

# 论相对地应力测量 测算致震应力变异参数的可靠性

朱思林 狄莉莎 马兴国 阎杰英

(国家地震局地震研究所)

(河北省地震局)

## 摘 要

本文在统计确定相对地应力测量观测值动态基线的基础上,分析了附加应力参数的测算精度,并给出了相应的计算公式;尝试研究了电感法相对地应力测量在地震预报中的监测能力。

## 一、引 言

从现有相对地应力测量的观测值中,能否得到地壳岩体内震前应力变化的信息,是地震预报工作中的重要课题。

作者曾对电感法相对地应力测量观测值的误差和处理,以及统计确定观测值的动态基线等问题进行过探讨,本文将以此为基础,进一步讨论附加应力参数的测算精度,并探讨相对地应力测量监测应力异常的能力。

## 二、附加应力参数测算精度的估算与分析

地壳某一区域构造应力场本身的时空变化是极其缓慢的,具有相对的均匀性和稳定性。但在非致震因子和致震因子的联合作用下<sup>[1]</sup>,叠加于区域构造应力场之上的附加应力场在某一测点上的变化,往往有程度不同的波动,无论其大小和方向,都具有动态的特征。这一特征可用相对地应力测量方法间接测算而得,其测算的可信度则可由附加应力参数的测算精度来表示。下面以钻孔中三个测量元件间夹角互成 $60^\circ$ 的情况为例,来讨论附加应力参数的测算精度(元件间夹角为 $45^\circ$ 或任意角的情况可类同解求)。

钻孔中测量元件之间的夹角为 $60^\circ$ 时,测点的平面附加主应力大小和方向的计算公式为\*:

\* 潘立宙:测量地应力的钻孔变形法,地震技术资料汇编,《地震战线》,1973. 1.

$$\left. \begin{aligned} \sigma_1 &= -\frac{1}{2} \left[ \left( S_I + S_{II} + S_{III} \right) + \sqrt{S_I} \right] \\ \sigma_2 &= -\frac{1}{2} \left[ \left( S_I + S_{II} + S_{III} \right) - \sqrt{S_I} \right] \\ \theta_1 &= \frac{1}{2} \operatorname{arctg} \frac{\sqrt{3} (S_{II} - S_{III})}{2S_I - (S_{II} + S_{III})}, \quad \left( \frac{\sin 2\theta_1}{S_{II} - S_{III}} > 0 \right) \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

式中： $\sigma_1$ ——附加应力场的最大主应力；

$\sigma_2$ ——附加应力场的最小主应力；

$\theta_1$ ——最大主应力 $\sigma_1$ 的方向到 I 号元件方向之间的夹角（图 1）。

$$\text{而：} \quad S_i = \frac{1}{2} \left[ \left( S_I - S_{II} \right)^2 + \left( S_{II} - S_{III} \right)^2 + \left( S_{III} - S_I \right)^2 \right] \quad (A)$$

上式中  $S_I$ 、 $S_{II}$ 、 $S_{III}$  分别表示三个测量元件方向上的“记录应力值”，它在本文中由下式计算〔2〕：

$$S_i = \frac{X_3(T_2)_i - X_3(T_1)_i}{K_i} \quad (2)$$

式中：

$K_i$ ——测量元件安置于钻孔后的灵敏度系数；

$X_3(T_2)_i$ 、 $X_3(T_1)_i$ ——分别为  $T_1$ 、 $T_2$  时刻测量元件的观测值与其动态基线值之差〔2〕；

$i$ ——元件编号 ( $i = I, II, III$ )；

(一) 记录应力值  $S_i$  的精度估算

对 (2) 式进行全微分：

$$dS_i = \frac{1}{K_i} dX_3(T_2)_i - \frac{1}{K_i} dX_3(T_1)_i - \frac{[X_3(T_2)_i - X_3(T_1)_i]}{K_i^2} dK_i \quad (3)$$

按误差传播定律可得：

$$m_{S_i} = \pm \frac{1}{K_i} \sqrt{m_{X_3(T_2)_i}^2 + m_{X_3(T_1)_i}^2 + \left[ \frac{X_3(T_2)_i - X_3(T_1)_i}{K_i} \right]^2 \cdot m_{K_i}^2} \quad (4)$$

