



# 邹平火山岩盆地隐伏岩(矿)体区土壤汞气测量效果探讨

高长亮, 苏道强, 刘鹏磊, 乔云, 郭嘉, 吕涛, 高荣政  
(山东省地矿工程集团有限公司, 山东 济南 250014)

**摘要:**通过对已往邹平火山岩地区实施的土壤汞气测量试验性成果的初步研究,24处汞气测量异常中经钻探验证见矿异常8处;有进一步工作意义的异常若干处。土壤中汞气测量异常与钻孔中铜元素原生晕异常相吻合、与铜矿及金属硫化物关系密切。由此可见,土壤汞气测量在第四系覆盖区寻找隐伏的多金属硫化物矿床是完全可行的。

**关键词:**火山岩盆地;隐伏岩(矿)体;土壤汞气测量;山东邹平  
**中图分类号:** **文献标识码:**B

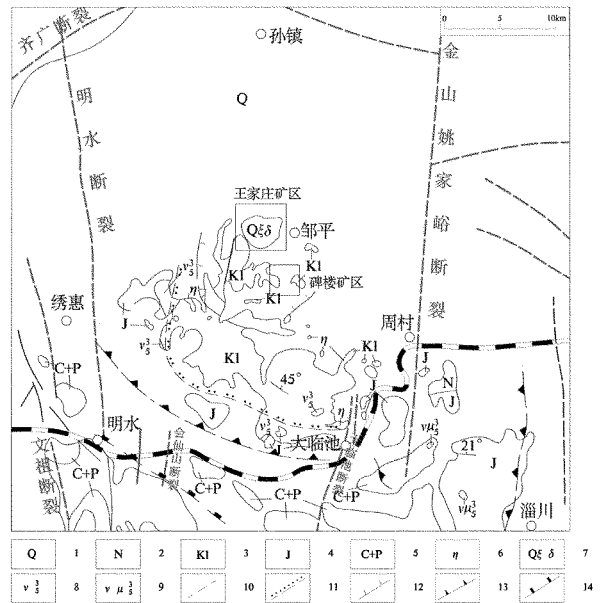
20世纪70年代开始,山东省多个地勘单位在邹平火山岩地区先后开展大量的基础地质、物化探、矿点检查和矿床勘查工作,以及1:20万、1:5万、1:25万和局部地区1:1万地质调查工作,同时还找到了一批具有工业意义的以铜为主的多金属中小型矿床。该文对邹平火山岩盆地地质特征及王家庄岩(矿)体地质特征不加赘述,而重点讨论土壤汞气测量在邹平火山岩盆地第四系覆盖区寻找类似王家庄型铜矿及碑楼型铜矿的应用效果,进而探讨在老矿区“探边摸底、攻深找盲”的找矿战略行动中,应充分重视开发利用以往地质、物化探等老资料,以期取得更好的找矿突破。

入火山-沉积地层;区域构造十分发育,主要表现为断裂构造及火山构造(图1)。

## 1 区域地质背景

邹平火山岩盆地所处大地构造位于华北板块(I)鲁西隆起(II)鲁中隆起(III)鲁山-邹平断隆(IV)邹平-周村凹陷(V)<sup>[1]</sup>,分布面积约500 km<sup>2</sup>,其中出露面积100 km<sup>2</sup>。

区域地层主要有中生代三叠系、侏罗系、白垩系,形成一套火山-沉积地层;岩浆岩为一套由基性-中性-中偏碱性相互叠加的岩浆杂岩体,并侵



1—第四系;2—新近系;3—白垩系;4—侏罗系;5—石炭-二叠系;6—二长岩;7—石英二长闪长岩;8—辉长石;9—辉长玢岩;10—实测及推断断层;11—推测火山喷发不整合线;12—破火山口边界;13—上古界洼陷区;14—上古界凹陷区

