

断层气体的动态变化与地震

何跟巧 常秋君 郭玉英 宋玉兰

(国家地震局兰州地震研究所)

摘要

本文介绍了1986年以来在一些活断层上进行断层气体定点观测研究的有关情况及其结果。1987年以来发生在甘肃西部的5次4.5级以上地震前均观测到了断层气体的动态异常变化。地震前断层气体的动态异常表现出变化幅度大, 临震异常突出, 多种气体组份同步变化等特点。一个五级左右地震的前兆反映范围可达500多公里。作者认为该方法适宜于在地震危险区进行临震监测。

1986年对阿尔金断裂进行气体地球化学观察时, 曾在阿克赛长草沟断层作了断层气体连续观测试验。发现 R_n 、 H_2 、 CO_2 、 H_2 的两次突跳正好与8月26日门源6.4级地震和9月17日门源5.7级地震相对应^[1, 2]。为了进一步验证这一事实, 1987年9月又在该地进行了上述实验。观测期间于9月12日发生了张掖西武当4.5级地震。地震前 R_n 、 H_2 、 CO_2 、 H_2 等出现同步异常。1988年以来, 我们在西北地区一些活动断裂上进行了断层气体定点观测的系统研究, 对断层气体的动态变化与地震的对应关系作了深入探讨。本文介绍了部份研究结果。

一、断层气体观测的基本情况

自1986年以来, 逐步在一些断层上建立了断层气观测点。它们是阿尔金断裂上的阿克赛长草沟测点, 嘉峪关断裂上的嘉峪关测点、龙首山断裂上的山丹红寺湖测点, 黄羊川断裂上的古浪十八里堡测点及海原断裂的硝口段测点。上述观测点经地质宏观考察确认是在该断裂的活动性较强的地段上。建点前又进一步作了断层气体地球化学考察。

建点位置选好后, 挖一个2—3米深的井孔, 埋设集气、导气装置, 然后封闭井孔, 仅留导气管于地面。用抽成负压的扩散瓶接通导气管, 即可采集到断层气体。

对断层气 R_n 采用“注入法”在FD—125氦钽分析仪上测试, H_2 用JM—3型数字金膜测汞仪测试; H_2 用日本产AFG—550型断层气分析仪测试, CO_2 用SP—2305气相色谱仪测试。

五个观测点中, 长草沟点观测开始于1986年, 1988年对井孔进一步改造后基本定型。嘉峪关、红寺湖、十八里堡观测点分别于1988年底和1989年初正式观测。硝口观测点于1989年9月开始观测。各观测点定时采样, 定时观测, 同时对采样点的气温、气压、降雨、风速及

观测室的温度、气压、湿度等作详细记录。

二、几次地震前断层气体的动态变化特征

长期观测表明，在无震时期， R_n 、 H_2 、 CO_2 、 H_g 等断层微量气体测值都在较小的范

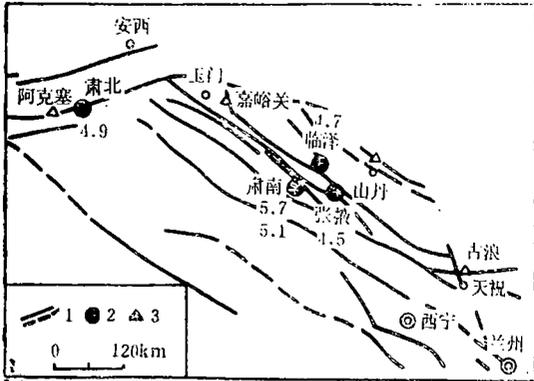


图1 断层气观测点及震中位置示意图
 1. 实测、推测活动断裂 2. 震中 3. 观测台
 Fig. 1 The distribution of fault gas observation points and epicenters

围内波动变化。目前还没有发现降雨、气温、气压等因素对断层气观测的明显影响。在1987—1989年观测期间，甘肃西部发生了几次4.5级以上地震，在这些地震前， R_n 、 H_2 、 CO_2 、 H_g 等断层微量气体组份的变化幅度显著增大。断层气观测点及震中位置见图1。

