

延庆松山泉水汞的映震特征研究

杨明波¹, 吴培稚¹, 王 力¹, 樊智勇¹, 刘玉斌²

(1. 北京市地震局, 北京 100080; 2. 延庆县地震办公室, 北京 100063)

摘要:在对延庆松山泉水汞观测资料进行清理和总结的基础上, 对该泉水汞的映震能力进行了评价和研究. 研究表明, 该泉水汞异常与地震的对应率较高. 1997 年以来, 其异常对于测点附近发生的有感地震及中小地震和距测点较远范围内发生的 5 级以上地震有很高的对应率. 根据地质构造的活动特征对该泉水汞映震灵敏的原因进行了初步探讨.

关键词:松山泉; 汞异常; 异常特征; 映震效能; 延庆

中图分类号: P315.72⁺4 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-0844(2001)02-0120-05

1 松山泉周围地质构造概况

松山泉位于北京西部山区大海坨花岗岩体内发育的圪子庙—胡家营断裂带上(图 1). 该岩体沿延庆盆地北缘断裂分布, 呈穹隆状, 出露面积约 400 km², 呈中粗粒似斑状结构, 形成时代为燕山期晚期. 该岩体内断裂、裂隙和节理十分发育, 形成大小不等的破裂网络, 为地下水的渗透和深循环提供了良好的通道.

圪子庙—胡家营断裂长达 10 余公里, 走向 N30°E, 倾向 SE, 倾角 85°, 显示左旋平移正断层性质. 该断裂在 NE 方向与黑峪口—居庸关断裂相交叉, 在 SW 方向被掩覆在延庆盆地新生代沉积物之下.

松山泉出露于大海坨山海拔 745 m 的沟谷中. 泉点位于 40.50°N, 115.82°E, 在构造位置上处在圪子庙—胡家营断裂带与近 NS 向展布的辉绿岩脉的交会部位(图 2).

松山泉水温稳定, 为 41℃~42℃, 属于承压型上升泉. 泉水为来自深部侵入岩体的裂隙水, 含氟量高(15.93 mg/L), 二氧化硅含量也较高(54 mg/L), 水质类型为硫酸钠型.

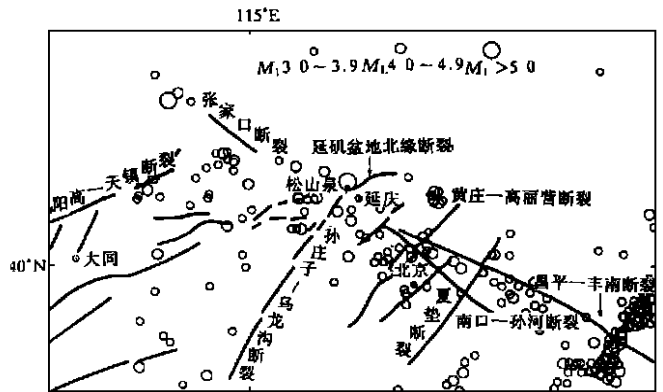


图 1 延庆松山泉周围地质构造及震中分布
Fig. 1 Distribution of structures and earthquakes in the round of Songshan spring, Yanqing county.

2 松山泉水汞的动态变化特征

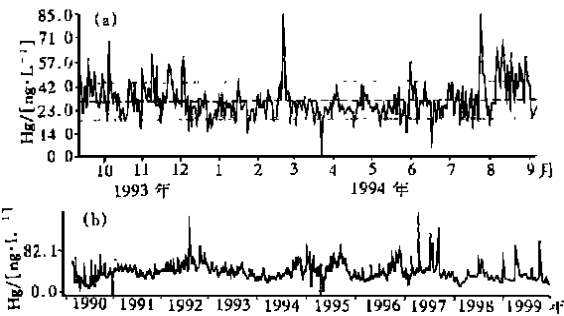
该测点的主要观测项目为水汞和水氢, 采用 XG-4 型测汞仪和 FD-105 型测氢仪观测. 测试样品为取自泉口处的新鲜泉水, 采样周期为 1 次/d. 本文仅讨论水汞的变化特征.

2.1 正常动态

由五日均值曲线(图 3b)可以看出, 松山泉水汞多年趋势性变化较平稳, 无年变规律, 随季节的变化不明显.

日值变化幅度相对较大(图 3a), 以脉动突跳变化为主, 一般情况下, 变化范围为 20~50 ng/L.

该泉水汞测值受水温、降雨等因素的影响甚微, 受外界自然因素干扰较少, 基值变化较平稳, 异常的信噪比较高.



