

# 张北 6.2 级地震前河北北部的地壳形变异常

张跃刚 王宝坤 王占勇

(河北省地震局, 石家庄 050021)

**摘要** 对河北省地震局掌握的张北 6.2 级地震前河北北部及邻省山西的地壳形变资料利用周期滤波、调和分析两种方法进行了分析处理, 获得异常 12 项, 其中趋势异常 10 项, 短临异常 2 项。本文分析了这些异常的特性及与张北地震的关系, 同时针对这些异常分析了形变手段地震预报的现状及当前的困难, 并探讨了今后的对策。

**关键词:** 地壳形变; 形变分析; 地震预报; 河北

## 0 引言

张北发生的 6.2 级地震对我们地震预报工作提出了新的挑战, 同时也为我们提供了新的机遇, 使我们可以利用这次机会, 重新审视监测资料及分析手段, 深化认识, 提高分析预报水平。本文仅对张北地震前河北省北部地区的地壳形变异常资料给予分析, 探讨形变资料分析需解决的一些问题。

## 1 台站分布

河北省地震局形变监测台站现有 11 个, 其中 3 个台拥有短水准, 9 个台拥有水平摆倾斜仪, 6 个台拥有水管倾斜仪。我省地形变台站除南部永年、涉县两台外, 大多集中分布在北部(图 1)。

## 2 资料处理及结果

河北省形变手段计有资料 42 台项, 其中水平摆 20 台项, 水管 16 台项, 短水准 6 台项。上述资料中包括邻省山西太原的水平摆东西向和南北向、水管东西向和南北向、水准东西向几项资料。张北地震后我们对全部资料进行了分析处理, 以期对形变监测进行再认识。资料使用一般为 8 年左右, 易县资料始于 1996 年(该台

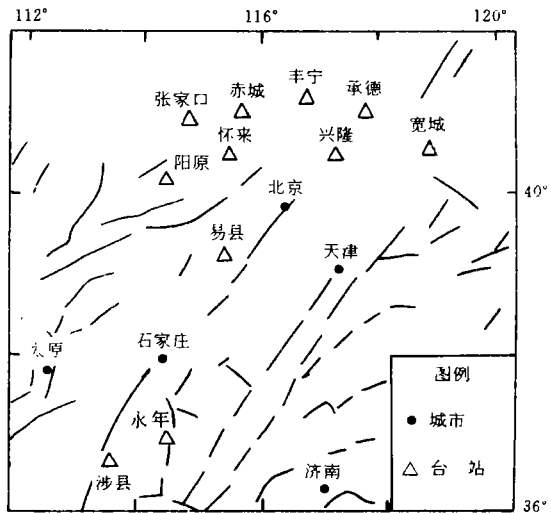


图 1 河北省形变台站分布图

1996年由天津第一地形变监测中心划归河北省地震局)。对资料主要采取周期滤波和分析两种方法进行了处理<sup>[1]</sup>;

(1)周期滤波:用付立叶级数分析方法消除年变周期及趋势变化,突出异常;

(2)调和分析:用调和分析方法,计算地倾斜固体潮  $M_2$  波的  $\gamma$  因子。

通过上述处理共得到异常 12 项,其中趋势异常 10 项,短临异常 2 项(结果详见表 1),下面就部分异常给予介绍。

表 1 张北地震前后的地形变异常

序号	台站名称	观测项目	方向	处理方法	异常起止时间	震中距 km	异常性质
1	张家口	水管	EW	周期滤波 调和分析	1997.7— 1997.4—1998.2	54	趋势
2	张家口	水管	NS	周期滤波 调和分析	1995.3—1997.6 1997.8—1998.1	54	趋势
3	宽城	短水准	EW	周期滤波	1997.1—	342	趋势
4	宽城	短水准	NS	周期滤波	1995.8—	342	趋势
5	宽城	水平摆	EW	周期滤波 调和分析	1994.5— 1996.12—1997.10	342	趋势
6	兴隆	短水准	NS	周期滤波	1996.10—	267	趋势
7	承德	水平摆	EW	周期滤波	1997.2—	289	趋势
8	太原	水平摆	EW	周期滤波	1997.2—	427	趋势
9	太原	水平摆	NS	周期滤波	1997.2—	427	趋势
10	太原	水管	EW	周期滤波	1997.9—	427	趋势
11	易县	短水准	EW	周期滤波	1998.1—1998.1	217	短临
12	易县	短水准	NS	周期滤波	1998.1—1998.1	217	短临

