

# 青藏块体东北缘断层气体 异常与地震的关系

何跟巧 常秋君 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** 本文研究了青藏块体东北缘4个测点断层气体的异常变化与地震活动的关系。1992年—1993年各测点断层气组分普遍出现异常,主要表现为测值突跳、上升变化,各测点及各组份异常有明显的同步性特征。本文着重介绍了1993年10月26日托来6.0级地震前多观测点断层气体的异常情况。最后,本文还对断层气体的场效应作了初步探讨。

**主题词:** 断层气 青藏块体 地球化学异常 强震 短期预报

## 1 引言

自1987年以来,相继在青藏块体东北缘布设了4个断层气观测点,它们是:嘉峪关、山丹、古浪和固原。这4个观测点分别位于嘉峪关断裂、龙首山北缘断裂、黄羊川断裂及海原断裂上。1992年以来,上述4个观测点的断层气组份普遍出现异常,作者根据断层气体的异常,对1993年10月26日托来6.0级地震作了较成功的短期预报。本文对上述各观测点异常的判断依据作了介绍,并对断层气体的场效应作了初步探讨。

## 2 青藏块体东北缘断层气体异常

图1给出了4个断层气观测点的分布情况。下面对各观测点断层气组份的异常分别进行介绍。判断异常时,以两倍均方差为异常界线,超过此界线的即视为异常。

### 2.1 嘉峪关测点断层气异常

嘉峪关断层气氦、氢的异常变化如图2所示,图中纵坐标表示气氦的相对变化幅度,横坐标表示时间。由图2可以看出,气氦测值在1992年2—3月有一负异常显示,从6月23日开始出现正异常,此异常一直持续到1993年9月15日,历时449天,异常频次达73次。1993年5—9月的突变频次最高,8月8日突跳的最大幅度达49.4%。与嘉峪关南5.4级地震前气氦的异常情况<sup>[2]</sup>相对比,此次异常不仅在持续时间上增加了一个多月,而且异常频次也高出3倍以上。

断层气氦的异常开始于1992年3月16日并一直持续到11月20日。在此异常时段中,7月11日的突跳幅度高达1034%。虽然因1993年停测而使资料中断,但从1992年氦与氩变

• 兰州地质研究所气体地球化学国家重点实验室基金课题

化特征分析,二者的异常具有“同步性”,而且氢的异常出现更早。

断层气氮、氦也于1992年5月30日出现突跳。氮的上升幅度为440%,氦的上升幅度为70%(1993年停测)。

2.2 山丹测点断层气异常

山丹断层气氮的变化情况如图3所示。1992年1月2日和4日气氮测值出现两次突跳,3月中旬至5月中旬出现3次突降。从1992年7月7日开始,气氮测值突变频次加密并形成了3个明显的异常时段:7月7日至9月17日为第一时段,出现正异常22次;1992年11月30日至1993年5月8日为第二时段,出现负异常33次;1993年8月30日至12月16日为第三时段,出现正异常48次。此后气氮测值完全恢复正常,全部异常历时527天。

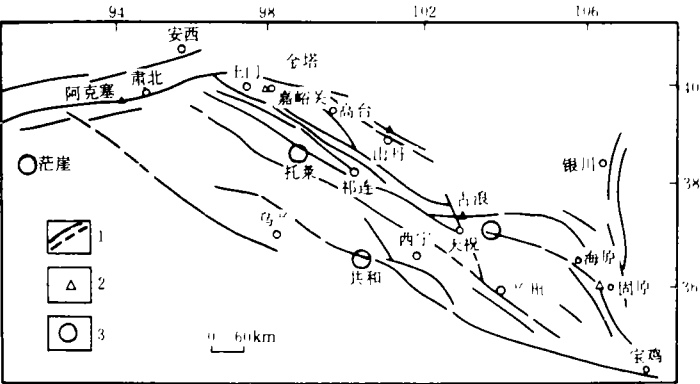


图1 断层气观测点分布示意图  
1. 实测、推测活动断裂;2. 断层气观测点;3. 震中

Fig.1 Distribution of measuring points of fault product gases.

