

热—破裂模式讨论

任何解释地震发生过程的模式，必须要能说明各种与孕震有关的前兆现象。目前，膨胀—扩散模式在解释波速比的变化方面是比较成功的，但是对地壳的各种类型的形变、地温的变化、震源机制解中主压应力轴的转向或变化、发震构造型式等都不能在此模式中求得答案，因此，有必要提出更合理的模式来解释上述现象。

从地震的空间分布来看，显然强震发生的地区都有着相当活跃的、多期的岩浆热液活动，又有剧烈的垂直差异运动，更有强烈的水平挤压。因此，地震的孕育、发生和发展必然和岩浆热液活动和强大的构造运动有着密切的关系。本文试图从这两个方面提出热—破裂模式来探讨地震的孕育过程和解释有关的前兆现象。我们将地震的孕育大致划分三个阶段：

第一个阶段——热液上升阶段：在地壳的活动区（带）中，在强大的构造应力场作用下，在地壳深处或上地幔内，由于放射性元素的富集并在长期的衰变过程中释放出大量热能，这些热能能使地壳或地幔局部熔融而形成岩浆和热液，因其温度高，密度小，压力大，可以顶托地幔及地壳（图1），从而发生大范围的地幔上隆和地壳大面积的上升。这些高温高压的热液还可冲破地壳薄弱地段沿着深断裂而上升。冲破方式有两种：（1）突然冲破。这样，就在上冲的方向上岩石受到压缩，产生了P波初动向上（图2）；而周围似乎有岩浆或物质向中心移动而受引张，产生P波节线呈现一个圆锥形曲线〔1，2〕。当岩浆热液冲动方向垂直地面时，则P波节线近于圆形；如果冲动方向稍有倾斜时，则呈椭圆；若冲动方向倾斜较大则在地面节线就成双曲线了。这就是日本学者所发现的三种较少见的震源机制图象产生的原因。（2）缓慢冲破。这种冲破是岩浆热液缓慢融熔向上侵入到上覆岩石中，热液沿着地壳中早已存在着的深断裂带而上升并向四周扩散（图1）。在一定深度上由于热液的压力、温度的降低及上覆岩层的覆盖，使热液停留在地壳中的局部地段。这样就进一步加剧了地壳

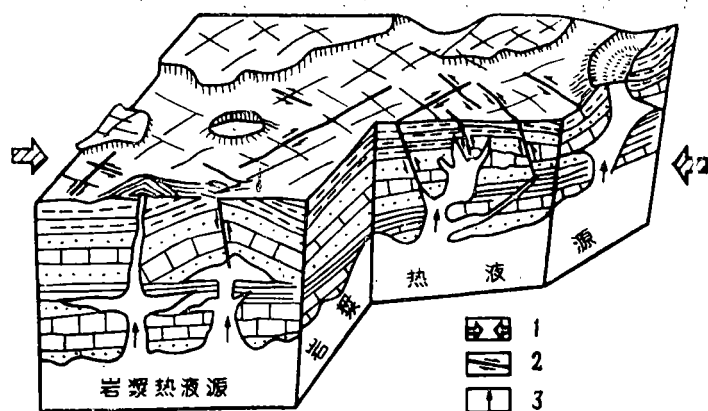


图1 在构造应力场作用下岩浆热液上涌示意图

1. 构造应力场主压应力方向 2. 断层及两盘错动方向 3. 岩浆热液上升方向

的局部变形, 热液所充填的部位则上升, 热液未达的部位则表现相对下降。同时, 由于热量的辐射和传导, 使地温、泉水的温度都升高, 氡值增加, 水化学也将发生相应变化, 电阻率可能降低。由于深部热液活动可以是连续上升, 也可能是间歇性的, 因此, 它将导致地表的各种类型的变形、地下水的升降及产生各种前兆效应。这可能属于前兆异常的长期阶段。

