

# 云南剑川近场横波特征及其 与构造的关系\*

雷军<sup>1)</sup> 王培德<sup>2)</sup> 姚陈<sup>1)</sup> 陈运泰<sup>2)</sup>

1) 国家地震局地质研究所, 北京 100029

2) 国家地震局地球物理研究所, 北京 100081

## 摘 要

通过对1982年7月3日云南剑川 $M_s 5.4$ 级地震的余震震群近场记录的研究,为该地区存在横波分裂现象及上部地壳存在裂隙各向异性提供了直接的证据。剑川地区地震记录波形复杂,纵、横波视周期差异较大。横波快波偏振主要集中在 $NE45^\circ$ 和 $NW55^\circ$ 两个方向。7月20日 $M_s 4.8$ 级强余震前后横波快波偏振取向变化显著,各台横波偏振方向震前彼此相对独立,震后整体上趋于有序。前者反映了地震发生前由于震源区应力集中在附近空间形成的应力分布的差异;后者显示出地震发生后由于震源区集中应力的释放带来的上述应力差异在一定空间范围的解除。该结果表明震源附近地区地震横波分裂特征不仅携带着地震处于相对平静期应力场的静态信息,而且也携带着地震发生前后应力场时、空动态变化的重要信息。文中还讨论了剑川地区构造对S波分裂的影响。

**关键词** 横波分裂,近场区应力场,云南剑川。

## 1 引 言

横波分裂是裂隙各向异性介质中地震体波最显著的特征<sup>[1,2]</sup>,华北地区的地震记录中已相继发现了横波分裂现象<sup>[3-5]</sup>,并由此获得这些地区上地壳介质存在裂隙各向异性的证据。西南地区是我国地震活动最频繁的地区之一,也普遍存在横波分裂现象<sup>[6,7]</sup>。1982年7月3日,云南剑川发生了 $M_s 5.4$ 级地震。随后,国家地震局地球物理研究所强地面运动组在剑川设置了小孔径余震观测台网,共获得包括7月20日 $M_s 4.8$ 级强余震在内的650条地震记录。本文对其中202条地震记录的波形特征和横波分裂现象进行了研究,获得了160条记录的偏振测量值,并在此基础上对横波快波偏振时、空分布特征和形成机制及其与构造的关系进行了探讨。

\* 地震科学联合基金资助的课题。

1997年7月31日收到修改稿。

## 2 云南剑川地震记录特征

### 2.1 地震分布及台站、台基情况

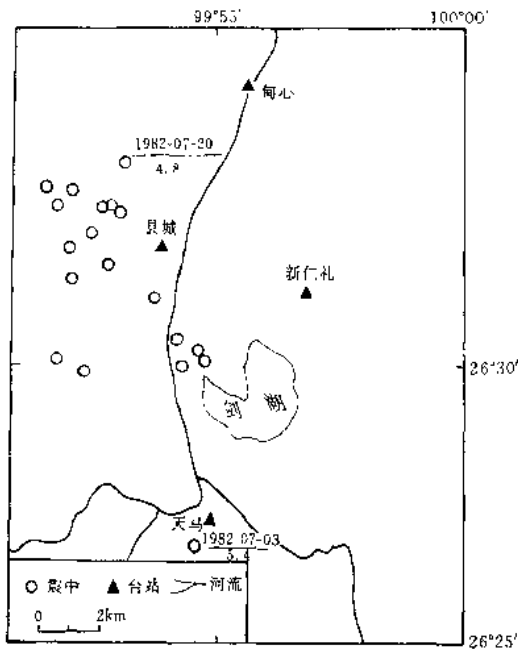


图1 剑川主震和定位余震及台站位置  
(据文献[8]增删)

余震小孔径观测台网设置在剑川县城周围 9km 半径范围内,由县城台、旬心台、天马台和新仁礼台组成,各台站配置 DCS-302 三分向数字地震仪。在所有 650 条地震记录中有足够到时数据可以进行精确定位的地震 18 个,其震源深度为 5.4—8.3km。剑川  $M_s$  5.4 级主震和 18 个定位余震及其台站位置见图 1<sup>[8]</sup>。表 1 是 18 个地震的参数,表 2 是各台站台基的基本情况<sup>[8]</sup>。县城台台基是较坚硬的粗面岩,其余各台均处于厚度不等的沉积层上,台基的不同形成了各台站地震记录的较大差异。

