

金城关活动断裂带土壤气氡、汞地球化学特征

张 慧^{1,3}, 张新基², 苏鹤军¹, 刘旭宙¹

(1. 中国地震局地震预测研究所兰州基地, 甘肃 兰州 730000; 2. 中国地震局兰州地震研究所, 甘肃 兰州 730000; 3. 中国科学院寒区旱区环境与工程研究所, 甘肃 兰州 730000)

摘 要:分析了兰州金城关断裂带土壤气氡、汞的地球化学特征及其与断层出露位置和断层产状的关系, 给出金城关断裂不同段的断层性质。讨论了利用断层带土壤气寻找隐伏活断层以及判断活断层性质的依据和方法。

关键词:活动断裂; 土壤气; 氡; 汞地球化学

中图分类号: P315.72⁺4

文献标识码: A

文章编号: 1000-0844(2005)02-0150-04

The Geochemical Features of Radon and Mercury on
Lanzhou Jinchengguan Active FaultZHANG Hui^{1,3}, ZHANG Xin-ji², SU H-ejun¹, LIU Xu-zhou¹

(1. Lanzhou Base of Institute of Earthquake Prediction, CEA, Lanzhou 730000, China;

2. Lanzhou Institute of Seismology, CEA, Lanzhou 730000, China; 3. Cold and Arid Regions

Environmental and Engineering Research Institute, Chinese Academy of Science, Lanzhou 730000, China)

Abstract: The geochemical features of radon and mercury on Lanzhou Jinchengguan active fault and the relation with fault position and occurrence are analyzed. The fault characters in different segments of Jinchengguan fault are also determined. Meanwhile, the main evidences and method of searching active fault by using fault gases are discussed.

Key words: Active fault; Soil gase; Radon and mercury chemistry

0 引言

金城关断裂位于兰州市黄河谷地北缘, 发育在黄河北岸Ⅲ级阶地后缘, 切割了前寒武系皋兰群(A_n)、新第三系中新统咸水河组(N_1x)、第四系中更新统(Q_2)以及上更新统(Q_3)等一系列地层。断裂西自沙井驿, 向东经安宁堡、十里店到金城关, 过庙滩子沿大沙坪、青白石、桑园峡出市区后, 继续向东延伸至夏官营一带, 全长约 70 km, 由 3 条次级断层段组成, 是兰州地区规模较大的断裂之一^[1]。中、新生代以来对兰州黄河谷地的形成、发展及演化过程起着重要作用, 也是兰州地区主要的活动断裂之一。

由于金城关断裂多为隐伏状, 仅局部地段有出露, 为了探测该断裂的准确位置, 研究其新活动性,

作者用断层气测量方法进行了野外现场勘测, 分析了每条测线上氡、汞的地球化学特征及断层可能的出露位置, 确定断层的走向。在此基础上讨论了利用土壤气寻找活断层的依据和方法, 进而研究了断层气氡、汞的分布特征与活断层性质的关系(图 1)。

1 测线的布设及测量方法

1.1 测量项目和取样方法

测量项目有测氡、测汞两项。氡的测量采用 FD-3017RaA 测氡仪, 为一种瞬时测氡仪器, 极限探测灵敏度为 0.37 Bq/L; 汞测量采用 JM-4 数字金膜测汞仪, 具有体积小、轻便、灵敏度高等特点, 最低检出限为 10^{-2} ngHg。

取样方法是: 首先用钢钎打一个导向眼插入取

收稿日期: 2004-09-24

基金项目: “十五”甘肃省数字地震观测网络兰州市活断层探测项目资助; 中国地震局兰州地震研究所论著编号: LC20050029

作者简介: 张慧(1966—), 女(汉族), 甘肃天水人, 在职博士, 副研究员, 主要从事地震地下流体基础理论研究工作。

样器,用橡皮管将FD-3017RaA测氦仪与取样器连接,排出橡皮管内及取样器内的残留气体,然后开始正式取氦样。取样体积为1.5 L。完成氦的取样后,再将取样器与JM-4数字金膜测汞仪及大气采样仪连接,流速0.5 L/min,抽气时间2 min,取样体积为1 L。

