

武山1号泉流量、 O_2+Ar 、 N_2 、He的异常变化分析

杨兴悦¹, 王 益¹, 王 燕², 廖祯祥¹, 李树全¹, 朱振家²

(1. 甘肃省地震局武山地震台, 甘肃 武山 741308; 2. 甘肃省地震局天水中心地震台, 甘肃 天水 741020)

摘要:对武山台1号泉气体资料显示,在1997—1999、2003年流量有几次明显的突变,同时气体组分 O_2+Ar 、 N_2 、He百分含量与流量呈完全同步变化。本文分析了造成流量突变的原因,认为流量大幅度变化不是自然动态的。同时用试验方法验证了影响气体组分 O_2+Ar 、 N_2 、He百分含量变化的主要因素是流量、冲流时间和空气混入了泉水,并分析了它们之间的相互关系及变化特点。

关键词:武山1号泉; 气体; 流量; 异常

中图分类号: P315.72+3

文献标识码: A

文章编号: 1000-0844(2008)01-0075-04

Analysis on the Abnormal Changes of Outflow, O_2+Ar , N_2 and He in No. 1 Spring at Wushan Station

YANG Xing-yue¹, WANG Yi¹, WANG Yan², LIAO Zhen-xiang¹, LI Shu-quan¹, ZHU Zhen-jia²

(1. Wushan Seismological Station, Earthquake Administration of Gansu Province, Gansu Wushan 741308, China;

2. Tianshui Seismological Station, Earthquake Administration of Gansu Province, Gansu Tianshui 741020, China)

Abstract: The gas data of No. 1 spring at Wushan station show that there were some obviously abnormal changes of outflow from 1997 to 1999 and in 2003, meanwhile, values of O_2+Ar , N_2 and He in the gas abnormal changed completely and synchronously with outflow. In this paper, the reason of the changes of outflow is analyzed. It is considered that the significant variety is not a dynamical nature. It is tested and verified by experiment that the influence factors on values of O_2+Ar , N_2 and He in the gas in spring water are outflow, circulation time and air sneaked into the water. The relationships and change characteristics are analyzed also.

Key words: NO. 1 spring at Wushan station; Gas; Outflow; Anomaly

0 引言

武山台1号泉具有良好的地震水文地球化学条件,气体观测资料连续,对于甘肃省及邻区的地震监测预报有着重要的作用。资料显示该泉在1997—1999、2003年流量有几次明显的突变, O_2+Ar 、 N_2 、He百分含量与流量呈完全同步突变,变化形态为阶变型或突变型。对于1号泉流量的突变本文进行了分析,认为流量不是自然动态变化的。另外此段时间断续观察到水中有大量气泡溢出,那么 O_2+Ar 、 N_2 、He百分含量变化是否与流量变化和水中含有大量气体有关系呢?为此我们用试验方法进行推理验证。

1 1号泉地质、水文地质概况

1号泉位于甘肃省武山县温泉乡,海拔1758 m,构造上处于西秦岭北缘断裂的南侧的聂河断裂带与蔡家河—马长庄—岸峪里断裂带的交汇部位(图1)^[1]。含水岩层为印支期似斑状花岗岩,裂隙发育。水质类型为微矿化度重碳酸钠型^[2];泉水主要为大气降水补给的深循环水,这一带岩石破碎,小断裂发育,大气降水容易渗入地下,形成深部承压水^[3],该泉属于裂隙上升泉。泉水出露处用混凝土加固,由小口径铜管导出泉水,为满灌流水。平均水温23.0℃,流量1.02 L/min。1990年1月正式开始观测。

收稿日期:2007-04-04

作者简介:杨兴悦(1981—),男(汉族),甘肃靖远人,助理工程师,现主要从事地震台站监测工作。

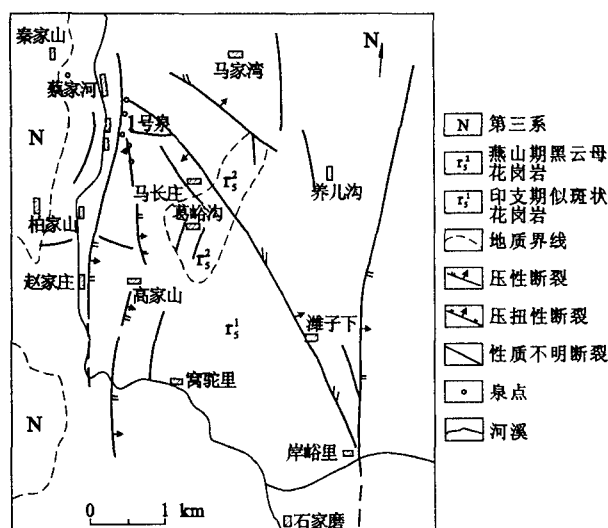


图1 武山1号泉区域构造示意图

Fig. 1 Position of No. 1 spring at Wushan station and the regional structure.

