

不等周期断层形变测量环境因子影响的研究

刘文义 李建新 凌晖

(国家地震局第二测量大队, 西安)

摘要 本文在研究和分析环境因子对断层测量年周变和季节性变化影响的基础上, 归纳出新层形变测量年周变的变化规律, 并针对不等周期观测资料, 建立了形变测量的非线性动态数学模型。

最后, 对门源地震有异常的南部口资料用上述模型进行了处理, 结果是比较满意的。

关键词 断层测量, 环境因子, 非线性动态数学模型

引言

大地震前断层的蠕滑与微破裂将导致局部地壳中应力应变均为明显的变化, 从而使得多种前兆观测手段(如地形变, 地下水等)产生易于觉察的动态异常。但是, 目前所观测到的前兆资料是多源的, 排除非构造干扰后的前兆信息又是多解的, 如何从观测资料中排除非构造活动的环境因子(气温、地温及冻土效应)的影响, 提取构造形变信息; 如何从构造信息中提取与地震可能有关的源破裂信息和场破裂信息, 仍是当前地震前兆资料处理中为人们所关心的问题。动态灰箱法已比较成功地解决了等周期前兆资料中前兆信息的提取, 以及对具有年周期变化的环境因子的综合平均干扰的排除。但对不等周期采样数据的处理, 仍需做进一步的工作。我们在研究和分析环境因子对断层形变测量年周变和季节性变化影响的基础上, 针对不等周期断层形变测量, 建立时序观测列的动态数学模型, 以便从观测时序列中分离构造运动的线性项及环境因子的季节性影响, 并对可能存在的与地震有关的前兆异常信息进行识别。

一、断层形变测值年周变形态及其规律

断层形变测量是在大气圈和岩石圈交接面上进行的, 是在强信息与强干扰并存的块体交接处通过连接件间接监测地壳构造活动的。其观测成果必然会受到来自空间的和地下的多种环境因子的综合影响, 表现为测值, 具有年周变及季节性变化的特点。我们通过对华北和西北等地区的跨断层基线和本水准测资料的分析, 从分离长趋势性变化后的年周期变化曲

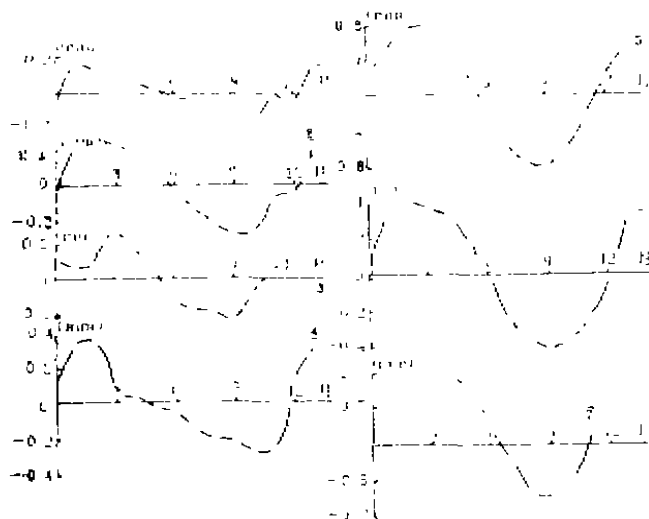


图 1、断层形变测量年周变形态曲线

- ①西北河西堡水准 (1-2)
- ②西北河西堡水准 (1-6)
- ③华北墙子路基线
- ④华北墙子路水准
- ⑤华北施庄基线
- ⑥华北施庄水准
- ⑦河西堡S-E基线

Fig. 1 Curve of yearly periodic variation in the cross-fault deformation measurement

线中 (图 1), 可归纳出环境因子对跨断层测量影响的规律如下:

(1) 每年的二、三月份至八、九月期间, 基线位表现为趋势性缩短, 并在八、九月份达到最小值; 从八、九月份到次年的二、三月份, 基线表现为趋势性伸长, 并在二、三月份达到最大值。

(2) 以断层下盘为基准的水准值, 在上述时段内的变化趋势与基线同步。

(3) 基线的年周变幅值是 1.5mm 左右; 水准测量的年周变幅值约为 0.5mm。两者的变化形态近似于正弦曲线, 可用正弦曲线 $F(T) = C \cdot \sin(30^\circ T)$ 来拟合, 式中, T 表示月份, C 表示幅值。

