

大灰厂跨断层短水准的研究

曹 利 德

(国家地震局测量大队)

北京市跨八宝山断裂的短水准观测台有两处：一是国家地震局分析预报中心的固定观测台（原属北京市地震队），二是国家地震局地震地质大队的流动观测台。两台在1975年出现的短水准突出变化均被认为是唐山大震的前兆〔1〕〔2〕〔3〕〔4〕〔5〕〔6〕。

1980年大灰厂两个形变台又出现类似唐山大震前的异常（图1、图2）。甚至固定台的异常幅度和速率超过了1975年同期异常。这是否是地震异常，引起了人们广泛的重视。

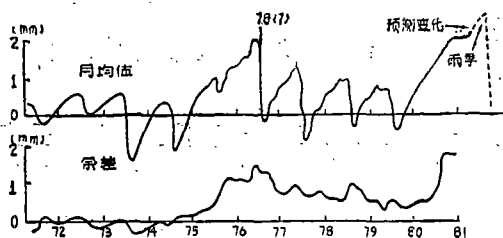


图1 大灰厂固定台水准月均值及
经回归处理后余差图

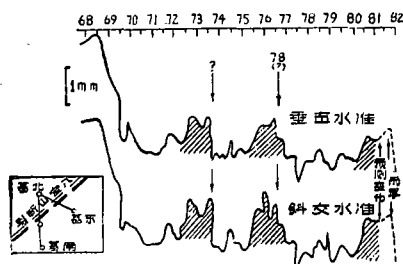


图2 大灰厂流动台水准月均值图

笔者认为，大灰厂短水准在唐山大震前出现的异常及1980年出现的类似异常，都不是大震前八宝山断裂活动的构造异常，而是干旱引起的非构造异常。

本文以大灰厂固定台为主，阐述非构造异常产生的过程及其物理机制。

八宝山断裂是在中侏罗世晚期形成的，震旦亚界自东南方向逆掩于寒武系一下侏罗统之上。该断裂南起房山长沟，经磁家务、八宝山至海淀附近，时而呈北北东向，时而呈北东或北东东向蜿蜒曲伸。全长约40公里，断裂形迹断续可见，破碎带宽度40~50米。八宝山断裂在大灰厂一带出露地表，走向北北东向，倾向南东，倾角约 $20^{\circ}\sim 30^{\circ}$ 。

大灰厂流动形变台和固定形变台都设在山坡上，相距1公里左右。由于破碎带宽，实际上两处短水准测线都没有跨过断裂，其北点埋在破碎带上。

流动形变台有水准、基线两个手段，布设线路见图2。一条长24米垂直于断层；一条长48米斜交于断层。两线交于北点，水准、基线标志在同一标石上。十多年来没有间断观测，

资料连续可靠，观测精度为 ± 0.06 毫米。

固定形变台有短水准等4种形变手段，均位于室内或半地下室中，资料连续可靠。特别是室内短水准，仪器工作状态稳定，观测精度高，日均值的观测精度约为 ± 0.02 毫米。

八宝山断裂在大灰厂地区上盘为致密坚硬的白云岩，裂隙不很发育，透水性很差，不易膨胀，倾斜仪月均图也表明上盘是较为稳定的^{〔1〕}。然而大灰厂的下盘是石炭二迭系页岩夹砂质页岩，有轻微变质现象，岩石较为破碎，特别是断裂带附近破碎程度更甚。由于破碎带宽，实际上北西点不在下盘，而是埋在破碎带上。因此，该处在同一降雨量的情况下，透进的水比东南点所在的上盘多，膨胀相应地大。两盘在垂直向膨胀量之差就是水准曲线上的形变干扰。

实际上，降雨量并不是对岩层膨胀起决定作用的本质因素，降雨量与岩层膨胀量也不是完全线性相关的。比如，当降雨量大于岩层的含水饱和量时，岩层体积并不能再线性增大。当降雨量为零，由于大旱使岩层原有水份蒸发时，岩层体积就要相应缩小。因此，真正对岩层膨胀收缩起决定作用的是地下水位的高低，总含水量的多少。

