

文章编号: 0253-3782(2005)06-0637-10

八宝山断层的变形行为与降雨 及地下水的关系*

黄辅琼^{1,2)} 陈 颛³⁾ 白长清⁴⁾ 张 晶⁵⁾ 晏 锐²⁾
杨明波⁶⁾ 兰丛欣⁶⁾ 张晓东²⁾ 江在森⁵⁾

1) 中国北京 100081 中国地震局地球物理研究所

2) 中国北京 100036 中国地震台网中心

3) 中国北京 100036 中国地震局

4) 中国北京 100080 北京市地震局丰台地震台

5) 中国北京 100036 中国地震局地震预测研究所

6) 中国北京 100080 北京市地震局

摘要 利用北京丰台大灰厂观测台站 1970—2003 年的长期综合观测资料, 系统分析了降雨和地下水对北京八宝山断层变形行为的影响。研究结果表明: 当降雨量持续稳定周期性变化, 则断层孔隙压也呈稳定周期性变化, 断层变形行为也表现出明显的规则周期性变化; 当降雨量明显偏低或偏离正常周期性变化, 则断层孔隙压周期性消失, 断层的变形行为方式也发生改变。降雨通过改变断层带孔隙压力的变化而影响着八宝山断层的变形行为。结合该断层已有研究结果, 认为降雨和地下水有可能通过改变断层变形行为方式而影响着区域构造应力/应变场的调整。这一结果将对研究地球浅部流体与固体相互作用提供直接的观测证据。

关键词 八宝山断层带 降雨 地下水 断层变形行为

中图分类号: P315.72⁺3 **文献标识码:** A

引言

地球表层是流体与固体强烈相互作用的场所, 大气圈、水圈、生物圈和岩石圈在地球表层强相互作用, 断层带则是这种相互作用的主要通道。地震活动可以认为是这种强烈相互作用的一种表现与结果。Bolt(1999)指出, 没有水就没有构造地震。普遍认为, 断层带上的流体对于断层活动和大地震的发生起到了润滑的作用(Brodsky, Kanamori, 2001; Ma *et al*, 2003); 深部流体的存在是地震孕育与发生的主要条件(Zhao *et al*, 1996)。但对浅部流体而言, 通常认为是断层活动过程中的干扰因素, 并且这种观点一直是断层变形观测分析专家遵循的基本原则。理论与实验研究表明, 对于那些出露地表的断层来说, 降雨和地下水(流体)对断层变形的影响是不可忽略的(Scholz, 1990)。其原因是, 降雨通过断层带通道入渗进入断层带深部而对断层活动产生影响。

王吉易等(2003)利用非线性理论——尹祥础(Yin *et al*, 1995)提出的加卸载响应比理

* 国家自然科学基金(40374019)和地震科学联合基金(1040106)资助。

中国地震局地球物理研究所论著 05AC1032。

2004-07-26 收到初稿, 2005-09-06 收到修改稿并决定采用。

论, 研究了 1976 年唐山大地震前八宝山断层带上大灰厂台站一个井孔(现已停止观测)水位与大灰厂台站形变与降雨的关系。观测资料表明, 大灰厂台短水准变化(被观测断层两侧的高程变化)与降水及其所引起的地下水变化有着十分密切的关系。每年 6—9 月, 降雨造成地下水位大幅度上升并达到最高值。与此相应, 短水准则急剧下降至最低值; 雨季结束, 即 8—9 月份以后, 由于地下径流、蒸发等原因, 水位有规律地下降, 短水准亦同步有规律地回升; 至翌年 3—5 月, 水位逐步下降至最低值, 短水准亦回升到最高值。1975 年 9 月 10 日—1976 年 4 月 30 日降雨显著减少, 断层变形也相应出现异常。如果把降雨和地下水作为加载系统, 把断层变形作为响应系统, 则发现唐山地震前断层短水准加载/卸载响应比值存在明显低值异常。因此认为, 在唐山地震前, 由于区域构造应力场已经达到了较高水平, 降雨和浅层地下水也可以诱发断层变形的地震前兆异常, 并提出了“诱发前兆异常机理假说”(王吉易等, 2002a, 2002b)。吴邦素等(1993)研究认为, 八宝山断层带 1988 年以来的异常变形属于降雨和抽水引起地下水位下降的干扰所致, 其原因是断层变形与地下水位之间存在观测资料时间序列曲线上的一致性。而薄万举等(1998)通过对该断层带 7 处形变跨断层台点观测资料的联合研究, 指出 1988 年以来八宝山断层的异常变形行为主要部分属于断层构造活动所致, 与局部干扰因素无关。针对同一条断层带而言, 断层变形是降雨和地下水引起的干扰还是由构造运动产生的变形存在争议, 大气降雨仅仅是诱发地震前兆的因素还是参与了断层的活动过程, 以及大气降雨在断层带变形过程中所扮演的角色等问题, 值得深入研究。因此, 利用长期观测资料, 解剖单个台站, 研究降雨与地下水对断层变形行为的影响对理解断层变形的含义具有重要意义。

