

# 地震前地下水位的短期及临震变化异常\*

汪 成 民

(国家地震局分析预报中心)

张 洪 波

(唐山市水文地质观测站)

## 摘 要

本文广泛收集了我国 54 次地震前地下水位变化的观测资料,对地下水位短期和临震的变化形态、时间空间特征进行了叙述和分析。着重说明事实和寻找可能的规律,指出:

- 1) 地下水位下降异常是一种最普遍的震前现象;
- 2) 异常的空间展布是不均一的,形态是多样的,而不是如苏联学者所认为的那样是均匀的,形态单一的。异常特征与井孔本身所处的局部构造有关。

## 一、引 言

苏联学者 M. A. 萨道夫斯基等近来几次以“地震水文地球动力学前兆”为题著文,提出地下水位的震兆标志为震前几天震中及其外围地区大范围内普遍出现地下水位突降的异常变化。并认为尽管地震发生的地点不同,这种变化不受震级大小、远近、深浅的影响,保持着相同的异常图象,根据它来进行地震的时间预报,取得了满意的结果<sup>[1]</sup>。由于地下水位变化这种现象的发现与其他方面地震前兆研究的进展,他们就认为地震预报、尤其是时间预报今天已经可以说从科学研究阶段进入到技术应用阶段。但又说,根据地下水位变化异常预报发震地点与强度效果不好,原因是根据单井水位不易识别远处的强震与近处的较弱震。他们认为异常存在是普遍的,信息来源于震源。因此,计划建立井距为几百公里的观测网来对比散布在大范围内的多井水位变化幅度、起始时间的差别来实现地点预报<sup>[2]</sup>。

根据我国大量震前地下水位实测资料的分析,上述认识未免过于简单,没能全面地、准确地反映观测事实,预报方案也过于理想化了。认为有以下两点复杂情况:

1) 地震前地下水位下降异常虽是一种常见的短期临震现象,但异常幅度 ( $H$ )、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的。

2) 下降异常现象既不是普遍存在的也不是唯一的异常形态。它们复杂、多样,异常点空间分布不连续、不均一,常形成孤立的异常区和带,都与构造条件有关。

\* 1980 年 2 月 20 日收到;赵曙、王雅灵、李苑等同志参加了部分工作。

## 二、水位下降是一种较常见的地震短期和临震现象, 但 $H$ 、 $T$ 与 $\Delta$ 、 $M$ 之间关系复杂

我国开展地下水位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(如下表), 其中 26 次是 6 级以上破坏性地震的震例, 不少观测井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的记录。通过这些资料分析, 发现约 65% 水位记录在震前几小时到几十天内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。这与过去历次大震宏观调查结果不一致, 宏观调查表明, 多数地震震前水位变化异常以上升为主。造成实测资料与宏观调查结果差别的原因可能是: 第一, 水位上升(有时自流)比下降异常更容易被肉眼观测到, 对于水位埋藏较深的井尤其如此; 第二, 水位趋势下降后的临震回升现象常被

