

唐山7.8级地震前兆异常的物理解释

牛志仁 张 逸 麻水歧

(陕西省地震局)

引 言

1978年7月28日河北省唐山、丰南一带发生了7.8级强烈地震。在这次强震发生的数年前,京、津、唐地区已经有不少台站开始了微小地震、水氡、视电阻率、深井水位等项目的观测,取得了7级以上大震前,震中区附近多种异常现象的宝贵资料。关于这些资料,国内已有不少人做过总结和研究。但是,如何认识这些资料?特别是,那些异常现象与这次地震有内在的物理联系,因而可以用来可靠地推断这次地震的来临?仍然是一个值得深入研究的问题。

本文收集了前人^[1-4]已经分别注意到的八种前兆异常现象,发现这些异常变化可以用同一种物理机制——震源孕育的膨胀——蠕动模式^[5,6,7]进行解释。这样,本文的结果不仅证明膨胀——蠕动模式是认识地震前兆现象本质和发展地震预报技术的一个可能的物理基础。而且,还说明唐山强震发生前进行的地震前兆现场观测资料中,确实包含着与这次强震孕育有真正物理联系的前兆信息。

一 震源区附近的前兆异常

位于强震余震区及其附近的台站,提供着强震震源区物理变化的最直接的数据。研究这些数据,便有可能了解强震前震源区发生的物理过程。现在我们列举唐山7.8级强震余震区及其附近地区台站(图1)观测到的主要震前变化。

1. $\Delta\sigma$ 变化

朱传镇等^[1]测定了唐山7.8级强震前后的微震震源参数,得到了这次大震前后微小地震应力降($\Delta\sigma$)的变化数据(图2)。从 $\Delta\sigma-t$ 图可见,唐山强震震源区附近的小震应力降,在1971年以后曾有一个趋势性下降,1973年仍保持低值。但是,1974年5月以后 $\Delta\sigma$ 的离散性变大唐山强震震源区的小震应力降出现多次高值。唐山7.8级地震发生前,小震应力降似乎又有降低。这个强震就是在 $\Delta\sigma$ 取低值时发生的。7.8级地震发生后的半年资料表明主震发生后 $\Delta\sigma$ 在趋势性上升,且离散性大大变小。

2. $\bar{F}$ 值变化

郑治真等^[2]曾研究过这次强震前后的平均断错变化。发生在唐山7.8级地震余震区及其附近的地震平均断错($\bar{F}$)的变化表明(图3),1974年5月以后,唐山强震震源区的 $\bar{F}$ 值有一个长趋势上升。7.8级地震发生后,发生在震中区附近地震的 $\bar{F}$ 值便明显降低。

3. b值变化

李全林等^[3]曾研究过唐山强震震源区(T_0)中b值的变化,图4是他们得到的 T_0 区b值时间扫描图。该图表明,1971年6月份以前b值在累计值附近摆动。1971年下半年开始,b值迅速上升。1972年6月至1973年6月,b值保持在高值1.3附近。1973年下半年开始,b值迅速下降,这种下降趋势一直持续到1975年底。1976年初,b值又回升,随后发震。b值的变幅(最大值与最小值差)达0.88。

