

大震前予位移与地下水异常

冯 学 才

地下水在大地震前发生剧烈的水位升降、翻花冒泡, 变色变味和某些化学元素的增减等异常现象已为许多地震所证实。因而地下水成为地震预报的有效手段之一。关于大地震前地下水的各种异常现象产生的物理机制问题, 一般传统的看法认为, 地震前由于应力的不断加强, 使地面发生形变或者是含水层受压以及含水层的隔水层破裂而引起各种异常现象。但这种看法比较笼统。近来不少文献讨论大地震前的予位移现象, 本文根据大震前的予位移来讨论地下水异常的物理机制问题。

一、大地震前的予位移现象 早在1926年苏联学者维尔霍夫斯基和英国学者郎克, 在作二块耦合物体的摩擦实验时, 发现在二块物体相对突然滑动之前, 首先有缓慢的位移或蠕滑^[1], 1967年到1970年间美国学者拜尔利^[2]和肖尔茨^[3]等人, 用岩石作模拟实验时, 也发现在粘滑发生前有予位移的现象。我国的郭增建、秦保燕等同志1971年首先将予位移用于地震预报工作上^[4], 他们在研究1556年陕西关中大地震时, 发现在震前7—8小时, 震中地区有较缓慢的“地旋运, 因而头晕”的缓慢运动现象, 认为这是大震前震源断层相对缓慢的滑动引起的。1972年美国肖尔茨^[5]和日本金森博雄^[6]也讨论了大震前的予位移现象。由于予位移不仅本身是一种地震前兆, 而且予位移还能引起其他的前兆现象, 所以研究予位移对地震预报有着重要的意义。

1976年唐山7.8级大震前, 在其断层旁边约十余米的地方有一口地下水观测井, 临震前井壁突然变形和发生坍塌^[7], 这是大震前极震区发生予位移的直接证据。大震前的予位移如何能引起地下水的异常现象, 我们首先讨论多大的力能引起地下水发生变化以及予位移的量级以否引起地下水的变化等。

二、外力所引起地下水变化 经过近几年的深井观测, 发现地下水能够反映固体潮和气压的变化。例如福建汤坑热水矿区某孔的水位, 每天都出现两个波峰和波谷。(如图1所示)。而且波峰和波谷的出现时间每天往后推移40分钟^[8], 说明这种变化是受月球引力作

用的结果。该矿区的另外三个孔, 每天也有上述的变化, 而且在农历的初一和十五的朔望前后, 地下水位变化的幅度加大, 到上、下弦时地下水位的变化幅度减少, (如图2所示)。这也直接说明月球的引潮力对地下水位的变化起着主要的作用。

地下水位(米)

