



## 描述前兆异常幅度的归一化方法

### 1 问题的提出

目前关于地震前兆异常幅度的表示缺少统一的方法,各手段用各自的观测量(有些甚至用仪器读数)的变化作为异常幅度,在地电阻率观测中用视电阻率的相对变化作为异常幅度,而在地应力观测中则以电感值或转换后的应力值的变化作为异常幅度。另外,对于某种观测手段,如地电观测,由于各台台址及观测条件差异很大,使电阻率变化水平不同,有些台的异常幅度比另一些台的正常波动幅度还小。因此,难于形成统一的异常指标,这种状态严重地影响了地震前兆异常分析以及综合预报。为此本文提出了一种定量描述异常幅度的方法。

### 2 异常幅度归一化

任何观测量序列,在正常情况下都存在着波动,这种波动属于正常变化。正常波动的范围也就是人们常说的异常警戒线。当资料的变化超出了异常警戒线时,也就超出了正常波动范围,此时即认为出现了异常。异常警戒线之值也就是正常变幅之临界值。对于异常警戒线,一般是根据以往对资料分析的经验提取的,大多数情况下使用正常时段均方误差的3倍作为临界值。在实际分析预报工作中已经发现存在这样的事实,即对于大多数台站,平时观测资料波动幅度较大的,正常变幅之临界值也大,出现异常时,异常的幅度也大;而正常时观测资料波动幅度小的台站,异常警戒线之值也小,出现异常时,异常的幅度也小。人们在评判异常时,也总是将变化幅度比正常变幅大的资料判定为异常。因此在确定异常时要考虑正常变化的水平。如果用观测资料的正常变幅的临界值(异常警戒线之值)对异常变化的幅度进行归一化处理,则可求得归一化的异常幅度。具体步骤是:

对消除年变和长趋势等干扰的观测资料序列  $X_i$ , 首先确定正常时段,并求出正常样本的均方误差  $\sigma$ , 根据经验,用均方误差  $\sigma$  的倍数确定异常警戒线,也就是正常变化幅度的临界值,用  $\Delta X_2$  表示;然后求出异常资料的变化幅度  $\Delta X_1$ , 则归一化异常幅度为

$$A_0 = \left| \frac{\Delta X_1}{\Delta X_2} \right| - 1$$

归一化异常幅度  $A_0$  是一大于-1的标量,当  $A_0 \leq 0$  时无异常,即测值变化在正常变幅之内;当  $A_0 > 0$  时为异常,其含义是异常变化超出正常变化的倍数。

### 3 实例

(1)1992年1月嘉峪关5.4级地震前,嘉峪关地电台 NE 道测值在多年下降趋势的背景上出现低值变化(图1a)。取1986年1月—1990年12月为正常时段,并用正常时段确定趋势项,然后对整个时段的资料消除趋势,结果如图1b所示。正常值(正常时段均值)  $\rho = 25.95$ , 均方误差  $\sigma = 0.057$ 。用3倍正常时段均方误差作为异常警戒线,则该低值变化超出了警戒线,确定为异常,最大幅度  $\Delta \rho_1 = -0.31$ 。由前文,正常波动值  $\Delta \rho_2 = 3\sigma$ , 则归一化的异常幅度

$$A_0 = \left| \frac{\Delta \rho_1}{\Delta \rho_2} \right| - 1 = 0.81$$

该项异常的相对异常幅度为-1.2%。

(2)1990年景泰6.2级

地震前,武威地电 EW 道出现高值异常(图2)。取1987年1月—1989年4月为正常时段,3倍正常时段均方差为异常警戒线,则归一化的异常幅度  $A_0=1.78$ 。计算方法同上。该项异常的相对变化幅度为12.4%。

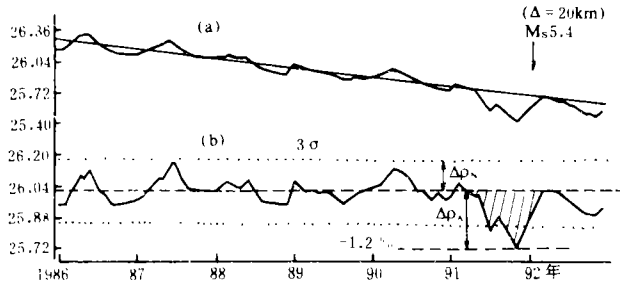


图1 嘉峪关 NE 道地电阻率月均值  
a. 原始图; b. 消除趋势

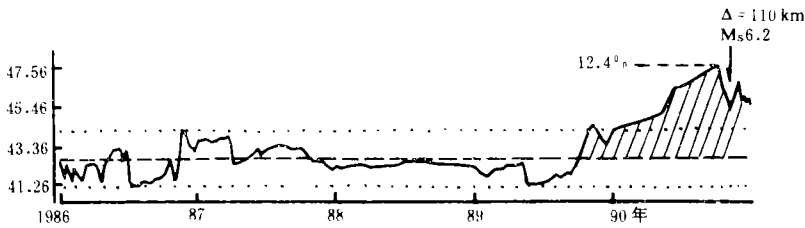


图2 武威 EW 道电阻率五日均值原始曲线

(3)兰州地电 NE 道在景泰6.2级地震前出现异常(图3a)。该项资料存在一长趋势下降背景,用1986年1月—1989年12月作为正常时段,消除趋势,再用3倍正常时段均方差作为异常警戒线,则异常的相对变化幅度是3.0%,归一化的异常幅度  $A_0=1.3$ 。 $A_0$  表示该项资料的异常变化超出警戒线的部分是正常波动值( $3\sigma$ )的1.3倍。

