

论短临地震预报的调制模式

郭增建 秦保燕

(国家地震局 兰州地震研究所)

短临预报是地震预报中最关键的问题。对此人们共同的经验是利用突发性异常(突跳和突变)作为短临预报指标。然而在实际预报工作中却遇到重要的困难。例如根据各台站的经验突发性异常有时对应地震,有时不对应地震,究竟如何选择?另外震源地方的过程是相当复杂的,而人们从防震效果出发又要求预报的时间准确到日期,这是否有可能?对于这样的问题需要从多方面来进行讨论。

本文拟从以下的观点去讨论这个问题,即临震前震源过程已处于极不稳定的状态,此时那些平时不起作用的外因(如磁暴、大气压力变化和固体潮)可激励震源地方的不稳定性,这样由它所引起的前兆也就带有与外因同步的时间特征了。反过来说,这种前兆异常的出现标志着大地震发生的日子已为期不远了。至于地震发生的具体日期,可由外因与前兆的韵律以及其他统计指标来估计。即如果一旦发现某次外因对震源过程的激励引起了前兆,说明此外因已能够对震源地方起作用了,因之下次外因出现(或前兆相应出现)就是预报大震的较可能日期。其初步讨论在文献〔1—5〕中已有所涉及。上述震源过程、外因和前兆显示有机结合的模式称为调制模式。另外对已达临界状态的震源过程来说,量值较小的外因叠加震源上后,其震源对外因响应的快慢取决于介质的脆性程度。接近脆性的震源体其发震时间与外因同步,非完全脆性的震源体则发震时间有滞后。按统计滞后时间大致有一定的日期范围。

一、调制模式的先决条件——临震前震源地方的不稳定性 为了讨论临震前震源过程的不稳定性。首先让我们阐述一下震源的孕育模式。1973年我们曾提出了震源是由应力积累单元和其两端的应力调整单元共同组合而成的模式(简称组合模式)〔6〕。这个模式在不稳定性上有以下的特点。即调整单元的岩石强度低或断层面上的静摩擦极限较小,且易于松动,所以在临近大震发生前它首先出现不稳定性,而积累单元的岩石强度高或断层面上的静摩擦极限大,所以只有当临震前该单元的予位移加速时才出现不稳定性〔7〕〔8〕。这个模式已为我国一些大震前兆所初步验证。例如1975年辽南大震就是先从极震区的两端地带(西边盘锦地区和东边的丹东地区)出现前兆的,最后才在极震区出现前兆。根据以上所述可知,临震前震源区和其附近会出现两种不稳定性,一种是调整单元的的不稳定性,一种是积累单元的不稳定性。调整单元可以是一个蠕滑断层段,也可以是一个复杂的地质构造区,在这个地区内,断裂切割,岩体破碎,液体充填或高温物质穿插,它易于松动变形而不易积累巨大弹性形变能。对于蠕滑断层段来说其临震前的蠕裂不稳定性已由牛志仁和苏岗同志讨论过〔9〕。

二、外因对震源过程的调制 临震前震源地方处于剪切应力即将超过断层面上的岩石

强度或静摩擦极限的临界状态,因此外因作用到震源地方或是增大其剪切应力或是减小其岩石强度都可调制震源过程。另外根据组合模式,外因调制的地段,一个是在应力积累单元,激励那里的予位移,一个是在调整单元,影响那里的蠕裂或蠕滑。

(1) 对予位移传播的激励 1971年我们曾指出^[7],临近大震前震源断层面上某一部份开始软化,此时断层盘就相应产生运动(予位移),当整个震源断层面上软化后该断层就大错动而发震了。这就是说由介质局部软化到整个震源断层面上软化是会有传播过程的,当然也可能有几个部位上同时软化而互相连片。对于外力触发地震来说,文献^[7]曾指出,当临震前震源断层面上某一部份介质软化后,则“外力就可能在软化薄层端部产生应力集中,它叠加在原来的震源应力上,从而触发地震”。这意味着外因产生的应力集中是有利于予位移扩大传播的。这个集中后的应力 S 可表为:

$$S = K(S_0 + S_1) \quad (1)$$

式中 K 为应力集中因子,它与软化薄层的维度大小、薄层端部的尖锐程度、薄层的软化程度或断层面可滑移的自由程度*以及方向性因素有关, $(S_0 + S_1)$ 为临震前震源地方已达到的应力, S_0 为构造应力在震源地方形成的应力值, S_1 为外力在震源地方所引起的均布应力。由(1)式可知,当外力 S_1 叠加到震源地方后,软化薄层端部的应力集中值 S 就会增大,因之对予位移可起到激励作用。