水位震例目录表

序号	地 震	发震时间 (年、月、日)	震级 (M)	最近观测 点距离 (公里)	观测 方法	序号	地 震	发震时间 (年、月、日)	震级 (M)	最近观测 点距离 (公里)	观测 方法
01	河北唐山	1976.7.28	7.8	●	△	28	辽宁海城	1975.8.28	5.8	●	△
02	云南通海	1970.1.5	7.7	●		29	新疆库尔勒	1978.4.22	5.8		
03	云南龙陵	1976.5.29	7.6、7.5	○		30	云南峨山	1970.2.5	5.7	●	
04	渤海	1969.7.18	7.4		△	31	宁夏西吉	1970.12.3	5.7	●	
05	台湾	1978.7.23	7.4		△	32	四川松潘	1974.1.16	5.7		
06	辽宁海城	1975.2.4	7.3	●		33	河北唐山	1977.11.27	5.6	●	△
07	四川松潘	1976.8.16	7.2		△	34	河北束鹿	1968.1.16	5.5	●	△
08	四川松潘	1976.8.23	7.2		△	35	河北隆尧	1968.5.15	5.5	●	△
09	云南昭通	1974.5.11	7.1	○		36	云南保山	1971.2.5	5.5	●	
10	河北唐山	1976.7.28	7.1	●	△	37	云南石屏	1972.1.23	5.5	●	
11	台湾	1935.4.21	7.0	○	△	38	江苏溧阳	1974.4.22	5.5	●	
12	四川盐源	1976.11.7	6.9			39	云南楚雄	1975.1.12	5.5	●	△
13	天津宁河	1976.11.15	6.9	●	△	40	河北大城	1973.12.31	5.3	●	△
14	四川盐源	1976.12.13	6.8			41	河北丰南	1970.5.25	5.2	●	△
15	青海都兰	1971.3.24	6.8	●	△	42	云南峨山	1970.1.14	5.0	●	
16	四川松潘	1976.8.22	6.7		△	43	云南江川	1970.1.27	5.0	●	
17	天津宁河	1977.5.12	6.6	●	△	44	安徽固镇	1979.3.2	5.0		△
18	内蒙古和林格尔	1976.4.6	6.3	●		45	云南江川	1972.7.17	4.8	●	
19	河北卢龙	1976.8.31	6.1、6.3	●	△	46	山东成武	1977.7.9	4.8	●	
20	台湾	1935.5.5	6.0	○	△	47	黑龙江免渡河	1977.8.31	4.7		△
21	新疆精河	1973.6.3	6.0			48	河北唐山	1978.11.23	4.7	●	△
22	河北卢龙	1977.3.7	6.0	●	△	49	河北唐山	1978.12.6	4.7	●	△
23	辽宁海城	1978.5.18	6.0	●	△	50	河北唐山	1978.12.1	4.6	●	△
24	新疆库东	1979.3.29	6.0			51	河北宁晋	1968.1.7	4.6	●	△
25	江苏溧阳	1979.7.9	6.0	●	△	52	河北唐山	1978.12.25	4.6	●	△
26	内蒙五原	1979.8.25	6.0	●		53	内蒙古和林格尔	1975.6.24	4.4	○	
27	河北束鹿	1967.12.3	5.8	●	△	54	河北大城	1976.4.22	4.4	●	△

注: ● 震中距 < 50 公里; ○ 震中距 < 100 公里; △ 装有自记水位仪。

误认为上升异常。因为趋势下降常比较缓慢,不易被发现,而回升现象比较剧烈,引人注目。

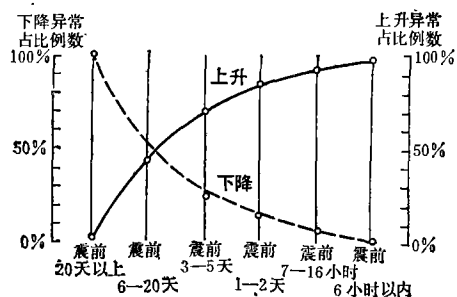


图 1

以唐山 7.8 级地震为例,根据唐山地震工作队对 385 口震前有升降变化的水井统计,地震前一个月水位下降占当时水位变动异常的 90% 以上,到震前一、二天上升异常所占比例急剧增加,震前 6 小时震中地区上升异常几乎占 100% (图 1)。其中不少水位上升实际上是下降异常后的回升。

地震前地下水下降异常早在 1968 年就引起了重视,作者曾多次报道过 1968 年 1 月 16

日河北束鹿 5.5 级,1969 年 7 月 18 日渤海 7.4 级,1970 年 5 月 25 日河北丰南 5.2 级地震前地下水位的突降异常的记录<sup>1)</sup>,但迄今为止最丰富、最完整的地下水位观测资料是唐山地震震例,它不仅反映出大地震前震中及其外围地区多数观测点水位出现下降异常变化的事实,而且能勾划出异常范围及时空变化。水位变化的时间进程似可与地震孕育过

