

# 张北 6.2 地震前后地下水位异常动态 及与地震的响应能力

高立新 燕志强

(内蒙古自治区地震局分析预报中心, 呼和浩特 010051)

**摘要** 使用距 1998 年 1 月 10 日张北  $M_s 6.2$  地震 300km 范围内的内蒙古自治区前兆台网 5 口水井的地下水位资料, 分析了地下水位趋势异常特征及张北  $M_s 6.2$  地震前后 10 天地下水位的微动态特征, 表明在张北  $M_s 6.2$  地震前后地下水位确实存在着明显的异常反应, 并用“八五”攻关水化、水位地震短临预报新方法分析研究了张北  $M_s 6.2$  地震前后水位群体异常的变化特征与张北地震的关系, 对张北  $M_s 6.2$  地震做出了中期、短期、短临尺度的检验性预测, 张北  $M_s 6.2$  地震的发震时间和本文的判断结果基本符合。指出内蒙古自治区前兆台网地下水位异常是 1998 年 1 月 10 日张北  $M_s 6.2$  地震的前兆反映。

**主题词:** 地下水位异常; 临震异常; 短期预报; 地震前兆

## 0 引言

近期的研究表明, 地下流体在震前主要有三种不同的前兆异常, 即源兆异常, 场兆异常与远兆异常。研究内蒙古自治区前兆台网地下水位异常并跟踪华北地区的震情以来, 发现华北地区确实存在 1-2 年的地下水位高值异常, 这类异常多数与中强地震有一定关系<sup>[1]</sup>, 虽然异常空间展布不均一, 但是高值异常特别是地下水位高值异常是华北地区地下流体异常的主体形态, 这一异常特征早已受到人们的普遍关注。特别是处于华北北部的内蒙古自治区前兆台网的 5 口水井, 丰镇 CK11 井, 兴和 CK6 井, 凉城 CK10 井, 三号地 CK2 井, 呼和浩特 CK12 井, 源兆异常与场兆异常显示特别明显。除呼和浩特 CK12 井外, 其他 4 口井与张北  $M_s 6.2$  地震震中同位于凉城

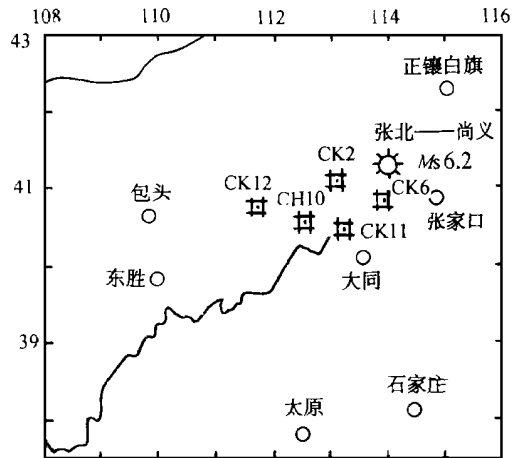


图 1 地下水位异常井与震中地理位置示意图

—张家口巨型纬向构造体系上,张北  $M_s 6.2$  地震附近地区断裂不发育,北东向的张北—沽源断裂穿过震区,近东西向的赤城—承德断裂带也穿过震区<sup>[2]</sup>。其孕震主要受构造体系影响,CK2井、CK6井震兆异常表现出明显的同步性,是张北  $M_s 6.2$  地震的源兆反映,其异常是震源直接产生的前兆信息,直观地反映出张北  $M_s 6.2$  地震的全过程,是张北  $M_s 6.2$  地震最重要的前兆信息。呼和浩特 CK12井与其他 4口井不处于同一构造体系,因而表现出不同的异常特征,无论是趋势异常,还是震时与震后特征均表现出较大的差异,其异常是张北  $M_s 6.2$  地震的场兆反映。地下水位异常井与震中地理位置见图 1

