

# 大地电场临震突变异常形态的初步研究

张 云 琳

(兰州地震研究所)

大震前的各种突跳性前兆是短临预报的标志，目前已经引起了国内外地震工作者的普遍重视。前兆异常的突变形态的研究将有助于排除各种干扰，正确地区分异常，较好地做好时间、地点和震级方面的预报。对于已经观测到的各种临震突跳性前兆，目前还没有一种比较完善的统一解释。本文将对一次大震记录到的大地电场临震突变形态进行一些分析讨论，并试图对此做出一些解释。

几年来，本人在进行大地电磁测深野外探测的同时，对不同地区的大地电场也进行了实际观测，这些观测表明：在一般情况下大地电场的变化是相对平稳和缓慢的，每月的变化总量都小于几十毫伏/公里；而在强震临震前在源区附近的大地电场在几天之内的变化总量竟能够达到二百多毫伏/公里。对此国外也有研究：苏联人费多道夫等人于71—74年间在堪察加半岛也作了这方面的工作并得到和我们类似的某些结果〔1〕。

一般情况下大地电场变化形态可以用类似于1977年10—11月宁夏固原测点和1979年8—10月甘肃民乐测点的大地电场变化曲线（见图1和图2）来表明。这些地区周围都无强震发

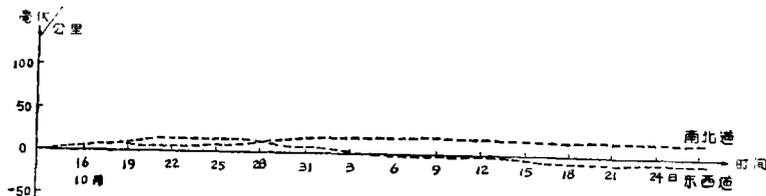


图1 1977年10—11月宁夏固原测点大地电场变化曲线

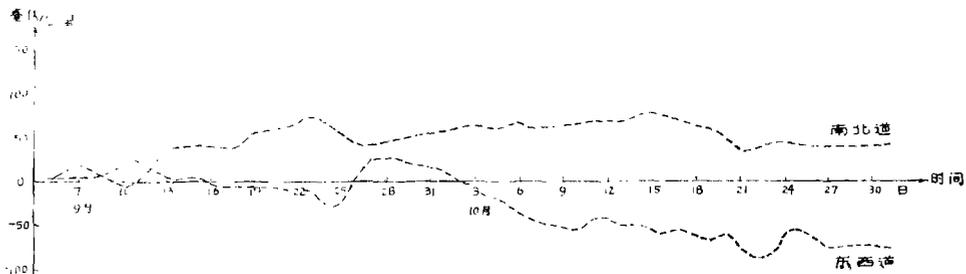


图2 1979年8—9月甘肃民乐测点大地电场变化曲线

生，尽管在此期间大地电磁场伴有磁暴及磁扰，但在长达1—2月的期间中大地电场的变化总量都小于几十毫伏/公里，曲线是很平稳的，变化是很缓慢的。

然而在震源区附近则能够观测到大地电场的临震突跳性前兆。1976年8—9月在距离震中一百五十公里的甘肃南部迭部测点连续40多天的观测中发现了对应于1976年8月23日松潘平武7.2级大震的这种突跳性前兆信息。根据这种信息，我们在震前曾作出予报意见。（见图3）。

