

# 畸形参数附带卓越周期拟合法 在断层形变数据处理中的应用

薄万举 谢觉民 熊阜成

(国家地震局第一地形变监测中心, 天津 300180)

**摘 要** 在对常用的跨断层形变资料处理方法和震情预测效果进行系统论述和总结的基础上, 提出了畸形参数附带卓越周期拟合法, 并以燕家台垂直基线为例, 证明了该方法对剔除干扰、提取形变异常特征有一定的实用价值。还给出用断层形变异常判断地震三要素目前使用的方法和指标, 并据此分析了危险地点的预测问题。

**关键词:** 断层位移 数据分析 单项手段预报 畸形参数附带卓越周期拟合法

## 1 前言

目前常用的跨断层形变测量资料处理方法有4种, 应用最普遍的是滑动均值法, 也称慢形变长趋势拟合法, 另外还有综合评判与系统工程学方法<sup>(1)</sup>、多点组信息法<sup>(2)</sup>和信息合成方法<sup>(3)</sup>。在长期的工作实践中, 作者发现各种方法都有不同的长处和适用范围, 很难找出一个理想的通用方法, 因此, 当前在数据处理和信息提取的研究中, 根据不同资料的特点开发研究具有特定适用范围的数据处理方法仍然是有必要的。

在日常工作中发现, 某些跨断层资料的观测曲线具有特定形状(畸形)的准周期变化, 为去掉曲线畸形的系统因素影响, 便于提取地震前兆信息, 特提出一种新的数据处理方法——畸形参数附带卓越周期拟合法。

## 2 畸形参数附带卓越周期拟合法

众所周知, 由于受降雨、冻土等非线性因素的扰动, 很多观测曲线常包含有幅度较大而且具有准年周期性质的畸形变化。在以往的数据处理方法中, 常采用高阶数、多参数的方法, 试图滤掉此类畸形波, 但拟合阶数高, 也会滤掉短临形态的形变异常信号, 从而丢失掉资料中的某些有用信息。利用畸形参数附带卓越周期拟合法处理资料, 可以避免上述缺陷。该方法的数学模型为:

$$Y_{ij} + V_{ij} = P_j + qx_{ij} + \sum_{k=1}^n \{a_k \sin \frac{2\pi}{T_k} X_{ij} + b_k \cos \frac{2\pi}{T_k} X_{ij}\} \quad (1)$$
$$i=1, 2, \dots, N/12; \quad j=1, 2, \dots, 12$$

(1)式中*i*为年序号;*j*为月序号; $Y_{ij}$ 为观测值; $V_{ij}$ 为改正数; $P_j$ 为*j*月畸形待定参数;*n*为卓越周期个数(据资料的具体情况而定); $a_k$ 、 $b_k$ 为第*k*个卓越周期中正、余弦分量的待定振

幅;  $N$  为总观测值个数;  $T_k$  为第  $k$  个卓越周期长度;  $X_{ij}$  为时间变量。以燕家台垂直基线为例, 由(1)式得到的拟合曲线见图 1 C, 拟合残差曲线见图 1 D。由图 1 看出, 拟合曲线显示了畸形“特征”。换句话说, 每年含有一个畸形峰值的正常变化。这一变化的加强或消失都应视为异常。在以往的数据处理方法中, 难以顾及到对正常畸形波的处理, 为了确定带有畸形波的信息的正常变化范围, 需要对相应的噪声水平进行评估。不同的季节有不同的噪声源, 因而随机噪声水平也有所差异, 故给出随机噪声估计时, 应按畸形周期内对应时段分别统计(如年周期畸形波即为分别按对应月份统计)。

设资料长度为  $W$  年,以年周期畸形波为例,第  $j$  月的拟合中误差公式为:

$$m'_j = \sqrt{\frac{[V_{ij} \cdot V_{ij}]}{W}} \quad (2)$$

考虑到季节性差异及统计子样数较小,为进一步平滑小子样造成对  $m'$  的估计误差,  $j$  月的拟合中误差用相邻 3 个月的滑动均值代替,即:

$$m_j = \frac{1}{3}(m'_{j-1} + m'_j + m'_{j+1}) \quad (3)$$

取  $K \cdot m_i$  为警戒值(一般  $K$  值在 1.5 至 2 之间,按所需可信水平而定),画出如图 1 D 曲线所示的拟合残差曲线和警戒线。

