Vol. 26 No. 3 Sep. 2011:345-349

# 冲 积 平 原 区 隐 伏 金 属 矿 地 气 法 试 验 研 究

## 高玉岩,汪明启,夏修展,王 涛

(中国地质大学(北京)地球科学与资源学院,北京 100083)

摘 要: 文章通过冲积平原区(山东王家庄铜矿区)的地气试验研究及其与常规土壤测量结果的 对比,总结了冲积平原区隐伏金属矿矿床上方地气元素的分布特征。研究结果认为:①在不同覆 盖条件、常规土壤测量无效的情况下,地气测量均可发现清晰的金属元素异常,异常强度高,且与 矿体空间位置相吻合;显示出地气法在厚覆盖条件下对隐伏金属矿的独特作用;②液体捕集剂和 ICP-MS分析方法提高了地气法捕集效率和分析测试数据的可靠性,为地气法的标准化和工程化 提供了技术支持,为隐伏金属矿的勘查提供了有效地球化学手段。

关键词: 地气法;隐伏矿勘查;冲积平原区;王家庄铜矿;山东省 中图分类号: P632.5;P618.41 文献标识码: A 文章编号: 1001-1412(2011)03-0345-05

0 引言

随着寻找露头矿难度的加大,目前国内外找矿 的重点已由寻找近地表矿逐步向寻找隐伏、半隐伏 矿转变。我国覆盖区面积巨大(约占全国陆地总面 积的 1/3 以上),而且许多地区具有良好的成矿远 景。这类地区由于覆盖原因,只有能穿透覆盖层影 响的特殊找矿方法才可能发挥作用。地气法正是利 用了覆盖层能保存由下部迁移上来携带矿体信息的 地气物质这一特性,是颇具广泛应用前景的隐伏矿 勘查方法之一<sup>[1-2]</sup>。

地气法于 20 世纪 80 年代末引入我国,并在理 论探索、方法有效性、试验不同矿种、不同覆盖条件 等方面作了许多研究工作<sup>[3-10]</sup>。自 2000 年以来, 随着采用液体捕集剂和 ICP-MS 分析方法<sup>[11]</sup>,使得 地气物质捕集效率和重现性大大提高<sup>[12-13]</sup>,测试数 据的可靠性也得到进一步提高,地气现象的存在得 到肯定。

近年来,在国家自然科学基金项目、国家 863 计 划项目和中国地质调查局项目的资助下,通过试剂 提纯、使用超静环境和捕集装置的改进,使得地气测 量方法得到进一步完善,不仅可测定其元素含量,而 且可测定其同位素组成并示踪其物质来源<sup>[14]</sup>。这 为地气法的理论研究和实际找矿方面提供了技术上 的有力支持。

目前学界比较认可的地气物质形成和迁移机制 是:隐伏矿体及围岩或伴生的指示元素,经某种机制 (如氧化作用)形成纳米级微颗粒,在一种或几种机 制共同作用下,垂向向上迁移至覆盖层形成上 置晕<sup>[15]</sup>。

本文将通过介绍地气法在冲积平原区(山东王 家庄铜矿区)实验测量结果,并对比常规土壤测量结 果,讨论地气方法在覆盖区用于矿产勘查的优越性 及其意义。

1 王家庄铜矿概况

1.1 地理一地质概况

王家庄铜矿地处山东邹平县,鲁中泰沂山区与 鲁北黄泛平原的叠交地带,海拔高度多为 20~40 m。在地球化学景观上属湿润冲积平原区。矿区处 于华北板块东南部,郯庐深大断裂(沂沭断裂)西侧, 是山东省铜、金、钼等金属矿产重要产地之一。地表

**收稿日期:** 2010-03-30

基金项目: 中国地质调查局项目"覆盖区深穿透地球化学方法技术完善与标准建立"(编号:1212010660402)资助。

作者简介: 高玉岩(1975-),男,博士研究生,勘查地球化学专业。通信地址:中国地质大学(北京)地球科学与资源学院;邮政编码: 100083;E-mail:gaoyuyan@vip.sina.com