(4) 式中  $X_3(T_2)_i - X_3(T_1)_i$  系测点处相对应力变化引起测量元件测值变化的真值，估算  $S_i$  的精度时可用相应的动态基线有限波动值  $X'_i$ （见本文第三部分的分析）代替；不同台站不同元件  $X'_i$  的变化量不同，从麻城、丹江等六个台站十八个元件的  $X'_i$  看来〔2〕，其绝对值的变化幅度多数不超过  $200 \mu h$ ，少数可达  $400 \mu h$  以上。这样估算  $m_{S_i}$  时  $S_i$  可用下式计算：

$$S_i = X'_i / K_i \quad (2)'$$

而  $m_{X_3(T_1)_i}$ 、 $m_{X_3(T_2)_i}$  同为  $X_3(T)$  的总精度，即：

$$m_{X_3(T_1)_i} = m_{X_3(T_2)_i} = m_{X_3} \quad (B)$$

于是 (4) 式变为：

$$m_{S_i} = \pm \frac{1}{K_i} \sqrt{2m_{X_3}^2 + \left( X'_i \cdot \frac{m_{K_i}}{K_i} \right)^2}, \quad (i = I, II, III) \quad (5)$$

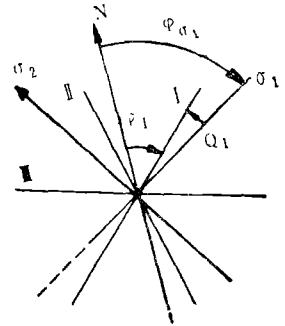


图 1  $\sigma_1$  的方位  $\varphi_{\sigma_1}$ 、I 号元件方位  $\varphi_1$  和  $\theta_1$  之间的关系

(5) 式即为记录应力值  $S_i$  精度的精确估算式。由 (5) 式可知,  $S_i$  的使用精度一方面与  $X(T)$  的使用精度和  $K_i$  值的大小及其相对变化有关, 另一方面同处理资料所采取的方法是否恰当有关; 同时,  $K_i$  的相对变化对  $m_{S_i}$  的影响与  $X'_3$  绝对值的大小有关, 在应力扰动十分剧烈的地区或偶然因素干扰量较大的情况下, 不能忽视 (5) 式右边根号内第二项的影响。若  $X'_3$  不太大且  $K$  值变化较小时, (5) 式可简化为:

$$m'_{S_i} = \frac{\sqrt{2}}{K_i} m_{X_3} \tag{5}'$$

按 (5) 式计算, 若要求  $m_s \leq 0.40$  巴, 则在  $K \leq 300$ 、 $\left| \frac{\Delta K}{K} \right| \leq 0.05$  时,  $X_3(T)$  的精度至少不得低于  $\pm 80$  微亨; 若按 (5)' 式估算,  $X(T)$  的使用精度不得低于  $\pm 100$  微亨。在考虑短临应力异常的提取时,  $K_i$  值不能太低, 且其偏差值也不能太大, 否则求解记录应力值的精度会因  $m_{X_3}$  的值较高而显著降低。所以  $K_i$  最好采用实地岩体的率定值, 否则因  $K_i$  的不实将给  $S_i$  带来系统误差, 给附加应力值大小的测算和附加能量积累的估算都会带来较大的影响。