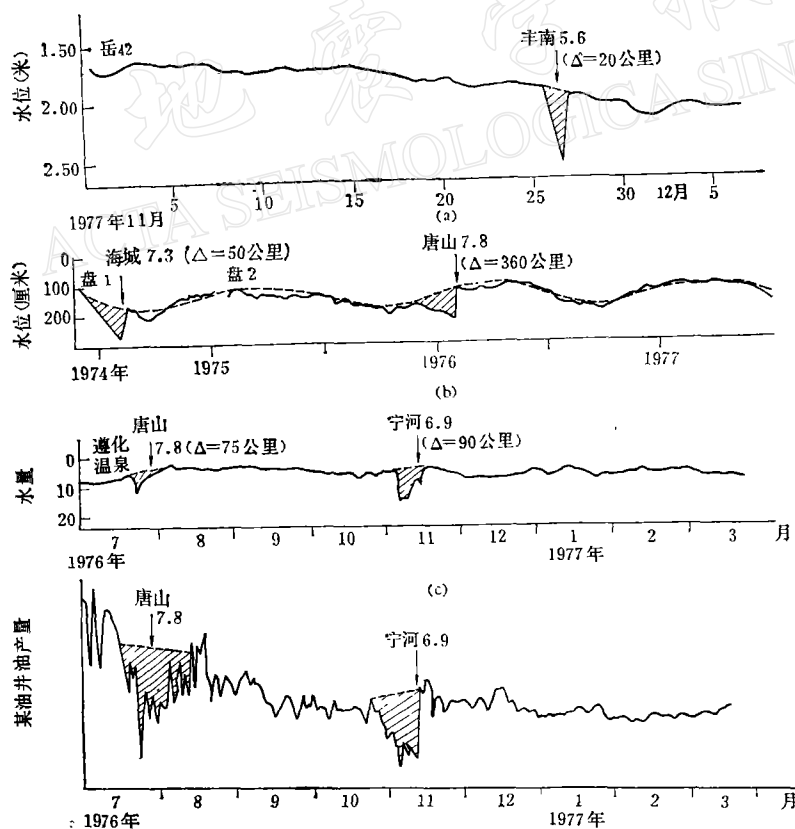


图 2

1) 邢台地区地震预报试验资料汇编, 1969; 渤海 7.4 级地震前兆资料汇编, 1969; 汪成民、周作鑫, 丰南地震前地下水位变化, 1970。

程相联系,空间变化主要受构造条件所制约<sup>[3]</sup>。与此同时,1976年四川松潘和云南龙陵地震也观测到相似的现象,得出大体一致的结论<sup>[4,5]</sup>。统观这54次震例认识到:

### 1) 异常可信度较高,并非干扰因素引起

图2(a)示出唐山市郊孔深706米的岳42专用观测孔的水位记录,平日水位稳定,日变幅不超过5厘米。1977年11月27日与井孔相距20公里处发生一次5.6级强余震,震前12小时水位突降29厘米,震后水位即恢复,没有发现任何干扰。根据该孔自1977年以来资料分析,对于发生在唐山、丰南一带11次4.5级以上强余震都重复观测到这种异常变化。上述5.6级地震发生在与观测孔同一条断层上,距离又近,下降异常的变幅最大。这种下降异常在历次大震前也多次被观测到。图2(b)显示了辽宁盘山地区深井对海城、唐山大震的反应。该区深井水位在地震平静的正常年份呈有规则的起伏。1975年当其附近发生海城7.3级地震前,水位突降89厘米,震后恢复到正常年变基线。1976年当离观测井400公里的唐山发生7.8级地震前,水位再次明显下降,震后又恢复至基线。两次大震短期和临震异常的形态相似。从图2(c)、(d)能看到唐山附近某油井油产量与遵化温泉流量在7.8级、6.9级地震前突然减少。

通过对比时间对应较好的一批一井多震及一震多井的震前地下水位变化的记录可以看到,震前水位下降的变化异常具有很好的一致性与重现性,气象和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

图3(a)、(b)是54次地震的多口井水位异常下降动态的综合结果。由图可见异常幅度( $H$ )、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愈持久些(5级地震可达十几天、7级地震可达2—3个月),可能观测到的最大变幅也愈剧烈些(5级地震可达1米左右、7级地震可达4米乃至更大)。但这种统计规律对于预报的现实意义不大,因为我们不可能在一次地震前掌握这么大量的密集的井孔资料。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。震级和震中距大体相同时所观测到的水位变化异常往往变动在一个相当大的区间内。例如距离6.0级地震100公里左右的观测井异常幅度变动在几厘米—1米之间,异常超前时间从几小时—20天之间。苏联学者企图以几百公里井距的稀疏观测网,用比较几个井的异常量去确定震中的方案未免过于理想化。实际上,凡根据几个井和少数震例建立的许多 $H$ 、 $T$ 与 $\Delta$ 、 $M$ 的经验公式,一般都经不起地震实践的检验。看来,地震前兆现象的复杂程度,可能大大超过了我们过去对这问题的认识。