1. 1987年9月12日张掖西武当4.5级地震

该次地震震中与长草沟观测点相距约510公里。地震前， R_n 、 H_2 、 CO_2 、 H_g 四种断层气体出现了同步上升变化，见图2、表1。从图2、表1看出 H_g 、 H_2 的变化幅度较大，尤其是 H_g ，虽然因故停测几天，但震前的跳跃式变化和震后的下降变化仍然十分突出。 CO_2 和 R_n 分别出现趋势性上升和突跳变化。

根据四种气体组份的同步异常情况，震前曾做了较好的预报〔8〕。

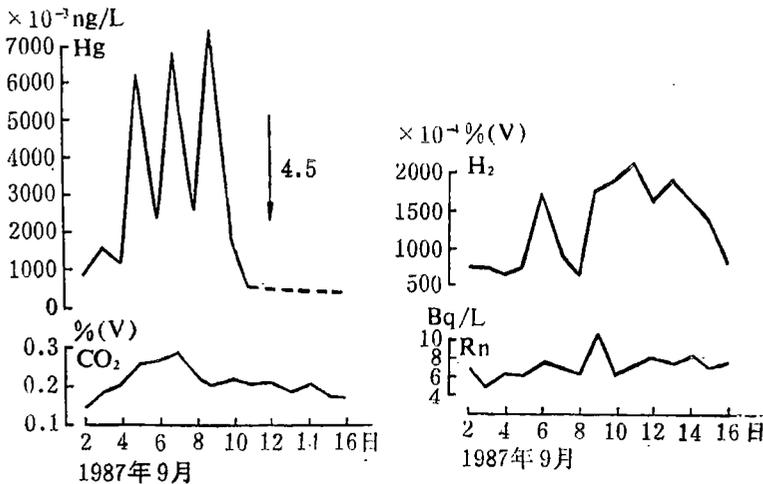


图2 张掖地震前长草沟断层气变化
 Fig. 2 Fault gas variation in Changcaogou before the Zhangye earthquake

2. 1988年肃南及临泽地震

1988年11月22日、12月4日在肃南先后发生了5.7和5.1级地震，12月26日又在临泽发生

表1 长草沟断层气动态变化与地震

发震地点 震级 (M _s)	变化情况 气体组份	异常 间时 (天)	异常幅度	异常特征	震后变化
张掖西武当 4.5级	R _n	7	突跳75%	在缓慢上升的背景上突跳	比基值略有升高
	H ₂	9	升高3倍	大幅度突跳和升高	震后恢复正常
	CO ₂	4	上升30%	趋势性上升	震后恢复正常
	H ₂	6	升高8倍	大幅度起落	震后恢复正常
肃南5.7级	R _n	1	突降72%	突降、恢复正常后发震	震后恢复正常
肃南5.1级	R _n			受前后两次地震影响, R _n 值呈高值波动	
临泽4.7级	R _n		突降77%	出现两次突降后又显示高值波动	震后又出现突降, 12月29日丰民乐发生5.0级地震

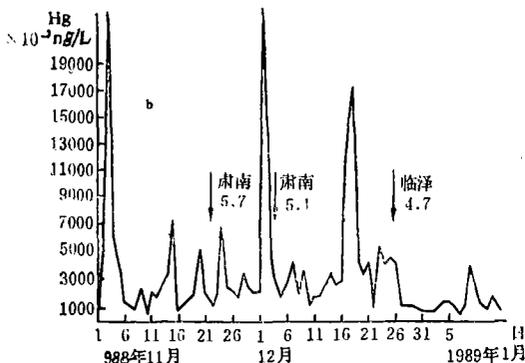
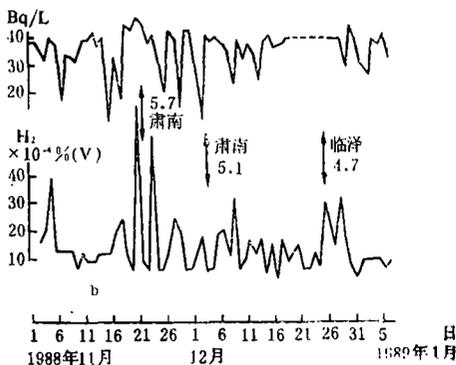
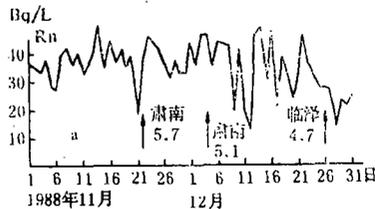


