

滇西北发震构造条件及其与 鲜水河断裂带的对比

马 瑾

(国家地震局地质研究所)

提 要

文章在分析滇西北发震构造条件的基础上,把它与鲜水河断裂带进行了对比。滇西北是一个伸展构造区,鲜水河断裂带为一平移剪切带。后者较前者断层面上正应力大、变形强烈、应变速率高。前者断层几何复杂, $D_f = 1.56$,后者断层几何简单, $D_f = 1.08-1.2$ 。震源深处变形环境前者者为低压中温,后为高压中温。由此造成地震活动性上的差异。

关键词: 发震条件 伸展构造 分数维 剪切断层

一、引 言

滇西北和鲜水河断裂带都是位于川滇菱形块体边缘的构造活动区。滇西北指红河断裂带北端,即由北西向红河断裂,北东向永胜丽江断裂及南北向程海-宾川断裂围成的三角区。由盆地、水系、地貌、历史地震等资料证明红河断裂带是一条右型活动断层,水平滑动速率达2—8毫米/年^[1]。近年来该区中强地震一直十分活跃,被定为地震预报试验场。鲜水河断裂带也被证明为一条活动断层,地震也十分活跃。由古地震资料及断层地貌分析这条断层的位移速率达17毫米/年^[2]。近期测量结果表明鲜水河断裂带水平应变速率达 10^{-6} /年,最大断层位移速率为10毫米/年,比红河断裂带至少大一个数量级(黄立人)。二者均引起国内外很多学者的注意,但是两个区域的地震活动性不同:1)前区除历史上(1515年)永胜地震和1925年的大理地震为7级以上外,并无很多大地震,以中强地震为主。后区自1700年以来共发生6级以上地震31次,其中大于7级的有10次(包括一次8级地震);2)前区地震散布在一个130多平方公里的地区内,后区地震较严格地沿断层线分布;3)前区地震很少造成明显的地震断层,1925年大理地震震中至今还有争论,后区地震断层明显。二者同为活动构造区,引起地震活动性差异的原因,红河断裂带西北段的震级上限,以及近200多年来的地震活动性是否具有代表性等问题是研究试验场的地震工作者共同关心的问题。本文试图利用构造物理理论,剖析滇西北地震活动性特点,进而讨论两区发震条件的异同。

二、滇西北发震条件剖析

1. 区域构造变形格局是决定区域地震活动性最基本的因素

对滇西北的构造格局有三种看法:第一种看法认为滇西北是北西向断层与北东向断层的交会区。在南北向的挤压下,交会区产生了强烈的由西向东的横向伸展^[3]。第二种看法认为

北东向断层是起主导作用的活动构造。由于按左阶排列的北东向断层系产生了左型错动,在此形成拉分构造盆地⁽⁴⁾。第三种看法认为北西向构造起主导作用。由于北西向断层的右型错动,在一些构造部位形成北东向的折尾构造,它们是断层末端扩张造成的盆地¹⁾。三种看法的不同点在于什么是起主导作用的构造,而共同点是都认为滇西北是一个伸展构造区。本文作者无意参予这项争论,但认为,争论本身说明了两组主要构造线作用相当。阐明滇西北在新构造活动期的伸展是理解滇西北地区构造变形和地震活动特点的一个重要问题。拟补充一些证据,并通过与鲜水河断裂带的对比,探讨川滇菱形块体这两个活动构造区在变形和地震活动上的差异。

2. 伸展证据之一: 盆地和断层

滇西北地区内发育了北东向、北西向、南北向和东西向构造线。北东向断层由一系列左型左阶断层系(丽江剑川断裂, 鹤庆洱源断裂, 北衙邓川断裂)构成伸展区的西北边界。南北向的断层是扬子地台的西界, 也是中生界沉积的边界, 由一系列走向北东按左型左阶排列的

断裂系组成, 它构成了伸展区的东界。北北西向的红河断裂带构成了伸展区西南边界, 它由右型左阶断裂系组成。卫片显示区内各种方向的构造线纵横交错, 看来, 没有明显的优势方向。这些断层的活动和地区的伸展应体现在断陷盆地的发育上(图1)。