图1 邹平火山岩盆地地区地质略图

收稿日期:2014-05-28;修订日期:2014-07-03;编辑:陶卫卫

作者简介:高长亮(1960—),男,山东莱芜人,高级工程师,主要从事地质矿产勘查及其管理工作;E-mail:gaochangliang1960@163.com。

①山东省地矿局第一地质大队,山东省邹平火山岩盆地铜矿地质特征及找矿方向,1985年。

邹平火山岩盆地处于济南-金岭构造岩浆活动带中部,是西太平洋沿岸多金属成矿带的中国东部沿海成矿带的重要组成部分。中生代是我国一个重要的多金属成矿期,在这个成矿带中,从东北的多宝山,到江西的德兴,目前已先后找到一些大型、特大型铜矿床。邹平火山岩盆地则是山东省寻找铜多金属矿的重要成矿地区,目前该地区已发现的铜矿主要有王家庄铜钼矿、碑楼铜矿、大临池铜矿及靖家庄铜钴硫矿等一系列中小型矿床,构成了典型的火山-次火山热液矿床系列<sup>①</sup>。

## 2 土壤汞气测量成果

土壤汞气测量是汞蒸气测量中的一种,主要通过研究赋存于土壤内各种孔隙中的游离汞气,对系统施工的浅孔通过动态(抽气)或静态(吸附)方式,将土壤孔隙中的游离汞聚集至捕汞管(或汞杯)上,然后在现场或野外实验室对采集的样品进行脱汞测定,并圈出汞气异常。

2011年袁承先在综合前人大量工作的基础上,对汞气测量理论基础、方法原理、影响因素、研究水

平等进行过综合研究,随着对矿产资源需求的日益增高和勘查程度的提高,找矿的主题对象已经由地表矿、浅部矿转变为隐伏矿、深部矿。该文认为土壤汞气测量是一种十分有用的地球深部矿化信息探测技术<sup>[2]</sup>。

20世纪80年代在1:5万区域地质调查期间,山东地矿局地质一队对邹平火山岩地区实施了土壤汞气测量试验性工作,选择王家庄-大临池区域构造岩浆成矿带内,由物探工作推断的王家庄岩体、大李家岩体、碑楼岩体和于张岩体4个隐伏岩体地区,总面积49.53 km<sup>2</sup>。开展土壤汞气测量工作比例尺为1:10000,测网为100 m×40 m,局部加密为100 m×20 m。工作中对采样深度、体积及密度进行了试验,并在已知矿段进行了该方法试验。通过系统取样、测试及综合整理,共圈出汞气异常24处,其中王家庄矿区16处: Hg1~Hg11;大李家地区1处: Hg13;碑楼矿区7处: Hg12~Hg18。24处异常中经钻探验证异常10处,其中见矿(化)异常8处,另有14处异常还有待于进一步验证(表1)。

表1 土壤中气汞异常特征(资料截止1981年)

矿区	异常编号 (类别)	异常规模 (m <sup>3</sup> )	峰值 (ng/m <sup>3</sup> )	异常值 (ng/m <sup>3</sup> )	对应矿体 编号	控制长度 (m)	控制深度 (m)	备注
王家庄	Hg1-1(甲)	500×220	323	30~60	I-X III	370	-700	累计矿厚 202.68m
	Hg1-2(甲)	250×210	102	16~40	I-X III		-589	累计矿厚 73.77m
	Hg2-1(甲)	400×120	231	40~110	X VII			
	Hg2-2(甲)	140×100	80	15~180	X V-X X V	190	-600	累计矿厚 185.89 m
	Hg3(甲)	450×130	318	40~150				
	Hg4-1(甲)	730×250	733	100~410				见破碎带
	Hg4-2(甲)	400×230	561	40~306				见破碎带
	Hg5(甲)	700×450	567	60~100				表外矿 Cu 0.2~0.29% Cu 品位 10%
	Hg6-1(甲)	390×250	1048	200~800			-165	未验证
	Hg6-2(甲)	700×300	870	50~300				未验证
	Hg6-3(甲)	300×200	548	100~400				未验证
	Hg7	未封闭	902	50~300				未验证
	Hg8	未封闭	630	60~200				未验证
	Hg9	450×150	710	20~140				未验证
Hg10	1000×200	139	20~60				未验证	
Hg11	170×40	124	30~48				未验证	
碑楼	Hg12(甲)	700×200	96	40-90	碑楼铜矿		-185.6	累计矿厚 9.83m
	Hg13	500×500	242	60~190				未验证
	Hg14	300×260	615	40~160				未验证
	Hg15	300×320	395	30~70				未验证
	Hg16	400×400	536	100~400				未验证
	Hg17	400×500	394	50~150				未验证
	Hg18	500×300	98	30~60				未验证
	Hg19	200×150	214	30~70				未验证

