

地震孕育和发生的上冲模式

初洪科 唐铭林

(辽宁省地震局)

为了进行地震预报,人们曾提出了许多地震模式,并解释了一些现象。然而有一些现象至今未能很好解释,如前兆分布一般是围绕震中呈椭圆形,某一地点上的前兆异常会突然出现反向变化,以及前兆异常从外围区向震中区迁移,临震时前兆由震中区向外围迁移等。为了解释这些现象,本文主要以海城大震为例提出了一种上冲模式。

一. 基本事实

从海城地震为例,大地震发生前短期前兆异常可以画出等时线,即大致在同一时间出现的异常线。其异常等时线呈现椭圆形,最内等时线包围震中区,震中区为前兆异常空白区。另外前兆异常从外围区向震中区迁移,各方向的迁移速度基本相等,某一点的异常会在较短时间内出现反向等。在临近地震发生前,异常主要集中在震中区,然后向外围区扩散。下面举例说明。

1. 地下水异常特点 海城大震前五十天左右,即从74年12月中旬到76年元月底,在丹东、锦州、辽阳、盖县等外围地区先后出现地下水异常121起,异常带长

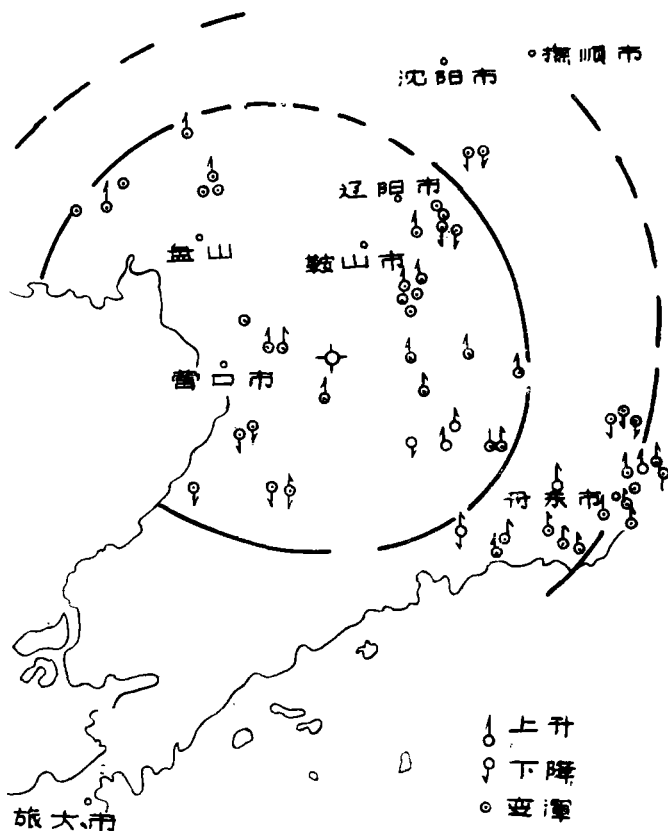


图 1

约300公里,宽约250公里。在此期间震中地区基本上为异常空白区(只出现三起)我们把这

段时间出现的地下水异常称为短期地下水异常。我们按不同的震中距离画出海城大震前地下水变化的等时图,如图1.2所示。从图1.2可以看出地下水的前兆异常有规律的从外围区向震中区迁移。