## 三、地下水位短期和临震变化异常的不均一性与多样性

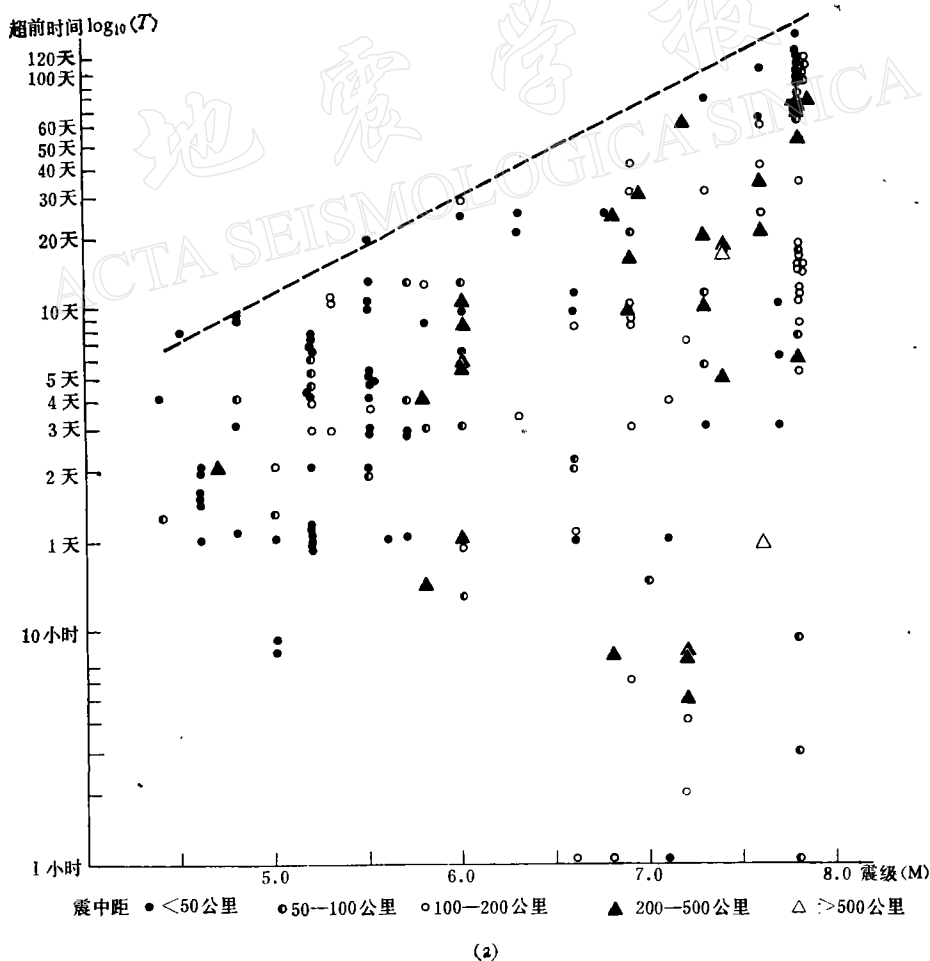
地震前地下水变化异常的复杂性不仅表现在下降异常量与地震三要素的关系上,更重要的是在空间分布的不均一与形态的多样化方面。如图4所示,唐山地震前除唐山附近出现异常外,北京、辽南等地也散布一些孤立的异常区。这些异常区各自成中心,中间

被无异常的地段分隔开, 它们的分布往往受构造因素所控制。例如唐山的异常区范围大体相当于唐山块陷, 为一被四条活动断层围限的北东东向的菱形块体。块体外围许多水井没有观测到明显的异常变化, 但跨越这种无异常区在更远的北京(八宝山断层附近)、盘山(郯营断裂带附近)的水井又观测到较明显的异常现象。

这种地下水位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<sup>[3,6]</sup>。由此可见, 过去报道的某些水位变化简单和均一的震例, 可能是因资料不足而失真。只要资料足够丰富、详细, 客观事物复杂的面貌就显露出来了。

地震前地下水位的短期和临震变化现象形态多样, 而不像苏联学者所认为的那样具有单一性特征。它们主要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期和临震异常的绝大多数。前文中所引用许多地