2 采样与测试方法简介

1号泉气体每天定时人工采样。采样时用引水乳胶管将采样瓶口上的进水管和泉水导水管密封相连(图2)。首先让泉水流满采样瓶,用“容积法”计算出流量;而后继续让泉水流入采样瓶,流入的时间与流满采样瓶所需的时间相同(即冲流时间),夹住排水管和进水管,采样瓶内的泉水即为水样。然后往球胆内充气,排出一定体积的水,再抽出球胆内的空气进行负压振荡脱气。

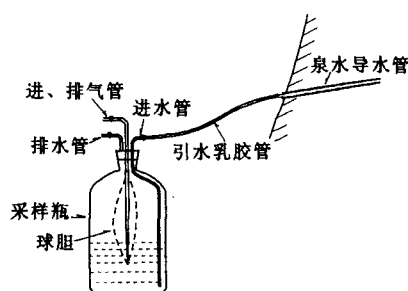


图2 武山1号泉采样方式示意图

Fig. 2 Sketch of the collect way in No. 1 spring at wushan station.

1号泉气体用SP-2305E型气相色谱仪定时观测。用峰高定量法分别准确量出标准气和样品气峰高,通过关系式计算出样品气各组分的百分含量。主要观测项目有 $O_2 + Ar$ 、 CH_4 、 CO_2 、 N_2 、 H_2 、 He 。

3 1号泉流量变化及其原因

1993—2002年1号泉流量总趋势呈下降变化

(图3),这是由于当地年降水量减少造成的。从日常观测看,降水对1号泉流量影响十分明显。

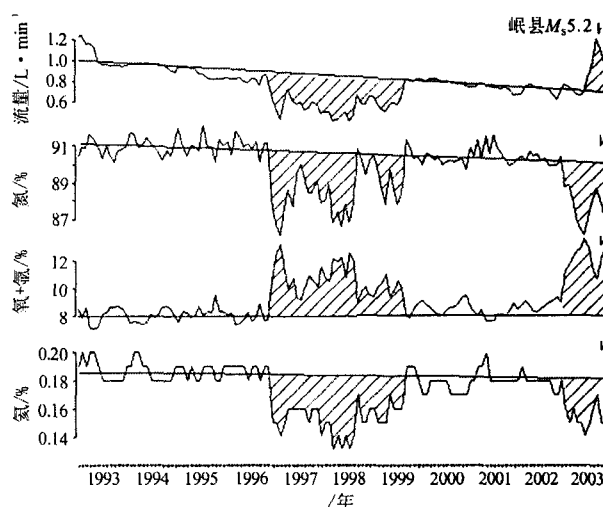


图3 武山1号泉流量、氧+氩、氮、氦月均值变化曲线

Fig. 3 Change curves of month mean values of outflow, $O_2 + Ar$, N_2 and He in No. 1 spring at Wushan station.

1997年1月—1999年10月1号泉流量出现显著低值变化,且波动较大(图3):1996年12月流量为0.84 L/min,1997年1月突降至0.63 L/min,相对下降幅度达25.0%。从日测值来看,流量下降形态为台阶状:1997年1月4日的流量为0.774 L/min,1月5日则降为0.674 L/min,相对下降幅度达12.9%。流量的恢复上升同样具有突发性:1999年9月流量为0.64 L/min,10月则突升到0.82 L/min,上升幅度达28.1%。日测值也具有突发性,流量上升呈阶状变化。1997年9月25日的流量为0.534 L/min,9月26日则升为0.779 L/min,相对上升幅度达45.9%。

