

http://www.geojournals.cn/georev/ch/index.aspx

活动断裂带的壤中气汞量测量研究

刘树田 邓金宪

(长春科技大学, 130026)

内容提要 在覆盖区应用壤中气汞量测量研究活动断裂是一种新方法,它不仅较准确地确定活动断裂的位置,还可以确定其产状、规模、活动性及相对强度,甚至可以作为确定断裂力学性质的参考。本文简述了断裂带壤中气汞量测量的基本原理,并以长江三峡、长春、吉林等地利用该方法研究活动断裂的成果为例,说明该项研究的效果及应用前景。

关键词 活动断裂 壤中气汞量测量 汞异常

随着工程地质、水文地质、地震地质、环境工程、第四纪地质研究的不断深入,活动断裂研究的重要性日渐显现出来。活动断裂的研究方法很多,如地质法、地貌法、地球物理法(重、磁、电、震等)、航卫片图像分析法、大地测量法、氦气测量法等等。上述方法因地质、地貌等条件的不同而有不同的应用,也随活动构造研究时距的长短、要求的精度及研究的目的不同而加以选择。在覆盖区,由于活动断裂露头不好,上述方法的应用受到某种限制,很难开展活动性断裂的研究。近年来,国内外学者采用壤中气汞量测量研究覆盖区的活动断裂,取得了较好的效果。

1 土壤中气汞量测量研究活动断裂的原理

众所周知,汞是一种熔点低、挥发性

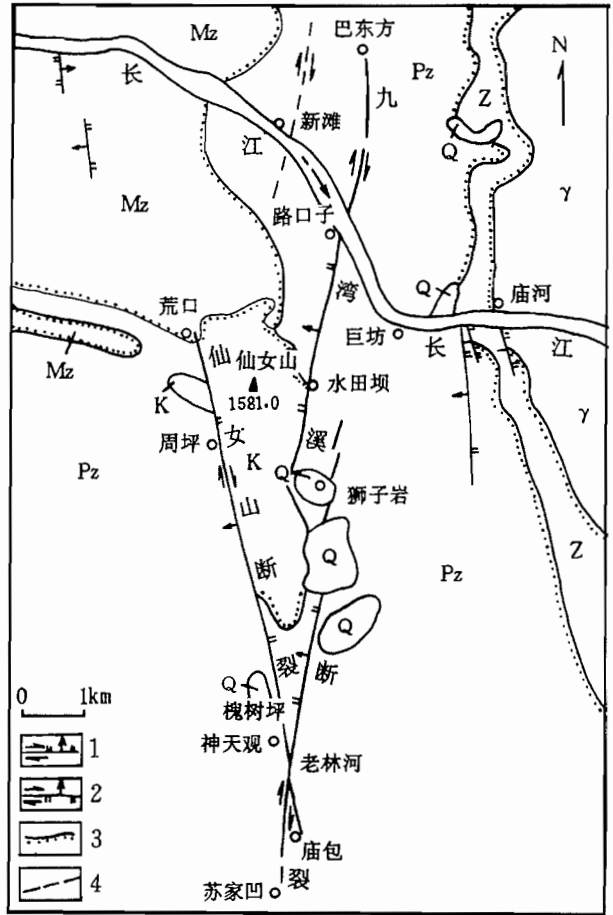


图1 仙女山地区构造地质简图

Fig. 1 Tectonic sketch of Xianniu mountain district

1—张扭性断裂;2—压扭性断裂;3—地层界线;4—推断断层;Q—第四系;Mz—中生界;K—白垩系;Pz—古生界;Z—震旦系;γ—花岗岩
1—Tension-twisting fault; 2—pressure-twisting fault; 3—stratum line; 4—inferred fault; Q—Quaternary; Mz—Mesozoic; K—Cretaceous; Pz—Palaeozoic; Z—Sinian; γ—granite

强、蒸气压高的金属元素,汞气能不断地从地壳深部向地表运动,这种运移随地壳的物质组成,特别是地壳的结构不同而有差异。当研究区存在断裂,特别是新的活动断裂,地壳深部的汞气很容易沿活动断裂逸出地表,在活动断裂带的出露位置及其上盘的土壤中汞气含量较高,形成汞异常。根据汞异常曲线的位置和形态,可以判断活动断裂的位置和产状,根据异常带的宽度和异常峰值,判断活动断裂的规模及相对活动性。