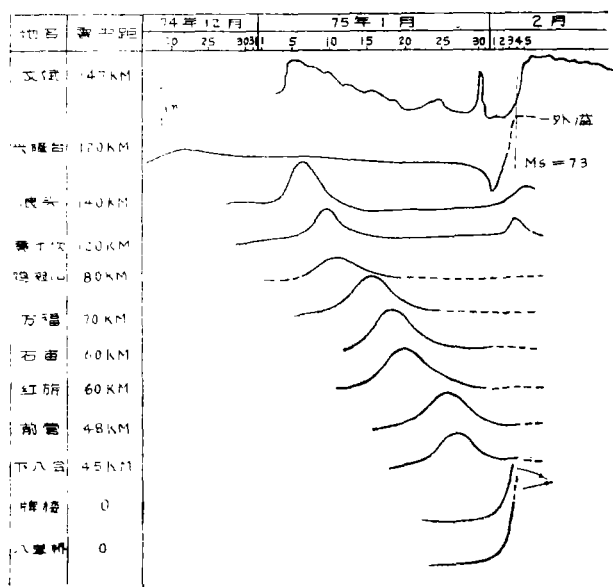


图 2

迁移速度为2~3公里/日。地下水的异常主要以上升为主然后恢复。在临近地震发生前,地下水前兆异常等时线如图3所示。由图3可以看出,临震前震中区先出现异常,异常区相当密集,且也以上升为主。外围区后出现异常,原来已恢复异常的井,此时重新出现上升异常,震后复原。这种由外围主震中和震中又向外围扩散的地下水异常特点应当用含水层受地壳垂直应变影响来解释。

2. 地倾斜异常 海城大震前震中区以及外围区三个地倾斜台和一个短水准台。各台站的震中距和异常特征如表1和图4所示。

表 1

台站	震中距 (公里)	异常特征
营口	20	从1971年6月倾斜矢量偏离年变达8个月向东倾
盘锦	66	从1971年11月出现向西南倾斜,在临震前几天倾斜指向北北东和南南西
沈阳	148	从1971年11月末到1975年1月,出现打结,临震前指向震中(西南)矢量基本指向北北西即震中方向
金县	196	

由表1可以看出大震前震中区有隆起运动,这一隆起运动使营口和盘锦地斜背向震中,而在外围地区的沈阳台则表明震中附近地区可能既发生过隆起也发生过下沉,从而造成沈阳台地倾斜打结和指向震中。

另外海城大震前有三个较可靠的地应力站也表现了离震中远的地应力站先出现异常,整个异常过程的完成亦早,震中越近,异常幅度越大。且晚出现异常,异常的移动速度为1—2公里/日。这一移动速度与短期地下水异常的移动速度是相近的。

3. 大震前的小震活动 根据辽宁省地震台网记录,1972年和1973年全省地震活动较少,每年平均仅70次,且没有4级以上地震。1974年地震活动水平明显上升,全年地震次数增加到580次,为前二年平均数的八倍。并于1974年12月22日在辽阳参窝水库发生地震群,最大震级为1.8级。这一年的地震活动特点是

