

嘉峪关南 5.4 级地震的断层 气体前兆研究*

何跟巧 常秋君 郭玉英
宋玉兰 程天德 蒋永林

(国家地震局兰州地震研究所, 兰州 730000)

摘要 本文对嘉峪关南 5.4 级地震前嘉峪关观测点观测的断层气组分氦、汞、氢的异常进行了分析研究, 并通过与跨断层水准测量及地震活动性的对比分析, 证实了上述异常确系 5.4 级地震的前兆反映。本文还对该观测点的地质构造特征进行了研究, 认为其所处的构造部位对多方式力源有敏感性。

关键词: 断层气; 地震前兆; 嘉峪关

1992 年 1 月 12 日在甘肃嘉峪关南(北纬 39°45', 东经 98°19')发生了 5.4 级地震。地震前嘉峪关、山丹、古浪三个观测点的 8 个项次的断层气组分测值出现异常。嘉峪关测点的异常尤为突出, 因此, 本文着重对该观测点的断层气体异常特征及有关问题进行讨论。

1 断层气体前兆异常概况

本文所采用的资料都经过数学处理, 用多元逐步回归分析方法排除了气温、气压等气象因素干扰。对异常的判别标准是, 以多年资料的平均值为基值, 超出基值二倍均方差范围的即视为异常。

1.1 嘉峪关断层气体前兆异常

嘉峪关观测点距震中约 20km。地震前, 断层气 R_n 、 Hg 、 H_2 、 He 和 Ne 五种微量气体组份出现异常, 见表 1。

断层气氦的异常持续 414 天, 表现为负异常, 即测值呈下降变化。1991 年 5 月—12 月异常比较集中, 而 10 月 29 日—12 月 31 日期间的突变频次更高。12 月 30 日、31 日测值分别出现幅度为 42.3% 和 40.3% 的突降变化, 此后气氦变化平稳(直到 1992 年 5 月), 1 月 12 日发震, 可见上述突变是临震信息, 见图 1、图 2。

断层气汞异常持续 240 天, 突变集中及频次高是气汞异常的突出特点。在整个异常时段共出现 30 次突变, 1991 年 5 月 14 日—8 月 2 日气汞的突变次数占总数的 93%。最大突变点出现于 1991 年 6 月 17 日, 测值上升幅度为 973%。1991 年 11 月以后气汞测值正常, 异常结束较早(图 1, 图 2)。

断层气氢的异常持续 419 天, 64% 突变集中在 1991 年 7 月 6 日—8 月 14 日, 最大突变点出现于 4 月 16 日, 上升幅度为 608%。1991 年 12 月 22 日出现幅度为 494% 突跳, 此后氢的变化平稳, 可

* 地震科学联合基金及气体地球化学国家重点实验室资助项目。

以认为在发震前 20 天出现的这一突变是临震信息(图 1、图 2)。

表 1 嘉峪关南 5.4 级地震的断层气体前兆异常

观测点 异常组份 项目	嘉 峪 关				山 丹	古 浪	
	R _n	H _g	H ₂	He、Ne	R _n	H _g	H ₂
震中距(km)	20				280	480	
异常开始时间	1990 年 11 月 1 日	1991 年 2 月 23 日	1990 年 11 月 6 日	1991 年 10 月 15 日	1991 年 12 月 27 日	1991 年 11 月 28 日	1991 年 11 月 20 日
异常持续时间 (天)	414	240	419	1	9	1	7
异常频次(次)	24	30	17	1	3	1	2
最大异常出现时 间及幅度(%)	1991 年 7 月 23 日 下降 73.1	1991 年 6 月 17 日 上升 973	1991 年 4 月 16 日 上升 608	He 上升 407 Ne 上升 121	1990 年 12 月 27 日 上升 43.0	上升 424	1991 年 11 月 26 日 上升 676
异 常 特 征	都为负 异常	突跳	突跳	单点突跳	突跳	单点突跳	突跳
异常集中时段	1991 年 5 月至 12 月	1991 年 5 月—8 月	1991 年 7 月—8 月				
临 震 信 息	震前 11 天 突降	震前 71 天 突跳	震前 20 天 突跳		震前 8 天 突跳	震前 45 天 突跳	震前 47 天 突跳