## 2.1 趋势异常

趋势异常有两类,张北附近的异常和其它地区的异常。

张北附近的异常主要是张家口水管东西向和南北向。

张家口水管 EW 向 1997 年开始改变年变形态,失去原正常年变周期(1998 年初的加速上升属仪器故障)(图 2);

张家口水管 EW 向潮汐因子曲线 1997 年 4 月开始下降,1997 年 7 月转为恢复,1997 年 12 月恢复至顶点,1998 年 1 月发震。震后曲线的低值点,是仪器工作不正常(图 3);

张家口水管 NS 向自 1995 年 3 月开始偏离原正常年变水平南倾,其中迭加了二次降雨干扰,1997 年 6 月的突升是由于标定仪器干扰所致(图 4);

张家口水管 NS 向潮汐因子曲线 1997 年 8 月开始下降,1997 年 10 月达到最低点,变

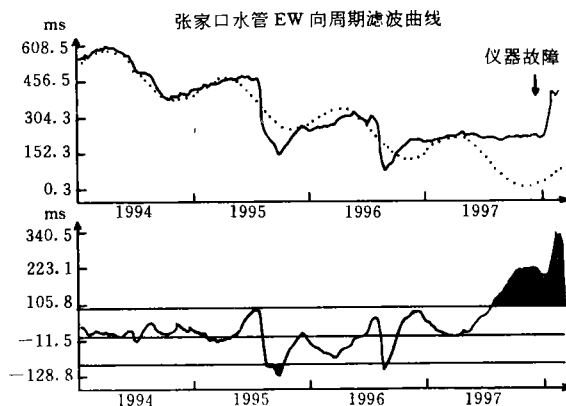


图 2 张家口水管 EW 向周期滤波曲线

化幅度为 18%，1998 年 1 月震后恢复到正常水平(图 5)；

其它地区的趋势异常主要集中在承德附近。这些异常有承德水平摆东西向；宽城水准东西向和南北向；宽城水平摆东西向；兴隆水准南北向。

宽城短水准 EW 向多年来一直变化平稳,1997 年 2 月开始加速东倾,震后异常未恢复,幅度 1.3mm(图 6)；

兴隆短水准 NS 向 1996 年 8 月份开始改变年变形态,失去原正常年变周期(图 7)；

由于篇幅关系,图示此两例,其余仅介绍一下情况。

宽城短水准 NS 向和 EW 向一样,多年来一直变化平稳,1995 年 8 月开始加速南倾,幅度达 1.3mm,震后未恢复；

宽城水平摆 EW 向 1994 年 3 月开始改变年变形态,加速西倾,在 1997 年初有一短期异常,张北地震后仍在发展,幅度达 2025ms；

承德水平摆 EW 向多年来正常动态是向西倾斜,1997 年年初开始改变年趋势,由西倾转平,1997 年 12 月转为东倾,异常幅度 1510ms；

2.2 短临异常

(1)易县短水准 EW 向 1997 年 12 月 22 日加速下降(西倾),1998 年 1 月 10 日达到最低点,异常幅度为 0.4mm,之后转为恢复(图 8)；

(2)易县短水准 NS 向 1997 年 12 月 9 日起加速上升(北倾),1998 年 1 月 24 日达到最高点,异常幅度为 0.4mm,之后转为恢复(图 9)。

2.3 邻省资料

我们形变手段掌握的邻省资料主要是山西太原的资料,所发现异常均为趋势异常。

太原水平摆 EW 向有规则的年变化,伴随线性零漂,但是从 1997 年年初改变年变形态,加速东倾,幅度达 9704ms,该趋势持续至今仍在发展(图 10)；对这一异常目前还有不同看法。

