

1987年8月10日灵武5.5级地震前后小震 活动图象及震区应力场特征

赵知军 王玉霞 刘秀景

(宁夏回族自治区地震局)

摘 要

本文对1987年8月10日灵武5.5级地震进行了综合研究。其地震序列属前震—主震—余震型，前震和余震沿该区两条主要断裂分布，主震位于两条断裂交汇部位。震前形成了明显的小震活动空区。这次地震的发震构造走向为 322° ，长16km。震区应力场主压应力方向为 268° 。本文还指出，强烈的水平和垂直差异运动是灵武地区频繁多震的主要原因。

一、地震的基本参数及震区构造特征

1987年8月10日宁夏回族自治区境内的灵武地区发生了一次 $M_s 5.5$ 级地震，其前震、主震及三次较大余震的基本参数见表1。

表1 区域台网测定的地震基本参数表

编号	发震时间	震中位置		震级		深度(km)
		纬度	经度	M_L	M_s	
1	87年7月4日22时41分	$38^\circ 05'$	$106^\circ 13'$	4.0	3.4	10
2	87年8月10日20时12分	$38^\circ 03'$	$106^\circ 17'$	5.8	5.5	10
3	87年8月10日20时26分	$38^\circ 05'$	$106^\circ 14'$	4.8	4.3	13
4	87年8月10日20时46分	$38^\circ 06'$	$106^\circ 13'$	4.9	4.5	15
5	87年8月10日20时46分	$38^\circ 04'$	$106^\circ 16'$	4.9	4.5	11

这次地震序列属于前震—主震—余震型。自1986年11月至1987年12月整个地震序列中，共发生前震和余震527次，其中最大震级为 $M_L 4.9$ 。这是宁夏地区自有仪器记录以来，前震、主震和余震序列记录最全、定位精度最好的一次。

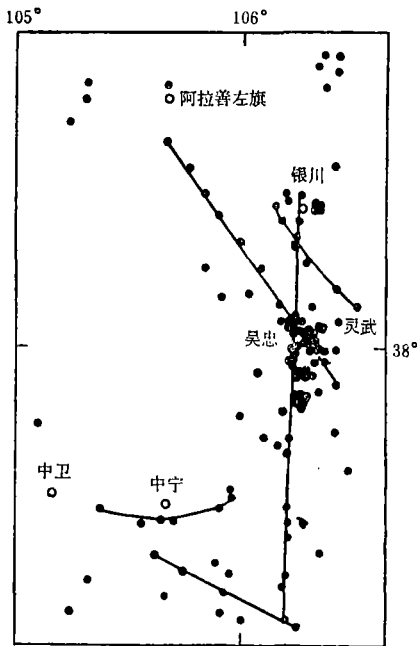


图1 灵武地区两条主要的地震活动带
Fig.1 Two leading active seismic belts in Lingwu region

此次地震的前震和余震沿着两条主要的隐伏活动断裂分布(图1),主震发生在两条断裂的交汇部位。北西走向的断裂自灵武以南向北西一直延伸到阿拉善左旗,近南北向的断裂自银川市以南一直延伸到北纬37°线附近。这两条活动构造不是连续分布的,其间断区段最长达24km左右。

二、震前孕震空区及前震活动图象

1. 前震活动和孕震空区

1986年11月在主震的东南方向近南北向的断裂带上发生了一次前震震群活动,共发生小震22次,最大震级为 $M_L 3.8$ 。此后小震主要在北西向的断裂带的西端活动。临近主震前,7月4日在主震北西方向约7km处发生了一次 $M_L 4.0$ 级前震。自1986年11月震群发生后至主震前形成了一个明显的椭圆形地震空区(图2b)。该空区恰好位于两条断裂的交汇部位,其长轴约16km。 4.0 级前震发生在空区的北部边缘,主震发生在空区的中段边界上。用公式 $M = 2.1 \log L + 3.3^{[1]}$ 计算,震级为5.8级,与区域台网测定的 M_L 震级一致。

2. 前震的震源深度分布特征

主震和 $M_L \geq 3.5$ 的小震的震源深度是用图解法求得的,其余小震的震源深度采用文献〔2〕的方法计算求得。图3为震源深度剖面图,图中两条剖面线均过主震震中,一条沿 $106^\circ 16'$ 的经线方向(图3a、b),另一条沿余震分布的长轴方向(图3c)。

