

澜沧—耿马地震的S波偏振及P波、S波振幅比变化特征

杨桂芬

(云南省地震局)

摘 要

本文通过对1988年11月6日云南澜沧—耿马7.6、7.2级强震前后S波偏振角的计算分析,得出大震前后 U_{SH} — U_{SV} 的三种变化图象,这种变化特征具有一定的前兆意义。与此同时,对大震前后P波、S波最大振幅比值分布和S波偏振角空间分布进行研究发现,北纬 $22^{\circ}57'$ 可能是澜沧、耿马两地区介质差异的分界面。

关键词 澜沧—耿马强震 S波偏振角 P波、S波最大振幅比

前 言

从地震波提取某一区域内的介质性质和地壳应力状态信息,从而估计该区域近期地震危险性的研究目前还处于探索阶段。由于S波在传播过程中对射线路径上的介质结构非常敏感,它所包含的关于震源和路径上的介质信息是P波的4倍^[1],因此研究S波应是地震学上用于监测大震前岩石扩容过程的一种比较好的手段。作者使用1988年11月6日澜沧—耿马7.6、7.2级强震的前震和余震资料,研究了S波的偏振性质变化特征及大震前后的P波、S波最大振幅比分布特征。

一、资料与方法

使用思茅台维开克三分向地震仪的记录资料(该台位于北纬 $22^{\circ}44'17''$,东经 $100^{\circ}55'52''$,距澜沧7.6级主震126公里)。选取1988年1月1日—11月6日大震前震区附近发生的地震及11月11日—12月10日大震后的余震。余震参数取自大震现场测定结果,前震参数取自昆明传输台网测定结果,震级区间是 $M_L 2.5—3.8$ 。

S波的偏振性质由偏振角来描述。垂直于入射面的S波只存在水平分量 U_{SH} ,它在地面上的投影与台站到震中连线垂直。在入射面内的S波存在水平和垂直两个分量^[2、8],即 U_{SH} 和 U_{SV} (图1)。在入射角 i_0 大于临界角的条件下,地表位移 A_{SH} 和 A_{SV}^b 与入射位移的分量 U_{SH} 和 U_{SV} 有下述关系:

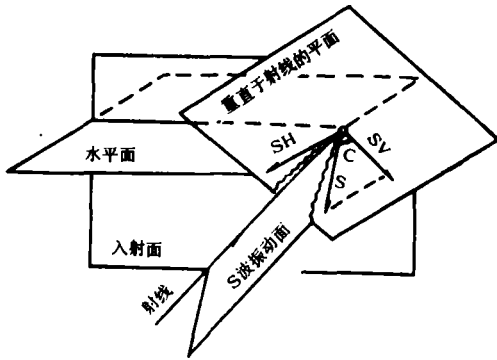


图1 S波偏振角示意图

Fig. 1 Sketch of S-wave polarization angle

在计算中,震源深度取大震现场测定的182次余震的平均震源深度,即 $\bar{H} = 15$ 公里,所计算出的入射角全部满足大于临界角的条件。

二、大震前后的S波偏振变化

通过对思茅台S波的分析,计算得出大震前后79次 $M_L = 2.5-3.8$ 级地震的偏振角。为能更清楚反映出S波偏振特征,根据昆明传输台网二类震中定位精度(误差在10公里以下)挑选出位置近似的三组地震,分别求出它们的偏振角。这三组地震分别是大震前、大震后到11月30日6.7级强余震前和6.7级强余震后震区发生的地震(表1—3)。

从表1可以看出,大震前S波偏振角变化不大,除个别地震为0外,主要在 $50^\circ-82^\circ$ 之间变化。从表2和表3可看出,大震发生后,S波偏振角出现负值,变化幅度增大。