### 3 土壤汞气测量效果探讨

#### 3.1 王家庄岩体汞气测量异常与矿体关系

山东地矿局物化探勘查院在充分运用前人资料的基础上,对邹平王家庄铜矿外围进行了普查找矿<sup>[2]</sup>,并提交了《山东省邹平县王家庄外围铜矿普查报告》。王家庄铜矿处在晚期火山构造会仙山火山口中心部位的火山通道里,赋存于王家庄岩体中。该岩体为一隐伏于厚度为 40~120 m 的第四系之下的呈岩株状产出的复式岩体。该复式岩体由 3 次侵入活动所形成的岩石组成:西侧为第一次侵入的闪长岩,东侧为第二次侵入的二长岩,中间位石英二长岩(原称石英正长闪长岩),它们之间呈明显的侵入接触关系。各期次的岩石矿物成分、化学成分说明该岩体为一中酸偏碱性的中浅成复式岩体。主要含矿岩性为中部的中粒石英二长岩。从矿床中矿石的结构、构造、矿物成分和微量元素的含量可以看出,王家庄铜矿石经长期的、多阶段性的火山活动、岩浆侵入和后期热液活动形成的以角砾状、粉末状为主的铜矿床。

据随机抽样的 1 105 个样品分析数据,确定该地区土壤汞气含量背景值为 8.1 ng/m<sup>3</sup>。岩石地球化学测量表明,王家庄含矿岩体 Cu, Au, Ag, As 含量普遍偏高;Hg 含量相应也高;与其他岩体元素平均含量相比,Hg 为 4~15 倍,Cu 为 4~9 倍,Au 为 2~5 倍,Ag 为 4~8 倍,As 为 2~4 倍,变化系数明显偏大(表 2)。

由此反映出土壤中汞气含量与隐伏岩体矿化情况在空间上的密切关系。

该地区共圈出汞气测量异常 16 处。在第四系埋深百米下的铜矿体,其地表出现高于汞气测量异常下限的 7~9 倍。该地区汞气测量异常特征是:

汞气测量异常重现性好,具有一定规模,强度高,几百至几千 ng/m<sup>3</sup>,成群密集分布,含矿母岩石英正长闪长岩区汞气测量异常更为发育。这与王家庄岩体矿化现象普遍、矿床中原生矿体多、规模小而分散的特征相吻合。

汞气测量异常与钻孔中铜元素原生晕异常相吻合,铜含量 200 ppm 等值线基本围绕石英正长闪长岩分布,在汞气测量异常中,Hg1-1, Hg2-1, Hg2-2, Hg3, Hg4-1, Hg5, Hg9, Hg11 具有找矿意义,

表 2 邹平地区主要岩体地化参数

岩体名称 (侵入阶段)		西窝陀- 茶叶山- 大临池岩 体(I)	大临池- 雪山岩体 (II)	于张岩 体(II)	西董-化 家庄岩体 (II)	王家庄 岩体(III)
Cu (10 <sup>-6</sup> )	X	63.4	32.5	37.6	80.6	313.5
	σ	22.6	29.3	22.7	75.9	347.0
	V	35.6	90.2	60.4	94.2	110.7
Pb (10 <sup>-6</sup> )	X	10.8	11.3	13.5	16.4	28.5
	σ	2.7	5.2	2.8	2.1	19.6
	V	25.0	46.0	20.7	12.8	68.8
Zn (10 <sup>-6</sup> )	X	69.5	35.3	45.8	53.8	49.0
	σ	24.0	14.8	20.1	11.3	21.6
	V	34.5	41.9	43.9	21.0	44.1
Mo (10 <sup>-6</sup> )	X	0.3	0.2	0.6	0.7	7.2
	σ	0.1	0.1	0.4	0.2	18.7
	V	33.3	50.0	66.7	28.6	259.7
Au (10 <sup>-9</sup> )	X	1.7	1.2	1.1	2.6	5.5
	σ	0.8	1.1	0.4	2.3	6.2
	V	47.1	91.7	36.4	88.5	112.7
Ag (10 <sup>-9</sup> )	X	0.06	0.03	0.04	0.04	0.23
	σ	0.02	0.01	0.01	0.01	0.25
	V	33.3	33.3	25.0	25.0	108.7
As (ppm)	X	1.7	3.4	3.1	3.3	6.8
	σ	0.6	1.6	0.7	1.0	10.7
	V	35.3	47.1	22.6	30.3	157.4
Hg (ppb)	X	1.8	4.1	2.9	5.8	23.7
	σ	0.5	1.8	1.6	6.3	60.8
	V	27.8	43.9	55.2	108.6	256.5
统计样数		20 件	20 件	20 件	19 件	20 件
备注		X 平均值,σ 标准离差,V 变化系数 X 平均值, σ 标准离差,V 变化系数				