为第四系冲、洪积物覆盖,仅在矿区西部及南部可见 下白垩统青山组的中亚组和上亚组部分火山一次火 山岩出露。

王家庄铜矿床产于邹平火山岩盆地中偏北部的 会仙山破火山口中心部位,火山通道构造是主要控 岩控矿构造,其外围发育放射状断裂。含矿岩体为 王家庄石英闪长岩一石英二长岩体。矿体被第四系 黄河冲积物所掩埋,覆盖层厚度一般为 80~120 m。 1.2 矿石组分

矿石类型主要有伟晶状含金富铜矿石和细脉浸 染状铜矿石。矿石结构为他形一半自形粒状结构、 填隙结构、交代残余结构等;矿石构造为伟晶状构 造、晶洞状构造、角砾一砂状构造、细脉浸染状构造 等。矿石的矿物成分:金属矿物主要有黄铜矿、砷黝 铜矿、斑铜矿、辉钼矿、黄铁矿等。矿石平均品位w(Cu)=3.99%,属富铜矿石; $w(S)=7.22\%^{[16]}$ 。其 中,伟晶状含金富铜矿石平均品位w(Cu)=6.19%~9.05%,细脉浸染状铜矿石平均品位w(Cu)=0.51%~0.6%,一般在铜矿化厚度大的地段矿石中 铜品位较高。

为了解王家庄岩(矿)石指示元素的特征,对矿 石和矿体围岩进行了采样分析(表 1)。从表 1 可以 看出,与矿体围岩相比,矿石中的 Cu,Pb,Zn,Bi 和 Ag 等明显富集,Cu 的富集倍数大于 67,Bi 的富集 倍数大于 103。矿石与围岩的金属元素含量有明显 的界线,Cu,Pb,Zn,Bi 和 Ag 可以作为地气试验的 主要指示元素。

## 2 土壤测量结果

选择王家庄矿区穿过主矿体的 15 勘探线作为 实验剖面。剖面线长 450 m,点距 25 m。以矿体为 中心,向两侧布点。15 勘探线矿化体出露基岩面覆 盖厚度为 80~120 m。

为全面了解土壤中元素含量特征,对其中 62 种 元素含量进行了测定,包括 Ag,Cu,Pb,Zn,Bi,Sb, Cr,Ni,Co,Fe,Mn,Sn,REE 等元素。其中,w(Cu)= 38.4×10<sup>-6</sup>~60×10<sup>-6</sup>,w(Pb)=21.8×10<sup>-6</sup>~ 70.5×10<sup>-6</sup>,w(Zn)=65.3×10<sup>-6</sup>~95.7×10<sup>-6</sup>。 在测线东部的 13 号采样点,部分元素的质量分数出 现极值,如w(Cu)= 2 619.20×10<sup>-6</sup>,w(Ag)= 1 540.9×10<sup>-6</sup>。经检查,系采矿污染所致。