对于上述三组地震,分别以它们的水平分量入射位移 U_{SH} 为横座标,垂直分量入射位移 U_{SV} 为纵座标,作 $U_{SH}-U_{SV}$ 的关系图。从图2a中看出,大震前小地震的偏振角是比较一致的,计算得出二者的线性关系为:

$$U_{SV} = -0.03 + 0.64U_{SH}, r = 0.86。$$

图2b显示出,大震发生后资料点明显散开,即偏振角零乱。但分布仍然比较集中,二者的线性关系为:

$$U_{SV} = 0.33 + 0.29U_{SH}, r = 0.53。$$

其总体分布方向与大震前一致。

由图2c明显看出,强余震发生后小震的偏振角完全是混乱的。

以上三个时间段的 $U_{SH}-U_{SV}$ 关系的特征,显示了澜沧—耿马大震前后的S波偏振性质的变化。

三、P波、S波最大振幅比与S波偏振角空间分布的一致性

在分析思茅台地震资料时发现,主震前和主震后的一些地震出现P波振幅大于S波振幅的现象。量取垂直向P波最大振幅和S波最大振幅,求出二者的比值 y_p/y_s 。分析该比值的分布发现, $22^\circ 57' N$ 以北61%的地震的 $y_p/y_s > 0.9$;在 $22^\circ 57' N$ 以南,出现 $y_p/y_s \leq 0.9$ 的

表 1 大震前的S波偏振角

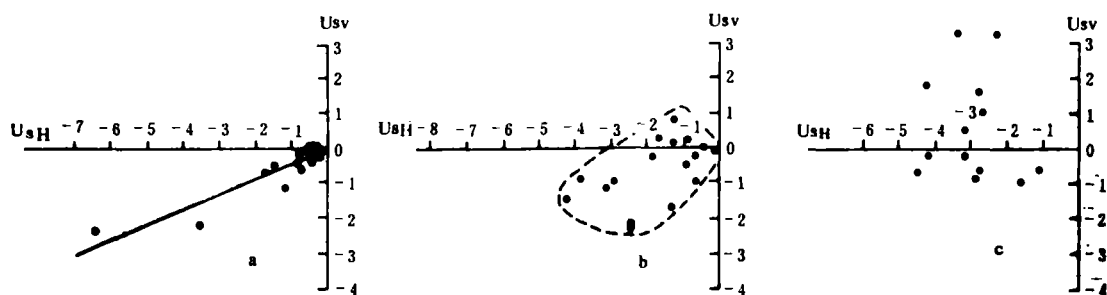
时 间	震中位置		M _L	A _N (μ m)	A _E (μ m)	A _Z (μ m)	ζ
	ϕ_N	λ_E					
1988年2月15日	22°31'	99°47'	2.7	0.65	0.26	0.09	0
8月4日	22°26'	99°51'	3.0	1.52	0.78	0.46	53.7
8月11日	22°25'	99°48'	3.2	1.3	1.17	0.46	60.8
4月11日	22°37'	99°51'	3.3	2.46	0.91	0.91	36.3
5月27日	22°44'	100°10'	3.2	0.73	0.71	0.35	61.7
6月19日	22°55'	100°06'	2.5	0.62	0.33	0.16	47.6
8月17日	22°49'	99°50'	3.8	7.25	4.06	1.11	58.7
8月17日	22°45'	99°46'	2.9	1.67	0.88	0.3	71.1
8月20日	22°46'	99°44'	2.9	1.16	0.23	0.08	82.3
8月26日	22°49'	99°43'	2.7	0.83	0.55	0.17	63.1
9月10日	22°47'	99°48'	3.4	3.41	1.62	0.62	68.1

表 2 6.7级强余震后的S波偏振角

时 间	震中位置		M _L	A _N (μ m)	A _E (μ m)	A _Z (μ m)	C°
	ϕ_N	λ_E					
1988年12月1日	22°37'	100°00'	3.1	5.07	3.15	0.74	-58.9
12月2日	22°43'	99°57'	3.6	7.79	9.03	2.24	-65.8
12月2日	22°43'	99°51'	3.9	8.26	12.7	4.7	44.5
12月3日	22°44'	99°54'	3.0	5.15	3.7	0.81	-68.9
12月3日	22°40'	99°58'	3.3	7.68	5.39	1.96	87.1
12月4日	22°37'	100°03'	3.2	4.09	2.73	0.6	-35.0
12月5日	22°37'	100°00'	3.3	5.79	4.87	0.75	-45.0
12月6日	22°41'	100°03'	3.7	7.9	9.42	3.57	81.6
12月6日	22°40'	99°59'	3.1	5.62	5.0	1.57	-78.4
12月8日	22°48'	99°51'	3.0	5.51	5.53	1.61	76.5
12月8日	22°42'	99°46'	3.0	3.17	1.88	0.75	60
12月8日	22°40'	99°52'	3.3	5.44	3.25	1.26	72.8
12月9日	22°41'	99°51'	3.1	1.99	1.6	0.4	60.1
11月10日	22°40'	99°57'	3.0	5.89	4.06	1.41	85.5