### 2.2 不同台站地震记录特征

县城台基本处于余震群 18 个已定位地震的包围之中(图 1),图 2 是县城台的地震记录,图中 Z 和 F、S 分别表示垂直分量和快、慢横波分量(下同)。其波

表1 18个已定位地震的参数<sup>[8]</sup>

序号	发震时刻	震级 $M_s$	震源位置		深度 km	椭圆方差	
			北纬( $^{\circ}$ )	东经( $^{\circ}$ )		水平	垂直
1	1982-07-09-22:44:12.75	3.6	26-30.49	99-54.18	6.01	0.14	0.66
2	1982-07-10-09:56:59.38	1.9	26-33.20	99-51.65	8.08	0.31	0.95
3	1982-07-11-15:20:15.30	2.1	26-31.32	99-52.09	6.80	0.24	0.85
4	1982-07-13-11:36:25.23	2.2	26-31.25	99-53.76	6.09	0.22	0.86
5	1982-07-18-16:47:00.72	2.2	26-30.04	99-51.94	7.59	0.27	0.92
6	1982-07-18-21:13:46.73	3.0	26-32.91	99-52.73	6.61	0.26	0.69
7	1982-07-18-22:17:17.93	2.2	26-33.13	99-52.03	6.17	0.26	0.70
8	1982-07-19-10:56:59.93	3.2	26-32.80	99-52.91	0.63	0.26	0.69
9	1982-07-19-11:22:46.71	2.3	26-32.98	99-51.95	6.73	0.27	0.74
10	1982-07-20-15:12:49.38	4.8	26-33.66	99-53.25	5.99	0.26	0.65
11	1982-07-24-02:50:20.44	2.0	26-32.39	99-52.51	7.32	0.26	0.71
12	1982-07-26-10:31:19.48	2.7	26-29.93	99-52.50	6.45	0.25	0.73
13	1982-08-03-19:23:33.00	3.1	26-32.89	99-52.82	6.60	0.36	0.69
14	1982-08-04-06:53:08.88	2.7	26-31.71	99-52.86	7.33	0.42	0.70
15	1982-08-05-12:22:22.31	3.4	26-30.36	99-54.29	5.42	0.18	0.50
16	1982-08-05-12:59:45.76	2.1	26-30.29	99-54.82	6.72	0.22	0.90
17	1982-08-06-01:43:10.69	2.1	26-32.62	99-52.10	8.35	0.29	0.91
18	1982-08-06-07:43:57.23	2.6	26-29.87	99-54.49	6.70	0.22	0.90

形特征是直达 P 波和直达 S 波初动清晰，视周期接近，直达 P 波后的尾波较弱，水平分量上到时落后于直达 P 波的小振幅波动可能是台站浅表层的 PS 转换波。

甸心台、新仁礼台分别位于定位震群的北东方向和正东方向，其地震记录特征较为接近(图 3, 4)。垂直分量上直达 P 波

表2 台站台基基本情况<sup>[4]</sup>

台 站	代 号	场地条件
县城台	XC	粗岩面(岩洞)
甸心台	DX	较薄的沉积层
新仁礼台	XRL	沉积层
天马台	TM	沉积层

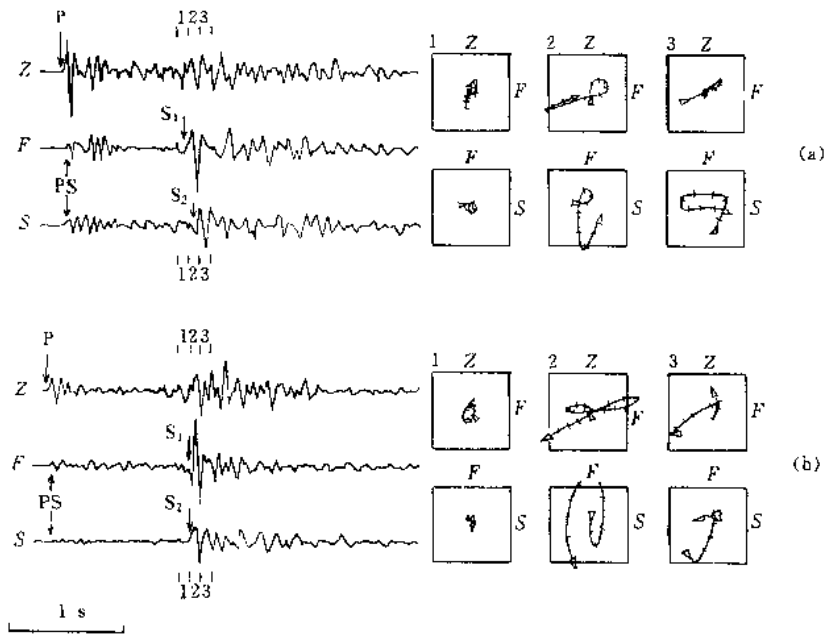


图2 县城台(XC)地震记录

(a) 1982年7月8日2时59分,  $M_L$  3.1级; (b) 1982年7月9日6时57分,  $M_L$  2.7级。

尾波明显，两水平分量上的 PS 转换波震相不发育。直达 P 波的视周期和直达 S 波的视周期显著不同，后者往往是前者的 2—3 倍。仅从 S 波视周期及质点运动轨迹来看，其波动类似于勒夫波的振动，而且在它们的台基下确实是速度较低的沉积盖层，具有产生勒夫波或其他面波的条件；但通过对其频谱特性的详细分析，未发现明显的频散现象，排除了它是面波的可能<sup>[8]</sup>。

天马台位于定位震群的南部，从图 5 天马台地震记录可以看到其特征是：垂直分量上直达 P 波后出现较为稳定的大振幅混响波，相应时间水平分量上的振动较弱，它与 1989 年 10 月山西大同  $M_L$  6.1 级地震后友幸台记录到的发生在盆地边缘沉积层上的近场余震记录很类似，但对两个地区的记录进行对比分析后，发现它们在形成机制上是完全不同的。大同余震中友幸台记录的直达 P 波后续震相与直达 P 波的到时差相对稳定，与地震波在盆地内的聚焦现象有关<sup>[4]</sup>；而天马台记录中直达 P 波后续波出现的时间与直达 P 波到时没有固定的关系，却与水平分量上直达 S 波的时间间隔稳定，出现在直达 S 波前的 0.9s，因而

它更可能是来自地表下某一界面(大约深 5km)的转换 SP 波. 天马台记录水平分量上 PS 转换波振幅较小, 直达 P 波、S 波视周期较为接近.

