·短 文·

波速异常的方向性效应

顾瑾平 肖丽珠
（国家地震局 兰州地震研究所）

本文试图就单台波速比相对于平均波速比偏差的性质作些讨论。

一、方 法

确定地震前波速异常的方法目前通常是采用最小二乘法来求和达曲线的斜率[1]，但是和达曲线上各台的点子不很好地在一条直线上，这一事实可能是地震射线经由不同方向穿过孕震区，各方向上波速比涨落不一造成。一些实验表明，震前若有波速异常出现，则异常的分布也不会是均匀的，而因压力轴与张力轴的方向相异[2]。这种现象，我们称为方向性效应。

要严格地讨论这个问题，必须考虑孕震区的形状、大小、各台的相对位置等[8]。结果表明，在不同的孕震阶段上，各方向上异常发育不一。本文试图从另一个角度探讨其方向性效应的存在，即从直观的和达图出发，由不同方向上各单台波速比相对于平均波速比的偏差作为基础，确定一些参数随时间的变化。由于造成这些偏差的主要原因是方向性效应，因而与这些偏差有依赖关系的参数随时间的变化过程应该反映孕震过程。

苏联的地震工作者斯拉文娜在研究勘察加震中区的波速异常时，也从这个角度作过一些工作[4]。据她的研究结果，较大地震发生前，有关参数要出现异常。

下面介绍我们考虑的方法。

由多台资料求得发震时刻t_0和平均波速比$\bar{\gamma}$后，为了求单台波速比相对于平均波速比的偏差，必须先区分由于偶然因素（指对时、滚筒园度、量图等因素）引起的偏差与孕震原因为主引起的偏差。为此我们规定：（1）所取地震的$M_S \geqslant 2.0$；（2）P波到时偏离和达线超过1秒者不要，因为这种点子在和达图上很少，是孤立的；（3）要求作和达图的总台数在四个台以上；（4）按上述（2）删掉的点子少于总台数的⅓。

满足上述四个条件后，求各台的单台波速比：

$$\gamma_i = \frac{t_{Si} - t_{Pi}}{t_{Pi} - t_0} + 1 \qquad (1)$$

其中t_{Pi}、t_{Si}为各台纵横波到时。

再求各台偏差：

$$\Delta\gamma_i = \gamma_i - \bar{\gamma} \qquad (2)$$

基于$\Delta\gamma_i$作出的第一个参数是：

$$S = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}\Delta\gamma_i^2, \qquad (3)$$

其中 n 为台数。因为$\Delta\gamma_i$反映了不同方向上波速比的差异，故S从物理上是反映各台波速异常不一致性的一个量；各方向上的波速比变化差异越大，S 也越大，反之亦然。

第二个参量为：$B=\sum_{i=1}^{n_1}|+\Delta\gamma_i|\cdot\sum_{i=1}^{n_2}|-\Delta\gamma_i|$ （4）

n_1是偏差为正的台数，n_2是偏差为负的台数。B 值是与正负偏差都有关的量。

第三个参量是：$C=\sum_{i=1}^{n}|\Delta\gamma_i|$ （5）

它只与偏差的绝对值有关。

二、初步结果与讨论

我们利用了甘肃东部区域台网和四川、云南部份区域台网所记到的地震数据。平均波速比$\bar{\gamma}$、发震时刻t_0及公式（3）到（5）均在108机上进行计算。

图 1 上给出了1976年宁蒗6.7级地震前由 3 个不同方向上的台站（宁蒗、永胜、华坪）相对异常区内的地震得出的S随时间变化图。由该图可以看出S在1973年 9 月到1975年底出现大幅度的异常。据云南省地震局的研究结果，约从1969年开始，该区的平均波速比$\bar{\gamma}$就有异常反映，由此可见，S 的异常主要出现在波速异常的后期，是与孕震过程有关的。

