

斜交断层之间的相互作用

陈 学 忠

(国家地震局地震技术专科学校)

摘要

本文根据弹性静力位错理论, 讨论了均匀各向同性的弹性半空间中水平面内夹任何斜交角度的走滑断层之间的相互影响问题。为了便于从数学上讨论, 本文中作了一些假定。

根据这些假定, 讨论了Y型、V型和X型这三种类型的斜交断层之间的相互影响, 并讨论了T型和十字型这两种特殊交汇断层之间的相互作用。结果表明, 这几种斜交断层之间的相互影响与其几何配置有关, 即位于发震断层附近不同范围内的与之斜交的断层受发震断层的影响不同。这些理论结果对地震危险性的估计和地震预报是有用的。

一、引言

已往在编制烈度区划图时, 其中很重要的一条依据是地质条件, 认为地质条件相同的地方, 其地震危险性亦相同。这样作仅仅是考虑了单条断层的地震危险性, 而未考虑一个断层发生大地震后对附近另外断层的影响。这当然是地震烈度区划中应用地质原则的一个缺陷。本文拟对这个问题进行一些讨论。

1979年, 印度的Maji, M.等人讨论了两板块作走滑相对运动时对其近旁平行断层的减震作用^[1]。1984年, 郭增建和秦保燕^[2]对板内断层之间的相互影响又进行了进一步的研究, 得出了“平行同旋减震、平行异旋加震、底震垂减和垂震底继”等结论, 并具体讨论了平行断层体系中某一个断层上发生不同震级的地震对其附近的断层影响的有效范围。但是, 对于斜交断层之间的相互作用前人讨论甚少。断层斜交的形式是很多的, 本文将借助于弹性静力位错理论, 结合组合模式对Y型、V型和X型三种斜交形式的断层之间的相互作用加以讨论, 同时还讨论了T型和十字型这两种特殊交汇形式下的断层之间的相互影响。对不同类型的交汇断层, 得到了相应的地震相对危险区和相对安全区, 以期对地震危险区划和中短期地震预报工作有所裨益。

二、基本假定

交汇断层从物理上来说是一个断层发震后对另一断层的影响问题。因为一个断层是计算

另一个断层应力场的边界条件，因此，计算是相当复杂的。如果每个断层能有粘滑段和蠕滑段，则计算就更为复杂。因此要研究一发震断层对另一断层的影响并不是很容易的事。为了从数学上便于讨论，我们作如下简化假定：

(1) 计算两个断层的应力场时，分别把它们在弹性半空间上进行计算，即计算一断层的应力场时，假设另一断层不存在。

(2) 把斜交断层中各断层所算得的独立应力场进行数学叠加，从而分析斜交断层之间的相互影响。这样做，尽管在物理上不完全符合，但作为一级近似是可行的。

(3) 斜交断层为平面相交，即两条断层平面在同一深度范围内。

根据以上假定，本文计算了Y型、T型、V型、X型以及十字型五种交汇断层之间的相互影响。这五种交汇类型的简图如图1所示。

三、在同一构造应力场作用下两条相交断层的错动方式

中国大陆地壳主要受水平挤压作用。我们可以用如图2所示的二维力学模型来描述震源(F 与 F' 不一定相交)，其中 $P_1 > P_2 > 0$ ， P_1 代表区域构造应力场的主压应力方向。根据力的平衡条件，可求得与断层 F 平行的面上的正应力 σ_a 和剪切应力 τ_a 为：

$$\left. \begin{aligned} \sigma_a &= -\frac{P_1 + P_2}{2} + \frac{P_1 - P_2}{2} \cos 2\alpha \\ \tau_a &= \frac{P_1 - P_2}{2} \sin 2\alpha \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

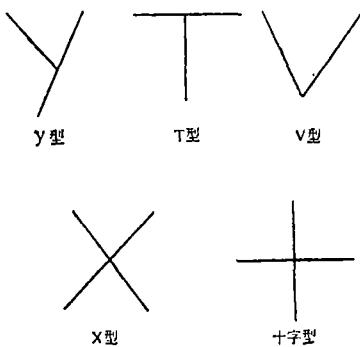


图1 斜交断层的五种类型

Fig. 1 Five kinds of intersection fault

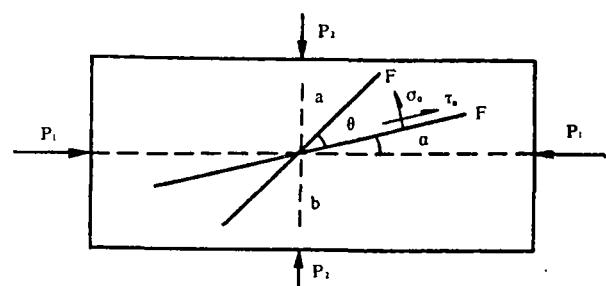


图2 震源的二维力学模型

Fig. 2 Two-dimensional mechanics model of seismic source

α 为主压应力方向与断层 F 之间的夹角。当 $\sigma_a > 0$ 时， F 受拉；反之， F 受压。当 $\tau_a > 0$ 时，它将使断层 F 产生右旋错动；反之，它将使 F 产生左旋错动。