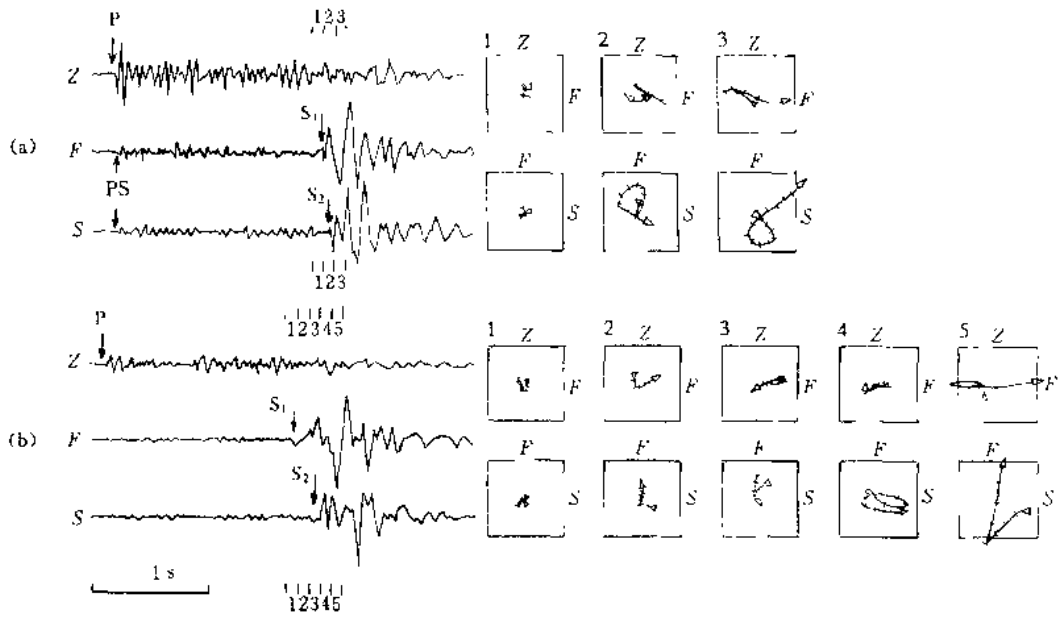


图3 伺心(DX)台地震记录

(a) 1982年7月13日11时36分,  $M_L$  2.2级; (b) 1982年8月3日19时23分,  $M_L$  3.1级.

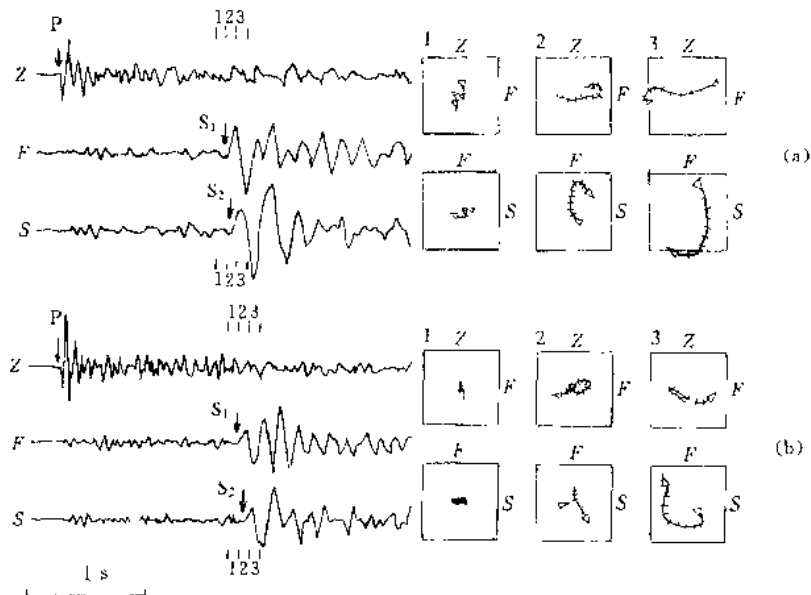


图4 新仁礼台(XRL)地震记录

(a) 1982年8月5日8时22分,  $M_L$  2.3级; (b) 1982年8月3日14时10分,  $M_L$  2.1级.

