

阿尔金断裂东北段断层气体的初步研究

张必敖 何跟巧 廖元模 常秋君 万夫领 郭玉英

(国家地震局兰州地震研究所)

摘 要

本文通过对西起安南坝, 东至昌马车路口的阿尔金断裂东北段断层气体的分析, 讨论了微量气体 H_2 、 Hg 、 Rn 、 CO_2 在断层上的分布特征。指出, 在同一剖面上, 四种气体浓度不仅对断层有同步显示规律, 而且与断层的活动强度有一定的关系。另外, 分析结果还显示了 H_2 、 Hg 、 Rn 、 CO_2 的浓度有西高东低的趋势。这一特征还与地质资料所表明的阿尔金山断裂东北段西部的现今活动比东部的现今活动较强的事实相吻合。

文章还讨论了用对断层气体进行定点、定期观测的结果来判断断层的活动动态及进行地震短临预报的可能性。最后指出, 利用断层气体来研究活动断层是一种切实可行的方法。

断层气体的研究工作于七十年代就在日本、美国、苏联开始进行。近两年, 我国学者也进行了断层汞的测定。我们对阿尔金山断裂东北段断层气体进行了研究, 发现了 H_2 、 Hg 、 Rn 、 CO_2 四种气体浓度对断层的同步显示规律, 利用这个规律对断层的活动性可以作出判断。

一、断层气体的研究方法

1. 测试剖面 and 测点的选择

断裂破碎带特别是规模较大、活动性强烈、切割很深的走滑断裂带, 是深部气体逸出的良好通道。为此, 在布设取气剖面时我们尽可能考虑了以下条件: (1) 地形变资料显示的断裂最新活动的地带; (2) 微地貌现象反映断裂活动强烈的地段; (3) 地貌切割较深、各种岩相出露较全的地段; (4) 交通方便、布点条件较好的地段。为了取得完整的、系统的气体样品, 各主要剖面均垂直横穿整个断裂破碎带。剖面的南北两端分别布设在老的基岩地层和戈壁砾石上。为了能真实反映断层气体的逸出情况以及在整个剖面上的变化特征, 测点主要布设在下列地段: 活动明显的断层(特别是主断层)面上; 破碎带中不同岩相的分界处; 岩石极度破碎, 小断层纵横交错密集的地方及具有代表性的不同岩相带上。在主断裂附近每隔20—30米布一个点, 在远离断层的地段测点间距为几十米至一百米不等。在黄土复盖

地区也布设了取气剖面。测点主要选择在断层陡坎或剪切断裂最新活动的地段。

2. 断层气体的采集

研究断层气体, 样品的采集是个很关键的问题, 为此我们研制了简易土壤采气钻 (见图1)。该钻由钻头、连接杆、钻杆、顶套环、把柄、导气管等六个部分组成。钻头上有进气小孔。导气管固定于连接杆中心, 下通进气孔, 上部横穿钻杆并从取气孔中引出。当取气钻打入选定取样点时, 地下气体即从进气孔进入导管。把抽成负压的扩散瓶与取气口连接即可采集到所需样品。在不同地段采样时, 先作一些条件实验, 以便选择到最佳采样深度。采样前, 必须把扩散瓶与取气口连接管中的空气抽除干净, 以免影响测定。

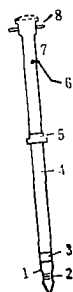


图1 简易土壤取气钻

1. 钻头 2. 进气孔 3. 连接杆 4. 钻杆
5. 顶套环 6. 导气管 7. 取气孔 8. 把柄

Fig. 1 The simple soil gas-picking drill

3. 断层气体的分析

为了取得较多的资料, 我们测定了 He 、 H_2 、 Ar 、 O_2 、 N_2 、 CH_4 、 CO_2 、 Hg 、 Rn 九种气体。在野外现场用JM—3型数字金膜仪测定 Hg 。其它气体的分析在野外临时实验室进行, 测试都在当天完成。 Rn 用FD—125钍氡分析仪测定。 H_2 用QJD—A型气敏仪测定。 He 、 Ar 、 O_2 、 N_2 、 CH_4 、 CO_2 都用SP—2305气相色谱仪测定。整个操作都按国家地震局颁布的规范进行。

二、断层气体的组成及分布特征

1986年8—9月, 我们在西起安南坝、东至昌马车路口全长四百多公里的阿尔金山断裂东北段作了10条剖面130多个测点的断层气体测定。进行了 He 、 H_2 、 Ar 、 O_2 、 N_2 、 CH_4 、 CO_2 、 Hg 、 Rn 9种气体组份2100多项次的分析。所得数据表明, 断层气体在组成及分布上有如下特征:

1. 断层气体的组成

表1列出了五个剖面的测定结果及各组份变化范围。可以看出, 在所有测点的断层气组成中, He 和 CH_4 都未出现; Ar 、 O_2 、 N_2 三组份的变化基本在误差范围之内; 而唯有 H_2 、 Hg 、 Rn 、 CO_2 四种微量组份在所有测点中变化幅度最大, 显得最为活跃。

2. 断层气体的分布特征

断层气体不仅在组成上有一定的特点, 而且在分布上也有一定的规律性。下面以基岩砾石层剖面的测试结果为主, 讨论 H_2 、 Hg 、 Rn 、 CO_2 这四种气体组分的浓度变化的分布规律。

(1) 横向分布规律 (垂直于断层)

在所考察的剖面上, 各测点的 H_2 、 Hg 、 Rn 、 CO_2 四种微量气体组份具有同步变化规

表 1

断层气体的组成及变化范围

含 量 范 围 剖 面	组 份 名 称	Ar %V	O ₂ %V	N ₂ %V	H ₂ PPm	Hg 10 ⁻¹³ g/L	Rn Bq/L	CO ₂ %V	He PPm	CH ₄ %V
大鄂博头		0.923—0.934	20.39—21.08	76.17—78.09	4—97	84—468	0—50	0.04— 0.26	—	—
小鄂博头		0.845—0.900	20.45—21.12	76.77—78.89	9—169	71—312	2—93	0.05— 0.32	—	—
长草沟		0.934—0.944	20.21—21.52	76.54—78.09	8—204	60—1800	0—23	0.04— 0.14	—	—
尕秀		0.882—0.900	20.01—21.26	78.40—79.10	0—136	104—1051	1—21	0.05— 0.11	—	—
昌马车路口		0.906—0.944	20.96—21.09	76.65—78.09	9—99	144—456	2—28	0.04— 0.16	—	—

律。即在同一测线上的这四种组份,同时出现高值,也同时出现低值。长草沟测线横穿多条断裂,上面规律的显示最为清楚(见图4a)

在同一个剖面上,断裂面及其附近, H₂、Hg、Rn、CO₂同步显示了高浓度峰值。离断裂面越远,四种气体的浓度越低(见图2—4),即就是说,在同一个剖面上, H₂、Hg、Rn、CO₂的相对浓度随距离断裂面的远近而有高低不一的同步显示。

在同一个剖面上,对比各测点H₂、Hg、Rn、CO₂的相对浓度,可以看出它们与断层活动的强度有一定的关系。在晚更新世以来明显活动的断层上出现两个高峰段:一个在主断裂带上,另一个在山前边缘第四纪地层的断裂上。这表明,它们的现今活动都很显著。地质上认为较稳定的地段或活动微弱的断裂带上, H₂、Hg、Rn、CO₂都处于比较平稳的状态。这一特征在长草沟、大鄂博头、小鄂博头等剖面上都有显示(见图4a,图2)。

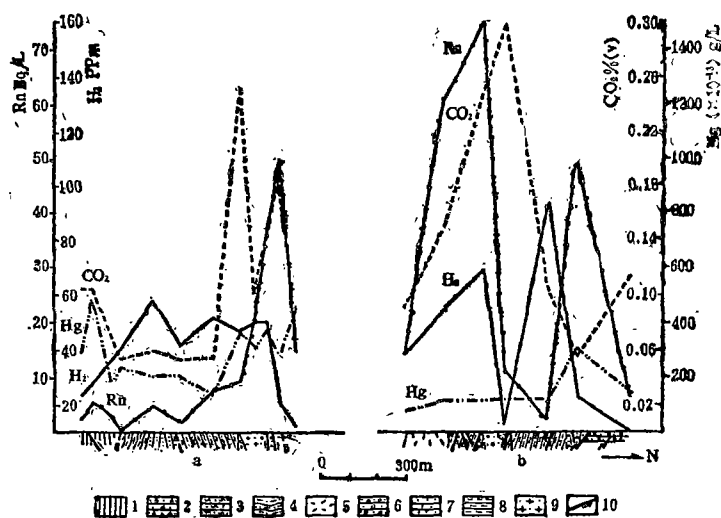


图2 大鄂博头剖面和小鄂博头剖面气体浓度分布图

a. 大鄂博头剖面 b. 小鄂博头剖面

1. 黄土 2. 断层角砾岩 3. 片理化砂岩 4. 绿泥滑石片岩 5. 中基性火成岩 6. 砾石层 7. 砂岩
8. 硅质板岩 9. 高岭化花岗岩 10. 断层

