

江西九江城门山铜多金属矿床土壤轻烃找矿试验

王永华^{1,2}, 龚 敏¹, 龚 鹏¹, 熊 燃¹, 赵 波¹, 曾键年¹, 马振东¹

WANG Yong-hua^{1,2}, GONG Min¹, GONG Peng¹, XIONG Ran¹,

ZHAO Bo¹, ZENG Jian-nian¹, MA Zhen-dong¹

1. 中国地质大学, 湖北 武汉 430074;

2. 中国地质调查局成都地质矿产研究所, 四川 成都 610081

1. *China University of Geosciences, Wuhan 430074, Hubei, China;*

2. *Chengdu Institute of Geology and Mineral Resources, China Geological Survey, Chengdu 610081, Sichuan, China*

摘要:在开展城门山矿区新一轮的深部外围找矿过程中,传统的化探方法存在一定的局限性。本次工作在城门山矿区内蚀变矿化石英斑岩、矿区外围石英砂岩上方发育的土壤垂直剖面 and 1 线、9 线、J0 线土壤测线中开展了系统的轻烃测量,尝试利用土壤轻烃异常示踪下伏的矿化信息。研究结果表明,除甲烷(C_1)外,土壤轻烃(C_2 、 C_3 、 C_4 、 C_5)都能很好地示踪下伏的矿化信息,在花岗闪长斑岩(矿体)上方显示低值区,与土壤 Hg 气、磁化率高值形成镶嵌结构。通过对硫化物矿体上覆土壤的有机烃组分相关特征和变化规律的分析,可提出预测下伏矿体的评价指标,也有助于了解有机质在成矿作用过程中的赋存状态和演化规律。

关键词:江西;城门山铜多金属矿床;土壤;轻烃;地球化学特征

中图分类号:P618.41

文献标志码:A

文章编号:1671-2552(2010)07-1056-06

Wang Y H, Gong M, Gong P, Xiong R, Zhao B, Zeng J N, Ma Z D. Experiment of soil light hydrocarbon prospecting in Chengmenshan copper-polymetallic deposit, Jiujiang, Jiangxi, China. *Geological Bulletin of China*, 2010,29(7):1056-1061

Abstract: During the process of carrying out a new round of deep and periphery mining prospecting in Chengmenshan deposit, there are some limitations for the traditional geochemical methods. We've carried out a systematic measurement of light hydrocarbon at vertical soils profile of alterative and mineralized quartz porphyry within the mining area, surrounding quartz sandstone and on the soil line of 1-line, 9-line, J0-line. We try to trace the underlying mineralization information by using soil light hydrocarbon anomalies. The results show that, in addition to methane (C_1), the soil light hydrocarbons (C_2 , C_3 , C_4 , C_5), showing low value areas above the granodiorite porphyry body (ore), can be a good tracer of the underlying mineralization information and form a mosaic structure with the high-value of soil Hg gas and magnetic susceptibility. Through the analysis of characteristics and variation of overlying soil organic hydrocarbon components of sulfide ore body, we can put forward predictive indicators for the evaluation of the underlying ore bodies. It is helpful to understand the occurrence and evolution of organic matter in the process of mineralization.

Key words: Jiangxi; Chengmenshan copper-polymetallic deposit; soil; light hydrocarbon; geochemistry

在当前寻找地表矿、浅表矿越来越困难的形势下,一批针对隐伏矿、半隐伏矿的化探新方法开始应用到地球化学勘查中,如地气测量、金属活动态测量、电地球化学方法等^[1-3]。有机地球化学的方法已被广泛应用于油气勘查,许多金属矿床在形成过程

中都不同程度地存在有机物的参与,如何将有机烃气测量方法应用于金属矿产的勘查,一直是勘查地球化学工作者关注但研究却相当薄弱的领域。自 20 世纪 80 年代开始,许多学者就曾提出将有机烃气测量应用于金属矿床勘查的设想^[4-6],众多科研工作者