壤中气汞量测量使用的是测汞仪,汞气从地壳深部迁移到地表时,一部分散失于大气中,一部分被土壤吸附或滞留于土壤空隙中,当从土壤中抽气时,汞气随壤中的气体进入测汞仪的金丝捕汞管,与金丝形成金汞齐。加热金丝,汞立即被释放出来而被抽到金膜表面,使金膜电阻增大,用桥式电路测出金膜阻值变化,再用饱和汞蒸气进行标定,即可求得壤中气汞含量。

金膜测汞仪较其它测汞仪检出限低(0.005 ng),如果抽2 L 气体,100%的测点都能得到读数,极有利于低汞异常的发现和追索。况且该测汞仪体积小、重量轻(3 kg)、携带方便、测定速度快、消耗低、操作简单、野外可以直接读数等,是野外研究活动断裂较为理想的仪器之一。

2 活动断裂带汞地球化学异常特征

近年来,笔者先后在长江三峡工程坝区、吉林市、长春市和哈尔滨市等覆盖区利用壤中气汞量测量的方法对多条活动断裂进行过研究。这些地区的研究表明,壤中气汞量测量能够较准确地研究活动断裂的出露位置、产状、规模及其活动性等,择其要者叙述于后。

2.1 长江三峡工程坝区活动断裂(带)壤中气汞量测量研究

长江三峡库首区仙女山、九湾溪断裂是该区规模最大的两条断裂(图1),它们均出露于三斗坪坝区的上游,距三斗坪坝址最近的距离分别为19 km 和17 km,且九湾

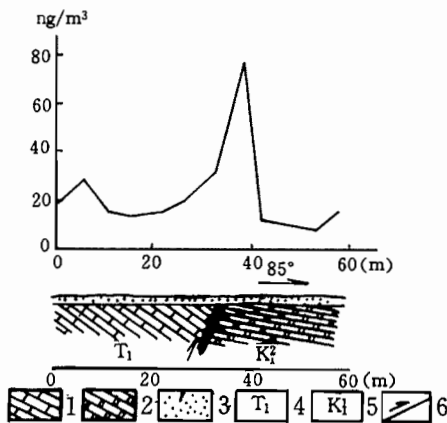


图2 荒口剖面 Hg 异常图

Fig. 2 Hg anomalies in the Huangkou profile
 1—灰岩;2—白云质灰岩;3—土壤;4—三叠系下统;5—白垩系下统;6—断层
 1—Limestone;2—dolomitic limestone;3—soil;4—early Triassic;5—early Palaeozoic;6—fault

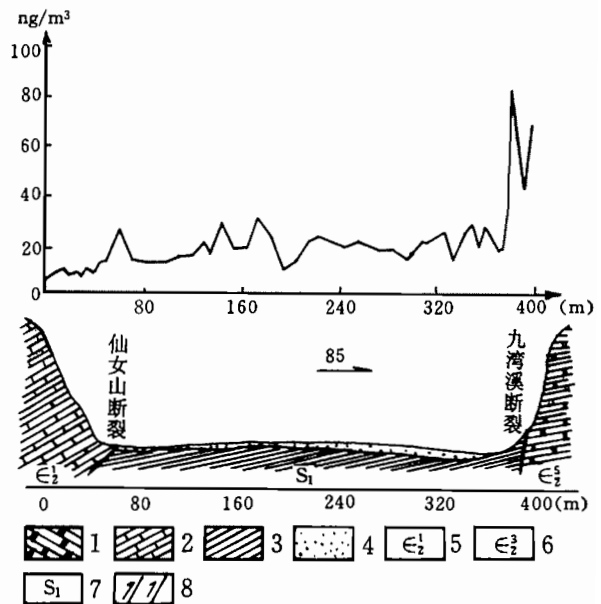


图3 槐树坪剖面 Hg 异常图

Fig. 3 Hg anomalies in the Huashuping profile
 1—白云岩;2—白云质灰岩;3—页岩;4—土壤;5—寒武系中统下段;6—寒武系中统上段;7—志留系下统;8—断层
 1—Dolomite;2—dolomitic limestone;3—shale;4—soil;5—lower part of middle Cambrian;6—upper part of middle Cambrian;7—early Silurian;8—fault

溪断裂斜切长江。专家认为^[1],这两条断裂是影响库区地壳稳定性的主干断裂,必须进行断裂活动性评价。由于该区属于第四系半覆盖区,给两条断裂的活动性评价带来很大困难。笔者选用壤中气汞量测量的方法对上述两条断裂进行评价研究,结果表明,上述两条断裂的活动性与所观察和搜集到的断层产状要素及确定其活动性的其它地质现象是相互吻合的。