1.2 测线的布设

根据前人的研究结果^[1-2],金城关断裂在卫星像片上影像清晰,呈线状灰白色条带,为不同色调的分界线,总体呈NW50°~60°方向沿山边展布。因此

自东向西沿着山脚冲沟布设了5条测线,测线的总体方向为NNE向(图1)。每条测线上测点间距为10 m,当测到异常点时重复测量,并进行加密观测点距为5 m;同时在高值点附近再布设一条平行短测线,点距5 m。5条测线分别是:(I)青白石剖面,长约1 km,共108个测点;(II)大沙坪小沟剖面,长约3 km,共325个测点;(III)安宁关山沟剖面,长约0.9 km,共85个测点;(IV)安宁碱水沟剖面,长约1.5 km,共143个测点;(V)西固蛤蟆滩剖面,长约0.5 km,共45个测点。

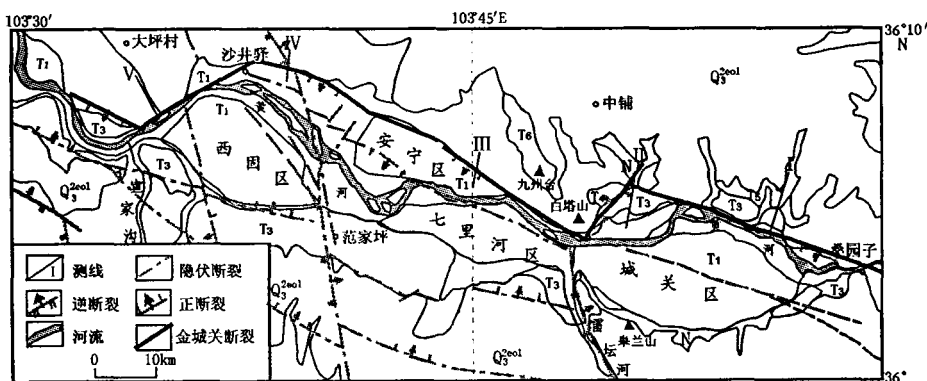


图1 金城关断裂及测线分布图

Fig. 1 Distribution of Jinchengguan active fault and the measurement lines.

2 金城关断裂土壤气氦、汞测量结果

2.1 断层气异常特征及其测量的影响因素

气氦和气汞异常在平面上呈线性条带状延伸,其延伸方向和断裂破碎带位置相吻合;在测线剖面方向上,断层气异常多呈尖峰状。在某些断裂上,气体异常以多峰谷形出现,常常和断裂带的破碎宽度有关。特别是倾角较缓的断层,在断层上盘羽状节理和裂隙往往都比较发育,地下气体可由此向上运移和富集,因此形成了较大宽度的气体异常。

气氦测量的影响因素主要有^[3]:(1)岩土中铀、镭等放射性元素的含量;(2)岩土的射气系数和土壤的射气系数;(3)岩土层的性质和覆盖层的厚度;(4)岩土层的密度、孔隙度等物理性质;(5)气体的扩散系数等。气汞的影响因素主要为人类活动、土壤腐殖质层及一些农药。

2.2 金城关断裂土壤气氦、汞测量结果

(1) 图2(a)为青白石剖面土壤中气氦、气汞的变化曲线。由图可见,该条测线土壤气汞出现了四组峰值异常变化,其中第四组与金城关断裂位置相吻合(图中I a)。该峰值有两个极大值点,汞浓度分别为0.228 6 ng/L和0.548 6 ng/L,比背景值0.1

ng/L高出2~5倍,异常带宽度10 m。

氦浓度的变化曲线上出现了两组峰值,最高值达53.67 Bq/L,比背景值高出5倍,与汞浓度的第1、2组峰值相对应。与汞相比氦的峰值异常形态表现为多峰谷形。可以看出在金城关断裂位置上没有出现氦值异常。

(2) 图2(b)为大沙坪小沟剖面。该条测线土壤气汞出现了三组明显的峰值异常变化,其中第一、二组与金城关断裂位置相吻合。第一组峰值有三个峰值点,汞浓度分别为0.422 9 ng/L和0.640 1 ng/L、0.720 1 ng/L,比背景值0.1 ng/L高出4~7倍,整个异常带宽度为100 m;第二组峰值也有三个峰值点,汞浓度分别为0.422 9 ng/L、0.342 9 ng/L、0.342 9 ng/L,比背景值0.1 ng/L高出3~4倍,异常带宽度为100 m。