滇西北有三期沉积盆地。下第三纪的沉积盆地主要分布于研究区北半部, 分布面积大。看来, 它们的分布与现代断裂无明显关系, 可能属于向斜型盆地沉积。新第三系沉积局限于断层边缘, 分布面积小, 可能是断层扩展早期产物。第四纪盆地在滇西北分布很广。沿南北向程海断裂分布的有永胜、金官、程海、期纳、宾川盆地。沿北东向分布的有洱源、鹤庆、剑川、丽江盆地。沿北西向分布的有邓川、洱海、凤仪、弥渡盆地。顺便指出, 在红河断裂南段, 在北西向红河断层与北东向断层的交叉点上也有一些第四纪小盆地, 但规模与北段相比要小得多。如果说红河断裂南段第四纪小盆地代表断层右

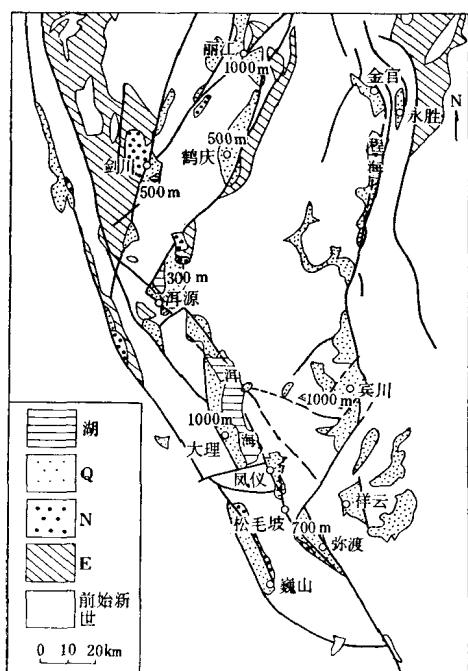


图1 滇西北地区的断层系和第四纪盆地分布

Fig.1 Active faults and Holocene basins in north segment of Honghe fault zone.

型错动的产物, 那么在滇西北产生的规模大得多的盆地网, 就不可能仅仅由于断层右型错动, 而是叠加了某种伸展作用。

这些盆地中第四系的厚度在丽江北部为1000米, 在剑川、鹤庆为500米左右。在大理、

1) 国家地震局地质研究所, 1986, 滇西地震预报实验场强震孕育条件和地震重复率研究报告集。

宾川又变厚(在大理盆地厚1000米), 其南面的盆地中第四系厚度又变薄至几百米。由此可见, 在盆地第四系厚度分布中, 东西向构造起了作用。从东到西几个断陷盆地沉积厚度也有区别, 显示了近南北向构造的作用。例如, 弥渡盆地第四系沉积厚度(700米)比位于两侧的祥云盆地(420米)和巍山盆地(200米)大。程海断层东西两侧高差很大, 西降东升。在其北部高差为500—600米, 造成金官盆地远低于永胜盆地。在其南部宾川一带达1000米。伸展区北部玉龙雪山与丽江盆地的高差、西部苍山与洱海的高差也是十分显著的。在这些盆地中有的保存了现代湖区, 如茈碧湖、剑湖等。其中, 程海和洱海是规模最大, 湖水深度也最大的现代湖盆(最深50—60米, 平均20米), 说明它们是滇西北近代活动性强度最大的地方。它们均位于伸展区边缘, 有历史记载的两次7级地震发生在这两个湖区附近。

3. 伸展应力场演化的一些例子

前已指出, 北西向的红河断裂呈右型错动, 北东向的断裂呈左型错动, 从而认为滇西北现代主压应力近南北向, 张应力近东西向。在研究区北部程海、鹤庆一带见到飞来峰构造(老地层盖在下第三系之上)和近南北向的逆断层和逆掩断层, 说明下第三系沉积后曾经存在过一个近东西向的挤压应力场。作者接触到的以下几个事实暗示了这个从近东西向的挤压转化为近东西向的伸展的过程。

(1) 岩墙资料分析

在剑川以西双河煤矿、洱海东挖色以及弥渡北定西岭几处发育了喜山期的岩墙和岩脉。它们的方向指示了应力场的方向(图2)。双河煤矿发育一套平行排列的粗面斑岩岩墙, 长8—9公里。它们侵入到中新统(N_1)和上新统(N_2)含煤地层中。岩墙排列方向一致性很好, 优势走向为北西 70° , 说明在该时期剑川西部主张应力近南北向。洱海东挖色地区有喜山期煌斑岩、粗面岩和玄武岩脉侵入古生代地层中。侵入时代由区域对比得出, 其优势走向为北西 15° 。弥渡北定西岭附近发育了喜山期的辉绿岩、辉长岩和玄武岩脉, 岩脉优势走向为北东 20° 和北西 15° 。说明岩墙形成时期主张应力已近东西向。

