

## 地震前地下水水位的短、临前兆

汪成民、张洪波、赵曙、王雅灵、李苑

### 一、水位下降是一种较常见的地震短、临前兆现象，但H、T与 $\Delta$ 、M之间关系复杂

我国开展地下水与地震关系的研究已经有十多年历史，获得了多次震例资料，本文介绍54次地震的震前水位实测资料，其中26次是6级以上破坏性地震的震例。不少观测井（孔）布设在震中附近并安装有水位自动记录仪，取得了地震前后连续、完整的珍贵记录。通过这些资料分析，发现约65%水位曲线在震前几小时到几十天曾出现过打破正常动态规律的异常下降，地震就往往发生在下降的极值或回升过程中。统观这些震例认识到：

(1) 异常可信度较高，并非干扰因素引起。

通过大量时间对应很好的单井震前变化的记录、一井多震及一震多井的震前水位变化的记录，可以看到震前水位下降变化具有很好的一致性与重现性，气象、人为等干扰因素是不能够解释的。从这些异常变化出现的时间与地区来看应该承认与地震可能存在着内在联系。

#### (2) 异常量与地震三要素关系复杂。

54次地震的多井水位异常曲线分析表明，异常幅度（H）、异常超前时间（T）与震中距（ $\Delta$ ）、震级（M）之间的关系是相当复杂、混乱的。虽然从总体看，震级愈高可能观测到的最长的超前时间也持久些（5级地震可达10—20天、7级地震可达2—3个月），可能观测到的最大变幅也剧烈些（5级地震可达1公尺左右、7级地震可达4公尺）。就任意几口井比较，几乎不存在什么规律，当井网区构造条件复杂时尤其如此。大体相同的震级、震中距所观测到的异常量往往变动在一个相当大的区间内（更不说那些没有异常显示的井孔）。

### 二、地下水水位短、临前兆的不均一性与多样性

地震前地下水异常变化的复杂性不仅表现在下降异常量与地震三要素的关系上，更重要的是在空间分布的不均一与形态的多样化方面。如唐山地震前除唐山附近出现异常外，北京、辽南等地也散布一些独立的异常区。这些异常区各自成中心，中间被无异常的地段分隔开，空间上并不衔接，它们的分布往往受构造因素所控制。

地下水异常空间分布受构造条件控制的不均一图象在其他观测井较多、井网较密的国内外震例中也多次被发现。

地震前地下水水位的短、临前兆现象形态多样。大体可归纳为以下五种类型：

(1) 渐变型：指那些异常起始、发展、终止有个明显的积累过程，一般持续长达几十天短则几小时。这类异常形态占地下水短、临前兆的绝大多数。

(2) 阶跃型：这类异常有两大特点。一是突发性，异常变化大体在几分钟到几十分钟内突然完成。二是不可逆性，出现变化后，水位长期保持在新的基线上，不再恢复。

(3) 振荡型：少数井孔在地震前出现水位、水压、流量的急剧波动，时涨时落，反复交替变化，周期与幅度不等，震后逐渐消失。

(4) 在潮汐应力作用下有些井孔水位能准确、灵敏地反映潮汐现象。大震前，固体潮常出现两种形态的畸变，一是相位错动，一是潮差改变，有时两者兼而有之。

(5) 大震前震中及其附近地区或外围活动构造带附近水井突然改变径流条件、开启程度、物理性质、化学成分的现象是屡见不鲜的。

### 三、地震前水位异常动态与岩体裂隙演变

什么原因引起地下水异常动态空间分布不均一，形态多样化？这要从地下水异常的形成机制讨论起。地震是地壳中裂隙演变的直接结果。因此，裂隙的产生、发育、向断裂的过渡以及裂隙发育过程中它们之间相互作用等问题的研究已成为地震成因研究的核心部分。这就是扩容——扩散模式（DD）、雪崩非稳定裂隙发育模式（JIHT）、包体模式、粘滑模式等一系列新的地震成因假说区别于过去对这问题认识的不同之处。这些假说在不同程度上都把岩体中裂隙、断裂的演变作为寻找和解释地震前兆，开展地震预报的钥匙。地下水水位异常空间的不均一性（异常有否，异常大小）和形态多样性可能反映了岩体裂隙演变的空间不均一与形式多样性。