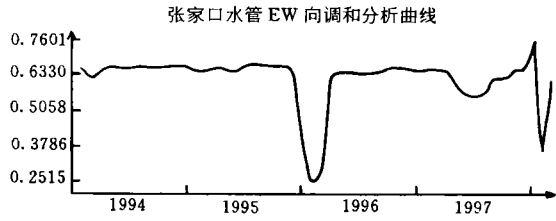


图 3 张家口水管 EW 向调和和分析曲线

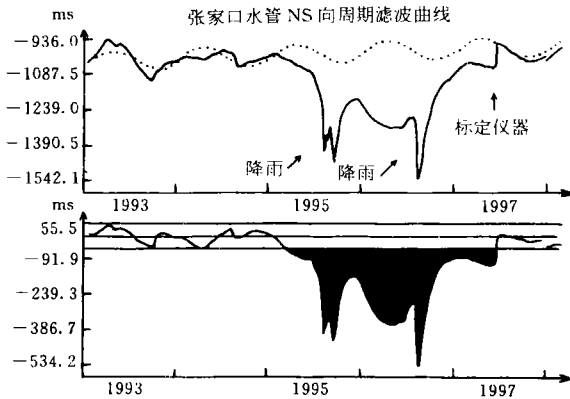


图 4 张家口水管 NS 向周期滤波曲线

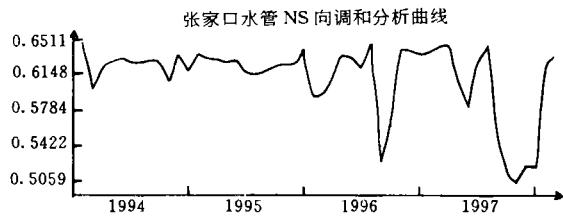


图 5 张家口水管 NS 向调和和分析曲线

太原水平摆 NS 向变化形态与 EW 向类似,异常幅度达 7795ms;

太原水管 EW 向有较规则的年变化,1997 年谷值高于往年,在消去年变以后,9 月份超出 2 倍中误差至今,异常幅度为 17 $\mu$ m(图 11)。

### 3 讨论

上述结果显示,形变资料为这次地震还是提供了一定的信息。但是仅凭这些资料很难为这次地震提供实用短临预报。下面就各种异常分析看一下当前的困难所在,并对今后应解决的问题予以探讨,重点讨论趋势异常。

趋势异常最早出现于 1994 年,1995 年至 1997 年期间均有趋势异常出现。相对于张北地震而言,这些异常有以下特点:(1)异常出现较早,持续时间较长;(2)异常发展平稳;(3)分布较分散,部分在张北附近,而另一部分距张北相对较远,集中在承德附近;(4)张北地震后各趋势异常仍存在,没有结束迹象。短临异常个数少,且幅度小。由于以上特点,给分析预报带来了一定技术困难,下面介绍日常分析中所遇到的一些问题。

#### 3.1 异常与地震的相关性

在距张北震中 200km 范围内的形变台站有张家口、怀来、阳原、赤城、丰宁 5 个台站,但是通过上面介绍,只有张家口一个台站有形变异常,而其余的异常均在 200km 范围之外,最远的形变异常台站达 427km。我们认为在上述异常中,张家口与震中较近,与张北地震对应较好。易县短水准临震前出现的异常虽然幅度小,持续时间短,但是由于时间上与张北地震对应较好,应该有一定信度。