## 1 内蒙古自治区前兆台网地下水位中期异常特征

### 1.1 1996年 5月 3日包头西 $M_s 6.4$ 级地震地下水位异常特征

1995年下半年,兴和 CK6井、三号地 CK2井几乎同期呈现高值异常,其异常相对背景值是正常背景值的 2~3倍,1996年 5月 3日包头西  $M_s 6.4$  地震前,其异常持续时间达 300天以上,在持续高值下发生了包头西  $M_s 6.4$  地震。与 CK2、CK6几乎同步的是 CK10井所表现出的异常特征,CK10井尽管年变形态基本保持一致,但 1995年下半年,在正常年变形态下,水位明显呈现高值异常,1995年下半年是 CK10井水位从趋势下降到趋势上升的转折点。到 1996年 5月 3日包头西  $M_s 6.4$  地震前,CK10井异常持续时间达 300天以上,CK2、CK6、CK10井均是在持续高值异常情况下发生了包头西  $M_s 6.4$  地震,可以证明的是 CK2、CK6、CK10呈现高值异常是包头西  $M_s 6.4$  地震区域应力场作用的结果。趋势异常显示见图 2。

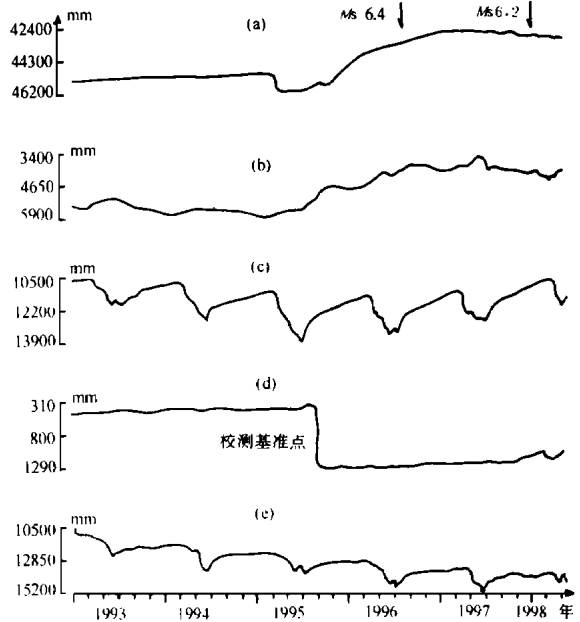


图 2 中期趋势异常水位日均值曲线  
(a)三号地 CK2井 (b)兴和 CK6井 (c)凉城 CK10井  
(d)丰镇 CK11井 (e)呼和浩特 CK12井

### 1.2 1998年 1月 10日张北 $M_s 6.2$ 级地震地下水位异常特征

1996年 5月 3日包头西  $M_s 6.4$  地震后,丰镇 CK11井地下水位明显突跳上升,在动态变化平稳的背景下呈现高值异常,1997年下半年 CK2井、CK6井、CK10井水位继续呈现高值异常,1997年下半年 CK2井、CK6井水位几乎同步在高值异常的背景下出现下降转折的趋势,CK10井在水位持续上升的背景下,水位呈现历年最高值,呼和浩特 CK12井趋势下降速率减慢,伴随 CK2井、CK6井趋势转折下降,1997年 11月 8日丰镇 CK11井水位呈现阶跃式突跳,上升幅度达 40mm,是正常背景值相对幅度的 1倍,在阶跃式突跳

之后, CK11井水位继续呈现上升趋势。趋势异常特征见图 2, 篇幅所限纵坐标压缩较小

## 2 张北 $M_s$ 6.2地震前后 10天地下水位动态特征及短临异常

### 2.1 张北 $M_s$ 6.2地震前后 10天地下水位动态特征

CK2井、CK6井、CK10井、CH11井、CK12井水位在张北  $M_s$ 6.2地震前后有三种不同的表现, CK2井、CK6井在张北  $M_s$ 6.2地震时观测到明显的水震波, 并在趋势下降的背景中水位呈现阶跃式突跳上升, 震后水位变化较平稳, CK10井震前与震后相比, 其上升速率加快, 在震时呈现明显的阶跃上升; CK12井 1998年 1月 2日至 5日下降速率加快, 并打破其正常年变动态, 其短临形态呈现“U”字型, 在张北  $M_s$ 6.2地震时观测到明显的水震波, 与