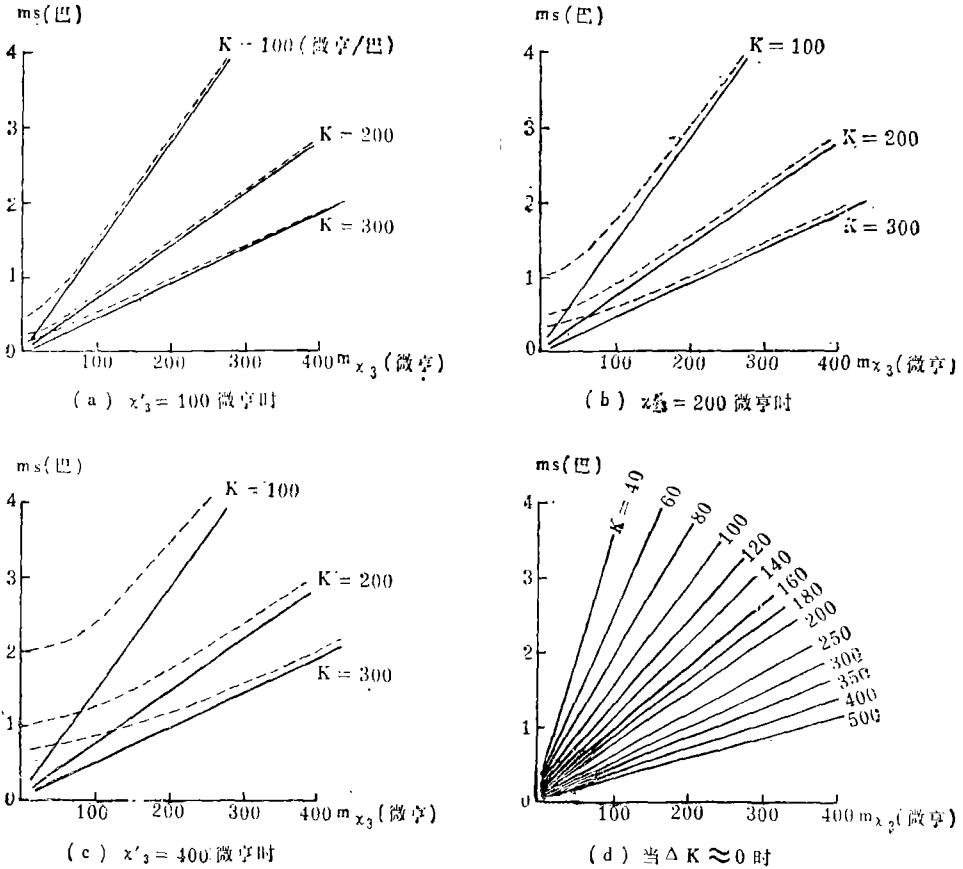


图2  $m_s$  与  $m_{X_3}$ 、 $K$ 、 $\frac{\Delta K}{K}$ 、 $X'_3$  的关系曲线

图 2 系依 (5) 和 (5)' 式按不同情况下的  $m_{X_3}$ 、 $K_I$ 、 $\frac{\Delta K}{K}$ 、 $X'_3$  值计算而得的；其中 (a)、(b)、(c) 中的虚线表示  $\left| \frac{\Delta K}{K} \right| \leq 0.05$ ，实线表示  $\left| \frac{\Delta K}{K} \right| = 0.5$ 。由图 2 可直接了解不同情况下的  $m_{X_3}$ 、 $K_I$ 、 $\frac{\Delta K}{K}$ 、 $X'_3$  等对  $m_\sigma$  的影响量值。

(二) 最大主应力方向精度的估算和分析

设用  $S_i$  所计算的附加应力场某时刻的最大主应力方位为  $\varphi_{\sigma_1}$  (NE 为正, NW 为负), 1 号元件的方位为  $\varphi_I$ , 按图 1 和计算原理可知:

$$\varphi_{\sigma_1} = \varphi_I + \theta_1 \tag{6}$$

则  $\varphi_{\sigma_1}$  的真误差为:

$$d\varphi_{\sigma_1} = d\theta_1 \tag{C}$$

依误差传播定律得  $\varphi_{\sigma_1}$  的测算精度为:

$$m_\varphi = m_{\varphi_{\sigma_1}} = m_{\theta_1} \tag{7}$$

为求  $m_{\theta_1}$ , 可对 (1) 式中第三式进行全微分, 经整理可得:

$$d\theta_1 = \frac{\sqrt{3}}{4S_I} \cdot \left[ (S_{II} - S_I) dS_I + (S_I - S_{II}) dS_{II} + (S_I - S_I) dS_{II} \right] \tag{D}$$

式中  $S_i$  与 (A) 式的含义相同。

将 (D) 式转为中误差形式并顾及 (7) 式便有:

$$m_\varphi = \frac{\sqrt{3}}{4S_I} \cdot \sqrt{(S_{II} - S_I)^2 \cdot m_{S_I}^2 + (S_I - S_{II})^2 \cdot m_{S_{II}}^2 + (S_I - S_I)^2 \cdot m_{S_{II}}^2} \tag{8}$$