引起地下水位异常空间展布不均一的原因，看来至少与以下三方面因素有关：

(1) 构造力作用下不同构造部位应力分布是不均一的。

(2) 同样的受力强度，不同的岩性，深度（压力与热力条件不同）引起应变是不均一的。

(3) 相同的应变通过不同水文地质条件、不同结构的观测孔记录到的异常具有不同的放大作用（表1）。

表1 地下水位短临异常空间展布的不均一性

| 类 型           | 可 能 原 因                         | 可 能 地 点                                                  |
|---------------|---------------------------------|----------------------------------------------------------|
| I 有明显水位异常的地区  | 1. 应力加强<br>2. 应变剧烈<br>3. 放大作用良好 | 1. 震中及其附近地区<br>2. 外围的某些活动构造带附近<br>3. 具有适宜的水文地质条件与井孔结构的地区 |
| II 无明显水位异常的地区 | 应力活动较微弱                         | 上述地区以外的广大地区                                              |

应力分布不均一、应变状况不一样,必然造成岩体中裂隙发育状况与活动方式的不同。经过长期应力积累,进入孕震的最后阶段(即短、临阶段)震源区及其附近地区广泛发育着的裂隙进一步以各种形式急剧地演变,导致地下水产生相应的多种形态异常现象(表2)。

表2

地下水短临异常形态的多样性

| 类 型            | 可 能 原 因                  | 可 能 地 点                                |
|----------------|--------------------------|----------------------------------------|
| I 渐变型          | 含水体的裂隙逐渐变化(主要是数量增多,规模增大) | 广泛出现于震中及其附近地区,或外围活动构造带某些部位。(主要表现为渐变下降) |
| II 阶跃型         | 蠕动或局部破裂                  | 震中及其附近地区的某些薄弱部位                        |
| III 振荡型        | 孔隙压力的快速调整                | 震中及其附近地区裂隙发育过程中相互影响而产生快速调整的地带          |
| IV 固体潮<br>形态畸变 | 介质状态的改变                  | 同 I                                    |
| V 径流条件<br>改变   | 不同含水层串通或<br>开启程度变化       | 震中及其附近地区,裂隙比较发育、隔水层较易被破坏的地段            |

#### 四、“临震回跳”及其预报意义

地震不是地壳变动的唯一形式,脆性破裂也不是岩体裂隙演变的唯一结果,上述异常形态虽具有临震预报的意义,但不是必震信号。更有价值的临震标志是一种被称为是“临震回跳”的现象。它是我们分析唐山等地震震时水位变化资料发现的。地震发生时的同震效应是一种阶跃型变化,通常理解是地震本身的后果。但当详细分析大地震地下水水位同震效应记录的细节时,我们惊奇地发现有些井孔水位的同震效应其实并不“同震”。因为变化的起始时间要早于地震波到达之前。唐山7.8级地震使震中区地下水位剧升,甚至猛烈自喷。据了解,一部分井孔在震前4分钟到3小时的时间段里已经开始自流。因此,引起井孔震时猛烈自喷的动力在震前已经开始发挥作用,震时的变化只是在此基础上进一步发展与加剧而已。某些自记与加密观测曲线支持了这看法,如表口井在7.1级余震前3小时急剧上升8厘米、6.9级地震前4小时已上升了25厘米,为平日最大日变幅的十几倍。这种阶跃的变化方向常与趋势异常方向相反,如图所示OA段地震尚未发生,水位改变了急速下降的形态,转为回升,速率逐步加快。AB段地震波到达,大地震动,水位猛烈上升。BC段震动已结束,水位继续上升但速率逐渐减慢。从曲线上

看，这三个阶段反映了一次由慢到快再减慢的统一的破裂过程。破裂实验证明，一切岩石的脆性破裂的起始都是以较缓慢的蠕滑为其前导的。可以认为O点是能量积累变为能量释放的转折点，A点是稳态扩张加速变为非稳态扩张的转折点，B点是非稳态扩张减速变为稳态扩张的转折点。因此“临震回跳”（O A）是主体破坏的运动已经开始，而脆性破裂尚未到来的短暂时间间隔中发生的现象，可以看作大地震的前驱性变化。

唐山地震前后深井水位变化曲线 水位的“临震回跳”现象