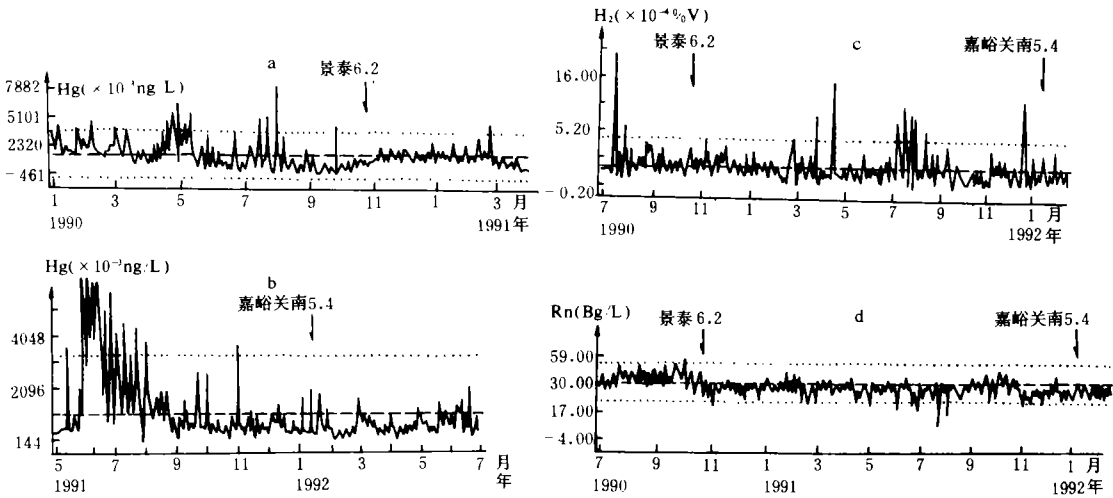


图 1 嘉峪关断层气异常变化与地震
a、b. Hg； c. H₂； D. Rn

Fig. 1 Earthquakes and anomalous changes of fault-gases in Jiayuguan

1991 年 10 月 15 日嘉峪关断层气氦、氖测值同时出现罕见的突跳;氦测值的上升幅度为

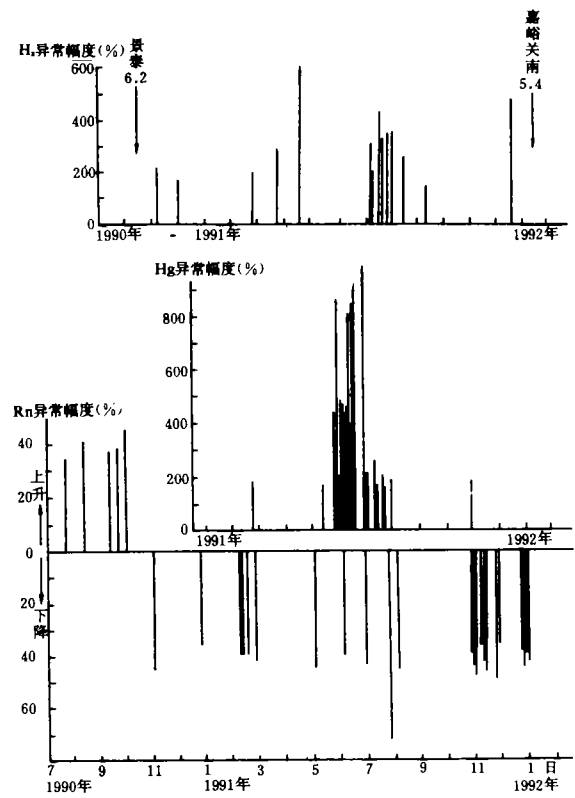


图 2 嘉峪关断层气幅频变化图

Fig. 2 Changes of amplitude-frequency of fault-gases in Jiayuguan

407%、氦测值的上升幅度为 121%，见图 3。氦、氩都是地壳深部元素，所以它们的突跳是重要前兆。

1.2 山丹、古浪断层气体前兆异常

山丹断层气观测点距震中 280km。1991 年 12 月 27 日该测点气氩测值在平静多时后出现单点突跳，上升幅度为 43%，见表 1。这一突变正好处于嘉峪关断层气氩 12 月 25 日—31 日的连续突变时段，也与 12 月 22 日断层气氩的突变相呼应。1992 年 1 月 2 日、4 日气氩测值又出现幅度为 18.4%和 17.5%的突跳。