在无法准确比较侵入时代先后的情况下, 按地质图把它们定为同期产物。第一点的应力方向保持与飞来峰形成时相同。第二、三点则已形成主压应力近南北向的状况, 应力场的转过程可能是由南向北发展的。

(2) 盆地资料分析

从洱源盆地开始, 沿红河断裂发育了一系列的盆地: 邓川、洱海、凤仪、松毛坡。它们的共同点是, 盆地虽然主要沿北西向断层分布, 但其发育过程都受到北东向断裂控制。它们受北东向断裂控制的程度由西北向东南变小。

洱源盆地既受北西向红河断裂控制, 也受北东向断裂控制。茈碧湖也以这两组断层为其西北和西南边界。洱海盆地走向北西, 但从卫片上可以看到大理东部洱海深水区有北东向分

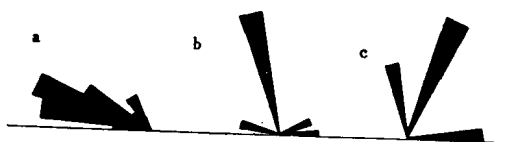


图2 剑川双河煤矿粗面岩墙(a)以及挖色(b)和定西岭(c)喜山期岩脉走向玫瑰图

Fig.2 Strike rose diagram of Himalayan dykes in Shuanghe mine (a), Wase (b) and Dingxiling (c).

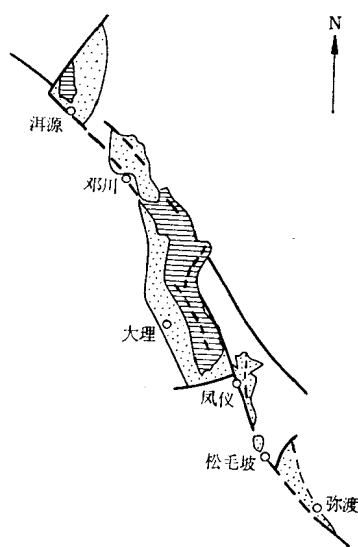


图3 红河断裂带北端的盆地系

Fig.3 The basins along north segment of Honghe fault zone.

末端扩张性质,说明 N_1^2 时红河断裂带已出现右型错动,造成小规模尾端拉伸。2)沿北西向

枝,形成拐形盆地。凤仪盆地呈三角形,其最大沉积厚度分布在盆地中央,其走向明显向东偏离红河断裂(图3)。这些盆地的北东向分叉具有尾端扩张性质。

在凤仪南定西岭北有一个不足三平方公里的松毛坡煤盆。煤矿发育在盆地上第三系中,含煤地层可分 N_1^1 、 N_1^2 和 N_1^3 三层,不整合沉积在中、古生代地层之上。 N_1^1 为砂砾石岩,厚40—106米,西厚东薄。 N_1^2 为砂质泥岩、粉砂岩含细砾石,其中有两层可采煤(下煤层顶板中曾发现剑齿象化石)。 N_1^2 的厚度也是西厚东薄。由于对煤层开采,其厚度十分清楚(图4a)。厚度等值线沿北西向分布,西侧厚60多米,东侧厚20多米。在北北西向等值线上有两条向东北伸出的侧枝。 N_1^3 地层为砾石层,地层经过剥蚀,剩下的厚度约80米,西薄东厚,其上为第四系不整合覆盖。残存的 N_1^3 厚度等值线(图4b)也可看到向东北伸出厚度加大的侧枝。