其它趋势异常出现早,分布分散,距张北相对较远,地震期间也没有响应,这样就很难

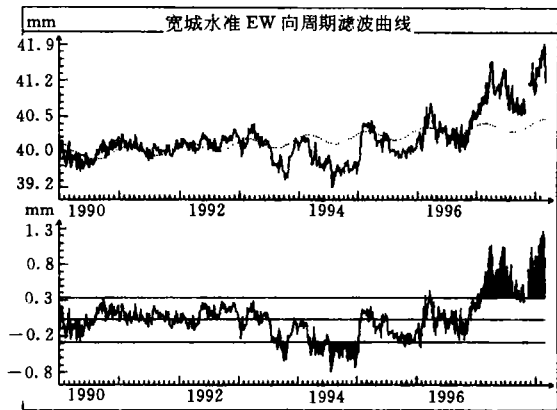


图 6 宽城水准 EW 向周期滤波曲线

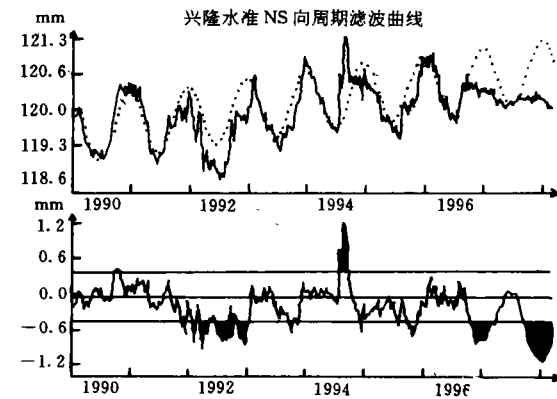


图 7 兴隆短水准 NS 向周期滤波曲线

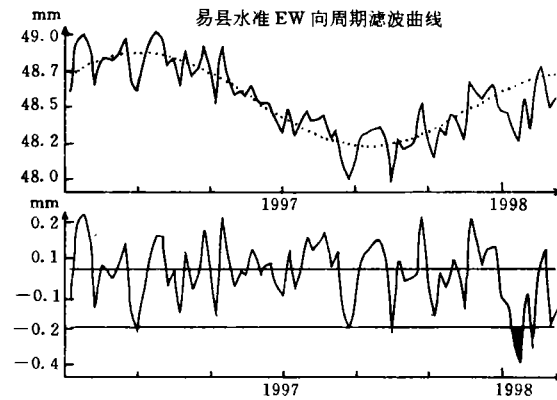


图 8 易县水准 EW 向周期滤波曲线

说与张北地震相关。假如它们是张北地震的对应异常,可以从以下角度给予解释:

长时效应:地震发生地壳应力、应变积累的结果。大地震应力、应变积累过程可能长达几百年,甚至上千年,中强地震其积累过程也需几十年。形变资料反映的是地震应变积累状况,故其形变信息出现较早且持续时间长也是客观的。

长距效应:现在我们的形变资料基本上是定点形变资料,反映的是垂直形变。若地震构造块体完整性及刚性较好,根据压板模式,形变可能不一定发生在震源区,往往是在相对较远的地方产生反应。

由于张北地震期间这些趋势异常无短临响应,震后各异常仍在发展,所以我们的意见倾向于这些异常不一定对应张北地震,可能是华北其它潜在地震的前兆。

### 3.2 异常与地震之间的定量关系问题

一个实用的地震预报应包含地震的三要素:时间、地点、震级。而我们目前的科学水平还不能给出三要素与异常之间的对应关系,异常分析主要还是凭借经验,这种主观性必然会影响地震预报的准确性。

趋势异常持续几年,如此长的时间很难把握什么时间发震。一种常识的想法是跟踪趋势异常的同时,监视短临异常,趋势异常出现短临突跳即为地震来临。但实际情况并不如此理想。一些短临异常往往幅度很小,震后回头看是一个异常,而平时此等幅度异常非常多,且多不对应地震,所以容易被忽略。