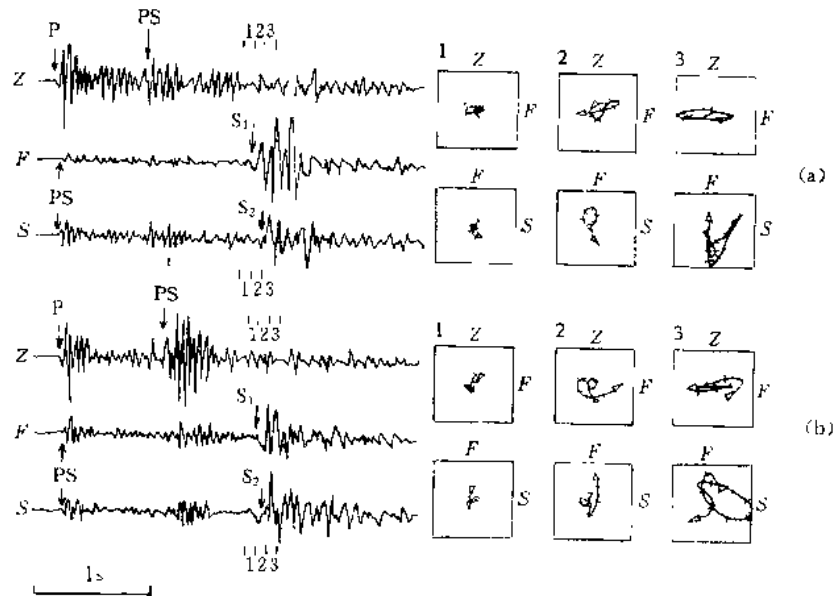


图5 天马台(TM)地震记录

(a) 1982年7月5日 18时52分,  $M: 2.2$ 级. (b) 1982年8月5日 14时16分,  $M: 2.4$ 级.

各台站地震记录特征的差异与台基条件有关. 县城台基底坚硬, S波、P波视周期一致. 据观测者介绍, 由于工作条件十分艰苦, 新仁礼台和甸心台的拾震器不得不放在相当软弱的沉积层上, 这可能是形成S波和P波视周期较大差异最直接的原因, 反映了局部介质对S波高频成分的强烈吸收; 天马台同处于沉积层上, 但局部场地较硬, 未见S波与P波视周期的明显差异. 另外, 剑川地震记录上PS转换波不发育, 其原因可能是沉积层介质的泊松比与基岩不同.

### 3 云南剑川地震横波分裂特征

尽管不同岩性台基上的波形特征存在较大差异, 但横波窗内各台记录上的直达横波都存在明显的分裂现象, 这表明剑川地区上部地壳存在裂隙各向异性. 县城台靠近余震震群中央, 已定位地震大部分在横波窗内, 其他各台已定位的记录处于横波窗内的较少, 为弥补定位记录数量的不足, 对一些可能落在横波窗内, 只因同时有记录的台站数量不足而未能定位的地震也作了分析. 这些记录的特点是: 垂直分量的P波初动尖锐, 且在水平分量上的投影较小, 同时直达横波的初至清晰, 它们与确认为横波窗内的地震记录的波形特征及偏振特征基本一致. 前面各图中的许多地震都是这类记录. 对以上记录的分析表明, 县城台S波优势频率较高, 横波分裂明显; 其他各台, 即使在S波优势频率相对较低的记录上, 横波分裂现象仍然易于辨认.

对160个横波快波偏振方位测量值(其中县城台79个、甸心台24个、新仁礼34个和天马台23个)进行统计发现, 县城台不同传播方向(方位变化近 $180^\circ$ )的大部分地震, 横波

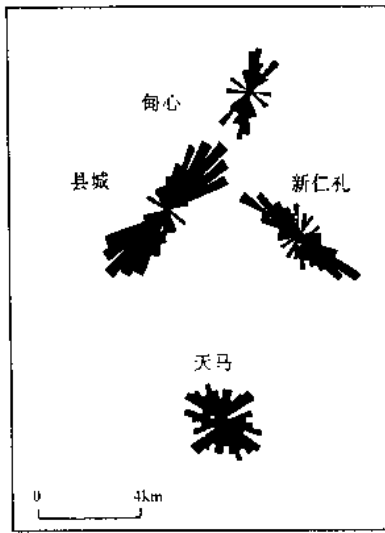


图6 剑川 $M_{4.8}$ 级强余震横波快波偏振分布玫瑰图

快波偏振具有 $NE45^\circ$ 的优势取向,旬心台和新仁礼台直达横波初至的偏振也具有各自的优势方向,分别为 $NE15^\circ$ 和 $NW55^\circ$ ,唯一例外的是天马台快波偏振不具有单一的优势方向.图6是各台横波快波偏振分布玫瑰图,每一玫瑰图的中心处于各台的位置,其指向表示横波快波偏振的方向.各玫瑰图是对横波偏振方向以每 $10^\circ$ 为单位进行统计得到的.

#### 4 横波快波偏振优势取向与构造的关系

由于剑川余震小孔径观测台网中不同地震的传播方位相对每一台站的变化范围较大,同时台基情况各异,因此理论上很难将县城台、旬心台和新仁礼台地震横波快波偏振所具有的优势取向归结为地表沉积盖层对地震波的散射效应或震源的激发效应.它可以用与快波偏振优势取向相一致的直立或近似

直立的定向排列裂隙对横波的传播作用来解释<sup>[11]</sup>.

图6所示的横波快波偏振图案与我国其他地区的情况相比具有两个不同的特殊现象,即在较小的空间范围(直径约6km)内,新仁礼台横波快波偏振呈NW向与县城台、旬心台横波快波偏振呈NE向之间的较大差异,类似情况国外有过报道<sup>[9]</sup>;以及天马台横波快波偏振无明显优势取向的现象.通常,在构造较为简单的地区上述现象是不可能的.为确保资料的可靠性,作者将本研究中所引用的各台站资料与文献[10]中所载原始资料进行了核对,排除了资料出错的可能.为了解释上述现象产生的可能原因,我们搜集了剑川地区及滇西北地区地震、地质构造的有关资料,着重分析了剑川构造可能对S波分裂的影响.