考虑 (5) 式和 (2)' 式, 可将 (8) 式转为  $m_{X_3}$  和  $\frac{m_{K_I}}{K_I}$  的函数式:

$$m'_\varphi = \pm \frac{\sqrt{6}}{4S_I} \left[ \left( \frac{S_{II} - S_I}{K_I} \right)^2 \cdot m_{X_3 I}^2 + \left( \frac{S_I - S_{II}}{K_I} \right)^2 \cdot m_{X_3 I}^2 + \left( \frac{S_I - S_I}{K_{II}} \right)^2 \cdot m_{X_3 II}^2 + \frac{S_I^2 \cdot (S_{II} - S_I)^2}{2} \left( \frac{m_{K_I}}{K_I} \right)^2 + \frac{S_{II}^2 \cdot (S_I - S_{II})^2}{2} \left( \frac{m_{K_I}}{K_I} \right)^2 + \frac{S_{II}^2 \cdot (S_I - S_I)^2}{2} \cdot \left( \frac{m_{K_{II}}}{K_{II}} \right)^2 \right]^{\frac{1}{2}} \dots \tag{8}'$$

(8) 和 (8)' 式即为测算附加应力场的最大主应力方向精度的精确计算公式,  $m_\varphi$  和  $m'_\varphi$  的单位为弧度。

只有同孔三个元件观测值的  $m_{X_3}$  相差不大、元件  $K$  值均相近且相对变化较小时, (8)' 式才可简化为:

$$m''_\varphi = \pm \frac{\sqrt{3}}{2K \cdot \sqrt{S_I}} \cdot m_{X_3} \tag{8}''$$

此时,测算  $\varphi_{\sigma_1}$  的精度与  $X_3(T)$  的精度和  $\sqrt{S_I}$  值的大小及  $K$  值的大小有关。当  $K$  值已定且  $X_3(T)$  的精度已知时,测定  $\varphi_{\sigma_1}$  的精确程度与  $\sqrt{S_I}$  的大小成反比。 $S_I$  值越大,  $\varphi_{\sigma_1}$  的测算精度越高。 $\sqrt{S_I}$  的大小由  $S_i$  间的差值决定,而  $S_i$  间的差值仅与附加应力场的作用状态有关,这是因为<sup>1)</sup>:

$$S_I = (\sigma_1 - \sigma_2)^2 \tag{E}$$

所以测算附加应力方向的精度与附加应力状态的具体参数和测量元件的受力方式有关。

若测量元件的  $K$  值均近似为 200 微亨/巴,按 (8) 式依  $\sqrt{S_I}$  和  $m_{X_3}$  的变化可绘出图 3。由图 3 可看出,当要求  $\varphi_{\sigma_1}$  的测算精度最低应达  $\pm 10^\circ$  时,在  $m_{X_3} \leq 70$  微亨的前提下,  $\sqrt{S_I}$  的值至少应为  $\pm 1.6$  巴,这在一般情况下是难达到的,因为附加主应力值的实际量是不大的。特别当  $\sqrt{S_I} \rightarrow 0$  时,附加应力场主方向会具有不可测性。

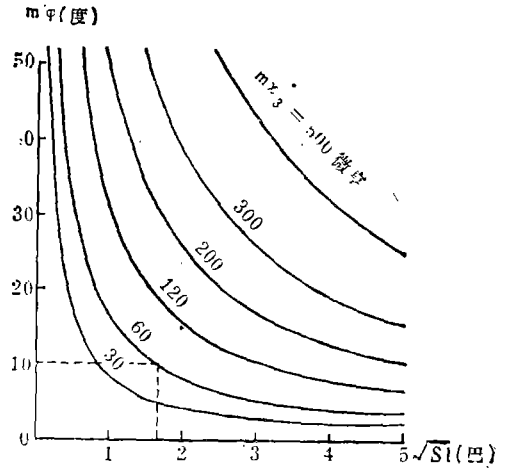


图 3  $m_\varphi$  与  $\sqrt{S_I}$  的关系曲线

(三)  $\sigma_1$  和  $\sigma_2$  精度的估算与分析

为推导公式方便,可先设  $S_i$  为无系统影响的独立量。则  $\sigma_1$  和  $\sigma_2$  的真误差表达式,利用 (1) 式的一、二式进行全微分并顾及 (A) 式可得:

$$\left. \begin{aligned} d\sigma_1 &= \frac{2\sqrt{S_I} + 2S_I - S_{II} - S_{III}}{4\sqrt{S_I}} dS_I + \frac{2\sqrt{S_I} + 2S_I - S_I - S_{III}}{4\sqrt{S_I}} dS_{II} + \\ &\quad + \frac{2\sqrt{S_I} + 2S_{III} - S_I - S_{II}}{4\sqrt{S_I}} dS_{III} \\ d\sigma_2 &= \frac{2\sqrt{S_I} - 2S_I + S_{II} + S_{III}}{4\sqrt{S_I}} dS_I + \frac{2\sqrt{S_I} - 2S_{II} + S_I + S_{III}}{4\sqrt{S_I}} dS_{II} + \\ &\quad + \frac{2\sqrt{S_I} - 2S_{III} + S_I + S_{II}}{4\sqrt{S_I}} dS_{III} \end{aligned} \right\} \tag{F}$$