若另有一断层 F' 与 F （或 F' 的延长线与 F 的延长线）交角为 θ ，如图2所示，这时 F' 上的正应力和剪应力分别为：

$$\left. \begin{aligned} \sigma'_a &= -\frac{(P_1 + P_2)}{2} + \frac{(P_1 - P_2)}{2} \cos 2(\alpha + \theta) \\ \tau'_a &= \frac{(P_1 - P_2)}{2} \sin 2(\alpha + \theta) \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

由(1)式和(2)式,当 $-\alpha < \theta < \pi/2 - \alpha$ 时,断层F'与断层F同旋性;当 $\pi/2 - \alpha < \theta < \pi - \alpha$ 时,F'与F反旋性。由此可以得到确定两条相交断层的旋性的简易方法:如图2所示,若已知某一地区构造应力场的主压应力方向,过两条断层的交汇处沿与此方向垂直的方向作一直线(图2中的虚线ab),这样就把整个平面分为四个象限。若两断层位于同一象限内,或位于不相邻的两个象限内(如位于I、III象限或II、VI象限内),则它们的旋性相同;若两断层分别位于两个相邻的象限内,则它们的旋性相反。当 $\theta = 90^\circ$ 时,F'与F相互垂直,这时有:

$$\left. \begin{aligned} \sigma'_a &= -\frac{P_1 + P_2}{2} - \frac{P_1 - P_2}{2} \cos 2\alpha \\ \tau'_a &= -\frac{P_1 - P_2}{2} \sin 2\alpha \end{aligned} \right\} \quad (3)$$

由(3)式知,当两条断层相互垂直时,在同一构造应力场的作用下,它们的错动旋性相反。

四、斜交断层之间的相互影响

对组合模式所描述的震源,当其发震后由于与两端调整单元的接触,故可用二维的无限长走滑断层来表示。它所产生的应力场可用无限长断层错动后所产生的应力场来近似。根据弹性位错理论可以求得无限长走滑断层所产生的位移场和应力场。

在图3所示的直角坐标系中,无限长走滑断层产生的应力场为:

$$\left. \begin{aligned} \tau_{xy} &= -\frac{\mu \Delta U}{2\pi} \left[\frac{(D+z)}{y^2 + (D+z)^2} + \frac{(D-z)}{y^2 + (D-z)^2} \right] \\ \tau_{xz} &= -\frac{\mu \Delta U}{2\pi} \left[\frac{y}{y^2 + (D-z)^2} - \frac{y}{y^2 + (D+z)^2} \right] \\ \sigma_x = \sigma_y = \sigma_z = \tau_{yz} &= 0 \end{aligned} \right\} \quad (4)$$

其中D为断层插入地下的深度,μ为岩石的切变模量。

对于半无限长的走滑型断层错动后所产生的位移场,其沿走滑方向的位移分量是主要的。其它方向上的位移分量较小,在此只考虑走滑方向的位移分量。

在图4所示的坐标系中,断层产生的位移场为:

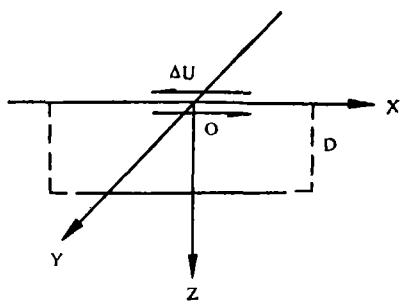


图 3

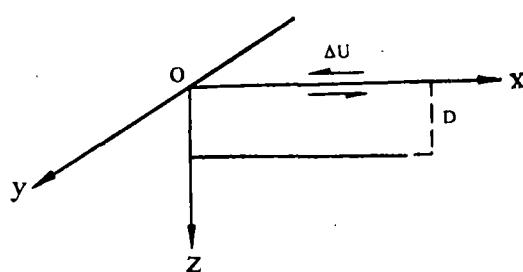


图 4

$$\left. \begin{aligned} U_x &= \frac{\Delta U}{2\pi} \left[\tan^{-1} \frac{y}{D+z} + \tan^{-1} \frac{y\sqrt{x^2+y^2+(D-z)^2}}{x(D-z)} \right] \\ U_y &\approx 0, \quad U_z \approx 0 \end{aligned} \right\} \quad (5)$$

对于泊松固体， $\lambda = \mu$ ，由(5)式可以导出断层在地表产生的应力场分量：

$$\left. \begin{aligned} \sigma_x &= -\frac{3\mu\Delta U}{2\pi} \cdot \frac{Dy(y^2+D^2)}{[(D^2x^2+y^2)(x^2+y^2+D^2)]} \cdot \frac{1}{\sqrt{x^2+y^2+D^2}} \\ \tau_{xy} &= -\frac{\mu\Delta U}{2\pi} \left[\frac{D}{y^2+D^2} + \frac{Dz(x^2+2y^2+D^2)}{[(D^2x^2+y^2)(x^2+y^2+D^2)]\sqrt{x^2+y^2+D^2}} \right] \end{aligned} \right\} \quad (6)$$

