

昌平地震台地温前兆特征分析^{*}

王 勇¹, 张国红¹, 代建华¹, 段立新²

(1. 中国地震局地壳应力研究所, 北京 100085;

2. 河北省地震局怀来地震台, 河北 怀来 075400)

摘要: 介绍了昌平地震台地温测点的基本情况以及地温正常变化特征. 分析了该测点记录到的一些地震前的地温异常变化特征. 自 1995 年以来该测点观测到 11 次异常, 其中有 9 次与发生在该台附近(300 km 范围内)的地震相对应, 有 2 次异常没有对应地震. 距离该测点较近的地震的异常形态为趋势下降-回升型; 距离该测点较远的地震的异常形态为突跳型. 震前异常幅度越大, 平静时间越长, 未来地震的震级越大, 反之则小. 以分为间隔的测值的异常明显优于以小时为间隔的测值异常.

主题词: 地温异常; 异常特征; 昌平地震台

中图分类号: P314.3 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-0844(2000)03-0236-05

1 观测环境

昌平地震台地温观测孔位于北京卧虎山下, NE 向南口-山前活动断裂和 NW 向南口-孙河活动断裂交叉部位东侧 7.5 km 处. 其大地构造位置属于阴山巨型纬向构造带的南沿.

该观测孔深 102 m, 测温探头位于 100 m 处, 井孔封闭良好. 观测室与井孔距离 3 m. 观测室内温度与湿度均达到规范要求. 该测点所用观测仪器为地温前兆监测专用仪器——SZW-1 型数字式温度计. 该仪器测温分辨率为 0.000 1 °C, 日稳定性达 0.000 1 °C. 配有 1 000 W UPS 不间断电源和 100 安时免维护电瓶做备用电源, 确保地温观测仪器用电. 每分钟采集一次数据. 自 1995 年以来观测数据从未间断. 井孔与观测室之间由深 1.2 m 的地道相通, 因而导线分布电容稳定. 上述条件确保了地温资料连续、稳定、可靠. 自 1995 年以来, 该台在国内首次进行了以 1 分钟为间隔的高密度动态测量, 记录到了多次短临前兆信息.

2 地温的正常动态和异常特征

2.1 正常动态

多年的观测结果表明, 在正常情况下, 昌平台观测的地温背景值较稳定, 日变化幅度一般在 0.000 3 °C 之内(图 1). 除极个别的变化频率较高的气压测值对地温观测有一定的影响外, 一般不受气压、降雨等气象因素的影响, 没有明显的年变化, 也没有发现与水位有明显的相关性.

收稿日期: 2000-01-10

^{*} 中国地震局地壳应力研究所论著编号: 2000B0004

作者简介: 王勇(1946—), 男(汉族), 山东临清人, 副研究员, 主要从事地应力预报地震的研究工作.

2.2 异常特征分析

昌平台观测的地温异常主要分为2种形式,一是趋势下降-回升型,二是突跳型.如图2和图3所示.

该台的正常地温为 14.526 9 °C. 1996 年 9 月 20 ~ 30 日测值出现幅度为 0.000 7 °C 的波动. 从 10 月 5 日 07 时开始测值陡降,到 10 月 7 日 12 时降至 12.524 9 °C,幅度达 0.002 °C,之后变化平稳.至 10 月 9 日 01 时,测值缓慢回升,10 月 13 日 10 时回升到 14.526 9 °C. 此后变化平稳. 10 月 31 日 23 时测值从 14.527 1 °C 开始逐渐下降,至 11 月 3 日 08 时降至最低点 14.524 2 °C,幅度达 0.002 9 °C. 11 月 11 日 10 时测值开始回升,于 21 日 20 时回升至正常温度值 14.527 1 °C. 异常结束 25 天后在顺义发生了 $M_L4.4$ 地震($\Delta=40$ km). 由图 2 可见,该次地震的前兆由 4 次完整的异常组成,有越接近发震,异常幅度越大,异常时间越长的现象.地震后出现了明显的震后效应,异常形态与震前相似.异常恢复后测值变化平稳.