剑川盆地位于滇西北地区中甸—剑川—大理地震带中段,是这一带多组活动断裂的交汇部位,新构造运动复杂<sup>[11]</sup>,与本研究有关的主要构造和断裂示于图7<sup>[12,13]</sup>.剑川盆地及其邻近地区有NNE向、NE向、NW向和NWW向多条规模不等、运动方式不同的断裂和断裂交汇,地震频繁.1982年7月3日剑川 $M_{5.4}$ 级地震主要受剑川断裂( $F_1$ )控制,其主断裂走向为 $NE34^\circ$ ,倾角 $70^\circ$ .野外地质资料表明剑川断裂曾在不同时期以不同方式有过多期(次)活动,新生代以来尤为明显<sup>[11]</sup>.剑川断裂东侧甸尾附近第四系冲积砂砾中发现走向为 $NE15^\circ$ — $30^\circ$ 的压性断裂,江尾村南可见长5m,宽5—8cm,总体走向为 $NW25^\circ$ — $30^\circ$ 的地裂缝<sup>[11]</sup>.剑川双河煤矿发育一套平行排列的粗面斑岩岩墙,长8—9km,含煤地层中岩墙排列方向性很好,走向呈 $NW70^\circ$ <sup>[14]</sup>.剑川盆地海东、甸南等处的砂、粘土层中也有许多NW—NNE向的正断层发育,江长门、龙门邑等地的上第三系和第四系地层中也有NW—NNE向断层<sup>[15]</sup>.另一方面,从已往地震的震源机制及烈度等震线展布方向可以看到,即使相距较近的地震也受着不同方向断裂的控制.例如,1982年7月3日和1982年10月8日发生在剑川盆地内相距不到25km的两次5级以上地震的等震线长轴走向相差 $40^\circ$ 以上(图8<sup>[16]</sup>);1982年7月3日 $M_{5.4}$ 级地震的震源机制<sup>[11]</sup>及其余震群的震源机制<sup>[8]</sup>也有较大差异(图9a, b).

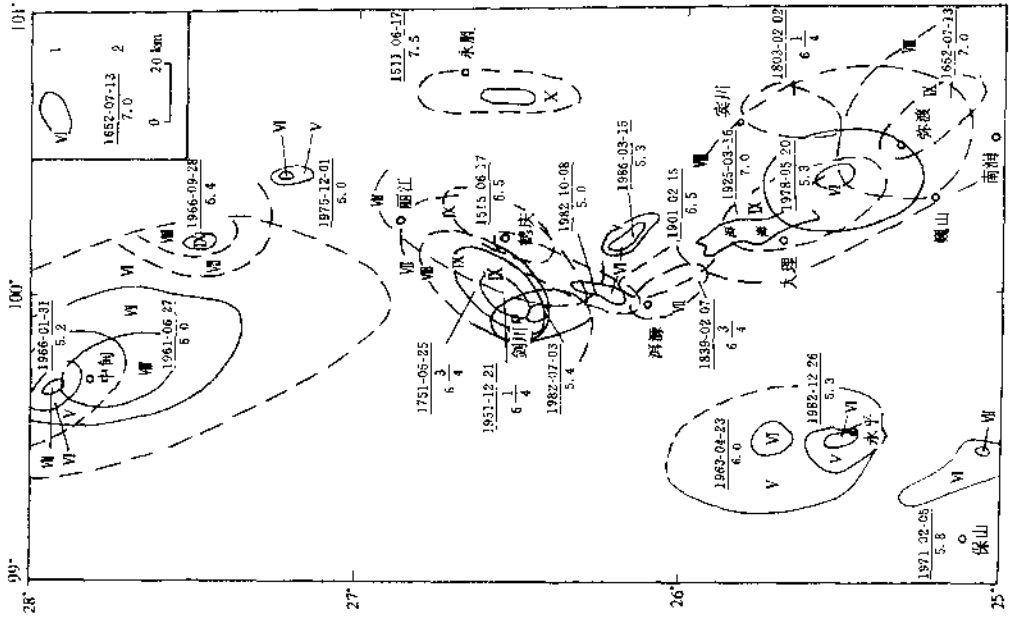


图8 剑川及滇西北地区地震等震线综合图(据文献[6]修改)  
 1. 地震烈度线; 2. 横线上为地震发生时间, 其下为地震震级.