CK2井、CK6井、CK10井不同的是 CK12井在震时呈现明显的阶跃式下降, 而且下降幅度大, 震后形态恢复正常; 丰镇 CK11井在 1998年 1月 2日至 5日呈现明显下降趋势, 其短临形态呈现“U”字型, 短临时间形态与 CK12井几乎吻合, 震时呈脉冲式突跳。与此同时 CK10井、CK2井、CK6井也不同程度地呈现“U”字型异常形态。张北  $M_s$ 6.2地震前后 10天地下水位动态见图 3

### 2.2 1998年 1月 10日张北 $M_s$ 6.2地震的短临异常

丰镇 CK11井 1997年 11月 8日阶跃式突跳上升, 1998年 1月 2日至 5日呈现“U”字形异常; 呼和浩特 CK12井 1998年 1月 2日至 5日打破正常年变动态, 呈现“U”字型异常, 表现出与历年同期不同的形态; CK2井、CK6井、CK10井在 2日至 5日均不同程度地呈现“U”字型异常形态。因测项及异常显示数量少, 难以对张北  $M_s$ 6.2地震做出短临预报。另外, 对短临异常的认识水平仍需进一步提高, 资料滞后短临异常失去了意义。短临异常“U”字型形态见图 3

## 3 1998年 1月 10日张北 $M_s$ 6.2地震的震时和震后效应

### 3.1 1998年 1月 10日地下水位的微动态特征及震时效应

1998年 1月 10日 11时 50分张北地震发生。CK6井 0时至 10时变化平稳略有上升, 11时水位突跳上升 38mm, 12时至 19时变化平稳, 20时至 23时下降速率加快。CK2