以上事实说明:1)松毛坡小煤矿 N_1^2 和 N_1^3 的沉积受北北西向的红河断裂控制。上述北东向的分叉具有

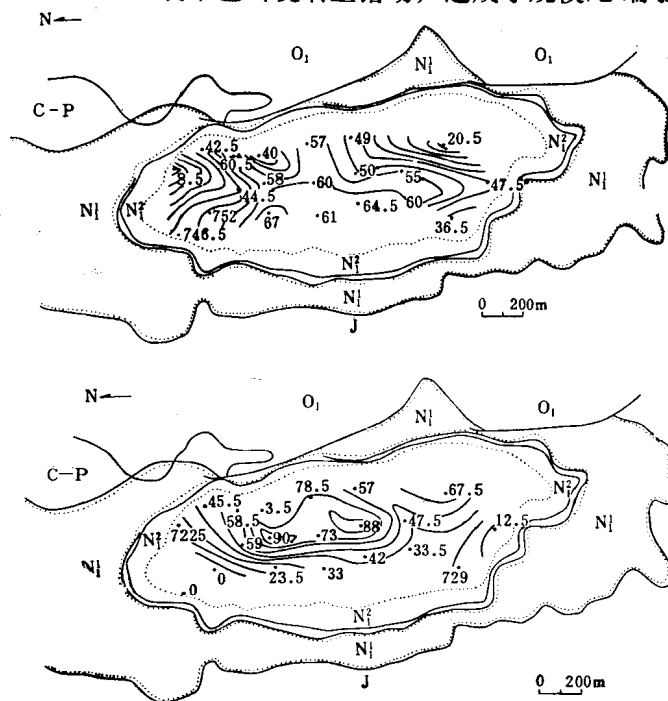


图4 松毛坡煤矿 N_1^2 (a)和 N_1^3 (b)地层厚度等值线图

Fig.4 Thickness isolines of N_1^2 (a) and N_1^3 (b) strata in Songmaopo mine.

断层的尾端扩张, 南部规模小, 北东向分枝长度不过200米, 北部规模大。3) 松毛坡 N_1^3 的厚度等值线说明在 N_1^3 至 Q 间, 红河断裂由东升西降变为西升东降。4) 韩竹君的资料证明北东向洱源鹤庆断层是由东北向西南扩展的。综上所述, 在松毛坡 N_1^3 煤盆已显示了右型错动, 在剑川侵入 N_1 和 N_2 的粗面岩脉仍表现为东西向挤压。说明在南部应力场转向(由东西向挤压变为东西拉伸)发生较早, 北部发生较晚。可以认为应力场转向发生在 N_1 至 Q 的时期内, 并且沿红河断裂由东南向西北发展的。但考虑到 Q 蛇山组地层在北部褶曲^(5,6)说明应力场的转换可能是多期的。

4. 其它说明伸展的资料

图5显示了1966—1986年间2级以上地震密度分布图。等值线数值表示在半径为5公里的圆中的地震数目。由图可见震中分布相当分散。但是, 滇西北地区5级以上地震主要分布在三角区的边缘, 或与第四纪盆地相符合。

本区大震的震源机制解(图6)表明本区 P 轴虽然以南北向为主, 但在滇西北伸展区东侧应力轴方向发生变化, 形成向三面放射状分布。显示了在这个小区内存在伸展应力场。

华北的盆地下面地幔隆起, 形成上凹下凸的地壳减薄结构模型。本区地壳并未减薄, 但是滇西北居里面⁽⁸⁾较浅(22—24公里)。孙洁等研究表明在剑川、鹤庆软流圈相对上隆¹⁾, 滕吉文、胡鸿翔^(9,10)证明此区在20—25公里深度上有低阻层。从地壳测深资料看, 滇西北洱源、下关、宾川等地在地壳厚度上虽与邻近地区无明显区别, 但是中下地壳相对薄些。这种在浅部伸展已较明显, 在地壳厚度上无明显反映的区域可能属于地幔被动型伸展区。上述事实提供了深部响应的一个证据, 深部的这种响应可能进一步促进浅部的伸展。