图3 肃南、临泽地震前长草沟和十八里堡测点断层气变化
a.长草沟 b.十八里堡

Fig. 8 Fault gas variation in Changcaogou and Shibalipu before the Sunan and Linze earthquakes

了4.7级地震。地震前长草沟和十八里堡两个观测点的R_n、H₂、H₂等断层气组份出现明显动态异常, 见图3。

(1) 长草沟测点R_n的变化

肃南地震和临泽地震距长草沟测点分别为460公里和500公里。10月份R_n测值较为平稳(均值为36.4Bq/L)。11月测值变化幅度增大并出现上升趋势。11月21日突降为17.1Bq/L, 22日又回升至36.2Bq/L。肃南5.7级地震发生在测值回升阶段。12月4日肃南5.1级地震发生在R_n的高值段。从12月8日开始, R_n值出现大幅度跳跃式变化, 9日、12日先后两次出现突降, 12日R_n的下降幅度达77%。14天后发生临泽地震(图3a、表1)。

(2) 十八里堡测点R_n、H₂、H₂的变化

该观测点1988年10月的R_n、H₂、H₂测值基本稳定。11月份H₂和H₂测值出现大幅度突跳, R_n测值出现突降, 呈现了同步异常。这些异常变化都对应了肃南和临泽地震。十八里堡测点距肃南地震325公里, 距临泽地震300公里。由于震中距较近, 所以断层气的临震突变更为明显。在肃南5.7级地震前H₂测值升高了15倍(图3b, 表2)。

3.1989年9月21日肃北4.9级地震

表2 十八里堡断层气动态变化与地震

发震地点 震级(M _s)	变化情况		异常 时间 (天)	异常幅度	异常特征	震后变化
	气体组份					
肃南5.7级	R _n		15	突降103%	三次突降后在高值发震	第二个异常开始
	H ₂		16	突跳100%	三次突跳后在低值发震	第二个异常开始
	H _g		20	升高15倍	突 跳	波动下降
肃南5.1级	R _n		12	突降95%	三次突降后上升并发震	
	H ₂		7	突跳92%	突跳、下降后在正常值发震	新异常开始
	H _g		3	升高15倍	突 跳	迅速下降
临泽4.7级	H ₂		22	上升45%	出现两次突跳, 在高值发震	震后再次出现突跳后恢复正常
	H _g		4	升高11倍	突 跳	下降, 恢复正常

震前长草沟、嘉峪关、红寺湖、十八里堡4个观测点的断层气都出现了不同程度的异常, 见图4、表3。

(1) 长草沟测点R_n的变化

受年变影响, 长草沟测点R_n在4—7月呈低浓度值, 8月开始回升。1989年8月, R_n测值在正常变化背景下于23日出现突跳, 上升幅度为66%。24日测值下降, 25日后R_n日测值变化幅度加大。9月21日凌晨肃北发生4.9级地震, 震中距为240公里。地震发生后10小时采样测得R_n值突降134%。长草沟测点R_n在肃北地震前后的异常以突变为特征(图4a), 尤其是临震前的突变持续时间更短。9月20日10时R_n测值正常, 14小时后发生地震, 震后10小时R_n测值突降, 震后34小时即9月22日10时R_n测值恢复正常(图4a)。