形变异常对于震中来说,既无定位功能也无定向功能,很难给出准确的发震地点预

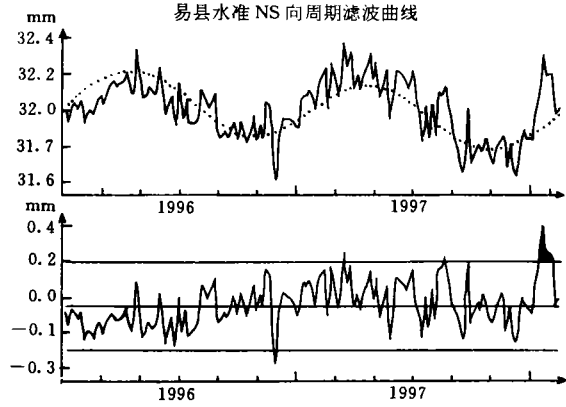


图 9 易县水准 NS 向周期滤波曲线

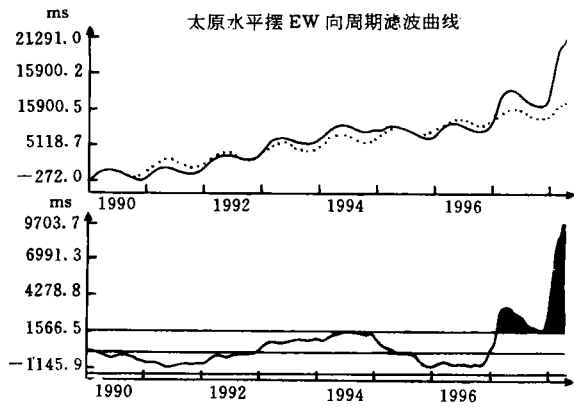


图 10 太原水平摆 EW 向周期滤波曲线

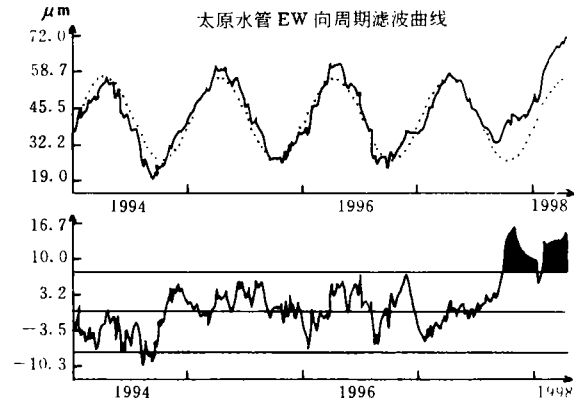


图 11 太原水管 EW 向周期滤波曲线

报。目前我们的大多数做法把异常集中地点定为发震地点,这有一定道理,却不一定科学。

异常量值和震级之间也不存在严格量化关系,所以目前的震级预报一般还是凭借经验。

### 3.3 干扰影响

形变数据中掺杂着许多干扰因素,如降雨干扰、环境干扰、仪器调整及更换影响。这些因素都会对异常分析产生影响。张家口水管 NS 向 1995 年至 1997 年期间出现了很大的异常(见图 4),但此期间有很大的降雨干扰,所以我们当时把异常归于降雨所致,现在看来需对此异常重新认识。很可能该异常既有降雨因素,也有孕震因素。

### 3.4 数据质量问题

形变全部 42 项资料中有一部分资料缺乏可分析性,资料既无年变趋势也无其它变化规律,变化无常,很难从中获取信息。这可能与仪器的稳定性、环境条件好坏等有关,需有针对性的进行研究,予以改进。

通过上述分析可见张北地震又为我们上了新的一课。张北地震期间的形变异常表明,地震预报既有困难也有机遇。经过反思使我们认清了形变手段的监测现状,也发现了工作中的不足,为今后的工作明确了方向。我们认为应从以下几个方面改进形变监测工作:

- (1) 加强科学研究,努力探讨形变异常与地震要素之间的内在对应关系,开发应用软件,减少资料分析中的主观因素,增加客观因素;
- (2) 改善台站条件,提高数据质量;
- (3) 注意干扰影响,但不简单的以干扰否定异常,不放过资料提供的每一个信息;
- (4) 开发数据应用,进行华北地区形变场研究,提高预报信度;
- (5) 提高资料传输的时效性。

(1998 年 6 月 10 日收到初稿)

## 参 考 文 献

- 1 陈绍绪,等. 定点形变热干扰数据处理方法的研究. 地震预报方法实用化研究文集. 1991. 8—16

### The Crustal Deformation Anomalies In Northern Hebei Region Before ZhangBei $M_s$ 6.2 Earthquake

Zhang Yuegang Wang Baokun Wang Zhanyou

(Seismological Bureau of Hebei Province, Shijiazhuang 050021)

### Abstract

In this paper the crustal deformation data of Hebei crustal deformation approach before Zhangbei  $M_s$  6.2 earthquake is analyzed with the method of periodical filtering and harmonic analysis, and twelve anomalies are obtained, which include ten tendency anomalies and two imminent anomalies. By studying the characteristics of the anomalies and the relation with Zhangbei earthquake, the current situation of prediction with deformation method and its difficulties faced are made clear, and that how to deal with these problem is discussed.

**Subject words:** crustal deformation; deformation analysis; earthquake prediction; Hebei