红河断裂带及滇西北地区断裂几何的分数维研究结果²⁾也为这种认识提供

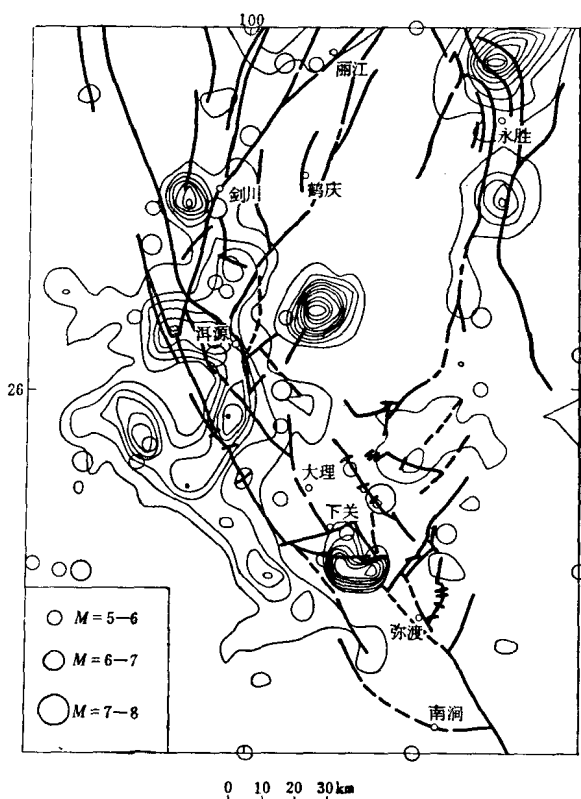


图5 滇西北震中密度等值线图

(等值线表示在半径为5公里的圆内1966—1986年2级以上地震的数目, 等值线由10至100)

Fig.5 The isoline of epicenter density.

(isolines indicate the number of earthquakes with magnitude ≥ 2 occurred in 1966—1986 with in a circle with radius of 5 km)