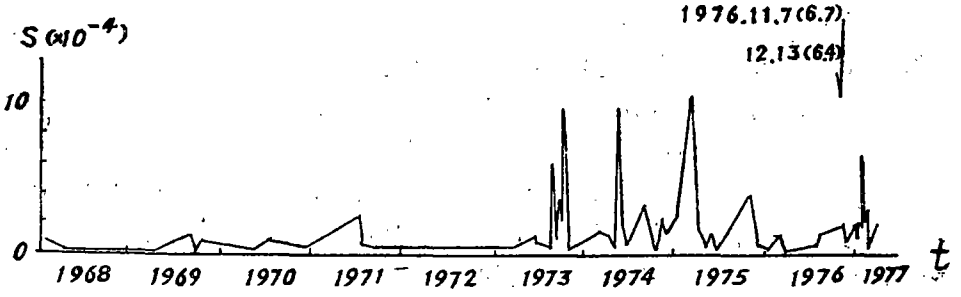

图 1　1976年11月宁蒗6.7级地震前宁蒗、永胜、华坪三台的 S 随时间的变化

图2是1976年 8 月16日南坪——松潘——平武7.2级地震序列的S随 t 的变化情况，时间是1970年 6 月到1975年初。这个震例也和上面的震例一样。1970年10月——1971年底 S 偏高是由于1971年 3 月 5 日在南坪东北(33°03′N，104°30′E)发生了M_S4.7级地震及 3 月29日在南坪以北（33°22′N，104°11′E）发生了M_S4.1级地震的缘故。在1972年——1973年上半年，S 大部份处于低值，这一段时间内无中强地震发生。1973年 6 月以后，S 的大部份值处于高值，这可能与1976年 8 月 7.2 级地震的孕育有关。与前面的宁蒗地震一样，在波速异常的后期 S 值抬高。而就在这后期的抬高段中，我们又利用甘肃台网的资料，求出S随 t 的变化图（图 3 ）。它清楚地表明，在这 S 的高值段中也有起伏，起伏与其后所发生的 7.2 级前震序列中的中强地震很好地对应。

以上的震例给波速异常方向性效应的存在提供了根据。

下面再将参数B和C的结果讨论一下。图 4 是B随时间的变化情况，图 5 是C随时间的变化情况。这两个参数都是与$|\Delta\gamma_i|$的绝对值有关的量。而 B 是把正负偏差作为两个因子考