由图 1 D 看出,冻土季节该资料的随机噪声最强,只有 1975 年和 1977 年两次明显超限,可能分别是 1976 年唐山地震前兆和震后形变场调整的反映;1988 年初和 1991 年出现了接近超限的情况,此期间为唐山大震之后华北地区第二个地震活跃阶段,有多次 5 级以上地震发生,最重要的是大同 6.1 和 5.8 级地震。其它时段地震小,强度低,亦未出现超限情况,说明这一新的数据处理方法有一定的实用价值。

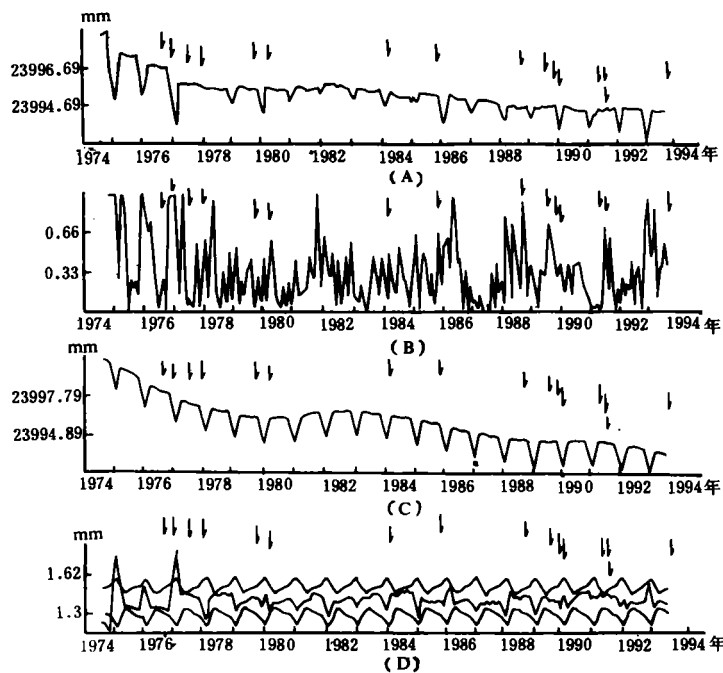


图 1 燕家台垂直基线

(A)观测值曲线; (B)多点组标准化信息曲线;  
(C)畸形参数附带卓越周期拟合曲线; (D)拟合残差曲线

**Fig. 1** Vertical base line at Yanjiatai.

### 3 断层形变数据处理 及其应用

采用畸形参数附带卓越周

用畸形参数附带卓越周期拟合法处理资料,给出的异常具有定量性质,因此,该方法对于地震的预测有一定的实用价值。

用跨断层形变资料预测地震3要素,其地点预测的难度最大。这是因为时间和震级与观测到的异常量之间存在着某种对应的定量关系,而未来发震地点与形变异常点之间的关系是空间的方位关系,捕捉二者规律的难度更大(这里是指在危险区内进一步进行发震地点的判定)。

通过几年的探索,作者认为比较成熟的方法是,选用适用于各项资料的数据处理方法,分别提取一系列的单项异常,其中,畸形参数附带卓越周期拟合法以残差曲线超出动态警戒线为异常标志,按资料可信程度及互检能力大致确定异常可信权重,然后在地质构造图上标出各项异常点的空间分布,找出地壳活动相对活跃的区域、条带或断裂,结合大面积形变给出的趋势异常进一步作出判断。以1993年首都圈流动测量资料为例,通过类似的计算、统计和分析,得到了异常点位空间分布图,见图2。异常的空间分布特征可分为3个类型:

(1)异常相对集中于某一区域,形成背景性异常,但难以判断某一构造

的活动方式,可能说明异常范围较大,断层形变只反映其中一部分。这时可采取加测大面积水准的办法,看异常区内是否存在明显的高形变梯度带,有助于判断可能发震的危险地点。同时,应加密该区跨断层手段的观测次数,核实异常变化,并密切注视连续形变、应变观测手段的变化,以利于捕捉短临前兆信息。如大面积形变测量未发现高形变梯度带,则认为该区域无危险或者说作为危险地点的特征尚不明显,震情尚不紧迫。