Fig. 2 The concentration of the gases in the profiles of Daerbotou and Xiaerbotou

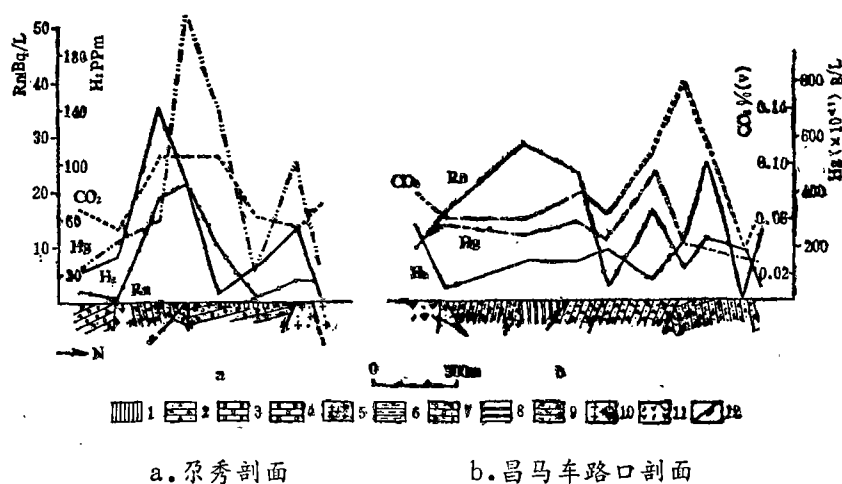


图3 尔秀剖面和昌马车路口剖面气体浓度分布图

1. 黄土 2. 断层角砾岩 3. 大理岩 4. 角砾岩 5. 高岭土化花岗岩 6. 硅化板岩 7. 砾石层 8. 石英岩
9. 片理化泥岩、沙岩 10. 花岗岩 11. 中酸性火成岩 12. 断层

Fig. 3 The concentration of the gases in the profiles of Gaxiou and Chelukou in Changma

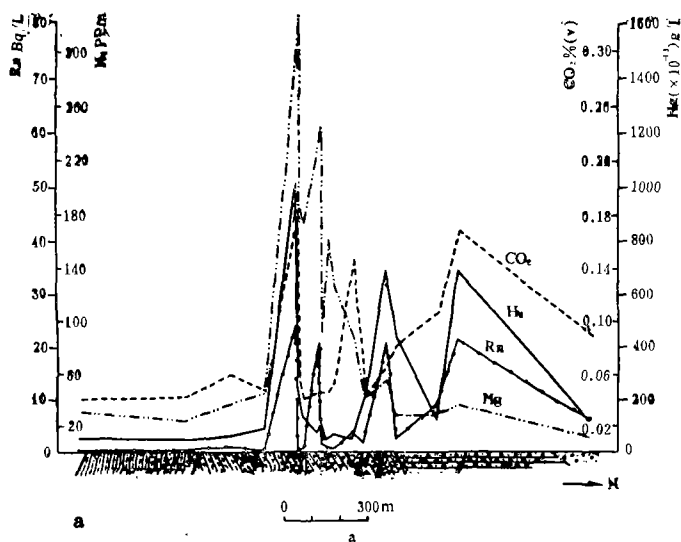
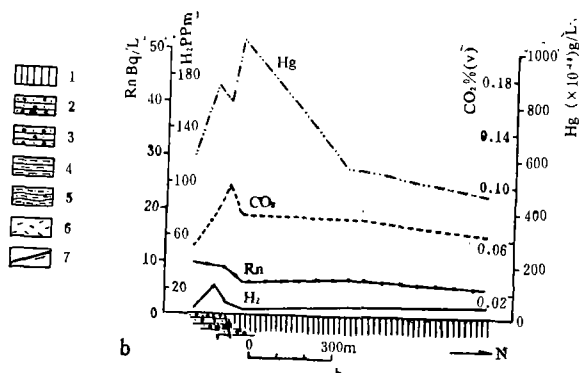


