

# 菏泽5.9级地震前小震波速比时空变化特征

戴维乐

(安徽省地震局)

## 摘 要

本文研究了菏泽5.9级地震前小震波速比时空变化特征,发现在菏泽附近大约 $2^{\circ} \times 2^{\circ}$ 范围内出现了持续两年的小震波速比低值异常集中分布区,当集中区内波速比回升到极大值后小震活动平静,然后波速比低值区向外围扩散,当外围出现波速比极小值且逐渐回升后,在低值集中区内主震发生。震前小震波速比低值异常持续三年,直到主震前半个月波速比恢复正常。最后本文对波速比异常的有关问题进行了讨论。

文献[1]、[2]对1983年11月7日菏泽5.9级地震前波速比随时间变化异常特征进行了研究,本文对波速比随时间变化过程中所伴生的小震波速比异常时空分布特征进行分析,作为对菏泽地震前波速异常的进一步认识。

## 一、资料及方法

本文根据山东省地震台网观测报告所提供的资料,并复核了其中部分地震图纸,采用和达法根据以下公式计算小震平均波速比值:

$$\text{令 } x = T_p^-, y = T_{s-p}^-, \bar{X} = \frac{\sum x}{n}, \bar{Y} = \frac{\sum y}{n}, \text{发震时刻 } T_0 = \bar{X} - \bar{Y}, \frac{1}{k},$$

和达线斜率  $K = l_{xy} / l_{xx}$ ; 波速比  $V_p / V_s = 1 + k$  ;

中误差  $m_s = \sqrt{\frac{l_{yy} - K \cdot l_{xy}}{(n-2) \cdot l_{xx}}}$  ;

相关系数  $r = l_{xy} / \sqrt{l_{xx} \cdot l_{yy}}$  。

式中  $l_{xx} = \sum x^2 - \frac{1}{n} (\sum x)^2$ ;  $l_{xy} = \sum xy - \frac{1}{n} \sum x \cdot \sum y$ ;  $l_{yy} = \sum y^2 - \frac{1}{n} (\sum y)^2$  。

本文计算处理了 $34^{\circ}30' \sim 36^{\circ}10' N$ ,  $115^{\circ} \sim 117^{\circ}45' E$ 范围内1979~1987年发生的133

次 $M_L 2.0 \sim 4.6$ 级小震平均波速比。对每次地震使用4—15个台站记录清楚的 $\bar{p}$ 、 $\bar{s}$ 波震相到时，在和达线上要求各台均匀分布，最近台的 $\bar{s} - \bar{p} \leq 3 \sim 5$ 秒，最远台的 $\bar{s} - \bar{p} \leq 25$ 秒。每次地震波速比中误差在 $\pm 0.03$ 以下，相关系数在0.9950以上。

根据文献〔3〕以及1984—1987年该区内平均波速比值，并参考菏泽地区地壳反射波资料〔4〕，确定该区波速比的正常值及误差范围为 $1.73 \pm 0.02$ 。

对上述资料按人机结合方式在微机上进行处理，得到各次地震波速比值、中误差及相关系数，并绘制波速比随时间进程图、空间分布图。以可变的时间、空间参数（如以1年时间为间隔， $1^\circ \times 1^\circ$ 为间距， $0.5^\circ$ 步长）在计算机上自动进行时空扫描。本文规定，在波速比随时间变化曲线上当低值点连续分布且持时1年以上；在空间分布图上当检测到小震波速比异常由正常均匀分布演化为低值点集中分布、持时1年以上；并且随着时间推移，在异常低值集中区外围出现正常值围空、低值点扩散等有序的波速比变化图象时，则认为在该区内检测到了波速异常。

## 二、结果及分析

菏泽5.9级地震前小震波速比空间分布如图1所示。该次地震前小震的波速比值变化显示了如下特征：

1. 正常分布：1979—1980年共有28次小震，它们都均匀分布在研究区内，其中虽有10次为低值点但未呈低值异常集中分布图象（图1a）。

2. 低值异常集中分布：1981—1982年共有33次小震，其中16次集中分布在菏泽附近半径为50公里的圆域内，而且其中就有11次为低值点，形成较明显的低值异常集中分布区。其余17次小震分布在外围汶上、邹县、枣庄一带，它们的波速比值大多正常，其中虽有5次为低值点，但它们都零散分布。