(2) 对蠕裂传播的影响 在地震前稍早时期,虽然调整单元可能已有滑移,但在积累单元端部产生的应力集中程度不大,因之应力集中区还无蠕裂向积累单元传播或蚀进。如果到了临震前,这种应力集中区的应力集中值就较大,此时则有蠕裂向积累单元传播。当外因作用到震源区后,类似于(1)式所示,可使应力集中区的应力值加大,从而可激励蠕裂的传播。

以上就是外因对震源过程的调制,每激励一次,震源过程就愈向发生大震前进一步。下面具体讨论大气压力、引潮力和磁暴对震源过程的调制。

(3) 大气压力变化对震源过程的调制 大气压力变化对震源过程的调制可分两种情况,一种是大气压力均匀作用于断层两盘,一种是不均匀作用于两盘。前一种情况可引起中等主应力效应和围压效应,后一种情况可引起张应力和剪应力效应,这些都可调制震源过程。现分述于下。

1. 中等主应力效应 对于平推断层来说(我国大震多以平推错动占优势),其中等主应力在铅直方向。按照日本学者茂木清夫的实验^[10],当中等主应力减小时是会减低震源断层面上岩石的耐剪强度的,因之可促使大地震发生。岩石耐剪强度 τ 可表示为:

$$\tau = f\left(\frac{\sigma_1 + \sigma_3 + 0.1\sigma_2}{2}\right) \quad (2)$$

中式 σ_1 和 σ_3 分别为最大主应力和最小主应力(以压力为正), σ_2 为中等主应力。由(2)式可知,当 σ_2 增大时, τ 值也增大,反之则减小。对于大气压力来说,它是铅直方向作用的,即作用在中等主应力方向,在临震前,震源地方的剪切应力已达到岩石的强度,並快要错动时,如果大气压力减小,则起到削弱岩石强度的作用,于是就会影响震源地方的过程。

2. 围压效应 按照拜尔里和萨莫尔的实验^[11],当围压减小时有利于予位移的进行。由

* 软化程度决定着断层面两侧岩体可滑移的自由程度。在断裂力学中,假定裂缝内是空气,因之是完全自由的,这与地球内部不相当。

此推知,当临震前大气压力减小时可使震源地方的围压有所减小,因之有利于予位移的发育。这就是说,大气压力变化对震源过程起到了调制作用。

3.剪应力效应 对于断层两盘所受大气压力不均匀的情况,可使震源断层面上产生剪切应力 S ,这个剪切应力是与原来震源断层面上的剪切应力 S_0 共面的,因之可用向量叠加。其合成剪应力 $\vec{Q}$ 为

$$\vec{Q} = \vec{S} + \vec{S}_0 \quad (3)$$

上述叠加后的应力必然会影响震源过程的,也就是说它可以对震源过程起到调制作用。对于这个调制来说,并不要求低气压天气过程,只要求断层两盘上作用的大气压力不等。

4.张应力效应 当大气压力某处加强时,可使该处地壳轻微的下拗,这个下拗将牵拉外围地层,此时外围地层会产生近乎水平方向的张应力。当这一张应力影响到快要发生大地震的震源区时,则张应力可削弱断层面上的摩擦力,遂使震源断层面更加不稳定,最后发生大震。另外当气压减小时,地面会上隆,也会起到与上述类似的作用。摩擦力 F 减小的公式可表为:

$$F = F_0 + \mu (P - T) \quad (4)$$

式中 F_0 为断层面上的粘结力, μ 为摩擦系数, P 为临震前震源断层面上的正压力, T 为由大气压力引起断层面上的张应力。

5.最小主应力效应 如果上述外因所引起的牵拉作用位于已经不稳定的震源断层盘将要向前错动的方向时,则此时断层面上的剪切应力将突然有一加大,其剪应力值为:

$$S = \frac{1}{2} [\sigma_1 - (\sigma_3 - T)] \quad (5)$$

式中 S 为剪切应力, σ_1 为最大主应力(以压力为正), σ_3 为最小主应力, T 为由大气压力变化引起的水平向张力。

以上五个效应或降低震源地方的摩擦力或增大剪切应力,这些都是可以调制震源过程的(包括应力积累单元和调整单元)。

(4) 固体潮对震源过程的调制 引潮力是一种体力,它虽然与大气压力(面力)不同。但它对震源地方的影响也可化归为与上述相同的五种效应。

1.中等主应力效应 当地球在引潮力作用下鼓起时由于地球各层介质力学性质不同,所以层与层间就会产生非整体变形。这样孕育震源的地层其顶部和底部就有压紧和放松的情况,这相当于(2)式所示的中等主应力效应。

2.围压效应 当固体潮引起地球各层的变形不协调或是在水平方向变形不均匀时,就可能对震源地方引起围压的变化,因之有围压效应。

3.剪应力效应 地壳在水平方向上是不均匀的,往往有分块现象。另外地壳底部软流层物质也不一定力学性质相似,因此在引潮力作用下,块体之间就有相对运动,这可引起剪应力效应。

4.张力效应 在引潮力作用下地面隆起时可形成张力,此张力对震源有类似于(4)式的作用。

5.最小主应力效应 地壳在水平方向是不均匀的,如果由于各部分力学性质不同,因之在引潮力作用下也有不协调的变形,这样在有利的情况也会造成类似于(5)式的作用。

以上五种力学效应都可以起到调制震源过程的作用。

(5) 磁暴对震源过程的调制 磁暴调制作用可分磁致伸缩效应、杨氏模量效应和磁卡效应(即磁热效应)。

1. 磁致伸缩效应 我国大震的震源基本上位于地壳中,而地壳岩石的磁性取决于散含于岩石中的铁磁性物质。对于已经处于不稳定的震源断层来说,当磁暴发生时,断层附近磁性物质微粒会发生磁致伸缩效应。这种伸缩尽管是极其微量的,但它们对断层面上的临界状态同样也可起到类似于前述的五种效应。其具体的效应视磁性体的性质分布位置以及外磁场的方向而定。当磁暴使磁性颗粒体积变小时,则对其相邻岩石微粒有拉伸作用。这个拉伸如作用于震源断层面上某点的中等主应力方向则会起到中等主应力效应;如在某点的周围都有上述拉伸作用(或压缩)则会引起围压效应;当紧邻断层面两边有不对称的磁致伸缩时还可引起前述的剪应力效应、张应力效应和最小主应力效应。这些效应都是可以调制震源过程的。

2. 杨氏模量效应 这种效应在震源地方的后果与上述磁致伸缩的情况类似。

3. 磁卡效应 对于积累单元来说(指浅源地震),由于其岩石强度或断层面上的静摩擦极限高,因之温度相应比较低。如所周知,地壳岩石是离子晶体,其导电率 σ 可由以下的公式表示^[12]。

$$\sigma = \sigma_0 e^{-E/KT} \quad (6)$$

或

$$l.\sigma = l.\sigma_0 - \frac{E}{K} \cdot \frac{1}{T} \quad (7)$$

式中 K 为波尔兹曼常数, T 为温度, E 为激活能, σ_0 为指数前常数,最后这两项随温压变化不灵敏。由(6)(7)式可知,当积累单元断层面上的温度增大一倍时,其导电率就增大一个数量级。按照文献^[13]的观点,在震源孕育早期,积累单元断层面上的温度是不高的。但当临震前予位移加速进行时断层面上就会因摩擦生热而提高温度。据1977年美国学者布雷斯(W.F. Brace)研究^[14],在稳定滑动的室温实验中曾发现有玻璃质断层泥,这意味着滑动产生的温度可达到很高。由此推知,与稳定滑动相类似的震前予滑(即予位移)可能在断层面上产生很高的温度。在此情况,积累单元的断层面可形成导电薄层。此时当磁暴发生时,在地下产生的感应电流就主要消耗在这个薄层中而变为热能。另外别处的电流也绕来从薄层集束流过,这也会使积累单元断层面上增热。当断层面上温度增加后,岩石更进一步软化,这是有利于予位移进行的。这就是磁暴对震源过程的调制作用。应当指出,磁暴也可对一些非地震的断层蠕滑起到类似作用。关于电磁扰动向地下的穿透深度一般用场强衰减到地表值的 $1/e$ 时的深度来表示^[12],即:

$$P = \frac{1}{2\pi} \sqrt{10\rho T} \quad (8)$$

式中 ρ 为电阻率, T 为电磁扰动的周期。由(8)式可知,在震源孕育早期,断层面上 ρ 值较大,因之 P 值也大。当临震前断层面上的 ρ 值减小时,则 P 值也小,即电磁能量主要消耗在地壳浅部的震源断层面上。

