

1979年3月2日固镇5.0级地震

王 炜 宋俊高 戴维乐

(安徽省地震局)

摘 要

本文对1979年3月2日固镇5.0级地震的主震参数、震前的地震活动以及地震序列的特征进行了一些研究。结果表明：震前在震中附近区域存在小震活动的空区。空区形成后，小震的频度、b值、应变释放等参量出现了异常变化。一定区域的波速比在震前也有异常显示。同时，临震前于空区的边缘发生了一组具有某些临震信息的地震。

文中也对余震序列的概况作了介绍，指出该序列具有机制稳定、b值较低等与一般余震序列不同的特征。

一、主震参数

1979年3月2日安徽省固镇县发生了一次5.0级地震，震中位于北纬 $33^{\circ}11.3'$ ，东经 $117^{\circ}24.9'$ ，震中烈度6度，震源深度11公厘，震中区没有造成人畜伤亡现象。主震震源机制解见表1。

根据余震分布（图4）及宏观等震线的长轴走向可以确定主震破裂面为北西西向的B节面，由机制解可知破裂面性质为左旋张扭性断层，这是与华北地区近年来的一些大震机制相一致的，表明该区地震为华北地区应力场所控制。

利用南京台、泰安台的基式仪记录求得主震的等效位错圆半径 r 、地震矩 M_0 和应力降 $\Delta\sigma$ 见表2。

表 1

	节面A	节面B	P轴	T轴	N轴	X _A 轴	X _B 轴
走 向	41°	289°	258°	349°	86°	198°	311°
倾 向	NW	SSW					
倾角(仰角)	50°	65°	48°	9°	39°	25°	40°

表 2

台名	r (公里)	M_0 (达因厘米)	$\Delta\sigma$ (巴)
南京	2.08	6.29×10^{23}	30.58
泰安	2.08	12.52×10^{23}	60.87

二、震前的地震活动

历史上固镇及邻近地区没有发生过强震,有记载以来,距震中100公里范围内曾发生5次5级以上地震,即:公元294年7月寿县5½级,1537年5月13日灵璧县5½级,1829年11月18日五河县5½级,1831年9月28日凤台县6¼级和1868年10月30日定远县5½级。近年来震中及邻近地区的地震活动水平是较低的,但是这次5.0级地震前的小震活动还是存在一些震兆的。

资料表明,自1972年安徽省建立地震台网至1977年5月10日,在5.0级地震的震源区域一直没有发现小震活动。但是5月10日江苏溧水4.1级地震后的6小时,在这次地震的震源区连续发生了最大震级为2.4级的三个小震。此后震源区外围区域的地震活动水平较高,在震前大约22个月的时间里,形成了一个 $M_s \geq 1.0$ 的小震活动空区(图1),其长轴走向为北东向,长度约160公里。这与77年5月前22个月中的地震活动图象不一样。若求出震前各次地震与5.0级地震的震中距 R ,作 R 随时间 t 的变化图,可以看出在空区形成过程中小震活动有一个由震中向外扩展,然后再向未来震中收缩的过程。

这次5.0级地震位于郯庐断裂带的西侧附近,震前在震中附近的郯庐断裂带两侧,地震活动性有较明显的变化。取北纬 $32^\circ-34^\circ$ 、东经 $117^\circ-119^\circ$ 范围内发生的地震分析,可以看出 $M_L \geq 3.0$ 级地震的年频度在78年有显著的增加,是以往的5倍以上。应变释放曲线(图2)表明自78年1月至6月有明显的加速,以后释放速率较低,直至发震。该区 b 值自78年上半年起也有一明显下降过程。