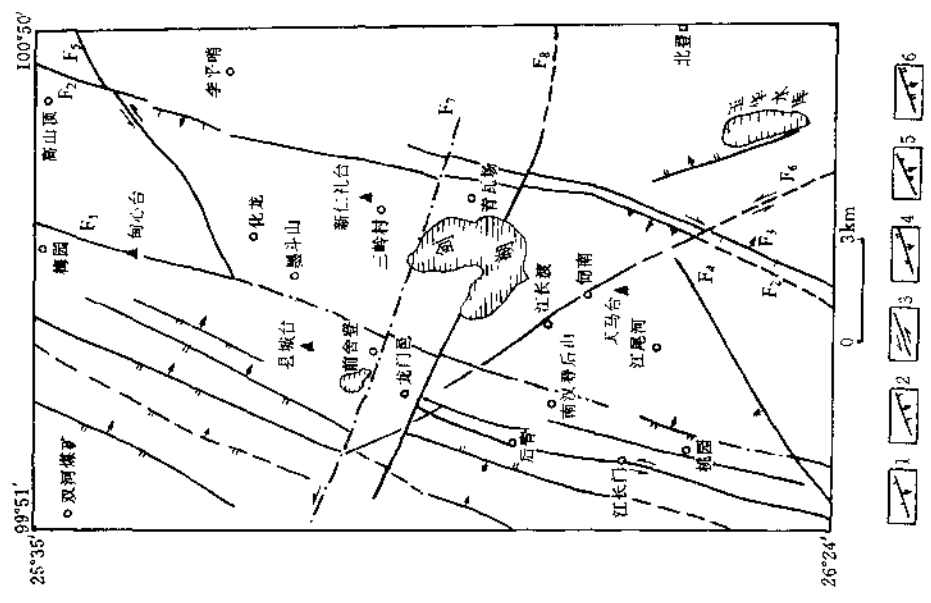


图7 云南剑川断裂构造略图(据文献[12]删减)  
 1. 逆冲或逆掩断层; 2. 张性断层; 3. 平移断层; 4. 压扭性逆平移断层;  
 5. 压扭性正平移断层; 6. 张扭性正平移断层; F<sub>1</sub>, F<sub>2</sub>等为断裂编号.

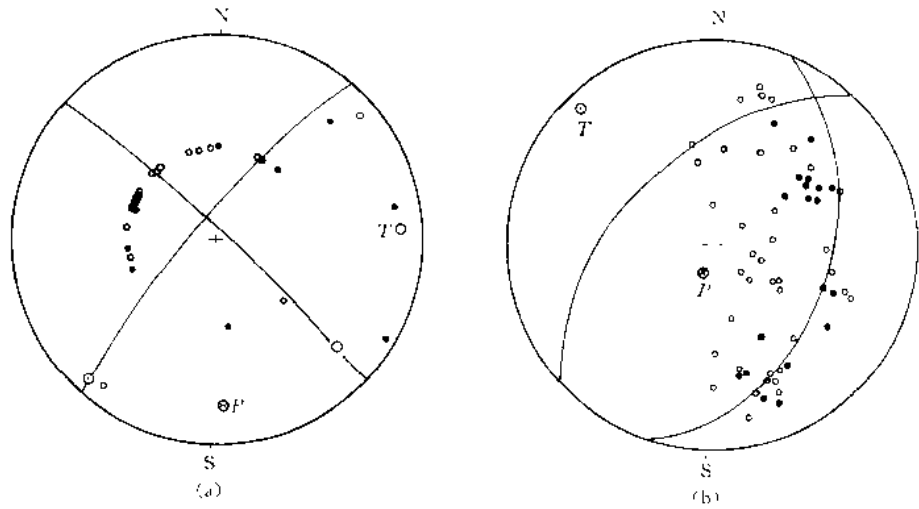


图9 1982年云南剑川地震的震源机制

(a) 7月3日16时13分 $M_15.4$ 级主震<sup>[11]</sup>; (b) 7月20日15时12分 $M_14.8$ 级强余震<sup>[11]</sup>。

由上所述,剑川盆地同时存在 NE、NW、NNE 和 NWW 向多条规模不等运动方式不一的断裂及断裂交汇,必将造成盆地内部及周围地区裂隙展布的复杂形态。县城台、甸心台、新仁礼台和天马台横波快波偏振取向的较大差异应是这种复杂形态的反映。县城台、甸心台横波快波偏振优势取向大致相同,表明它们处于相近的断裂控制区。事实上,如图 7 所示,它们同处于 NE 向的剑川断裂( $F_1$ )附近,其横波快波偏振优势取向也与剑川断裂的走向接近,说明县城台、甸心台附近区域的裂隙主要受剑川断裂的控制;新仁礼台与上述两台横波快波偏振优势取向相差近  $80^\circ$ ,处在另一个不同的断裂控制区。新仁礼台附近 NWW 向( $F_7, F_8$ )断裂横切了所有的 NNE 向断裂,表明其活动时间最晚,由于 18 个已定位地震就在这组断裂与 NNE 向断裂交汇部位的附近,因此它们与该地震群关系密切,很可能就是发震断裂的一部分。新仁礼台快波偏振优势取向与  $F_7, F_8$  两条断裂的走向平行,表明其台基下方的裂隙分布受这两条断裂控制;天马台横波快波偏振没有明显的优势取向,但细致分辨会发现其偏振取向并不是均匀分布的,主要集中在 NW 和 NE 两个方向,这正好与天马台附近 NW 向( $F_6$ )、NE 向( $F_1$ )及 NNE 向( $F_2, F_3$ )的多条断裂交汇的现象吻合。另外,剑川  $M_15.4$  级主震的区域台网定位震中也在天马台的附近。

由于横波快波偏振方向代表了其传播路径上介质裂隙的优势取向,因此,上述分析显示断裂附近岩层中裂隙的排列方向与断裂的走向基本一致。

## 5 横波快波偏振方向随地震时间序列的变化

进一步分析横波快波偏振方向的时间序列,发现伴随地震的发生快波偏振方向的变化十分明显,并且这种变化在各台之间具有时间上的同步性和空间上的相关性,显示出地震发生前后应力场在源区附近一定空间范围重新调整的动态过程。由图 10 可见剑川余震群横波快波偏振方向在  $M_14.8$  级最大余震发生前后的变化,这一现象在我国及国外其他地区也曾见到<sup>[17, 18]</sup>。所不同的是,剑川地震各台站之间横波快波偏振方向的变化具有显