1) 孙洁等, 1988, 滇西地区地壳上地幔电性结构与地壳构造运动的关系, 地震地质, 待刊。

2) 金邓辉、马瑾, 1988, 红河断裂带的断层几何特征及其与地震活动的关系, 第二届构造物理学学术讨论会文集(待出版)。

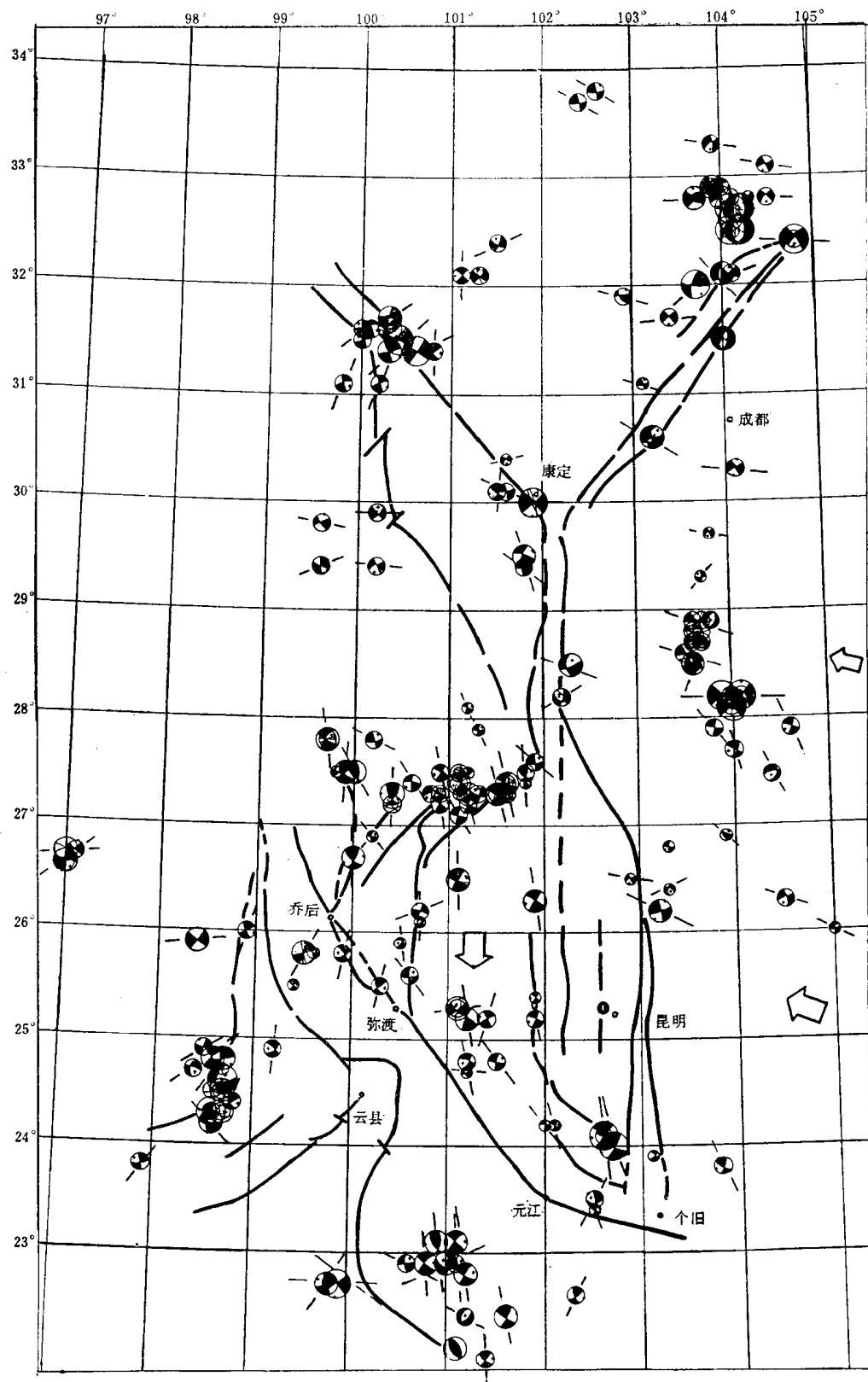


图6 川滇地区地震震源机制解⁽⁷⁾

Fig.6 Focal mechanism of earthquakes in Sichuan-Yunnan zone.

了旁证资料。红河断裂带分三段。其中,中段和南段断裂几何较简单,分维数 D 分别为1.31和1.33。北段较复杂, D 值为1.62。这个事实说明北段和中段、南段不属于同一个自相似系统,北段的断层系已改造了原有红河断裂带的几何结构。进一步对断裂西北段(滇西北)1:50万的卫片进行分析,分别统计了北东向与北西向不同序次断裂的长度与数量关系,发现它们十分接近。由这个关系求得北东向与北西向断层组的分维数 D 分别为1.38和1.39。这进一步揭示了滇西北地区这两组主要的断裂系有共同的成因。以上事实从一个侧面揭示在红河断裂带形成后其西北段又有新的变形叠加上去。推测这种能使两个方向断裂系发育程度均等的变形是伸展变形。

综上所述,我们推测红河断裂带西北段是在老的断裂基础上叠加了伸展作用的新活动区。从松毛坡煤矿的资料和岩墙资料分析伸展作用开始于 N_2^1 阶段,并持续到现在。沿红河断裂带的伸展是由东南向西北扩展的,沿北东向断裂系的伸展是由东北向西南扩展的。目前伸展较强烈的区域在东北角程海和西南角的洱海。引起伸展的原因应与川滇菱形块体向东南的移动以及滇西北地区地热升高有关。

三、与鲜水河断裂带的比较及讨论

1. 从区域构造变形条件出发,西南地区的构造变形和演化显然不能脱离印度板块的插入。鲜水河断裂带位于川滇菱形块体北部边缘,印度板块和欧亚板块缝合线前方高应力区。主应力为北东向,断层呈左型错动。滇西北位于川滇菱形块体西南边缘的钝角区。断层错动方向反映了近南北向的主压应力。前已述及,这个地区的主压应力在E至Q间曾发生了由东西向南北的转向。造成应力轨迹指向东南的原因不能不从青藏高原隆起造成的重力作用下的物质流动分析^[1]。对鲜水河断裂带来说,板块插入应力与重力蠕散力在该区是叠加的,故可造成强烈的变形和较高的应变速率。对红河断裂带来说,二者的应力方向不一致,重力作用是主导的,插入的侧向作用是次要的,因此应力强度低得多,应变速率相对也较低。

2. 鲜水河断裂带附近地壳厚60公里,在上延10公里的重力异常图上断层有反映,在上延40公里的重力异常图上无反映,说明断层切过中上地壳¹⁾。断层也斜切地壳厚度等值线,并穿过居里面较深的区域和较浅的区域,仍保持左型错动的性质。地震震中沿断层线分布,震源深度为15—30公里,东南段深,西北段浅。200多年来地震由东南段向西北段周期性地迁移了5次,反映了较浅部脆性预存剪切断层周期性的失稳错动和不同段落变形的协调²⁾。断层剪切错动显然主要与区域变形驱动力有关。居里面的深浅,温度场的影响在断层变形中未起明显的作用。滇西北伸展区地壳厚40多公里,断层在地壳厚度等值线上无明显反映。伸展区位于居里面浅区。除区域边界上地震强度和震源深度较大外,区内地震震源深度浅(<10公里)震级较小(4—6级),并与小型拉张盆地有关。除边界断层上可有较大正应力外,区内断层上正应力较小,说明可能发生的震级较小。