表3 大震后到6.7级强余震前的S波偏振角

时 间	震中位置		M_L	$A_N(\mu m)$	$A_E(\mu m)$	$A_Z(\mu m)$	C°
	ϕ_N	λ_E					
1988年11月11日	22°37'	99°57'	3.1	3.19	3.57	1.21	82.4
11月11日	22°43'	99°58'	3.5	7.43	4.87	1.88	77.1
11月12日	22°33'	99°56'	2.5	1.88	1.04	0.43	69.3
11月12日	22°40'	99°46'	3.1	43.0	18.0	15.0	71.4
11月13日	22°47'	99°41'	3.0	13.5	5.4	1.5	-54.7
11月16日	22°47'	99°46'	3.1	2.45	1.62	0.38	-85
11月16日	22°42'	99°49'	3.2	7.0	3.0	2.2	36.5
11月20日	22°40'	99°48'	3.0	4.4	1.4	0.8	0
11月22日	22°51'	99°43'	3.2	0.18	0.32	0.05	-45
11月23日	22°44'	99°50'	3.4	4.67	4.74	1.83	49.8
11月25日	22°47'	99°48'	3.1	1.88	2.18	0.51	-76.5
11月27日	22°45'	99°47'	3.5	4.8	3.12	1.32	49.7
11月27日	22°43'	99°48'	3.5	17.6	4.7	2.7	-80
11月27日	22°43'	99°49'	3.8	6.05	5.62	1.77	71.2
11月27日	22°45'	99°48'	3.6	5.69	6.95	1.61	-73.2
11月27日	22°42'	99°50'	3.4	1.81	1.30	0.51	62.5
11月27日	22°43'	99°49'	3.5	2.54	1.23	0.75	37.9
11月27日	22°43'	99°50'	3.1	1.38	0.78	0.28	72.1