以上就是大气压,引潮力和磁暴对临震前震源过程的调制作用。当震源过程被调制后,震源区及其周围的形变场就相应带有与外因同步的某些变化,这些变化在某些部位上引起地

下高压水和高压汽的喷射以及过热液体的暴沸从而引起一些突跳性前兆。

三、调制作用的实例 自1966年以来,我国连发大震,现已积累了大量前兆资料。在这些前兆中我们发现有不少前兆既发生在临近大地震之前,又与某种外因出现的时间相一致。我们认为这可能是调制作用的表现(当然调制作用不可能包括所有前兆,因为震源本身的过程还有独立发展的一面),下面我们举一些突出的前兆事实来讨论。

1. 磁暴调制举例

(1) 1973年2月6日四川炉霍发生7.9级大震,在这次大震前8天,即1月29日康定姑咱泉(距震中约150公里)的氡含量曾出现明显的正突跳,如图1所示^[15]。根据兰州地磁台的观测,在这个氡气突跳出现的日期有 $K \geq 6$ 的磁暴发生。在这之前元月20—21日以及元月23—24日皆有 $K = 6$ 的磁暴,但皆未对应氡气突跳。

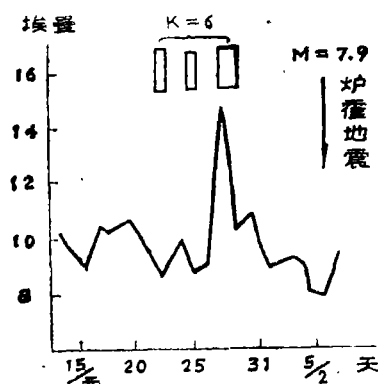


图1 炉霍大震前氡气与磁暴对比

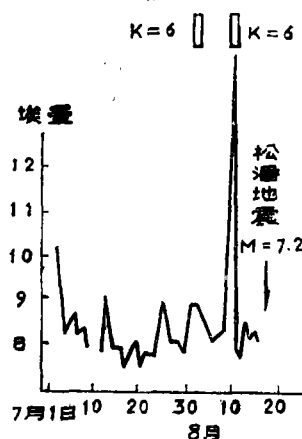


图2 松潘大震前氡气与磁暴对比

(2) 1976年8月16日四川松潘发生7.2级地震。在这次地震前6天,即8月10日,康定姑咱台(距震中约300公里)的水氡含量突然增加80%,如图2所示^[16]。根据北京地磁台资料,由7月1日到地震发生的47天时间内,只有7月31日和8月10日各有 $K = 6$ 的磁暴。

这后一个磁暴正是临震前姑咱氡气突跳的日期,前一个磁暴未对应氡气突跳。

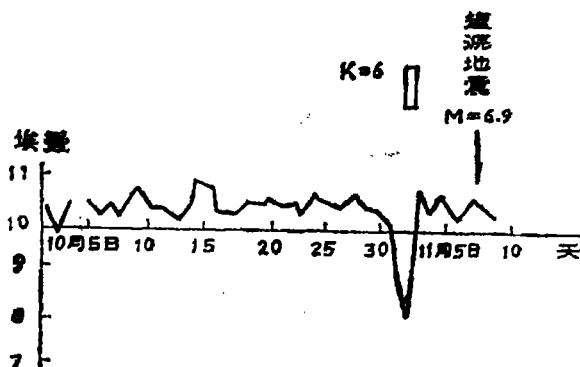


图3 盐源地震前氡气与磁暴对比

(3) 1976年11月7日四川盐源发生6.9级地震。根据西昌地震办公室的研究^[17],在这次地震发生前在其东北约150公里的西昌水氡观测点上曾出现一个明显的氡气突跳,如图3所示。根据北京地磁台的资料,在从10月1日到11月7日的38天时段内,只有10月30日到11月1日有一个 $K \geq 6$ 的磁暴发生。这个时间正是西

