
研究简报

震前地温的微变化与断层蠕动

陈沅俊 杨修信 赵京梅

(中国北京 100085 国家地震局地壳应力研究所)

热过程在地震孕育和发生中的作用早已为人们所肯定, 地震前的地温异常变化也引起了人们的关注(安镇文等, 1985). 过去, 由于缺乏连续的高精度地温观测资料, 致使这方面的工作有很大的局限性. 国家地震局地壳应力研究所傅子忠等(1984)研制的 SZW 型数字式石英温度计, 分辨率为 0.0001°C . 利用这种观测系统, 可以连续记录地温的微动态变化.

众所周知, 构造位移是作为地震滑动(震时)和无震断层蠕动出现的. 野外观测和实验结果表明(Dieterich, 1978; 张郢珍, 1981), 地震前有断层蠕动现象, 断层蠕动可能是产生长期和短期地震前兆的原因.

在 1989 年 10 月山西省大同-阳高 6.1 级地震前, 距震中约 75 km 的河北省阳原县三马坊地温观测站, 记录到了明显的异常变化. 本文拟对地震前地温的微动态变化与断层蠕动之间的关系作初步的探讨.

一、地震前后地温微动态观测结果

1988 年 10 月, 国家地震局地壳应力研究所在三马坊温泉疗养院的自流井中安装了一台 SZW-2 型温度计. 该井位于北东向桑干河断裂带和北北西向化稍营隐伏断裂的交汇处(图 1a). 井深约 200 m, 测温探头在水下十多米深处. 在正常情况下, 该测点的温度很稳定, 日变化幅度一般在 0.001°C 以内(图 1b).

1989 年 10 月 18 日开始, 在大同-阳高相继发生 5.7 级、6.1 级地震. 三马坊地温观测站在这次地震前后的观测结果如图 1c 所示: 从 9 月 22 日开始, 测点温度大幅度上升. 10 月 10 日之后升温速度减缓, 而 10 月 17 日又开始加速. 10 月 18 日温度陡然上升, 继而地震发生. 震后温度变化逐渐趋于平稳.

这次地温异常概括起来有以下几个特点:

1. 震前、震后的背景温度值非常平稳, 地温异常十分明显. 异常变化清楚地分为几个阶段: 逐步升温 - 转平 - 加速上升 - 发震 - 逐渐转平.

1990 年 5 月 11 日收到本文初稿, 1991 年 4 月 30 日决定采用.

2. 分别用双曲线函数、幂函数、指数函数和对数函数对该地温异常变化进行曲线拟合,结果表明,用幂函数拟合的效果最好.说明三马坊测点所出现的这次地温异常,其整体变化形态为幂函数型.

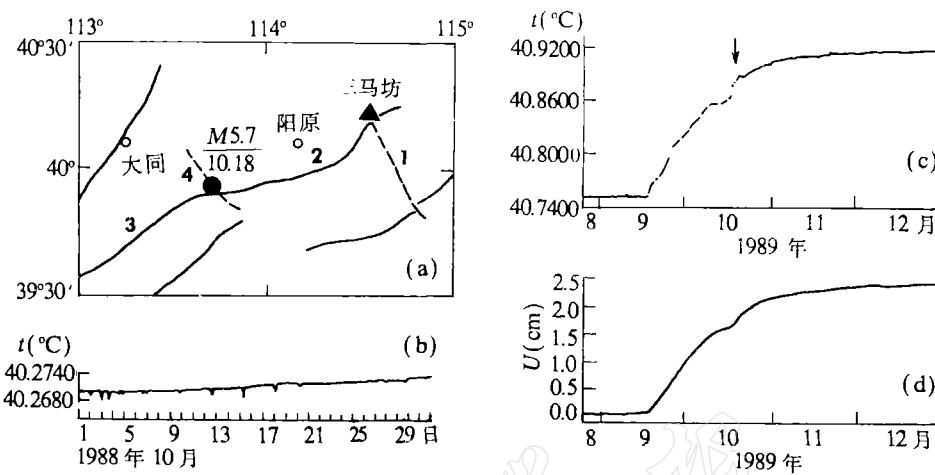


图1 (a) 三马坊地温观测站与1989年10月大同-阳高地震震中位置(1. 化稍营断裂;
2. 桑干河断裂; 3. 六棱山山前断裂; 4. 团堡断裂); (b) 三马坊测点1988年10
月地温观测曲线; (c) 1989年10月大同-阳高地震前后三马坊测点记录到的地
温异常; (d) 由温度变化得到的桑干河断裂带的蠕动位移曲线

●——震中, ▲——地温观测点

3. 从地温异常开始至震前1小时, 异常持续时间长达一个月, 而温度的累积变化量只有 0.12°C , 平均每天升温 0.004°C , 堪称震前地温的微动态变化.