图4 长草沟剖面和安南坝剖面气体浓度分布图

1. 黄土 2. 砾石层 3. 断层角砾岩 4. 硅化板岩 5. 绿泥、滑石片岩 6. 中性火成岩 7. 断层

Fig. 4 The concentration of the gases in the profiles of Changcaogou and Annanba



在黄土复盖地段的几条剖面上, H_2 、 Hg 、 Rn 、 CO_2 对断层陡坎也有同步显示规律(见图4b)。在陡坎附近, 四种气体组份都显示了相对高的浓度值。在远离陡坎处, 显示了相对低浓度值。但与基岩砾石层地段的断层气体分布特征相比较, 在该剖面上, 气体的浓度之差较小, 所以峰值显示没有砾石层地段明显。也就是说, H_2 、 Hg 、 Rn 、 CO_2 对黄土复盖区的断层陡坎所显示的灵敏度大大低于基岩砾石层地段。

(2) 纵向分布特征(沿断层)

进一步对比大鄂博头、小鄂博头、长草沟、尕秀、昌马车路口5条剖面上的 H_2 、 Hg 、 Rn 、 CO_2 测值及图形变化, 还可以看出, 5个剖面之间每种气体组份的高浓度值相差很大(见表2), 但它们的低浓度值都很小(仅略高于当地空气值)(见表1)。

表2 剖面间不同气体的高值差异

组份名称	H_2 (PPm)	Hg ($10^{-12}g/L$)	Rn (Bq/L)	CO_2 (%V)
高值范围	97—204	312—1800	21—93	0.11—0.32

如果以大鄂博头、小鄂博头、长草沟、尕秀、昌马车路口从西到东的实际距离为横坐标, 以 H_2 、 Hg 、 Rn 、 CO_2 的测值为纵坐标, 分别取每个剖面的每种组份的最高测值和最低测值作图(见图5, 图中虚线以上部分为各组份最高浓度值, 虚线以下部分为各组份最低浓度值)可以看出, 在四种气体组份的低浓度值普遍很低的前提下, 比较而言, 小鄂博头、长草沟一带 H_2 、 Hg 、 Rn 、 CO_2 的相对浓度最高, 而昌马车路口一带的气体相对浓度较低。总的来说, 这四种微量断层气体组份的浓度有西高东低的趋势。断层气体的这个纵向分布特征与地质资料所表明的西段断裂现今活动强烈的事实正相吻合。测试结果还表明, H_2 、 Hg 、 Rn 、 CO_2 在各地段的浓度还与断裂的垂直和水平断距有一定的对应关系。该断裂的垂直断距从西往东由6米逐渐增大到长草沟以东的11米左右, 再往东又逐渐减小。水平位移的情况也基本类似。这些事实充分说明了在断层上 H_2 、 Hg 、 Rn 、 CO_2 等气体逸出量最大的地段正是现今断裂活动强烈的地段。

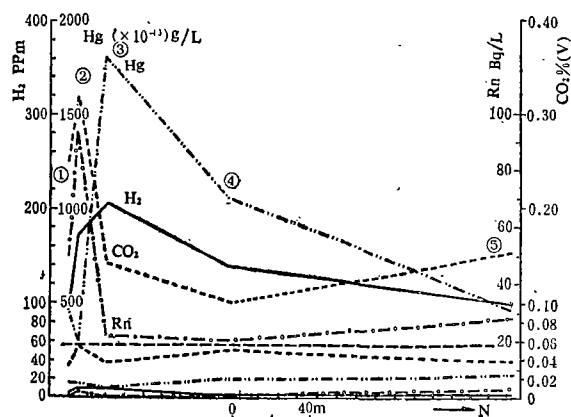


图5 阿尔金断裂东北段断层
气体纵向分布图

1.大鄂博头 2.小鄂博头 3.长草沟
4.尕秀 5.昌马车路口

Fig.5 The longitudinal
distribution of gases in the
northeastern section
of Arerjin fault

三、断层气体的研究与地震预报

图6是长草沟剖面1号测点在1986年8月21日至9月21日的6次测值。由图可以看出, H_2 、 Hg 、 Rn 、 CO_2 四种断层气组份在呈同步变化的背景上分别于8月23日和9月19日出

现了两次突跳，与邻近低值相比较，四种气体组份的测值分别升高3—5倍。经分析，这两个突跳与8月26日门源6.4级地震和9月17日门源附近的5.7级地震相对应。前一个高值在震前，后一个高值在震后。

