

膨胀——流体不稳定扩散 ——地震前兆理论的一种可能模式

连 纪 仁

(宁夏地震队)

十几年来,我国和其他一些国家在几次大震前都观测到一些相同的地震前兆现象。这些前兆现象的特征人们已经有所了解。尽管前兆现象表现为多种多样,但它们有大致可以相互比较的时间过程和空间分布规律。努尔,肖尔茨等人,将原地发现的前兆现象与岩石破裂实验结合起来,提出了地震孕育的膨胀——流体扩散理论^[1,2]。这一理论在膨胀与流体扩散这一共同物理基础上,可以解释多种地震前兆现象,例如地壳运动波速比 V_F/V_S ,区域地震活动性、地电阻率、地下水流量及地下水氧含量等现象的异常变化。但是这个模式中关于水的扩散过程及孔隙压力增加而引起岩石破坏的过程是不清楚的,该模式假设膨胀体积中的各点全部同时处于同一阶段也是不合理的。在解释波速比 V_p/V_S 前兆现象的空间分布与时间进程时,也遇到困难。例如在苏联吉尔吉斯共和国楚伊斯克地区发现较强烈的地震往往发生在波速比 V_p/V_S 值异常高区域和异常低区域的交界带上,或发生在 V_p/V_S 值的负异常区域的边界上。在多数情况下,伴随较低 V_p/V_S 值的弱震震源不是首先发生在未来强震震源附近,而是首先在“孕震区”的另一端^[3]。在堪察加地震区也发现 V_p/V_S 前兆现象有类似的情况^[4]。这种现象是与上述膨胀——流体扩散模式所予期的 V_p/V_S 的异常低值包围强震震源区相矛盾的。努尔指出,按这个模式波速异常的持续时间不一定要和临近的地震震级成比例,但是现在的资料却保持这种关系^[2]。

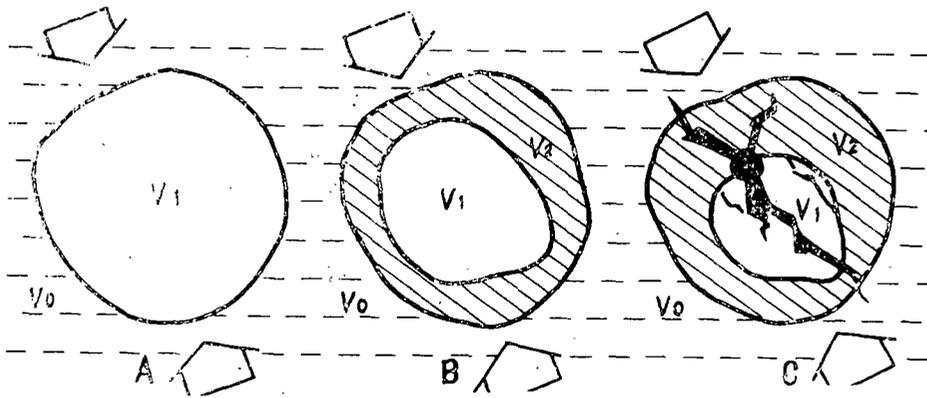
因此肖尔茨、努尔等人的膨胀——流体扩散模式虽然能对多种前兆现象给出一种统一解释的共同物理基础,但是它的解释过于含糊,并存在着不少困难,因此有必要对该模式加以改进。

为此,我们现提出以下模式,称之为“膨胀——流体不稳定扩散模式”试图对肖尔茨、努尔等人的模式加以改进与补充。现将其主要内容,扼要介绍如后。

对大地震震前活动规律的研究表明:大地震往往发生在长期未曾发生过大地震的中小地震围空区内。例如1920年海原8.5级地震、1937年菏泽7.0级地震,1966年邢台7.2级地震、1969渤海7.4级地震,1975年海城7.3级地震等均有一百年或一百年以上的显明的中小地震围空区、^[5,6]这就表明:围空区是能够极累较大弹性应变的相对完整的地壳,其周围的地壳介质,则是相对破碎的。因此我们研究这样一种极端情况,即比较完整的岩层 V_1 被充满流体的相对较为破碎的地壳 V_0 所包围(图A)。构造应力通过 V_0 作用到 V_1 上。由于 V_0 中充满

