

灵武5.6级地震测震学前兆的反应

赵知军 董卫国

(宁夏自治区地震局)

一、灵武5.6级地震的基本参数

1984年11月23日,在宁夏灵武县境内的同一地点发生了两次地震。由于宁夏境内绝大部分微震仪记录振幅出格,所以我们采用半几何法求得了震中位置和发震时间,并用达法求得震源深度。用银川基准台的DK—1和513型仪器记录,并参照微振仪记录振幅出格后测定震级的几种方法求得震级 M_L 。

由于两次地震的P波到时只差5.6秒,故只能给出第一次地震的震源机制解。各参数如表1和表2所示。

表1 灵武4.8和5.6级地震参数

| 发震时间 | 震中位置 | | 震级 (M_L) | 深度 (Km) |
|-------------------|---------|----------|-----------------|------------|
| | 纬度 | 经度 | | |
| 11月23日17时45分20.8秒 | 38° 03' | 106° 12' | 4.8 | 14 |
| 17时45分26.4秒 | 38° 04' | 106° 13' | 5.6 | 14 |

表2 灵武4.8级地震震源机制解参数

| 节面 | A | | | B | |
|----|------|-----|-----|------|------|
| 走向 | 9° | | | 289° | |
| 倾向 | SE | | | SW | |
| 倾角 | 61° | | | 64° | |
| 力轴 | X | Y | P | T | N |
| 方位 | 198° | 99° | 58° | 150° | 326° |
| 仰角 | 16° | 18° | 1° | 25° | 51° |

二、主震前小震活动情况

这次地震前,从小区域北纬37°—38°55',东经105°30'—106°30', $M_L \geq 2.8$ 级地震的N—T图和M—T图来看(图1C, D),形成了强活动—弱活动—平静—加速活动

至发震的阶段式过程。而 $M_L \geq 1.8$ 级地震的N—T图在震前很长时间却是缓慢上升的(图1A)。从较大区域 $M_L \geq 2.3$ 级地震的N—T图(图1B)来看,震前两年内小震活动水平很低。由于图1中的三条曲线所选区域和震级大小不同,所以震前的变化形态是有差别的,但是主震前几个月内小震震级明显增强,三条曲线同时急剧上升。主震后的余震序列与1971年吴忠5.1级地震相比衰减相当快(图2)。

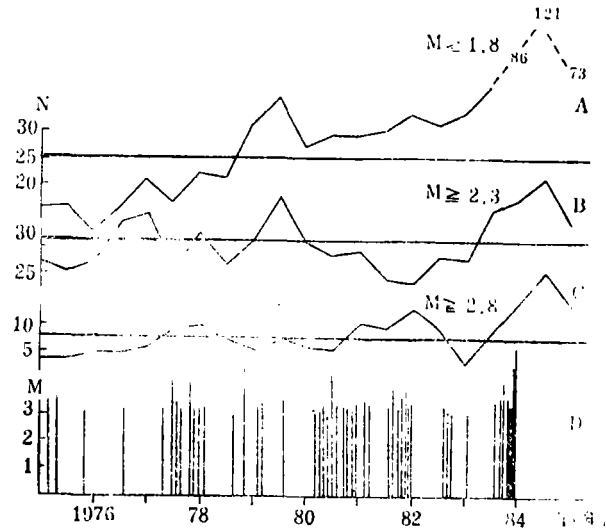


图1 灵武5.6级地震频次和M—T图

上述为主震前小震活动在时间和强度上的主要特点。主震前小震活动在平面分布上的变化则呈三条明显的条带(图3)。第一条为北

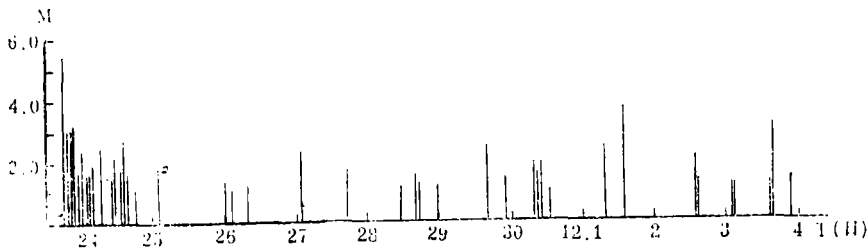


图2 灵武5.6级地震余震M—T图

西向,第二条为北东向,第三条走向为近正南北方向,该条带也是震前五次4级以上地震集中分布的条带(表3),并且在该条带的南端1983年5月发生了最大震级 $M_L=1.9$