### 表1 山东王家庄矿区岩矿元素含量特征

Table 1 Elements contents in ore rock

of Wangjiazhuang deposit

元素	wB(矿石)			wB( <b>围岩</b> )			矿石
	最小值	最大值	平均值	最小值	最大值	平均值	/围岩
$\operatorname{Sb}$	9.1	6966	748	0.5	5.7	1.86	402.59
Bi	0.1	210	22.67	0.1	0.5	0.22	103.90
Cu	447	150479	17316	110	725	257	67.19
Ag	428	51924	6237	88.0	290	173	36.00
Au	14.3	1009	140	2.4	10.4	5.94	23.65
Cd	46.0	6433	1649	43.0	274.0	94.27	17.49
As	3.6	831	192.54	1.6	138.3	16.07	11.98
$^{\rm Pb}$	5.8	2439	314.45	20.1	58.3	30.21	10.41
W	1.5	35.2	12.71	2.0	5.7	2.98	4.27
Zn	10.8	1032	136.68	24.1	72.1	45.16	3.03
Rb	0.9	294	170.50	96.7	130.0	114	1.50
Y	0.3	59.0	11.49	9.8	12.9	11.74	0.98
Ni	2.7	55.9	12.10	10.5	14.2	12.47	0.97
Er	0.0	6.2	1.15	1.0	1.4	1.23	0.94
Ho	0.0	2.2	0.41	0.4	0.5	0.44	0.93
Lu	0.1	0.8	0.22	0.2	0.3	0.23	0.93
Dy	0.1	12.6	2.38	2.2	2.8	2.57	0.93
Tm	0.0	0.9	0.17	0.2	0.2	0.18	0.92
Tb	0.0	2.4	0.46	0.4	0.6	0.51	0.91
Gd	0.1	17.6	3.41	3.3	4.1	3.77	0.90
La	0.9	129	38.61	38.1	46.7	42.76	0.90
Yb	0.0	5.7	1.10	1.0	1.4	1.22	0.90
$\operatorname{Sm}$	0.1	22.1	4.53	4.9	5.8	5.36	0.85
Nd	0.5	115	26.32	28.7	34.2	31.60	0.83
Ce	1.1	238	65.81	71.7	87.8	80.21	0.82
Pr	0.1	29.8	7.35	8.2	9.8	8.98	0.82
Ba	23.0	1923	1036	1226	157	1371	0.76
Eu	0.0	2.6	0.91	1.3	1.6	1.44	0.63
Со	0.9	17.8	4.46	5.9	8.1	7.19	0.62
Cr	2.7	16.4	9.64	13.3	22.8	20.43	0.47
Sr	5.5	488	246	466	1073	892	0.28

测试单位:中国地质科学院物化探所中心实验室。
样品数量:矿石 n=13;围岩 n=11。

量的单位: $w(Ag,Au,Cd)/10^{-9}$ ;其他元素  $w_B/10^{-6}$ 。

从主要元素曲线图(图 1)可以看出,土壤中元 素 Cu,Pb,Zn,Bi,Sb,Ag,Sb 等元素在铜矿体上方 没有异常显示。虽然在远离矿体的测线东侧出现了 有极高 Cu 和 Ag 的单点异常,但该点异常系采矿污 染所致。说明在冲积物厚覆盖条件下,常规的土壤 测量无法发挥指示作用。

3 地气测量

### 3.1 地气法测量

液态捕集剂是地气测量的关键之一。这要求捕



### 图 1 王家庄铜矿区 15 勘探线土壤测量

Fig. 1Soil geochemical survey at line 15 of Wangjiazhunag1. 第四系 2. 石英正长闪长岩 3. 蚀变石英闪长岩 4. 角砾岩 5. 铜钼矿体 6. 地质界线 7. 钻孔

集剂本底中金属元素含量要极低而且均匀。在超净 环境下采用特殊方法处理容器、高纯试剂提纯、捕集 剂封装等技术,成功控制了捕集剂本底元素含量(表 2)。比如部分金属元素 $\rho$ (Ag)<0.002 ng/ml, $\rho$ (Cu)<0.263 ng/ml, $\rho$ (Pb)<0.56 ng/ml, $\rho_{\rm B}$ (Zn) <2.326 ng/ml。捕集剂本底金属元素质量浓度大 大降低,接近甚至低于 ICP-MS 检出限(10<sup>-12</sup>),常 量元素的质量浓度也控制在 10 ng/l 以下,满足了 地气测量的技术要求。

采样方法采用主动法。采样过程时间短(每个 采样点几分钟至十几分钟),操作条件易于控制,有 利于在生产中推广应用。

样品分析采用等离子质谱仪分析。等离子质谱 仪使用液态捕集剂分析,分析灵敏度达  $10^{-9} \sim 10^{-12}$ 级,灵敏度高,一次可测定多种元素,是目前最有效 的地气样品分析方法。测定元素有 Au,Ag,Cu, Pb,Zn,Bi,Sb,Cr,Ni,Co,Fe,Mn,Sn,REE 等 40 余种。