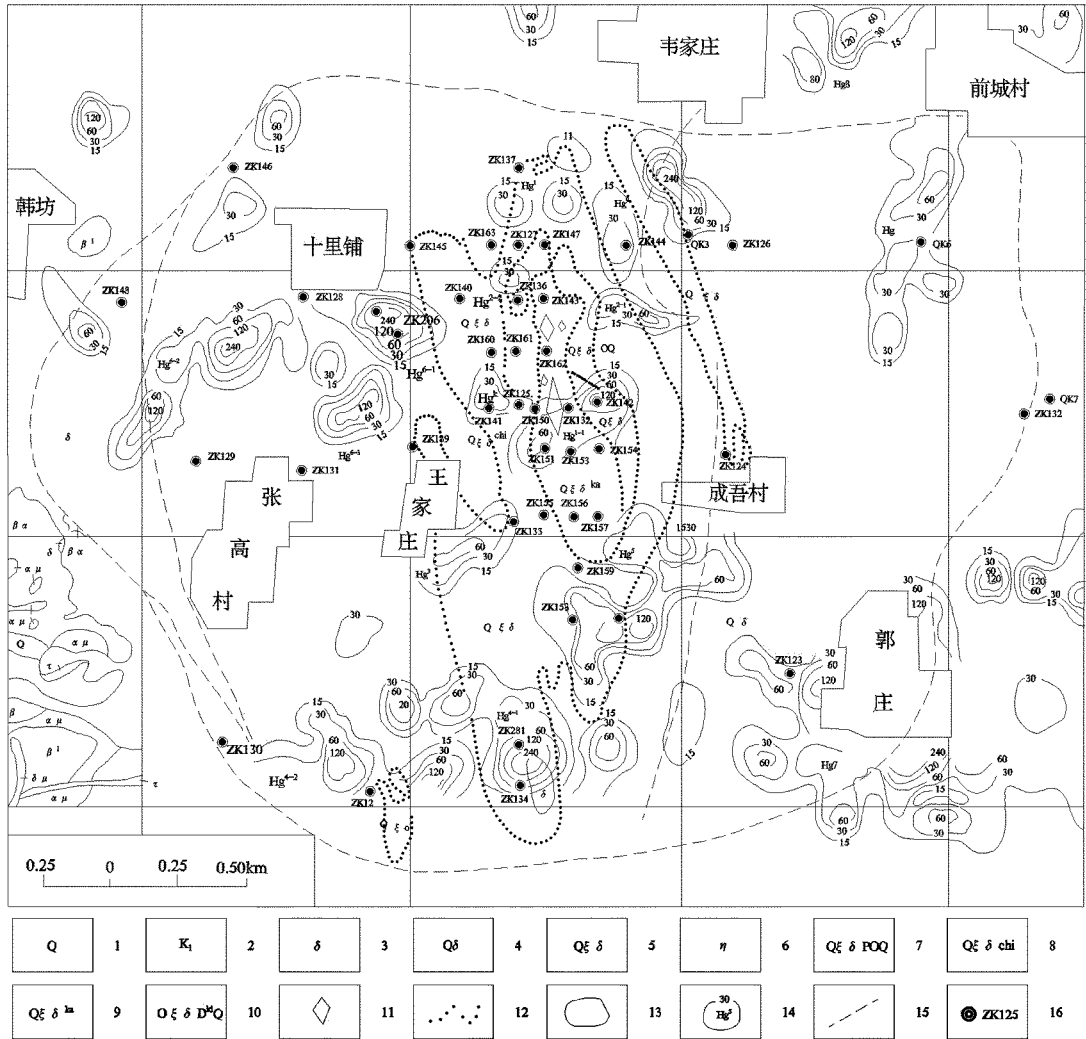
56% 的异常与铜矿及金属硫化物关系密切。Hg1-1, Hg1-2, Hg2-1, Hg2-2, Hg6-1 钻孔中已见铜矿(图 2)。