表3 五次4.0级以上地震参数表

| 发震时间 | | 震中位置 | | 震级 | | 地名 |
|------------|------------|--------|---------|-------|-------|-----|
| 年、月、日 | 时—分—秒 | 北纬 | 东经 | M_L | M_s | |
| 1978、5、4 | 07—29—05.8 | 38°15' | 106°13' | 4.3 | 3.8 | 永宁县 |
| 1978、8、6 | 16—19—14.5 | 38°08' | 106°10' | 4.3 | 3.8 | 永宁县 |
| 1979、11、6 | 02—47—54.7 | 38°23' | 106°14' | 4.6 | 4.1 | 银川市 |
| 1981、8、31 | 14—39—31.3 | 37°04' | 106°14' | 4.4 | 3.9 | 同心县 |
| 1984、10、26 | 08—27—14.7 | 38°00' | 106°14' | 4.4 | 3.9 | 吴忠县 |

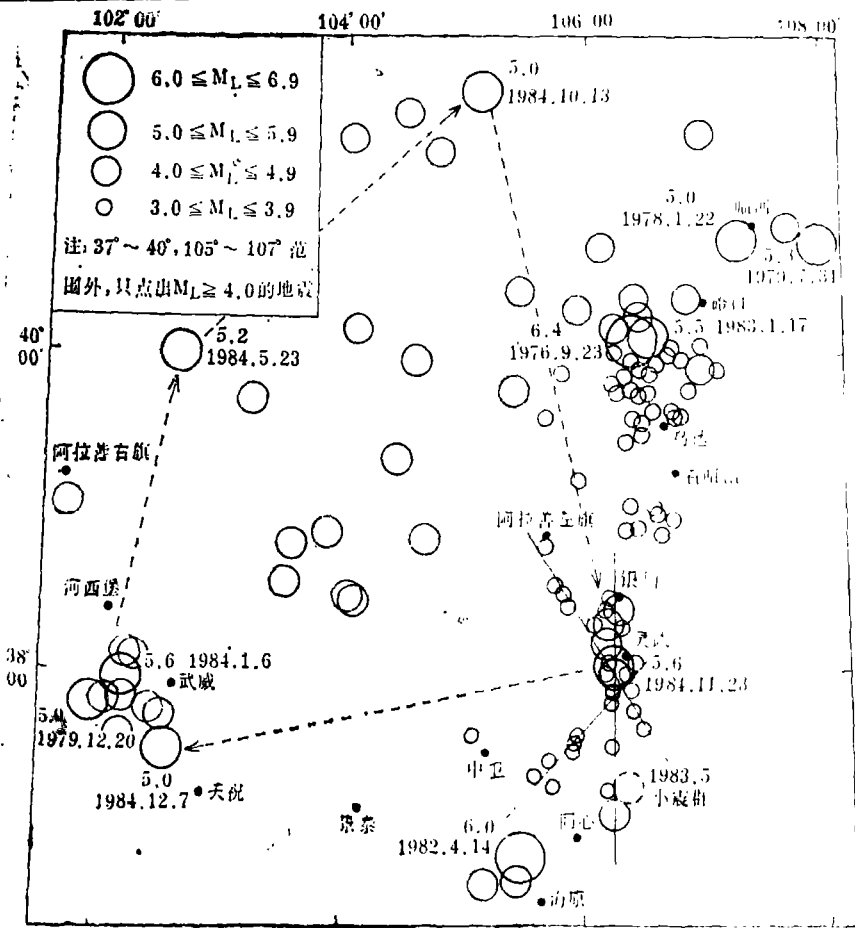


图3 1978年以来阿拉善块体周边上的地震分布图

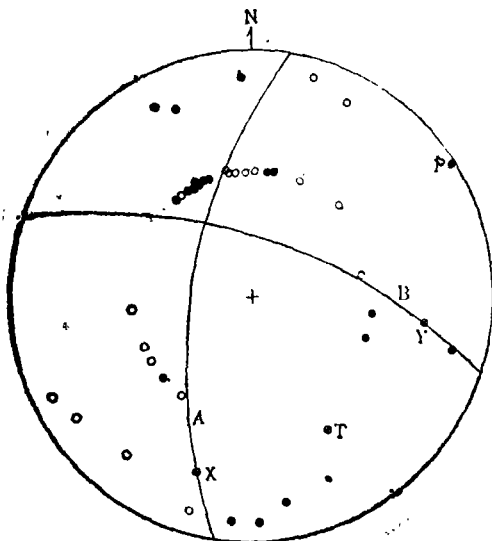


图4 灵武4.8级地震震源机制解

级，总数为15次的小震群。5.6级地震就发生在三个条带的交汇处。由图3可知，从1978年以来，这一地区 $M_L \geq 3.0$ 级的小震几乎全部落在这三条条带的轴线上。其中第三条的走向与机制中 Δ 节面比较接近(图3，图4)。