#### 表 2 液态捕集剂部分元素本底含量特征

Table 2 Concentrations of elements in blank collectors

元素	$ ho_{ m B}$	元素	$ ho_{ m B}$	元素	$ ho_{ m B}$	元素	$ ho_{ m B}$
Ag	0.002	Dy	0.004	Rb	0.056	Hg	0.006
Au	0.003	La	0.008	$\operatorname{Sb}$	0.012	U	0.001
Ba	0.159	Li	1.190	Sc	0.472	Р	49.9
Be	0.010	Lu	0.001	Sm	0.005	$Al_2O_3$	0.07
Bi	0.001	Mn	0.741	Sr	0.080	CaO	0.48
Cd	0.023	Мо	0.027	Th	0.007	$Fe_2O_3$	0.08
Ce	0.010	Nb	0.054	Tl	0.001	$K_2O$	5.12
Со	0.079	Nd	0.007	Y	0.006	MgO	0.03
Cr	2.102	Ni	2.105	Yb	0.005	$Na_2O$	4.48
Cs	0.003	Pb	0.560	Zn	2.326		
Cu	0.263	Pr	0.002	As	0.145		

量的单位: $\rho(Al_2O_3, CaO, Fe_2O_3, K_2O, MgO, Na_2O)/\mu g \cdot ml^{-1}$ , 其他元素  $\rho_B/ng \cdot ml^{-1}$ 。

#### 3.2 地气测量结果

本次地气测量实验共分析了 43 种元素,但仅 Pb,Zn,Ag,Bi,Cu,Co,Ni,Sb 等 10 元素在矿体上方有

异常显示。图 2 为 15 勘探线上 Pb,Zn,Ag,Bi,Cu 元 素分布情况。可以看出,在矿体上方 Cu,Pb,Zn,Ag, Bi 等元素均出现了不同强度的异常,异常清晰,异常 峰值出现在矿体上方的钻孔 ZK166—ZK164 之间,元 素质量浓度最高 $\rho(Cu) > 4\ 000\ ng/l,\rho(Zn) > 6\ 000\ ng/l$ 。异常与矿体空间位置基本吻合。从异常与矿 体空间位置看,不同元素有所差异:Co,Ni,Bi,Mo,Cr 异常形态类似,强异常出现在主矿体头部,虽然强度 高,但异常范围小;Cu,Bi,Ag,Pb,Zn 异常范围宽,异 常峰值出现在主矿体上方。在钻孔 ZK164 下为规模 小、埋藏更深的铜矿体,该部位 Cu,Bi,Ag,Pb,Zn 等 也显示出较主矿体相对较弱的清晰异常。这说明在 冲积平原区常规化探无明显指示效果的情况下,地气 异常能有效地指示深部隐伏矿体。





1. 第四系 2. 石英正长闪长岩 3. 蚀变石英闪长岩

4. 角砾岩 5. 铜钼矿体 6. 地质界线 7. 钻孔

王家庄铜矿的试验研究说明,在冲积平原区厚覆 盖条件下,地气法也能很好地指示深部的隐伏矿体, 为我国东部平原区矿产勘查提供了一种有效手段。

## 4 结论

通过在冲洪积平原区开展的地气法实验研究, 获得如下结论:

(1)在不同覆盖条件、常规土壤测量无效的情况下,地气测量均发现了清晰的金属元素异常,异常强度高且与矿体空间位置吻合。说明地气法在运积物厚覆盖的条件下,对寻找隐伏金属矿能发挥指示作用,为覆盖区的矿产勘查提供了有效地球化学勘查手段。

(2)液体捕集剂和 ICP-MS 分析方法的采用,使 得地气法捕集效率和分析测试水平大大提高,测试 数据的可靠性也进一步提高。同时为地气法走向标 准化和工程化提供技术上的支持,为在实际找矿中 的推广提供了保证。

参考文献:

- [1] 汪明启. 国际勘查地球化学现状和发展趋势[J]. 地球科学进 展,2005,20(4):477-478.
- [2] 汪明启,刘应汉,高玉岩. 地气测量在北祁连盆地区找矿突破 及其意义[J]. 物探与化探,2006,30(1):7-12.
- [3] 任天祥,刘应汉,汪明启. 纳米科学与隐伏矿藏——一种寻找
   隐伏矿的新方法、新技术[J]. 科技导报,1995(8):18-19.
- [4] 刘应汉,任天祥,汪明启,等. 隐伏矿区地气测量试验及效果[J]. 有色金属矿产与勘查,1995(6):355-360.
- [5] 伍宗华. 地气测量在叶县一邓县一南漳地学剖面研究中的应用[J]. 岩石学报,1995,11(3):333-342.
- [6] 伍宗华,金仰芬.山东邹平铜矿床上方地气流的组分特征及赋 存状态研究[J].物探与化探,1996,20(1):14-21.
- [7] 刘应汉,任天祥,汪明启.应用于矿产勘查的地下纳米物质[J].矿物岩石地球化学通报,1997(4):250-253.
- [8] 尹冰川,伍宗华,金仰芬. 地气溶胶测量——一种寻找隐伏矿 床、研究深部构造地质的新方法、新技术[J]. 地质地球化学, 1997(3):25-30.
- [9] 童纯菡,李巨初,葛良全,等. 地气物质纳米微粒的实验观测及 其意义[J]. 中国科学(D辑),1998(2):153-155.
- [10] 童纯菡,李巨初. 地气测量寻找深部隐伏金矿及其机理研究 [J]. 地球物理学报,1999,42(1):135-142.
- [11] 刘应汉,孔牧,孙忠军,等. 纳米物质测量的液态捕集剂研究 [J]. 物探与化探,2003,27(6):455-464.
- [12] 刘应汉.青海拉水峡铜镍矿纳米物质地球化学异常特征及找 矿模型[J].地质与勘探,2003,39(2):11-15.
- [13] 汪明启,高玉岩,张得恩,等.地气测量在北祁连盆地区找矿 突破及其意义[J].物探与化探,2006,30(1):7-12.

- [14] 汪明启,高玉岩.利用铅同位素研究金属矿床地气物质来 源——甘肃蛟龙掌铅锌矿床研究实例[J].地球化学,2007, 36(4):391-399.
- [15] 汪明启.从第一届国际应用地球化学会议看国际应用地球化

# Results of geogas test in exploring blind metallic deposits in alluvial plain

GAO Yu-yan, WANG Ming-qi, XIA Xiu-zhan, WANG Tao

(School of Earth Sciences and Resourses, China University of Geosciences, Beijing 100083, China)

Abstract: Distribution characteristics of geogas elements over metallic deposits concealed by alluvial plain are sumarized on basis of geogas test and research on Wangjiazhuang Cu deposit in Shandong province and comparison between the geogas survey and conventional soil geochemical survey. The results show that: ① the geogas survey displays clear metal element anomalies that are not displayed by conventional soil gochemical survey under various cover conditions and the geogas anomaly is strong and well coincided spatially with the ore bodies thus geogas survey is unique to discover concealed metallic deposit; ② the liquid trapping agent and ICP-MS technique improves trapping efficiency and reliability of geogas data and provides technical support of standarization and engineering apllication for the geogas technique and the geogas technique provides a geochemical tool for concealed metallic deposits.

**Key Words:** geogas; exploration of concealed deposits; alluvial plain; Wangjiazhuang Cu deposit; Shandong province

(上接第 340 页)

# Prospecting result of high-power electric shock in ladder in Hebei Laishui Pengtou sivler polymetallic ore district YANG Jian-ping

(Tianjin North China Geological Exploration General Institute, Tianjin 300181, China)

**Abstract:** In 2010 high-power electric shock in ladder coverage was carried out in Pengtou silver polymetallic ore district and two plan anomalies of IP intermediate gradient delinated with regular form and certain size. Combined with geological data analysis the IP intermediate gradient anomaly shows excellent prospecting result so as to expand the ore-searching space.

**Key Words:** high-power; IP intermediate gradient anomaly; prospecting analysis; Pengtou sivler polymetallic ore district; Hebei province

- **学现状和发展趋势**[J]. 地球科学进展,2006,21(1):83-84. [16] 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.