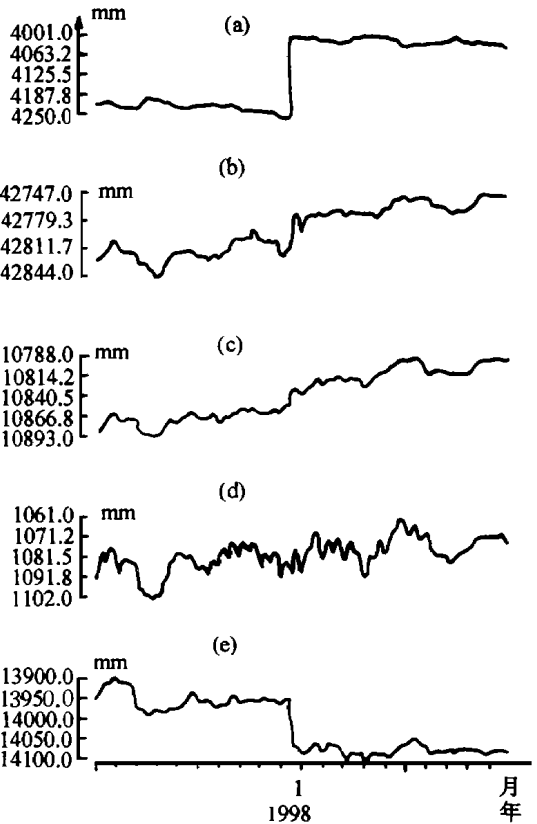


图 3 张北地震前后 10天水位动态

- (a)三号地 CK2井 (b)兴和 CK6井  
(c)凉城 CK10井 (d)丰镇 CK11井  
(e)呼和浩特 CK12井

井 0时至 10时变化平稳, 11时至 12时水位突跳上升 244mm, 13时至 23时水位保持在突跳后的高值 CK10井 0时至 9时变化平稳略有上升, 10时至 11时突跳上升 21mm, 12时至 16时变化平稳, 17时至 23时下降速率加快 CK11井 0时至 4时变化上升速率较慢, 5时至 10时水位没有明显变化, 11时至 15时水位明显突跳上升 23mm, 16时至 23时下降速率加快。CK12井 0时至 10时变化平稳, 11时阶跃式突跳下降 120mm, 12时至 23时变化平稳略有下降。CK2井、CK6井、CK10井、CK11井、CK12井在张北  $M_s 6.2$ 地震时均有灵敏反应。1998年 1月 10日水位微动态特征见图 4

### 3.2 震后效应

1998年 1月 10日张北  $M_s 6.2$ 地震后, 2月 1日 CK6井水位突降 250mm, 之后由于该井附近农田采水量的增加, 水位呈现大幅度的脉冲式突跳, 对比历年同期的资料, 这种大幅度的脉冲式突跳不能完全归因于采水量的增加, 水位的突降和脉冲式的突跳是张北地震后该地区应力调整的结果, 是明显的震后效应, 但关键是其幅度之大。

地下水位震后效应的幅度与未来强余震或其后新地震发生有关<sup>1)</sup>。

震源区及附近地区地下水位震后效应幅度最大的地区可能为强余震或新地震的震中区。如 1976年 7月 28日唐山地震后, 极震后区内出现了数口水井形成的震后效应剧变区, 而其西南和西北的宁河, 汉沽双桥一带以及宝坻附近分别出现了水位上升 8m 和 7.6 ~ 8.1m 的两个上升区, 其后 1976年 11月 15日, 1977年 5月 12日分别在宁河和汉沽先后发生 6.9级和 6.2级强余震, 1976年 8月 24日、12月 2日宝坻发生 5.1级和 5.2级所谓牵动性地震。

震源区以外, 地下水位震后效应幅度最大的地区可能为新地震发生的地区<sup>1)</sup>。

丰镇 CK11井处于张北震源区以外, 1998年 1月 10日张北地震后震后效应明显增强, 2月 12日水位突降 70mm, 4月 21日水位突升 90mm, 之后呈现突跳式上升, 至 5月

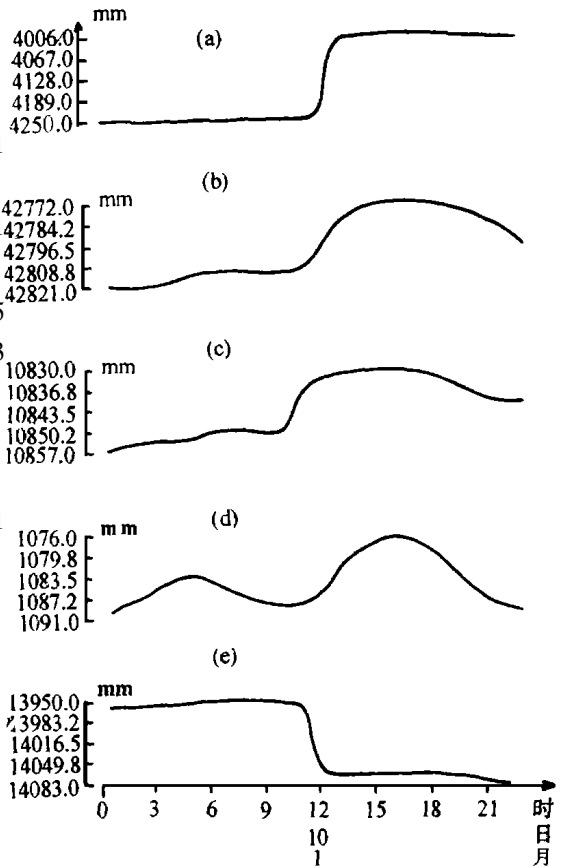


图 4 张北  $M_s 6.2$ 地震震时微动态  
(a)三号地 CK2井 (b)兴和 CK6井  
(c)凉城 CK10井 (d)丰镇 CK11井  
(e)呼和浩特 CK12井