从土力学^{〔7〕}可知，岩层中的水份可依土粒与水之凝结情形分为三类：即水膜水，毛细管水与游离水（或称重力水）。

烘干土能自大气中吸取水分，形成很薄的水膜，包围在土粒之表面，称为水膜水，即一般所称的收湿水分。此水凝聚土粒的力量甚强，不能用外力将它除去，但可在 105°C 的温度下除去。因为颗粒中保持水膜水的分子引力超过了重力，所以它不能在重力作用下移动。另外它未完全填满岩石的孔隙，因此不传递静水压力。大灰厂破碎带岩层为页岩夹砂质页岩，而页岩的颗粒直径小于 $1/16$ 毫米^{〔8〕}，相当于均匀沉泥。由于前者夹砂质，故其土力学性质在砂质粒土与均匀沉泥之间。从表一中可知，它的水膜水的含量在 $4.75\% \sim 10.18\%$ 之间，份量较小。因此水膜水对岩层地下水位的高低、岩体胀缩没多大的影响。

岩石土力学性质

表1*

类 别	空 比 隙		孔 隙 率		粒 径 范 围 mm	有效粒径 $D_{10}(\text{mm})$	毛 细 管 上升高度	水膜水含量（与干岩 样重量的百分比）
	$e_{\max}$	$e_{\min}$	$n_{\max}$	$n_{\min}$				
砂 质 粒 土	0.95	0.20	49	17	1.0 ~ 0.001	0.002	m 8.1	4.75
均 匀 沉 泥	1.8	0.25	64	20	0.05 ~ 0.005	0.006	2.7	10.18

* 引自文献〔7〕、〔9〕，max—最大值，min—最小值。

重力水即借本身的重力，能在固体中穿过的流体。它是岩层中水份的主体，不论潜水或承压水都属于重力水。虽然不同岩石含水后的膨胀量各不相同，但对同一种岩石来说，在全干燥到全饱和的区间里，其膨胀量与含水量（主要是饱和含水量）成线性关系。因此地下水位的高低是对岩层膨胀起决定性作用的本质因素。

然而，地下水位的高低是由地下水的总量和运动来决定的，而且地下水的总量和运动在很大程度上由岩石的两项重要物理性质控制着^{〔9〕}。一项是孔隙度，也就是孔隙占所在岩石总体积的百分比。孔隙度决定在岩体中能持有多少水。第二个因素是渗透性，即岩石导送流体的性能。渗透性取决于诸如孔隙的大小以及它们互相连结的程度等。有些岩石例如页岩具有高孔隙度，但孔隙太小以致水难于通过它们而移动，所以这种岩石，虽然具有高孔隙度，仍

是不透水的。大灰厂下盘是石炭二迭系页岩夹砂质页岩，破碎带里的断层泥主要由它组成，由于破碎和风化，破碎带表层岩土의 透水性稍好一点，因此水份的渗透流失是缓慢的。

由于北西点水准标石埋在地下2米多深，在这个深度范围内地下水总量和运动是引起岩层膨胀，产生水准曲线形变干扰的主要成分，但是在地表层10—20米范围内，除岩层的孔隙度、渗透性对地下水位起重要作用外，毛细管现象的影响也是不可忽视的。

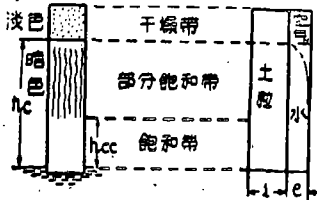


图3 干砂内毛细管上升之情形

水能因表面张力及附着力的相互作用，产生毛细管现象〔7〕。岩土颗粒间的孔隙形成一种天然的毛细管，故水分能自地下水位上升至某一高度 h_c (图3)，这一带岩层即称为毛细管带，该带岩层常呈部分饱和以至饱和。