著的内在联系。横波快波偏振的取向,在  $M_14.8$  级地震发生前(图 10a)县城台为  $NE55^\circ$ , 甸心台为  $NE5^\circ$ , 新仁礼台为  $NW30^\circ$  左右,彼此之间似乎没有明显的关联。但  $M_14.8$  级地震发生后(图 10b),县城台与甸心台横波快波偏振优势取向趋于一致,为  $NE35^\circ$ , 新仁礼台为  $NW55^\circ$ 。横波快波偏振优势取向震后整体图像在空间上趋于有序。根据横波在裂隙介质作用下产生分裂的内在物理机制,可以知道这种变化图像与应力场控制下介质裂隙取向的变化是一致的。

按 EDA 介质假定,裂隙的形态(密度、纵横比等)和排列方向与应力的方向和大小有关,裂隙的排列方向随主应力的方向而变,通常它们总是与最小主压应力方向垂直。一个地区裂隙方位的平均值应与该地区应力场最大主压应力方向一致,而各个局部的裂隙形态主要与该局部应力的方向和大小有关。这样,地震发生前后应力场在局部或整体上的调整、变化都必然引起介质裂隙形态及空间分布的改变。对于震群中的  $M_14.8$  级最大余震,其发生前(图 10a),各台站横波偏振取向彼此相对独立,反映了地震发生前由于源区应力集中引起的应力空间分布的差异;其发生后(图 10b),各台站横波偏振取向在空间上呈现相对有序,显示出地震发生后应力释放带来的某种程度的局部应力空间分布差异的解除。在  $M_14.8$  级地震震源附近的上述过程中,其应力释放所引起的横波快波偏振优势取向的空间变化犹如一幅动态的“弹性回跳”图。由此我们看到来源于震源及其附近地区的分裂横波不仅携带着地震处于相对平静期应力场的静态信息,而且也携带了地震孕育、发生和发展过程中应力场变化的动态信息。

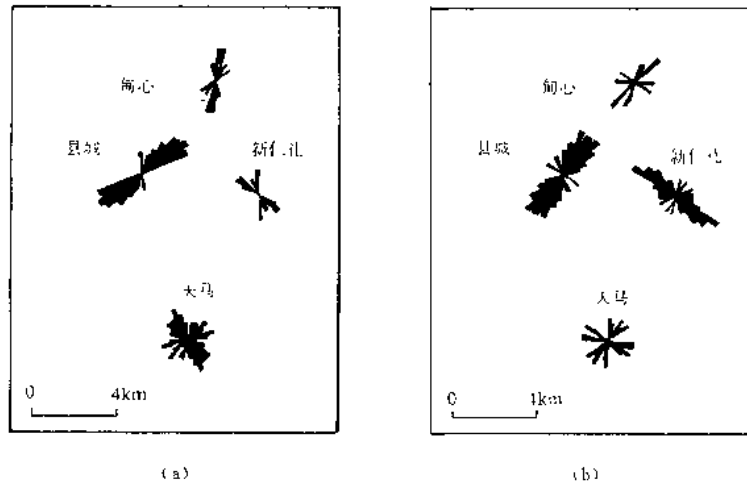


图 10 1982年7月20日15时12分  $M_14.8$  级强余震前(a)和强余震后(b)横波快波偏振随时间变化的玫瑰图

## 6 结 论

6.1 对 1982 年 7 月 3 日云南剑川地区  $M_5.4$  级地震余震震群近场记录的研究以及该地区其他有关研究,都显示剑川地区同华北地区一样存在横波分裂现象,其上部地壳存在裂隙

各向异性。

**6.2** 剑川地区地震记录波形复杂,除县城台与天马台纵、横波视周期较为接近外,甸心台与新仁礼台纵、横波视周期差异较大,产生这种差异的主要原因可能是台站基底较软弱的沉积层对横波高频成分的强烈吸收。其结果是否会引起横波快、慢波初动畸变进而改变横波快、慢偏振特征有待进一步研究。

**6.3** 剑川地区地质构造复杂,同时存在 NE、NW、NNE 和 NWW 向多条规模不等运动方式不一的断裂及断裂交汇,从而造成盆地内部及周围地区裂隙分布形态的较大差异。这是形成剑川地区横波快波偏振空间取向集中分布在  $NE45^\circ$  和  $NW55^\circ$  两个方向,而不同于我国其他地区横波快波偏振单一取向的主要原因。

**6.4** 1982 年 7 月 20 日  $M_L4.8$  级地震前后横波快波偏振方向随时间发生显著变化,各台横波快波偏振取向由震前彼此的相对独立到震后整体上的相对有序,反映了地震发生前由于源区应力集中引起的应力空间分布的差异,以及地震发生后由于应力释放带来的某种程度的局部应力空间分布差异的解除。这表明该余震震源区附近实测横波偏振方向对余震发生前后应力场空间动态调整反应敏感。因此,对震源附近地区地震横波分裂特征的研究将成为地震预报以及进一步认识地震震源孕育、发生过程的重要方法和手段。

郑斯华研究员对本课题的完成给予了大力支持,并对横波偏振随地震前后时间变化的研究提出了宝贵意见,熊杨武副研究员在程序使用等方面给予了具体指导,在此一并表示诚挚的谢意。