收稿日期:2009-12-25;修订日期:2010-03-08

地调项目:中国地质调查局《资源与环境地球化学勘查与评价方法技术研究和推广》子项目(编号:1212010660404)资助

作者简介:王永华(1961-),男,教授级高级工程师,在读博士,地球化学专业。E-mail:gongmin8254@163.com

还从实验角度进行了一系列方法有效性的试验研究^[7-13],结果表明,有机物对金属元素的吸附、活化迁移和富集沉淀成矿均有重要作用,是重要的找矿指标,特别是对掩埋矿、隐伏矿具有良好的示踪意义。例如,陈远荣等^[9]对个旧锡矿各类岩石、地表土壤的烃气测量结果表明,成矿作用中存在有机物的参与,矿体周围存在烃气晕圈异常场,已知矿体上方地表有良好的烃气异常反映。陈远荣等^[9]还系统地总结了各类金属矿床上方有机烃气常见的异常模式,并从烃气的运移通道、成矿期的热差效应、金属硫化物的氧化作用、氧化还原条件等方面剖析了这些异常模式形成的成因机制^[10]。

城门山铜多金属矿床是中国长江中下游铜多金属成矿带中的一朵奇葩,前人从地质、构造、岩浆岩、成矿模式、矿床成因等各方面对其进行了详细研究^[14-22]。由于城门山矿区大面积为第四纪沉积物所覆盖,植被异常发育,在开展新一轮深部、外围找矿的过程中,利用常规化探方法进行找矿具有一定的局限性(土壤测量由于覆盖层较厚,加之后期开矿污染,很难取到原生土层),本次工作在前人研究的基础上,尝试利用土壤轻烃示踪下伏的矿化信息。

1 矿床地质特征

城门山“多位一体”(矽卡岩型、斑岩型、似层状块状硫化物型)铜多金属矿床位于扬子陆块北缘,处长江中下游成矿带的九瑞矿集区,燕山期中酸性小岩体侵入于中—古生代的碳酸盐岩地层中。矿区内的岩浆岩主要有燕山期花岗闪长斑岩(140Ma左右)和石英斑岩(120Ma左右)^[14],呈岩株状产出,在花岗闪长斑岩与灰岩的接触带形成矽卡岩型矿体,在石英斑岩、花岗闪长斑岩的小岩体中形成斑岩型铜钼矿体(上铜下钼,铜帽钼柱),在中石炭统黄龙组(C_3h)灰岩与上泥盆统五通组(D_3w)砂岩层面上形成了似层状块状硫化物型矿体(图 1),组成了“O”型(油条烧饼型)特大型铜多金属矿床,在多次成矿蚀变作用的叠加下,矿区不同类型矿床中形成了迥异的蚀变矿化分带和复杂的矿石矿物组合^[14-15,17]。

城门山地区气候湿热,年平均温度 15.5~17℃,年降水量 1150~1450mm,雨量充沛,阳光充足,属湿润中低山丘陵景观,地形舒缓,水系湖泊发育,大面积为第四系和湖区所覆盖(区内大的湖泊有赛城湖,第四纪覆盖厚度可达 20m 以上^[14])。

2 方法原理与测试分析

有机烃类(特别是轻烃)烃分子较小,渗透能力较强,易于通过上覆地层逸散到地表。轻烃上升到地表后,在土壤中具有不同的赋存方式^[23]:一种是存在于土壤间隙中的土壤气态烃,这种烃浓度很低,而且易于受到土壤温度、湿度、粒度、微生物、季节变化等的影响,相对不够稳定;另一种称为吸附烃,这种烃和土壤颗粒表面具有一定的“亲合力”,但只要适当施加外力,如真空加热,便可使其脱离介质而呈游离态烃;还有一种为酸解烃,这种烃存在于围岩物质的晶格之中,只有通过化学方法(加盐酸或磷酸)才能使其脱离介质而成为游离烃。有机烃是有机质参与金属成矿过程中的重要伴生组分和历史记录,其异常形态和特征蕴含着深部矿体赋存空间、成矿规模、矿化程度等重要信息^[13]。由于轻烃类(C_1 — C_5)为气体,易挥发、易溶、易在岩石各类级次的裂隙构造中迁移,为此,轻烃气体测量可尝试用来探测深部隐伏矿体。

本次工作在城门山矿区蚀变矿化石英斑岩(成矿岩体)、外围志留系石英砂岩(围岩)上覆的土壤垂直剖面 and J0 线、9 线、1 线土壤测线上进行了甲烷(C_1)、乙烷(C_2)、丙烷(C_3)、异丁烷(iC_4)、正丁烷(nC_4)、异戊烷(iC_5)、正戊烷(nC_5)、土壤热释汞和磁化率的分析(土壤 Hg 气、磁化率的特征另有文章介绍),尝试利用上述指标示踪下伏矿体(矿化体)。