在出现一、二组汞浓度异常的位置上,氦浓度的变化曲线上也出现了高值异常变化,最高值达19.81 Bq/L,比背景值高出6倍。但第二组异常与汞异常不能完全对应。

(3) 图2(c)为安宁关山沟剖面。该条测线土壤气汞仅出现了一组明显的峰值异常变化,正好与金

城关断裂位置相吻合。该组峰值有一个极大值点,汞浓度为 0.274 3 ng/L,比背景值 0.1 ng/L 高出 2~3 倍,整个异常带宽度为 10 m;

该条测线氡浓度整个偏低,最大值只有 8.47 Bq/L,没有明显的峰值异常显示。

(4) 图 2(d)为安宁碱水沟剖面。该条测线自北向南土壤气汞出现了三组明显的峰值异常变化,其中第二组与金城关断裂位置相吻合。该组峰值有一个极大值点,汞浓度为 0.228 6 ng/L,比背景值 0.1 ng/L 高出 2~3 倍,整个异常带宽度为 20 m;第一组峰值最大值汞浓度为 1.451 6 ng/L,比背景值 0.1 ng/L 高出 14~15 倍,异常带宽度为 40 m。

在出现第一组汞浓度异常的位置上,氡浓度的变化曲线上高值异常也十分明显,最高值达 10.3 Bq/L,但对金城关断裂没有明显的异常反应。

从碱水沟北侧断层剖面上我们发现了两处断层

露头。北边的断层显示出逆冲性质,倾角很小,与气汞、氡浓度曲线上第一组异常完全吻合;靠南边的断层正好是金城关断裂,从剖面上看倾角较大,断层较为直立,具有正断层特性。从观测结果可以看出,直立正断层上方气汞、气汞异常值相对较小,异常带宽度也小,一般为 10~20 m;而倾角较缓的逆冲断层,由于在断层上盘羽状节理和裂隙往往都比较发育,地下气体可以在这里向上运移和富集,因此,形成了较大宽度的气体异常带。

(5) 图 2(e)为西固蛤蟆滩剖面。该条测线土壤气汞仅出现了一组明显的峰值异常变化,正好与金城关断裂位置相吻合,峰值汞浓度最大值为 0.137 2 ng/L,比背景值 0.04 ng/L 高出 3~4 倍,整个异常带宽度为 10 m。