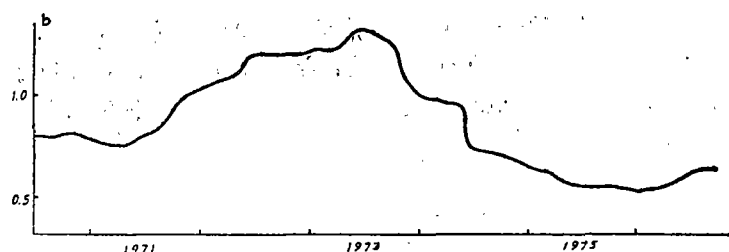


图 4—1 b值变化图

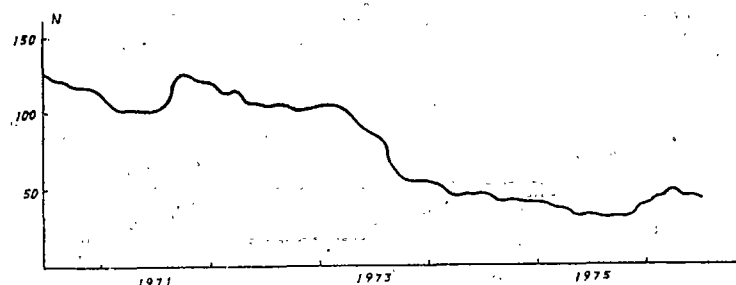


图 4—2 N值变化图

4. N值变化

李全林等还研究过 T_0 区微小地震次数(N值)的变化,图4中画出了该区N值扫描结果,不难看出,N值和b值的变化大体是同步的。

5. V_p/V_s 的变化

河北省地震局曾研究过唐山7.8级地震前的波速比(V_p/V_s)变化,图5是波速比测定结果。虽然由于资料限制,我们无法了解1973年以前 V_p/V_s 的变化细节。但是,图5表明,1973年开始 V_p/V_s 已处于异常之中,并表现出不太明显的上升趋势。1973年底至1974年6

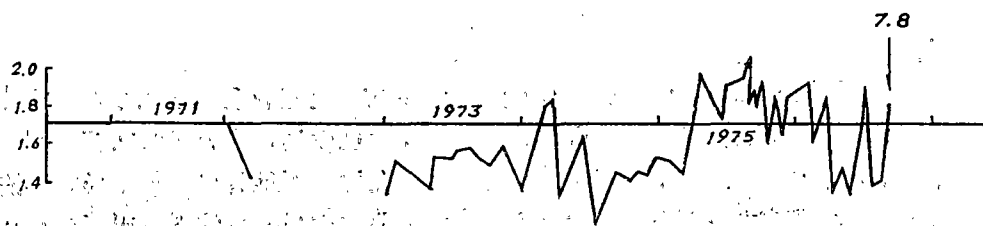


图 5 V_p/V_s 变化图

月份, V_p/V_s 测值出现大幅度跳动。不过, 大部分测值仍在 1.73 以下。1975 年初, 波速比回返至 1.73 附近变化, 且大部分测值已大于 1.73。1976 年初, V_p/V_s 又有降低和大幅度跳动, 随之发震。

6. 水位变化

唐山地震后, 深井水位曾发生明显变化。据汪成民等同志的报告, 唐山、宁河、天津一带深井水位自 1966 年以来, 除受 1969 年 7 月渤海 7.4 级地震的影响出现扰动外, 基本处于平稳状态。个别井略有下降, 但幅度不大。自 1972, 1973 年以后, 唐山余震区及其周围的天津、宁河、唐山、滦县一线的深井水位有明显的趋势性下降 (图 1), 将不同地区的变化曲线叠合在一起便可看出 (图 6), 位于余震区西南端的宁河一带水位下降出现得最早, 大致在 1972 年初, 余震区外围的天津一带异常大致在 1972 年中出现, 极震区的唐山水位在 1973 年才明显下降。