理论上毛细管水上升的高度为

$$h_c = \frac{4 T_s \cos \alpha}{r_w d} \quad (\text{cm}) \quad (1)$$

式中， T_s 为水之表面张力，在 0°C 时为 $77.13 \times$

10^{-3} gm/cm^3 。

d 为毛细管直径，亦即岩土内的孔隙直径 cm 。

r_w 为水的重量单位，在 0°C 时为 0.99986 gm/cm^3 。

α 为毛细管壁与毛管水面的接触角，常可视为 0° 。

(1) 式可化简为：

$$h_c = \frac{0.309}{d} \quad (\text{cm}) \quad (2)$$

温度不为 0°C 时：

$$h_{cT} = \frac{0.309}{d} [1 - 0.0027 (T - T_0)] \quad (3)$$

上式中， h_{cT} 为温度 $T^\circ\text{C}$ 时之毛细管上升高度。

实际上岩土内的孔隙直径，甚难测量。对于非粘性岩土可用其颗粒直径的五分之一代替值。

一般岩土的毛细管水上升高度可由下式计算：

$$h_c = \frac{R}{e D_{10}} \quad (4)$$

式中， R 为常数，介于 0.1 到 0.5 cm^2 之间。

e 为孔隙比。

前面表1中均匀沉泥和砂质粒土的毛细管水上升高度与(4)式验算相符。因大灰厂破碎带表层岩土居这二者之间， h_c 估计有3—4米左右。这个深度正是地下水位变化对形变干扰的影响范围。每年雨季后漫长的干旱季节里，在太阳热和风的作用下，毛细管水受地表蒸发的影响而上升，而地下水位随水份的蒸发下落。因此毛细管水的蒸发对地下水位的影响也是重要的因素。但是，蒸发现象发生得很慢，因此地下水位下落也是很慢的。

综上所述，大灰厂破碎带表层地下水位的高低，总含水量的多少，是由其岩层的孔隙度、渗透性、毛细管现象三种物理因素共同决定的。至此，其形变干扰过程可分如下两种：

1. 平常年

雨季时,大量雨水短期内汇聚,使破碎带内地下水位迅速上升,岩层相应膨胀,北西点抬升(水准曲线迅速下落)。此时地下水位的高低,含水量的多少虽与降雨量有关,但主要由岩层的孔隙度、渗透性控制。

雨季过后至第二年雨季前这段长时间的干旱季节里,在重力水的渗透流失和毛细管水上升蒸发的共同作用下,地下水缓慢下降,岩层相应收缩,北西点降落(水准曲线缓慢上升)。

在此,将这种平常年以一年为周期的形变干扰规律性变化称为单年变。

2. 大旱年

因为雨季雨量很小,而地表蒸发量又很大,故渗透到地下的水份更小甚至没有。但是,地下水因毛细管水上升蒸发和重力水向低处渗透没有停止,这样,地下水位不仅没有上升,反而继续降落,水准曲线即超出平常年(单年变)的高点,继续上升,出现了突出的形变干扰。只要第二年不持续大旱,这个突出变化一直发展到第二年雨季降雨后才能迅速恢复。

在此,将这种大旱年以两年为周期的形变干扰规律性变化称为双年变。

但是,1972年大旱时大灰厂固定台水准曲线为什么没有出现1975年这样明显、突出的双年变呢?

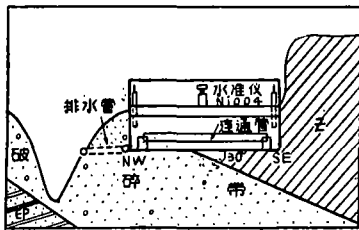


图4 大灰厂固定台剖面示意图

这是因为北西点埋在半地下室里,上面有房屋掩盖,虽然雨季时此处积水很多,重力水的渗透流失和毛细管水上升蒸发却不大。72年大旱也没产生多大的影响,地下水位变动不大。虽然这时也出现双年变,可远没有75年那样突出。然而1974年6月在地下室近旁挖了一条水沟,水管从北西点到下坡出口仅2—3米远(图4)。这条水沟对北西点处破碎带的水文地质产生了重大的、决定性的影响。它首先能迅速排除北西点在雨季时的积水,同时使该处在大旱年的渗透和蒸发量加大。另外,沟口地势低,由于与北西点处