2.3 古浪测点断层气异常

古浪断层气氮异常开始于1992年1月并持续到1994年3月。1994年断层气氮又出现大幅度异常变化,目前对古浪断层气氮仍在跟踪监测。

2.4 固原测点断层气异常

固原测点断层气氮异常变化情况如图4所示。气氮及二氧化碳测值在1992年3月出现多

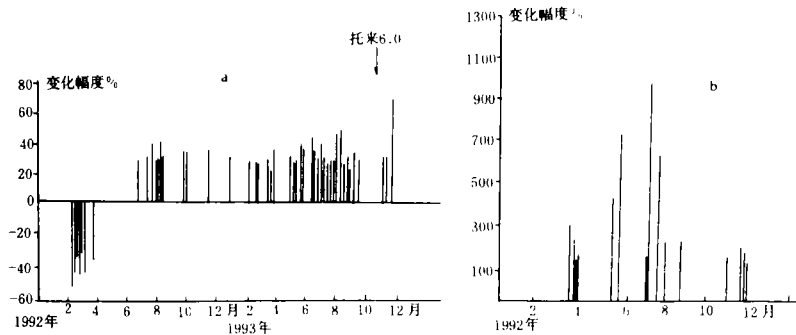


图2 嘉峪关断层气幅频变化图  
a. Rn; b. H<sub>2</sub>

Fig.2 Range-frequency variation of fault product gases at Jiayuguan.

次突跳,与嘉峪关及山丹测点气氮的变化同步。1992年6月1日至11月1日期间,气氮测值出现高频次突变,其突变频次达50次,8月15日的突变幅度高达531%。1992年11月1日以后气氮测值的突变频次截然降低,而且突变幅度也有所下降。最后一次突变出现于

1993年10月29日(10月2日至20日停测),此后气氮测值正常。二氧化碳测值在1992年6月22日至9月9日期间也出现大幅度、高频次异常变化,其中8月8日和19日的下降幅度达94%,此后出现了4个多月的平静。1993年1月25日开始又出现突变,但频次较低。在10月25日却出现了幅度高达145%的突跳,此后测值恢复正常(10月2日至20日停测)。

### 3 异常与托来6.0级地震

#### 3.1 对异常的分析 and 认识

在西起嘉峪关、东至固原长达800多公里范围内的4个断层气观测点普遍出现异常是个值得注意的现象。因为4个观测点位于青藏块体东北缘,而且它们的异常呈同步变化特征,所以该异常应该与青藏块体向北的挤压运动有关。而以往震例表明,5级左右地震不会出现如此大范围 and 长趋势的异常,因此该异常所对应的地震应该在5级以上。

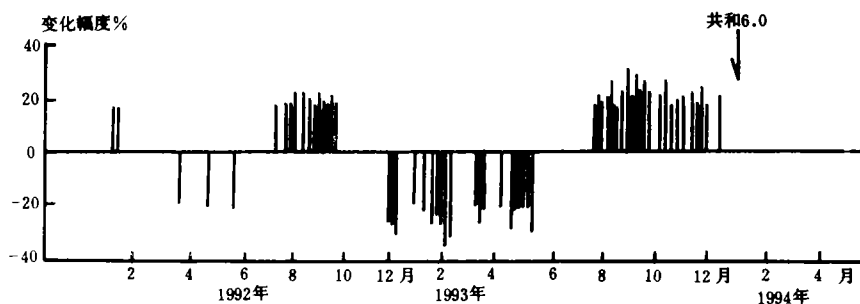


图3 山丹断层气氮幅频变化图

Fig. 3 Range-frequency variation of fault product gas Rn at Shandan.

从图2和图4还可以看出,断层气体的异常在同步变化的背景下还显示了不同的阶段性变化特征:固原观测点气氮和二氧化碳在1992年显示了高频次变化,1993年的异常频次显著下降;而嘉峪关观测点气氮在1992年异常频次较低,1993年以后异常频次逐渐增高,尤其7—9月的异常频次更高。秦保燕等同志的研究表明<sup>[4]</sup>,中强地震前,有近源区的异常出现明显起伏加剧,场区异常随时间明显衰减的规律。对比分析,嘉峪关断层气异常有近源区特征,而固原断层气异常则有场区异常特征。

作者自1986年开始断层气研究以来,在无数次测量中仅观测到4次氮和氦的突跳值,见表1。由表1看出,氮、氦测值的突跳与地震有明显的对应关系,而且地震都发生在出现氮、

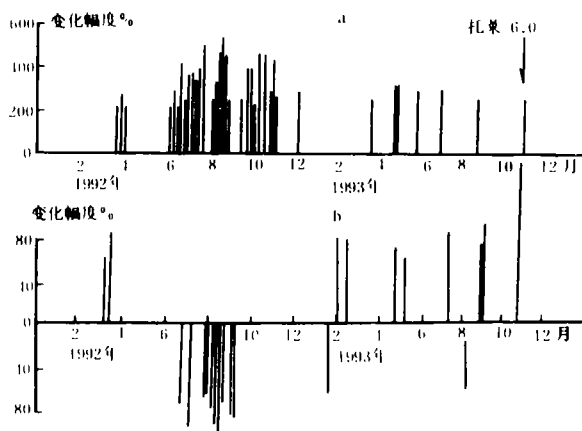


图4 固原断层气幅频变化图

Fig. 4 Range-frequency change of fault product at Guyuan.