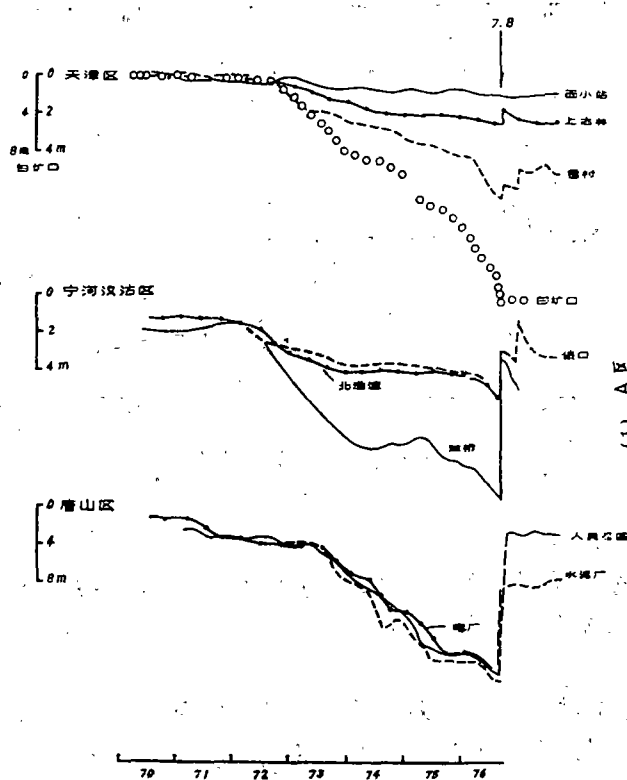
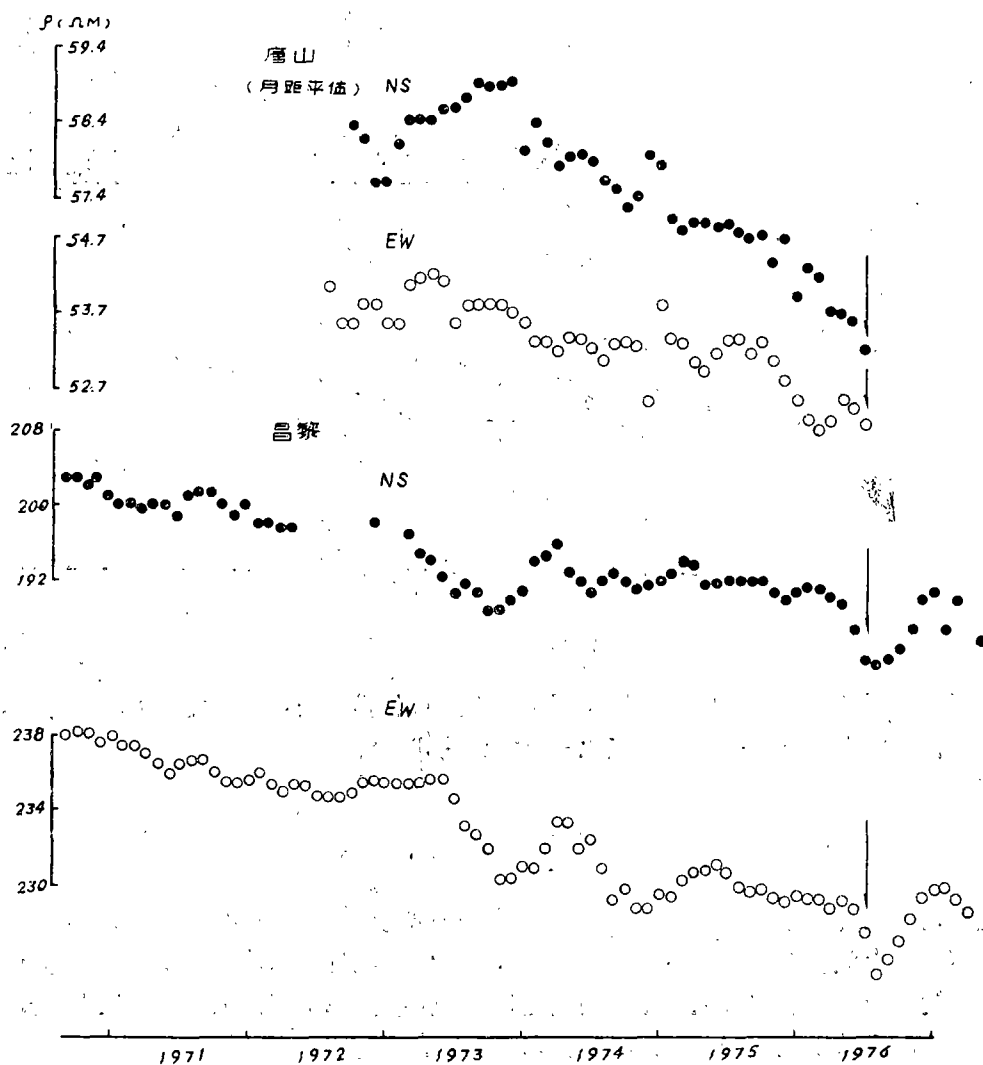