本文中, 我们将系统分析位于八宝山断层带上的北京丰台大灰厂定点观测台 1970—2003 年的长期观测资料, 研究降雨和地下水对八宝山断层变形行为的影响, 探讨降雨和地下水通过改变断层变形行为方式而影响区域构造应力场/应变场调整的可能性。

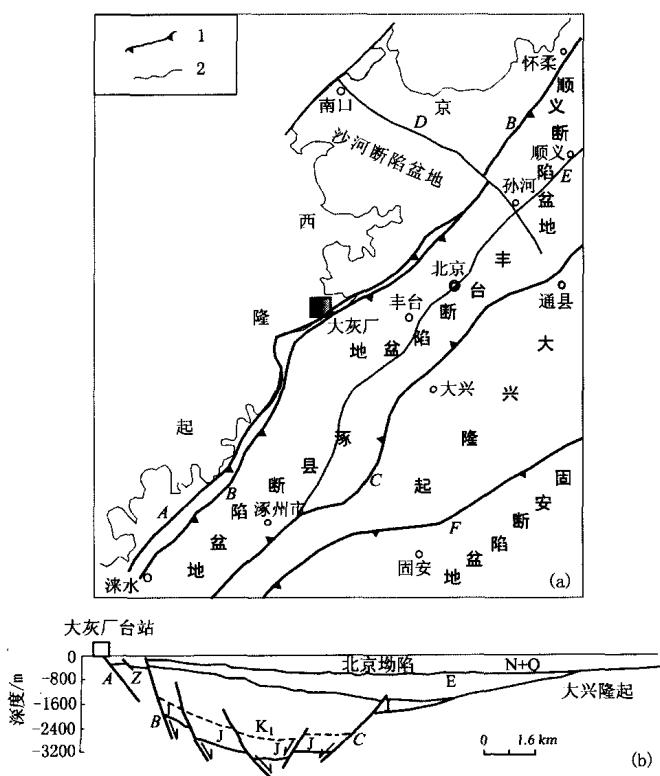
1 地质与观测资料概况

1.1 地质背景

八宝山断层位于北京西山山前, 南起于河北省涞水县, 经北京丰台大灰厂村, 向北到北京顺义县, 全长 80 km。该断层走向北北

图 1 (a) 大灰厂台站位置及北京与邻区地质构造分布图;
(b) 丰台断陷盆地地质横剖面图(徐杰等, 1992)

1. 坍陷盆地边界断层; 2. 山区与平原分界。A. 八宝山断层;
B. 黄庄—高丽营断层; C. 南苑—通县断层; D. 南口—孙河断层; E. 顺义断裂; F. 蓝运河断裂



东, 倾向南东东, 倾角 $25^{\circ}\sim35^{\circ}$, 为一条逆断层。该断层形成于侏罗纪中期, 其上盘出露地层岩性为震旦系白云岩, 下盘出露地层岩性为石炭一二叠系砂岩和页岩。与八宝山断层平行分布的黄庄—高丽营断层为一条正断层, 倾角 $60^{\circ}\sim75^{\circ}$, 形成于白垩纪。两条断层构成了北京坳陷丰台断陷盆地的西部隆起边界(图1a, b)(徐杰等, 1992; 高文学, 马瑾, 1993)。

八宝山断层是北京市的一条显著活动断层, 其活动强度与活动方式在首都圈乃至华北北部震情跟踪研究中倍受关注。1966年邢台地震后, 八宝山断层被列为重点监视的活动断层之一。1976年唐山地震后, 对该断层进行了详细地野外现场调查研究。研究结果指出, 八宝山断层兼具粘滑和稳滑性质(汪良谋等, 1990; 徐杰等, 1992; 高文学, 马瑾, 1993)。为此, 建成一个包含水准、短边测距、重力和地磁等手段共点同步观测的流动观测台网(车兆宏, 巩曰沐, 1995)和大灰厂定点观测台, 沿断层带共布设有跨断层形变观测台点7处(薄万举等, 1998)。对八宝山断层带开展的流动形变、流动重力、流动地磁等多手段共点同步观测资料的研究结果表明, 八宝山断层带处于蠕动和旷动状态(车兆宏等, 1997)。该断层最活动的部分位于断层中段, 其活动与(华北)强震的发生密切相关。断层所在地区是地震活动引起应力场变化的敏感区, 是大同与张北地震后的应力转移集中区(车兆宏, 范燕, 2003)。

1.2 观测资料概况

大灰厂定点观测台位于北京丰台区大灰厂村, 始建于1970年, 坐落于两个小山坡之间(图2a), 此处断层出露于地表。通过在该台站观测断层短水准、水管倾斜、伸缩应变来监视断层变形行为。同时开展了降雨、气压和井孔地下水位等辅助观测项目。本文选用断层水准变化来大致描述断层的变形行为。

断层形变观测的两端点相距26 m, 1970年以来, 一直沿着 135° 方向由上盘观测到下盘, 即下盘测值减上盘测值, 标尺测值相减; 每日上午8时左右采样一次, 观测方式保持不变; 观测仪器精度为 $1\text{ }\mu\text{m}$; 仪器观测, 人工记录。从台站井孔揭露的断层带的厚度来看, 该形变测量基本位于断层带上, 没有跨越断层带。由于水准和倾斜时间序列过程几乎同步同向变化, 因此选择断层水准观测变化为代表研究断层变形行为。针对八宝山逆断层来说,