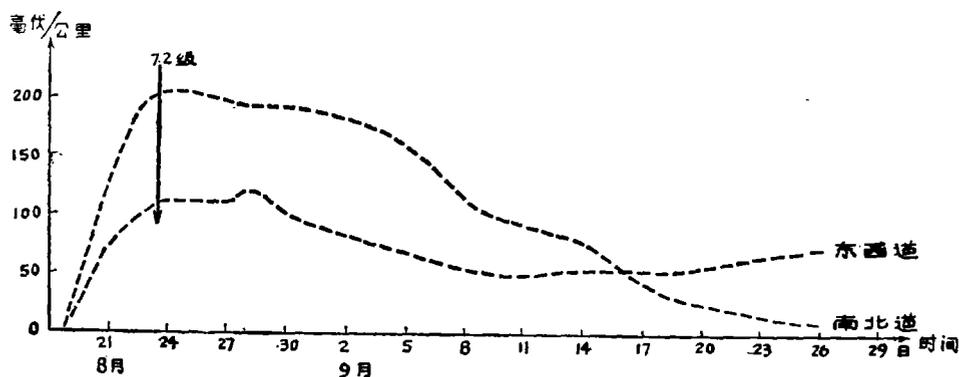


图3 1976年8—9月迭部测点大地电场变化曲线

进一步的研究表明，大地电场临震突变形态的特点如下：

①临震突变异常的幅值大

震前五天中大地电场强度（水平分量）发生大幅度的变化，其异常的幅值总量达240毫伏/公里左右。

苏联人费多道夫等人在71—74年间堪察加半岛观测中发现： $M \geq 5.5$ 级地震前的大地电场异常的持续时间为5—15天不等，异常的幅值总量可达250毫伏/公里〔1〕。

可见以上两种异常幅值总量是吻合的。这里应说明一点：我们临震前观察的时间还不够长、因而对应于7.2级地震的异常总量可能会较大地超过240毫伏/公里的。

可以认为，震级越大，距离震中越近，其突变异常的幅值总量就越大。

②临震突变异常急剧而且伴随有明显的速率的变化。

由临震速率变化曲线（见图4），震前五天中异常的平均速率达1.85毫伏/公里·小时。在一般情况下大地电场的变化是相对稳定和极缓慢的，而震前五天中的这种异常的速率是很可观的。