流体,使得 V_0 中的岩块之间的摩擦力降低,在剪应力作用下易于滑动,易产生一些中小地震,但不能极累起大地震的应变能。 V_1 是较完整的地壳介质,它在 V_0 传来构造应力及 V_0 中的流体围压共同作用之下,产生裂缝而膨胀。和努尔、肖尔茨模式一样,这时 V_1 中原来饱和的岩石变得不饱和,岩石中的孔隙流体压力降低,岩石强度增大阻止膨胀的进一步发生。

当水从 V_0 向 V_1 扩散时,水首先进入 V_0 与 V_1 的界面附近的薄层中,这些被水浸入的地方的孔隙流体压力随之增大,这就使得这部分岩石承受的有效应力降低,但是由于其承受的剪应力基本保持不变(也可能随时间增大)这时被水浸入部分的岩石就要产生新的微裂缝,亦即岩石进一步膨胀,我们称这个进一步膨胀的区域 V_2 为“二次膨胀区”,随着水的继续向 V_1 内部扩散,二次膨胀区不断扩大,而原来的膨胀区 V_1 ——我们称之为“一次膨胀区”——不断缩小,其孔隙流体压力渐渐增大,当剩余一次膨胀区中的孔隙压力增大到某一临界压力时,膨胀区便发生主破裂——地震。(图B、C)。



二次膨胀区的扩展与一次膨胀区的小缩

应力解除技术实地测定地壳应力状态和震源机制研究表明,地壳水平应力分量比垂直分量大。在这种构造应力场的情况下,地壳中所出现的微裂缝是以水平方向为主,地壳中的流体扩散也是以水平方向为主,因此在讨论流体扩散问题时,可以不考虑垂直方向的流体扩散。

根据以上的物理力学模式,可以建立这个问题的数学模型、——均匀弹性流体在均匀弹性多孔介质中渗流的微分方程——考虑一定的初始条件、边界条件及连续性条件求解基本方程,即可对这个问题进行定量的讨论。但是由于问题的复杂,基本方程中的一些物理参数,还要根据室内岩石压力试验及注水诱发地震试验的一些结果加以推测。同时只有再把问题简化为一维问题时——假定 V_1 与 V_2 之介面是平面且两端对称的情况,方程比较容易求解。我们已经根据这样一个很简单的数学模型、得到了一些初步的结果。由于有些问题尚待进一步完善,故拟另文专门讨论。下面依据我们的地震孕育模式,对有关的地震前兆现象进行一些解释。

本文提出的地震孕育模式,把地震的前兆现象的空间分布划为三个区域:Ⅰ为剩余膨胀区;Ⅱ为二次膨胀区;Ⅲ为源外区。

当地壳在构造应力场作用下发生膨胀时,膨胀区内孔隙压力随着膨胀的发生发展而下降,当岩石变得不饱和时它保持在比较低的水平。而后随着二次膨胀的出现并向一次膨胀区内部

推进, 膨胀区内各点的孔隙压力回升。当二次膨胀区锋面扫过一次膨胀区的某点时, 该点处的孔隙压力就急剧增大。对于剩余一次膨胀区, 虽然它的孔隙压力亦随时间增大, 但仍保持不饱和状态。对于源外区, 它受到膨胀区的挤压作用, 因此其孔隙压力有所增大, 这个区域的孔隙压力由于膨胀区的存在所引起的变化可以用一个“膨胀源”的应力场来表示。我们根据上述的各个区域内的孔隙压力的变化, 可以推断各个区域内各种前兆现象的相应变化过程。

波速比VP/VS 由于膨胀区的出现, 区域Ⅲ中靠近膨胀区的地方孔隙流体压力增大, 岩石处于过饱和状态, 因此波速比高于正常值。二次膨胀发生时, 一方面上述区域进一步受挤压, 使孔隙压力继续增大, 另一方面从该区域流出一部分水进入二次膨胀区又将使孔隙压力降低。但是它仍然处于过饱和状态, 波速比仍高于正常值。在膨胀区内, 由于岩石变得不饱和, 波速比下降而低于正常值。随着水的浸入, 二次膨胀锋面向一次膨胀区内推进, 形成了区域Ⅱ, 锋面所过之处岩石迅速恢复到饱和状态, 孔隙压力进一步增大, 所以波速比回升到正常值并继续增大到过于正常值。在剩余一次膨胀区内, 波速比则在下降后保持低值, 直到地震发生。所以波速比的空间分布上有一个异常高值与异常低值过渡的梯度带, 它是与二次膨胀区重合的。二次膨胀区扩展的锋面是微破裂不断产生, 发展的地方, 所主破裂也往往从这里开始。这就解释了前面提到的楚伊斯克地区发现的较强地震往往发生在波速比负异常区的边界上, 或发生在波速比异常高值与异常低值区的交界带上。