下面将借助于弹性静力位错理论对图1所示的几种交汇断层之间的相互影响加以讨论。

1.Y型斜交断层之间的相互作用

这种情况如图5所示，如果断层F'不是太松软的话，断层F'对F的阻挡作用非常弱。这时，发震断层具有良好的贯通性。当然，如果F'极为破碎时，断层F可能受F'的阻挡而终止，因为此时破碎区内无应力。在这种情况下，F'上发生大地震的可能性不大。所以，这儿只考虑F'不是太松软这种情况。这时如果F较长，两端存在调整单元，则F错动后所产生的应力场可以近似用无限长断层错动后所产生的应力场来描述。

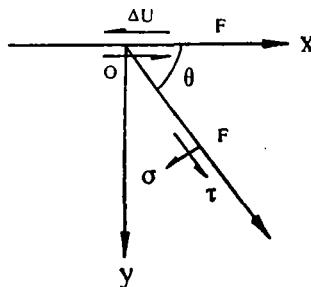


图 5

在图5中，设震源断层F沿ox轴，其错动是左旋的。由(4)式可得到断层F错动后产生的应力场在图3所示的直角坐标系中的表达式。通过应力分量的坐标变换式，可以求得图5中与震源断层交θ角的截面OA上的应力分量。如果OA面为一走滑断层的断层面，那么当F错动后对此断层起主要作用的是正应力分量σ和水平向的剪切应力分量τ。由坐标变换式可求得：

$$\left. \begin{aligned} \sigma &= -\tau_{xy} \sin 2\theta \\ \tau &= \tau_{xy} \cos 2\theta \end{aligned} \right\} \quad (7)$$

其中 $y = r \cos \theta$, r 为坐标原点O到断层线上某点的距离。

由图5可知，当 $\tau > 0$ 时，它作用在断层面OA上，将使此断层产生与震源断层同旋性的滑动或滑动趋势，当 $\tau < 0$ 时，它作用在断层面OA上，将使此断层产生与震源断层反旋性的滑动或滑动趋势。

下面分两种情况考虑F与F'之间的相互影响。

第一种情况，F首先错动，F对F'的影响：

(1) F'与F同旋性

在图5中，设F'沿oy轴。当F'上正压力分量增加时，即 $\sigma < 0$ ($\sigma > 0$ 为张力)，F'将来发震时强度增加；反之，正压力分量减小，即 $\sigma > 0$ ，F'将来发震时强度减小。另外，对于走滑断层F'，控制其滑动的主要是剪切应力分量。但正应力分量也影响其滑动的容易程度。如果正压力分量增加，断面上的摩擦力将增加，使之不容易滑动，相当于减小了断层

上所积累的剪切应力。反之，正压力分量减小，断层容易滑动，相当于增加了断层上所积累的剪切应力。所以，断层F'上的有效剪切应力为：

$$\tau_e = \tau + f \cdot \sigma \quad (8)$$

其中f为断层F'上的摩擦系数。

如果 $\tau_e > 0$ ，F'上的有效剪应力增加，则F的错动使得F'的错动时间提前，即F使F'加震；如果 $\tau_e < 0$ ，F'上的有效剪切应力减小，则F的错动使得F'的错动时间延缓，即F对F'减震。

由耶格(Jaeger, J.C.)的实验得出，在高温高压作用下，岩石的摩擦系数为0.6[8]，若f取此值，由(7)、(8)式可得：

$$\tau_e = \tau_{xy} (\cos 2\theta - 0.6 \sin 2\theta) \quad (9)$$

应用(9)、(4)式，根据F'断层与F断层夹角θ的不同，可将F对F'的影响分为以下四种情况。

(a) 当 $0 < \theta < 29.5^\circ$ 或 $180^\circ < \theta < 209.5^\circ$ 时，如图6(1)所示， $\tau_e < 0, \sigma > 0$ ，F对F'减震，且使F'发震强度降低。

(b) 当 $29.5^\circ < \theta < 90^\circ$ 或 $209.5^\circ < \theta < 270^\circ$ 时，如图6(2)所示， $\tau_e > 0, \sigma > 0$ ，F对F'加震，且使F'发震强度降低。

(c) 当 $90^\circ < \theta < 119.5^\circ$ 或 $270^\circ < \theta < 299.5^\circ$ 时，如图6(3)所示， $\tau_e > 0, \sigma < 0$ ，F对F'加震，且使发震强度增加。

(d) 当 $119.5^\circ < \theta < 180^\circ$ 或 $299.5^\circ < \theta < 360^\circ$ 时，如图6(4)所示， $\tau_e < 0, \sigma < 0$ ，F对F'减震，且使F'发震强度增加。