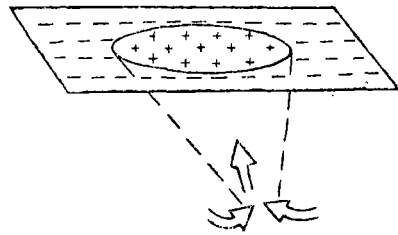


图2 岩浆、热液上冲所产生的P波初动分布示意图〔3〕

第二阶段—软化蠕滑阶段: 上升到岩石裂隙中的热液虽然温度不断降低, 但仍然高于周围的岩石。由于高温热液作用, 使原来粘结较牢的两岩块之间的断层泥发生软化, 加之孔隙压的升高而降低了两岩块之间的摩擦力, 在原已有的远场构造应力场作用下, 那些已软化且有效压力降低的地段的两侧岩块将产生缓慢无震滑动即蠕滑(图3)。滑动岩块(S_2)对其前方邻接岩块(S_1)产生挤压, 对其后方邻接岩块(S_3)产生引张。前者在地面引起隆起, 而后者在地表引起沉降, 同时也将引起地下水位的变化。由于 S_2 对前、后邻接岩块(S_1 、 S_3)的作用, 在 S_1 中产生一个平行于滑动方向的压应力; 在 S_3 中产生一个平行滑动方向的张应力。于是在 S_1 、 S_3 中产生一系列平行压力轴的张裂隙, 并将引起波速比下降, 这可能属于前兆异常的中期阶段。这个阶段, 由于热液上升侵入到各断裂带中促使断层的软化而产生蠕滑, 那些热液过多的断裂带, 将引起地温较大幅度升高, 断层蠕动力加大, 出现较多的宏观现象。但由于过于软化, 反而不易发生地震, 相反有些断层渗入热液却不很多, 引起有的地段小量蠕滑, 而有的地段则被锁住, 这些地段容易积累应变能而产生地震, 这就解释了宏观异常量大而多的地方不一定是震中区, 如松潘地震〔4〕的宏观异常较普通的地方是龙门山断裂。当然多数的热液上升是垂直递减明显, 在水平方向上变化也是很大的。有些地方断裂热液不能达到, 因而不能促使断层滑动, 也就不易发生地震; 有些热液渗透到断裂面后则易引起蠕滑, 在被锁住地段最终将出现突然粘滑。这就解释了为何在统一的构造应力场作用下的一个构造区(带)中, 甚至构造格架类似, 有的则易发震, 有的却较稳定。

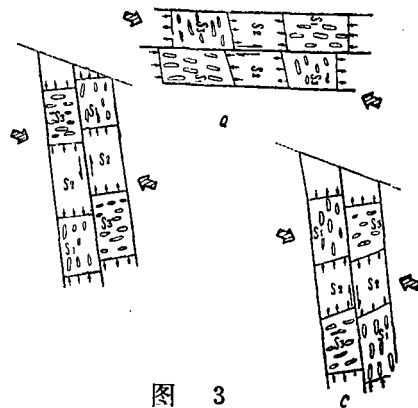


图3

第三阶段—破裂发震阶段: 滑动岩块(S_2)在热液作用下产生蠕滑, 由于构造应力场的作用使 S_2 沿断裂不断向前滑动。这时, 在断层面上, 在滑动岩块前、后端(图4中A、B)被锁住, 前方邻接岩块(S_1)产生一个平行滑动方向的挤压转换应力场, 后方邻接岩块(S_3)产生一个平行滑动方向的引张的转换应力场。当这个转换应力场足够大而达到岩石

- a. 平推断层岩块滑动产生张裂隙平面示意图
- b. 逆断层剖面示意图
- c. 正断层剖面示意图

的破裂强度时将在 S_1 、 S_3 区内产生剪切裂隙及预位移,同时张裂隙不断关闭,波速比逐渐恢复。由于 S_1 、 S_3 区都是由转换应力场所产生的剪切破裂,与构造应力场所产生破裂有一定的交角,因而显得机制解的主压应力轴杂乱。这可能属于前兆异常的短期阶段。

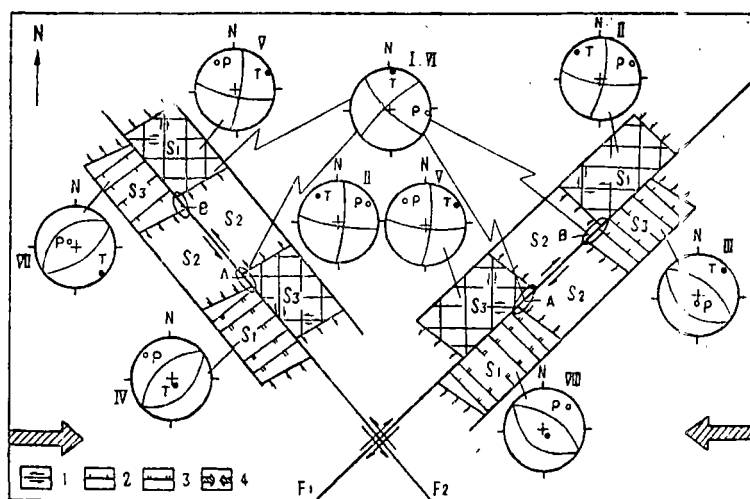


图4 粘滑及转换压力场所引起剪切破裂的各种类型机制图解

F_1 : 北东向断裂 F_2 : 与 F_1 共轭的北西向断裂 S_2 : 滑动岩块 S_1 : 前方邻接岩块 S_3 : 后方邻接岩块 A、B: 锁住段

1. 区域构造应力场主压应力 2. 平推断裂 3. 正断裂 4. 逆断裂

若滑动岩块(S_2)继续滑动,则将进入临震阶段。仅以北东向断裂为例来看,地震即将可能在几处地方发生:沿断层面滑动岩块两端被锁住的地段(图4中A、B)及前后邻接岩块内部(2 S_1 、2 S_3)。

(广东省地震局 魏柏林)

参 考 文 献

- [1] 力武常次,地震预报,地震出版社,1978.
- [2] 郭增建等,震源物理,地震出版社,1979.
- [3] 魏柏林,新丰江水库地震震源应力场与构造应力场,地震地质, Vol. 3, No. 1, 1981.
- [4] 四川地震局,一九七六年松潘地震,地震出版社,1979.

THE DISCUSSION ON HEAT—FRACTURE MODEL

Wei Bailin

(Seismological Bureau of Guangdong Province)