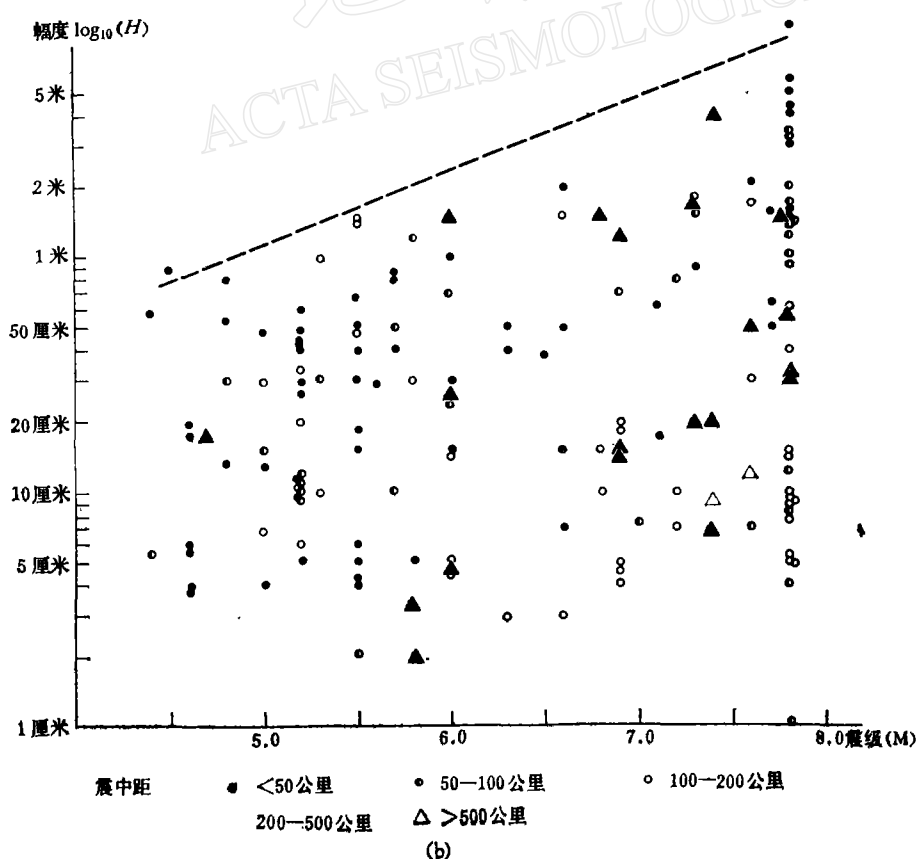


图

下水位下降实例均属此类。除了渐变下降外,有时还能观测到渐变上升的现象。如唐山地震前位于唐山断陷菱形块体南界断裂附近的一个观测孔,深 250 米,承压含水层,隔水层稳定,不受当地开采影响。根据多年水位自记资料分析,正常年动态表现为 9、10 月出现高水位,7 月中、下旬出现低水位。但是唯独 1976 年 6 月中旬开始水位打破正常年变,急剧上升,临震前突然转平,震后下降恢复到正常年变基线。幅度达 20 厘米以上。无论从人为因素、降雨、气压等干扰因素分析,都没有找到可能的解释[图 5(a)]。

相似的变化在 1978 年 12 月 25 日唐山市古冶 5.0 级地震前被唐山第十中学观测孔记录到,异常超前 25 小时,变幅为 28 毫米[图 5(b)]。

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,从现有的观测方式、记录精度几乎看不到有一个逐渐积累的变化过程;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。如图 6(a) 的观测孔,水位正常日变幅为 1 厘米左右,唐山 7.8 级地震前 10 小时水位阶跃式突降 5 厘米。这种变化形态与幅度在长期观测中罕见。7.8 级与之后的 7.1 级地震时分别阶跃 30 厘米和 9 厘米。唐山观测站水孔(深 140 米)在附近发生 4.5 级以上地震以前,水位自记曲线也多次