1986年11月发生的前震震群的震源深度为14—16km。1986年12月至1987年8月10日5.5级主震前发生的4.0级前震和一些小震的震源深度在12km左右。由图3可以看出,主震前,小震的震源深度随时间经历了由深到浅的变化过程。从震源深度的分布还可以看出,主震前首先是南北向断裂发生错动,以后北西向的断裂才开始活动。

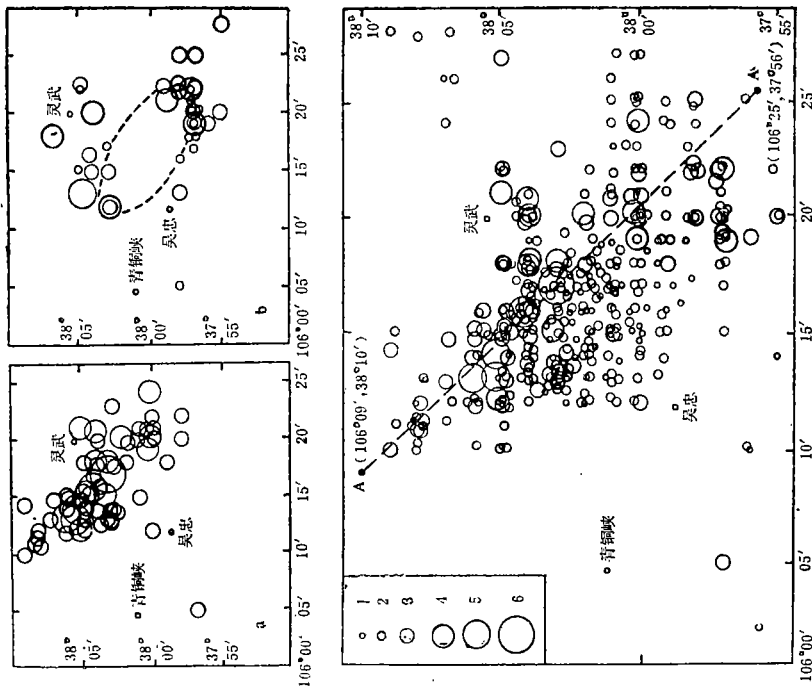


图2 灵武5.5级地震序列震中分布图

1. $M_L < 1.0$ 2. $1.0 \leq M_L \leq 1.9$ 3. $2.0 \leq M_L \leq 2.9$
 4. $3.0 \leq M_L \leq 3.9$ 5. $4.0 \leq M_L \leq 4.9$ 6. $5.0 \leq M_L \leq 5.9$
 Fig. 2 Epicentral distribution of the seismic sequence of the Lingwu earthquake ($M_s = 5.5$)

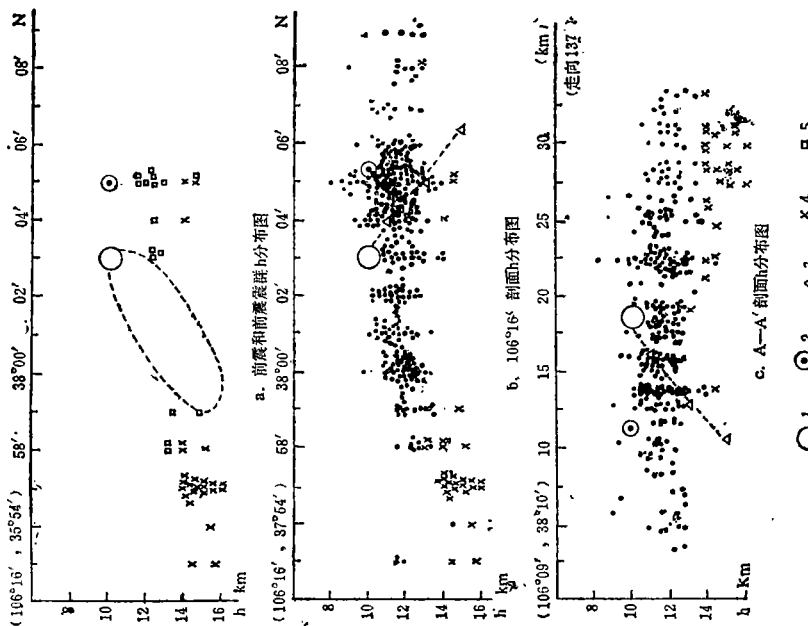


图3 震源深度剖面图

1. 主震 2. 前震 3. $M_L > 4.0$ 级余震 4. 前震震群
 5. 1987年1月-8月10日小震

Fig. 3 Section of the seismic source depth

三、余震活动图象

1. 余震活动的平面图象

余震分布区的长轴方向为 317° ，与主震震源机制解中的节面 I 非常接近（图 4 b），其长轴约 34 km，短轴为 19 km（图 2 a, c）。另外，余震也显示了沿南北方向的优势分布。但是，北西方向的地震活动比南北方向的地震活动要强烈得多。