进一步的分析表明，震前这五天中异常的速率也是显著变化着的：总趋势是速率由大变小，当速率减小至零左右时即发震。其变化特点可分为三个阶段：

第一阶段中异常的速率大，约为2.8毫伏/公里·小时，这意味着大地电场剧烈地变化着。

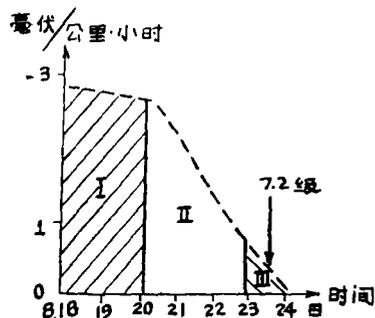


图4 临震大地电场速率变化曲线

第二阶段中异常的速率急剧地减小,这反映了大地电场的变化很快地减弱。

第三阶段中速率继续减小,当减小至零左右时即发生大震,也就是大地电场在急剧变化后趋于相对稳定的时候即发震。

可见,由大地电场突变异常的速率变化来推测发震的时间是有一定意义的。把异常速率接近于零时作为报警线是有一定参考价值的。

### ③临震突变异常有明显的方向性

众所周知,电场强度是矢量,因而可以在地理坐标上作出大地电场(水平分量)的矢量变化曲线。

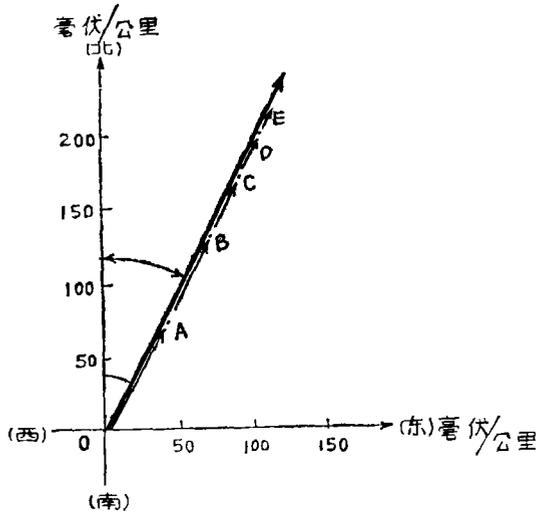


图5 临震大地电场矢量变化曲线

由图5可见,在震前五天中任意时间间隔里大地电场变化矢量

$\Delta \vec{E}$  ( $\Delta \vec{E} = \Delta \vec{E}_{\text{东西}} + \Delta \vec{E}_{\text{南北}}$ ) 的方向却都是一致的。图中作出了五个时间间隔:OA、AB、BC、CD、DE,明显可见在每个时间间隔中  $\Delta \vec{E}$  的方向在地理坐标上都呈北 $36^\circ$ 东的方向。如果继续把时间间隔取得更小些也会得到同样的结果。

这种突变异常明显的方向性可能和予滑方向(或主压应力方向)和未来地震断裂面的方向有密切的关系,这对寻找震中位置将有一定的意义。

### ④震后大地电场的回返

由图3所见,大震发生之后大地电场就开始回返。经过三十天左右时间基本上回返到震前五天的观测水平。明显可见,震前突变的速率远大于震后的恢复速率。这对大震发生后是否再发生大震能作出一定的判断。

对于大地电场临震突变异常的解释目前尚无定论。

郭增建、秦保燕等人提出的,由于予位移导致的某些层中过热液体的暴沸〔2〕,则有可能成为一种解释机制。兰州地震研究所大地电磁测深组在我国南北地震带北段所发现普遍存在的地壳中部异常低阻层,以及局部地区所存在的沉积层底部低阻层,都被解释为在其中含有水〔3〕;而后者则是〔2〕中所说的“前兆优显层”。对应于四川境内松潘—平武1976年8月发生的两次7.2级和一次6.7级的大震群,我们于1975年、1976年和1978年在距震中50—60公里的南坪测点进行大地电磁测深的结果都显示出了这两个低阻层的存在〔4〕。由于这两个低阻层含有水,因而在电性方面成为低阻性,并且在受力方面成为薄弱环节;所以这两个层位都有可能成为在其中含有过热液体产生暴沸的地层。从直观上讲,暴沸就是低阻层中某些地区过热液体突然爆发性汽化过程的急剧发生而导致流体孔隙压力的急剧提高,这有利于液体在岩体裂隙中以较快速度的运移。

牛志仁提出的震源孕育的膨胀—蠕动模式中指出在前兆蠕动(或断层破裂)的急速发展阶段—短临阶段,断层面两侧介质块体的蠕滑幅度、加速度和震源应力场将急剧变化〔5〕,

同样也会造成孔隙压力的急剧变化而有利于液体在裂隙中以较快速度的运移。

由电化学〔6〕知道：在图6所示的岩体裂隙中，在岩石和水的界面将产生偶电层，由于水中的负离子容易被吸附在岩石表面，因而使水层带正电荷性、岩石带负电荷性。由于沿裂隙方向（X轴方向）存在孔隙压力差而形成水的扩散（或渗流），亦即引起电荷的转移而形成了电场  $\vec{E}_x$ ：

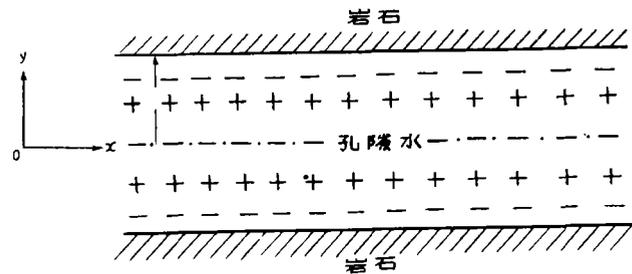


图6 岩石孔隙水的电化学特性

$$E_x = -\frac{3}{2} \frac{\epsilon \cdot \zeta}{\pi \cdot \sigma \cdot \gamma^2} u_0$$

其中  $u_0 = -\frac{1}{\sigma} \cdot \frac{\gamma^2}{\eta} \cdot \frac{\partial P}{\partial x}$