大量地下水动态观测资料表明,若泉水流量出现大幅度阶状型的变化,其原因往往与人为因素有关。台站观测资料记载:“1997年4月17日从泉出水口捅出塑料等异物,流量明显增加,由0.611 L/min增至0.847 L/min”。此段时间再是否对1号泉清理过没有记载。据此我们假设:1997年1月泉出水口里被人为破坏堵塞了异物,1999年10月进行了清理,导致了流量异常变化。对导水管被堵导致的流量突降可以进行校正,方法是将流量的低值段(1997年1月至1999年9月)的数据加上0.20 L/min(该值为1996年12月与1997年1月流量之差和1999年9月与10月流量之差的平均值)。图4为校正前后的流量变化曲线,可见校正后的曲线

4 为校正前后的流量变化曲线,可见校正后的曲线形态图形比较合理,其小幅度的趋势性下降与上升变化与年降水量变化的关系也可表现出来。因此认为流量的突降—突升变化是人为引起的这一假设有其合理性。

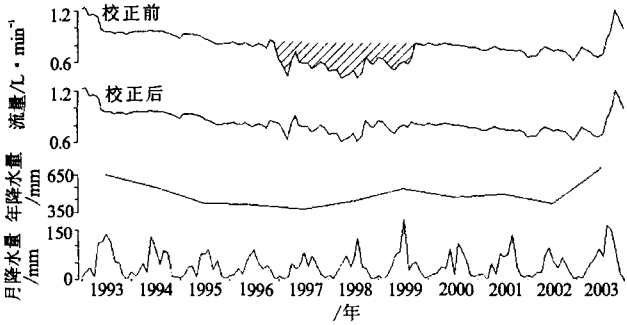


图 4 武山 1 号泉流量和降水量变化曲线图
Fig. 4 Change curves of outflow and rainfall in No. 1 spring at wushan station.

另外,在流量下降时间内还断续观察到水中有大量气泡溢出,故用“容积法”测流量其结果自然会减小。因此 1997 年 1 月—1999 年 10 月流量变化是人为堵塞和水中含有大量气体双重作用的结果。

2003 年 7 月以后 1 号泉流量大幅度增加(图 3)。从当地的降水量分布来看,2002、2003 年 1—7 月降水为 264 mm、291 mm,8—10 月降水为 134 mm、393 mm。看出流量与降水关系非常密切,因此 1 号泉流量突增是由降水集中引起的。

4 O₂ + Ar、N₂、He 变化及其原因

1997 年 1 月—1999 年 10 月,1 号泉 O₂ + Ar、N₂、He 的百分含量出现同步大幅度变化,其中 O₂ + Ar 含量增加,N₂、He 含量减少。特别值得注意的是,O₂ + Ar 等气体组分变化与流量变化一致(图 3)。从日测值来看,O₂ + Ar、N₂、He 百分含量与流量也呈出同步阶状型变化,其变化的开始和结束都是大幅度、短时间的,发生时间为一天。

依据气体与流量变化的完全同步关系和 1 号泉的采样特点(泉水流满采样瓶需几分钟,再冲流几分钟),可推断 O₂ + Ar 等变化的原因与流量的“突降—突升”有直接的关系,即 O₂ + Ar、N₂、He 含量变化可能与流量大小、冲流时间长短和泉水中含有大量气体有关。本文采用试验方法对这种推断进行了验证。

4.1 流量变化对 O₂ + Ar、N₂、He 的影响及其特点

试验 1 是:在正常流量下和人为减小流量后分别进行采样,测试 O₂ + Ar 等气体含量(表 1)。试验结果表明,流量改变对气体组分含量有明显的影响。从表 1 可知,人为减小流量 0.23 L/min,日常观测流量减少量为 0.21 L/min,两者下降的幅度接近;而人为减小流量与日常观测中出现的减少流量两者所引起的变化结果是,气体组分上升或下降的方向性一致,但上升与下降幅度差别较大,尤其是 O₂ + Ar 和 He。

依据试验和日常观测的结果,可归纳出流量影响的特点:流量减小,O₂ + Ar 百分含量增加,而 N₂ 及 He 百分含量减少;反之,流量增加,O₂ + Ar 百分含量减小,N₂ 及 He 百分含量增加。

4.2 冲流时间对 O₂ + Ar、N₂、He 的影响及其特点

在泉水流量不改变的情况下,人为改变冲流时间来检验对气体组分的影响(试验 2)。泉水流满采样瓶需 5.4 分钟,取正常观测样和试验样时冲流时间分别为 5.4 分钟和 1 分钟。其结果和试验 1 近似(表 1),因此冲流时间长短是影响气体组分变化的因素之一。