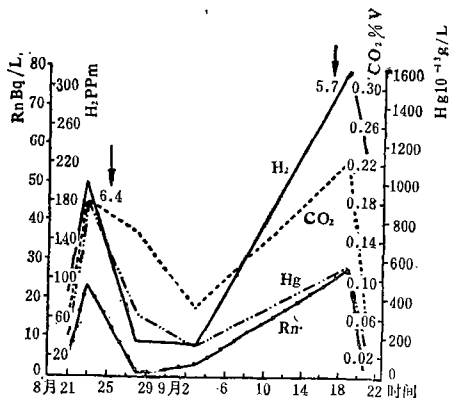


图6 长草沟1号测点气体
浓度变化与门源地震

Fig. 6 The gas concentration
variation in No.1 observing
spot in Changcaogou and
Menyuan earthquake

当然仅仅从六个测点中的两个突跳点来肯定与地震的对应关系是不够的，只能说这一变化可能是地震前兆，它是否与地震有必然的联系还不能完全确定。但是，我们应该重视这一现象，因为至今已被公认的一些水化震例中，四种组份如此同步出现异常的情况是十分少见的。

长草沟1号测点正处于断裂中分布的断层泥之中。断裂切割较深，为深部气体的逸出提供了方便，结构紧密的断层泥又为深部气体的封存提供了良好条件，这种位置和环境显然是进行地震监测的理想场所。

长草沟与门源地震震中相距600多公里，出现了震兆反映。而昌马车路口与震中相距500多公里，却没有出现震兆反映。可见，与震中相距的远近并不是测点能否对地震作出反映的主要因素。从前面分析可知，长草

沟断裂比昌马车路口断裂的活动性要强得多，因此，观测点位于强活动带时有成为地震前兆灵敏点的可能。

地震前具有一定穿透力和扩散性的 H_2 、 Hg 、 Rn 、 CO_2 等气体会在断层和裂隙处大量逸出地面，这些气体作为一种远程的指示剂反映了地壳较深部的地球化学环境的变化。所以，可以用断层气体的变化来预报地震。研究表明，在阿尔金断裂东北段断层气体中，唯有 H_2 、 Hg 、 Rn 、 CO_2 对断层及其活动性有很好的显示，因此 H_2 、 Hg 、 Rn 、 CO_2 四种气体组分有可能是灵敏因子。

以长草沟1号测点为例，要寻找这样的断层气观测点并不困难，相反，要寻找类似条件的水点则比较困难，尤其在甘肃境内更是如此。在我国大陆又一次地震活动高潮即将来临之际，水化学研究应突破“水”的限制，寻找更多的符合要求的断层气观测点，以观测断层气体组份的变化来监测和预报地震。

结 束 语

通过上述研究，我们对阿尔金断裂东北段断层气体有了初步认识。配合地貌学和地质学，断层气体相对浓度变化有可能成为断层的活动性的一种判据。所以，利用断层气体来研究活动断层是一种切实可行的方法。但本项工作毕竟才刚刚起步，还有一些问题，如在黄土复盖区，尤其在植被茂密的地段， Hg 和 CO_2 的测试受到干扰。在这些地段如何选择更好的采样条件，如何排除干扰则需要进一步研究。

参 考 文 献

- [1] 加藤完等, 伊豆半岛及び富士川周辺におけるαトラップ法による活断層調査, 地震, Vol.32, No. 4, 1979.
- [2] 吕太乙, 阿尔金北缘断裂东北段第四纪构造活动与地震, 西北地震学报, Vol. 8, No.1, 1986.
- [3] Itsuro Kita and Sadad Matsuo, H₂ Generation by reaction between H₂O and crushed rock. An experimental study on H₂ degassing from the active fault zone, J.G.R., Vol.87, No.B13, 1982.

PRELIMINARY RESEARCH ON GAS IN THE FAULTS IN THE
NORTHEASTERN SECTION OF ARERJIN FRACTURE ZONE

Zhang Biao He Genqiao Liao Yuanmo Chang Qiuju

Wan Fuling Guo Yuying

(Lanzhou Seismological Institute, State Seismological Bureau)

Abstract

This paper deals with the distribution of trace gases, such as H₂, Hg, Rn, CO₂, on the faults by means of analysis of the gases in the faults of the northeastern part of Arerjin Fault starting from Annanba Dam in the west and ending in the road of Changma in the east. The research pointed out that on the same profile, the concentration of the four kinds of gases not only have the synchronous change but also have some to do with the activity strength of the faults. In addition, the analysis shows that the concentration of the gases (H₂, Hg, Rn, CO₂) is trending to be higher in the west but lower in the east, which is accorded with the strong activity in the west and weak in the east for the faults.

This paper also discusses how to judge the dynamic state and how to predict the short-term and impending earthquakes by means of gas fixing point and gas periodical observation, pointing out that it is a practical method to make use of gas to study the activities of faults.