余震分布的另一个特点是，几次 $M_L \geq 4.0$ 级的余震与主震同位于一条直线上，并且分布于主震的北西方向（图 2 c），反映了地震时断裂是作左旋错动的。

2. 余震震源深度的分布特征

由图 3 b, c 可以清楚地看到，在北西向构造上发生的 $M_L \geq 4.0$ 地震，其震源深度分布表现为向北逐渐加深， $M_L < 4.0$ 地震的震源深度有向西逐渐加深的趋势。在南北向构造上发生的 $M_L < 4.0$ 的地震，其震源深度向南逐渐加深。显然在这两条断裂的交汇处震源相对变浅。从震源深度分布在 10—13 km 之间的情形看，也有水平层间滑动的迹象。上述事实表明，在灵武地区，一方面由于区域应力场近东西方向的挤压，使两条断裂交汇处的地壳上隆，另一方面由于重力的均衡作用产生向下的垂直力，在垂直力和水平力共同作用下，使两条断裂交汇处及其附近产生了极其强烈的差异运动，这就是灵武地区频繁多震的原因。

四、震区应力场特征

我们求得了该次地震系列中主震、一次前震和两次主要余震的震源机制解（表 2）。

表 2 震源机制解

编号	节面 I			节面 II			P轴		T轴		N轴		X轴		Y轴	
	走向	倾角	倾向	走向	倾角	倾向	方位	仰角	方位	仰角	方位	仰角	方位	仰角	方位	仰角
1	82	80	ES	174	82	WS	216	13	128	1	32	77	264	8	172	10
2	10	50	NW	142	52	NE	256	1	348	63	165	27	52	38	280	40
3	77	80	NW	170	70	NE	32	22	125	7	231	68	80	20	347	10
4	34	54	ES	137	72	WS	82	11	181	40	338	48	227	18	124	36
5	43	74	ES	121	54	NE	89	37	348	12	242	49	31	36	133	16

表中第 5 栏为灵武台记录的 1986 年 7 月 17 日—1987 年 7 月 20 日小震综合解

从图 2 可以看出，余震优势分布的长轴方向为 317° ，特别是 4 次 $M_L \geq 4.0$ 级的较大余震都分布在这个方向上。另外，宏观考察时发现，崇兴乡清真寺门厅上方的方形装饰砖柱，地震时右旋（顺时针）转动了 25° 左右（见图 4 b 中的 A 点），只有当地面反时针运动时才能造成这种扭转现象。参考震源机制解中的节面 I，可以判定，灵武 5.5 级地震的发震构造为北西向。由于断层面接近水平面方向，因而显示了倾斜的层间错动迹象。断层错动以左旋压扭性为主。