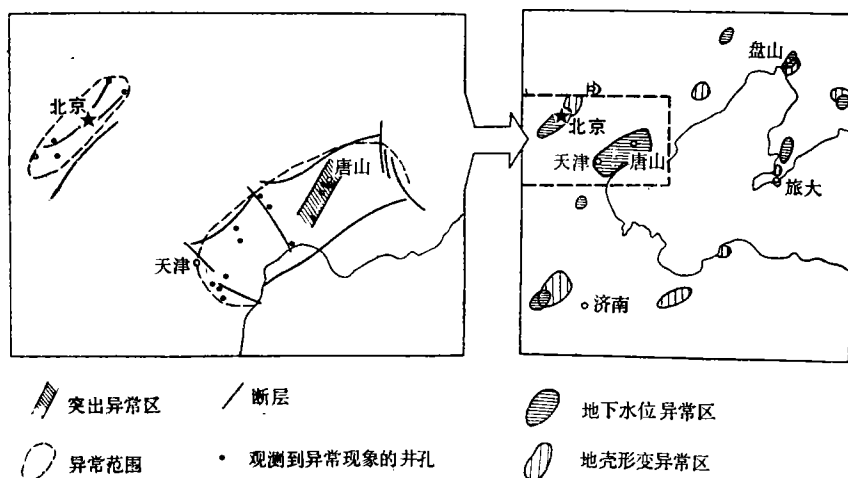


图4 唐山地震前地下水位异常点的空间分布

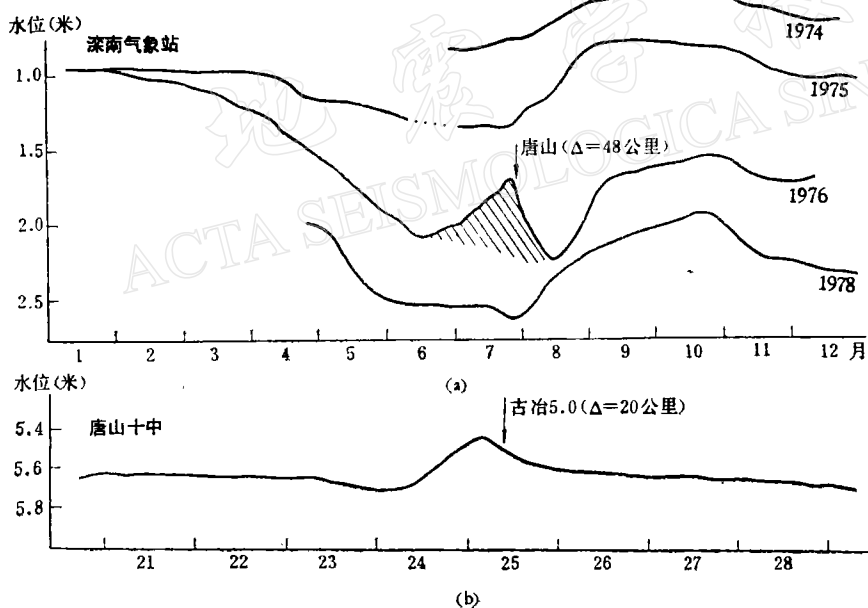


图5 渐变型异常

出现明显的阶跃变化[图 6(b)]。

地震发生时的同震效应也是一种阶跃型变化,往往是震前异常现象的复原性调整,通常理解是地震本身的后果。但当详细分析大地震地下水位同震效应记录的细节时,我们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

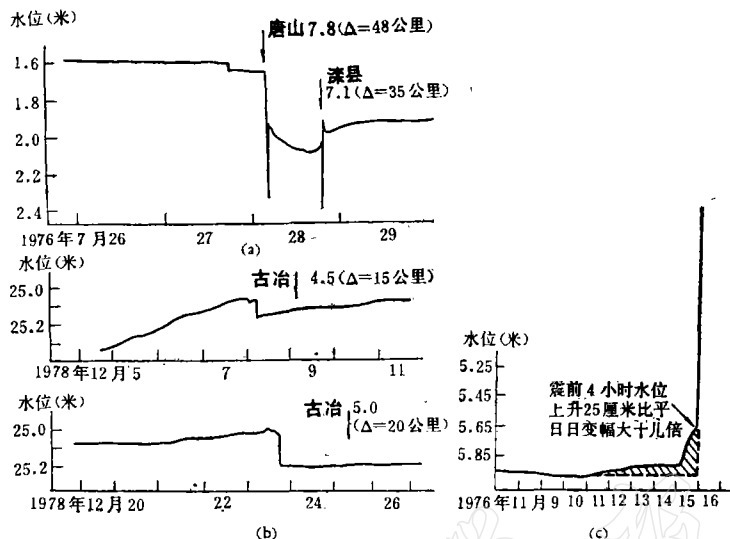


图 6 阶跃型异常

加密观测结果支持了这种看法,如佻口井在 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 [图 6(c)]. 这种阶跃的变化方向常与趋势性异常的方向相反,我们称为“临震回跳”<sup>[1]</sup>.

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,震后消失. 如 1976 年 8 月四川松潘地震前江油一深 110 米钻孔中记录到临震水位振荡型异常,该孔平时水位稳定,8 月 22 日 6.7 级地震前半小时水位出现 8 厘米幅度的振荡. 8 月 23 日 7.2 级地震前 3 小时水位出现了 10 厘米的振荡,一直持续到发震后才停息 [图 7(a)、(b)].