虑的，C是把正负偏差全取绝对值累加，即作为一个因子考虑的，所以 B～t 图比 C～t图反映异常明显，但二者都可说明方向性效应的存在。

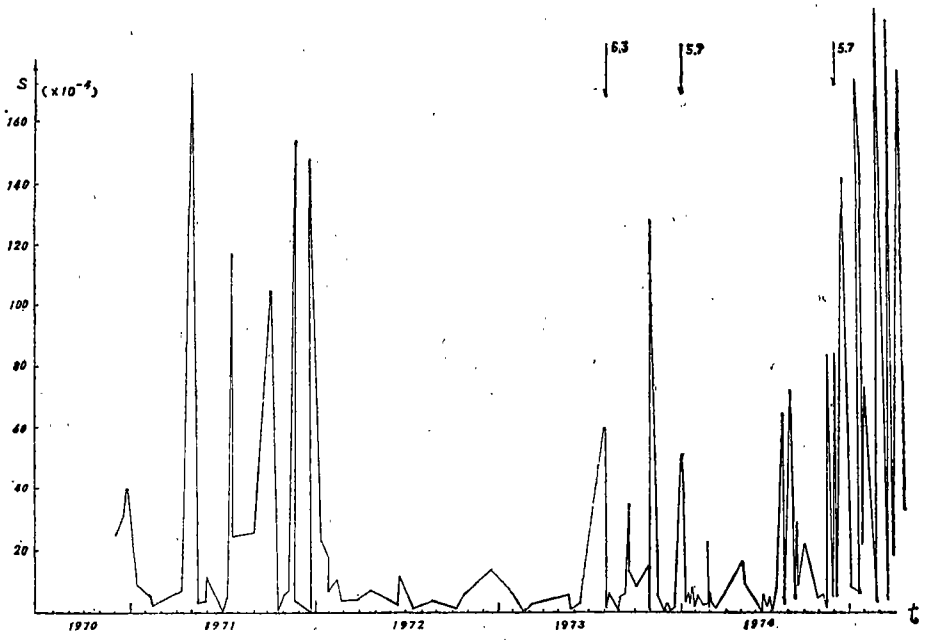

图 2　松潘—南坪地区地震前的 S～t 变化情况

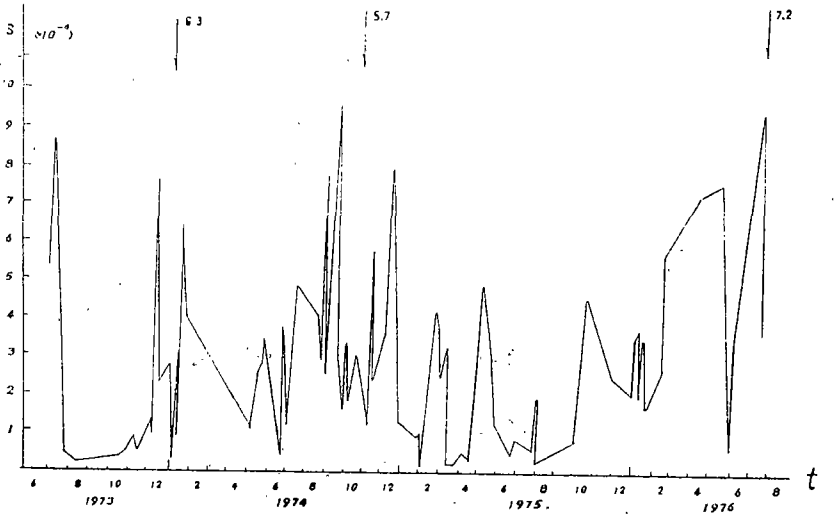

图 3　甘肃台网测定的1973.6.——1976.8.16.$M_S=7.2$
松潘—南坪地震前的 S～t 图

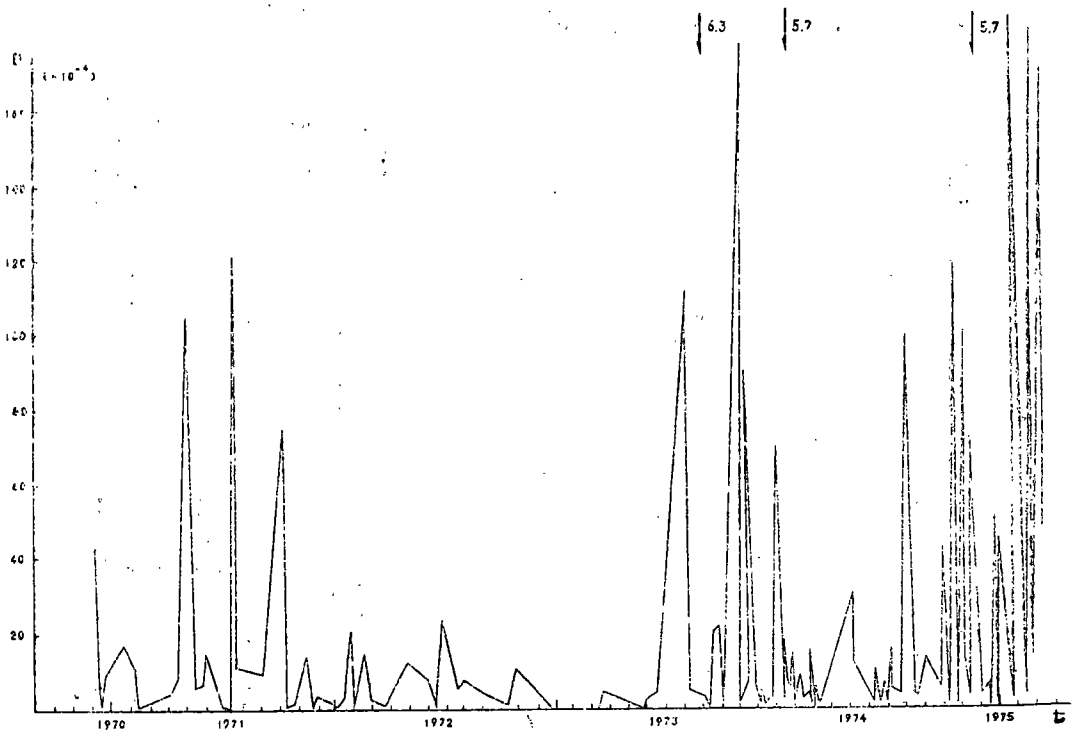

图 4 松潘——南坪地区地震前的B～t 变化情况

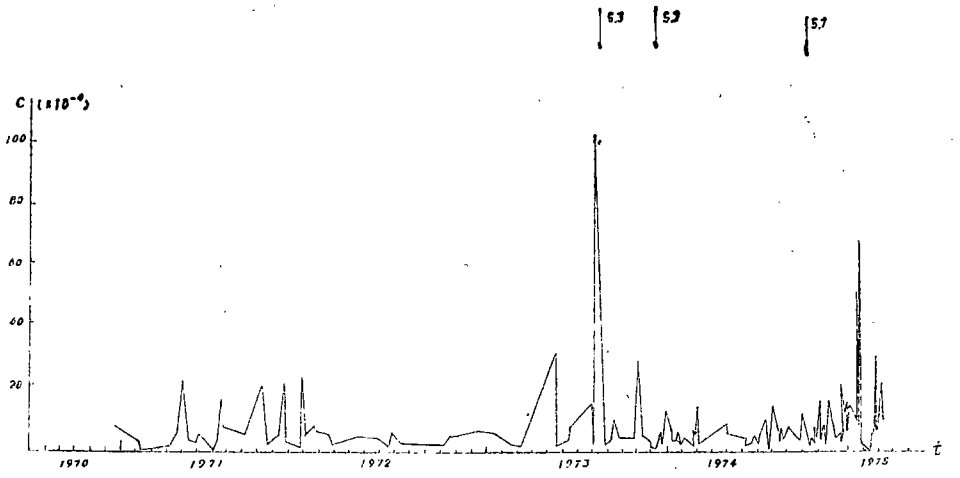

图 5 松潘——南坪地区地震前的C～t变化情况

关于第一个参数的误差，可大致用下式来估计：

$$\delta S=\frac{2}{n}\sum_{i=1}^{n}|\Delta\gamma_i|\cdot|\delta(\Delta\gamma_i)|,$$

$\Delta\gamma_i$ 一般为 10^{-2} 的量级，由实际资料得 $\delta(\Delta\gamma_i)$ 一般为 10^{-3} 的量级，故 S 的误差为 10^{-5} 的量级。同样，我们也可以求得B的误差为 10^{-5} 的量级，C的误差为 10^{-3} 的量级。这样

的误差对S、B、C参数本身而言都是允许的。

三、结 论

1.在中强地震的孕育过程中，波速异常具有方向性效应。

2.表征γ_i不均匀性程度的参数S在孕震前期数值较低，后期增大；S越大，波速异常在各个方向上越不均匀。参数S可作为波速异常予报地震的一项辅助指标。

3.与偏差有关的参数B、C在孕震期间也有反映，且B比C反映大。

参 考 文 献

〔1〕Scholz. C. H, L. R. Sykes and Y. P. Aggarwal, The Physical basis for earthquake Prediction. Science. V181, N4102, 1973