(4) 请看图 2。由图 1 和图 2 比较可以看出, 测值季节性年周变滞后于地表温度年周变, 而与测量标志底盘处的地温基本同步。

对于高寒地区的作业资料, 还应考虑冻土效应的影响。图 3 为辛庄形变台记录的冻土效应曲线。可以看出冻土期的水准观测资料与冻土结深之间有着明显的联系。当冻土结深缓慢增加时, 观测高差随之缓慢增大; 当冻土融蚀, 冻土深度迅速减小时, 观测高差则快速回升。冻土效应的影响有明显的季节性, 其形态曲线为“锯齿状”。在非等周期观测资料中, 冻土效应的影响呈突跳式表象, 可用虚拟变量法来处理。

上述分析是从气温的年周变入手的, 但气温的年周变在很大程度上反映了地球表面环境中热能系统的年周变。正记这个热能系统的年周变制约着降水、蒸发、地温等诸因子的年周变, 从而使得跨断层测量成果具有年周变和季节性的特点。了解了这一点, 在时序观测列不完全 (即非等周期观测) 的情况下, 就可由数学模型来模拟断层形变测量系统因受环境因子干扰而造成的年周度和季节性影响。

二、不等周期断层测量中环境因子影响的排除

断层形变测量系统是一个多输入单输出的动态系统。该系统除输出的时序主观测值外, 其输入数据列不明确、配套辅助观测资料欠缺, 系统结构不易判断, 计算机型又难以阐述清楚。是一个难以用经典数学物理方程描述的灰色动态系统。对于等周期的断层形变测量数据, 可采用“动态灰箱法”^[1]来模拟此过程, 建立如下观测序列的动态数学模型:

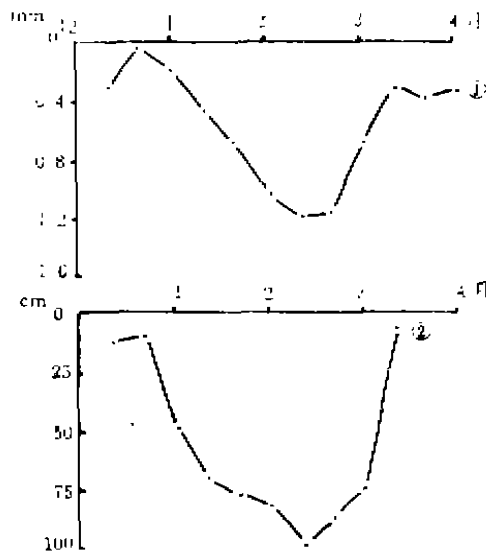


图2、河西堡地温年周变图
①地表温度；②地下1米处温度；③地下3米处温度
Fig. 2 Yearly periodic variation of
ground temperature in
Hexibao area

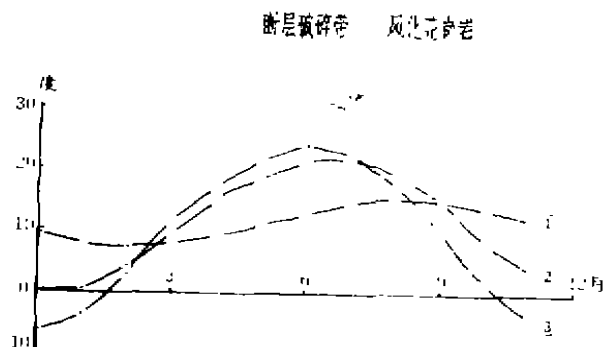


图3、辛庄冻土效应变化曲线
①水准观测值；②冻结深度曲线
Fig. 3 Curve of variation on
frozen earth effects in
xinzhuang area

$$Y(t) = M(t) + S(t) + \eta_1(t) + \eta_2(t) \quad (1)$$

来求解该系统的最佳估值——动态基线值 $Y(t)$ 。式中 $M(t)$ 是反映周期大于一年的长趋势变化， $S(t)$ 是多种环境因子的综合平均影响， $\eta(t)$ 是某种环境因子的影响。

对于不等周期观测，且辅助配套观测欠缺的形变观测数据，根据断层形变测量年周变的形态和特点，我们提出如下的数学模型来模拟断层形变测量系统的年周变和季节性影响：

$$F(t) = C \cdot \sin(30T) + D \cdot Q_T + \Delta(t) \quad (2)$$

$$\begin{cases} Q_T = 1 & (T = 1, 2, 3 \text{ 及 } 12 \text{ 月份时}) \\ Q_T = 0 & (\text{其它月份}) \end{cases}$$

式中第一项为环境因子年周变的影响，其中， C 为年周变幅值， T 为观测月份；第二项为突跳式的季节性影响（如冻土效应），其中， Q_T 为虚拟变量， D 为突跳值； $\Delta(t)$ 为随机影响。