为了确定主震前应力场的方向，我们求得了距主震震中 7 km 的灵武地震台，1986 年 7

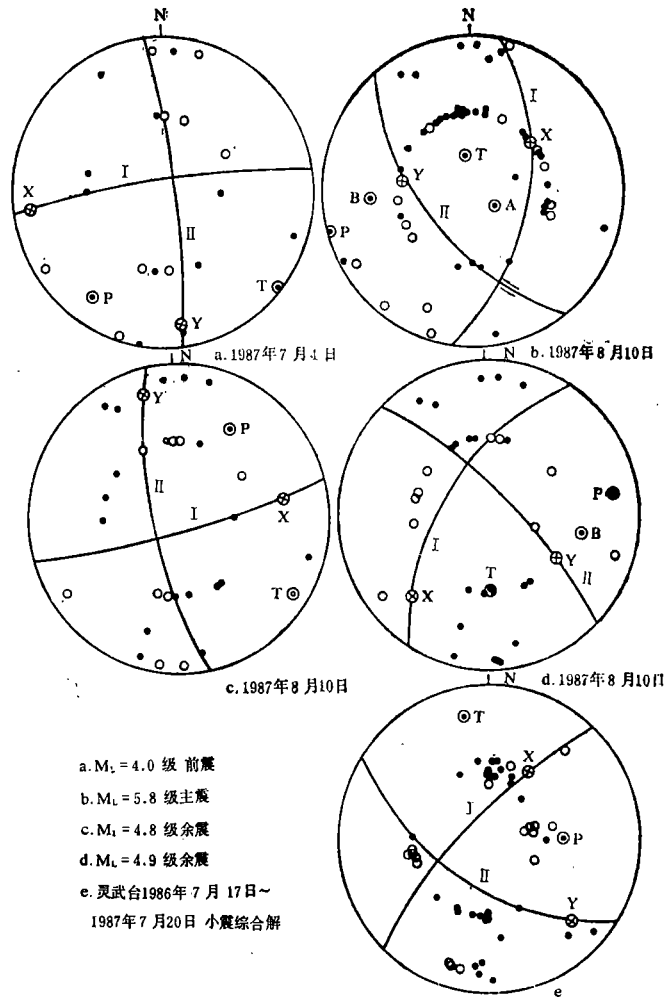


图4 地震序列震源机制解图
Fig. 4 Solutions of the source mechanism

月17日至1987年7月20日记录(共48个初动符号)的小震的综合震源机制解,矛盾比占17%(图4e),得出p轴的方位为 269° 。岩石破裂实验证明,如果考虑断层面上的摩擦力,震前(断层破裂前)主压应力轴和断层面之间的夹角为 $25^\circ\text{---}30^\circ$ [8]。实际调查资料表明,灵武地区断层规模小,属低阻软弱区,所以其介质抗剪强度差。我们取p轴与断层之间的夹角为 25° ,求得B点(图4b)的p轴方位为 268° ,与用小震综合解求得的应力场的方位基本一致(表2)。通过上述分析,可以认为,5.5级地震前灵武地区的区域应力场的主压应力方向为 268° 。

从图2a和图4中可以看出,尽管前震、主震和较大余震的震中分布在同一轴线上,但它们却具有不同的主压应力轴向(表2)。这是由于主压应力作用在与主断层纵横交错的小断层上而形成的。

五、结论与讨论

根据以上的分析我们认为:

(1) 灵武5.5级地震的发震断层走向为 322° , 长度为16km, 属左旋压扭性的逆冲断层。震前该地区的主压应力轴方向为 268° 。

(2) 垂直差异运动强烈是灵武地区频繁多震的原因。

(3) 灵武地区分布有两条隐伏断裂带, 也是该地区的主要地震活动带。这两条断裂带不是连续的, 其上的不连续段一旦解锁或被错通, 根据文献[1]的公式计算, 将会发生 $M_L \geq 0.6$ 级地震。所以对这些地段在今后应当给予足够的重视。

(本文1988年6月4日收到)

参 考 文 献

- [1] 郭增建等, 震源孕育模式的初步讨论, 地球物理学报, Vol.16, 1973.
 [2] 赵知军, 宁夏及其邻区虚波速度与震源深度分布, 西北地震学报, Vol. 4, No. 4, 1982.
 [3] 徐果明、周惠兰, 地震学原理, 科学出版社, 1982.

THE ACTIVE PATTERN OF SMALL EARTHQUAKES AND THE FEATURES OF FOCAL REGION STRESS FIELD BEFORE AND AFTER THE LINGWU EARTHQUAKE OF $M_s 5.5$ ON AUG. 10, 1987

Zhao Zhijun, Wang Yuxia, Liu Xiujing

(*Seismological Bureau of Ningxia Hui Autonomous Region*)

Abstract

The Lingwu earthquake of $M_s 5.5$ on Aug. 10, 1987 is studied comprehensively. Before the seism, the direction of the principal compressional stress axis of the regional stress field is 268° . The strike of the structure where the earthquake occurred is 322° , it is 16km long. The seismic sequence belongs to the foreshock-mainshock-aftershock type. Foreshocks and aftershocks are distributed along two main active structure zones in Lingwu area. The mainshock is located at place where the two structures cross. The seismic gap appeared before the earthquake. The mechanical reason that a lot of seisms frequently took place in this region is due to the strong horizontal and vertical different motion.