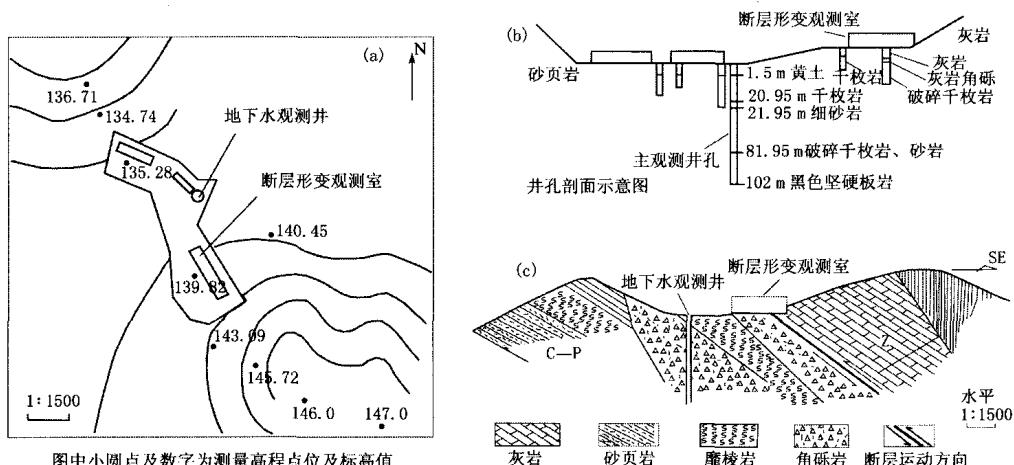


图2 观测台站地形(a)、井孔分布(b)与台站断层横剖面(c)

由于是标尺测值相减, 水准上升代表断层上盘相对于下盘上升而使断层显示压性蠕变, 其结果导致逆断层的愈合; 水准下降则代表断层上盘相对于下盘下降而使逆断层显示张性蠕变。

降雨资料为大灰厂台站观测的日累积降雨总量。

本文所用资料的地下水观测始测于1983年, 井孔深度120 m, 位于断层下盘距离断层形变观测室约40 m处(图2b, c)。从台站多井孔钻探所揭露的地层岩性来看, 观测井孔含水层承压性较差; 井孔水位的变化基本上反映了降雨所引起的断层孔隙压力的变化。1983—1993年7月井孔水位的观测由仪器模拟连续记录, 以后由人工观测。仪器观测的故障率很高, 观测数据的可信度较差。人工观测测绳的精度为1 mm, 每日上午8时观测一次, 观测资料具有较高的可信度。因此, 我们只对1994年以来资料可信程度较高的井水位数据进行分析。观测资料的长期时间序列示于图3。

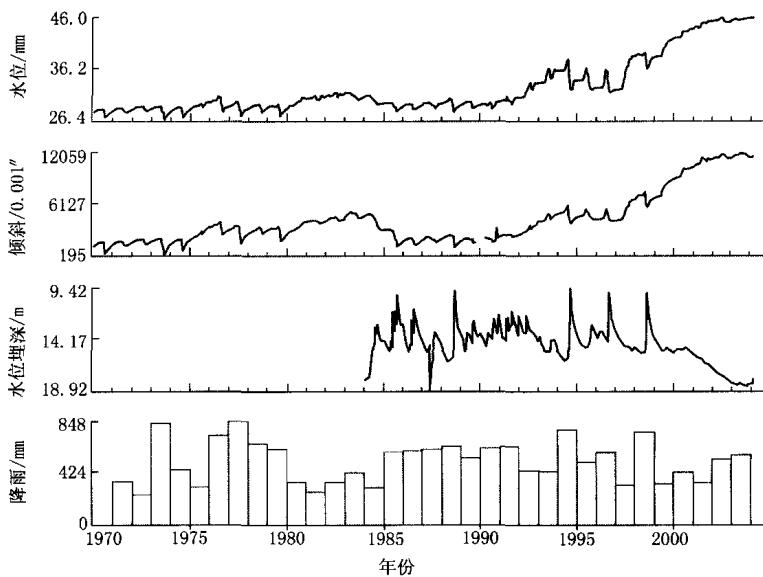


图3 大灰厂定点观测台自观测以来多手段观测时间序列曲线

2 数据分析

2.1 井水位(断层孔隙压)与降雨的关系

从图3可以看出, 井水位的变化依赖于每年降雨总量的变化。我们详细分析了1994—2003年每年井水位变化量和雨季过后的井水位上升量与年降雨总量的关系(图4)。结果表明, 每年井水位变化量和雨季过后井水位上升量与降雨之间存在密切的关系, 其相关系数达到72%以上。如果年降雨总量低于370 mm, 井水位在降雨过后一般不会出现明显上升; 井水位明显的上升变化总是伴随着大的降雨量而出现(图4a)。当降雨量低于430 mm时, 即使雨季过后井水位会有所上升, 但每年水位总体变化量却维持多年下降趋势(图4b)。因此, 该井水位变化受降雨影响很大。如果把井水位的变化理解为断层孔隙压的变化, 则年降雨量低于370 mm不会引起孔隙压增加; 只有当年降雨量大于430 mm时, 断层带孔隙压才有可能明显增加。如果年降雨量长期处于低值水平, 由于不断入渗的结果, 则地下水位表现为长期下降, 断层孔隙压也会长期下降。