图 6 深井水位变化图

7. ρ 变化

赵玉林等〔4〕曾总结了唐山地震前的电阻率 (ρ) 异常。这里仅利用唐山余震区附近的, 观测时间在两年以上的唐山、昌黎两台资料。至于离余震区较远, 或观测时间较短的其它台站资料, 暂不分析。图 7 是这两个台视电阻率随时间变化图。不难看出, 位于极震区的唐山台电阻率在 1973 年底开始明显下降; 位于余震区东北端附近的昌黎台的视电阻率, 在 1973 年 4 月份开始便有明显异常。

图 7 ρ 变化图

8. R_n 变化

位于唐山余震区附近, 观测时间在两年以上的水氡测点有田疃、安各庄、柏各庄、宁河、塘沽、津 2、棉四等孔。因宁河孔资料断缺较多, 津 2 孔受用水干扰较大, 故舍去不用。将位于余震区东北端的田疃、安各庄二孔, 西南端外围的塘沽、棉四二孔分别叠合做图(图 8)。便可看出, 虽然由于资料限制, 我们无法判明异常起始。但是, 从 1973 年底前后, 这几个孔的 R_n 看起来已处于上升异常中*。

* 水氡资料引自唐山地震工作队

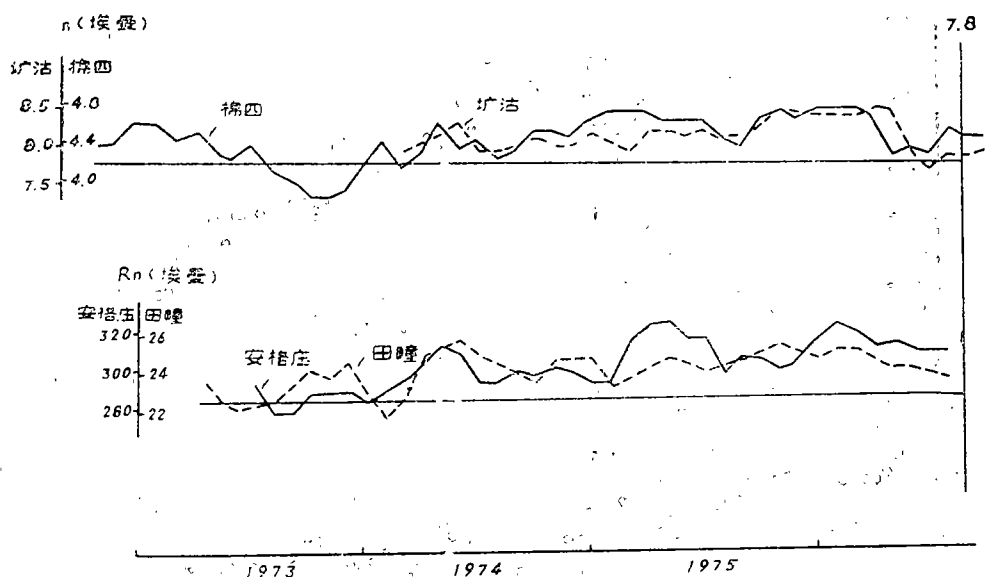


图8 Rn 变化图

为了便于对比,我们在图9中同时划出了上述八种异常变化。显而易见,在唐山7.8级强震震源区独立观测到的这些前兆变化具有很好的相关性。

二 物 理 解 释

现在需要回答的是,上述资料反映出的异常变化是否与唐山7.8级强震的孕育有关。即,它们是不是唐山强震的真正前兆。为了回答这个问题,除过人们首先会注意到的这些事件在空间和时间上与唐山强震有无明显的相关性外,更重要的恐怕还是论证孕震区内有无一种物理过程,同时导致了这些变化。即,它们在物理上有无内在的联系。