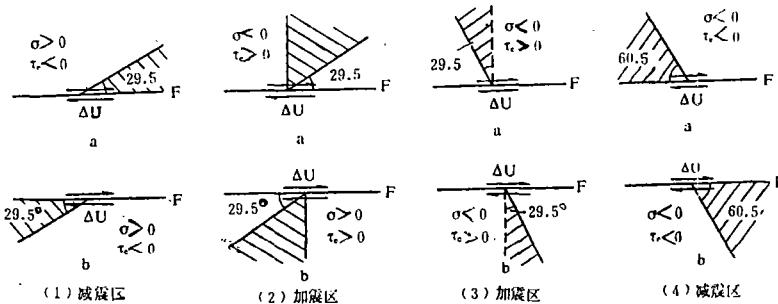


图 6

(2) F'与F旋性相反

当断层F错动时，断层F'上附加的正应力和剪切应力同样为(8)式，不同的是，若 $\tau < 0$ ，断层F'上的剪切应力增加；若 $\tau > 0$ ，断层F'上的剪切应力减小。在这种情况下，可得到断层F错动在F'上附加的有效剪切应力为：

$$\tau_e = -\tau + 0.6\sigma = -\tau_{xy} (\cos 2\theta + 0.6 \sin 2\theta) \quad (10)$$

与上面的分析相同，应用(4)、(10)式，根据θ值的不同，F错动对F'的影响也可分为四种情况：

(a) 当 $0 < \theta < 60.5^\circ$ 或 $180^\circ < \theta < 240.5^\circ$ 时，如图7(1)所示， $\tau > 0, \sigma > 0$ ，F对F'加震，且使F'发震强度降低。

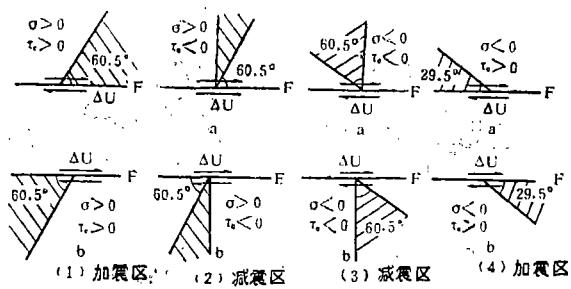


图 7

(b) 当 $60.5^\circ < \theta < 90^\circ$ 或 $240.5^\circ < \theta < 270^\circ$ 时, 如图 7(2) 所示, $\tau_e < 0$, $\sigma > 0$, F 对 F' 减震, 且使 F' 发震强度降低。

(c) 当 $90^\circ < \theta < 150.5^\circ$ 或 $270^\circ < \theta < 330.5^\circ$ 时, 如图 7(3) 所示, $\tau_e < 0$, $\sigma < 0$, F 对 F' 减震, 且使 F' 发震强度增加。

(d) 当 $150.5^\circ < \theta < 180^\circ$ 或 $330.5^\circ < \theta < 360^\circ$ 时, 如图 7(4) 所示, $\tau_e > 0$, $\sigma < 0$, F 对 F' 加震, 且使 F' 发震强度增加。

第二种情况是, F' 首先错动, F' 对 F 的影响。

在这种情况下, 以常速传播的断层 F' 将终止于 F' 与 F 断层的交汇处, F' 的一端将受到 F 的阻挡。假设 F' 较长, 且在其另一端有调整单元, 则它所产生的应力场可以用半无限长断层错动后所产生的应力场来近似描述。

对于直立的断层, 应力场在垂直方向上(在断层宽度范围内)变化不大。在考虑断层之间的相互影响时, 可用地表的应力场表达式(6)来讨论。

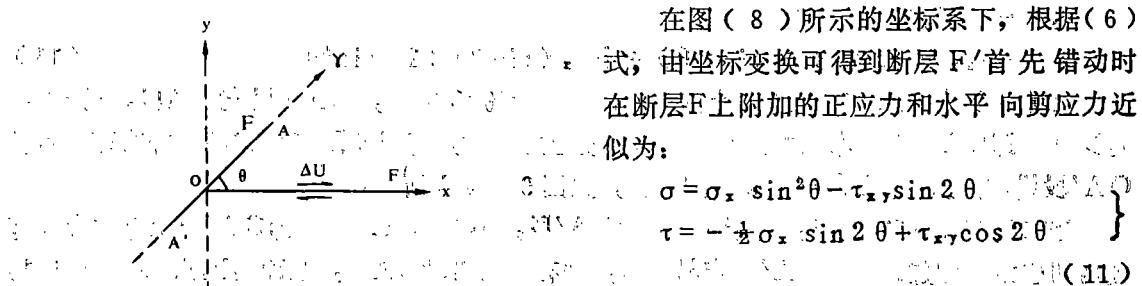


图 8

在图(8)所示的坐标系下, 根据(6)

式, 由坐标变换可得到断层 F' 首先错动时
在断层 F 上附加的正应力和水平向剪应力近似为:

$$\begin{aligned} \sigma &= \sigma_x \sin^2 \theta - \tau_x \sin 2\theta \\ \tau &= -\frac{1}{2} \sigma_x \sin 2\theta + \tau_x \cos 2\theta \end{aligned} \quad (11)$$

其中, $x = r \cos \theta$, $y = r \sin \theta$ 。

(1) 若 F 与 F' 同旋性:

这时, F 断层上附加的有效剪切应力为:

$$\begin{aligned} \tau_e &= \tau + 0.6\sigma \\ &= \tau_x (\cos 2\theta - 0.6 \sin 2\theta) - \frac{1}{2} \sigma_x (\sin 2\theta - 1.2 \sin^3 \theta) \end{aligned} \quad (12)$$