3. 从断层几何分析,鲜水河断裂带比较平直,断层分维数 D 为1.08—1.2;这不仅远低于红河断裂带北段(1.62),也远低于红河断裂带(1.31—1.33)。这可能与断层的力学性质有

1) 殷秀华等,1987,炉霍—西昌—嵩明断裂带的重磁场特征及其与地震关系的研究,炉霍—西昌—嵩明地震构造带。

2) 马瑾等,1988,鲜水河断裂带断层几何与地震活动性,第二届构造物理学术讨论会。

关。剪切型断层较平直,分维数应较低。张性和张剪性断层一般较复杂,分维数应较高。因此,从鲜水河断裂带与滇西北断层几何特征分析,前者为剪切变形区,后者为伸展变形区。

4. 实验证明,地震震级与断层失稳错动位移量有关,而后者既是断层面几何与介质性质的函数,又是围压或断层面正应力,以及温度的函数。在相同的深度条件下,红河断裂带由于派生了引张作用,减小了断层上的正应力,区域温度又高,震级应小些。

综上所述,两区构造变形条件存在着差异,滇西北是伸展变形区,鲜水河是剪切变形区。由此决定了地区断层几何、环境条件的差异。这些差异以及介质的差异造成了地震活动性的不同。

在本文工作期间,作者先后得到了邢全友,宿俭,皇甫岗,金邓辉,雷兴林,马胜利等同志的帮助,并和虢顺民,李祥根,冉永康等同志进行了有益的讨论,在此一并致谢。

(1988年7月收到)

参 考 文 献

- [1] 虢顺民, 1984, 云南红河断裂带北段断裂位错与地震重复率初步研究, 地震地质, 6卷, 1期。
- [2] 四川省地震局, 1985, 鲜水河断裂带地震学术讨论会文集, 地震出版社。
- [3] 邢全友、马瑾, 1985, 云南大理地区地震构造条件的力学分析, 地震研究, 8卷, 2期。
- [4] 吴大宁、邓起东, 1985, 滇西北裂陷区的基本特征及其形成机制, 现代地壳运动研究, 1, 地震出版社。
- [5] 赵国光, 1985, 滇西北大理、丽江地区新生代地层及构造的初步观查, 地质论评, 23卷, 5期。
- [6] 冉永康、李祥根, 1987, 滇西北新构造运动应力场变化特征的探讨, 西北地震学报, 9卷, 3期。
- [7] 阙荣举, 1982, 中国西南地区现代构造应力场与板内断裂相对运动, 地震地质, 5卷, 2期。
- [8] 申宁华, 1987, 用康滇大陆古裂谷带地区航磁异常计算居里面深度, 地球物理学报, 29卷, 5期。
- [9] 滕吉文, 1987, 攀枝花-西昌古断裂谷与“活化”的地球物理特征, 地球物理学报, 30卷, 6期。
- [10] 胡鸿祥等, 1986, 滇西地区地壳结构的爆破地震研究, 地球物理学报, 29卷, 2期。
- [11] 周玖、黄修武, 1980, 在重力作用下的我国西南地区地壳物质流, 地震地质, 2卷, 4期。

A COMPARISON BETWEEN XIANSHUIHE FAULT ZONE AND NORTHWEST YUNNAN PROVINCE IN SEISMOGENIC CONDITION

Ma Jin

(Institute of Geology, State Seismological Bureau, Beijing, China)

Abstract

The seismogenic condition of northwest Yunan Province has been analysed and compared with that of Xianshuihe fault zone:

1. Xianshuihe fault zone is a shear zone during the movement of Chuan Dian rhombic block, suffering from greater normal stress σ_n , while northwest Yunan is an extensional shear area subjected to smaller normal stress σ_n .

2. The joint action of tectonic driving force and the gravitative creeping force caused intensive deformation with higher strain rate along Xianshuihe fault, while the counteraction led up to a medium deformation with lower strain rate in northwest Yunan

3. Depth of Xianshuihe fault downs to 15—30 km and paracyclic stick slip events occurred along the brittle preexisting fault. Depth of faults in northwest Yunan downs to 20 km on the margin and 5—10 km within the area. The events occurred during extension of the area.