3. 震前低值向外围扩散：1983年1月—1983年11月6日主震前，共有16次小震，其中只有2月17日一次小震发生在上述低值异常集中区内，且波速比达极大值，为1.86。自该次小震后集中区内地震活动平静，外围小震增多，共发生15次小震，其中7次表现为低值异常，表现出低值异常向外围扩散的图象，而原低值集中区内出现高值。当外围出现波速比最低值1.62之后不久，波速比恢复正常，接着主震在原低值集中区内发生。主震后所有的余震波速比正常。1984—1987年小震波速比空间分布恢复正常。

菏泽地震前波速异常区为东西走向的椭圆，其范围如图1b所示，其中包括菏泽附近50公里范围内的地区及外围汶上、邹县、枣庄一带。椭圆的最大线度 $L = 220$ 公里。

菏泽5.9级地震前小震波速比随时间进程的变化如图2所示。图中1979年9月—1980年3月虽有连续6个月的低值异常，但由于持续时间较短，并且未形成低值异常集中分布的空间异常图象，故而认为1979年—1980年10月为波速比变化正常期。从图中可以看出，自1980年11月5日莘庄小震后波速比持续下降，至1981年12月23日菏泽 $M_L 4.6$ 级地震前波速比有一次明显回升，震后又继续下降，至1983年2月17日菏泽小震波速比回升到极大值（1.86），以后又再次持续下降，直到1983年10月10日郟城小震波速比下降到极低值1.62以后，反向回升并恢复正常，半个月后主震发生。主震后小震波速比未呈现异常。

综上所述，菏泽5.9级地震前小震波速比异常持续三年，其最低值为1.62，最高值为

1.86, 异常平均值为1.69, 异常幅度为-0.04。根据文献[5], 对异常期与正常期小震波速比进行显著性差异检验, 结果表明, 统计量大于 $|t|$ 分布值, 即

$$T_{\text{异常期}} = 3.15, t_{\alpha} = 2.07, T_{\text{异常期}} > t_{\alpha}。$$

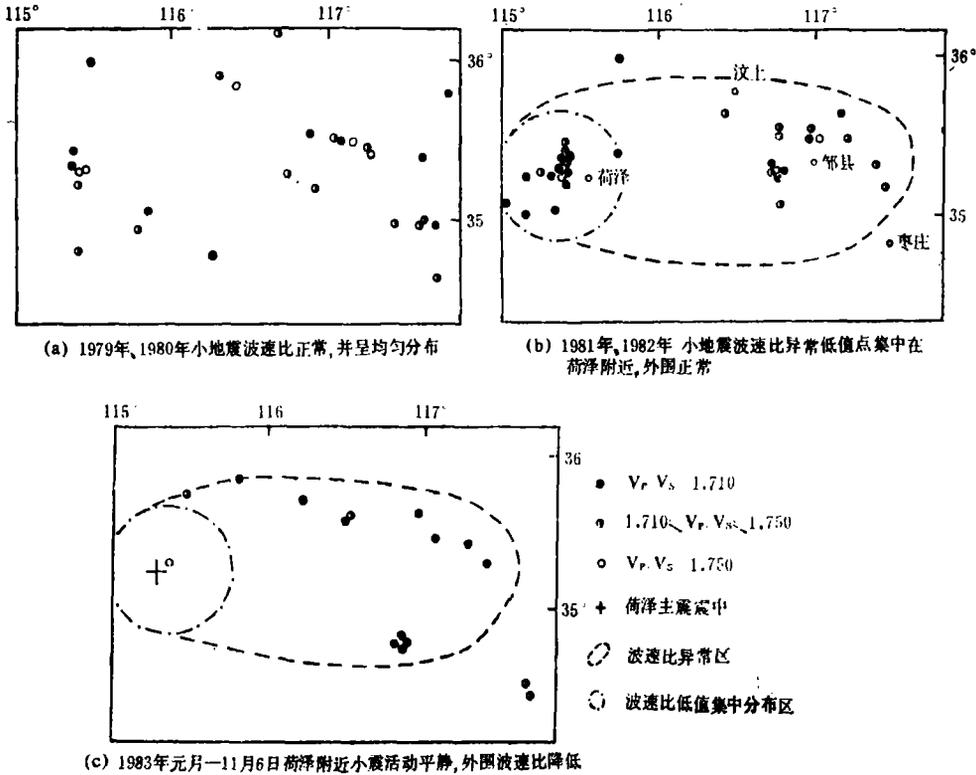


图1 菏泽5.9级地震前小震波速比异常空间分布图

Fig. 1 The spatial distribution of wave velocity ratio anomaly of small earthquakes before the Heze earthquake with Ms 5.9