(a) 日值曲线; (b) 五日均值曲线
图 3 松山泉水汞正常动态
Fig. 3 Normal variation of mercury content in Songshan spring.

5月25日在张家口发生了 M_S 4.2 地震.

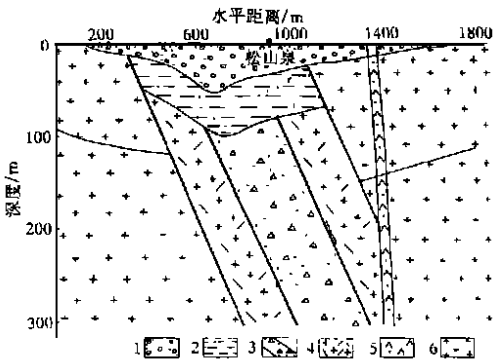
(2) 成组突跳: 持续 10 天以上出现脉冲式的高值突跳, 测值接近 100 ng/L 或 100 ng/L 以上. 如 1997 年 7 月下旬至 9 月中旬出现 3 次 300 ng/L 左右的高值突跳. 1998 年 1 月 10 日发生了张北 M_S 6.2 地震.

(3) 连续高值: 持续多天以上的连续高值, 测值达 50 ng/L 以上. 如从 1999 年 3 月 30 日开始测值升至 131.8 ng/L, 随后测值降低, 至 4 月 19 日基本恢复正常, 持续时间 20 天.

异常结束后 18 天, 即 1999 年 5 月 8 日在大海坨山发生了 M_L 3.4 地震.

3 松山泉水汞异常的映震能力与特征分析

3.1 异常的提取方法和地震资料选取



1 第四系坡积物; 2 破碎带风化壳 3 断裂带;
4 断裂影响带; 5 辉绿岩脉; 6 花岗岩
图 2 松山泉地质构造剖面示意图
(据文献[1])
Fig. 2 The geological structure profile of Songshan spring.

2.2 异常动态

经过多年的观测研究, 发现该泉水汞背景值超过 50 ng/L 或测值出现超过 100 ng/L 的突跳即为异常.

从日值曲线来看, 异常的形态一般表现为突跳型, 基本无趋势性异常, 以短临异常为主, 可划分为以下 3 种类型(图 4):

(1) 单点或多点突跳: 一天或几天的高值突跳, 测值达 100 ng/L 以上. 如 1997 年 4 月 21~23 日出现连续的高值突跳, 4 月 21 日最高达 424.3 ng/L, 4 月 24 日恢复正常, 之后于

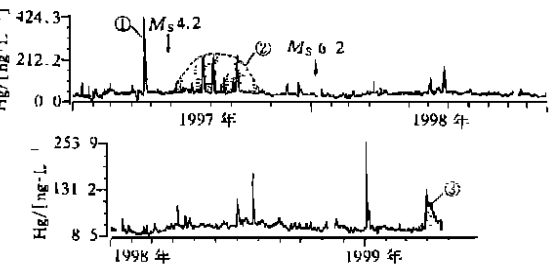


图 4 松山泉水汞日值曲线的 3 种异常形态
Fig. 4 Three kinds of anomalous forms of daily value of mercury content in Songshan spring.

根据松山泉水汞测值的正常动态和异常变化特征,用筛选法^[2]确定阈值,提取异常.松山泉水汞的单点异常阈值为 100 ng/L,基值超过 50 ng/L 也视为异常.

地震资料取自中国地震局分析预报中心.选取发生在该泉点周围 80 km 范围内的 $M_L3.0 \sim 3.9$ 地震;170 km 范围内的 $M_L4.0 \sim 4.9$ 地震;300 km 范围内的 $M_S \geq 5$ 地震.

3.2 异常与地震的对应关系

1990~1999 年松山泉水汞异常与地震的对应关系见表 1.由表 1 可见,在该时段内出现的 43 次异常中,对应地震的有 23 次,约占总异常数的 54%;有 20 次异常无地震对应,约占异常总数的 46%.另有 8 次地震无异常对应(图 5).