该条测线氡浓度这个偏低,没有明显异常显示。

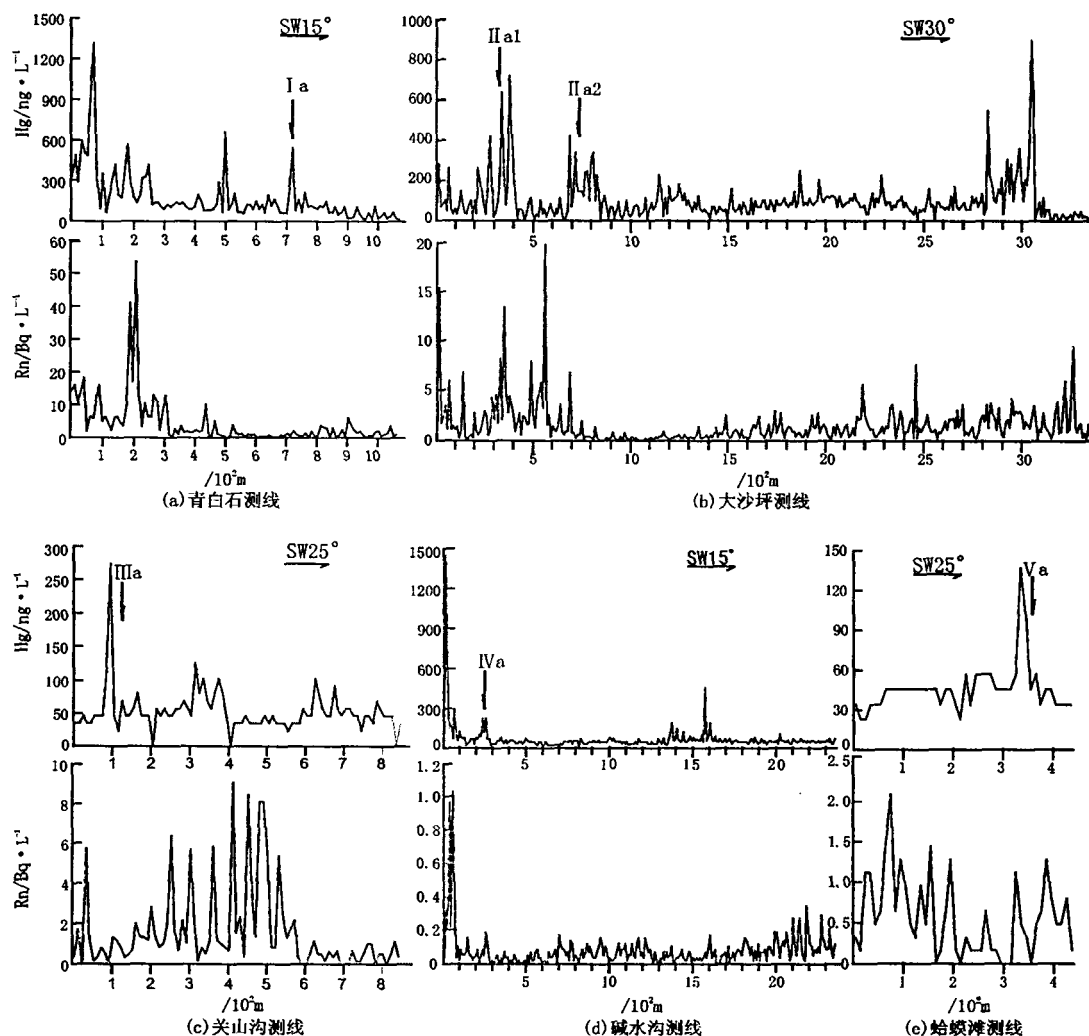


图 2 金城关断层断层气汞、氡异常变化曲线

Fig. 2 Didtribution of Jinchengguan active fault and the measurement lines.

3 认识与讨论

(1) 金城关断裂具有明显的断层气异常显示,五条测线在断层位置上均出现峰值异常。从测量结果来看,土壤气汞比气氮的指示性好,与断层出露位置具有很好的对应关系。

(2) 在断裂带上方氮、汞的峰值异常一般比背景值高出2倍以上,且具有成组特征,即在断层带上方超过背景值2倍以上的点2个以上,而且具有正弓形态。

(3) 深部地下气体沿着断裂带向上运移和富集,在断裂带上方覆盖层形成了漏斗形的土壤气体异常晕。因此土壤气氮、汞的典型异常形态为低—较高—高一较高—低的峰值形态。单点异常大多数为观测中的干扰因素造成,不代表断层带。

(4) 安宁碱水沟剖面(测线Ⅳ)的测量结果显示:直立正断层上方气氮、气汞异常值相对较低,异常带宽度也小,一般为10~20 m;而倾角较缓的逆冲断层在断层上盘形成地下气体的向上运移和富集,形成了较大宽度的气体异常带。因此根据异常

带的宽度和峰值形态可以判断断层的性质。

(5) 按照断层气测量结果,我们可以将金城关断裂分为三段,即东段、中段和西段。第Ⅱ条测线穿过金城关断裂中段,在该段(北北东向)断层气汞出现的两组峰值异常均有多个峰值点,异常带宽度大,表明在该段岩石受到强烈的挤压,破碎带宽,裂隙较为发育,初步推测该段具有逆冲性;而东(测线Ⅰ穿过此段)、西两段(测线Ⅲ、Ⅳ、Ⅴ穿过此段)断层气汞异常峰值异常只有一个极值点,且异常宽度仅为10~20 m,表明在这两段金城关断层为正断层。

[参考文献]

- [1] 侯珍清,王多杰,董志平. 兰州市金城关断裂新活动的发现与意义[J]. 西北地震学报,1983,5(3):110.
- [2] 侯珍清,王多杰,董志平. 兰州金城关断裂的新活动性与地震[J]. 西北地震学报,1985,7(2):95-98.
- [3] 国家地震局科技监测司. 地震地下水手册[M]. 北京:地震出版社,1985. 619-627.