昌出现氦气负值突跳的时间。

在以上震例中,氦气突跳与磁暴有关。但有趣的是在震前稍早时期也有磁暴(图1和图2)皆未对应氦气突跳,而仅在临震前的磁暴才对应突跳。这是与前面所述的调制模式相符合的。即临近地震前震源地方很不稳定时外因才可起作用。

2. 天气过程调制举例

(1) 1975年2月4日海城发生7.3级地震 在这次大震前以地气异常最为注目,它证实了我国史料中关于地气前兆的记载是可信的。根据文献^[18]的研究,震前27天,即元月8日地气最为突出,它甚至比临震当天还显著,如图4所示。正好在元月7日是辽南地区天气最热和气压突然变低的一天(图4中气压为营口站资料)。另外正是这个时候(元月7日到8日)还有 $K=7$ 的大磁暴发生。由图4可以看出,地气增多的时间与气压降低的时间大致是符合的。另外元月8日这一次地气异常之所以特别发育,可能与气压和磁暴的联合作用有关。

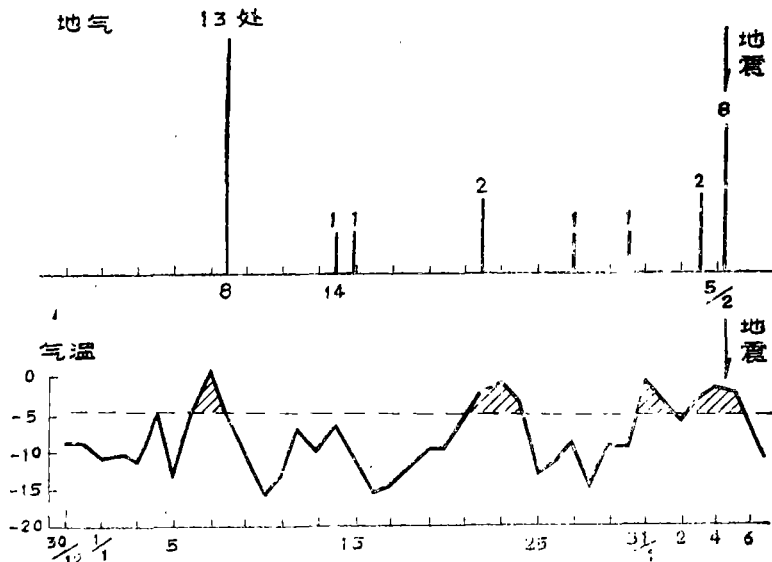


图4 海城地震前地气异常与气压变化对比

(2) 1969年7月18日渤海发生7.4级地震。此后曾有专门的会议进行前兆总结^[19]。在总结中归纳各种前兆出现的时间时,指出:“各种观测方法的大部分手段在7月初即开始有变化,其中在7月9、10日及15、16日前后变化明显加大或有转折点”。以上前兆出现时间的特征是与渤海和其附近地区天气过程相关的。按照气象资料,7月10日是该月气温最低和气压最大的一天,15、16日是下大雨的时期,气压相应有较大变化。我们认为上述前兆在时间上的分布可能是天气过程对渤海大震震源区及其附近地区的不稳定性进行调制所形成的。

(3) 1976年7月28日唐山发生7.8级大震。根据前兆总结资料^[20]:“唐山地震的临震前兆数量多、地区广、种类杂。它们出现的时间多在7月20日以后,24日开始增多,27日出现高潮”。上述前兆在时间上的分布特征看来与天气过程的调制有一定关系。由气象资料可知,7月23日——24日唐山及其附近地区气压大减,为大震前数月内气压最低者。它可能调制了震源过程,从而前兆开始增多。值得指出的是,根据文献^[20]的报导,7月24日唐山市

第十中学的专用观测井壁(水泥圆筒式固的井壁)突然坍塌。震后离核井20米处产生了断层。这可能是7月23—24日气压突然下降调制了震源断层的予位移进程而表现出来的现象。

这也与其他大量前兆突然增加的日期相一数。

3. 引潮力调制举例

(1) 1975年2月4日辽南发生7.3级地震。在这次地震发生前后,金县氦气(观测点距震中约200公里)有两个最明显的突跳,如图6所示[18]。这两个时间正好是朔望时间。