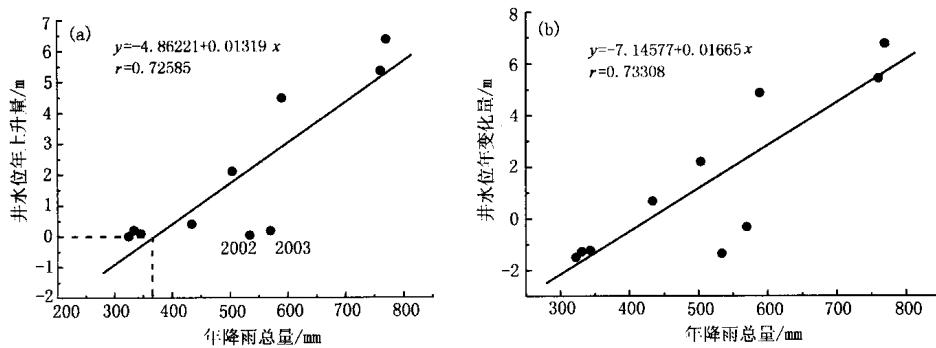


图 4 井水位年上升量(a)和年变化量(b)与年降雨总量的关系

2.2 断层变形行为与地下水的关系

从图 3 还可以看出, 断层变形行为与地下水位之间也存在着密切的关系。逆断层张性蠕变与井水位的上升相伴出现, 而井水位回落后逆断层压性蠕变(愈合)就开始。我们仔细考察了每年断层张性蠕变量和每年断层张性蠕变量减去压性蠕变(愈合)量与井水位年上升量和井水位年变化量的关系(图 5)。结果表明, 断层张性蠕变与井水位上升量以及井水位年变化量明显相关, 相关系数达到 77% 以上。当雨季过后井水位上升量为 0 m, 即井水位没有上升的情况下, 没有断层张性蠕变出现; 如果井水位年上升量小于 2.2 m, 那么断层的年压性愈合量将大于年张性蠕变量, 表现为断层以压性愈合为主。如果井水位每年变化总量小于 2 m, 则断层的张性蠕变量很小, 压性愈合量大于张性蠕变量。观测资料分析表

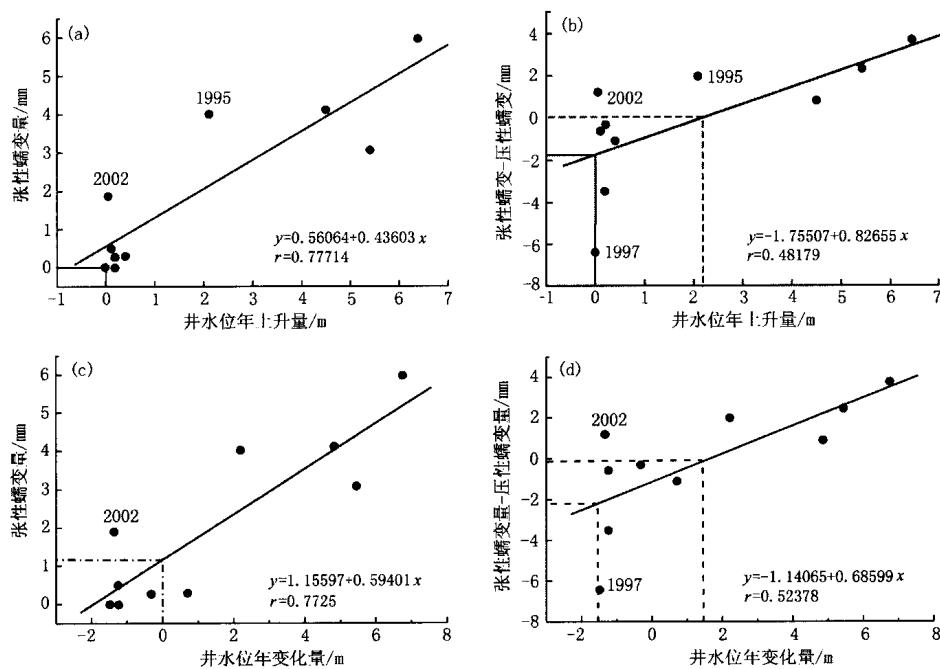


图 5 断层变形与井水位上升量和井水位年变化量的关系

(a) 断层张性蠕变量与井水位年上升量关系曲线; (b) 断层张性蠕变量减去压性蠕变(愈合)量与井水位年上升量关系曲线; (c) 断层张性蠕变量与井水位年变化总量(包括上升和下降)关系曲线; (d) 断层张性蠕变量减去压性蠕变(愈合)量与井水位年变化总量(包括上升和下降)关系曲线

明, 在降雨没有引起断层孔隙压增加的情况下, 逆断层的张性蠕变就不会出现而使逆断层出现压性愈合; 当降雨引起断层孔隙压足够大时, 才可能引起逆断层出现张性蠕变.