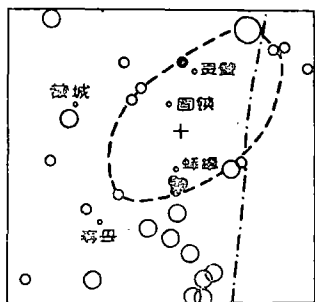


图1 1977年5月10日—
1979年3月2日固镇地震前
 $M_s \geq 1.0$ 级地震分布图

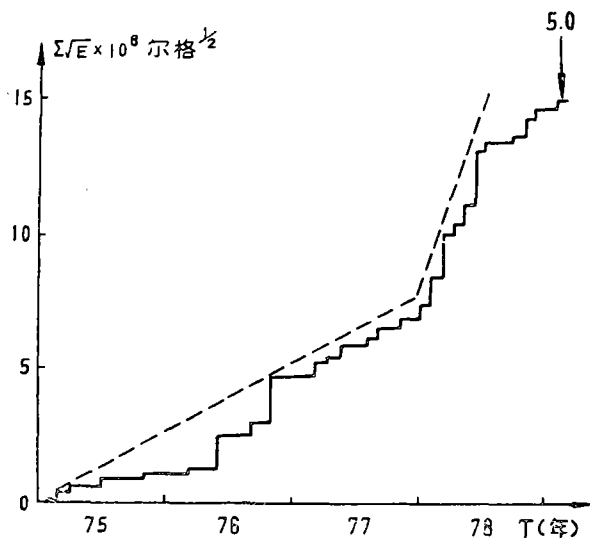


图2 固镇附近区域的应变释放曲线

震前自1976年8月至1977年11月在震中的南部区域还存在着一个波速异常区,这次地震前的波速异常变化过程具有异常期及异常恢复期都较长并且异常区域较大的特点,这些在文献^[2]中作了详细叙述,本文不再重复。

这次5.0级地震前12天,即2月17日,在短短的四个小时内,于震中南北两个方向约40

公里左右连续发生了四个小震（表 3），在这样短的时间内发生这样多的地震是该区自有仪器记录以来所未曾有过的，可能是固镇5.0级地震的前兆地震。

这四个小震，特别是发生在南部的三个地震有如下的两个特征：

（1）、机制一致。这三个小震由于震级较小，不能求得机制解，但是在附近的蚌埠、加山、灵璧、淮南等台上所记到的初动及其地震波形都是一致的，这说明三个地震的破裂机制相同。

（2）、波形特殊。灵璧台记到的南部三个地震波形较特殊， $\overline{S}$ 波的周期都明显大于 S_{11} 波（图 3）。由于这三个地震至灵璧台地震射线的路径恰好自主震震源区边缘通过，并且主

表 3

编号	发震时间	震级(MS)	北 纬	东 经	深 度 (公里)
1	02—07—32	1.0	33°38.′6	117°24.′5	13
2	04—42—16	1.3	32°50.′5	117°23.′3	17
3	04—13—00	1.9	32°50.′4	117°22.′8	17
4	05—53—45	1.3	32°50.′1	117°22.′6	20

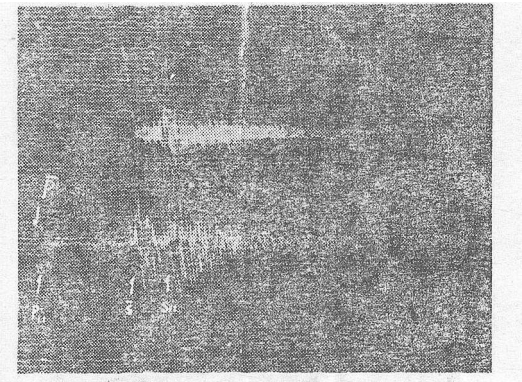


图 3 灵璧台DD—1型地震仪
所记录到的 2 月 17 日第 3 号地震的波形

震震源区大体位于地震震中至灵璧台的中部，因此当 $\overline{S}$ 波以一定的方向通过孕震区时，可能高频成份吸收较多，而 S_{11} 波在主震震中附近的传播路径自地壳底部通过，并没有穿过孕震区，因而便出现了上述地震波形的特征。

三、固镇地震序列

固镇地震序列为主震—余震型序列，主震能量与序列总能量之比 $E_{主}/E_{总}=98.9\%$ ，主震与最大余震震级之差为1.5级。本序列仅有一个3.2级前震，余震序列截止 6 月 16 日共发生 0.1 级以上的地震 70 次，其中

$3.0 \leq M_s < 4.0$	4 次
$2.0 \leq M_s < 3.0$	4 次
$1.0 \leq M_s < 2.0$	25 次

余震序列的频度衰减系数 $p=1.15$ 。

序列的震中分布（图 4）表明 $M_s \geq 2.0$ 级地震大体呈北西西向分布，长度约 5 公里，其走向与主震机制解中的 B 节面大体一致。本序列的地震震源深度基本在 5—11 公里范围内，前震位置与主震相近，余震深度一般小于主震及前震深度。

本序列地震的波速比大体都在 1.70 左右波动，这与该地区历年的平均波速比值相一致，在一些 $M_s \geq 3.0$ 级的较大余震前没有观察到波速比有明显下降过程。