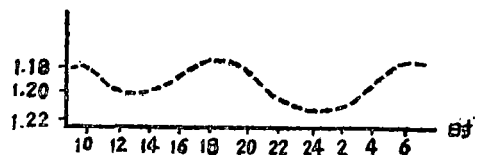


图1 福建汤坑热水矿区某孔
热水水位日周期变化

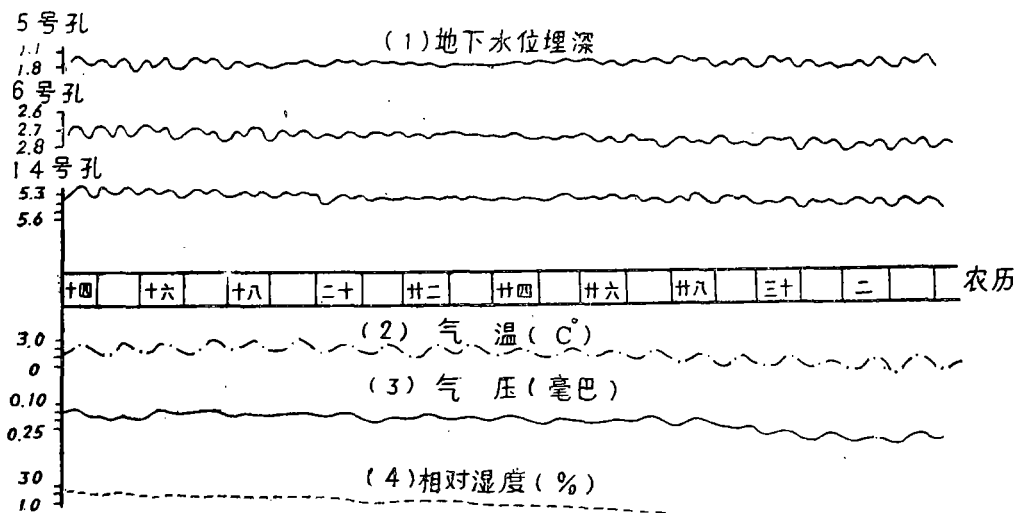


图2 福建汤坑热水矿区三个孔水位、气温、气压、湿度与月球引力关系曲线

另外气压的变化也能引起地下水位的变化,一般气压增大,水位下降,气压减小,水位上升,这种现象对干扰较小的深井可以清楚地反映出来,井愈深受气压的影响愈小。图3表示了河北省文安、任丘、大城三个深井水位变化与气压变化的关系^[9],其中任丘井深202米,

气压对它的干扰就比较小,但对165米和174米的二个深井,气压的影响就比较显著。由此可以推想一般浅井受气压影响,地下水位的变化将要更大一些。

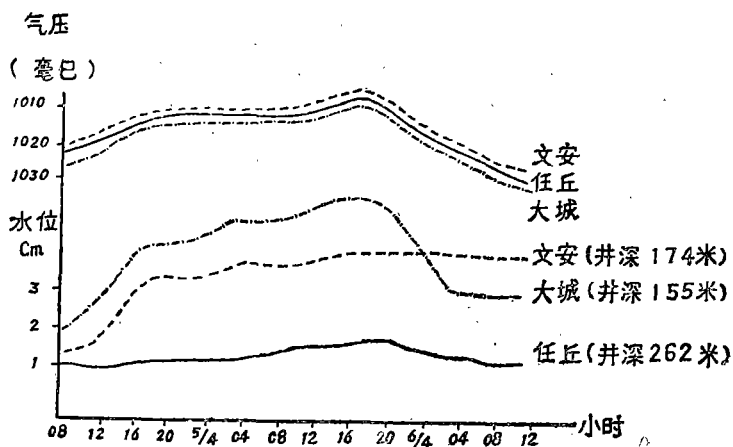


图3 深井水位变化与气压变化线图

值得指出的是以上固体潮和气压引起的应力和应变是很小的,如果把地球视为均匀介质,则固体潮和气压引起的最大应力不超过 10^4 — 10^5 达因/平方厘米,应变也仅为 10^{-6}

量级,而地下水位的变化幅度可达到几厘米至十几厘米。这一现象说明地下水对微小的形变能起到很大的放大作用。这种放大作用的大小,可能与地下水的类型、面积大小、水层厚度,埋藏深度,封闭条件等水文地质环境有着密切的关系。由上述外因引起井水位变化的情况来看,引起地下水变化的应变量并不大。

三、予位移变化量的大小 根据以上的讨论,笔者认为只要予位移能达到和超过上述固体潮和气压的变化量,那么予位移引起地下水的突然变化就可以观测到。根据一些实验研究,几乎所有的岩石样品在错动前都有予位移现象发生^{[10][11]},而且予位移的幅度随着围压的增