〔2〕Gupta J. N. e. t. c., Premonitory changes in ts/tp due to anisotropy and migration of hypocenters, Bulletin of Sceismological Society of America, V65, №5, pp.1487—1493, 1975.

〔3〕冯德益等，我国西部地区一些强震及中强震前后波速异常的初步研究（二），地球物理学报，20，2，1977。

〔4〕Л. Б. Славина, Методика и результаты изучения Vp/Vs в фокальной зоне Камчатки, в кн: 《Цчсследования по физике землетрясений》, М. "наука", 1976.

（上接第92页）

今应力场的分析，从中可以得到启示。海原地震所揭示的地震学问题包括的学术内容十分广泛，认真细致的进行全面总结将有助于促进地震学科的发展，加深我们对8级以上大震的认识。

在执笔同志分别对"专辑"的主要内容进行了系统的介绍之后，会议代表敞开思想、畅所欲言的对如何更好地总结海原地震提出了修改意见，并对有关学术性问题进行了热烈地讨论。国家地震局地质研究所研究员徐煜坚同志因事未能出席会议特地寄来了书面发言稿，由王挺梅同志宣读，对进行海原地震总结给于了热情的鼓励与支持。

此次邀请参加会议的外省代表，大多数是五十年代从事科研工作的老同志，他们在地震科研工作中积累了丰富的经验，具有一定的科学造诣，如此众多的科学家相聚在我西北地区进行海原地震总结，机会实为难得，为此应会议的要求，丁国瑜、郭增建、时振梁、强基基、朱海之、李玉龙、王挺梅、阚荣举、初洪科等九位同志在会议上做了专题学术报告，受到与会同志的欢迎。

最后，通过召开"1920年海原地震学术讨论会"的启发，与会同志建议：在1980年适当时期，由国家地震局召集有关单位对全国8级以上地震进行学术讨论，组织人员进行总结。

（本刊编辑部）