图2 $U_{SH}-U_{SV}$ 关系变化图

a. 大震前 b. 大震后到6.7级强余震前 c. 6.7级强余震后

Fig. 2 The variation of $U_{SH}-U_{SV}$ relation

地震占总数的83% (图3a)。从图3b看出, 澜沧、耿马地区的地质构造在北纬22°57'附近是多条断裂交汇区, 与P、S波振幅比空间分布特征相吻合。

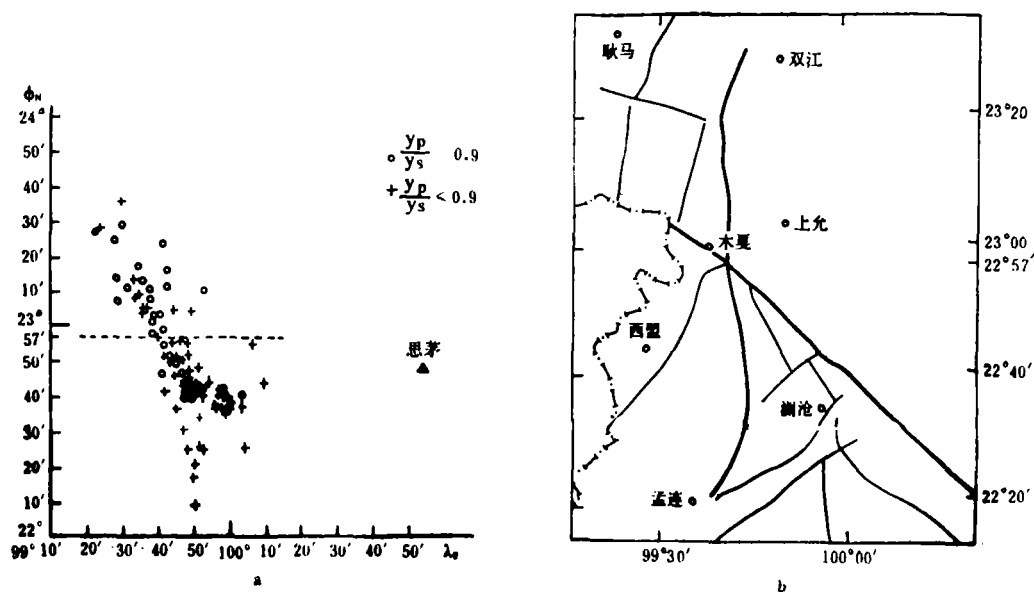


图3 P、S波最大振幅比分布及震区构造图

Fig. 8 Distribution of the maximum P and S wave amplitude ratio and geological structure of seismic area

同时由我们所计算出的79次地震的S波偏振角分布也可以看出, 偏振角 $C \geq 70^{\circ}$ 的地震全部分布在 $22^{\circ}57'N$ 以南地区, 而偏振角 $C \leq 30^{\circ}$ (包括 $C < 0^{\circ}$) 的地震则分布在 $22^{\circ}57'N$ 以北地区, 仅有3个地震例外 (图4)。

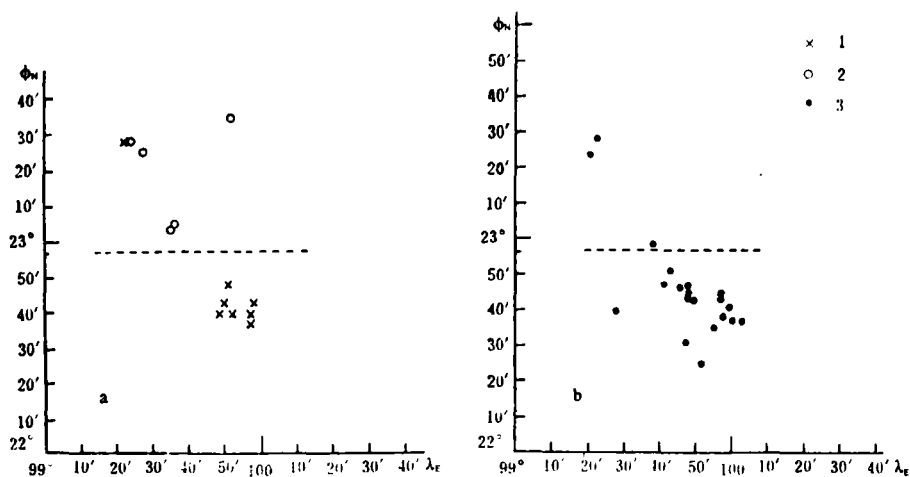


图4 偏振角分布图

1. $C \geq 70^{\circ}$ 2. $C \leq 30^{\circ}$ 3. $C \leq 0^{\circ}$

Fig. 4 Distribution of polarization angles

由此看来, $22^{\circ}57'N$ 既是多条断裂交汇点, 又是P波、S波最大振幅比空间分布的分界线, 也是变化幅度较大的偏振角 C 的分界线。三者分布的一致性可能反应了以 $22^{\circ}57'N$ 为界, 澜沧—耿马一带南北两区介质存在明显差异。

四、讨论与结论

由上述S波偏振角性质变化及P波、S波振幅比变化, 可以看出:

1. 澜沧—耿马大地震前后的S波偏振性质具有不同的特征: 大震前, 偏振角变化不大, 小地震的 $U_{SH}-U_{SV}$ 具有线性关系; 震后偏振角变化较大, $U_{SH}-U_{SV}$ 关系线性消失, 但其分布仍较集中, 其线性方向与震前一致。在11月30日6.7级强余震发生后 $U_{SH}-U_{SV}$ 则出现弥散分布。澜沧—耿马地震与海城地震前后S波的偏振角随时间变化规律〔2〕是一致的。