(2)异常活动与某些大的活动构造带密切相关,说明该构造带出现了异常活动,具备了孕育地震的条件,在这些大活动构造带的端点、转折点或交而不汇的地方就是有可能发震的部位,可进行有目的的跟踪监视。

(3)异常空间分布不具备相对集中性,与无震正常时段的分布类似,时间上和空间上均呈散发性,强度较小,认为是正常水平下的噪声扰动,不存在危险地点问题。

应当指出以上地震3要素的判定方法,是作者经过多年实践总结出的相对较好的办法,并在断层形变测量中进行了检验,其成功率还很低,还需要在实践中不断检验和修正。

目前尚未找出普适性的方法提取各种形变前兆异常,因为具有不同地质环境的形变测点,其形变规律有很大的差异。作者认为,据不同资料的特征,可以选用不同的处理方法,如对大灰厂垂直基线资料用慢形变残差结合地质构造活动性分析的方法(图3),对燕家台基线资料采取多点组信息法和畸形参数附带卓越周期拟合法(图1)等(其它资料处理图件从略)。根据系统工程学原理,将诸多元素综合考虑,最后给出了京、津、唐地区断层形变异常点位的群体分布图(图2)。

判断发震地点的另一种做法是,统计某些历史测量资料中异常与地震发生地点之间的

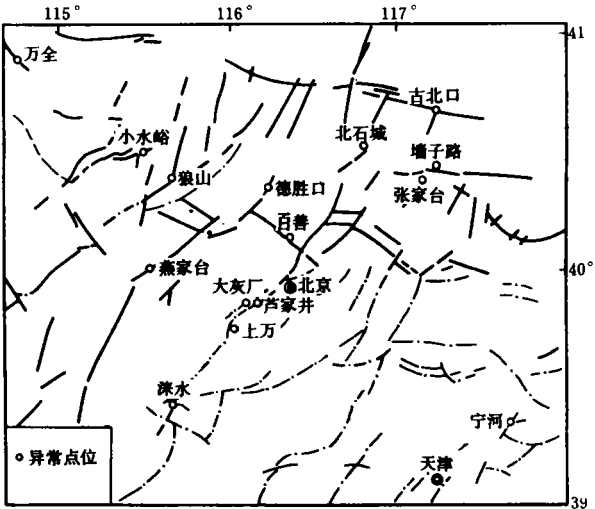


图2 首都圈异常流动点位的分布(1993年)

Fig. 2 The distribution of abnormal points in capital area.

关系,如某些资料出现异常,哪个区域、哪个构造带、或哪个方向容易发生地震,这样,将多个异常资料对应的地域集合求交集运算,找出其公共危险区,即为最可能发震的地点。这一规律尽管未普遍运用,但根据多年第一线工作同志们的经验,有些台站的形变异常特征与地震的方位还是有一定的对应关系的,一些单台预报成功的例子证明了这一点<sup>[4]</sup>。所以对多台点类似的综合研究也应给予考虑。如找不到明显的对应关系,可取一定面积大小区域的台点资料为一组(例如取 50 km 范围内),进行综合评判或异常信息合成,取空间范围内异常指标相对较大的地方作为可能发展的危险区。但这样做要求资料空间分布的密度比较大。

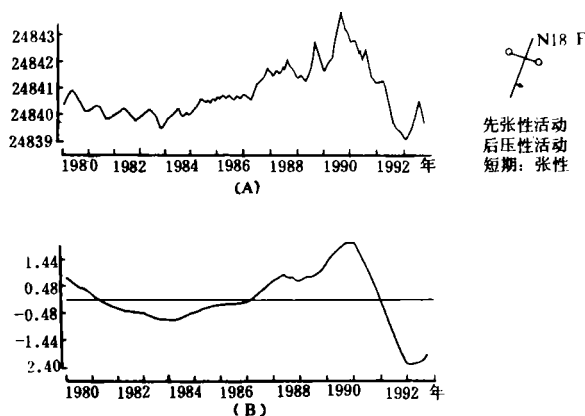


图3 大灰厂垂直基线变化图

(A)观测曲线; (B)残差曲线

Fig. 3 Vertical base line at Dahuichang.