大而减小。根据文献^[12]的震源组合模式, 积累剪切应力地段的两端还存在着调整单元, 当积累单元小时两端的调整让位小, 此时予位移和将来大地震时的错动幅度也都小, 当积累单元大时, 两端的调整让位也大, 此时予位移和将来大震时的错动幅度亦较大。在后一种情况下予位移也大, 因之予位移的幅度应与大震发生的最终错动幅度D成正比, 而这个D值是随震级M的增大而增大, 根据文献^[12]中的经验公式, 最终错动幅度D为:

$$D = 10^{0.52M-1.25} \dots\dots\dots (1)$$

式中D以厘米为单位, 根据实验室研究可知予位移约为最终错动幅度的2%—5%, 我们可以得到震前予位移 δ 随震级变化的关系式:

$$\delta = (0.02 \sim 0.05) 10^{0.52M-1.25} \dots\dots\dots (2)$$

由(2)式我们可以得到不同震级的地震所具有的予位移幅度。

表 1

M	5.0	6.0	6.5	7.0	7.5	8.0	8.5
δ (厘米)	0.4—1	1.5—3.7	3.7—7	5—12	9—22	16—40	29—74

由表1可知, 大震之前予位移的幅度是比较大的, 尽管它随着远离断层面而减小, 但在震中地区由于予位移所引起的位移量要比固体潮和气压所引起的形变要大得多, 因此大地震之前为什么震中区及其附近地下水变化会如此之大就可以理解了, 为了把予位移与大震前的地下水变化联系起来, 我们列出不同震级的地震在其发生前地下水变化幅度的相应例子。

表 2

地震日期 (年、月、日)	震中位置	震 级 (M)	δ (厘米)	震前地下水变化 幅度 (cm)	震前地下水变化幅度 与予位移幅度之比
1920.12.16	海 原	8.5	29	1500	50
1976.7.28	唐 山	7.8	13	400	30
1975.2.4	海 城	7.3	7	200	30
1966.3.8	邢 台	6.8	4	200	50
1976.4.6	和林格尔	6.3	2.5	200	80
1970.12.3	西 吉	5.1	0.4	40	100

由表2可知地震前地下水位的变化幅度要比予位移大一个到二个数量级, 这也说明地下水对震前予位移也有很好的放大作用。很显然大地震前地下水变化幅度在很大程度上还依赖于震源区及周围地下水的丰富程度以及大范围水路的连通程度。

四、予位移引起深部水的上升 在文献^[13]中曾讨论过大震前深部水涌向地表的可能性, 并指出“观测到震前某些化学元素和水温的剧增, ……就要考虑深部水上来的可能性”, 下面我们对大地震前深部水上升条件作一讨论。根据一些观测事实和理论推断, 大地震前深部水的上升主要取决于下列诸条件。

1. 深部水比较丰富的地区这是深部水上升的物质基础。目前已知地壳深部存在着分布不均匀的水或汽泡, 例如世界上最深的钻孔已达八公里, 发现在该深度上仍存在良好的含

水层^[14]另外火山喷发时也带出大量的水汽。这都是迄今为止对地壳深部存在有水的直接证明,其间接证明是大地电磁测深发现地壳内存在着许多低电阻层,也是不均匀分布的,目前认为这些低电阻层是高温介质和水溶液共同作用的结果。这说明低电阻区是富集水的。

2. 深部水上升的通道 我国地质工作者早就指出,我国地壳是由大小不等,形状不一,性质有别的许多块体镶嵌而成,称为“镶嵌的地壳”,^[15]这些块体的交界带是深大断裂带,另外在地壳块体内部还有次一级的断层。由于这些断层插入地壳很深,在块体相对运动时断层带是活动最剧烈的地方,因之也是深部水上升的通道。我国温泉的分布一般都与深大断裂的位置密切相关。温泉实际上就是深部水上升的通道。在孕育地震过程中由于含水地层的形变破裂以及原来存在于岩石中的孔隙也可成为深部水上升的通道。

根据邢台、海城、唐山等近年来每次大地震调查,在震中区及其附近,处于同一含水层的井,泉或距离相近的井泉,震前有的异常非常显著,有的则毫无反映。多次大地震都证实有异常的井、泉点仅占有井、泉点的少数。这一现象难以用地面形变和承压水顶板破裂来解释。某些作者称有异常的这些少数井泉为灵敏点。我们认为这是由于断层面两侧岩体在大震前发生显著的予位移造成的。同时还会使与有牵连的某些深大断裂带在予位移发生时产生突然的拉或挤,当受到挤压时,深部水就沿着上述的通道上升到地表,处于深部水上升通道附近的井、泉点,在震前即发生显著的异常变化,成为震前的灵敏井、泉点。而不在深部水上升通道的井、泉点则无有异常反映