上述资料表明王家庄矿区的土壤汞气测量异常多由已知隐伏矿体引起。另外,在仅发现的一处钻孔控制的富矿体中,汞气晕测量试验表明,汞气异常与主矿体对应较好(图 3)。但在主矿体两侧均发现有更高强度的汞气异常,其峰值是主矿体的几十至几百倍。综合该区地质、物化探资料推测,该地段下部很可能形成更大规模的隐伏矿体。

#### 3.2 碑楼岩体汞气测量异常与矿体关系

碑楼铜矿赋存于受 NNW 构造控制的偏碱性闪长玢岩岩体中。含矿岩体显示出低磁高激化特征,激电异常与环状低磁异常吻合较好<sup>[4]</sup>,并显示较好的土壤汞气测量异常。

据随机抽样的 1 105 个样品分析数据,确定该地区土壤汞气异常下限为 5.9 ng/m<sup>3</sup>,共圈出汞气



1—第四系;2—白垩系火山-次火山岩;3—闪长岩;4—石英闪长岩;5—石英正长闪长岩;6—二长岩;7—钾硅化石英正长闪长岩;8—绿泥化石英正长闪长岩;9—高岭化石英正长闪长岩;10—娟英岩化石英正长闪长岩;11—矿体地表投影;12—相变地质界线;13—磁法圈定的岩体边界;14—土壤中汞气异常及编号;15—电法推测断层;16—钻孔及编号

图 2 王家庄矿区土壤中汞气异常基岩地质综合平面图

测量异常 7 处,其中 Hg12 异常经钻孔验证,在孔深 128.82~185.65 m 见矿,厚度达 9.83 m,Cu 平均品位 0.69%。其岩体特征与王家庄岩体类似(图 4)。

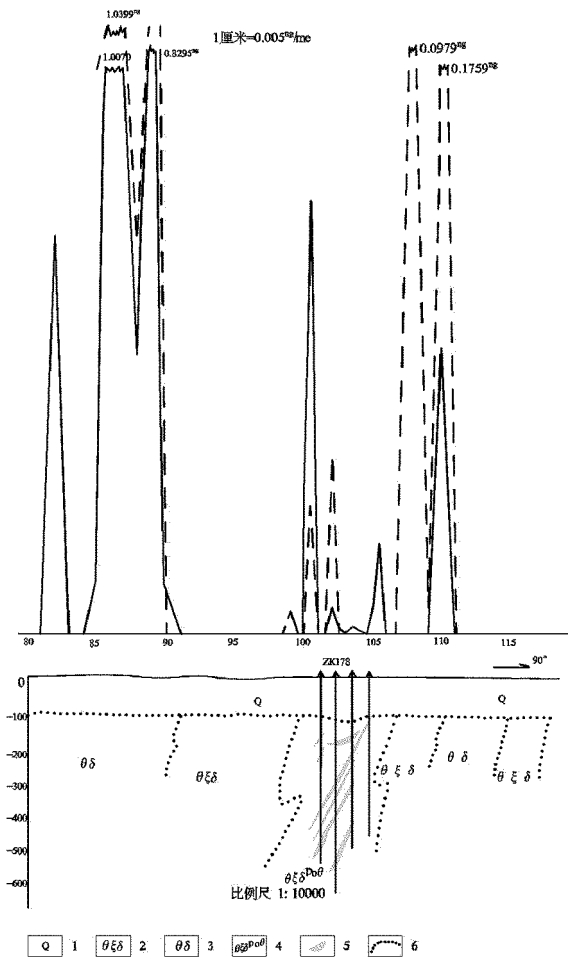
2004 年山东省物化探勘查院在邹平县碑楼地区开展了铜矿普查工作,重点在汞气测量异常区通过高精度磁测、大功率激电等工作进一步圈定异常范围,相继布置实施钻孔 28 个,钻探进尺 7 000 m,发现了新的隐伏铜矿体,查明并圈定隐伏矿体 15 个。矿体长度一般 70~150 m,厚度 20~30 m。矿石品位在 1.0%左右,最高可达 6.0%,提交 332+