三、b值在主震前的反应

b值的求法我们采用图解法人工扫描，得到了北纬 $37^\circ - 39^\circ$ ，东经 $103^\circ 30' - 107^\circ$ 这一较大区域内的一条b值变化

曲线如图 5 A。由图可见，1981年初开始出现低值异常，1982年底达到最低值0.40，此后回升。异常开始至发震持续了三年。另一条是北纬37°—39°，东经105°30′—106°30′，这一小区域的b值变化曲线如图 5 B。从曲线上看，1981年下半年出现低值异常，1982年底达到最低值0.44，此后开始上升，至震前半年b值突然增高。异常开始至发震持续时间为两年半。这两条b值曲线表明，这次地震前b值变化有一低值异常。对于b值的这种变化，我们认为：中强震前，震源区及其周围地区有一个低b值异常区。且较大区域的低b值异常出现得早，持续时间也长。小区域的低b值异常出现得晚，持续时间也短。一般来说低b值异常的持续时间都在两年以上。另外从异常出现到发生地震，b值异常要经历一个下降—回升的变化过程。而地震多数是在低b值已经回升（异常结束），或正在回升的过程中发生的。灵武5.6级地震前b值随时间的变化正是如此。

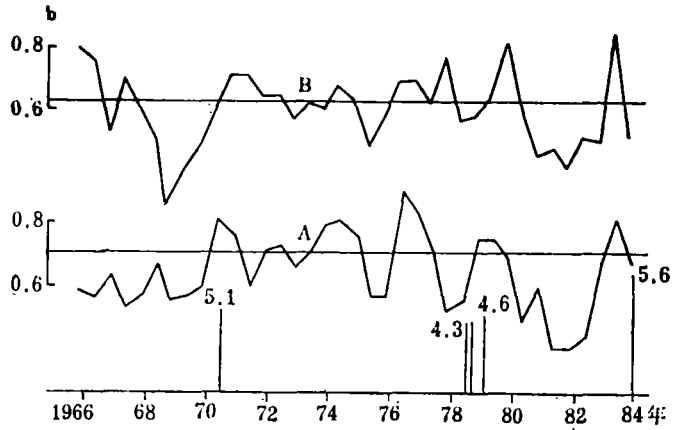


图5 灵武-吴忠地区的b值变化曲线

四、应变曲线和单台波速比的变化

应变曲线对推测未来地震的震级很有意义。对同一活动断裂带，假设区域应力场是稳定的，那么，在一定时间区间内积累的应变能量与形变损失的能量，地震释放的能量以及震后断裂带上剩余的能量等项能量之和应当相等。这里只讨论地震释放的能量。考虑到地震活动分布情况，我们选取北纬37°—39°，东经105°30′—