表 1 1990~1999 年松山泉水汞异常与地震的对应情况

地震震级	地震次数	有异常有震次数	无异常有震次数	有异常无震次数
3.0~3.9	13	10	3	
4.0~4.9	9	7	2	20
≥ 5.0	9	6	3	

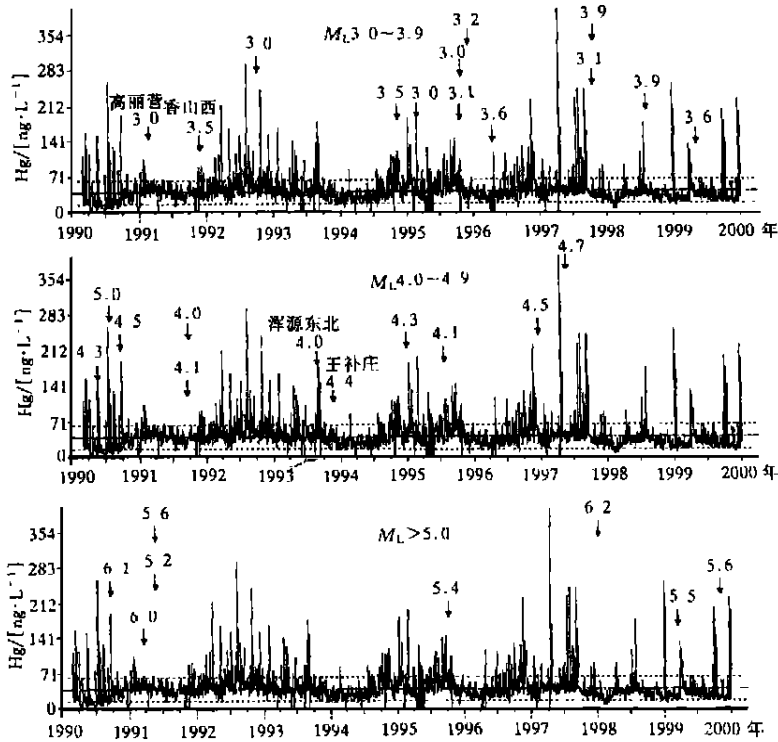
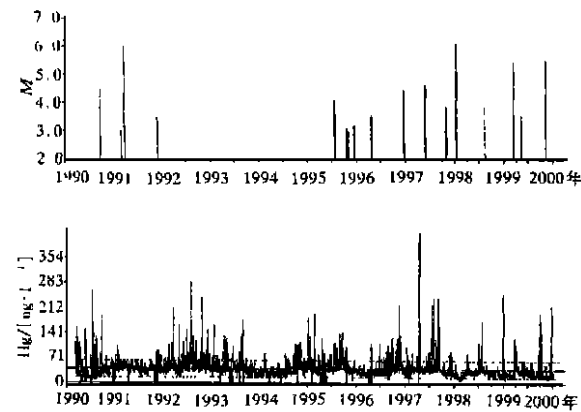


图 5 松山泉水汞异常与 $M_S \geq 5$ 地震的对应关系

Fig. 5 Correlative relation between anomalies of mercury content in Songshan spring and $M_S \geq 5$ earthquakes.

由表 1 和图 5 可见,松山泉水汞异常与其周围 300 km 范围内的 5 级以上地震的对应率较高.与其周围 220 km 范围内的 5 级以上较强地震的对应率达到 100%.对于近距离的中等强度的有感地震(80 km 范围内的 $M_L3.0 \sim 3.9$ 地震;170 km 范围内的 $M_L4.0 \sim 4.9$ 地震),其对应率也较高,见图 6.

从时间段上看,1997 年以来松山泉水汞异常与地震的对应率最高,所有异常基本上都对



(a) 松山测点周围地区 $M-t$ 图; (b) 汞汞日值动态变化
图 6 1990~2000 年松山泉水汞异常
与中小地震的关系
Fig. 6 Correlative relation between anomalies of
mercury content in Songshan spring and
mid-small earthquakes from 1990 to 2000.

4 松山泉水汞映震灵敏性机理分析

在活动断裂带和热泉区, 普遍存在汞含量的高值异常, 而活动断裂和热泉与地震活动有关, 因此, 地震活动信息能够通过深部汞量的变化反映出来^①.

据中国科学院地球物理研究所的研究^[1], 松山泉成因模式为: 在圪子庙地区相对较高的区域地温梯度 ($2.2^{\circ}\text{C} \sim 2.7^{\circ}\text{C}/100\text{ m}$ 或 $3^{\circ}\text{C} \sim 3.5^{\circ}\text{C}/100\text{ m}$) 背景上, 大气降水通过大海坨花岗岩体的垂直裂隙渗入到岩体内部. 随着深度的增大, 地下水从围岩中获取热量, 在 $3\,000 \sim 3\,500\text{ m}$ 深处被加热到热储温度 $80^{\circ}\text{C} \sim 106^{\circ}\text{C}$. 热水沿着圪子庙—胡家营断裂带与近 NS 向圪子庙辉绿岩脉交汇部位上涌至地表, 形成温泉.