人们首先会想到能否用目前国际上流行的美、苏前兆模式^[8]来解释唐山强震震源区观测到的这些变化。但是,这两种前兆模式的解释看来是存在某些困难的。诚然,根据美国模式,1973年中开始的 V_p/V_s 回升要求唐山震源区此时已经进入流体扩散阶段。但是, b 值、 N 值的大幅度下降,以及 R_n 测值的上升却表明唐山震源区的岩石此时正处于强烈的微裂缝膨胀阶段。 F 值、 $\Delta\sigma$ 平均水平的上升,似乎也符合微裂缝膨胀机制。此外,根据苏联模式,1973年中开始的 V_p/V_s 回升应该对应着 A 带的形成。此时,唐山震源区的应力水平应该下降。与此同时,微裂缝发生闭合。但是,水氩 R_n ,小震应力降 $\Delta\sigma$,以及 b 、 N 、 F 值的实测结果看来并不符合这种机制。另外,这两种模式看来也缺乏对与 V_p/V_s 回升伴随的波速比大幅度跳动现象进行解释。

对于1973年中开始的 V_p/V_s 回升,另一种可能的物理解释是断裂缓慢扩展引起膨胀区在未来震源附近迅速收缩的结果^[5, 6, 7]。这种膨胀——蠕动机制不仅可以解释 V_p/V_s 的回升和大幅度跳动,而且也可以解释其它几种异常变化。诚然,膨胀——蠕动的结果将使未来震源区附近开始膨胀,其外部某些区域中已产生的膨胀将会复原。虽然,由于“追赶”,总膨胀区缩小,从而引起较大范围的平均 V_p/V_s 值回升。但是,毕竟未来震源区附近才开始膨