冲流时间影响其变化的特点是:在流量不变的情况下,冲流时间延长,O₂ + Ar 百分含量增加,N₂ 及 He 百分含量减少。

4.3 泉水中混入空气对 O₂ + Ar、N₂、He 的影响

在试验 3 过程中模拟观察到的气泡溢出现象,采样时人为使少量空气和泉水同时流入采样瓶,然

表 1 流量、冲流时间、混入空气与 O₂ + Ar、N₂、He 变化关系

时间	流量/L · min ⁻¹		O ₂ + Ar/%		N ₂ /%		He/%	
	观测值	变化量	观测值	变化量	观测值	变化量	观测值	变化量
日常观测	1996 年 12 月	0.84	7.69		91.1		0.19	
	1997 年 1 月	0.63	11.08	+3.39	81.6	-3.5	0.15	-0.04
试验 1	2006 年	0.98	12.9		86.7		0.16	
	3 月 11 日	0.75	13.8	+0.9	83.8	-2.9	0.15	-0.01
试验 2	2006 年	冲流 5.4 分	13.4		86.8		0.16	
	3 月 9 日	冲流 1 分	14.6	+1.2	83.0	-3.8	0.14	-0.02
试验 3	2005 年	1.03	9.2		90.1		0.17	
	9 月 12 日	0.75(少量空气进入采样瓶)	10.4	+1.2	88.7	-1.4	0.16	-0.01

后将试验结果与正常观测结果对比,发现其变化与日常观测及试验1、2完全一致。

由于 O_2 、 N_2 分别占空气体积的 20.946%、78.084%^[4],溶于水的溶解度分别为 4×10^{-3} 、 1.7×10^{-3} ^[5](此溶解度是在 25℃下,100 g 水中溶解物质的克数)。空气中的 O_2 百分含量比 1 号泉气体中的 O_2 百分含量高将近 1 倍,所以泉水中混入空气 $O_2 + Ar$ 百分含量就增加;同理, N_2 百分含量则减少。试验结果是完全符合理论规律的。

5 主要认识

(1) 我们进行了多次试验,本文中列出的结果为多次试验的代表。在测试过程中操作规范,平行样观测误差非常小,不存在偶然性,可信度较高。

(2) 试验结果表明,流量减小、冲流时间延长以及泉水中混入气体,是 $O_2 + Ar$ 、 N_2 及 He 百分含量的主要影响因素。

(3) 1997 年 1 月—1999 年 10 月 1 号泉 $O_2 + Ar$ 、 N_2 、He 百分含量变化是由于流量和冲流时间的变化、水中含有大量气体所引起的。而水中为何有大量的气体有待进一步探索。从试验结果看,该气

体与空气成分接近,有可能是空气的混入。

(4) 2003 年 2 月以来 1 号泉 $O_2 + Ar$ 、 N_2 、He 百分含量大幅度同步上升。此段时间 1 号泉及周围没有干扰因素,仪器工作正常,操作规范。2003 年 11 月 13 日发生岷县 $M_s 5.2$ 地震,此次地震距 1 号泉为 100 km。认为该变化为地震前兆异常^[6]。

本文在撰写过程中得到河北地震局王吉易研究员的热情指导,在此表示衷心感谢!

[参考文献]

- [1] 王长岭,张慧,张世琴,等.不同深度断层气氧、汞等的稳定性研究及其潮汐波分量[J].西北地震学报,1994,(16)3:118-124.
- [2] 杨兴悦,王燕,闫万生,等.武山 22 号井水氡中期异常与地震关系的探讨[J].西北地震学报,2006,(28)4:378-380.
- [3] 张新基,赵仪全,刘耀伟,等.甘肃省地震监测志[M].兰州:兰州大学出版社,2005:92-96.
- [4] 国家地震局科技监测司.地震地下流体观测技术[M].北京:地震出版社,1995:4.
- [5] 中南矿冶学院分析化学教研室,等.化学分析手册[M].北京:科学出版社,1984:245-78.
- [6] 张炜,王吉易,鄂秀满,等.水文地球化学预报地震的原理与方法[M].北京:教育科学出版社,1988:30-31.