2.3 断层变形与降雨的关系

同上, 分析了断层张性蠕变量和断层张性蠕变量减去压性蠕变(愈合)量与年降雨总量的关系(图 6). 结果表明, 断层变形量与降雨量之间关系明显, 相关系数都大于 60%; 断层张性蠕变量减去压性蠕变(愈合)量与年降雨总量的相关系数大于断层张性蠕变量与降雨量的相关系数. 这种情况说明, 断层变形行为总体上与降雨量大小有关. 但降雨与断层变形之间的关系非常复杂, 降雨的方式(比如某日集中式大量降雨和多日分布式少量降雨)有可能影响断层的变形方式和过程. 为此, 我们考察了降雨和变形的长时间序列. 选取 1 a 作为时间窗长, 利用滑动滤波方法把断层变形观测的原始数据大致分成趋势变化和年周期变化(图 7). 显然, 断层年周期变形的幅度受降雨量的大小控制, 同时多年持续稳定的降雨量使断层变形方式也相对稳定, 表现出规则的周期性变化特征. 当降雨量变化较大(即降

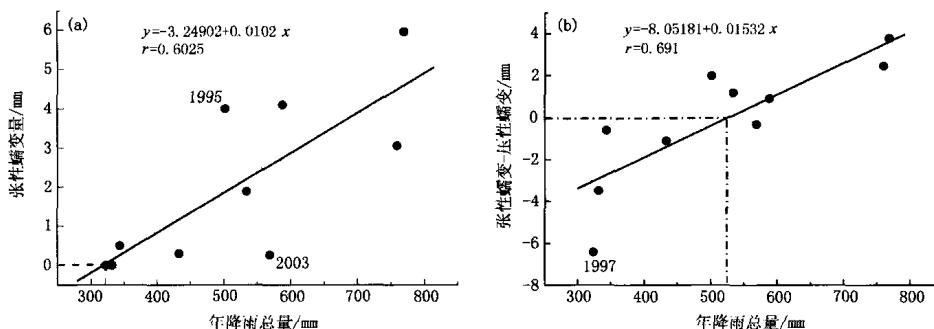


图 6 断层变形与降雨的关系

(a) 断层张性蠕变量与断层带年降雨总量关系曲线; (b) 断层张性蠕变量减去压性蠕变(愈合)量与年降雨总量关系曲线

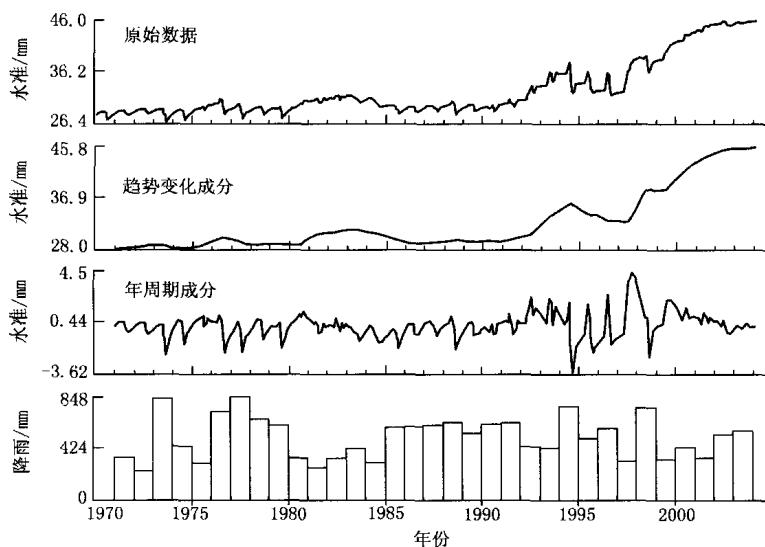


图 7 34 年的断层变形与降雨观测资料的时间序列曲线
图中使用滑动滤波方法将断层变形大致分为趋势变化和年周期变化两个部分

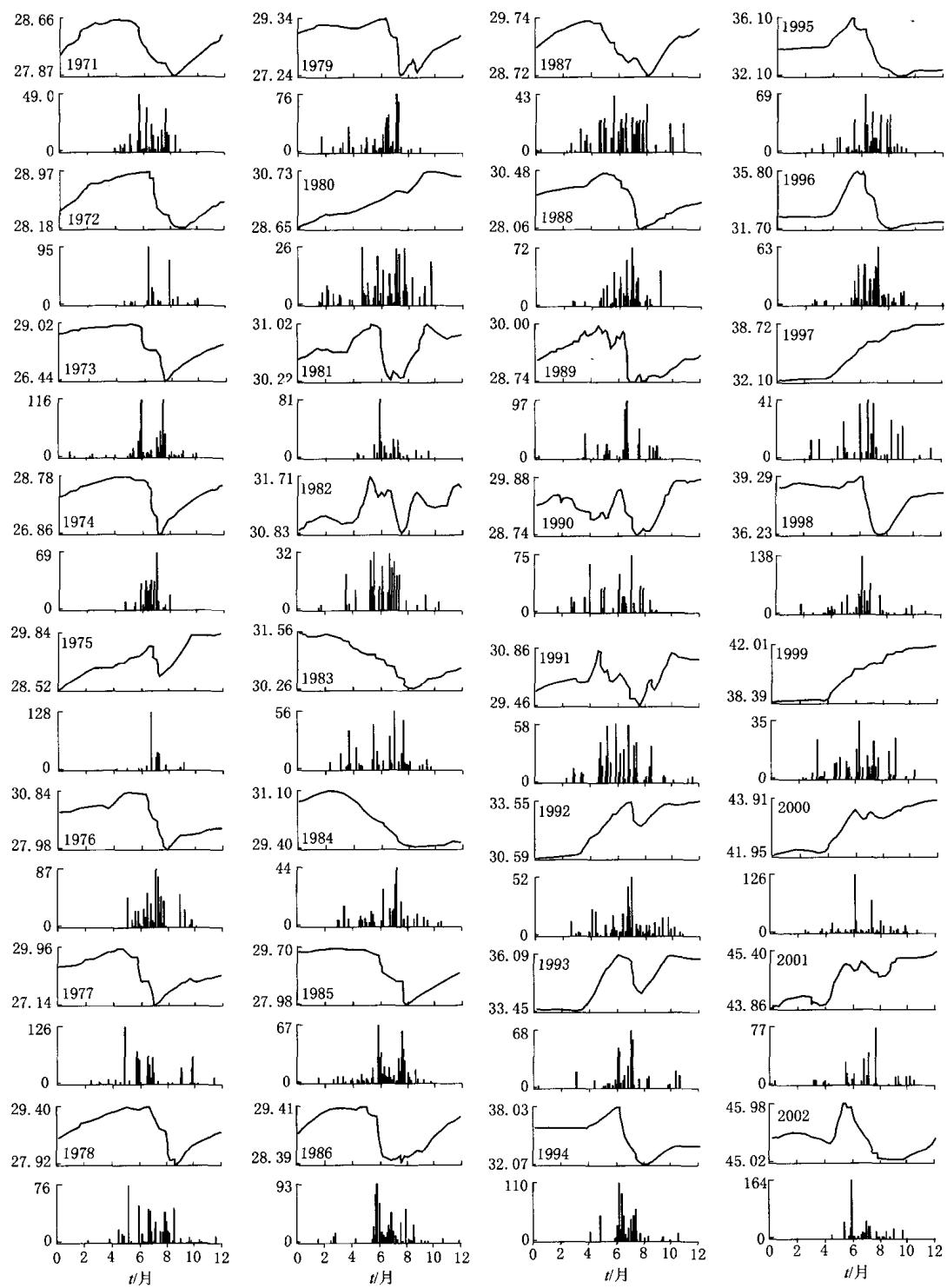


图 8 断层变形与降雨的逐年时间过程(图中连续曲线为水准, 柱形图为降雨量, 单位均为 mm)

雨量较大的年份与降雨量偏低的年份交替出现)或降雨量持续偏低, 则断层变形周期被打破。详细考察逐年降雨过程与断层变形过程(图 8)发现, 断层变形方式不仅明显受降雨量的控制, 的确还受降雨方式的控制。集中式降雨将引起断层明显的张性蠕变过程, 而分布

式降雨使断层变形过程复杂化。