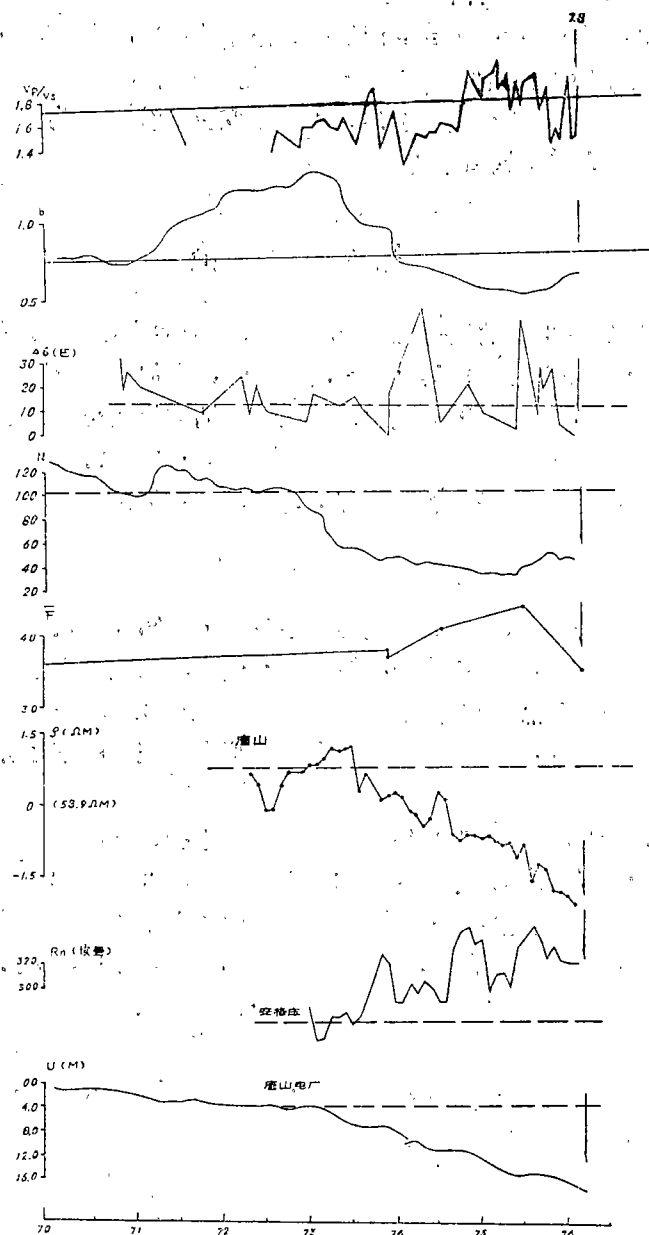


图9 多种前兆异常对比图

胀。所以,根据Wyss的结果〔9〕可知,由于膨胀硬化引起的岩石强度的增加,必定会使小震的应力降增大, b 、 N 值下降。根据 $F = 4.5 - \log S$ 〔2〕, $\Delta\sigma = CM_0/S^{3/2}$, 其中, M_0 ——地震矩, S ——由波谱确定的震源断层面积(公里²)。所以, $\Delta\sigma$ 增大, $\bar{F}$ 值将随之增大。

深井水位(U)的下降表明其供给区的孔隙压降低,这和膨胀硬化是一致的。同时,对于湿岩石而言,可以期望随着膨胀裂缝的产生,电阻率(ρ)下降〔10〕。膨胀使岩石内表面积增大,或者(并且)使水流速增大,这将导致 R_n 测值的升高。

这样,膨胀——蠕动模式便提供了上述多种异常变化的统一的物理解释。不过,唐山7.8级地震震源区的岩石看来是饱和水的。

三 结 论

在唐山强震震源区附近出现的波速比, b 值, N 值, 应力降, 平均断错, 视电阻率, 氦射气强度, 深井水位等八种异常变化具有很好的相关性, 它们可以用饱和水岩石的膨胀——蠕动模式进行统一的物理解释。这不但说明, 膨胀——蠕动模式是认识地震前兆现象本质和发展地震预报技术的一个可能的物理基础。而且, 还说明这些异常变化与唐山强震震源孕育过程有内在的物理联系, 是这次强震将要来临的可靠的前兆信息。

参 考 文 献

- 〔1〕朱传镇等 唐山7.8级地震前后微震震源参数, 地球物理学报, 20, 4, 1977。
- 〔2〕郑治真 胡祚春 大地震前后平均断错的时空变化, 地球物理学报, 21, 1, 1978。
- 〔3〕李全林等 b 值时空扫描, 地球物理学报, 21, 2, 1978。
- 〔4〕赵玉林 钱复业 唐山7.8级强震前震中周围形变电阻率的下降异常, 地球物理学报, 21, 3, 1978。
- 〔5〕牛志仁 苏刚 震源孕育的追赶模式, 地球物理学报, 19, 3, 1976。
- 〔6〕牛志仁 构造地震的前兆理论, 地球物理学报, 21, 3, 1978。
- 〔7〕牛志仁 构造地震的前兆理论(Ⅱ), 1978(尚未发表)。
- 〔8〕V.I.Mjachkin et al, Pure and Appl-Geophys, 113, 1/2, 1975。
- 〔9〕M.Wyss, The Geophysical Journal of the Royal Astronomical Society, 31, 4, 1973。
- 〔10〕W.F.Brace and A.S.Orange, Journal of Geophysical Research, 73, 4, 1968, 同上, 73, 16, 1968。