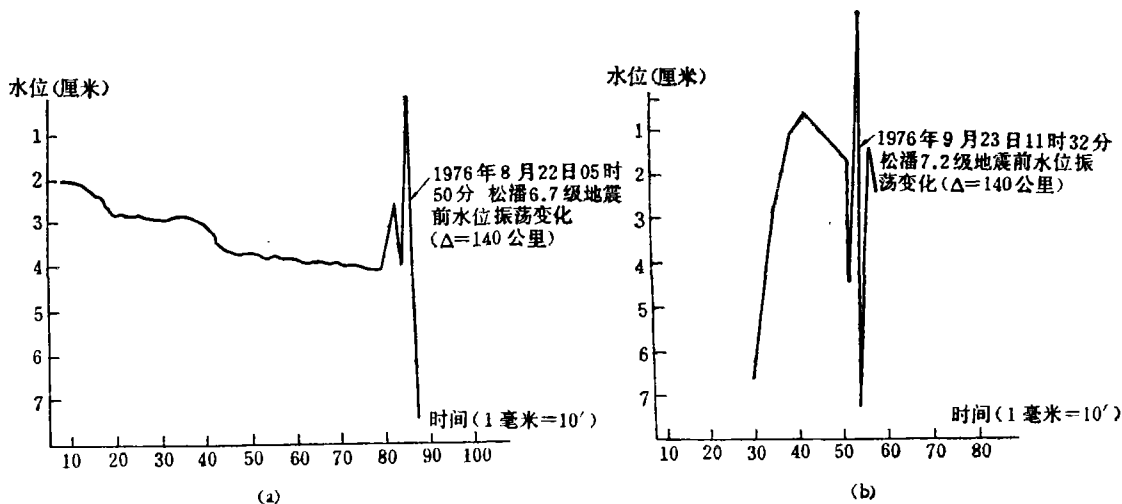


图 7 振荡型异常



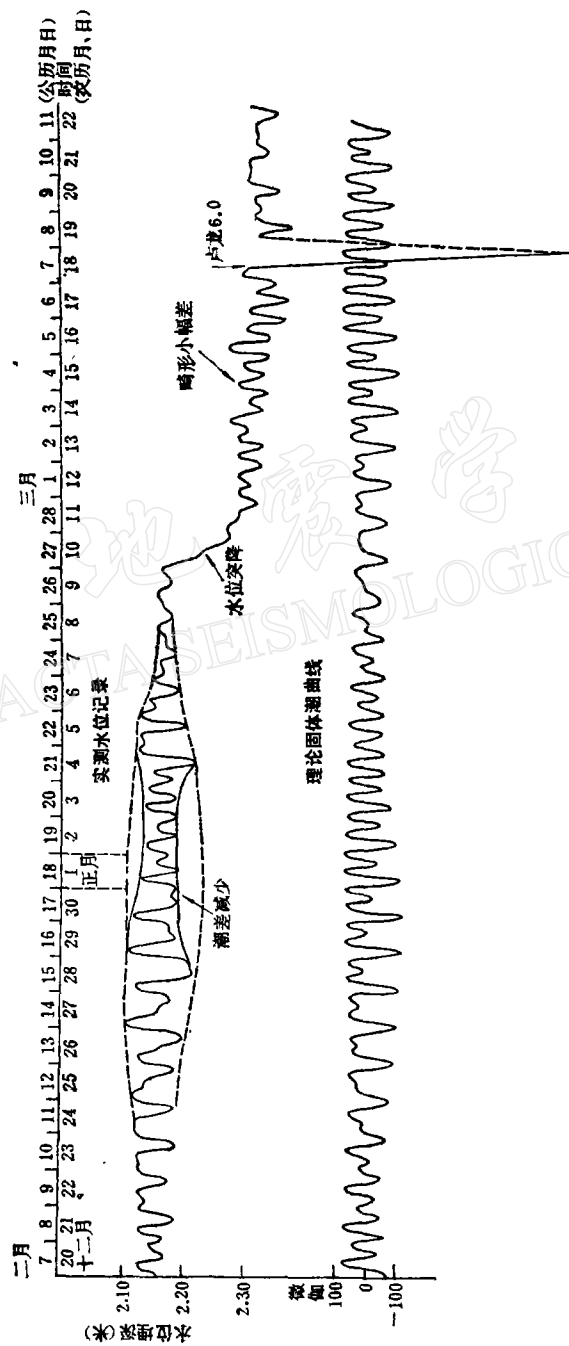


图 8 1977 年 3 月 7 日卢龙 6.0 级地震前卢龙孔水位记录

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,这是众所周知的事实。但是很少有人注意到,当这种井孔处于大震震中附近时,在震前它所记录的固体潮形态会出现畸变。在我国十几年地下水位观测中已多次记录了这种畸变。最为常见的有两种形态的畸变,一是相位错动,一是潮差改变,有时两者兼而有之。

图 8 是唐山地区卢龙县一深 408 米观测孔在 1977 年 3 月 7 日当地 6.0 级地震前水位的记录。卢龙孔与震中同处于活动性很强的断裂上,震中距小于 10 公里。震前 17 天即 2 月 18 日(阴历正月初一)潮差未增,反而减少。震前 9 天(2 月 27 日)水位突然下降。震前 3 天即 3 月 4 日(阴历正月十五)仍保持畸形小幅度,震后潮差恢复正常。