古浪观测点距震中 480km。1991 年 11 月 28 日该测点断层气汞测值出现幅度为 424%的单点突跳，氦测值于 1991 年 11 月 20 日和 26 日出现两次突跳，其中 26 日的上升幅度为 676%，见表 1。该时段古浪附近没有发生地震，而且汞和氦测值的突变与嘉峪关测点氩测值异常相呼应，所以也认为是嘉峪关 5.4 级地震的前兆。

2 断层气异常与跨断层水准测量和地震活动性的对比研究

为了对嘉峪关断层气异常作进一步研

究，将其与跨断层水准测量和地震活动性作出了对比分析。

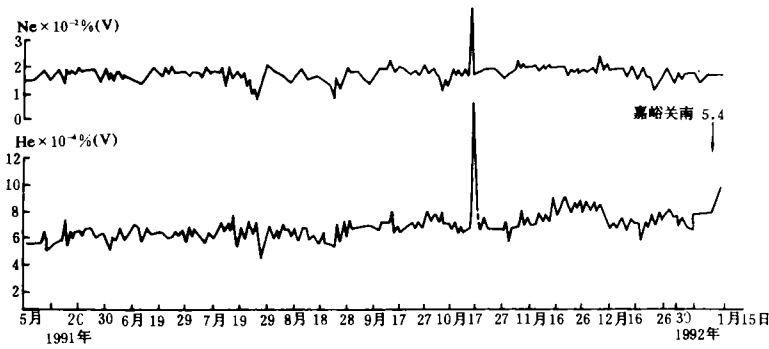


图 3 嘉峪关断层气氦、氩日变图

Fig. 3 Daily changes of fault gases He and Ne in Jiayuguan

2.1 跨断层水准测量

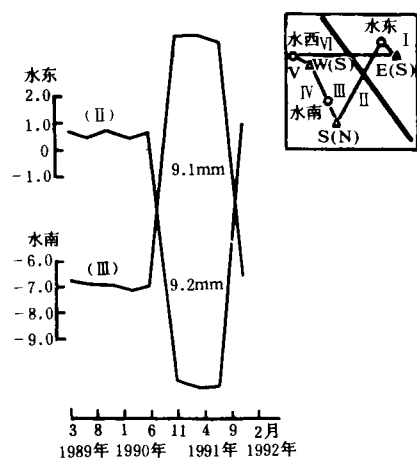


图4 嘉峪关跨断层水准实测结果

Fig. 4 Results of mobile leveling survey across faults in Jiayuguan

图4为国家地震局第二形态监测中心在嘉峪关进行的跨断层水准测量结果。如图4所示,1990年7月水东下降、水南上升,11月水准测量开始持平。断层气氦在1990年7月22日至10月2日出现正异常,笔者认为此异常在时间上正好与1990年10月20日景泰6.2级地震相呼应,见图2。从11月1日开始,气氦测值由正异常转为负异常,气氦异常也开始出现。1991年7月水准测量开始转折,此时段,断层气汞的变化幅度和频次急剧上升,氢的变化频次加大,氦出现最大突降点。1991年11月水准测量基本恢复,断层气汞及氢的变化趋于平稳,而气氦从10月29日开始出现高频次的变化,10月15日深部气体氦、氦出现罕见的同步突跳。

从上述对比看出,断层气体的变化与跨断层水准测量结果呈现较好的对应关系。可以认为,断层气体的异常变化是由于断层活动所引起,所以这个异常应该是嘉峪关南5.4级地震的前兆。

2.2 地震活动性

1991年5—7月和10月下旬至12月酒泉以西地区的小震活动有明显增强。这与断层气氦的异常时段也基本吻合。另外,小震调制比在1990年6月至1991年9月也有一异常时段,因为在1990年10月景泰6.2级地震后异常仍然持续,所以很多专家认为这与嘉峪关南5.4级地震有关。