二、震前的断层蠕动与地温变化

断层蠕动是一种剪切摩擦滑动, 必然产生一定的热量. 当然, 由这种热所引起的断裂带物质温度变化的量级很小. 王林瑛等(1984)曾估算了1976年唐山地震前7年大规模断层蠕动可能产生的温度效应: 若断层带上的剪应力为 100 MPa , 则断层蠕动所引起的温度上升为 0.02°C . 蔡永恩等(1987)利用断层蠕动模型对唐山地震前出现的土层地温异常进行了模拟计算, 结果表明, 有可能利用地温变化来研究断层在震前的加速蠕动并进行地震预报. 高忠宁等(1990)在研究了大同-阳高地震前华北北部的断层位移测量资料后认为, 地震前该地区存在着大量的断层蠕动现象. 综合分析三马坊测点与大同-阳高地震在构造上的联系, 三马坊地温异常的动态变化特点及其累积变化的量级, 可以认为, 该测点这种幂函数型地温微动态异常变化, 可能是由其所在断层带的蠕动引起的.

我们只考虑沿断层走向的蠕动位移, 并假设断层蠕动所作的机械功全部转变为热能, 断层带与外界无热交换. 这样, 在断层蠕动过程中, 断层带内物质单位时间内温度的上升量 Δt 与断层滑动位移 u 的关系为

$$u \sim \Delta t \rho ac/\pi \quad (1)$$

式中 ρ 为岩石的密度, 取为 $2.7 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$; c 为岩石在常压下的比热, 取为 $10^4 \text{ J/kg}^\circ\text{C}$; a 为断层的半宽度, 取为 0.01 km^{10} ; τ 为断层面上的剪切应力, 可认为是断层的滑动摩擦强度。根据王仁等(1982)对我国华北地区应力场的研究结果和桑干河断裂带的走向等条件, 由拜尔利定律, 可取(1)式中的 τ 为 177.8 MPa 。

利用以上有关数据和由三马坊测点实际观测得到的温度的变化 Δt , 可由(1)式得到一条断层位移曲线(图 1d), 它显示出了大同-阳高地震前、后桑干河断裂带的活动状态。

三、结语

本文讨论了 1989 年 10 月大同-阳高地震前三马坊测点的地温微动态变化异常, 并在某些假设条件下, 由温度变化得到一条断层的位移曲线。我们认为, 它可能反映出了三马坊地温测点所在的桑干河断裂带在这次大同-阳高地震前后的蠕动过程: 震前一个月断层开始蠕动, 震前 7 天, 蠕动速率明显减慢, 临震前两天, 断层再次出现蠕动, 震前两小时, 蠕动急剧加速, 震后, 断层蠕动的速率逐渐减小。10 月 18 日首先发生的大同-阳高 5.7 级地震, 其发震断层是团堡断裂, 而属于桑干河断裂带的六棱山山前断裂(图 1a), 是这次地震的控震断裂。可见, 控震断裂带在地震前产生了间歇蠕动, 而临震前有明显的加速蠕动。上述这些与地震孕育过程相联系的断层蠕动现象, 与某些有关的研究结果(Wesson, 1988)是吻合的。

从断层蠕动位移与其所产生的温度变化间的关系式(1)可知, 由上述三马坊地温异常实测数据所求得的桑干河断裂带的蠕动位移曲线(图 1d), 总体上是幂函数形态。这与在圣胡安包蒂斯塔断层上记录到的蠕动事件的形态(Wesson, 1988)很相似。

实际观测和分析表明, 断层的蠕动位移曲线一般为幂函数形态(Wesson, 1988)。我们认为, 当地温微动态异常变化是幂函数形态时, 有可能用断层蠕动生热的机理给以解释, 并可能用地温的微变化去研究断层的蠕动, 特别是地震前的加速蠕动, 从而探索地震的短临预报。

本工作得到傅子忠副研究员和地壳应力研究所地热课题组的大力支持, 在此谨表谢意。

参考文献

- 安镇文、朱传镇, 1985. 地热异常与地震孕育和发生的关系. 地震研究, 8, 541-549.
- 蔡永恩、殷有泉、王仁, 1987. 地震前断层蠕动与地温异常的探讨. 地震学报, 9, 167-175.
- 傅子忠、吕国贤, 1984. SZW-1 型数字式钻孔温度计. 地震, 1, 15-19.
- 高忠宁、蒋成恩、戴梁煥、黄佩玉、后凤鸣, 1990. 大同-阳高 6.1 级地震断层位移测量前兆异常特征. 地震, 4, 65-74.
- 王仁、孙苟英、蔡永恩, 1982. 华北地区近 700 年地震序列的数学模拟. 中国科学, B 辑, 8, 746-752.
- 王林瑛、朱传镇, 1984. 唐山地震和海城地震前地温的异常变化. 地震研究, 7, 649-656.
- 张郢珍, 1981. 唐山地震前地壳的异常隆起及无震蠕动. 地震学报, 3, 11-22.
- Dieterich, J. H., 1978. Preseismic fault slip and earthquake prediction. *J. Geophys. Res.*, 83, 3940-3948.
- Wesson, R. L., 1988. Dynamics of fault creep. *J. Geophys. Res.*, 93, 8929-8951.

¹⁰ 河北省基本建设局地质勘测总队, 1970. 中华人民共和国地质图说明书(天镇幅).