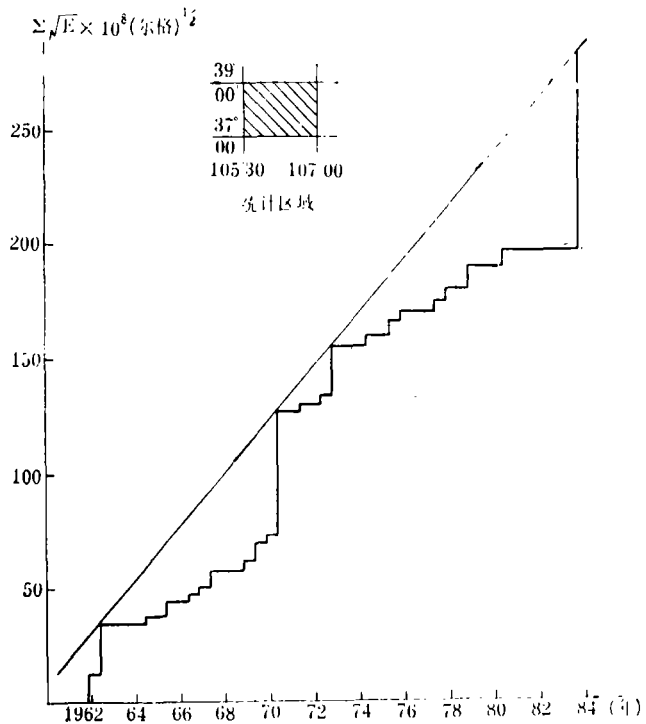


图6 灵武-吴忠 区地震能量释放曲线

106°30' (即银川地堑) 为统计范围。对1962年以来 $M_t \geq 4.0$ 级的地震, 以六个月为一积累单元进行计算, 得到如图6所示的曲线。

在分析应变曲线时, 为了有一个参考标准, 先要确定两个参考指标, 一是应变曲线的斜率 $K(t)$ 即应变释放速率, 另一个是年平均释放的应变能量 \sqrt{E} 。规定: $K(t)$ 值线至少要与应变曲线上的三个点相切(实际上这三个点就是该地区三次比较大的地震事件)。因为应变积累是一个比较缓慢的过程, 所以这三个切点在时间轴上的总长度不得小于十年。考虑到一次较大地震在积累过程中需要一定时间, 所以在计算年平均释放应变能量 \sqrt{E} 时, 应变曲线与 $K(t)$ 值线上两个交点的横标长度即时间间隔要大于四年。然后以每两个交点之间(交点处不参与计算)积累的能量与所对应的时间相比, 求其各段的平均值就定为该地区的年平均释放应变能量 \sqrt{E} 。

有了 $K(t)$ 和 \sqrt{E} 两个指标, 就可以由应变曲线来推测未来地震的震级和可能发生的时间。对特定地区, 可以假定应变能的积累是匀速的, 应变能的释放主要是以地震的形式实现的。因此地震减少时应变曲线将远离 $K(t)$ 线, 称之为应变能加速积累过程。当地震增多时, 释放的应变能量超过年平均应变能量 \sqrt{E} 值, 则应变曲线靠近 $K(t)$ 值线, 称之为加速释放过程。这两种过程对发震时间包含着一种逼近过程。另一种情况就是应变曲线的斜率 $K(t)$ 值不变, 发生地震的总能量亦不偏离年平均应变能量 \sqrt{E} , 称之为正常释放。

根据上面的假定, 由图6看到, 银川地堑地区的应变曲线自1973年至1978年基本上处于正常释放阶段。1979年以后略有加速释放的趋势, 从1980年开始曲线一直处于加速积累能量的过程。我们就是根据这一过程和应变曲线的上端点至 $K(t)$ 值线相应纵标的距离来预报5.6级地震震级的。

另外, 根据文献〔1〕介绍的方法, 使用位于38°区内记录比较好的小口子和同心两个台的资料进行计算, 求得了这两个单台的波速比变化曲线。由图7看到, 自1982年