## 4 结论

综上所述,可以得出以下结论:

(1)利用畸形参数附带卓越周期拟合法处理跨断层形变资料,可以消除观测曲线的畸形变化,提取异常信息,给出的异常具有定量性质,因此,该方法对于地震的预测有一定的实用价值。

(2)数据处理方法很多,根据系统优化原理,每一项资料的变化特征不同,其适用的最佳数据处理方法也可能不一样,故不宜强调选择统一的模型和方法。可将不同资料用不同方法分别处理,对特定的资料筛选出效果较好的方法,再将得到的信息流进行标准化并进行信息合成,以期求得最佳组合,获得最佳效益。

(3)在地震3要素的判定中,时间和震级有可能按某一模式进行归纳或统计预测,而地点与地质条件密切相关,其指标和判据与地震要素之间呈多元依赖关系,十分复杂。本文指出的几项指标和判据是对多年理论研究和实践经验的总结,其准确性更多地依赖于对地质构造的了解程度。因此,应进一步将跨断层形变测量与地震地质和测震等手段结合起来,共同判断可能发展的地点。同时作者认为,尽管断层形变手段用于地震预测的研究已取得了长足的进步,但凭这单一手段仍有很大的局限性,应进一步进行信息合成、系统工程等应用理论的研究,并走多手段综合研究之路。

(本文 1994 年 5 月 18 日收到)

## 参考文献

- 1 薄万举. 系统工程学在大地形变测量预报地震中的应用. 地震, 1991, (3): 22—30.
- 2 薄万举, 等. 单项资料异常变化信息提取的一种新方法——多点组信息法. 大地形变测量, 1993, 10(3): 17—20.
- 3 薄万举, 吴翼麟. 信息合成方法及其应用的研究. 地壳形变与地震, 1995, 15(3): 84—88.
- 4 车兆宏, 等. 狼山流动水准异常及其与地震关系的探讨. 地震, 1992, (2): 1—7.

## FITTING METHOD OF DEFORMED PARAMETER WITH DISTINCT PERIOD AND ITS APPLICATION TO PROCESSING OF FAULT DEFORMATION DATA

Bo Wanju, Xie Juemin and Xong Fucheng

(*First Crustal Deformation Monitoring Center, SSB, Tianjin 300180*)

### Abstract

In this paper, the methods for processing data measured across faults and the results of their application to earthquake prediction are systematically introduced and summarized. A fitting method of deformed parameter with distinct period is presented. As an example of Yanjiatai vertical base line, the method is proved to be practical for getting rid of noise and extracting the crustal deformation anomalies. The method and indexes for judging seismic three elements by using faults movement data are also presented, and based on them the problem of determining risky area is emphatically discussed.

**Key words:** Fault displacement, Data analysis, Single disciplinary prediction, Fitting method of deformed parameter with distinct period

---

(上接第 28 页)

## A COMPUTER SIMULATION STUDY ON PERCOLATION AND ROCK FRACTURE

Peng Zizheng and Wang Danye

(*Seismological Station of Nanchang, Nanchang 330033*)

Xu Yunting

(*Seismological Bureau of Jiangxi Province, Nanchang 330039*)

Niu Zhiren

(*Seismological Bureau of Shaanxi Province, Xi'an 710068*)

### Abstract

In this paper, the percolation of rock fracture is studied by using computer simulation method, and when micro-fractures distribute randomly, fracture cluster distribution pattern, fracture cluster size distribution law, total fracture cluster number, cluster mean size,  $\delta$  value, percolation fractal dimension  $D$ , critical case and so on are given. The results according with other models and laboratory experiments show that the percolation mode is a suitable model for describing rock fracture process. Two turning points in rock fracture process are found, thus authors point out that studying macroscopic character of rock nearby those two turning points can better research precursory character in seismogenic process.

**Key words:** Rock rupture, Rupture process, Model simulation, Percolation, Computer simulation