333 类铜资源量 20 245 t<sup>[3]</sup>。进一步证明了碑楼地区的土壤汞气测量异常多为矿致异常。

### 3.3 土壤汞气测量效果探讨

(1)汞元素可作为寻找多金属矿的重要指示元素。在邹平火山岩地区进行的岩石地球化学测量、土壤地球化学测量、水系沉积物地球化学测量及土壤汞气测量都证明,汞元素及汞气含量具有明显的量级差别,能圈出汞元素、汞气异常,依此圈定矿化富集地段、岩体,缩小找矿靶区。

(2)事实证明,土壤汞气测量在第四系覆盖区寻

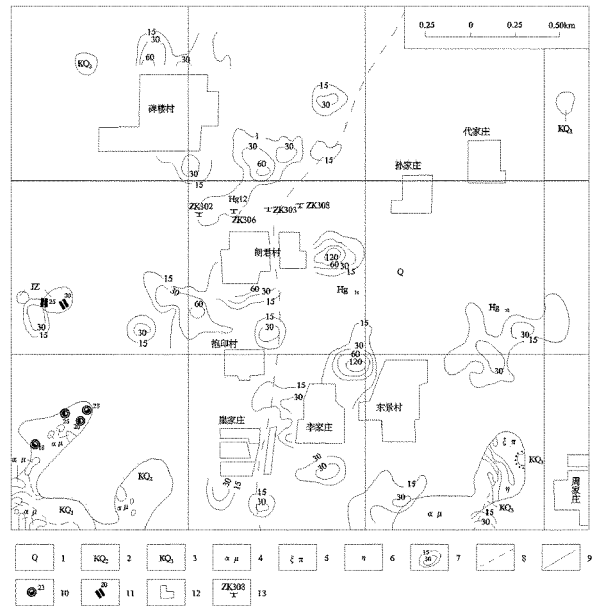


1—第四系; 2—石英正长闪长岩; 3—石英闪长岩; 4—钾硅化石英正长闪长岩; 5—铜矿体; 6—地质界线

图 3 王家庄矿区 13 线汞气晕测量曲线

找隐伏的多金属硫化物矿床是有效的、可行的。邹平火山岩第四系覆盖区土壤汞气测量成果,经多年来异常查证证明其效果是比较好的,其成果可以为找矿提供可靠信息,显示出土壤汞气测量具独特的地质效果。

(3)汞气测量异常与钻孔中铜元素原生晕异常相吻合,土壤中汞气异常与铜矿及金属硫化物关系密切。构造是王家庄铜矿的矿液通道和赋存空间。中粒二长闪长岩是王家庄铜矿的矿质来源。汞与成矿构造关系密切,在含汞热液硫化物矿床形成前后,不断有大量汞气沿构造裂隙向外挥发,也可在矿体前缘或矿体上方形成具一定强度和规模的汞气异常。资料分析和找矿实践证明,汞气来源于金属硫化物矿体、矿化体,而不是来自其他围岩。进一步总结该区铜金矿的地质成矿规律,特别是岩浆岩、构造、围岩等对区内铜金矿体等控制作用等,进一步建



1—第四系; 2—青山组中亚组; 3—青山组上亚组; 4—辉石安山玢岩; 5—正长斑岩脉; 6—二长岩; 7—壤中气汞异常等浓度线; 8—直最联剖推测断层; 9—实测及推测地质界线; 10—地层产状; 11—流面产状; 12—村镇; 13—钻孔位置及编号