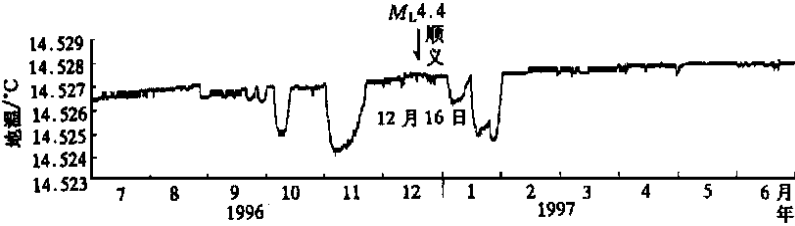


图 2 1996 年 12 月 16 日 顺义 $M_L4.4$ 地震前
昌平台地温变化曲线

Fig. 2 Change of geotemperature data of Changping station before the Shunyi $M_L4.4$ earthquake on Dec. 16, 1996.

有时间隔数小时连续发生 3 次突跳后发震. 每次测值跳动的的时间从几十分钟到 2 ~ 3 小时甚至几天不等.

3 讨论

表 1 列出了 1995 ~ 1999 年在昌平台周围 300 km 范围内发生的 $M_L\geq 3.6$ 地震的参数及地温异常情况. 对同一地区几天内发生的多次 $M_L\geq 3.6$ 地震(余震)视为同一次地震进行统计. 以测值变化的幅度超过 0.001 °C 为异常.

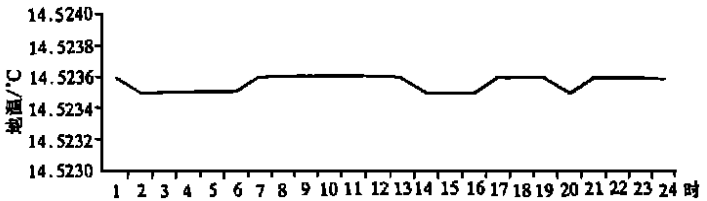


图 1 昌平台地温日变曲线

Fig. 1 Daily change of geotemperature data of Changping station.

1998 年 12 月 19 日 15 时,在距该台 300 km 的赤峰地区发生了 $M_L4.8$ 地震. 该次地震前从 18 日 20 时开始昌平台地温测值出现突跳,至 19 日 07 时结束,15 时地震发生. 越临近发震,突跳的间隔越短,突跳幅度越大. 如图 3 所示.

实际观测中发现,有时发生一次突跳后发震,

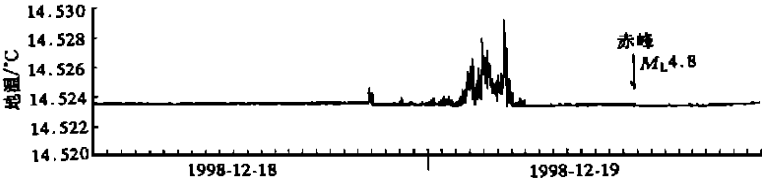


图 3 1998 年 12 月 19 日 赤峰 $M_L4.8$ 地震前
昌平台地温变化曲线

Fig. 3 Change of geotemperature data of Changping station before the Chifeng $M_L4.8$ earthquake on Dec. 19, 1998.

表 1 昌平台地温异常形态与周围地震的对应关系

序号	时间	地点	震级(M_L)	震中距/km	相对于昌平 台的方向	异常 形态	异常 时间	震前平 静时间	异常幅度 / $^{\circ}\text{C}$
1	1995-02-22	古冶	3.9	180	E	向上突跳	58 h	13 天	0.002
2	1995-04-28	宁河	3.6	160	N45 $^{\circ}$ E	向上突跳	228 h	结束发震	0.001 6
3	1995-07-20	沙城	4.1	80	W	—	—	—	—
4	1995-09-20	陡河	3.9	165	E	—	—	—	—
5	1996-04-08	唐山	3.9	170	E	—	—	—	—
6	1996-04-20	顺义	3.6	40	E	—	—	—	—
7	1996-05-04	大城北	3.8	150	S	—	—	—	—
8	1996-12-09	丰南	3.6	160	S75 $^{\circ}$ E	—	—	—	—
9	1996-12-16	顺义	4.4	40	E	趋势性	63 天	18 天	0.003 5
10	1997-02-28	乐亭	3.8	240	S74 $^{\circ}$ E	向下突跳	0.5 h	5 h	0.002 7
11	1997-05-25	宣化	4.7	100	N62 $^{\circ}$ W	—	—	—	—
12	1997-10-29	北安河	3.9	30	S10 $^{\circ}$ W	—	—	—	—
13	1997-11-09	北安河	3.6	30	S10 $^{\circ}$ W	向上突跳	2.5 h	5 天	0.002
14	1997-12-09	浑源	3.6	220	S80 $^{\circ}$ W	—	—	—	—
15	1998-01-10	张北	6.2	160	N50 $^{\circ}$ W	—	—	—	—
16	1998-04-14	钱营	5.0	170	E	—	—	—	—
17	1998-07-27	张北	5.0	160	N45 $^{\circ}$ W	—	—	—	—
18	1998-07-28	宝坻	3.8	100	S70 $^{\circ}$ E	向上突跳	1 h	10 天	0.001
19	1998-08-08	深井堡	3.9	100	N80 $^{\circ}$ W	—	—	—	—
20	1998-09-04	陡河	3.6	165	E	向上突跳	1 h	2 天	0.001
21	1998-09-06	建昌	4.5	290	N75 $^{\circ}$ E	趋势性	18 天	异常之中	0.003 6
22	1998-10-13	张北	4.0	160	N50 $^{\circ}$ W	—	—	—	—
23	1998-12-19	赤峰	4.8	300	N30 $^{\circ}$ E	向上突跳	11 h	6 h	0.013 8
24	1999-01-09	滦县	3.9	180	E	—	—	—	—
25	1999-03-11	张北	5.6	160	N50 $^{\circ}$ W	—	—	—	—
26	1999-09-06	张北	3.8	160	N50 $^{\circ}$ W	—	—	—	—
27	1999-11-01	大同	5.6	270	W	—	—	—	—
28	1999-04-07	—	—	—	—	向上突跳	8 h	—	0.001
29	1997-11-01	—	—	—	—	向上突跳	9 h	—	0.001

