

1995年7月12日中缅边界 $M_s=7.3$ 地震的震源机制解^{*}

马淑田¹⁾ 郝建国²⁾

1) 中国北京 100101 中国科学院地球物理研究所

2) 中国北京 100081 国家地震局地球物理研究所

主题词 地球自由振荡 震源机制解 地幔波 中缅边界地震

1995年7月12日, 中缅边界发生 $M_s7.3$ 强烈地震, 造成人员伤亡和经济损失。搞清震源区的受力状态, 对于研究该区及其周围的构造运动、估计云南境内及其邻区的地震活动趋势都有重要意义。本文利用地幔波估计了该次地震的震源机制。结果是: 主压力轴近水平, 位于北偏东约 17° 方向, 地震形成压性右旋走滑断裂。说明目前中缅边界地区受到很强的印度板块的推挤作用。

1 震源机制反演的原理、方法和使用的资料及其软件

利用 $2\sim8$ MHz 间的理论地球自由振荡振型(S, T)构造 6 个格林函数, 分别与矩张量的相应元素相乘再相加, 并与震源时间函数卷积得到理论地震图; 将理论地震图和相应台站 f 、相应分向的地幔波数字化记录一并变换到频域, 建立线性方程组, 再用奇异值分解法求矩张量的 6 个元素或 5 个元素(Gilbert, Dziewonski, 1975)。所用的资料是从国家地震局地球物理研究所 CDSN 台网拷贝的 VH 频道的数字化波形记录, 经筛选后保留 6 个台的 10 条记录。10 条记录用于反演的部分画在图 1 中。每对波形图上图是记录图, 下图是合成图, 左端标出相应的台站名称、分向、震中距 Δ 和台站方位角 Az 。资料用于反演之前用 4 阶 Butterworth 递归滤波器滤波, 周期范围 $135\sim500$ s。格林函数用相同滤波器和相同参数处理。所用软件是在 Gilbert 和 Masters 利用地幔波反演震源机制的 APOLLO 工作站版本上开发的微机版本(马淑田, 1994)。

2 反演结果

2.1 所用的地震参数

发震时刻: 1995-07-11, 21 : 46 : 41.2 (世界协调时, 云南省地震局定); 震中坐标: $21.80^\circ N$, $99.10^\circ E$ (本文估计, 在余震分布较多的位置); 震源深度 $H=12$ km(本文估计)。

2.2 矩张量 6 元素的一组解(单位 $10^{20} N \cdot m$, 下同)

	M_{rr}	$M_{\theta\theta}$	$M_{\phi\phi}$	$M_{r\theta}$	$M_{r\phi}$	$M_{\theta\phi}$
数值	$0.450\ 03\times10^{-2}$	-0.166 25	0.146 89	$0.414\ 99\times10^{-2}$	$0.286\ 96\times10^{-2}$	0.102 4
方差	$0.149\ 59\times10^{-2}$	$0.492\ 46\times10^{-2}$	$0.419\ 98\times10^{-2}$	$0.820\ 72\times10^{-4}$	$0.102\ 8\times10^{-3}$	$0.316\ 42\times10^{-2}$

* 1995-11-13 收到初稿, 1996-10-18 收到修改稿并决定采用。

2.3 主轴解

主轴	总强度	偏量部分	方位角/(°)	仰角/(°)
P	-0.196 7	-0.191 7	197(196.55)	1(0.90)
T	0.177 4	0.182 3	287(286.57)	1(1.30)
N	0.446×10^{-2}	0.9411×10^{-2}	72(71.94)	88(88.42)

2.4 双力偶解及其地震矩

		走向/(°)	倾向/(°)	滑动方向/(°)	地震矩 $M_0/N \cdot m$
最大双力偶解	节面 1	332(331.556)	88(88.442)	180(179.715)	0.191 715
	节面 2	62(61.564)	90(89.715)	2(1.558)	
最小双力偶解	节面 1	17(17.492)	44(43.703)	91(91.303)	0.94112×10^{-2}
	节面 2	196(195.690)	46(46.311)	89(88.755)	

各括号前的数字据括号中的数字取舍.

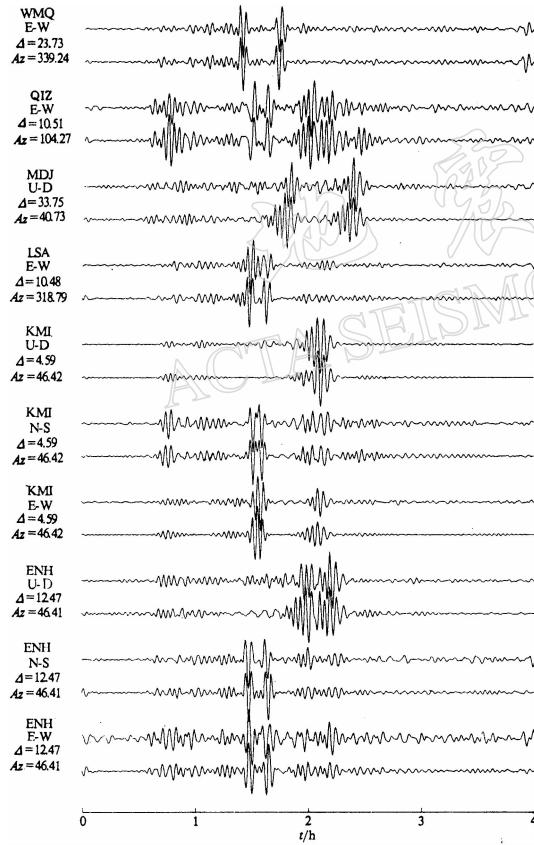


图 1 合成图与记录图比较(每对波形上图是记录图, 下图是合成图, 横坐标单位为小时)