嘉峪关断层气体的异常时间虽长,但景泰地震后断层气汞和氢都恢复正常,氦也出现短暂平静。从1990年11月开始,氦出现负异常,氢出现突跳,所以嘉峪关南5.4级地震的断层气体前兆异常应从此开始。可见,由于断层气体对应应力应变反映十分灵敏,所以从异常时间及异常形态的变化上把两次地震异常作了明显划分。

已有大量研究表明,水化组份的异常变化与地震活动性有密切关系,所以嘉峪关断层气体的阶段性变化应该与地震的孕育过程有关。而异常主要在嘉峪关断裂集中的事实正说明断层气从时间和空间上都对嘉峪关南5.4级地震作出了很好的反映。

3 嘉峪关断层气体异常特征综合分析

3.1 嘉峪关断层气体的映震能力

从上面介绍看出,嘉峪关南5.4级地震前,嘉峪关断层气所显示的中期、短期及临震信息都十分突出。这当然与观测点位于发震断裂、距震中仅20km有一定关系。但除此之外,还有多次距离较远,与观测点也不在同一断裂的震例。如在1990年1月14日青海茫崖6.7级地震前(震中距600km)嘉峪关断层气氦的持续异常时间达355天,汞的持续异常时间达371天,临震信息也比较明显;1990年4月26日青海共和6.9级地震前(震中距400km)嘉峪关断层气汞的持续异常达135天,震前9小时出现突变;1990年10月20日甘肃景泰6.2级地震(震中距520km)及1991年1月2日青海祁连5.1级地震(震中距260km)前嘉峪关断层气氦、氢、汞也都出现较长时间异常变化。

嘉峪关断层气1988年10月正式投入观测,事实表明嘉峪关断层气异常对1989年9月—1992年1月期间所发生的多次中强以上地震都有程度不同的反映,可见嘉峪关断层气有良好的映震能

力,即灵敏的应变性能。

3.2 嘉峪关断层气观测点的地质构造特征

嘉峪关断层气观测点为什么具有灵敏的映震性能,有必要对观测点所处的地质构造部位进行分析研究。

嘉峪关观测点位于嘉峪关断裂的嘉峪关城楼附近。观测井深 2.4m,建于 1987 年 12 月。观测点构造剖面如图 5 所示。

嘉峪关断裂全长 70km。总体呈北 35—40° 西方向展布,倾向西南,倾角 73—85°。在地貌上断裂表现为西高东低的陡坎,所见断层和物探资料表明,断层沿此陡坎延伸。断裂中段的活动性较强(观测点在此段),以逆倾滑动为主并兼有左旋扭动的特征。嘉峪关断裂在区域构造格局上,横跨酒泉盆地,又介于阿拉善断块南缘超壳断裂带和祁连山北缘超壳断裂带之间。这种特殊部位对多方式力源都有敏感性。不论是青藏块体向北推挤,或是南北两块体相互拉张运动,该断裂都会直接

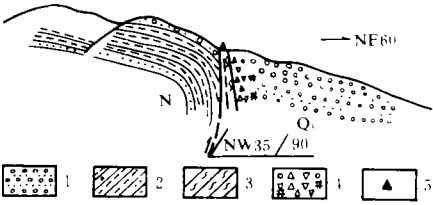


图 5 嘉峪关观测点断层剖面示意图
1. 砾石层; 2. 泥砂及砂岩; 3. 黑色断层泥;
4. 破碎带; 5. 观测点

Fig. 5 Fault profile at Jiayuguan observation point

直接或间接受到影响而出现滑动、位错,见图 6。

考察发现,嘉峪关城楼地段的断层气氦、汞、氢都高于其它地段。说明该地段断层的现今活动性比其它地段要强。

从上面介绍看出,正由于观测点处于这样的对多方式力源有敏感性的断层,所以不论对发生在本断裂的地震,还是较远距离(600km 左右)的地震都有获取地震前兆信息的可能。这也就是嘉峪关断层气对地震有灵敏反映的原因。