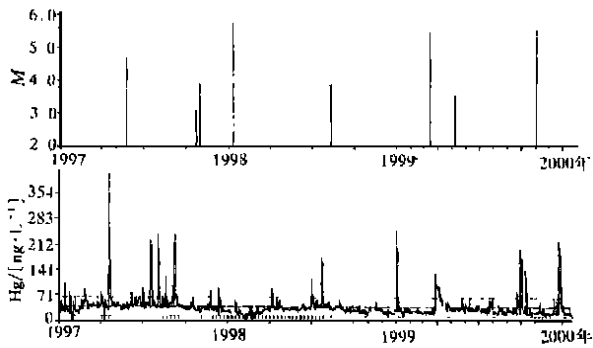
松山泉所处的地质构造和水文地质条件对来自地表的干扰有较好的屏蔽作用, 决定了它能较好地反映深部地壳活动信息.

5 讨论

车用太等^[3]认为: 地下流体异常的主体来自于区域构造活动, 即绝大多数异常是区域构造活动产生的场兆信息, 而不是来自震源的信息. 这就导致地下流体异常过程和地震的孕育发生过程不协调. 区域应力场作用下构造活动产生的场兆信息存在着一定的非均匀性和随机性,

应了地震, 见图 7. 1992~1993 年虽然汞异常频次较高, 幅度也比较大, 但是泉点周围并没有发生地震, 而且整个华北北部地震活动性也较弱.

汞异常结束时间和持续时间与地震发生的时间有一定的关系. 一般在异常结束后的几天至 2 个月内发震. 如 1997 年 4 月 21~23 日出现高值突跳异常, 1 个月以后, 即 5 月 25 日在张家口发生了 $M_S 4.7$ 地震. 但也有例外, 如张北 $M_S 6.2$ 地震距异常结束的时间为 3 个多月, 但是其异常持续时间近 2 个月. 这种长时间的成组异常和地震的对应关系较少出现, 需要在以后进一步研究和更多的震例验证. 一般情况下, 异常持续时间越长, 幅度越大, 震级也越大.



(a) 松山测点周围地区 $M-t$ 图; (b) 汞汞日值动态变化
图 7 1997 年以来松山泉水汞异常
与地震的关系
Fig. 7 Correlative relation between anomalies of
mercury content in Songshan spring and
earthquakes since 1997.

① 国家地震局科技监测司. 汞量测量方法讲义. 1992. 6—59.

在一定范围内并不一定会影响到每个测点. 这种非均匀性和随机性同震源的相对位置、构造关联程度有关, 与地质构造本身的分布、规模、方向以及活动程度有关, 同时还与岩石的力学性质有关, 因此, 在某个测点出现有地震无异常的现象是必然的.

有异常无地震发生的现象, 有可能是这些异常是干扰因素所致, 或与一些与地震无关的构造活动有关. 地震是构造活动的结果, 但必须达到一定的应力积累, 地震才会发生, 并非每一次构造活动都会引起地震. 因此, 有异常无地震现象的存在也是可能的.

本文在成文过程中得到中国地震局地质研究所车用太研究员的悉心指导和帮助, 在此深表感谢.

[参考文献]

[1] 吴璐苹, 石昆法. 松山地下水热水勘探及成因模式探讨[J] .物探与化探, 1996, 20(4): 313—315.
[2] 国家地震局预测预报司. 地震短临预报的理论与方法[A] . 见:“八五”攻关三级课题论文集[C] . 北京: 地震出版社, 1997. 244—249.
[3] 中国地震局监测预报司. 一九九八年张北地震[M] . 北京: 地震出版社, 1999. 99—131.

A STUDY ON EFFECT REFLECTING EARTHQUAKE OF MERCURY ANOMALY
OF SONGSHAN SPRING OF YANQING COUNTY, BEIJING CITY

YANG Ming-bo¹, WU Pei-zhi¹, WANG Li¹, FAN Zhi-yong¹, LIU Yu-bin²

(1. *Beijing Seismological Bureau, Beijing 100080, China;*
2. *Seismological Office of Yanqing County, Beijing 100063, China*)

Abstract: On the basis of analysis of observation data for mercury content in Songshan spring of Yanqing county, Beijing city, reflecting earthquake ability of mercury anomaly of the spring is studied and evaluated. The results show that there is a better correspondence between mercury anomalies of the spring and earthquakes. Especially, there is obvious correspondence between the anomalies and mid-small earthquakes near the spring and $M_s \geq 5$ earthquakes far away the spring since 1997. The cause of sensitivity reflecting earthquake for the anomalies of the spring is discussed from activity of geological structures around the spring.

Key words: Songshan spring; Mercury anomaly; Anomalous character; Reflecting earthquake ability; Yanqing