果. 据上述结果看, 此次地震的主压力轴和主张力轴的仰角都很小, 说明震源区主要受到水平力的作用. 主压力轴的方向在北偏东约 17°(NNE17°)与 1988 年 11 月的澜沧-耿马地震的主压力方位 NNE25°(林邦慧等, 1994)很接近. 两次大地震相距很近, 约 120 km. 这些结果表明, 这个地区的区域主压应力方向主要受印度板块与欧亚板块碰撞挤压所控制. 中缅边界地震形成压性走滑右旋断层, 断层面近垂直, 两盘

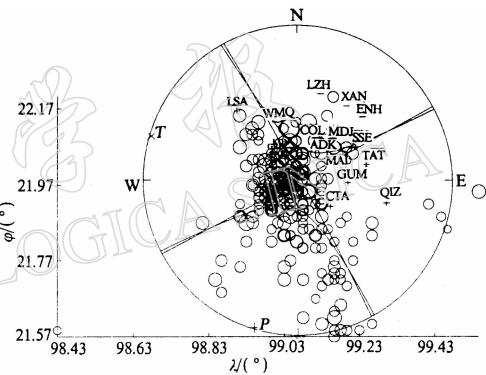


图 2 震源机制解的等面积下半球投影. 余震分布
和若干台的初动符号(横、纵坐标单位为度)

2.5 震源时间函数以及各向同性分量

反演中使用三角形震源时间函数, 底边长为 26 s. 各向同性分量 $\Delta M = -0.495081 \times 10^{-2} < 0$.

3 讨论和结论

本次地震的震源机制解用 IRIS 台网、CDSN 台网及二者合并的 VH 频道资料算过许多次. 由于 CDSN 台网距震中较近, 虽不在台网内, 但台网相对于震中的张角大于 90°(比对 P 波资料的台站方位分布要求松得多). 试算表明可以得到较好的反演结果, 故本文给出仅用 CDSN 台网的结

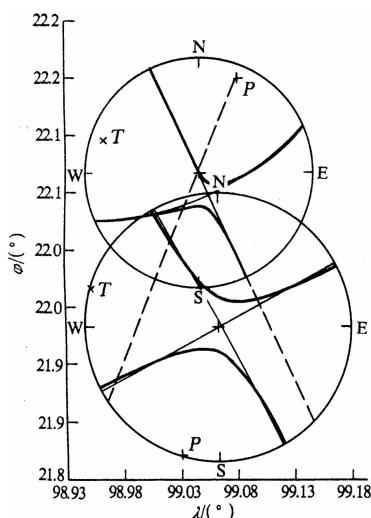


图3 主震相对于前震的位置以及二者震源机制解的等面积下半球投影(横、纵坐标单位为度)

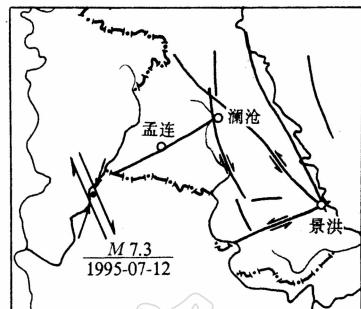


图4 主震的地理位置、主压应力方向、断层性质以及邻区地质构造示意图(横、纵坐标单位为度)

间有很大的挤压作用。

在主震前(7月10日04:31:32, 1)位于主震北偏西($22^{\circ}07'N$, $99^{\circ}03'E$)约15 km处有 $M_s=6.2$ 的一次较大前震(据云南省地震局地震目录), 其震源机制解(据国家地震局地震数据信息中心(1995)CMT结果)与主震的相似, 还有若干次较小的前震, 故此次地震序列是: 前震—主震—余震型。

图2给出主震震源机制的等面积投影、余震分布和若干台上的初动符号(台站位置的投影方式与震源机制解的投影方式相同, 和余震分布不同). 据上述反演结果和图2推断, 节面1可能与实际破裂面有一致性, 与澜沧、景洪地区现有的北西向断裂一致(马杏垣, 1989); 破裂从北偏西向南偏东的方向进行, 破裂长度约70 km. 图4给出主震震中的地理位置、主压应力方向和断层的可能性质. 图1给出合成图与记录图的比较. 从图1中看到Love波包(峰尖锐的波包)的合成图与记录图相当一致, Rayleigh波的一致程度差一些. 造成差别的原因很复杂.

图3给出前震和主震的震源机制解下半球等面积投影图. 从图3看到, 主震位于前震主压力轴方向与一个断层面解的走向形成的扇区内.

笔者对国家地震局地球物理研究所CDSN中心张德存在资料方面给予的帮助、审者对本文提出的宝贵意见, 以及云南省地震局田其华为本文提供的余震目录表示感谢.

参 考 文 献

- 国家地震局地震数据信息中心, 1995. 地震科技情报快讯, (14~15): 8
- 林邦慧, 李大鹏, 白武明, 等, 1994. 1988年澜沧-耿马地震的震源特征及其有限元模拟. 地球物理学报, 37(5): 621~632
- 马淑田, 1994. 常规地震矩张量反演系统MTIS-R486的开发以及矩心矩张量(CMT)反演算法研究. 国家地震局地球物理研究所硕士学位论文. 60
- 马杏垣(主编), 1989. 中国岩石圈动力学图集(云南地震构造幅). 北京: 中国地图出版社. 288
- Gilbert F, Dziewonski A M, 1975. An application of normal mode theory to the retrieval of structural parameters and source mechanisms from seismic spectra. Phil Trans R Soc, A278: 187~269