\* 1) 罗兰格等, 进入地震短临阶段各种前兆标志体系的研究, 1996年, “八五”攻关课题

11日又继续上升了 40mm,总计上升了 130mm 水位的大幅度上升是张北地震后该地区应力调整的结果,是明显的大幅度震后效应。

震后效应及预测结果与 1998年 6月 2日张北老震区  $M_s 4.6$ 地震相吻合。震后效应见图 5

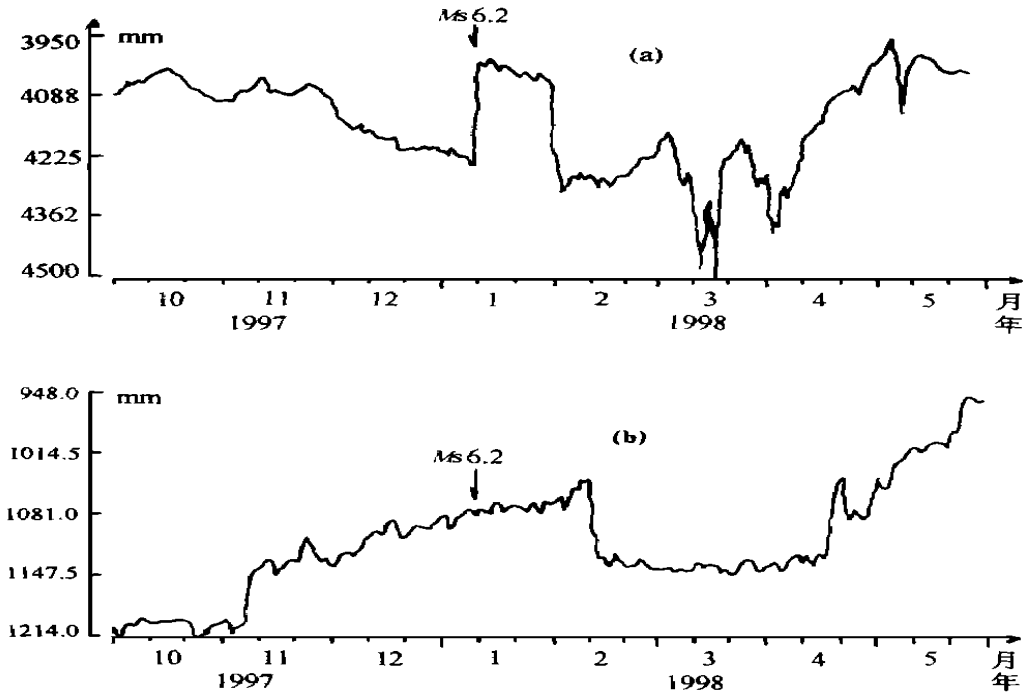


图 5 张北  $M_s 6.2$ 地震震后效应(a)兴和 CK6井(b)丰镇 CK11井

## 4 张北 $M_s 6.2$ 地震的检验性预测

### 4.1 用华北水化前兆标志对张北 $M_s 6.2$ 地震的检验性预测

华北水化前兆标志是王吉易等总结和检验了 60多个中强地震震例的研究成果<sup>1)</sup>,笔者曾经用此方法对包头西  $M_s 6.4$ 地震作出了较为成功的检验性预测<sup>3)</sup>。

使用内蒙古中部距 1998年 1月 10日张北—尚义  $M_s 6.2$ 地震震中 300km范围内五口井的水位日均值的资料,即分别为兴和 CK6井,凉城 CK10井,丰镇 CK11井,呼和浩特 CK12井,三号地 CK2井,用一阶差分法进行异常判定,用 2倍均方差进行异常提取指数拟合相关系数 $\geq 0.98$