①小震活动从外围首先发生,然后逐渐向震中迁移,而震级也向震中区递增。

②小震震源深度很浅,有很多一级以下的小震,人们皆有感。

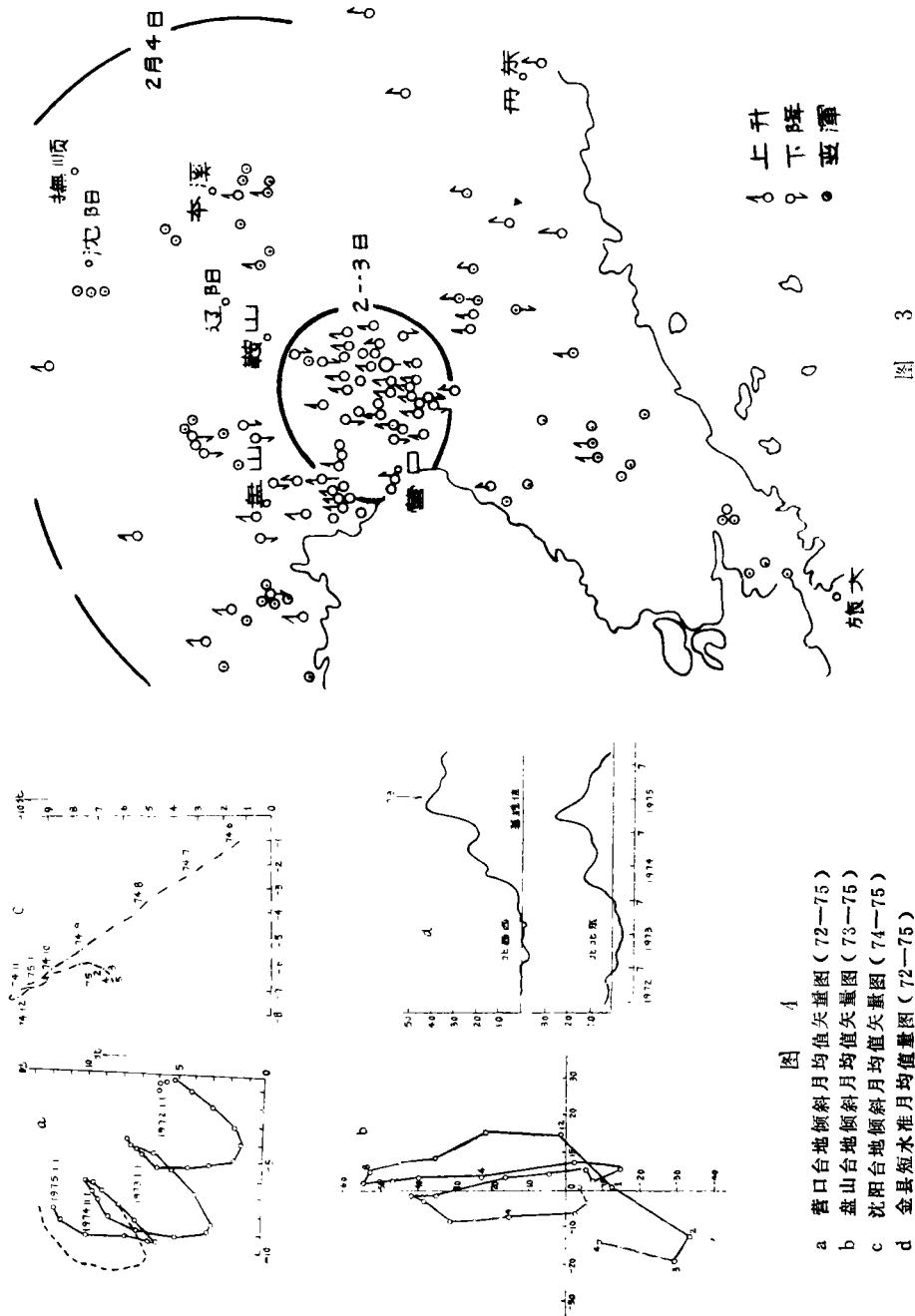


图 4
a 营口台地倾斜月均值矢量量图 (72—75)
b 盘山台地倾斜月均值矢量量图 (73—75)
c 沈阳台地倾斜月均值矢量量图 (74—75)
d 金县短水准月均值量图 (72—75)

众所周知, 地震能量 $E^{1/2}$ 是与地壳介质的应变成正比的。因此我们将 1974 年辽宁省的地震进行了计算, 画出了等 $E^{1/2}$ 图, 以此了解地壳介质的应变释放特点, $E^{1/2}$ 图如图 5 所示。从图 5 可以看出地震能量所反映的应变释放是从外围开始并向海城地区迁移的, 其地震向震中迁移的时间过程, 大致与前兆同步。

以上地震活动的特点也说明海城大震前震中及其附近可能有隆起运动, 而且这种隆起运

动是由外围向震中迁移的, 由于地壳拱起引起地壳上层受拉, 从而易于发生浅源小震。

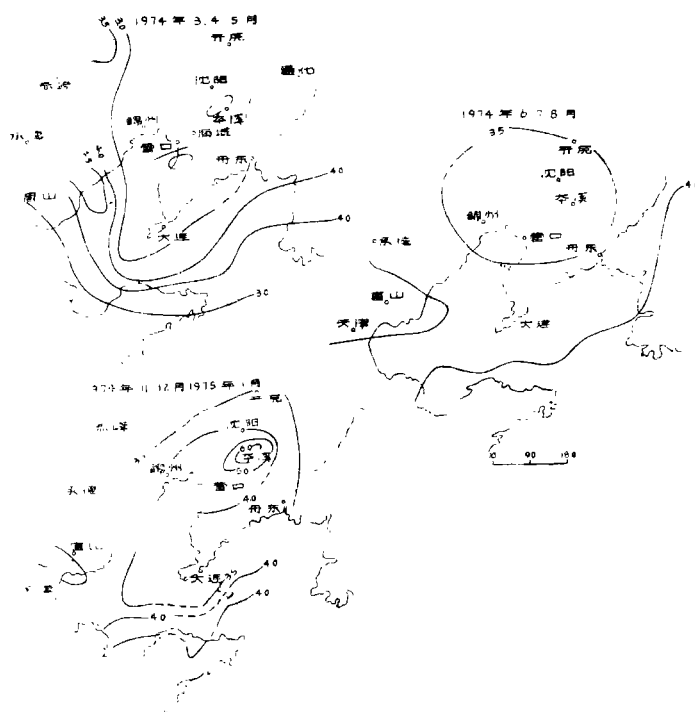


图 5

- A 1974年3、4、5月地震 $\sqrt{E}$ 等值图
 B 1974年6、7、8月地震 $\sqrt{E}$ 等值图
 C 1974年11、12月和1975年元月地震 $\sqrt{E}$ 等值图