4 几点认识

(1)对不同研究的震前异常作对比分析是进行地震预报的好方法。比如嘉峪关断层气异常与跨断层水准测量结果的对照,不仅说明两项异常的可靠性,而且也起了相互引证的作用:嘉峪关断层的垂直错动必然影响断层气体的正常逸出;而从断层气体变化可以反映断层现今活动性这一特征分析,嘉峪关断层气氦、汞、氢的变化也正是该断裂的垂直或走滑错动的结果。进一步分析则还会认识到,由于断层气体的异常主要集中在嘉峪关,加之还有嘉峪关跨断层水准测量所反映的断裂垂直错动的结果,因此就不难得出将在嘉峪关断裂发生地震的论断。

(2)断层气体中氦、氮的测值在通常情况下仅与空气中含量相当。景泰 6.2 级地震前在位于发震断裂的固原及其附近测到过氦、氮高值,嘉峪关南 5.4 级地震前又在位于发震断裂的嘉峪关测到氦、氮突跳。氦、氮是地球深部元素,所以氦、氮突跳的出现决非偶然事件,而是该断裂强烈活动的反

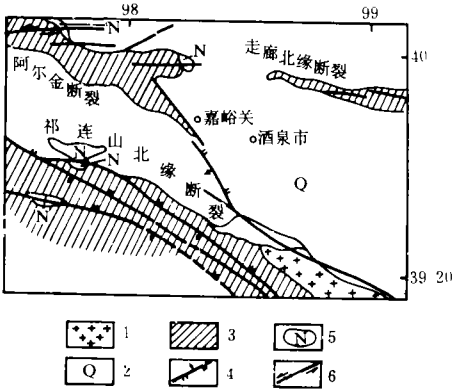


图 6 嘉峪关地区地质构造略图
1. 花岗岩; 2. 第四系; 3. 基岩区;
4. 逆断层; 5. 新第三系; 6. 走滑断层

Fig. 6 Geological structures in Jiayuguan region

映,也是该断裂及其附近即将发生中强以上地震的重要前兆。

(3)嘉峪关南 5.4 级地震前,断层气异常主要反映在位于发震断裂、距震中仅 20km 的嘉峪关观测点。尽管异常持续时间不短,异常组份也多,但异常变化幅度并不太高。这与茫崖 6.7、共和 6.9 级等 6 级以上强震相比较,在异常幅度及异常范围上都有较大差别。可见断层气对 6 级以上强震和 5 级左右中强震的反映特征有明显区别。这一特征将为未来地震震级的判断提供依据。

断层气观测是一种地震短临预报新方法。投入试验观测时间虽短,但已获得了多次 5 级以上中强和强震的震例。所以在加强断层气观测、深入开展机理研究的基础上,该方法有可能在地震预报中发挥作用。

(本文 1993 年 7 月 14 日收到)

参 考 文 献

- 1 毛可,等. 1992 年元月 12 日嘉峪关 5.4 级地震的前兆异常及短临预报. 西北地震学报,1993,15(1).
- 2 何跟巧,常秋君,等. 茫崖共和地震与断层气体异常. 内陆地震,1990,4(4).
- 3 何跟巧,常秋君,等. 甘肃景泰 6.2 级地震的断层气体前兆研究. 西北地震学报,1992,14(增刊).
- 4 何跟巧,等. 阿尔金断裂微量气体分布与断层现今活动性研究. 西北地震学报,1989,11(1).
- 5 张炜,等. 水文地球化学预报地震的原理与方法. 北京:教育科学出版社,1988.

ON THE FAULT-GAS PRECURSOR OF THE SOUTH JIAYUGUAN M5.4 EARTHQUAKE

He Genqiao, Chang QiuJun, Guo Yuying,

Song Yulan, Cheng Tiande and Jiang Yonglin

(*Earthquake Research Institute of Lanzhou, SSB, China*)

Abstract

In this paper, we introduced the anomalies of fault-gases Rn, Hg and H₂ at Jiayuguan station before the south Jiayuguan M5.4 earthquake. By comparing with the seismicity and leveling survey across the faults, it is shown that the anomalies are indeed the precursor of this earthquake. By studying the features of geological structures at the observation point, it is considered that Jiayuguan fault-gases correspond well to many earthquake because the point is situated in the position where the structures are sensitive to multi-way force sources.

Key Words: Fault-gas; Precursor; Jiayuguan