在测线上采用 5 点梅花法采样,采样深度为土壤 B 层(40~50cm),过 20 目样筛,5 个样品混合为一个样品,共计样品 79 件(其中 1 线 15 件、9 线 13 件、J0 线 51 件),装入锡皮纸袋中密封,送室内实验室分析。样品测试分析由中国地质大学(武汉)实验室完成,测试仪器为气相色谱仪,采用国家一级标样和二级标样进行准确度监控,同时加入约 10%的重复样和 5%的密码样进行平行检查。样品测试的准确度和精确度以“区域地球化学勘查规范”(DZ/T0167-2006)为标准进行质量控制,检查结果表明样品测试的准确度 RE(%)和精确度 RSD(%)均优于标准,分析质量可靠。

3 结果与讨论

3.1 矿区含矿岩体和围岩中轻烃剖面试验

矿区内蚀变矿化石英斑岩和矿区外围蚀变矿化

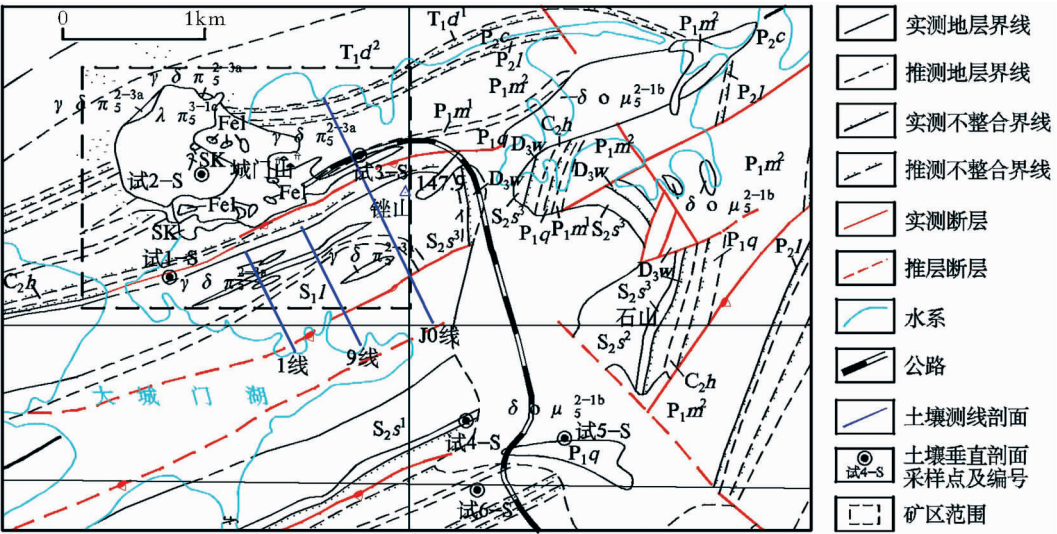


图1 城门山矿区及外围地质略图(根据赣西北地质大队资料修改)

Fig. 1 Geological sketch map of Chengmenshan deposit

T₁d—下三叠统大冶组;P₁c—上二叠统长兴组;P₂l—上二叠统龙潭组;P₁m—下二叠统茅口组;P₁q—下二叠统栖霞组;C₂h—中石炭统黄龙组;D₃w—上泥盆统武通组;S₂s—中志留统纱帽组;S₂l—中志留统罗惹坪组;
λπ—石英斑岩;γδπ—花岗闪长斑岩;δoμ—石英闪长岩;SK—砂卡岩;Fel—铁帽

砂岩轻烃含量见表1。

由表1可见,在蚀变矿化石英斑岩(岩体)和蚀变矿化石英砂岩(围岩)这2类岩石发育的土壤剖面中,轻烃含量的变化趋势迥然有别(图2):石英斑岩上覆土壤从A→B₁→B₂轻烃含量不断下降,在B₂层为最低值,而围岩石英砂岩上覆土壤轻烃含量变化完全相反,往下持续增加,在B₂层形成高值,如果增加采样密度,将在城门山矿区(铜钼矿体)内出现低值区,而围绕岩体(矿体)外缘围岩中呈环状、半环状的轻烃异常。这一变化规律与李郁生等^[6]、陈远荣等^[9-10]的研究成果一致:轻烃在矿区(矿体)形成低值区,在矿区(矿体)外缘为高值异常。

3.2 轻烃异常示踪隐伏矿化体(矿体)