(2) 1973年8月11日南坪6.5级地震。在这次地震前15天即阴历廿八日(该月是小月,此日接近朔日),天水重力日均值梯度突然出现异常,如图7所示。

以上是潮力对震源区及其附近地区的调制。应当指出的是朔望月月都有,为何紧临地震前后才有明显的氦气突跳或重力日均值梯度异常呢?这与前面所论述的临震前震源区及其附近已处于不稳定状态,震后不久也处于不稳定状态,因而引潮力可以对其进行调制有关。

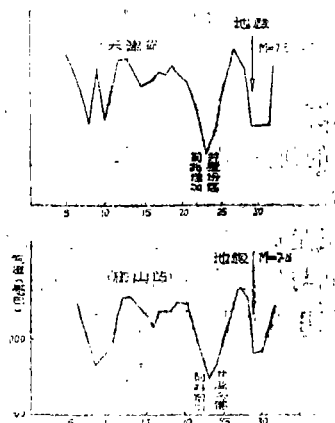


图5 唐山大震前气压与前兆对比

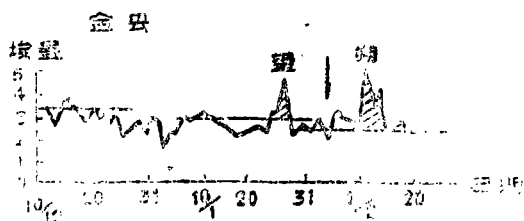


图6 海城大震前金县氦气与朔望对比

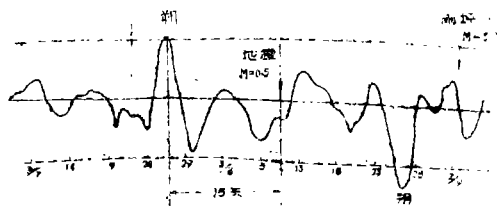


图7 南坪地震前天水重力异常与月相的对比

根据以上所举的实例,我们认为在临近大地震前外因对震源过程的调制是存在的。

四、短临地震预报问题的讨论

1. 关于异常的鉴别 要鉴别异常是否为大震的前兆当然需要从多方面去考虑,如干扰的排除、仪器故障的排除等。但就本文所陈述的观点,当外因与异常同步时很可能是真正的前兆。前边所列举的大量资料可以说明这个问题。

2. 地震发生日期的预报 如果发现异常与外因同步了,则说明震源地方已处于极不稳定状态。在此情况,随后出现的外因日期是最可能的发震日期(误差前后一天)。例如1973年炉霍大震在元月29日已发现前兆与磁暴同步(见前面图1),则说明震源地方已很不稳定,结果2月6日当低气压过境时发生大震;又例如1976年唐山大震前7月23—24日低气压与前兆同步(图5),说明震源地方已很不稳定,结果当随后7月27—29日出现磁暴和朔日时发生大震;再例如1975年辽南大震前元月8日低气压和磁暴与地气、地下水等异常同步,说明震源地方已不稳定,结果在随后第三个低压出现时,即2月4日发生了大震。由此可知,外因与异常的同步是鉴定震源不稳定性的,随后的外因出现时间是预报大震发生日期的。另外在预报大震发生时间方面,倍九法(这是一个纯统计的结果,有磁暴倍九,测震倍九和前兆倍

九, 其物理原因不明, 其中也包含某些调制因素)也是可以作为参考的。例如1976年松潘大震前9天综合异常达到最高潮, 且低点位移在震前44天(五九)已出现。又例如1976年巴音木仁6.3级震前18天已有震群出现, 同年和林格尔大震前10天有大磁暴发生等。按倍九法予报都可准确到日期的(误差前后一天)。当然以上只是一些典型例子, 实际上在具体的地震予报中还会遇到更为复杂的情况。但如果多方面努力, 地震予报到日期将是可能的。日本学者把予报时间定为几小时到三天也一定有其科学根据。

3. 关于地点的予报 对于中期予报来说, 确定未来大震发生的地点是有一些方法的, 如空区和波速异常区等。对于调制模式来说, 主要考虑短临异常在空间上的分布特征来判断发震地点。由于调整单元因岩体易于松动或蠕滑, 所以先出现调制並表现出前兆异常, 最后才是积累单元被调制而表现出异常。如果台站较密的话, 则有可能圈定出未来大震发生的地点。