由表 1 可以看到:在昌平台周围 300 km 范围内共发生 27 次 $M_L\geqslant 3.6$ 地震(在该测点东部地区有 14 次),其中有 9 次异常分别与地震相对应,有 2 次异常出现后无地震发生,由此得出昌平台地温异常对应地震率:

$$P_1=\frac{\text{有异常的地震个数}}{\text{异常总数}}\times 100\%=82\%$$

虚报率:

$$P_2=\frac{\text{有异常无地震个数}}{\text{异常总数}}\times 100\%=18\%$$

采用贝叶斯^[1] 给出的表达式(1)进行检验,

$$T=P_1^1\cdot Q_1^1\tag{1}$$

式中: P_1 为异常对应昌平台东部地区地震的概率; Q_1 为昌平台东部地区地震对应异常的概率.由表 1 可得

$$P_1^1=\frac{n_1+1}{N^1+2}=0.69$$

$$Q_1^I = \frac{n_1 + 1}{N_1 + 2} = 0.56$$

式中: n_1 为测点东部地区有异常有地震的个数; N^1 为有异常有地震的个数与有异常无地震个数之和; N_1 为测点东部地区有地震有异常个数与有地震无异常个数之和. 则

$$T = P_1^I \cdot Q_1^I = 0.39$$

综合指标 $T > 0.35$ 即表明检验结果通过, 说明上述昌平台地温异常指标是可行的.

昌平台地温异常对位于该台 E、NE 和 SE 方向的地震反映较好. 在上述方向距该台 300 km 范围内共发生 3.6 级以上地震 14 次, 8 次地震前有异常(图 4). 对于在测点的 W、NW 和 SW 方向发生的地震昌平台地温反映不明显, 这可能与当地的地质构造状况有一定关系. 昌平台地处卧虎山东麓, 距十三陵水库 3 km, 其间水位较高. 而卧虎山的西侧水位低于东侧 10 多米, 这可能是由于在卧虎山处有隔水层, 阻碍了地下水的流动. 而地温异常的实质是由于应力的积累在孕震区产生热量, 通过水介质进行热交换, 进而在一些测点记录到地温异常. 当水的循环受到阻隔时, 就难以进行热交换, 那么测点就不容易观测到地温异常.

距测点 50 km 以内地震的震前异常表现为趋势性下降-回升-平稳-发震的变化形态. 1996 年 12 月 16 日顺义 4.4 级地震前该测点地温趋势性异常持续了 62 天. 而较远距离的地震的震前异常形态多表现为突跳型, 其延续时间在几十分钟到十几天不等, 突跳形态为上升型.

以分为间隔的测值异常明显高于以小时为间隔的测值异常, 如图 3 所示. 图中所显示的异常很明显, 而在整点值曲线上几乎看不到异常.