5) 含水层开启程度变化。如四川康定一上升泉的氡含量多年稳定。受大气影响微弱,年变起伏很小。说明该水层封闭条件较好,补给区较远。但在 1976 年龙陵、松潘、宁蒗等大震之前,4 月 28 日泉水突然变得浑浊,这种现象持续了三天以后,氡含量急剧下降,从此该泉的氡含量变为明显受气象影响,每年出现剧烈的年变,似乎含水层性质突然遭到破坏,改变了它的开启程度。类似异常现象在唐山地震前后,在天津霍庄观测孔水位也有表现(图 9)。

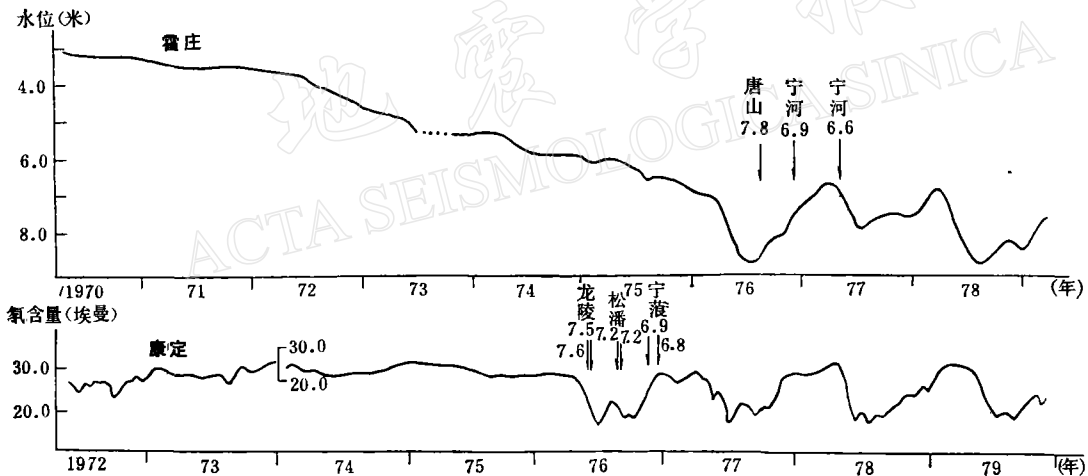


图 9 大震前后地下水径流条件改变

综上所述,地震前地下水位的短期及临震变化异常在空间上是不均一的,但主要受构造因素所控制。形态上是多样化的,但主要表现为渐变型下降。异常量与地震三要素的关系是复杂的,无简单的规律可循。造成这些现象的原因目前还不十分清楚,恐怕与地震前含水岩体内裂隙演变的空间不均一性与形式多样性有关。

### 参 考 文 献

- [1] M. A. Sadovsky, et al, Hydrogeodynamic forerunners of the south-Kuril Earthquakes, *Reports of Academy of Science USSR*, 1, 1977.
- [2] M. A. Sabovsky, et al, short-term hydrogeodynamic precursors, 巴黎国际地震预报讨论会论文集, 1979.
- [3] 汪成民等, 唐山地震前后深井水位变化特征, 巴黎国际地震预报讨论会论文集, 1979.
- [4] 四川省地震局, 一九七六年松潘地震, 地震出版社, 1979.
- [5] 陈立德等, 一九七六年龙陵地震, 地震出版社, 1979.
- [6] Chi-Yu Kiny, Radon emanation on San Andreas Fault, *Nature*, 271, 1978.

## THE SHORT-TERM VARIATION OF THE GROUND WATER LEVEL BEFORE EARTHQUAKES

WANG CHENGMIN

*(Analysis and Prediction Center, State Seismological Bureau)*

ZHANG HONGPO

*(Tangshan Hydrogeological Observation Station)*

### Abstract

The present author has collected from various sources the observed data of variations of ground water level before 54 earthquakes occurred in China for making a relatively systematic description and analysis, on the forms of the short term ground water level variations and their time-space distribution. Emphasis is laid on the facts observed from which empirical relations may be possibly found.

It is pointed out that:

(1) The anomalous lowering of the ground water level before earthquakes is the most common anomalous phenomenon (2) The spatial distribution of the anomalous variations of the ground water level is not the same everywhere, their forms are various. They can be generally observed but depend on the local geological structures, while the Soviet scientists believe the opposite.