将(6)式代入(12)式, 计算可知, 当 $0 < \theta < 29.5^\circ$ 时, 对 F 的 OA' 段, $\sigma < 0$, $\tau_e > 0$ 。这时 F 之 OA' 段上的摩擦力和有效剪切应力都增加, 此段发震时间提前, 发震强度增大。对断层 F 的 OA 段, 虽然 $\tau_e < 0$, 但是当 OA' 段错动时, 由于 OA 段上摩擦力减小 ($\sigma > 0$), 所以 OA 段的错动很容易使 OA 段随之错动, 从而导致 F 断层发震。所以, 在此范围内 F' 对 F 加震, 如图 9(1) 所示。

当 $135.5^\circ < \theta < 180^\circ$ 时, 对 F 断层之 OA 段, $\sigma > 0$, $\tau_e > 0$; 对 F 之 OA' 段, $\sigma < 0$, τ_e

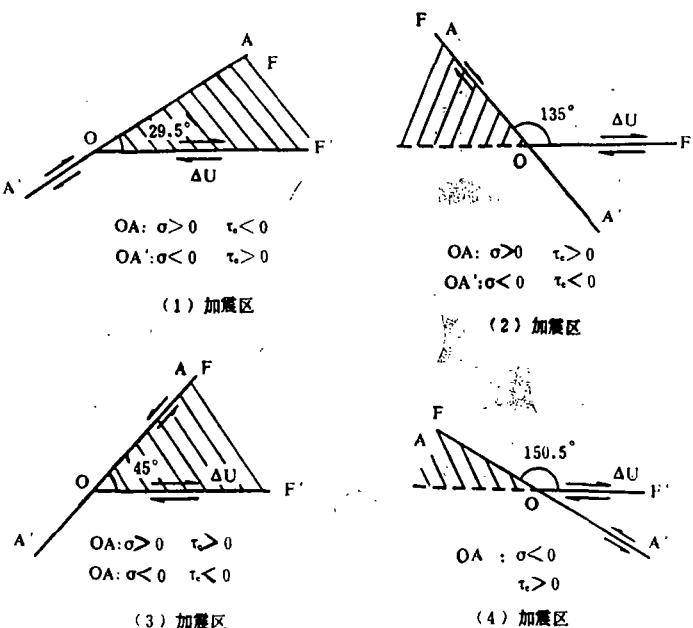


图 9

< 0 。此时，OA段容易错动发震，并且它可能带动OA'段错动，从而使F断层的发震时间提前，但发震强度降低。如图9(2)所示。

(2) 若F与F'反旋性

这时，F'错动在F断层上附加的水平向有效剪切应力为：

$$\tau_e = -\tau + 0.6\sigma$$

$$= -\tau_x, (\cos 2\theta + 0.6\sin 2\theta) + \frac{1}{2}\sigma_z (\sin 2\theta + 1.2\sin^2\theta) \quad (13)$$

将(6)式代入(13)式，计算可知，当 $0^\circ < \theta < 45^\circ$ 时，对F断层的OA段， $\sigma > 0$ ， $\tau_e > 0$ ，即OA段上的摩擦力减小，有效剪切应力增加，所以此段容易错动。并有可能带动OA'段错动，从而使F断层发震时间提前，如图9(3)所示。

当 $150.5^\circ < \theta < 180^\circ$ 时，对于F断层的OA'段， $\sigma < 0$ ， $\tau_e > 0$ ，即OA'段上摩擦力和有效剪切应力均增加，所以OA'段容易错动，并有可能带动OA段，从而使F断层发震时间提前，发震强度增大，如图9(4)所示。

2.T型交汇断层之间的相互作用

这种情况可以看成是Y型交汇断层的一种特殊情况。由前面的讨论可知，在同一构造应力场的作用下，相互垂直的断层的旋性是相反的。

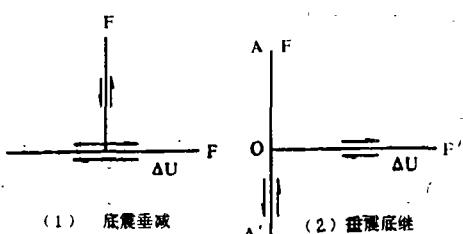


图 10

(1) “底震垂减”

如图10(1)所示，当F错动后，由(4)、(7)、(10)式可知， $\sigma = 0$ ， $\tau_e < 0$ ，即这时F'断层上的剪切应力减小。正应力不变，因而摩擦力也没变，所以，F'断层发震时间被推迟，即F'断层被减震了。

(2) “垂震底继”

如图10(2)所示，当断层F'发震时，由(6)、(11)、(13)式可知，对F断层的OA段， $\sigma > 0$, $\tau > 0$ 。因之，OA段上的摩擦力减小，有效剪切力增加，则此段容易错动。当OA段错动时，它可能冲破交汇处的塑性区，从而带动OA'段，导致F断层发震。