以上分析表明, 降雨和地下水与八宝山断层变形行为之间存在密切的关系。降雨通过断层破碎带通道入渗断层深部, 改变断层孔隙压(地下水位)变化而影响断层的活动方式。这种断层活动方式的变化对区域构造活动, 以及构造应力场/应变场调整的影响值得深入研究。以下就此问题先做初步定性讨论。

3 讨论

首先分析降雨以及地下水对断层变形方式影响的机制。根据有效应力原理, 在断层某深度上, 一定时期内由上覆岩石和水的重量产生的总应力 $\sigma_t(t)$, 等于来自固体骨架的有效应力 $\sigma_e(t)$ 与来自断层内的孔隙压力 $p(t)$ 之和(Freeze, Cherry, 1979)

$$\sigma_t(t) = \sigma_e(t) + p(t) \quad (1)$$

或以变化项表示为

$$d\sigma_t(t) = d\sigma_e(t) + dp(t) \quad (2)$$

则由式(1)和式(2)进一步分析可以推知, 当总应力 σ_t 维持不变的情况下, 有效应力 σ_e 的变化量与断层内的孔隙压力 p 的变化量之间满足

$$d\sigma_e(t) = -dp(t) = -\rho g H(t) \quad (3)$$

式中, $H(t)$ 代表某一时段内该点的水力水头, 直接与断层带上的井水位高度变化有关。

式(3)说明了在降雨过程中, 断层带某点(图 1)由于降雨而引起的断层有效应力变化量与断层带井孔水位变化直接相关。在区域应力场稳定、降雨量均衡的背景下, 这种雨季及其前、后的断层有规律性的变化, 对区域构造应力/应变的积累将不会有很大的影响。可是, 当降雨方式和降雨量发生改变的时候, 比如 1995 年相对于 1994 年来说, 断层带某点的有效应力 $\sigma_e(1994)$ 就大于 $\sigma_e(1995)$ 。因此, 降雨通过改变断层带孔隙压力而影响着断层的变形行为就不难理解。但这种影响的程度取决于断层带的深度与断层对区域构造活动的控制程度。从图 1a, b 可以看出, 降雨对八宝山断层的变形行为的影响可能影响到北京地区区域应力场的调整。