连通,大旱时这里大量重力水的渗透流失和毛细管水的蒸发,促使北西点处的地下水位进一步降落。如此综合作用,使北西点地下水位降落到前一年雨季前的水平以下,因此出现了突出的双年变形变干扰。恰巧1975年大旱的双年变形变干扰要在1976年7、8月雨季恢复,而7月28日唐山发生了大地震。由于以往没有认识到这种突出形变的本质,所以一直错把它当成唐山大震的形变前兆。当1980年大旱再次出现这种情况时就感到难以解释了。

大灰厂流动台与固定台相距1公里远,这对于出露就有40公里长的八宝山断裂来说不过是很小的一段。如果在百万分之一的地图上看,可重合为一个点。因此,对于所测的形变究竟是否反映八宝山断裂的构造活动,它们的观测资料可以互相验证。

从图2可以看出流动台两条水准曲线于1972—1973和1975—1976年两次出现幅度、形态、速率相同的突出变化,而1975—1976年的变化对应了唐山地震,1972年—1973年的变化却没有对应地震,这是不好解释的。

另外,两条测线的长度,方向大不相同,而测得的相对高差变化如此一致,据以往经验可以断定,这反映的是北面交点的单点变化,不是断层的构造活动,否则它们的差别不会这

么小。进一步研究,才知北西点埋在破碎带上,曲线上升是断层泥因水份减少,地下水位下降使土质收缩造成的。1972年、1975年正是大旱之年,因此曲线大幅度上升,到第二年雨季降雨,曲线即迅速下降恢复,这说明旱、雨使地下水水位发生的变化是决定性因素。

1980年又是大旱之年,两曲线又出现相同的突变,这进一步证实原来的认识是可信的。

1972、1975、1980三年华北大旱,从表2可看出三年大旱雨量是很少的,于是就出现三次双年变。

表2

项 目	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	单 位
大灰厂雨季雨量	365	405	294	247	652	420	235	511	645	441	389	165	mm
大灰厂全年雨量	655	570	352	310	700	445	287	733	828	637	550	328	mm

根据本文的研究结果,可以预报:只要今年不继续大旱,降雨量达到常年的水平,一到7、8月雨季降雨,以上三个双年变一定会大幅度的恢复,并随北西点渗透水份多少,其地下水位上升的多少,使曲线恢复到相应的程度。

(本文1981年4月6日收到)

参 考 文 献

- [1] 国家地震局地震测量队,唐山地震的垂直形变,地震战线, №. 2, 1977.
- [2] 国家地震局地震测量队,用大地测量方法监视断层活动,地震战线, №. 2, 1978.
- [3] 王宋贤等,北京地区断层活动,地球物理学报, Vol. 21, №. 4, 1978.
- [4] 朱运海,区域应力场的地表效应—重复大地测量结果的解释,西北地震学报, Vol. 1, №. 4, 1979.
- [5] 马宗晋,华北地壳的多(应力集中)点应力场与地震,地震地质, №. 1, 1980.
- [6] 胡长和等,华北强震中期预报方案的初步设想,地震科学研究, №. 1, 1981.
- [7] 赵国华等,土力与基础,中国土木水利工程学会出版, 1978.
- [8] [美] W.K. 汉布林,地球动力系统,殷维翰等译,地质出版社, 1980.
- [9] [苏] Г.Б. 情戈莫洛夫,水文地质学原理,庄耀民译,地质出版社, 1960.

A STUDY OF DAHUICHANG SHORT LEVELLING LINE ACROSS THE BABAOSHAN FAULT

Cao Li-de

(The Geodetic Survey Brigade, State Seismological Bureau)