3. 予位移是深部水上升的原因 众所周知,临近大震前地下水的变化是急剧的,尤其是温泉的水温剧增以地壳深部水化学元素含量出现激烈的变化,说明大震前深部水有明显的上升。很显然促使深部水的不升力量不应是缓慢的。认为“震前随着应力的不断加强,使含水层受

压或地面的升降引起地下水位不平衡,使高处水向低处运动,造成地下水位变化。”观点的,首先应力的不断加强的过程是长期和缓慢的,因而含水层的受压也是长期缓慢的。这样无法解释大震前地下水的剧烈变化。像1920年海源8.5级地震前三天震中区井水突然上升15米;1967年唐山7.8级地震,震中区女织寨一口水井在5分钟内水位上升60厘米。同样地形变的升降运动也是长期和缓慢的。例如日本新泻1964年7.5级地震,从1900年起地面即开始缓慢的上升,

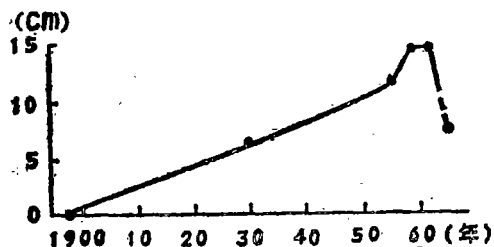


图4 日本新泻地震垂直形变曲线

到地震发生前60余年仅上升15厘米^[16](如图4所示),这说明含水层受压和地形变是无法引起地下水在临震前的急剧变化,尤其是无法造成地壳深处的硼、锂、氟、氮等化学元素和水温的剧增。

综上所述,我们认为造成深部水的上升和地下水剧烈异常的原因是临震前断层两侧岩体之间发生显著的予位移。且很容易得到震前深部地下水的标志是(1)水温的急剧上升;(2)深部化学元素含量的增加;(3)水位的剧烈变化。

关于大地震前深部水的上升在我国还未有计划的开展观测,但仍有一些实例证明大震前深部水确有上升,而且这种上升往往表明大震已临近了。例如:

(1) 1967年5月29日云南龙陵7.5级和7.6级地震前,在震中区西约十公里的龙陵县巴

腊掌温泉,平时水温一直保持 81°C ,自4月18日水温突然升高到 91°C ,此后水温一直在 91°C — 92°C ,震后水温开始下降,6月9日6级强余震发生后水温基本恢复正常^[17],这种温泉水的温度剧增,很难用别的干扰因素说明。可以说是一种临震前兆。

(2) 1967年7月28日河北唐山7.8级地震,震前震中附近的玉田县虹桥高中一口深457米的水井,井口高出地面7.5米,平时不自流,7月24日11时突然开时溢水,并逐渐加剧,至27日中午达到最高峰,水头喷出0.5米^[18]。深井受地表水的干扰很小,所以认为这是一种临震前兆。

(3) 1975年2月4日辽南地震,震前距震中50公里的辽阳汤河站,发现震前3小时含氡量有急剧的增高^[19], (如图5所示)。这可能也是临震前深部水上升的表现。