仙女山断裂北起秭归荒口风吹垭,南至庙包,长约14 km,断裂带宽10~20 m不等,断层走向340°,倾向250°,倾角40~60°,断裂破碎带内有糜棱岩、片状构造岩和构造透镜体,为压性逆断层。后经多期活动,显示出不同力学性质交合的压性兼扭性特征,沿该断裂有小震发生。表明新构造运动时期有活动。

九湾溪断裂是由右型斜列的多条断裂组成(主要可分东、西两支),总体方向10~20°,倾向280~290°,倾角60~70°,断层破碎带宽2~6 m不等。东支断裂南起苏家凹,往北经庙包西侧、老林河、严家湾、镇金观、良水河尖灭于界垭以北的水田坝附近,总长16 km左右。西支断裂始于相家坡以西的和尚岩坡脚,往北经黑龙潭、小聂山、蔡家垭、刘家坡,由路口子穿过长江,终止于龙马溪以北的巴东方附近,总长15.5 km。该断裂断层面比较平直光滑,有水平擦痕和斜擦痕,后者切割前者,并显示多次活动的特点。先期的活动为顺时针扭动,后期活动显示西盘斜落的正断层性质,张扭性特征明显^[2]。

垂直断裂走向以点距5~10 m,分别在仙女山、九湾溪断裂上实测6条和3条剖面,仅以仙女断裂上的荒口剖面(图2)和覆于上述两断裂的槐树坪剖面(图3)为例,说明壤中气异常与活动断裂的关系。

从两图上可以看出,在仙女山和九湾溪断裂带都有汞异常,且规律性明显。仙女山断裂荒口剖面,汞异常值最高达80 ng/m³,约为背景值的4倍。在图3中九湾溪断裂异常值较仙

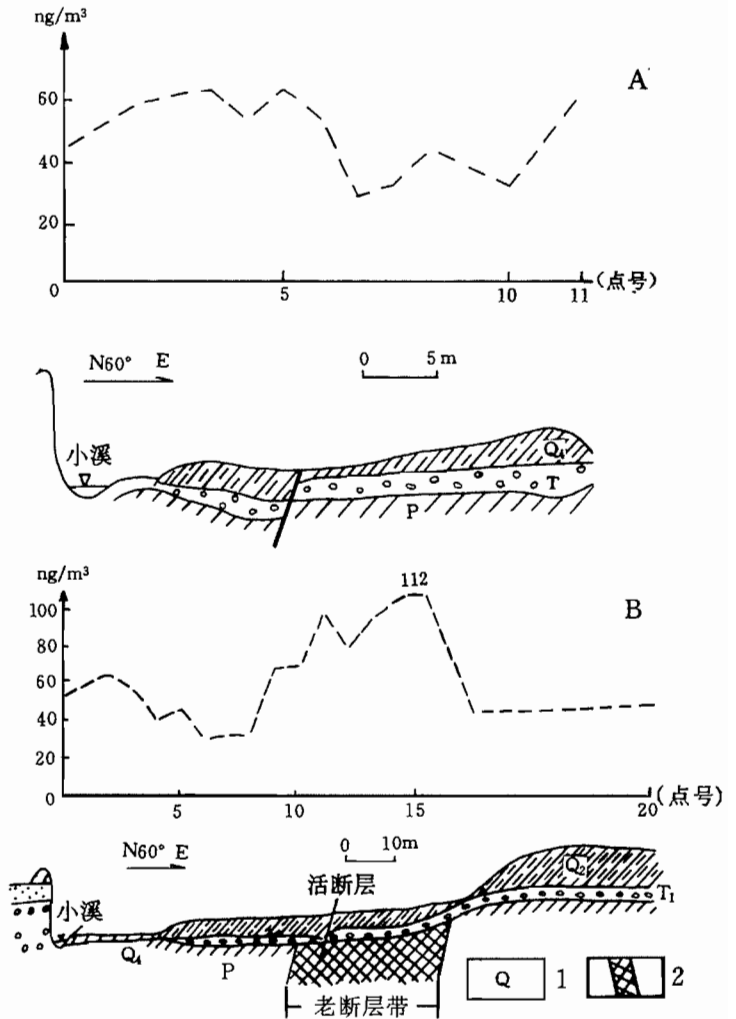


图4 吉林市改集街断裂北剖面(A)与南剖面(B)Hg异常图
 Fig. 4 Hg anomalies of the northern profile (A) and the southern profile (B) in the Gaijijie fault, Jilin City
 1—地层时代;2—断裂带;Q—第四系;T—三叠系;P—二叠系
 1—Statum;2—fault;Q—Quaternary;T—Triassic;P—Permian