值得指出的是有些观测点上观测到突发性异常往往对应很远的地震。我们认为这可能是有大面积作用的某种外因, 它一方面调制了台站区的非地震的不稳定性(例如断层蠕滑或地质体的非地震调整运动), 另一方面又调制了距台站较远的孕震区的不稳定性。

4. 关于地震强度的予报 对于中期予报来说, 是有一些予报地震强度的指标的。从调制模式的角度来看, 调整单元先被调制而引起异常, 其间的地段就可能是积累单元。如果知道积累单元的长度 L , 则可按以下的公式计算震级 M_s ;

$$M_s = 3.3 + 2.1 \log L \text{ (公里)} \quad (9)$$

另外大震时释放能量 E 的公式可表示为:

$$E = LW \overline{D} \frac{S_0 + S}{2} \quad (10)$$

式中 L 为积累单元断层长度, W 为该单元断层深度, $\overline{D}$ 为地震时的错动幅度, S_0 为初始应力, S 为终止应力。由(10)式可知, 如其他条件相同则错动幅度 $\overline{D}$ 大时地震亦大, 而错动幅度的大小是与调整单元让位的充分程度有关。从调制模式的观点来看, 如调制引起的前兆范围越大, 则让位可能大, 因之未来地震亦大。本文所述的外因, 其作用面积是较大的, 因之可以对大面积内的调整单元进行调制, 以使调整单元的规模可能都表现出来, 而被人们觉察。

以上只是把调制模式用于地震予报的初步考虑。实际上问题还很复杂, 一方面表现在地下情况的复杂性和难测性, 另一方面短临予报要求的精度特别高。但是我们相信, 地震的短临予报终归是会被人们认识的。

本文中气象资料是谢风兰同志提供的, 在此谨表感谢。

参 考 文 献

- (1) 郭增建、秦保燕、李海华、徐文耀, 磁暴、天气韵律与发震时间, 地震战线, 1977年 3期
- (2) 郭增建、秦保燕、李海华、徐文耀, 予报地震的倍九法, 地震战线, 1977年 5期
- (3) 吕大炯、高建国, 物理, 1977年 6期
- (4) 郭增建、秦保燕、李海华、徐文耀, 地震战线, 1978年 4期
- (5) 赵玉林、钱复业, 唐山地震临震前后形变电阻率的脉冲, 地球物理学报, 1979年1期
- (6) 郭增建、秦保燕、徐文耀、汤泉, 震源孕育模式的初步讨论, 地球物理学报 1973年
- (7) 兰州地震大队, 关于震源问题的讨论, 地震战线, 1971年 8期

- [8] 郭增建、秦保燕, 大震前予位移的讨论, 西北地震学报, 1979年 2 期
- [9] 牛志仁、苏刚, 震源孕育的追赶模式, 地球物理学报, 1976年 3 期
- [10] 茂木清夫, 岩石の形变・破坏特性, 地质学杂志, 1971年 5 号
- [11] J. D. Byerlee, R. S. Summers Stable Sliding Preceding Stick-slip on fault Surface in granite at high Pressure Pure and applied Geophysics 1975 Vol 113, No. 1—2
- [12] 兰州地震大队, 大地电磁测深讲义, 1974
- [13] 郭增建、秦保燕、冯学才, 从震源孕育模式讨论地震前的地下水变化, 地球物理学报 1974年 2 期
- [14] W. F. 布雷斯, 地震力学和地震预报的最近的实验研究, 1977年第五次美日地震预报研究讨论会
- [15] 河北地震队水化组, 利用地下水氡浓度异常变化预报地震的探讨, 地球物理学报 1975年 4 期
- [16] 四川地震局分析研究室, 松潘平武地震的预报, 地震战线, 1977年 2 期
- [17] 西昌地区地震办公室, 盐源地震预报记, 地震战线, 1977年 5 期
- [18] 海城地震工作队, 辽宁海城7.3级地震初步总结(前兆部份), 1975
- [19] 渤海地震前兆总结会议, 渤海7.4级地震前兆资料汇编, 1969年 8 月
- [20] 唐山地震工作队, 唐山地震短临前兆资料, 1977