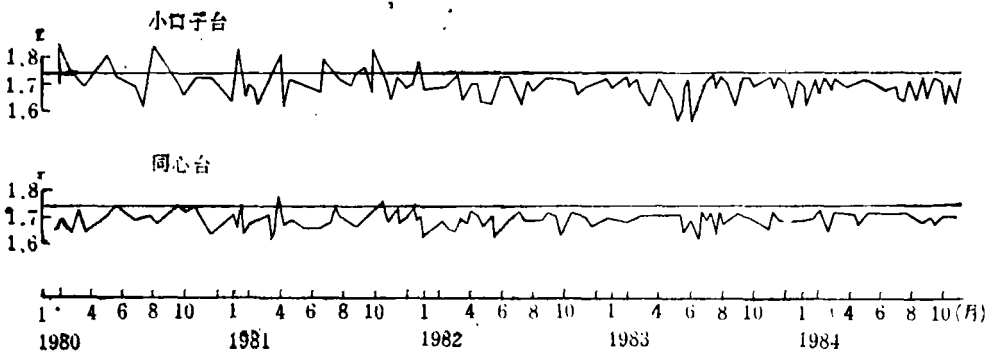


图7 小口子和同心台单台波速比曲线

1月至5.6级地震发生之前, 曲线始终低于理论值1.73, 呈现出长时间的负异常。异常时间近三年之久。

五、讨 论

综上所述，灵武5.6级地震的测震学指标反应是比较明显的。我们曾经根据该地区小震加速活动，低频次，低b值，应变能量的加速积累和单台波速比的负异常等认为，1984年底以前，灵武、吴忠地区可能发生5.1~5.7级地震。上述测震学指标的反应基本上对应了此次地震。

根据本次地震震中烈度调查，极震区等震线的长轴方向近乎南北方向，最外等震线南大北小（说明是由南向北错动的）。还有4.8级地震与5.6级地震震中位置基本重合（表1），深度相同，而4.8级地震的震源机制解中A节面亦为南北方向，南北方向也是震前4级地震集中与展布的方向。由此我们认为：这两次地震是由于近南北方向的构造相对运动造成的。根据文献〔2〕中的观点，其它两组构造主要起着调整，转移能量的作用。又根据廖玉华等的工作¹⁾：吴忠灵武地区处于银川地堑南侧的顶角上，有南北北东和北西三个方向的断裂在此交汇，这是该地区发生双震型地震的地质原因。这一结论与5.6级地震前所观测到的三条小震活动带的方向基本一致。

我们认为：这种震级不太大的双震型机制，可能是由于该地区有两组主要活动构造，而这两组构造其规模相当，深度相近〔3〕，介质的物理性质基本相同，强度不很高且略有差异。再加上区域应力场的大小和作用方向一致〔4〕，应变积累的速率相当等因素而决定的。因此在积累了同等应变能的两处地段上，每隔一定的时间首先在其中一条介质强度略低，易于活动的构造段上发生一次相对震级较小的地震，导致在临近的另一方向的构造上快速增加了应变能，促使第二个介质强度相对略高的构造段发生震级稍大于前者的地震。由该地区1962年以来两个时间间隔三组中等强度地震的资料表明，在该地区积累一次中等强度的双震型地震的能量大约需要十年左右时间。

从大范围的地震活动图象来看，这次灵武5.6级地震是由于阿拉善块体强烈运动所引起。从图3中看到，自1976年9月23日巴音木仁6.4级地震至1984年12月7日甘肃天祝5.1级地震，在阿拉善块体的周边上共发生了11次 $M_L \geq 5.0$ 级的地震。特别是1984年1月6日以后，出现了震中沿着该块体周边按顺时针方向迁移的现象，如图3中的虚线所示。这一事实表明，阿拉善块体目前具有一种相对于周边介质扭动的趋势。因此，阿拉善块体及其周边地区有可能发生破坏性地震，因此，对这一地区，从现在起，就要引起应有重视。

（1985年12月24日收到初稿）

参 考 文 献

- 〔1〕冯德益，地震波速异常，地震出版社，1981。
- 〔2〕郭增建、秦保燕，震源物理，地震出版社，1979。
- 〔3〕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，4，4，1982。
- 〔4〕李孟奎，赵知军，宁夏地区的震源机制与应力场，西北地震学报，3，4，1981。

2

1) 廖玉华、潘祖寿、崔黎明，银川地堑的活动断层与地震，地震观测与预报，1985。