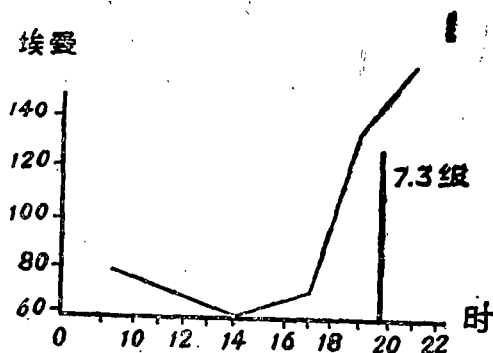


图5 辽阳汤河站测氡曲线

大震前类似上述的现象还是很多的,因之有计划开展深部水的综合观测对实现地震预报将是一项十分有力的措施。这是因为深部水比地表水干扰因素少,且又较接近震源。所以进行水位观测的同时,还应开展水压、水温、水量、水声和地壳深部化学元素的综合观测研究。这样才能取得来自震源处的可靠前兆信息。

参 考 文 献

- [1] B. A. 捷里亚金著、刘超、吴惜抱译 什么是摩擦 科学出版社 1958年134—137
- [2] J. D. Byerlee Frictional characteristics of Granite under High Conding pressure J. G. R. 72. 3639—3648 1967
- [3] C. H. Scholz, P. Molnar and T. Johnson Detailed studies of frictional Sliaing of granite and implications for the earthquake mechanism J. G. R. 77 (1972), 6392—6406
- [4] 兰州地震大队 某些震源物理问题的讨论 地震战线 1971年第8期
- [5] C. H. Scholz Crustal movement in the tectonic areas. Tectonophysics 1972 Vol14 №3—4
- [6] Kanamori Focal process of the great chilean earthquake may 22, 1960 physics of the earth quake may 22 1960 physics of the earth and planetary Internal 1974, Vol14 №2 .128—136
- [7] 《唐山地震前兆》编写组 唐山地震前兆 地震出版社1977
- [8] 福建省水文工程地质队 对福建汤坑热矿水动态变化规律的初步认识 地下水环境地质 1975年
- [9] 中国科学院北京地震工作队地下水观测组 在邢台、河间地区根据地下水预报地震的初步经验小结 1967年
- [10] J. D. Byerlee and R. Summers Stadle sliding preceding stricke-slip on fault surface in Granit at high pressure. pure and appliad geophysics

水氡临震突变及其机理探讨

张 文 冕

(兰州地震研究所)

在地震预报中,短临预报是极为重要的。在这方面人们已从许多途径去寻找预报的指标。其中氡含量在临震前的突变就是人们寄予很大希望的指标之一。因为它突变的异常形态易被人们觉察。目前国内外对震前的氡气异常已积累了不少宝贵的震例,但是对其异常特点的讨论还较少,且对异常形成的原因还有争论。本文试图在总结国内外氡气突变事实的基础上,对异常的形态特征、时空分布特点和判别方法等方面进行一些讨论,并对突变异常形成的原因和高氡水来源提出一些新的看法。

一、水氡突变的震例列举

我国自1968年在邢台地区开展氡气等多种手段探索地震预报的工作以来,经过十年来的实践,已观测到大量震前氡气突变的现象,尤其是辽宁省地震局在预报1975年海城地震、四川省地震局在预报1976年松潘、盐源等地震的实践中,都充分注意了氡气突变这一临震指标。国家地震局和各省局(队)先后总结了渤海、炉霍、昭通、海城、龙陵、唐山、松潘、盐源、马边、巴音木仁等六级以上破坏性地震水氡突变现象,这里仅列出部分代表性泉点水氡突变的图例(图一至图六)。

1975 №1—2

[11] J. H. Dieterich Geological survey research 1976. P227

[12] 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 16卷 1973年

[13] 郭增建、秦保燕、冯学才 从震源孕育模式讨论大震前地下水的变化 地球物理学报 17卷 1973年

[14] И. Г. Киссин Советская Геология 1972 №2

[15] 张伯声 镶嵌的地壳 地质学报 3.1962年

[16] 坪川家恒、小川幸夫、林哲郎 新泻地震前后的地壳变化 国外地震 1970年2期

[17] 云南省地震局 龙陵潞西地震的前兆异常 地震战线 1977年第2期

[18] 房臻 临震宏观前兆一百四十七例 地震出版社 1976年10月

[19] 蒋凡 海城地震 地震出版社 1978年