4. 紧临大震前后出现的现象 在海城大震前几小时, 震中地区出现下列现象。

①地面拱起大小不同的土包。

②震时震中区上方人与物上抛。

③震后震中区地面造成很多张性裂缝, 分布方向多为北东、北西、北北东、北北西四组。如图5所示。震中区各个方向的张裂缝可能是海城大震时垂直向的运动造成的痕迹。

5. 震前海平面的变化 75年2月4日海城震前, 营口验潮站观测到震前低潮潮位的变化出现异常(见图)。异常变化表现二个特点: 一是接近低潮水位出现时刻, 潮水水位下落时先变缓而后突然加快。二是低潮水位出现时间推迟。当天受偏南风的影响, 原应比正常时间提前才合理, 但反而拖后了三十分钟。

正常潮位变化应为图6所示曲线, 但因偏南风影响潮位提前, 真正潮位变化曲线应为图7所示。我们把实测潮位曲线a减去真正潮位曲线C, 则可得图7曲线。该曲线表示临震前海平面的异常变化。但世界公认, 海平面是衡量地面升降的标准面。是不会动的, 实际上渤海周围其它验潮站都未发现此时海平面有变化。当时渤海海面是稳定的, 那么这只能是营口验潮站相对海拔高度发生了变化。海平面降低, 表明验潮站地面升高。把图6曲线反演过来, 成为图7曲线。清楚可见, 营口验潮站地面在震前出现了明显的上升运动, 该站位于宏观震中区的边缘, 反映整个震中区临震时的上升运动是很巨大的。除了上述验潮仪说明的震前震