依误差传播定律将上式转为中误差形式:

$$\left. \begin{aligned} m_{\sigma_1} &= \pm \frac{1}{4} \left\{ \frac{1}{S_I} [(2\sqrt{S_I} + 2S_I - S_{II} - S_{III})^2 \cdot m_{S_I}^2 + (2\sqrt{S_I} + 2S_I - S_I - S_{III})^2 \cdot \right. \\ &\quad \left. \cdot m_{S_{II}}^2 + (2\sqrt{S_I} + 2S_{III} - S_I - S_{II})^2 \cdot m_{S_{III}}^2] \right\}^{\frac{1}{2}} \\ m_{\sigma_2} &= \pm \frac{1}{4} \left\{ \frac{1}{S_I} [(2\sqrt{S_I} - 2S_I + S_{II} + S_{III})^2 \cdot m_{S_I}^2 + (2\sqrt{S_I} - 2S_{II} + S_I + S_{III})^2 \cdot \right. \\ &\quad \left. \cdot m_{S_{II}}^2 + (2\sqrt{S_I} - 2S_{III} + S_I + S_{II})^2 \cdot m_{S_{III}}^2] \right\}^{\frac{1}{2}} \end{aligned} \right\} \tag{9}$$

1) 潘立富, 测量地应力的钻孔变形法, 地震技术资料汇编《地震战线》1973.1

(9)式即为三个测量元件间夹角为 $60^\circ$ 时所求最大附加主应力 $\sigma_1$ 和最小附加主应力 $\sigma_2$ 中误差的精确表达式,其中 $m_{\sigma_i}$ 可用(5)式或(5)'式求得。只有当测量元件的 $K_i$ 值均相等、 $x'_i$ 系等精度观测时, $m_{\sigma_1}$ 和 $m_{\sigma_2}$ 的实用估算式才是相等的:

$$m_{\sigma_1} = m_{\sigma_2} = \frac{3}{2k} m_{x_s} \quad (10)$$

(10)式进一步说明, $K$ 值的选取不适将直接影响对 $\sigma_1$ 、 $\sigma_2$ 精度估算的正确与否;比较(5)'与(10)式还可知,由于计算 $\sigma_1$ 和 $\sigma_2$ 时的传递误差的影响,将使 $\sigma_1$ 与 $\sigma_2$ 的测算误差稍有增大。在 $K \geq 200$ 微亨/巴、 $m_{x_s} \leq 70$ 微亨时, $\sigma_1$ 和 $\sigma_2$ 的测算精度约为 $\pm 0.53$ 巴。

如果能以(10)式作为 $\sigma_1$ 、 $\sigma_2$ 的实用精度计算式的话,取两倍中误差作为附加主应力正常随机扰动的限差时,会因 $m_{\sigma_1}$ 与 $m_{\sigma_2}$ 的表达式相同,使得 $\sigma_2$ 出现应力异常的几率相对减小;此时一旦附加应力场的 $\sigma_2$ 出现异变时,将更有可能是致震应力异常信息的显示。

### 三、致震附加应力参数的计算与精度分析

具有稳定性和均匀性的构造应力场,其大小和方向的改变以及由此而引起的极为缓慢的物理过程<sup>[2]</sup>,对钻孔中元件测值的影响是很小的,且一定落在动态基线带之内。而附加应力场,特别是其在临震前一段时间的强化阶段,对测量元件测值的影响将以较大波动的形式出现,并突破动态基线带的噪声限,这就是与地壳变异有关的物理因素影响测值变化的部分,记为 $X_3(T)$ <sup>[2]</sup>:

$$X_3(T) = X(T) - Y_i(t, d, f, \dots) \quad (11)$$

即 $X_3(T)$ 是观测值与动态基线相减的剩余值;它包括无震应力异常信息和致震应力异常信息。当 $X(T)$ 中只有无震应力异常信息时 $X_3(T)$ 为:

$$X_3(T) = X_3' + \Delta X_3 \quad (12)_a$$

如果 $X(T)$ 中含有致震应力异常信息则 $X_3(T)$ 为:

$$X_3(T) = X_3' + \Delta X_3 + X_3^0 \quad (12)_b$$

上二式中:

$X_3'$ ——以动态基线带 $X^0(T)$ 内有限波动值为主的常规变化部分;

$\Delta X_3$ ——无震应力异常信息;

$X_3^0$ ——致震应力异常信息。

图4绘出了麻城台用 $X_3(T)$ 依公式(1)、(2)计算出的附加主应力参数曲线,包括 $\sigma_1$ 、 $\sigma_2$ 、最大附加主应力方向速率 $\Delta\varphi$ 的变化曲线及模量曲线 $r$ ( $r = \sqrt{\sigma_1^2 + \sigma_2^2}$ );为了便于对比,直接用 $X(T)$ 也分别进行了计算,此时参数记为 $\sigma_1'$ 、 $\sigma_2'$ 、 $\Delta\varphi'$ 、 $r'$ 。它们的变化曲线也绘在图4中。

显然,用 $X_3(T)$ 计算的 $\sigma_1$ 、 $\sigma_2$ 、 $\Delta\varphi$ 等参数及其测算精度,实际上就代表了附加应力异常信息的大小、方向和它们的精度。

表1列出了麻城台的 $\sigma_1$ 、 $\sigma_2$ 、 $\Delta\varphi$ 等的年均值、中误差及总中误差;同时也列出了 $\sigma_1'$ 、

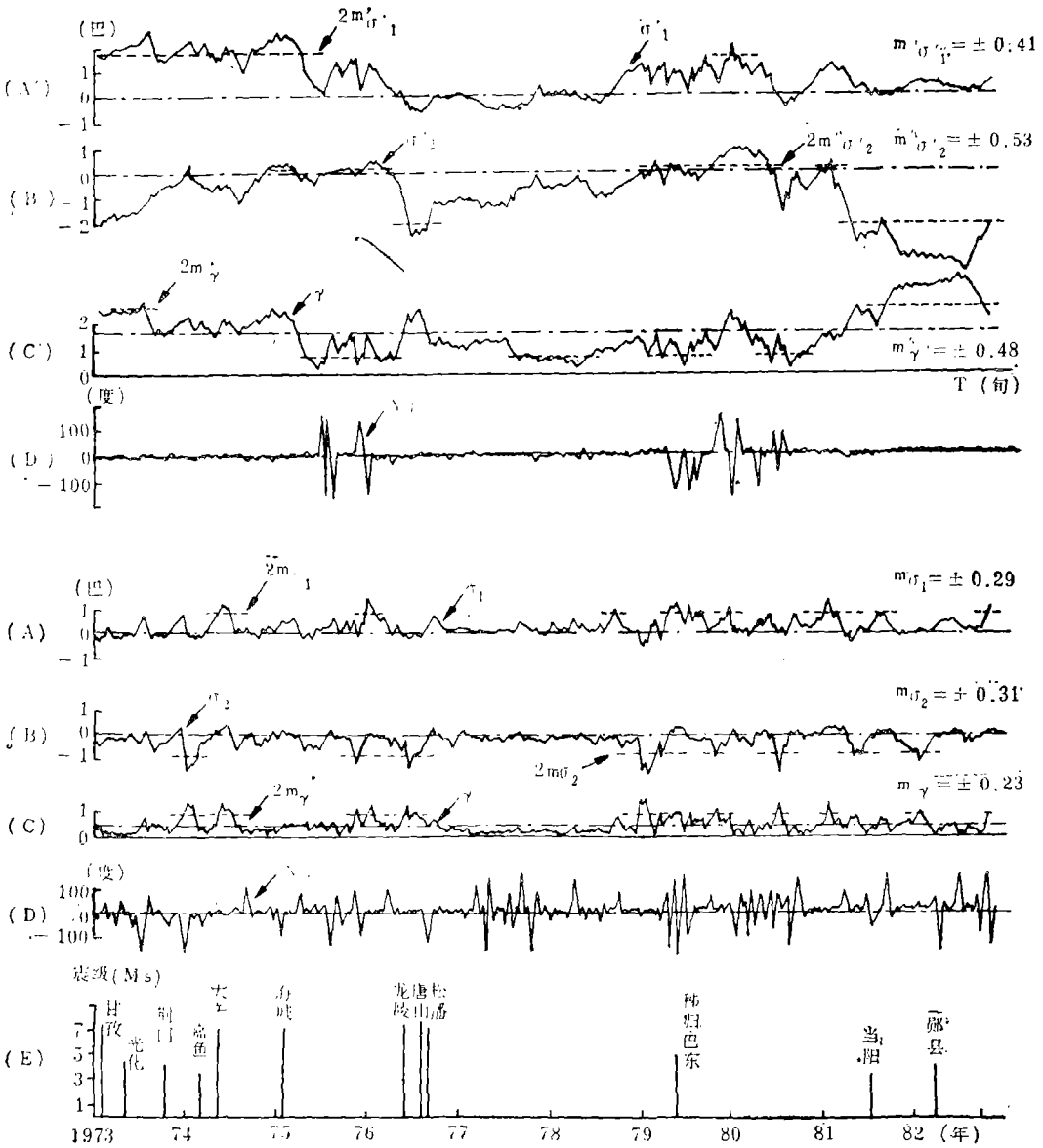


图4 附加主应力参数变化曲线(麻城台)

$\sigma_2'$ 、 $\Delta\varphi'$ 等的年均值, 均方差及总均方差。对比 $m_{\sigma_1}$ 、 $m_{\sigma_1}'$ 和 $m_{\sigma_2}$ 、 $m_{\sigma_2}'$ 可知, $\sigma_1'$ 、 $\sigma_2'$ 的精度远比 $\sigma_1$ 、 $\sigma_2$ 的精度低。只有 $m_{\sigma_1}$ 、 $m_{\sigma_2}$ 才能反映测算附加主应力的实际精度, 其平均值在0.18巴~0.40巴之间, 这与前面理论分析的结果基本相符。

值得注意的是,  $\Delta\varphi'$ 和 $\Delta\varphi$ 的精度相比, 似乎 $\Delta\varphi'$ 的精度要高些, 其实这是非应力信息变化的系统干扰量超过了应力信息变化的偶然扰动量的结果; $\Delta\varphi'$ 每年均方差的一致性很差, 正说明其可靠性很低。实际上, 在临震前附加主应力方向因应力集中的影响会有较大摆动, 这在岩石受力过度甚至产生微破裂时表现更为明显<sup>[3]</sup>。所以 $\Delta\varphi$ 有某种规律性转向是非应力

表 1

台站	类别 参数 年号	平均值和中误差(或均方差)										
		73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	Σ
麻城台	$\sigma_{1c} \pm m\sigma_1$	0.13 ± 0.24	0.24 ± 0.39	0.19 ± 0.27	0.28 ± 0.38	0.05 ± 0.10	0.12 ± 0.20	0.36 ± 0.45	0.16 ± 0.20	0.21 ± 0.43	0.20 ± 0.28	0.19 ± 0.29