4. Xianshuihe fault zone is of simple fault geometry, $D_f=1.08-1.2$. Northwest Yunan is a complex extensional shear system, $D_f=1.56$.

5. Physical environment in hypocenter depth of Xianshuihe fault is high confining pressure and medium temperature, while that of northwest Yunan is low confining pressure and medium temperature.

Key words: Seismogenic condition, Extensional structure,

Fractal dimension, Shear fault

中国东部地学大断面的编制和研究

中国东部地学大断面的编制和研究是中国岩石圈计划全国委员会协调的中国地学大断面项目的一部分,同时也是国际岩石圈计划八十年代后五年的重要课题——全球地学断面计划(Global Geoscience Transects 简称GGT)的一个组成部分。八十年代中期,国际岩石圈委员会总结北美洲大陆——海洋断面计划执行十年后的经验为基础,拟定出全球地学断面计划。目的是以统一的格式来编制分布在全球各关键部位的200多条断面(最后落实为130余条断面),提供大洋到大陆过渡带、大陆地壳和岩石圈的形成和动力学演化模式,并进行对比。通过综合研究来了解全球不同地质单元的岩石圈结构、成因和动力学模式。中国岩石圈计划全国委员会十分重视这一国际性的最新地学前沿课题,成立了由地矿部、国家地震局、中国科学院和石油部代表组成的中国GGT协调组。拟定在全国范围内编制十一条一级地学大断面。国家地震局主要负责六条断面。组织了本系统的地质研究所、郑州物探队、地球物理研究所、辽宁省地震局、云南省地震局、兰州地震所、江苏省地震局和山东省地震局等单位共130余人参加此项工作。

我所组织了50余位科技人员,承担其中四条断面的地质、地球化学方面的研究,全部六条断面的古地磁、深源岩石学研究和图件清绘工作。部分大地电磁测深、重力、地磁、地热的研究。

GGT的主要目标是要形成解释性的地学断面,一般延伸到地壳底界或更深。通过综合编辑一切已有的地质、地球化学和地球物理资料,编制出宽100公里的条带地质图;重力和地磁带状图;地质、地震测深、重力、地磁、大地热流等剖面图,以及地质时-空演化图等。最终形成解释性的地壳垂直构造图来展示地壳的原岩分布、组成、构造接触面的性质以及产生变形、变质作用和侵入作用的影响,说明沿断面线的地球岩石圈的演化。断面线力求跨越区域主要的地壳单元和重要边界。强调邀请区域地质专家参加,以提高资料的质量和有效性,并共同分享这项全球地学前沿课题的成果。

我所1986年开始酝酿,1987年试编诸城—托克托—白云鄂博断面。该断面草图在当年9月份于苏联伊尔库茨克召开的国际岩石圈委员会GGT协调组工作会议上进行展示。受到有关专家的重视。并在当年11月于武汉召开的国家地震局地学大断面工作会议上展示,作为地震局系统深入进行地学断面计划的讨论基础。

本所承担参加的地学断面均分布在中国东部,穿切了中国东部主要的地质单元及其边界,它们是:

1. 江苏响水—内蒙满都拉断面。
2. 上海奉贤—宁夏阿拉善左旗断面。
3. 福建宁德—青海门源断面。
4. 内蒙喀喇沁旗—湖北随州断面。

另外,地震局系统的其它两条断面分别是辽宁丹东—东乌珠穆沁旗断面和云南境内的西南断面。

地学大断面的综合编制和研究,打破了地学各学科之间相对封闭的研究状况。找到了在全球性统一科学思路的指导下,不同学科之间相互渗透结合协调的研究途径。中国东部地学大断面跨越了东部的主要地质构造单元。从编制和研究的初步认识看,华北地台周缘可能存在不同时代的古缝合线或碰撞带和不同类型的古地体。各个主要构造地质单元均存在有地壳结构、基底、盖层、岩石学、地球化学以及各种地球物理性质的明显差异。预计本项工作的最终完成,将对华北地台以至中国东部的地壳岩石圈结构、组成、演化及其动力学过程,提出一些新的认识。为提高我国基础地质研究水平,并为寻找资源和减轻地质灾害服务。

(杨主恩)

THE COMPILATION AND STUDY OF THE GEOSCIENCE IN
EASTERN CHINA