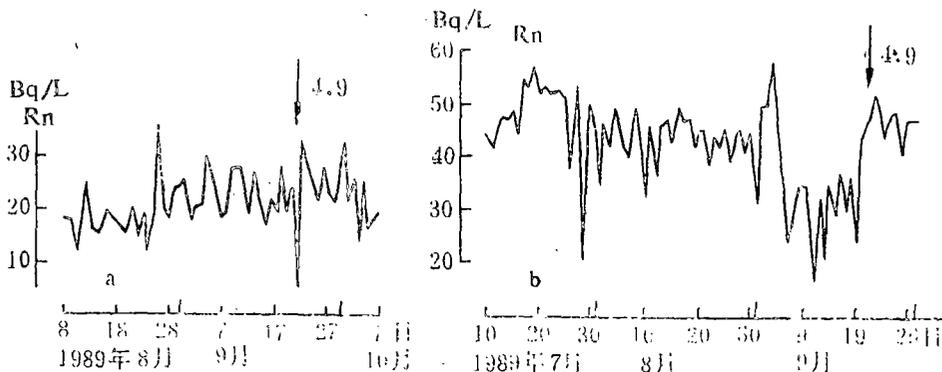


图4 肃北地震前长草沟和嘉峪关测点断层气变化

a. 长草沟 b. 嘉峪关

Fig.4 Fault gas variation in Changcaogou and Jiayuguan before the Subei earthquake

(2) 嘉峪关测点R_n的变化

该测点R_n于1989年7月初出现上升趋势, 7月25日开始下降, 28日达最低值。29日上升后呈平缓变化。从9月1日起R_n连续3天出现高值, 然后急速下降, 连续15天在低值处

呈波动变化。9月11日达最低值，下降幅度为80%。9月20日 R_n 值上升，21日基本恢复正常时发生肃北4.9级地震（图4b）。震中距为120公里。根据 R_n 的变化，嘉峪关地震台对该次地震作了较准确的预报。

(3) 红寺湖测点 R_n 、 H_2 的变化

该测点距肃北地震360公里。地震前 R_n 、 H_2 测值出现同步异常。8月中旬 H_2 首先出现两次突跳，其中8月19日的突跳幅度为108%。8月26日以后 H_2 测值逐渐下降。 R_n 测值在8月22日、28日和9月7日先后3次突降，并且一次比一次幅度大，9月7日的下降幅度达107%。14天后发生肃北4.9级地震。发震时 R_n 、 H_2 测值都已恢复正常（图5a）。

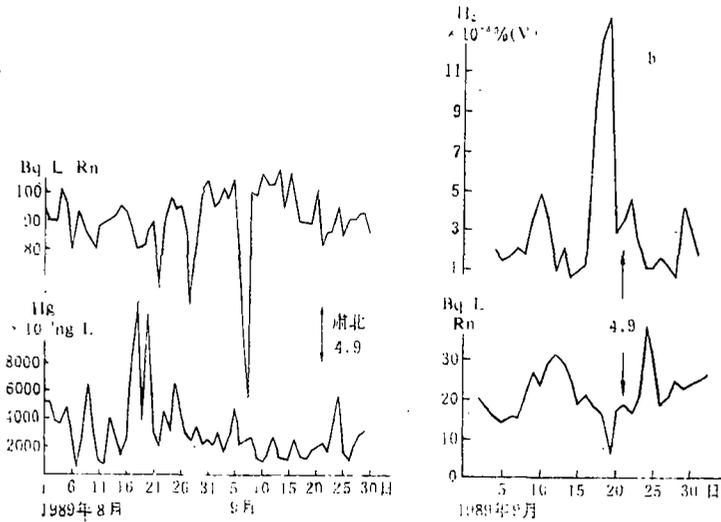


图5 肃北地震前红寺湖和十八里堡测点断层气变化

a. 红寺湖 b. 十八里堡

Fig. 5 Fault gas variation in Hongsihu and Shibalipu before the Subei earthquake

(4) 十八里堡测点 R_n 、 H_2 、 H_2 的变化

肃北地震前十八里堡测点 H_2 测值基本稳定，9月22日即地震发生一天之后， H_2 出现高于月均值12倍的突跳。 H_2 测值于9月17—19日连续上升，19日上升幅度为105%。 R_n 测值在9月中旬形成较短的上升趋势后于9月19日突降，幅度达108%。 H_2 测值的上升和 R_n 测值下降的最大幅度出现在同一天。9月21日肃北地震发生时 R_n 测值在上升中，而 H_2 测值已恢复正常。该观测点与震中相距520公里（图5b）。