若考虑构造运动的准线性特性，可建立如下的形变测量的准线性动态模型：

$$Y(t) = A + Bt + C \cdot \sin(30T) + D \cdot Q_T + \Delta(t) \quad (3)$$

利用公式(3)可以从观测资料中将地壳构造运动的线性项和环境因子的季节性影响分离出来。在此基础上，再对剩余信息量进行辩误与信息处理。寻求非线性构造运动背景上可能存在的地震前兆信息。

三、实例分析与讨论

图4就是用上述方法，对1986年门源6.4级地震有前兆异常的扁都口（距震中75km跨

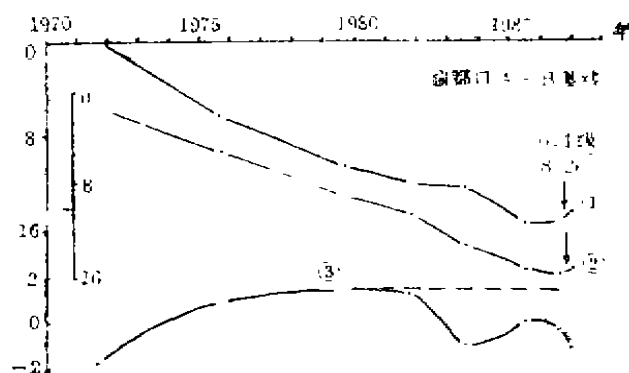


图4. 扁都口基线变化图
Fig. 4 Variation of basic line in
Bianduhou area

①原始资料曲线；②趋势性变化和季节节
影响拟合曲线；③剩余信息量变化曲线

为准同步的协同。说明扁都口跨断层基线客观地反映了震前地震地形变的形态，是一个比较好的震例。而原始资料由于环境因子影响的掩盖，使得震前地震地形变的动态变化及分段发展难以明确显示。可见，应用该方法在削弱不等周期形变资料的年周变和季节性影响方面是有实用意义的。

断层测量由于是在地表进行的，所以其主观测值序列中存在有明显的季节年周变。并且这种季节性年周变是多种环境因子综合作用的结果。对缺少配套辅助观测资料的形变观测序列，用公式(3)只能削弱和排除环境因子影响中有规律的部分。为了更彻底地消除环境因子的影响，建议在不等周期断层测量中，开展辅助资料(气温、地温)的观测。

迄今为止，人们对与地震有关的地壳形变现象的认识，仍带有相当程度的不确定性。对于形变测量中局部环境因子影响的认识，也只能是在实践—认识—实践的多次反馈中不断修正和深化。相信随着观测技术的改进和研究的深入，这个问题将会得到解决。

参 考 文 献

- (1) 周硕愚等，断层地形变测量的系统分析与定量方法，地壳形变与地震，2，1988
- (2) 虞雪君等，孕震过程中地震活动时空不均匀性的研究，西北地质学报，1，1980
- (3) 曹利德等，跨断层基线年周变的研究，地壳形变与地震，4，1983

1) 周硕愚等，跨断层定点台站和流动测量资料的分析处理与地震预报(手册)(油印本)

断层基线的处理结果。从剩余信息量变化曲线可以看出，自1981年9月以后，构造运动的非线性变化偏离了指数变化规律，出现了指数蠕变背景上的“蠕变谷¹⁾”，显示了场前兆的形态曲线。分析“蠕变谷”本身的变化，从1983年6月开始也经历了由逐渐加速到发震的过程。文献〔2〕研究了门源6.4级地震前门源及其周围区域地震活动的时空不均匀性，指出门源地震的孕育发展可分为微震活动较多的第一阶段(1978年至1979年上半年)，地震活动不断加剧的孕震第二阶段(1979年下半年至1984年上半年)及失稳形变阶段1984年下半年至1986年震前。在此，地震的孕育发展阶段与地形变的发展在时间进程上表现为

STUDY ON THE EFFECTS OF THE ENVIRONMENTAL FACTORS ON THE NONPERIODIC CROSS-FAULT DEFORMATION MEASUREMENT

Liu Wenyi Li Jianxin Ling Ye

(Second Geodetic Brigade, State Seismological Bureau)

[Abstract] Based on analysing the effects of the environmental factors (as e.g. the ground and atmospheric temperatures and frozen earth effects) on the yearly periodic and seasonal variation in the cross-fault deformation measurements, the pattern, range and the law of the anniversary change are obtained, and quasi-linear dynamic mechanical model for non-periodic observations is also established as follows:

$$Y(t) = A + Bt + C \cdot \sin(30T) + D \cdot Q_T + \Delta(t)$$

Finally, The precursor data of Bian Dokou in Menyuan earthquake is calculated by this method and the result is satisfactory.

[Key words] the environmental factors, the cross-fault deformation measurements, the quasi-linear dynamic mathematic model.