#### (1)中期预测

从图 6(a)可见,异常半年频次累加曲线于 1994年下半年到 1996年上半年出现指数加速,计算发震时间为 1997年 1月 1日至 1998年 7月 1日。从图 6(b)可见,差分突变异常的半年频率次变化速率连续 2点为正值,计算发震时间为 1996年下半年至 1998年上

\* 1)王吉易,张炜,邢玉安,张素欣,郑云贞,唐仲兴,华北水化前兆标志及判定方法研究,国家地震局“八五”地震预报深入攻关项目,1994年。

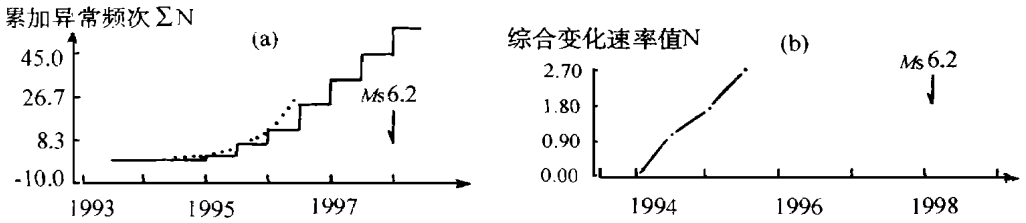


图 6 中期震情判断图

(a)半年异常频次累加加速判别指标值 (b)半年异常频次综合变化速率值

半年。最终判断的发震时间为 1997年上半年至 1998年上半年。

(2)短期预测

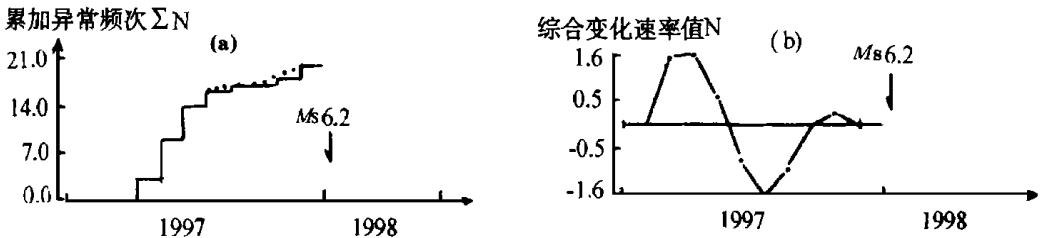


图 7 短期震情判断图

(a)月异常频次累加加速判别指标值 (b)月异常频次综合变化速率值

从图 7(a)可见,月异常频次累加曲线于 1997年 8月至 1997年 12月出现指数加速,计算发震时间为 1998年 1月至 1998年 4月。从图 7(b)可见,差分突变异常的月频次变化速率在相应的指数加速段内未出现连续两点为正值的情况。最终判断的发震时间为 1998年 1月至 1998年 4月。

(3)短临预测

从图 8(a)可见,异常旬频次累加曲线于 1997年 10月 10日至 1997年 11月 20日出现指数加速,计算发震时间为 1997年 12月 1日至 1998年 1月 20日,从图 8(b)可见,差分突变异常旬频次变化速率连续两点为正值,计算发震时间为 1997年 12月 1日至 1998年 1月 20日,最终判断的发震时间为 1997年 12月 1日至 1998年 1月 20日。