	$\sigma_{1c}' \pm m'\sigma_1'$	1.96 ± 0.31	1.93 ± 0.32	1.30 ± 0.76	0.14 ± 0.49	0.12 ± 0.22	0.40 ± 0.48	1.12 ± 0.44	0.77 ± 0.58	0.65 ± 0.39	0.66 ± 0.15	0.88 ± 0.41
	$\sigma_{2c} \pm m\sigma_2$	-0.14 ± 0.18	-0.24 ± 4.4	-0.19 ± 0.31	-0.26 ± 0.41	-0.06 ± 0.10	-0.13 ± 0.13	-0.37 ± 0.51	-0.16 ± 0.32	-0.21 ± 0.37	-0.20 ± 0.31	-0.18 ± 0.18
	$\sigma_{2c}' \pm m'\sigma_2'$	-1.21 ± 0.56	-0.45 ± 0.34	+0.06 ± 0.21	-1.08 ± 0.93	-0.93 ± 0.35	-0.53 ± 0.25	0.18 ± 0.37	0.06 ± 0.68	-2.09 ± 1.08	-3.21 ± 0.50	-0.92 ± 0.53
台	$\Delta\varphi_c \pm m\varphi$	N58W ± 48	N73W ± 48	N75W ± 47	N77W ± 45	N55W ± 55	N62W ± 45	N57W ± 54	N68W ± 54	N58W ± 53	N59W ± 58	N63W ± 53
	$\Delta\varphi' \pm m'\varphi$	N26W ± 1	N23W ± 2	N100W ± 57	N28W ± 34	N45W ± 8	N87W ± 19	N83W ± 65	N37W ± 52	N29W ± 5	N33W ± 1	N49W ± 24
台	$\gamma_c \pm m\gamma$	0.30 ± 0.20	0.54 ± 0.40	0.43 ± 0.23	0.61 ± 0.32	0.14 ± 0.08	0.24 ± 0.16	0.76 ± 0.36	0.34 ± 0.28	0.56 ± 0.30	0.41 ± 0.29	0.39 ± 0.23
	$\gamma'_c \pm m'\gamma$	2.36 ± 0.39	2.0 ± 0.23	1.29 ± 0.75	1.37 ± 0.60	0.97 ± 0.32	0.81 ± 0.32	1.19 ± 0.42	1.05 ± 0.53	2.37 ± 0.70	3.28 ± 0.46	1.67 ± 0.48
说 明	1. $\sigma_{1c}$ 、 $\sigma_{2c}$ 、 $\delta_{1c}'\delta_{2c}'$ 、 $\Delta\varphi_c$ 、 $\Delta\varphi'_c$ 、 $\gamma_c$ 、 $\gamma'_c$ 为相应参数的年平均值； 2. $\sigma$ 、 $m\sigma$ 、 $\gamma$ 、 $m\gamma$ 等单位为“巴”； $\Delta\varphi$ 、 $m\varphi$ 等单位为“度”。											