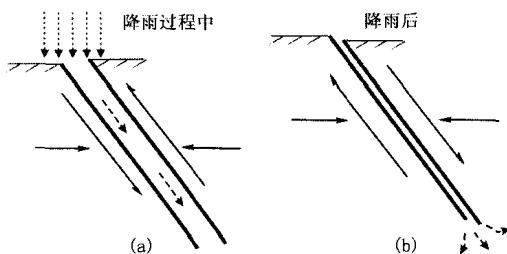


图 9 逆断层变形行为受降雨影响过程示意图
(a) 降雨入渗断层带, 断层破碎带因为流体注入而体积膨胀, 断层带孔隙压力增加, 有效应力降低, 有利于断层滑动; (b) 降雨之前或雨季过后, 流体流出断层带入渗到深部地层, 浅部断层破碎带因为失水而体积收缩, 有效应力增加, 不利于逆断层滑动

然后, 针对八宝山断层带的具体情况, 假定区域构造应力场长期稳定并足以维持逆断层压性滑动, 则降雨引起断层带变形的理想情况如图 9 所示, 即降雨引起断层带孔隙压力增加有利于逆断层呈压性运动, 断层上盘上升、下盘下降; 而降雨量减少或在非降雨季节里, 断层带因为孔隙压力减小而呈张性运动, 上盘下降、下盘上升。但实际上, 前面分析的结果是降雨引起逆断层呈张性蠕变, 上盘快速下降、下盘快速上升, 而降雨量减少或非降雨季节里断层呈压性变化。出现这种情况有以下原因:

① 该断层所在区域构造应力场强度相对较低,

其压性分量在降雨的作用下受到抑制。当降雨减少或在非降雨季节里, 断层的压性变化才得以体现; ② 降雨作为垂直加载和直接渗入的双重作用, 对该断层带区域的应力场/应变场数据

场进行调整,使得断层变形行为发生改变。当降雨量低于370 mm或非降雨季节的情况下,降雨对断层变形行为方式的改变效果很微弱,断层几乎按照区域构造应力场环境的作用而保持继承性的压性变化。不管属于哪种情况为主,都说明降雨对断层变形行为方式有很大的影响,这种影响可以称为“断层变形行为的降雨效应”。结合图1b推知,在断层带之间相互作用下,八宝山断层带的这种变形行为的“降雨效应”,将不利于北京地区区域应力/应变积累。

最后,简单讨论岩石吸水性差异对断层变形行为的影响。岩石吸水性差异实质上是断层两盘或同一盘中不同深度或区域岩石介质不均匀性的表现。这种不均匀性对断层变形的影响,从宏观上影响断层面的形状(根据作者以往野外调查的定性推论),从微观上引起的吸水性差异将影响断层变形行为受降雨和地下水变化影响的程度。因而在不同的断层段上表现出的断层降雨效应的程度有区别,这可以从该断层上几个台站的观测资料对比(薄万举等,1998)中得到验证。这种岩石吸水性差异引起的断层变形行为差异,同样影响着区域应力场的不均匀性调整。由于岩性方面的差异所进行的工作不系统,本文不作更为细致的讨论。

经作者前往全国各地的有关形变观测台站考察结果认为,断层变形行为的降雨效应是一种普遍现象。降雨(大气圈)通过改变地下水(水圈)影响着地壳浅部断层岩石(岩石圈)的变形行为,实际上反映了地球浅部各圈层之间的相互作用过程,这种相互作用的结果引起区域构造应力场/应变场一定程度的调整。在这样的相互作用过程中,流体的作用是贯穿整个作用过程的主线。因此可以认为,不仅只有深部流体的存在是地震孕育与发生的主要条件(Zhao *et al*, 1996),浅部流体的作用同样不可忽视。地球浅部固体与流体相互作用的相关研究应当成为未来地震预报研究发展的方向之一。

4 结论

观测资料分析表明,断层的年变形量与年降雨量相关,较少或较多的不规则降雨都会导致断层变形行为发生畸变。降雨通过改变断层带上地下水位(或断层孔隙压力)影响着八宝山断层的变形行为。这种断层变形行为发生畸变的过程,意味着浅部流体可以通过影响浅部断层的变形行为而参与或影响区域构造应力/应变的调整,从而参与地震的孕育与发生过程。对地球浅部流体与固体相互作用过程的研究,将有助于加深对地震孕育与发生过程的理解,也应当成为地震预报研究发展的方向之一,值得深入研究。

感谢审稿人对本文提出宝贵的修改意见;感谢北京市地震局分析预报中心邢成启研究员和中国地震局综合观测中心车兆宏研究员对本文所涉及的断层野外考察的组织与指导;感谢美国地质调查局Walter D. Mooney博士对本文所给予的有益评价。