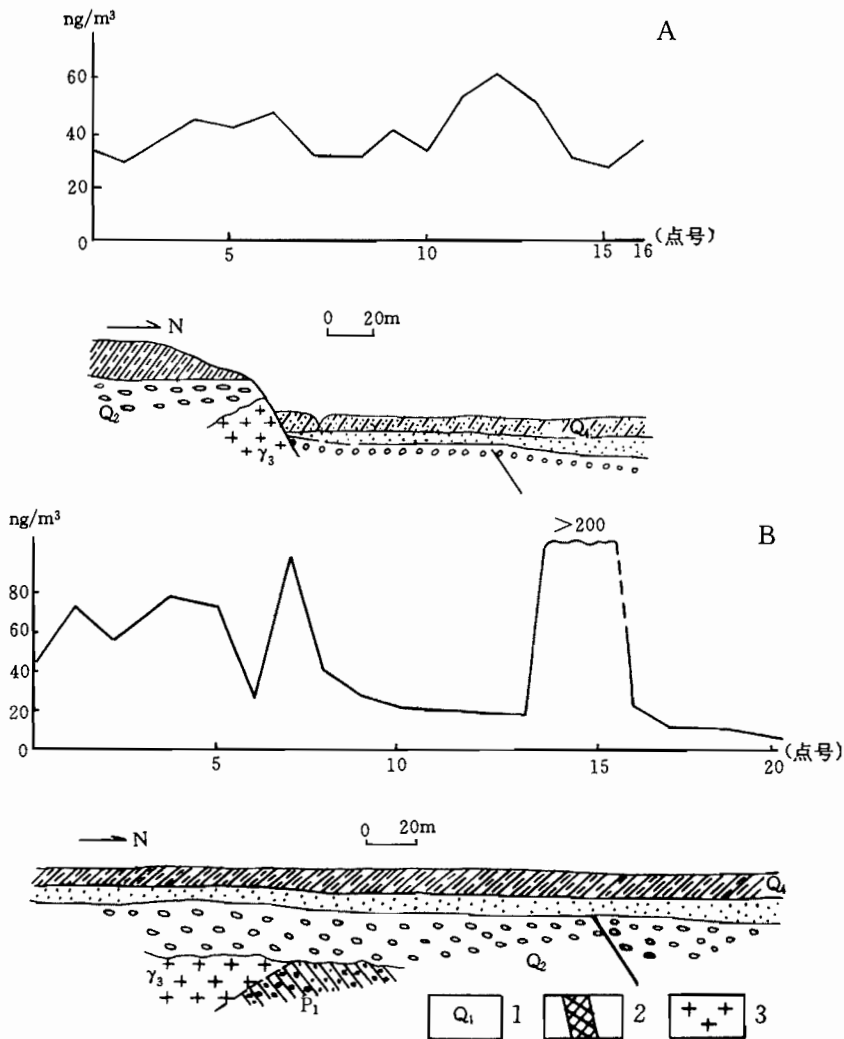


图5 吉林市哈达湾—龙潭山断裂东部剖面(A)和西部剖面(B)的Hg异常图

Fig. 5 Hg anomalies in the eastern profile (A) and the western

profile (B) in Hadawan-Longtanshan fault, Jilin City

1—地层时代; 2—断裂带; 3—花岗岩; Q—第四系; P—二叠系

1—Stratum; 2—fault; 3—granite; Q—Quaternary; P—permian

女山断裂的高, 这可能与九湾溪断裂显出张性而仙女山断裂为压性特征有关。从以上两个剖面的汞异常曲线形态也可以看出, 异常曲线变缓的一侧与断裂的倾向是对应的, 变缓的速率与断层的倾角有关。

对仙女山和九湾溪两条断裂的地质、地貌、地震、地形变测量等资料的调查证明, 上述两个断裂都具有一定的现代活动性, 且沿两条断裂都有微震发生。1972年在仙女山断裂北端的周围坪附近曾发生了6级地震, 据长办的位移监测资料, 仙女山断裂北端的水平位移速率为0.137 mm/a,