余震序列除了有上述一些情况外，还有如下三个特征。

(1)、截止5月31日求得余震序列 b 值为0.52 (图5) 这比该区域近年来的平均 b 值 ($b=0.76$) 还要低。

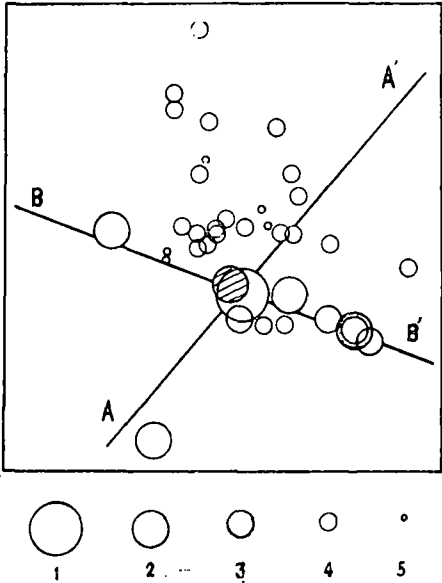


图4 固镇地震序列震中分布图
(A—A', B—B'为两条节线, 带斜线的为前震)
1. $M_s=5.0$ 2. $3.0 \leq M_s < 4.0$ 3. $2.0 \leq M_s < 3.0$
4. $1.0 \leq M_s < 2.0$ 5. $M_s < 1.0$

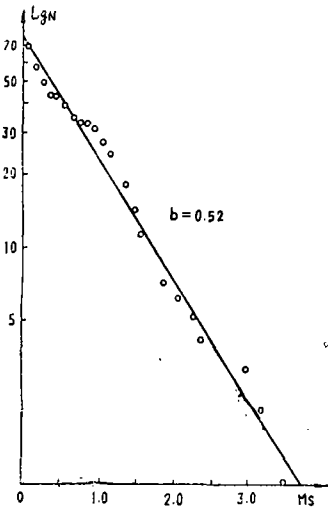


图5 固镇余震序列 b 值

- 2. 余震衰减的后期仍有些较大的 $M_s \geq 3.0$ 级地震发生, 即3月23日的3.0级、5月31日3.2级、6月14日的3.0级地震。
- 3. 余震的震源机制较一致。

表4

日期	发震时刻	震级	节面 A			节面 B			P 轴		T 轴		N 轴		X _A		X _B	
			走向	倾向	倾角	走向	倾向	倾角	走向	仰角	走向	仰角	走向	仰角	走向	仰角	走向	仰角
2/3	15—18—23	3.2	45°	NW	56°	290°	SW	58°	256°	50°	348°	2°	79°	39°	200°	32°	316°	34°
2/3	15—20—13	5.0	41°	NW	50°	289°	SW	65°	258°	48°	349°	9°	86°	39°	198°	25°	311°	40°
4/3	12—10—18	3.5	46°	NW	67°	297°	SW	52°	270°	50°	171°	6°	70°	43°	207°	37°	322°	27°
23/3	20—58—03	3.0	42°	NW	60°	301°	SW	71°	259°	35°	354°	7°	93°	54°	201°	19°	312°	29°
31/5	10—40—44	3.2	42°	NW	56°	298°	SW	70°	256°	39°	253°	8°	93°	50°	209°	20°	316°	33°
14/6	21—31—10	3.0	37°	NW	75°	305°	SW	80°	261°	21°	171°	1°	92°	72°	213°	15°	308°	14°

四、震源机制及振幅比

固镇余震序列的机制是较一致的。表4为序列中 $M_s \geq 3.0$ 级地震的震源机制解。可以看出上述地震的机制解基本一致, 余震与主震之间没有显著的差异。而对于余震序列中震级较小的地震, 它们的初动和振幅比^[8]都表明其机制虽然有些变化, 但变化是不大的 (图6)。由图可知对于初动清楚的余震, 蚌埠、淮北两台初动全部向上, 五河、蒙城两台全部向下。怀远、灵璧、嘉山三台的初动较乱, 可能与它们处于主震机制解的节线附近有关。同样上述各台的振幅比较为稳定, $\overline{p}$ 与 $\overline{S}$ 振幅之间呈线性关系。若令 $X_i = A s_i$, $y_i = A p_i$, $\overline{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i$,

$\bar{y} = \sum_{i=1}^n y_i$, 则各台的相关系数

$$R_{11} = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \cdot \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}} \quad \text{表明, 其线性关系在0.01的水平上全部显著}^{[4]} \text{(表}$$

5)。表6还表明处于节线附近的加山、灵璧、怀远三个台的相关系数较低, 同样它们的初动也较乱。而对其它四个台, 它们的初动较一致, 其相关系数也较高, 相关系数全部大于0.94。