地震震级越大, 孕育该次地震的能量越大, 在地震孕育过程中产生的热量也较大, 因此一些地温测点观测的异常幅度也越大, 这在理论上是成立的. 在昌平台地温测量中出现的震前异常也证实了这一推理. 从图 5 可以看出, 震级和地温异常幅度有明显的相关性. 经统计有异常的 9 次地震的异常幅度与震级满足下述关系式:

$$M_L = 6.937\ 753 + 1.123\ 662 \times \log C$$

式中: C 为实测地温异常幅度, 单位为 $^{\circ}\text{C}$. $R = 0.87$, $S = 0.2$.

从异常结束到发生地震, 其间地温测值变化平稳. 异常平静时间的长短和地震的震级也有一定的相关性. 在有异常的 9 次地震中, 震级大的地震前平静的时间较长, 震级小的地震前平静的时间较短(表 1).

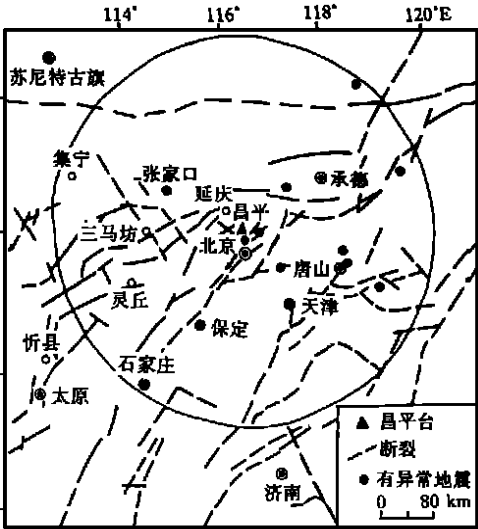


图 4 昌平台地温异常所对应的地震分布
Fig. 4 Earthquakes corresponding with geotemperature anomalies observed by Changping station.

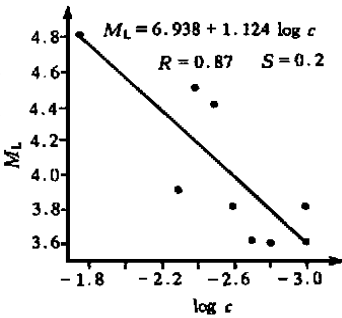


图 5 昌平台地温异常幅度与震级的关系
Fig. 5 Relationship between amplitude of geotemperature anomaly observed by Changping station and magnitude.

4 结 论

综上所述,可以得出以下结论:

(1) 昌平台地温观测点位于 2 条断裂的交叉部位,属于应变变化的灵敏区,因此,该测点能够较好地记录到震前异常.

(2) 昌平地温测点异常的应震概率为 0.39,对测点 E、NE、SE 方向 300 km 范围内 57% 的 $M_L \geq 3.6$ 以上地震有较好的异常反映.若异常形态为趋势性异常,则未来地震应距该测点较近;若为突跳性异常,未来地震应距该测点稍远.

(3) 震前的平静时间和异常的幅度是确定未来地震震级的重要依据.平静时间越长,异常幅度越大,则未来地震震级越大,反之则小.

(4) 以分为间隔的测值异常明显优于以小时为间隔的测值异常,因此今后在地温观测中应加大测量密度,以便更多地获取地震前兆信息.

[参考文献]

- [1] 黄祖彭. 单井异常指标的判定[A]. 见: 国家地震局科技监测司. 地震预报方法实用化研究文集(水位、水化专辑)[C]. 北京: 地震出版社, 1990. 103—107.

ANALYSIS ON ANOMALOUS CHARACTERISTICS OF GEOTEMPERATURE BY CHANGPING STATION

WANG Yong¹, ZHANG Guo-hong¹, DAI Jian-hua¹, DUAN Li-xin²

(1. *Institute of Crustal Dynamics, CSB, Beijing 100085, China*; 2. *Huailai Seismic Station, Seismological Bureau of Hebei Province, Huailai 075400, China*)

Abstract: Basic condition of geotemperature observation of Changping seismic station and normal change of geotemperature by the station are introduced. Characteristics of anomalous geotemperature change before some earthquakes are analysed. The results show there are 9 ones to correspond to earthquakes occurred in a range of 300 km distant from Changping station among 11 anomalies in geotemperature data by the station since 1995. Anomalous shapes before earthquakes near by and distant the station are trend drop-rise and sudden jump respectively. The larger the anomalous amplitude and the longer the quiet time, the larger the magnitude of coming earthquake. The anomalies in geotemperature data observed once a minute are more obvious than that observed once an hour.

Key words: Geotemperature anomaly; Anomalous character; Changping seismic station