3. V型斜交断层之间的相互作用

取如图(8)所示的坐标系，若F断层错动发生了地震，F'断层与之交 θ 角，在两断层交汇处，F断层的错动受阻挡。前面已分析过，F断层错动后在F'断层上产生的应力可用公式(6)、(11)、(12)、(13)来描述。由于应力表达式较复杂，这里只就特殊的 θ 角加以讨论。

(1) F'断层与F断层同旋性

由(6)、(11)、(12)式可知，当 $0 < \theta < 29.5^\circ$ 时， $\sigma > 0$, $\tau_e < 0$ 。即F'断层上

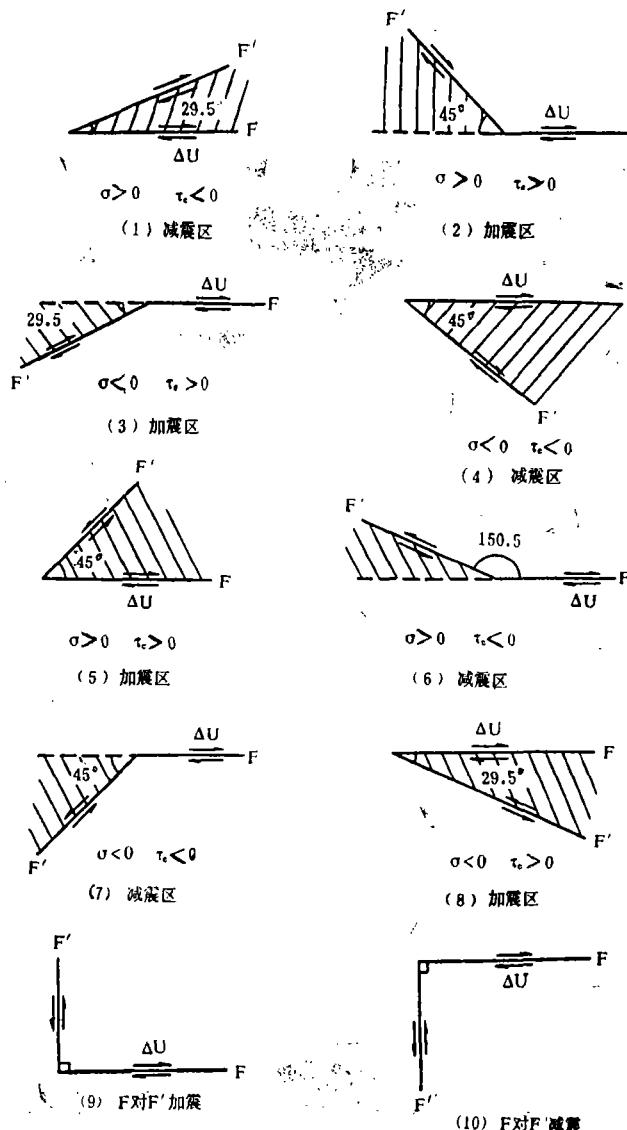


图 11

的摩擦力减小，水平有效剪切应力也减小。所以， F' 断层被减震。如图11(1)所示。

当 $135^\circ < \theta < 180^\circ$ 时， $\sigma < 0, \tau_e > 0$ 。即 F' 上摩擦力减小，有效剪切应力增加，所以 F' 被加震。如图11(2)所示。

当 $180^\circ < \theta < 209.5^\circ$ 时， $\sigma < 0, \tau_e > 0$ 。即 F' 上的摩擦力增大，有效剪切应力也增大。所以 F' 被加震。如图11(3)所示。

当 $315^\circ < \theta < 360^\circ$ 时， $\sigma < 0, \tau_e < 0$ 。即 F' 上的摩擦力增加，有效剪切应力减小。 F' 断层被减震。如图11(4)所示。

(2) F' 与F旋性相反

由公式(6)、(11)、(13)可知：当 $0 < \theta < 45^\circ$ 时， $\sigma > 0, \tau_e > 0$ 。即 F' 上的摩擦力减小，有效剪切应力增加。因之， F' 断层被加震。如图11(5)所示。

当 $150.5^\circ < \theta < 180^\circ$ 时， $\sigma > 0, \tau_e < 0$ 。即 F' 上的摩擦力减小，而有效剪应力也减小。因之， F' 断层被减震。如图11(6)所示。

当 $180^\circ < \theta < 225^\circ$ 时， $\sigma < 0, \tau_e < 0$ 。即 F' 上的摩擦力增大，有效剪应力减小。因之， F' 断层被减震。如图11(7)所示。

当 $330.5^\circ < \theta < 360^\circ$ 时， $\sigma < 0, \tau_e > 0$ 。即 F' 上的摩擦力增加，有效剪应力也增加。因之， F' 断层被加震。如图11(8)所示。

当 $\theta = 90^\circ$ 时， $\sigma > 0, \tau_e > 0$ 。即 F' 上的摩擦力减小，有效剪应力增大。所以 F' 断层被加震。如图11(9)所示。

当 $\theta = 270^\circ$ 时， $\sigma < 0, \tau_e < 0$ 。即 F' 上的摩擦力增大，有效剪应力减小。所以， F' 断层被减震。如图11(10)所示。

