stress field in Sichuan-Yunnan region, but have different opinion on how to specifically divide the recent tectonic stress field. The divisions of active blocks in Sichuan-Yunnan region determine the zoning of the recent tectonic stress field, whereas they are not the same. The research on these two aspects in deep has important significance for recognizing the structural deformation characteristic in Sichuan-Yunnan region.

**Key words:** Sichuan-Yunnan region; active blocks; tectonic stress field; stress field zoning