参 考 文 献

- 薄万举, 谢觉民, 郭良迁. 1998. 八宝山断裂带形变分析与探讨[J]. 地震, 18(1): 63~68
车兆宏, 巩曰沐. 1995. 流动形变及重磁综合监测断层的研究[J]. 地壳形变与地震, 15(4): 59~63
车兆宏, 巩曰沐, 刘善华, 等. 1997. 北京黄庄—高丽营断层、八宝山断层中段活动性综合研究[J]. 中国地震, 13(4): 330~337
车兆宏, 范燕. 2003. 北京黄庄—高丽营断层、八宝山断层现今活动追踪研究[J]. 地震, 23(3): 97~104

- 高文学, 马瑾. 1993. 首都圈地震地质环境与地震灾害[M]. 北京: 地震出版社, 40~41
- 王吉易, 宋贯一, 曹志成, 等. 2002a. 地下水诱发的浅层前兆异常及其机理与有关的地震预报问题(1)[J]. 华北地震科学, 20(2): 29~41
- 王吉易, 宋贯一, 曹志成, 等. 2002b. 地下水诱发的浅层前兆异常及其机理与有关的地震预报问题(2)[J]. 华北地震科学, 20(3): 1~13
- 王吉易, 宋贯一, 曹志成, 等. 2003. 地下水诱发的浅层前兆异常及其机理与有关的地震预报问题(3)[J]. 华北地震科学, 21(1): 1~10
- 汪良谋, 徐杰, 黄秀铭, 等. 1990. 北京坳陷构造活动性分析[J]. 中国地震, 6(2): 25~37
- 吴邦素, 关华平, 王国庆, 等. 1993. 1993年度首都圈前兆异常特征及1994年度震情分析[A]. 见: 国家地震局分析预报中心编. 中国地震趋势预测研究(1994年度)[C]. 北京: 地震出版社, 169~177
- 徐杰, 汪良谋, 方仲景, 等. 1992. 北京八宝山断裂和黄庄—高丽营断裂构造活动性的初步分析[J]. 华北地震科学, 10(3): 1~10
- Bolt B A. 1999. *Earthquakes (Fourth Edition)*[M]. New York: W H Freeman and Company, 117~125
- Brodsky E E, Kanamori H. 2001. Elasto-hydrodynamic lubrication of faults[J]. *J Geophys Res*, 106: 16 357~16 374
- Freeze R A, Cherry J A. 1979. *Groundwater*[M]. Prentice Hall: Englewood Cliffs, New Jersey, 1~604
- Ma Kuo-Fong, Brodsky E E, Mori J, et al. 2003. Evidence for fault lubrication during the 1999 Chi-Chi, Taiwan, earthquake ($M_w 7.6$)[J]. *Geophys Res Lett*, 30(5), 1244, doi:10.1029/2002GL015380
- Yin X C, Chen X Z, Song Z P, et al. 1995. A new approach to earthquake prediction—the Loading\Unloading Response Ratio(LURR) theory[J]. *Pure Appl Geophys*, 145(3/4): 701~715
- Scholz C H. 1990. *The Mechanics of Earthquakes and Faulting*[M]. Cambridge University Press, 461
- Zhao Dapeng, Kanamori H, Negishi H, et al. 1996. Tomography of the source area of the 1995 Kobe Earthquake: Evidence for fluids at the hypocenter? [J]. *Science*, 274: 1 891~1 894

THE CORRELATION OF DEFORMATION BEHAVIOR WITH PRECIPITATION AND GROUNDWATER OF THE BABAOSHAN FAULT IN BEIJING

Huang Fuqiong^{1, 2)} Chen Yong³⁾ Bai Changqing⁴⁾ Zhang Jing⁵⁾ Yan Rui²⁾
Yang Mingbo⁶⁾ Lan Congxin⁶⁾ Zhang Xiaodong²⁾ Jiang Zaisen⁵⁾

1) Institute of Geophysics, China Earthquake Administration, Beijing 100081, China

2) China Earthquake Network Center, China Earthquake Administration, Beijing 100036, China

3) China Earthquake Administration, Beijing 100081, China

4) Fengtai Observatory Station, Earthquake Administration of Beijing Municipality, Beijing 100080, China

5) Institute of Earthquake Science, China Earthquake Administration, Beijing 100036, China

6) Earthquake Administration of Beijing Municipality, Beijing 100080, China

Abstract: We discuss the influence of precipitation and groundwater on the deformation behavior of the Babaoshan fault of Beijing by using long-term observation data from Dahuichang station during 1970—2003. The results show that (1) the pore pressure on fault zone as well as the fault deformation behavior exhibit periodically variation as precipitation changed steadily and periodically; (2) the periodicity of the pore pressure of fault zones disappeared and the manner of fault deformation behavior changes when precipitation was small and/or was in aberrance. This implies that rainfall plays a key role in fault deformation behavior through changing the pore pressure of fault zones. Combining the existing results about the Babaoshan fault, it is concluded that precipitation and groundwater may adjust the stress/strain field by controlling the deformation behavior of the fault, which can provide direct observation evidence for the interaction of fluid and solid in shallow crust of the earth.

Key words: Babaoshan fault; precipitation; groundwater; fault deformation behavior