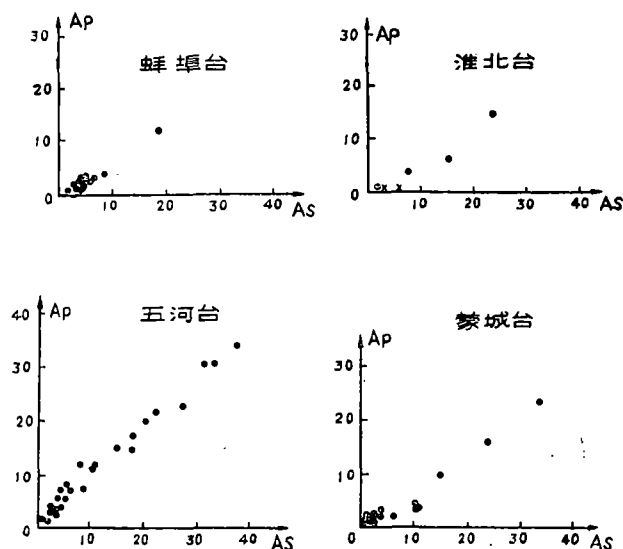


图6 固镇余震序列的振幅比
·初动向上 ○初动向下 ×初动不清

文献^[8]、^[5]讨论了如何利用一组地震振幅比的稳定性来区分前震、震群以及余震的问题。通常对于前震和部分震群, 它们的振幅比是较稳定的, 但是对于固镇地震余震序列, 它们的振幅比也同样是较稳定的。因此利用振幅比来区分前震, 震群以及某些余震序列是复杂的。

由固镇地震余震序列, 我们还可以看出 $\bar{P}$ 与 $\bar{S}$ 振幅之间相关系数的高低在一定程度上表征了初动一致性情况, 因此震源参数的一致性程度是可以各台的相关系数来表示。至于如何利用相关系数来区分前震、震群或某些余震序列, 目前尚无更多资料。

为了检验该余震序列与某些前震序列或震群在振幅比稳定性方面的差异, 令 $X = A_s / A_p$, 对每组地震或序列, 将各台的 X 归一, 设 $Y_i = X_i / \bar{X}$ ($\bar{X}$ 为各台 X 的均值), 并算出需要对比的各组地震的 y 值方差 σ^2 , 假定各组地震 y 值服从正态分布, 则将固镇余震序列与文献^[5]给出的各组地震振幅比的方差进行 F 检验, 以确定它们在振幅比稳定性方面有无显著性差异。取置信水平为95%, 其结果见表6。

可以看出固镇余震序列与黑山震群外的其它五个震群均无显著性差异, 而与海城前震序

表 6

地震	海城地震前	平遥	霍山	和顺	本溪	黑山	砭矶	固镇余震
σ^2	0.19	0.35	0.34	0.41	0.35	0.60	0.30	0.31
F		1.83	1.70	2.11	1.83	3.16	1.58	1.66
N-1	151	225	184	135	106	175	157	133
台数	12	3	6	3	5	4	8	7
F 检验结果		均与海城前震有显著性差异						

表 5

台名	蚌埠	淮北	蒙城	五河	嘉山	灵璧	怀远
R ₁₁	0.96	0.97	0.95	0.94	0.87	0.70	0.74
N	14	6	23	26	20	18	25

列却有显著性差异。

(本文1980年11月13日收到)

参 考 文 献

- [1] 郑治真, 波谱分析基础, 地震出版社, 1979.
- [2] 戴维乐等, 固镇地震前波速比异常特征, 西北地震学报, Vol. 4, No. 1, 1982.
- [3] 金 严等, 辽宁海城地震前震源错动方式的一个特点, 地球物理学报, Vol. 19, No. 3, 1976.
- [4] 中国科学院数学研究所, 回归分析方法, 1974.
- [5] 魏光兴等, 1976年春季山东庙岛群岛的两次小震群, 地震学报, Vol. 2, No 3, 1980.

THE MARCH 2, 1979 GUZHEN EARTHQUAKE ($M_s = 5.0$)

Wang Wei Song Jungao Dai Weile
(Seismological Bureau of Anhui Province)

Abstract

In this paper, the main shock parameters of the March 2, 1979 Guzhen Earthquake, the seismicity before the main shock and the characteristics of the earthquake sequence are studied. The results show that before the main shock, the seismic gap formed by some small earthquakes exists in a nearby region around the epicenter of the main shock. After the formation of this gap, the frequency of small earthquakes, the value of b , the strain release, etc. show anomalous changes. The velocity ratio in a certain area before the main earthquake shows anomaly too. On Feb. 17, 1979, a set of earthquakes with some information about the main shock occurred on the edge of the gap.

The survey of the aftershock sequence is introduced in this paper. And it is pointed out that the sequence is characterized by the stable source mechanism and the lower b value which are different from other general aftershock sequences.