式中  $\epsilon \eta \sigma$  分别来表示水的介电常数、粘滞系数和电导率， $\zeta$  为偶电层的电势， $\gamma$  为孔隙半径， $u_0$  为液体扩散的平均速度， $\frac{\partial P}{\partial x}$  为压力梯度。

由以上的讨论可以看出：在大震临震前震源区附近岩体孔隙压力和孔隙度的急剧提高，并且在沿主压应力方向上定向微裂隙形成后，水沿着此方向进行扩散而形成的电场将可能解释大地电场临震突变形态的特征。地震的震级越大，其震源体就越大，由于位移所触发的低阻层中的某些区域的过热液体暴沸的水平范围和程度就越大，或是断层两侧介质块体的蠕滑幅度、加速度以地震源应力场的急剧变化越大，这都将导致岩体孔隙压力差和孔隙度的大幅度提高，所形成的电场的幅值就越大，这就是大地电场临震突变的一个特征。在定向微裂隙中水沿主压力方向（即压力梯度方向）进行扩散而形成的电场，其方向与主压应力方向（即扩散平均速度  $u_0$  的方向）正好相反，如图7所示。这就可以解释大地电场突变异常在任意时间间隔中电场变化向量  $\Delta E$  的方向不变的特性；其各阶段变化速率则由于流体岩体孔隙中水扩散的速率变化及岩体孔隙变的变化，以及在某种扩散方式下岩石电导率的变化等比较复杂因素所决定。

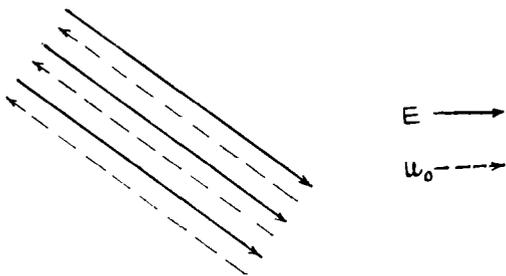


图7 岩石孔隙水扩散方向与电场方向示意图

由于临震前的予位移或局部应力分布的急剧变化，可能导致原先占优势的沿主压应力方向排列的微裂隙的闭合，流体比较快速地由其中被挤出而造成的过滤电势，同时可以产生在地表一点观测到的有上述特征的大地电场突变异常。在此情况下裂隙闭合的速度和流体被排出的速度也许在一定程度上受到一定限制，因而所产生的大地电场突变异常的幅度是否可以达到观测值的水平还是值得研究的问题。

在〔7〕中若将大地电场的临震突变异常解释为流体在临震前沿着未来地震断裂面的快速流动。而且将在地震断层面内产生一随时间加强的电偶极子，它同样也可以解释上述的一些

观测特征。

由于本文所给出的大地电场临震突变资料是用补偿法测量电位差的方法所得到的，它较少地受到测量外线路的影响，能比较可靠地获得该地区大地电场相对变化的真实值。因此用这一方法监视大震前的大地电场临震突变是可行的。

### 参 考 文 献

- [ 1 ] S·A·Fedotov et,1977, Long—and Short-Term Earthquake Prediction in Kamchatka, Vol37, №4,305—322
- [ 2 ] 郭增建、秦保燕、李海华，徐文耀，临震前兆的可能机制—暴沸，西北地震学报，第1卷，第1期，1979年。
- [ 3 ] 兰州地震研究所大地电磁测深组，中国南北地震带北段地壳和上地幔的电性特征，地球物理学报，第19卷，第1期，1976年。
- [ 4 ] 兰州地震研究所，与大地震有关的地壳深部的电性变化，《大地电磁测深文集》，地震出版社，1980年。
- [ 5 ] 牛志仁，构造地震的前兆理论，地球物理学报，第21卷第3期1978年。
- [ 6 ] S.Glasstone，《电化学概论》，中译本，下册科学出版社，1959年。
- [ 7 ] 林长佑，大震孕育物理过程的初步探讨，西北地震学报，第1卷，第三期，1979年。  
(1980年3月收到)