4.X型斜交断层之间的相互作用

假如F断层上发生了地震， F' 断层与F之夹角为 θ ，F断层错动所产生的应力场可以用无

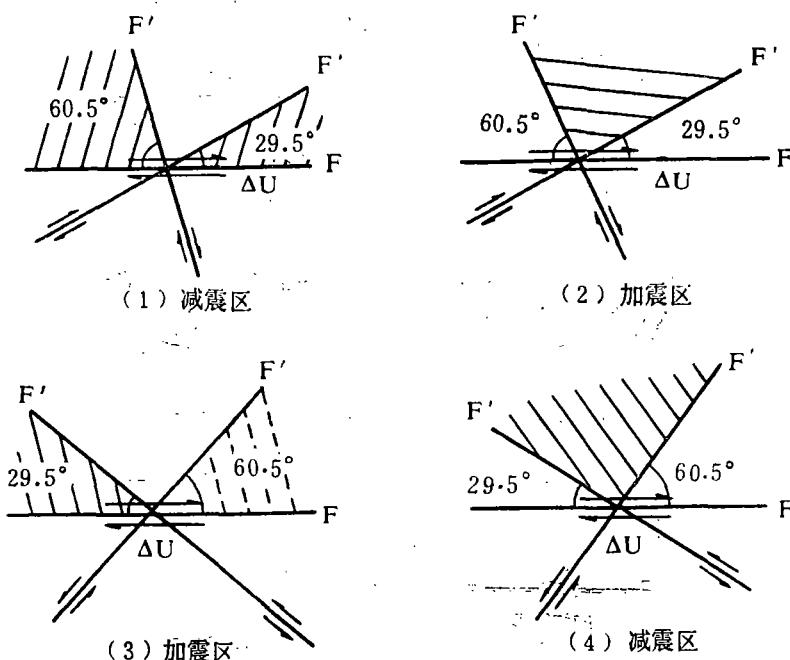


图 12

限长断层错动后所产生的应力场来近似。

应用前面Y型斜交断层相互作用的讨论结果，可知：

(1) F' 与F同旋性

当 $0 < \theta < 29.5^\circ$ 或 $119.5^\circ < \theta < 180^\circ$ 时，断层 F' 两段上的有效剪切应力都要减小；所以 F' 被减震，如图12(1)所示。

当 $29.5^\circ < \theta < 119.5^\circ$ 时， F' 断层两段上的有效剪应力都增加；所以 F' 被加震。如图12(2)所示。

(2) F' 与F旋性相反

当 $0 < \theta < 60.5^\circ$ 或 $150.5^\circ < \theta < 180^\circ$ 时， F' 断层两段上的剪应力都增加，因之， F' 被加震。如图12(3)所示。

当 $60.5^\circ < \theta < 150.5^\circ$ 时， F' 断层两段上的有效剪应力都减小。所以， F' 被减震，如图12(4)所示。

5. 十字型交汇断层之间的相互作用

这种情况相当于X型中 $\theta = 90^\circ$ 。在同一构造应力场作用下，十字型交汇的两条断层的旋性是相反的。由上面的讨论可知，这时，两交汇断层会相互减震。即如果在某一断层上发生了大震，那么在另一断层上的发震时间会被推迟。

三、几个震例

1. 盐源地震

1976年11月7日和12月13日在盐源宁蒗之间的川滇交界地区发生6.7级和6.4级地震。这是一次双主震型的地震序列。根据地震波初动解资料，6.7级地震的断层面走向为北东 18° ，6.4级地震的断层面走向为北西 70° ，如图13(1)所示，前者以左旋错动为主，后者以右旋错动为主，两个地震的主压应力轴的方位都是北西 21° ，这与用不同方法得到的两个地震破裂面交切的锐角等分线的方向很接近，表明两个地震是同一应力场作用的结果^[2]。

根据图13(1)， F_1 断层与 F_2 断层近乎垂直。由上面的讨论可知（参照图10(2)），当 F_1 先发震时，可使 F_2 之OA段上的水平有效剪应力增加，促使其提前发震。实际上，在 F_1 发生了6.7级地震之后36天，在 F_2 的OA段即发生了6.4级地震。

2. 郊城地震

1668年，在郊庐断裂带上发生了一次8.5级地震。发震断层F走向为NNE，有—NW方向的活断层 F' 与之交汇。如图13(2)所示。根据前面的讨论（参照图7(2)）可知， F' 断层正好位于F断层的减震范围内。实际上，到目前为止， F' 上也从未发生过大地震。

3. 唐山地震

1976年7月28日，在唐山断裂上发生了唐山7.8级地震。地震震源机制的结果表明^[8]，这次地震断层面走向为NE 41° ，倾角为 85° ，为右旋近乎水平的错动。在唐山西南有一断层与之交汇于宁河附近，两断层交角为 60° 左右，如图13(3)所示。断层 F_2 为左旋走滑断层。继 F_1 上发生唐山7.8级地震之后，于同年11月15日在宁河附近又发生了一次6.9级地震。对此地震，人们有两种不同的看法：一种意见认为，它是唐山7.8级地震的强余震，属于唐山地震的序列，另一种意见认为，它是一个独立的新的地震。现有的资料证实，如同唐山断裂一