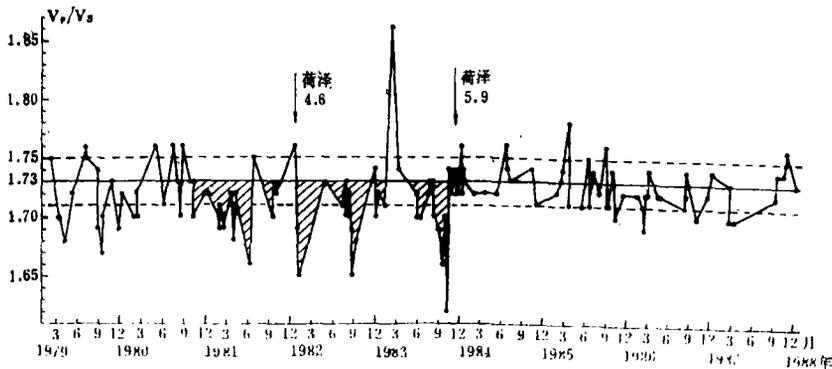


图2 菏泽5.9级地震前小震波速比变化随时间进程图

Fig. 2 The temporal variation of wave velocity ratio of small earthquakes before the Heze earthquake with Ms 5.9

### 三、讨 论

1. 为了检验菏泽地震前小震波速比异常范围的客观性,按上述方法和精度要求,根据山东及河南两省地震台网观测报告所提供的资料,本文又计算处理了1979~1987年在 $33^{\circ}\sim 37^{\circ}\text{N}$ ,  $117^{\circ}46'\sim 120^{\circ}\text{E}$ 和 $33^{\circ}\sim 37^{\circ}\text{N}$ ,  $111^{\circ}\sim 115^{\circ}\text{E}$ 范围内约300次小地震波速比值,得到两个地区平均波速比值分别为 $1.73\pm 0.02$ 和 $1.70\pm 0.03$ 。这两个地区在菏泽5.9级地震前后均未发现明显的小震波速比异常时空分布的变化。

2. 根据冯德益统计的波速异常持时与异常区最大线度与主震震级的关系式〔6〕

$$M_s = 4.25 + 1.45 \lg \Delta T (\text{月}) \pm 0.7$$

和

$$M_s = -1.4 + 3.4 \lg L (\text{公里}) \pm 0.7$$

将上述菏泽地震前的小震波速比异常持时 $\Delta T = 36$ 月和异常区最大线度 $L = 220$ 公里代入公式计算,分别得出估算震级为 $6.5\pm 0.7$ 和 $6.6\pm 0.7$ ,均比实际震级要高。

3. 菏泽地震前小震波速比异常的时空同步变化特征是比较明显的。今后在研究波速比异常随时间变化的过程中,应注意分析其空间异常变化图象,这对于判断异常的可靠性可能是有益的。

(本文1989年5月15日收到)

### 参 考 文 献

- 〔1〕冯德益等, 1983年菏泽5.9级地震前波速比异常变化, 地震学刊, No. 3, 1986.
- 〔2〕周焕鹏, 菏泽5.9级地震前的地震波速比异常, 地震, No. 1, 1989.
- 〔3〕戴维乐, 华东地区波速比变化与地震, 地震, No. 4, 1981.
- 〔4〕林怀存等, 菏泽地区地壳厚度和基本参数的测定, 华北地震科学, Vol. 5, No. 2, 1987.
- 〔5〕复旦大学数学系, 概率论与数理统计, 上海科学技术出版社, 1978.
- 〔6〕冯德益等, 我国西部地区一些强震及中强震前后波速比异常的初步研究(二)一波速异常区及其特征, 地球物理学报, Vol. 20, No. 2, 1977.

TEMPORAL AND SPATIAL ANOMALY CHARACTERISTICS OF  
WAVE VELOCITY RATIOS OF SMALL EARTHQUAKES BEFORE  
THE HEZE EARTHQUAKE WITH Ms 5.9

Dai Weile

(*Seismological Bureau of Anhui Province, Hefei*)

Abstract

In this paper, the temporal-spatial variation characteristics of wave velocity ratios of small earthquakes before the Heze earthquake with Ms 5.9 are studied. It is found that there is a concentrative area of low value anomaly of wave velocity ratios near Heze for two years. When the wave velocity ratio rises again up to the maximum value in the concentrative area, the activity of small earthquakes becomes quiet. Then the low values of wave velocity ratios extend toward outer. When the wave velocity ratios of small earthquakes in the periphery change to the minimum value, and then the values rise again to normal, the mainshock occurred in the concentrative area of low values. Before the mainshock, the low values of wave velocity ratios last three years, restoring to the normal values until about 15 days prior to the mainshock. Finally, some relative problems about the wave velocity ratio anomaly are discussed.