氦突跳的测点附近。

1992年5月30日嘉峪关观测点再次出现氦和氖的突跳。以往震例表明,200 km 外的5级左右地震不出现氦、氖异常。所以该异常不应是6月21日祁连西5.1级地震的前兆,而可以与6月份以后出现的高频次氦异常和7月份氦的大幅度异常同属另一次未发地震的前兆。并且属近源区地震——嘉峪关附近地震的前兆。

对多次震例系统研究发现,断层气体的异常时间和突变频次与所反映的地震的震级和震中距也有一定对应关系。表2仅例举了嘉峪关观测点断层气氦异常与地震的对应关系。

与表2列举的情况相比较,以1993年7月为界,嘉峪关气氦异常已达1年以上,而且异常频次超过嘉峪关南5.4级地震前的2倍。因此,已具备发生中强地震的条件。作者根据上述分析,曾两次提出过预报意见。

表1 断层气测点氦、氖突跳与地震的对应关系

| 地 震                               | 异常地点           | 异常时间及幅度                               |
|-----------------------------------|----------------|---------------------------------------|
| 1990年1月14日茫崖6.7<br>△=280 km       | 阿尔金断裂<br>长草沟测点 | 1990年2月20日<br>He 上升220%<br>Ne 上升100%  |
| 1990年10月20日景泰6.2<br>△=260 km      | 海原断裂<br>硝口测点   | 1989年9月10日<br>He 上升342%<br>Ne 上升317%  |
| 1992年1月12日嘉峪关南5.4<br>△=20 km      | 嘉峪关断裂<br>嘉峪关测点 | 1991年10月15日<br>He 上升407%<br>Ne 上升121% |
| 1993年10月26日<br>托来6.0级<br>△=150 km | 嘉峪关断裂<br>嘉峪关测点 | 1992年5月30日<br>He 上升440%<br>Ne 上升70%   |

3.2 托来6.0级地震

1993年10月26日在甘青交界处的托来发生了6.0级地震。该次地震震中位于托来南山南缘断裂,距嘉峪关观测点仅150 km,见图5。该次地震的时间、地点及震中与作者两次提出的短期预报意见完全相符。

地震发生后,嘉峪关断层气氦于11月4日、6日和21日又分别出现3次突跳,以后测值正常。这一情况和以往震例中的后效反映基本相似。

地震发生后,固原断层气二氧化碳于10月29日又出现一次突跳,以后氦和二氧化碳测值正常。这一现象进一步证明,固原断层气确实反映了托来6.0级地震,二氧化碳在10月25日

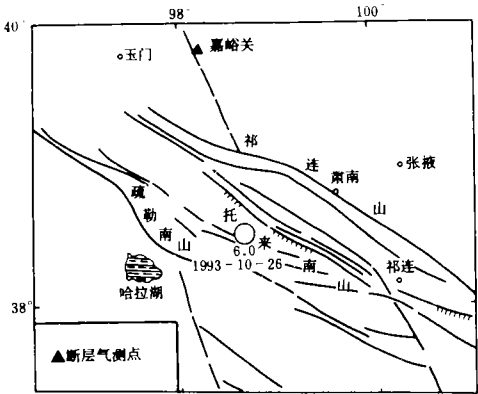


图5 托来6.0级地震震中示意图

Fig. 5 The epicentre position of the Tuolai Ms 6. 0 earthquake.

出现的大幅度突跳则是临震信号。震中距约 740 km。

托来 6.0 级地震发生后,山丹和古浪观测点的断层气氦异常仍然持续发展。山丹气氦测值的突变频次还有所增高,1993 年 12 月 16 日以后恢复正常。山丹断层气曾对 1990 年共和 7.0 级地震有灵敏反映,所以作者认为山丹断层气在 1992—1993 年期间的异常与 1994 年 1 月 3 日共和 6.0 级地震有关。古浪气氦异常一直持续到 1994 年 3 月,对此异常正在作进一步研究。

表 2 嘉峪关气氦异常特征对比

| 异常项目<br>地震(Ms) | 震中距<br>(km) | 异常<br>持续时间(天) | 异常频次 |
|----------------|-------------|---------------|------|
| 祁连 5.1 级       | 260         | 53            | 3    |
| 嘉峪关南 5.4 级     | 20          | 414           | 24   |