系统因素干扰的结果。依此变化推测未来震中位置的可信度无疑会很低。

表 2 列出了麻城台实测  $\sigma_1$ 、 $\sigma_2$  等参数的正常变化范围，平均测算精度及应力异常信息高低值。比较明显的致震附加应力异常信息，可以从图 4 中直接看出。

表 2

台站	种类 参数	附加应力值年平均变化范围			异常信息高低值			测算精度			
		$\sigma_1$ (巴)	$\sigma_2$ (巴)	N (巴)	$\sigma_1$	$\sigma_2$	$\gamma$	$m\sigma_1$	$m\sigma_2$	$m\gamma$	$m\varphi$ (度)
麻城台		-0.05~ +0.81	-0.88~ +0.20	0.06~ 1.12	-0.56 +1.41	-1.56 +0.35	1.61	0.29	0.31	0.23	± 53

### 四、结 论

1. 电感法相对地应力测量观测值的使用精度除与文献〔2〕所述诸因素有关外，还与经处理后的观测值的变化幅度、所用元件灵敏度系数的偏差及其精度等有关；

2. 在  $K_1$  值不低于 140 微亨/巴、观测值使用精度不低于 40 微亨的前提下，测算  $\sigma_1$ 、 $\sigma_2$  的平均精度为 ± 0.30~0.40 巴；而能测的致震附加应力异常绝对值可达 1.40 巴以上，说明电感



法相对地应力测量,确实具有对震前应力异常信息大小变化的实际监测能力。

3. 临震前附加应力场方向变异较大,而 $\sqrt{S_1}$ 值的变化通常又较小,故电感法相对地应力测量对其测算的精度较低;所以一般不宜用震前测值异常所计算的附加主应力方向交汇未来震中的位置。

本文得到了地震地质大队苏恺之副研究员的热忱帮助与指导,在此致谢!

(1983年3月6日收到初稿)

### 参 考 文 献

- 〔1〕朱思林、狄莉莎,论相对地应力测量动态基线带及其统计确定,地壳形变与地震1,1984.
- 〔2〕许忠淮等,京、津、唐、张地区地震应力场的方向特征,地震学报1,2,1979.
- 〔3〕陶振宇主编,岩石力学的理论与实践,水利出版社,1981.

## ON THE RELIABILITY OF MEASURING AND CALCULATING STRESS VARIANCE PARAMETER RESULTING IN EARTHQUAKES BY RELATIVE STRESS MEASUREMENT

Zhu Silin     Di Lisha

*(Institute of Seismology, State Seismological Bureau)*

Ma Xingguo     Yan Jieying

*(Seismological Bureau of Hebei Province)*

### Abstract

Based on the statistical determination of the dynamical datum line of values of relative stress measurement, the accuracy for measuring and calculating additional stress parameters is analysed and the relevant formulas are given. The monitoring ability of the relative stress measurement by piezo-magnetic method is evaluated in earthquake prediction.