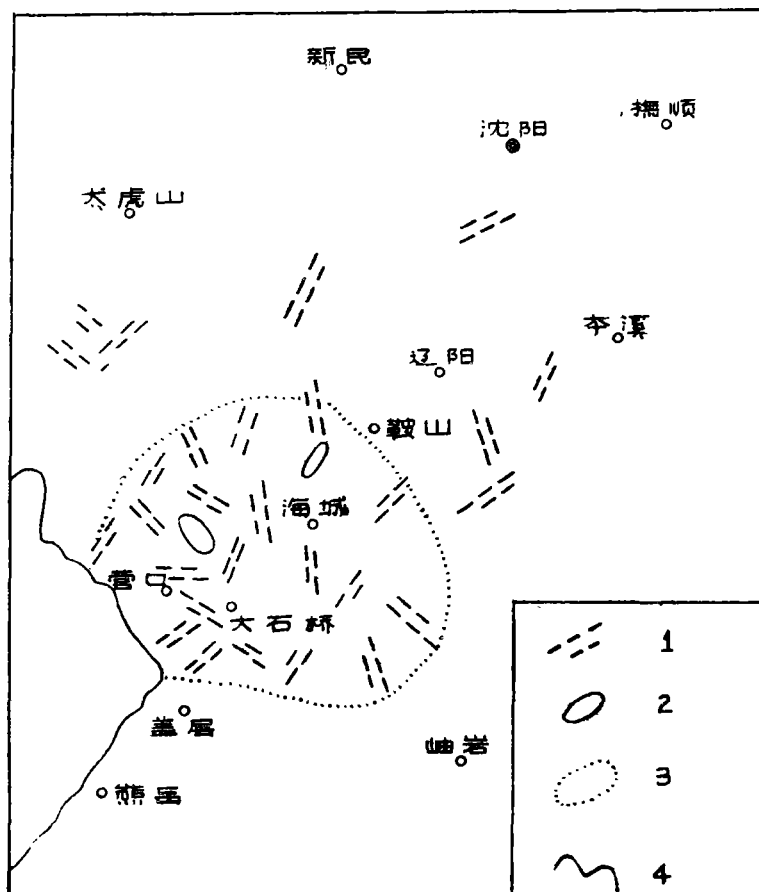


图6 海城地震地面张裂缝分布图

1 张裂缝 2 土拱 3 宏观震中 4 海岸线

中区隆起的情况外，日本有不少大震前震中区附近的海水退移，也说明震中区是隆起的。

二. 地震孕育和发生的上冲模式

根据上述海城大震前出现的一些基本事实，我们提出地震孕育和发生的上冲模式。

1. 上冲模式的力源

我们认为我国地壳即受有水平力也受有垂直力的作用。在水平力的作用下，地壳会在某些地段形成失稳挠曲，如图8所示。

在地壳受到垂直力后，也会发生弯曲。如图9所示。当上述水平力和垂直力引起地壳失稳挠曲和拗曲相叠加时，会使其中某些部发生剪切破坏而形成大震。这种地面

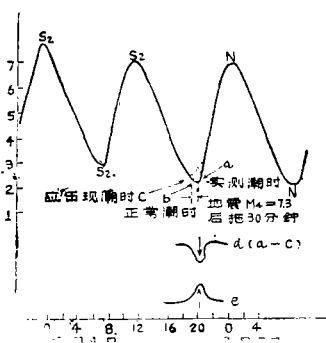


图 7

隆起和凹陷会引起前兆围绕震中分布,当这种挠曲位置有所变动时,则前兆的盛衰也将发生变化。由于地面隆起区和凹陷区所引起的前兆不同,所以会产生前兆形态不同的环带。



图 8



图 9

2. 上冲模式的形变场 在强大的水平力作用下,失稳挠曲的波峰波谷会随时间而发展并造成前兆形态的突然变化,反向等。如果叠加上垂直力,则所引起的形变场一些波峰波谷还会有变化,有的加剧,有的展开。根据海城大地震前地下水的等时线图,以及地倾斜异常,大

震前地面形变可能如图10所示。根据海城大地震临震前的地下水猛烈上升,而后向外围扩散来看,说明震中区的含水层受到挤压,其原动力来自震中区下部而不是来自周围。这可能是由于震源体物质加快运动挤压地壳上部的结果。这样使原有的震中隆起快速增高,以致在发震前顷刻之间造成地面向上猛冲的运动状态。在此期间震中区地面快速隆起也牵动了外围区地壳介质运动,使异常自外围快速传播。这一形变场也符合震前地倾斜异常情况,由于震前震中区的隆起,所以震中附近的台站表现为背向震中的倾斜异常,而在稍远的倾斜台却表现为指向震中的倾斜异常,这说明在震中隆起区的外围确实有凹陷的环带存在。

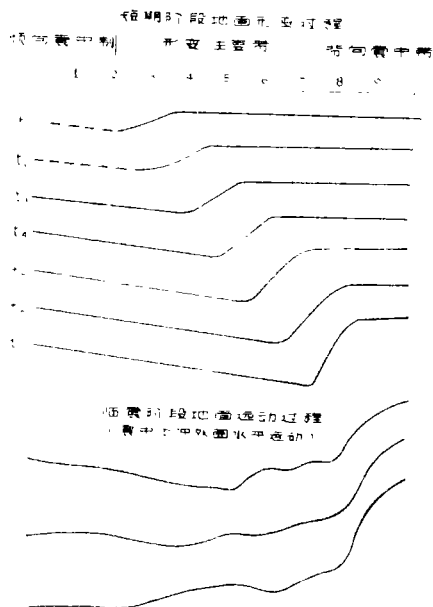


图 10

3. 上冲模式的发展位置 在强大的水平力作用下,地壳中会发生水平剪切错动。由于垂直力引起的隆起和水平力引起的失稳挠

曲叠加后的最高隆起区有水平张力作用;所以会削弱断层面上的耐剪强度,可以认为未来震中大致就在此地。其隆起区可能就是发震处。由于震源处的应力以水平剪切力为主,所以地震时以平推错动为主,但由于垂直力叠加,所以也有垂直运动分量。地震发生时地面除水平运动外,还有垂直运动。如唐山海城大震时地面上抛一两次,海城震中区地裂多为张性的,说明震中区有上冲运动。另外营口验潮仪观测表明震前震中区是快速上升的。

(1980年1月3日收到)