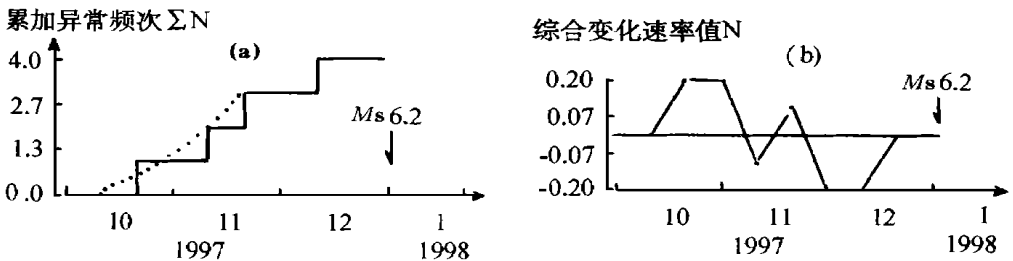


图 8 短临震情判断图

(a)旬异常频次累加加速判别指标值 (b)旬异常频次综合变化速率值

## 5 结 论

(1) 包头西  $M_s$ 6.4地震和张北  $M_s$ 6.2地震说明了不同地震或同一地震对不同构造部位的井孔,地下水位异常显示不尽相同

(2) 井孔地下水位微动态是地震孕育及发震时地壳附加应力作用下形成的,张北  $M_s$ 6.2地震产生的附加应力是导致内蒙古自治区前兆台网地下水位趋势异常与微动态的直接原因

(3) 从地震分布来看,内蒙古自治区中部的呼和浩特 CK12井、三号地 CK2井、丰镇 CK11井、兴和 CK6井、凉城 CK10井均位于阴山地震带东部一侧,与整个华北地区的地下水位高值异常相联系,它们的异常显示是张北  $M_s$ 6.2地震区域应力场活动结果

(4) 在地震活跃时段,流体群体异常显著增多,无论是单个异常的变化,还是多点多项异常。群体的演变过程无不具有层次性和统计上的自相似性,在此基础上,利用一阶差分突出短周期的突变异常,对地震做出中期,短期,短临尺度的预测是可能的

(5) 1995年出现的水位高值异常,1997年下半年出现异常转折,期间伴有水位异常的时空转移,即从异常分布范围,持续时间,时空转移,异常形态等异常判定指标来看,1998年1月10日张北  $M_s$ 6.2地震的发生应在情理之中,因资料所限,发震位置和震级在判断上尚有困难

(6) 地震预报是世界性的难题,本文仅是初探,更深刻的孕震与发震机制有待于专家的进一步研究。肤浅和错误之处敬请批评指正。

## 参 考 文 献

- 1 车用太,鱼金子,谷元珠等.华北地区地下水高值异常与1998年地震预测.国家地震局地质研究所编:地震危险性预测研究(1998年度),北京:地质出版社1997,69-75
- 2 蔡华昌,刁桂苓,刁建新,等.张北  $M_s$ 6.2级地震考察和灾害损失.华北地震科学,1998,16(1): 48-54
- 3 燕志强,高立新,包头西6.4级地震前后水化异常的分析.华北地震科学,1998,16(1): 68-71

**THE CHARACTERISTICS OF GROUND WATER LEVEL  
BEFORE AND AFTER THE ZHANGBEI 6.2 EARTHQUAKE  
AND THE REFLECTIVE ABILITY TO THIS EARTHQUAKE**

Gao Lixin Yan Zhiqiang

(Seismological Bureau of Inner Mongolia, Huhehaote 010051)

**Abstract**

This paper has analysed and studied the variational characteristics of groundwater level anomalies of Inner Mongolia precursory monitoring network within the range of 300 km around the epicenter of the Zhangbei  $M_s 6.2$  earthquake occurred on January 10, 1998. The result showed that there were certainly anomalies of groundwater level before and after the Zhangbei  $M_s 6.2$  earthquake. By using the medium-short term and impending earthquake prediction methods of hydrochemistry and groundwater level, the relationship between the Zhangbei  $M_s 6.2$  earthquake and the grouped hydrochemical anomalies has been analysed and studied. The testable forecaste in midium-short term for the Zhangbei  $M_s 6.2$  earthquake was made. The occurrence time of the Zhangbei  $M_s 6.2$  earthquake was in accordance with the judging result in this paper, and it is pointed out that the anomalies was a precursory reflection for the Zhangbei  $M_s 6.2$  earthquake occurred on January 10, 1998.

**Subject words** groundwater level anomaly; imminent seismic anomaly; short term prediction; seismic precursory.