垂直方向为0.066 mm/a, 九湾溪断裂活动速率为0.1 mm/a。

由上不难看出, 覆盖区用壤中气汞测量的方法对上述两条断裂研究所得出的结论与其它地质调查等所得出的结论是完全一致的。

2.2 吉林改集街断裂和哈达湾—龙潭山断裂壤中气汞量测量研究

沿改集街和哈达湾—龙潭山两条断裂布置了4条剖面, 图4-A、B及图5-A、B。图4-A剖面长35 m, 测点11个, 测点间距2.5~5 m。汞异常位于3~5号测点间, 异常曲线形态显示, 汞异常值在西部下降缓慢, 而东部则变化很快形成不对称状, 表明了该断裂的空间位置及向西倾斜的产状特征。图4B剖面在图4A剖面南20余米, 剖面长124m, 测点20个, 测点间距5~10 m, 异常

位于9~16号点,峰值达 112 ng/m^3 (14号点),从汞异常曲线位置及形态可以断定断裂的位置及倾向西的产状特征,和剖面 A 的测量结果是一致的。沿改集街断裂观察,据该断裂所控制的第四纪堆积物岩性岩相及地貌特征,以及它对现代建筑的破坏情况看,该断裂是活动断裂也是无疑的。这与壤中气汞量测量结果是相符的。

哈达湾—龙潭山断裂是一条较大的断裂,东部剖面 A 长 235 m,测点 16 个,测点间距 15 m。从剖面测量所得的结果(图 5A)可以看出该断裂有汞异常出现,汞的异常位于 11~13 号点间,宽约 40 m,峰值为 59 ng/m^3 。西部剖面 B 长 315 m,测点 20 个,测点间距 15 m。由图 5B 可以看出,该剖面显示两个汞异常带,第一异常带位于 2~7 号点间,宽 90 m,峰值较低,异常带宽阔,可能对应一宽大的断裂。第二异常带位于 13~16 号点间宽约 50 m,峰值高达 200 ng/m^3 以上,结合其它地质条件分析,第二异常带对应哈达湾—龙潭山断裂。这与剖面 A 测得汞异常是相符的,显示该断裂的活动特征。与该断裂其它地质调查所获取的断裂活动资料是吻合的。

第二异常带位于 13~16 号点间宽约 50 m,峰值高达 200 ng/m^3 以上,结合其它地质条件分析,第二异常带对应哈达湾—龙潭山断裂。这与剖面 A 测得汞异常是相符的,显示该断裂的活动特征。与该断裂其它地质调查所获取的断裂活动资料是吻合的。

2.3 长春南湖断裂壤中气汞量测量研究

长春南湖断裂是长春市区主要断裂之一,从地形、地貌及地层对比,该断裂的存在是毫无疑问的,但由于第四系覆盖,其确切位置、规模、产状及活动性一直存在争议,给该区的区域构造稳定性评价造成困难。为了搞清断裂的具体位置和活动性,笔者在该断裂大致通过的位置(预测通过地带)布置了两条壤中气汞量测量剖面,一条布置在长春南湖大堤外侧,长 1300 m;另一条在光荣桥附近,长 700 m。剖面的测点距离一般 20~30 m 间,加密点 10~15 m,根据两条