(4)景泰地震前兰州长水管 NS 分量出现异常(图4a)。用1987年1月—1989年10月作为正常趋势背景消除趋势变化(图4b),并用该时段作为正常时段,以3倍正常时段均方差为异常警戒线,可得归一化异常幅度  $A_0=1.1$ 。

#### 4 讨论

用归一化的异常幅度描述异常首先要确认资料在正常时段内的变化,然后用异常变化与正常变化做比较从而确定异常的幅度。这一方法的意义在于:第一,由于正常波动的大小与台址等观测条件有关,因而异常中也包含有台址等观测条件的因素,所以当异常值与正常值相比时,可以较为有效地

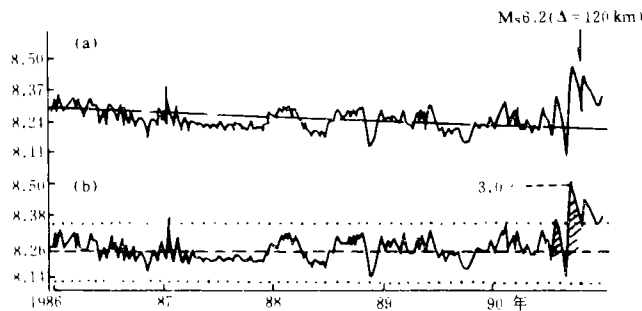


图3 兰州 NE 道电阻率曲线  
a. 原始图; b. 消除趋势

消除台址条件的影响,使各台之间有一定的可比性。景泰6.2级地震前武威地电台( $\Delta=110\text{km}$ )的异常幅度为12.4%,兰州地电台( $\Delta=120\text{km}$ )的异常幅度为3%,二者相差4倍多。用归一化的异常幅度描述,则分别为1.78和1.3,二者较为接近。第二,归一化的异常幅度是一个无量纲的量,它使不同的观测手段的异常幅度得到了统一。例如,景泰6.2级地震前,兰州长水管地倾斜异常幅度为0.64角秒,而兰州地电台异常幅度为3%,无从比较。用本文方法计算出二者的归一化的异常幅度分别为1.1和1.3,则可以进行比较。此外,嘉峪关地电台的异常幅度仅为-1.2%,见图1,这一幅度未达到实用化攻关结果总结出的1.5%的异常指标,但从图中可以看出这一异常是十分明显的。用本文方法计算出其归一化的异常幅度为0.81,说明用归一化的异常幅度描述异常时,有利于避免难于形成一个统一的异常指标的问题。

观测资料的正常波动中,即包含了观测误差,也包含了观测量本身的变化。随着均值等级的提高,如从整点值到日均值再到五日均值等,资料中由观测引起的偶然误差将减小,观测量本身的正常波动将被突出出来,此时,归一化的异常幅度的物理意义也更明确。例如,1990年10月景泰6.2级地震前,刘家峡地应力站观测的最大主应力在1990年上半年

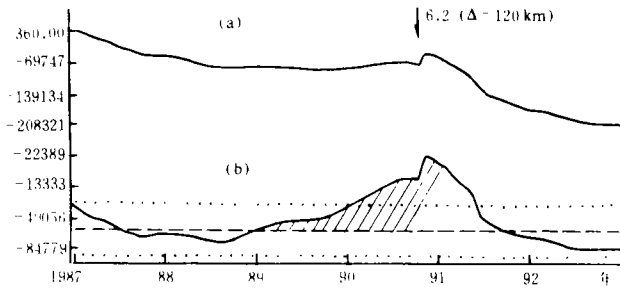


图4 兰州长水管倾斜NS分量曲线  
a. 原始曲线; b. 消除趋势

以375 kPa 为基值在10 kPa 范围内变化,属于正常变化。从6月上旬至中旬出现10多天的40 kPa的压性脉冲式异常变化<sup>[1]</sup>。用本文方法求出其归一化异常幅度为3,说明此时异常已经超出正常值3倍,这显然要比40 kPa 的异常表示的意义明确了。

确定归一化的异常幅度的难点在于确定正常变化范围(即异常警戒线),这一问题是目前在判断异常时普遍存在的,尚无很好的办法。本文借用了观测误差理论中的均方误差方法,以均方误差的3倍来表示正常变化,这一指标在大多数情况下均能适用。

总之,用归一化的异常幅度统一描述各类以时序资料为基础的地震前兆异常幅度的方法能减小各台之间的差异,它将对提高地震前兆异常分析和综合预报水平起一定的作用。

(本文1993年4月16日收到)

(国家地震局兰州地震研究所 李纪录)

### 参考文献

- 1 汤泉,等. 天祝—景泰6.2级地震. 北京,地震出版社,1993

## A NORMALIZATION METHOD USED TO DESCRIBE THE AMPLITUDE OF PRECURSORY ANOMALY

Li Jilu

(Earthquake Research Institute of Lanzhou, SSB, Lanzhou 730000)