地壳形变 区域Ⅲ受挤压而部分裂缝闭合, 岩石体积压缩而地壳沉降。在区域Ⅱ, 再次膨胀使地壳加速隆起。而在剩余一次膨胀区Ⅰ, 地壳隆起现象, 不如区域Ⅱ显著。

岩石电阻率 充满流体的相当破碎的区域Ⅲ的部分裂缝闭合, 岩石体积压缩, 地下水往上升, 电阻率下降, 膨胀使岩石变的不饱和、岩石电阻率增大。但在区域Ⅱ, 随着水的浸入, 岩石电阻率降低。

地下水氡含量和地下水位 膨胀区中产生大量的新裂缝, 它大大增加了孔隙水与岩石的接触面积, 因此地下水中溶解的微量元素含量增加。特别是区域Ⅱ因裂缝进一步增加, 所以其地下水氡含量的增加比区域Ⅰ还要显著。在区域Ⅱ, 部分裂缝的闭合减少了地下水与岩石的接触面积, 因此这里的氡含量是降低的。地下水位在区域Ⅰ是下降的, 在区域Ⅲ是上升的, 而在区域Ⅱ地下水位是由下降转为上升。

地震活动性 由于二次膨胀区的锋面所扫过的地方是微破裂不断发生的地方, 所以二次膨胀区是弱震活动区。剩余一次膨胀区由于膨胀硬化, 所以弱震活动相对平静——中小地震围空区。随着一次膨胀区的不断缩小, 围空区在大地震前也不断缩小。

总之, 本文所提出的地震孕育模式, 可以对浅源地震的各种前兆现象的空间分布和时间进程作出统一的物理解释。这个模式着重讨论了流体向地壳膨胀区扩散时所伴随的再次膨胀问题, 二次膨胀区的出现及其扩展在地震孕育过程中起了重要作用, 这是与肖尔茨、努尔等人的模式明显不同的。

参 考 文 献

- (1) C、H、肖尔茨, 地震预报的一种物理依据, 国外地震, 1974年第一期、
- (2) A、努尔, 日本松代地震群: 膨胀——流体扩散模式的证据。

对我国西部地区未来八级大震的初步分析

沈宗丕

(上海市地震局)

沿我国南北地震带向北至苏联贝加尔，再由北向西南至苏联塔吉克，并向东南至缅甸，围成了一个三角形地区。在这个地区内本世纪以来曾发生许多次8级左右的大地震。我们分析了这些大地震的时间空间和能量分布，发现有以下几点：

1. 三角形地区内的大震活动显示出四个活动高潮期。由1970—1980年（可能到1981年）是第四活动高潮。由以前三次高潮中所释放的能量来看，第四次高潮还应当再释放一个8级左右地震的能量，时间就在近一两年内。

2. 由地震活动的时间来看，不同大震间之可按21年的时间间隔去组合。由1912年缅甸8级地震、1934年印度、尼泊尔边界8.3级地震和1957年蒙古8.1级地震所组成的时间间隔可予料在1978年有一个8级大震，而此震还未发生，有可能在今后一、二年内发生。

3. 由上述三次大震的迁移方向来看，近一两年内发生的大震可能在新疆北部地区。按李永善同志的网络观点，新疆北部有两个空点。

根据以上几点，我们认为在今明两年，在我国西部地区，特别是新疆北部地区可能有8级左右地震发生。

(上接第85页)

(3) Г. А. Соболев, Л. Б. Славина, Пространственные и Временные Изменения V_p/V_s перед сильными Землетрясениями Камчатки.

Физ. Зем. 1977. 7

(4) З. А. Меджитова, Изучение пространственно-временного распределения Величины отношения Скоростей V_p/V_s В Чуйской Впадине и ее горном обрамлении.

Физ. Зем. 1977. 10.

(5) 国家地震局兰州地震大队，宁夏回族自治区地震队，1920年12月16日的海原大震，地球物理学报19.1.1976.

(6) 魏光兴等，华北地区大地震前地震围空区特征，地球物理学报，21.2.1978.