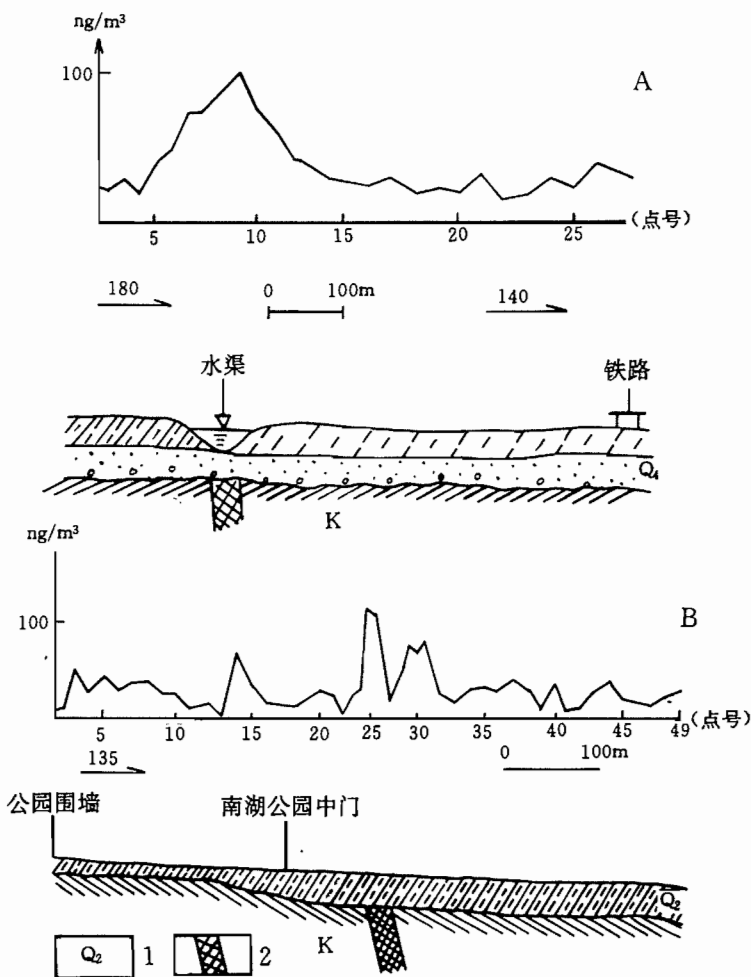


图6 长春市南湖断裂光荣桥剖面(A)和南湖剖面(B)Hg异常图
 Fig. 6 Hg anomaly of Guangrong brige profile (A) and Nanhu profile (B) in Nanhu fault, Changchun City
 1—地层时代; 2—断裂
 1—Stratigraphic time; 2—fault

剖面测量结果绘制成图6。从图6A可以看出,从6号点到11号点长约150 m范围内汞气含量大于异常下限值,峰值为 97 ng/m^3 。从图6B可以看出,从25号点到31号之间宽约130余米,峰值达 111 ng/m^3 ,从两条壤中气汞量测量剖面分析认为该断裂走向 53° 左右,倾向南东,倾角较陡,可见规模较大(破碎带较宽),且是一条弱的活动断裂。

3 结论

(1)从上述诸条断裂的壤中气汞量测量研究表明,活动断裂带均有汞气异常显示,该方法可以作为覆盖区研究活动断裂的方法之一。

(2)几条断裂的壤中气汞量测量和其它地质资料的调查与研究认为,活动断裂的活动性(强弱)与汞异常强度是有一定的对应关系,断裂活动性强,异常值就高,反之亦然。

(3)根据活动断裂壤中气汞量测量剖面中的位置和形态,可以较准确的确定断裂的位置(异常峰值对应部位)、规模(异常峰值的高低及宽度)、倾向、倾角,峰值与倾角有一定的对应关系,峰值曲线缓倾斜方向指示断裂的倾向。峰值曲线变缓的速率,显示断层倾角的相对大小。

(4)壤中气汞气异常的形成除受活动断裂的影响外,土壤的性质、厚度、温度、湿度和植被等对汞气测量结果也有一定影响^[3],在活动断裂带壤中气汞量测量时,应加以充分考虑和设法消除。

参 考 文 献

- 1 谭周地,薄景山.长江三峡工程库首区地壳稳定性和水库诱发地震研究.北京:地质出版社,1992.9页.
- 2 薄景山,贾永刚.论仙女山地区构造应力场的演化及对三峡水库诱发地震的影响.长春地质学院学报(长江三峡地质专辑),1998,(1):25~26.
- 3 伍宗华,金仰芬.汞的勘查地球化学.北京:地质出版社,1994.

Mercurometric Survey of Soil Gases in Active Faults

Liu Shutian and Deng Jinxian

(Changchun Science and Technology University, Changchun, Jilin, 130026)

Abstract

The application of mercurometric survey of soil gases in the study of active faults in overburden is a new method. The method may more accurately determine the position, attitude, extent, activity and mechanical properties of an active fault. The basic principle of mercurometric survey of soil sases in active faults is introduced. The effect and prospects of the method are illustrated by examples from the Yangtze Three Gorges, Jilin and Changchun.

Key words: active fault; mercurometric survey of soil gases; mercury anomaly

作 者 简 介

刘树田,男,1944年12月生。1969年毕业于长春地质学院勘探专业。现为长春科技大学(原长春地质学院)地球化学系副教授,主要从事勘查地球化学教学和科研工作。通讯地址:130026,长春科技大学地球化学系。