硝口观测点于1989年9月1日正式开始观测。11月2日固原5.1级地震前断层气 R_n 、 CO_2 测值都有异常反映。详细情况将另作介绍。

根据图2—5及表1—3可将断层气动态变化特征归纳如下：

(1) 多种气体组份同步异常

地震前断层气体动态变化的一个很突出的特点就是多种气体组份出现同步异常。如1986年两次门源地震和1987年张掖地震前长草沟测点的 R_n 、 H_2 、 CO_2 和 H_2 四种气体的同步异常；1988年肃南和临泽地震前十八里堡测点 R_n 、 H_2 和 H_2 三种气体的同步异常；1989年肃北地震前红寺湖测点的 R_n 、 H_2 气体的同步异常等等。

(2) 趋势性异常

表3 肃北4.9级地震前后断层气体动态变化

观测点	气体组份	变化情况		异常特征	震后变化
		异常时间(天)	异常幅度		
长草沟	R_n	30	突降134%	震后突降	迅速上升恢复正常
嘉峪关	R_n	72	最大下降幅度80%	趋势性异常	已恢复正常
红寺湖	R_n	22	突降107%	三次突降, 高值波动, 恢复正常值, 发震	已恢复正常
	H_g	45	突跳108%	在大幅度高值波动的背景下出现两次突跳	震后半月恢复正常
十八里堡	R_n	18	突降108%	形成完整的上升趋势后, 突降恢复, 正常后发震	震后三月又出现突跳幅度为60%
	H_2	12	突跳105%	连续三天高值, 下降后发震	波动下降恢复正常

1989年肃北4.9级地震前嘉峪关测点 R_n 和红寺湖测点 R_n 、 H_g 测值的变化属于这一类型。异常在地震前一个月左右出现。

(3) 突发性异常

这是断层气的一种临震突变信息, 一般出现在地震前1—15天。1988年肃南地震前长草沟测点 R_n 、十八里堡测点 R_n 、 H_2 、 H_g 等气体变化都具有这种特点。它的具体表现是: 异常时间短, 突跳幅度大、恢复正常快。

三、结束语

1987年以来甘肃西部发生的5次4.5级以上地震前, 断层气体都有异常反映。这说明该方法可以用于地震的短临预报, 并可用于进行临震监测。断层气观测还具有投资少, 见效快的优点。

与水氡及其他水化学异常相比, 断层气的异常幅度更大, 临震突变更清楚。断层气与水化学前兆的机理有许多相同之处, 但是由于掌握的资料有限, 对它的认识还十分浮浅, 有待作更深入的研究。另外, 通过实际观测还发现, 每日一次的“点测”方式不能满足断层气动态观测的需要, 应开展断层气的连续观测。

总之, 用断层气体的动态变化来预报地震, 目前还处于探索阶段。断层气的正常动态及年变规律, 断层气观测中的干扰及预报中的许多具体问题还有待进一步研究。

本研究得到敦煌地办, 嘉峪关地震台, 山丹红寺湖水化站、古浪地办、固原地震台等单位的大力支持和密切合作, 部分资料系上述单位提供, 在此表示感谢。

(本文1990年1月15日收到)

参 考 文 献

- [1] 张必敦、柯跟巧等, 阿尔金断裂东北段断层气体的初步研究, 西北地震学报, Vol. 9, No. 2, 1987.
- [2] 柯跟巧、常秋君等, 阿尔金断裂微量气体分布与断层现今活动性讨论, 西北地震学报, Vol. 11, No. 1, 1989.
- [3] 常秋君等, 壤中气含量测量方法在地震前兆观测中的应用, 西北地震学报, Vol. 12, No. 3, 1990.

THE DYNAMIC VARIATION OF FAULT GASES AND EARTHQUAKES

He Genqiao, Chang Qiujun, Guo Yuying, Song Yulan
(*Earthquake Research Institute of Lanzhou, SSB, Gansu, China*)

Abstract

In this paper, the observational researches and results of fault gases at fixed points along some active faults since 1986 are introduced. The dynamic precursory variation of fault gases is observed before 5 earthquakes ($M_s \geq 4.5$) occurred in west Gansu Province since 1987. The dynamic precursors of fault gases before the earthquakes have following characteristics: variation range is wide; precursors immediately before events are prominent; the components of many kinds of gases change simultaneously, etc. For an about $M=5$ earthquake, its precursory range may reach 500 km. The authors consider that the method is suitable for monitoring immediately before event in seismic risk areas.