样，蓟运河断裂（图13(3)中F₂）在震前也存在着蠕动^[11]。强祖基等认为宁河6.9级地震是继唐山7.8级地震之后的又一次续发性地震，而不能简单地看成唐山7.8级地震的强余震^[11]。本文认为宁河6.9级地震是由于唐山断裂错动发震后，使蓟运河断裂上的应力发生了变化，从而导致它发震。

根据前面的讨论可知，F₁断裂错动后，F₂之OA段位于F₁的加震区内（参照图7(2)），水平有效剪应力增加。由于OA段比OA'段长得多，所以F₂主要受OA段的控制。当OA段错动时就导致F₂提前发震。这就是唐山7.8级地震之后三个月发生的宁河6.9级地震。

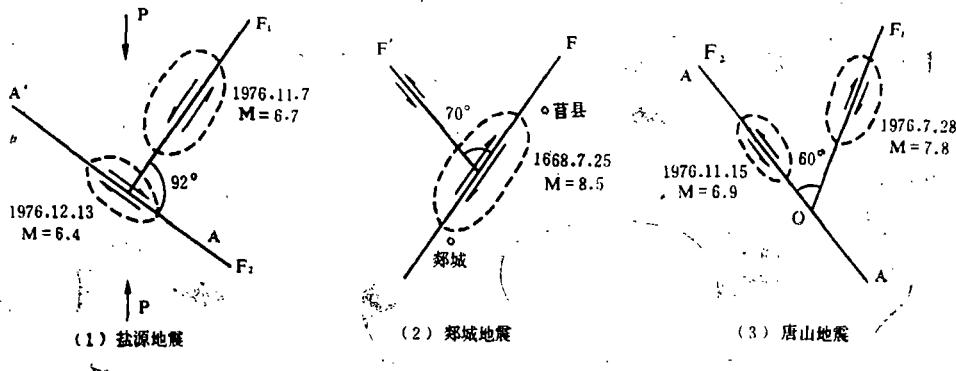


图 13

本文是在郭增建导师的精心指导下完成的，秦保燕老师也给予了很大帮助，发表时作了删减，牛志仁和闵子群老师审阅了全稿，并提出了修改意见，在此一并表示感谢。

参 考 文 献

- [1] Maji, M., On Stress accumulation in the lithosphere and interaction between two strike-slip faults, *Mausam*, Vol. 30, No. 2—3, 359~363, 1979.
- [2] 郭增建、秦保燕，大震重复性与震凝作用，*西北地震学报*, Vol. 6, No. 4, 1984.
- [3] 邹定元，我国走滑型断层地震裂缝水平位错分布的考察与研究，*地震科学的研究*, Vol. 7, No. 2, 1984.
- [4] 郭增建，震源孕育模式的初步讨论，*地球物理学报*, Vol. 6, No. 1, 1973.
- [5] Chinnery, M.A., The stress changes that accompany strike-slip faulting, *B.S.S.A.*, Vol. 53, No. 6, 921~932, 1963.
- [6] 张之立等，唐山地震的破裂过程及其力学分析，*地震学报*, Vol. 2, No. 2, 1980.
- [7] 耿大玉，关于发育断层与静止断层交遇的讨论，*西北地震学报*, Vol. 8, No. 1, 1986.
- [8] [加]阿德里安, 夏德格., 地球动力学原理, 科学出版社, 196~197, 1977.
- [9] 张四昌，大地震与共轭性构造活动，*地震地质*, Vol. 1, No. 3, 1979.
- [10] 李志义等，从地震构造看宁河6.9级余震与唐山主震的关系，*地震地质*, Vol. 1, No. 4, 1979.
- [11] 中国地震学会地震地质专业委员会，中国活动断裂，*地震出版社*, 1982.
- [12] 郭增建、秦保燕，震源物理，*地震出版社*, 1979.
- [13] 王龙甫，弹性理论，*科学出版社*, 1984.
- [14] Press, F., Displacements, strains, and tilts at teleseismic distances, *J. Geophys. Res.*, Vol. 70 (10), 2395, 1965.
- [15] 黄立人、顾国华，静力位错理论，*地震出版社*, 1982.

THE INTERACTION BETWEEN TWO INTERSECTING FAULTS

Chen Xuezhong

(Technical College of Seismology, State Seismological Bureau, China)

Abstract

The interaction between two intersecting strike slip faults is considered by the elastostatic dislocation theory. The two intersecting faults are taken to be situated in a homogenous, elastic half space. For simplification the following assumptions are made in this paper: (1) the stresses are independently calculated in an elastic half space, that is, when the stress produced by one fault is calculated, it is assumed that the other fault is not existent; (2) These independent stresses are added up, thus analysing the interaction between two intersecting faults; (3) The depth of the two fault-planes is similar.

In this paper, the interaction between two intersecting strike slip faults with the types of Y, V, X, T and + according to the above assumptions. It is shown that the interaction related to the disposition in geometry, that is, the intersecting fault in different regions near the earthquake fault is differently affected and that the theoretical results obtained may be useful in the estimation of seismic risk and also in earthquake prediction.