2. S波偏振角和P波、S波最大振幅比在北纬 $22^{\circ}57'$ 南北两侧发生明显变化的事实, 反映了该区介质的非均匀性。

对于球对称介质, S波偏振在沿射线路径上是不发生变化的, 即使对一般的较为平缓变化的介质, S波的偏振沿射线路径仍然不发生变化。这意味着无论是 S_H 波还是 S_V 波在这种介质中传播都不发生明显的振幅起伏变化。但对于明显的受扰介质, 其内地震波由均匀介质里的原生波和扰动引起的散射波两部分组成, 散射P波一般是沿入射方向增强, 而散射S波明显地沿垂直于入射方向增强, 所以在某些区域出现P波振幅增大现象。当非均匀体的尺度足够大时, P、 S_V 和 S_H 波的振幅出现起伏变化, 不但出现P波与S波的最大振幅比发生变化, 并且引起 S_H 与 S_V 的振幅比发生变化, 即S波的偏振发生变化〔4—7〕。这就反映在同一个地震台的记录上出现P波振幅大于S波振幅, 即如前所述的 $y_p/y_s > 0.9$ 的情况。图5所示的思茅台记录正是显示了这种特征。

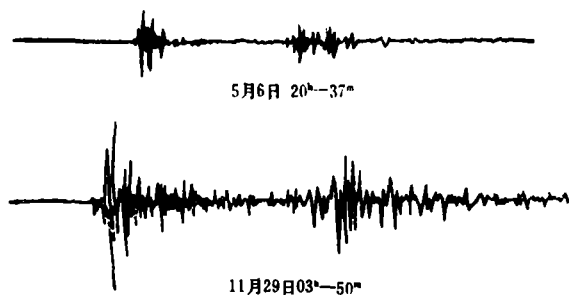


图5 思茅台P、S波振幅特征

Fig. 5 Amplitude characteristics of P and S waves at Simao station, Yunnan Province

前述所表现出的P波与S波最大振幅比异常空间分布及S波偏振角异常空间分布的一致性证明了, 北纬 $22^{\circ}57'$ 是澜沧、耿马两地区介质差异的分界面。

3. S波偏振角性质在大震前后的变化特征说明, 从S波里可以提取更多的前兆信息, 并且观测S波偏振角的变化是一种在当前台网观测条件下较为可行的方法。

(本文1990年12月11日收到)

参 考 文 献

- 〔1〕彭成斌、陈顺, S波极化研究的评述, 中国地震, Vol. 8, 1987.
- 〔2〕顾治鼎、曹天青, 前兆震群和S波偏振, 地震学报, Vol. 2, No. 4, 1980.

- [3] 陆远忠等, 地震预报的地震学方法, 地震出版社, 1985.
[4] 郭增建、秦保燕, 震源物理, 地震出版社, 1979.
[5] K.Aki, Quantitative Seismology Theory and Method, W.H. Freeman and Company, San Francisco, pp99-105, 728-751, 1980.
[6] 曾融生, 固体地球物理学导论, 科学出版社, 1984.
[7] 傅淑芳、刘宝诚、李文艺, 地震学教程, 地震出版社, 1980.

S-WAVE POLARIZATION AND VARIATION CHARACTERISTICS OF AMPLITUDE RATIO OF P-AND S-WAVES FOR THE LANCANG-GENGMA EARTHQUAKE

Yang Guifen

(*Seismological Bureau of Yunnan Province, Kunming, China*)

Abstract

Three variation patterns of $U_{SH}-U_{SV}$ of the Nov. 6, 1988, Lancang-Gengma earthquakes ($M=7.6, 7.2$) have been obtained through calculating and analysing the S-wave polarization angles before and after the earthquakes. The variation characteristics possess precursory meaning. Study on the distribution of maximum amplitude ratio of P-and S-waves and spatial distribution of S-wave polarization angles before and after the earthquakes shows the line of $22^{\circ}57'$ north latitude may be the medium boundary between Lancang and Gengma areas.