### 参 考 文 献

- [1] Crampin, S., Seismic wave propagation through a cracked solid: polarization as a possible dilatancy diagnostic, *Geophys. J. R. astr. Soc.*, **53**, 467-496, 1978.
- [2] Crampin, S., Geological and industrial implications of extensive-dilatancy anisotropy, *Nature*, **328**, 491-496, 1987.
- [3] 姚 陈、王培德、陈运泰,卢龙地区 S 波偏振与土地壳裂隙各向异性, *地球物理学报*, **35**, 305-315, 1992.
- [4] Yao Chen, Wang Pei-de, Lu Yu mei, et al. Interpretation of Shear-wave Splitting in Datong Area, North China, *Canadian Journal of Exploration Geophys.*, **29**, 343-351, 1993.
- [5] 高 原、郑斯华、孙 勇,唐山地区剪切波分裂和地壳裂隙各向异性, *地震学报*, **17**, 283-293, 1995.
- [6] 雷 军、王培德、姚 陈、熊杨武、陈运泰,云南剑川小孔经纬网地震记录特征与横波分裂,见:中国地球物理学会编,中国地球物理学会年刊,北京:地震出版社,84, 1994.
- [7] 李白菴,云南禄劝地区地震各向异性的初步分析,见:中国地球物理学会编,中国地球物理学会年刊,北京:地震出版社,184, 1994.
- [8] 王培德,近震源强地面运动研究,见: [博士论文],国家地震局地球物理研究所, 1987.
- [9] Gledhill, K. R., Shear waves recorded on Close-Spaced seismographs—Shear-wave Splitting Results, *Canadian Journal of Exploration Geophys.*, **29**, 285-298, 1993.
- [10] 王培德、陈运泰、王鸣,中国西南地区近震源强地面运动特征,北京:地震出版社, 1993.
- [11] 马殿军, 1982 年 7 月 3 日云南剑川地区  $M_L5.4$  级地震,见:张肇城主编,中国震例,北京:地震出版社, 92-108, 1987.
- [12] 何若生、何科昭、朱照宇等,云南剑川盆地新构造运动特征与云南高原隆起问题,见:地质矿产部青藏高原地质文集编委会编,青藏高原地质文集(17),北京:地质出版社, 103-115, 1985.
- [13] 刘光勋、李方全、李桂荣,我国滇西北地震活动区的活动构造与应力状态, *地震地质*, **8**, 1-14, 1986.
- [14] 马 瑾,滇西北发震构造条件及其与鲜水河断裂带的对比, *地震地质*, **10**, 35-43, 1988.

- [15] 向宏发、魏顺民、冉勇康等,滇西北地区的现代构造应力场,地震地质,8, 15—23, 1986.
- [16] 周瑞奇、黄必献,地震活动性,见:国家地震局地质所和云南省地震局编,滇西北地区地震活动断裂,北京:地质出版社,219—235, 1990.
- [17] Crampin, S., Booth, D. C., Evans, R., Peacock, S., Fletcher, J. B., Changes in shear wave splitting at Anza near the time of the North palm Springs Earthquake, *J. Geophys. Res.*, **95**, 11197—11212, 1990.
- [18] Xiong Yang-wu, Yao Chen, Fan Hui ji, The features of shear wave splitting in Lulong in Northern China and its seismic implications, The fifth international workshop on seismic anisotropy, Canada, May, 1992

## THE NEAR-FIELD SHEAR WAVE SPLITTING AND ITS RELATION WITH STRUCTURE IN JIANCHUAN, YUNNAN PROVINCE

LEI JUN<sup>1)</sup> WANG PEI-DE<sup>2)</sup> YAO CHEN<sup>1)</sup> CHEN YUN TAI<sup>2)</sup>

1) *Institute of Geology, SSB, Beijing 100029, China*

2) *Institute of Geophysics, SSB, Beijing 100081, China*

### Abstract

In this paper, the results of a study about the aftershocks swarm of an earthquake of magnitude  $M_s 5.4$  occurred on July 3, 1982, in Jianchuan, Yunnan province, China, was given and the existences of both shear wave splitting and extensive dilatancy anisotropy in the upper crust of Jianchuan area were recognized. The waveforms recorded in Jianchuan area are more complex. The difference of apparent period between compressional waves and shear waves is bigger and depends on the conditions of the foundation under each station. The shear wave polarization pattern is different from the unique alignment as reported in the other regions of China, and show two dominant directions of  $NE45^\circ$  and  $NW55^\circ$ . The changes of fast shear wave polarization are very obvious before and after the strong aftershock of magnitude  $M_L 4.8$  occurred on July 20, 1982, which from a relative independence between stations before the shock to a relative regularization in its entirety after the shock represent that there was an intense local difference of the concentrated stress field before the shock and disappeared in a certain extent caused by a stress relief during the shock respectively, and also indicated that some important information concerned with the dynamic change of stress field before and after an earthquake were carried by the splitting shear waves obtained from the area near source.

**Key words** Shear wave splitting, Stress field on the area near source, Jianchuan, Yunnan.

**作者简介** 雷军, 男, 1960 年出生. 1983 年毕业于中国科学技术大学地球物理专业, 同年分配到国家地震局地质研究所, 现为副研究员. 先后从事水库诱发地震、工程地震及地震横波分裂研究.