图 4 碑楼岩体土壤中汞气异常平面图

立和完善该区铜金矿的成矿模式,可为已知矿区外围寻找新的找矿靶区、扩大找矿空间提供依据。

(4)王家庄矿区汞气异常与主矿体对应较好,在主矿体两侧均发现汞气高异常,其峰值是主矿体的几十至几百倍。综合该区地质物化探资料推测,该地段下部有可能含有更大规模的矿床,有待进行深部钻探验证。

(5)国内外许多重要矿床的发现证明,汞气测量在寻找隐伏矿中的具有重要作用。康卫青等人把隐伏矿床定义为“埋藏于基岩中未出露地表的矿床(体)”,并分为盲矿体、覆盖矿体、覆盖盲矿体,并以湖南汝城盈东铜矿为例说明了汞气测量在寻找隐伏矿中的重要作用<sup>[5]</sup>。盈东铜矿赋存于震旦系碎屑岩中,受断裂破碎带控制,但地表露头差,山高林密,通行困难,普查时首先做了土壤汞气剖面测量,圈出了 2 条 NW 向异常带,后经工程验证发现了 2 条 NW 向含矿带,大大加快了矿区的普查评价工作。

## 4 结论

随着我国东部地区深部找矿“攻深找盲”战略的实施,对勘查隐伏矿床的有效方法的研究显得越来越

越重要。现阶段,由于以往矿山建设过程中的矿坑、建筑以及电磁等因素的干扰,常规的磁、电测量等工作往往无法开展或难以取得理想的找矿指示效果,而早期的物化探老资料等虽然精度可能不高,但由于当时条件的限制,往往受到的干扰较小,反而能显示出较为准确的找矿信息,这在该区近年来的找矿工作中已得到验证。因此充分重视开发利用以往地质、物化探等老资料,寻找其中蕴含的找矿信息,密切配合地质勘查,在已知矿“探边摸底”找矿中,往往可以取得较好的找矿突破。

## 参考文献:

- [1] 张增奇,张成基,王世进,等.山东省地层侵入岩构造单元划分对比意见[J].山东国土资源,2014,30(3),1-23
- [2] 袁承先.地球深部矿化信息探测技术——土壤汞气测量[J].科技资讯,2011,(9),6-7
- [3] 吕其伟,陈磊.大功率激电在邹平铜矿优选区的应用[J].山东国土资源,2007,23(9),5-7
- [4] 韩玉珍,王世进,曹秀华.山东省邹平地区铜矿成矿地质条件及典型矿床研究[J].山东国土资源,2008,24(3),20-25
- [5] 康卫青,黄革非.勘查隐伏矿床的有效方法探讨[J].湖南地质,2001,20(3),217-220

## Effect Study on Soil Mercury Gas Measurement in Hidden Rocks in Zouping Volcanic Basin

GAO Changliang, SU Daoqiang, LIU Penglei, QIAO Yun, GUO Jia, LV Tao, GAO Rongzheng  
(Shandong Geo-engineering Exploration Limited Corporation, Shandong Jinan 250014, China)

**Abstract:** Through primary study on the former test result of soil mercury gas measurement in Zouping volcanic rocks area, among 24 spots mercury gas measurement anomalies, 8 spots have been verified by drilling prospecting, and few spots has the significance of further work. Soil mercury vapor measurement anomalies are accordance with copper halo anomalies in the boreholes, and have a close relation with copper and metal sulfides. Thus, soil mercury gas measurement is completely feasible in prospecting hidden polymetallic sulfide deposits in Quaternary covering areas.

**Key words:** Volcanic basin; hidden rocks; soil mercury gas measurement; Zouping county in Shandong province

(上接第 66 页)

## Study on Simulation of the Reaction between Acidified Water and Calcite Gypsum

CHEN Zhen, JI Longjiang, XU Xianyi, WANG Xuemin  
(Shandong Geophysical and Geochemical Exploration Institute, Shandong Jinan 250013, China)

**Abstract:** By using hydrogeochemical modeling software PHREEQC, preliminary simulation on the reaction between acidified water and calcite gypsum has been studied. In order to understand solution effect of leaching solution to soluble minerals under different acidity conditionson. According to the test results, theoretical predication study has been carried out to test results, and leaching solution formulations which are suitable to indoor experiments have been put forward.

**Key words:** Hydrogeochemical; simulation; calcite; gypsum