4 断层气体的前兆场特征及地震预报

研究表明,除托来 6.0 级地震前 740 km 外的固原断层气出现异常反映外,1990 年 1 月茫崖 6.7 级地震前 600 km 外的嘉峪关断层气氦和气汞及 820 km 外的山丹断层气氦出现异常反映;1990 年 4 月共和 7.0 级地震前 500 km 外的固原断层气二氧化碳及 660 km 外的阿克塞断层气氦出现异常反映;1990 年 10 月景泰 6.2 级地震前 520 km 外的嘉峪关断层气氦、汞、氢都出现异常反映。可见,断层气体在一次中强以上地震之前,不仅在近源区会出现异常,而且在场区也出现异常,即断层气体也有明显的场效应。值得指出的是,固原距托来震中虽远,但地震前该观测点气氦、二氧化碳不仅有长趋势异常,而且二氧化碳在地震前一天还出现两年以来的最大突跳值。由此可见,在场效应波及的范围内,不同震中距的观测点的断层气体的映震性能都十分灵敏。因此根据震源区和场区断层气体异常的不同时、空演变特征对未来地震提出预报将是一个可行的途径。

嘉峪关、山丹、古浪、固原 4 个断层气观测点沿青藏块体东北缘分布。而断层气体的动态变化正是构造运动的微观反映,所以 4 个观测点的有利位置为捕捉青藏块体的向北挤压运动的信息提供了条件,因此使断层气体能在 800 km 范围内对同一地震作出灵敏的反映。可见,断层气体的场效应与构造活动密切相关。

1986 年 8 月 26 日门源发生 6.4 级地震。震中距为 600 km 的阿克塞长草沟断层气氦、氢、汞、二氧化碳在震前都出现大幅度异常。同年 9 月 17 日门源附近又发生 5.7 级余震,上述断层气组份也出现异常反映<sup>[5]</sup>。可是与震中相距 500 km 的昌马车路口断层气氦、氢、汞等组份的测值不仅在地震前后未出现明显变化,一年后进行复测时也没有大的变化。长草沟及昌马车路口地段断层同属阿尔金断裂,但长草沟地段断层的现今活动性比较强烈。可见,一个观测点能否对地震作出反映,还与观测点所在断层的现今活动性有关。山丹、古浪、固原 3 个观测点所在断层是近 70 多年来发生过 7 级以上大震的发震断裂,所以现今活动十分强烈。而且在震源发震前有引起调整场而出现断层气体异常的可能。因此,要对未来地震进行成功的预报,观测点的选择是个重要的、十分关键的问题。

## 5 结语

本文分析了托来 6.0 级地震前几个观测点的断层气体异常特征,并对断层气体的前兆场作了初步探讨,这可能对断层气体前兆研究及地震预报给出一点有益的启示。但认识还十分粗浅,今后还需要继续深入研究。

实践证明,抓住断层气体的本质变化并进行追踪研究是十分重要的。例如,氦和氖的大量逸出是构造强烈活动的结果,而气氦的异常时间和异常频次则与断层活动程度密切相关等等。多次震例表明,断层气具有震前异常出现早的特点。因此断层气不仅可用于地震的短临预报,而且还可以应用于地震的中长期预报。所以今后应开展多观测点、多项目的断层气综合观测。加强对深部气体汞、氦、氖及断层气同位素 $^3\text{He}/^4\text{He}$ 的比值的研究,以为地震预报提供更多的可靠资料。

(本文 1994 年 8 月 30 日收到)

## 参考文献

- 1 汪成民,李宜瑚,等.断层气测量在地震科学中的应用.北京:地震出版社,1991
- 2 何跟巧,常秋君,等.嘉峪关南 5.4 级地震的断层气体前兆研究.西北地震学报,1994,16(1):46—51
- 3 何跟巧,常秋君,等.西北地区 6 级以上强震的断层气体前兆异常特征研究.地震,1994,(3):50—57
- 4 秦保燕,等.震源系统小震调制比( $r_m$ )和异常面积( $s_m$ )起伏加剧的时空特征及强震的中、短期预报.西北地震学报,1994,16(3):1—9
- 5 张必敦,何跟巧,等.阿尔金断裂东北段断层气体的初步研究.西北地震学报,1987,9(2):26—32

## EARTHQUAKES AND ANOMALIES OF FAULT PRODUCT GASES ALONG THE NORTHEASTERN MARGIN OF QINGHAI-TIBET PLATE

He Genqiao, Chang Qiujun, Song Yulan, Cheng Tiande and Jiang Yonglin

(*Earthquake Research Institute of Lanzhou, SSB, Lanzhou 730000*)

## Abstract

In this paper, authors studied the relationship between seismicity and anomalous changes of fault product gases at 4 measuring points along the northeastern margin of Qinghai-Tibet plate. The anomalies of fault product gas components appeared at these measuring points from 1992 to 1993, for example, sudden change and rising of the observed values. The anomalies of various components or/and at various measuring points have obvious synchronism. Authors mainly introduce the anomalies of fault gases observed at many measuring points before the Tuolai M6.0 earthquake occurring on Oct. 26, 1993. At last, the field effect of fault product gases is discussed preliminarily.

**Key words:** Fault product gas, Qinghai-Tibet Plateau, Geochemical anomaly, Strong earthquake, Short-term earthquake prediction