从上述矿区土壤试验剖面B₂层中轻烃含量分布特征(矿区内低值,矿区外缘高值)来看(图2),城门山矿区南缘J0线(南侧)、9线、1线志留系砂页岩中沿花岗闪长斑岩岩脉两侧出现了轻烃C₂、C₃、iC₄、nC₄、iC₅、nC₅不对称的双峰异常(表2,图3),南侧异常高,北侧异常偏低(除1线iC₄、nC₄、iC₅、nC₅外),各线的双峰范围为:

- 9线:S₉-3~S₉-12;
- 1线:S₁-5~S₁-11;
- J0线:J₀-S-12~J₀-S-19,J₀-S-19~J₀-S-27。

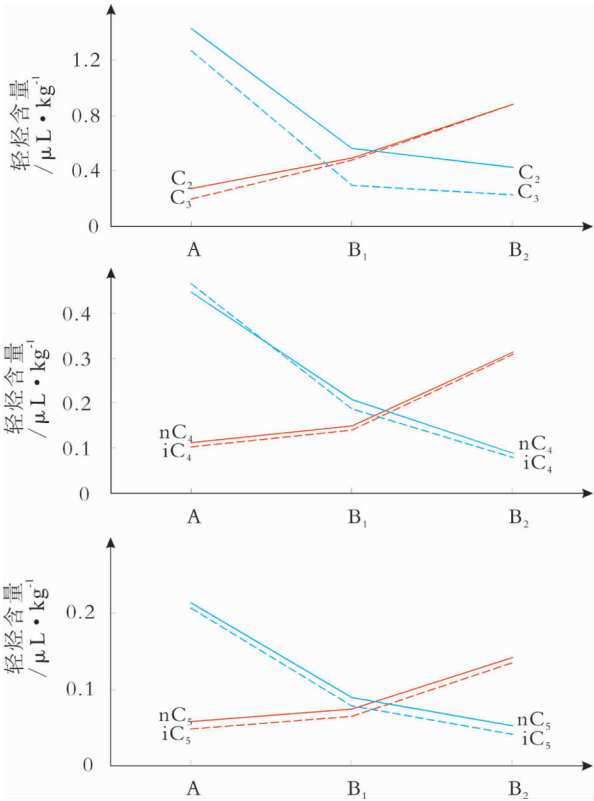


图2 城门山矿区蚀变矿化石英斑岩(岩体,蓝色曲线)和志留系砂岩(围岩,红色曲线)土壤剖面中轻烃的含量
Fig. 2 Characteristics of light hydrocarbon contents in soil profile of mineralized quartz porphyry and Silurian sandstone in Chengmenshan deposit

表 1 城门山矿区蚀变矿化石英斑岩(岩体)和志留系砂岩(围岩)土壤剖面中轻烃的含量

Table 1 Characteristics of light hydrocarbon contents in soil profile of mineralized quartz porphyry and Silurian sandstone in Chengmenshan deposit

土壤发育的母岩	样号	土层	采样深度	C ₁	C ₂	C ₃	iC ₄	nC ₄	iC ₅	nC ₅
蚀变矿化志留系砂岩(围岩)	试 1-1	A	0~20cm	2.934	0.271	0.196	0.103	0.113	0.049	0.058
	试 1-2	B ₁	20~40cm	3.498	0.490	0.481	0.141	0.149	0.065	0.074
	试 1-3	B ₂	40~50cm	7.647	0.883	0.877	0.309	0.313	0.135	0.143
蚀变矿化石英斑岩(岩体)	试 2-1	A	0~20cm	9.233	1.426	1.270	0.466	0.446	0.208	0.214
	试 2-2	B ₁	20~40cm	3.150	0.559	0.293	0.187	0.209	0.079	0.090
	试 2-3	B ₂	40~50cm	3.932	0.422	0.224	0.080	0.089	0.042	0.052

注:A—A 层土壤上层,包括腐殖质和林滤层;B—B 层土壤,为淀积层(从 A 层淋滤下来的物质在 B 层淀积;B₁ 为淀积层上部,B₂ 为淀积层下部;单位为 μL/kg

而 C₁(甲烷)对下伏矿化信息的显示效果不明显,可能与甲烷多成因有关(地表腐殖质发育,亦可形成大量甲烷,从而干扰下伏矿化信息)。

本次工作共布置了 3 条土壤剖面,其中矿区 J0 线北侧为城门的含铜花岗闪长斑岩体和二叠系灰岩的接触带,围岩中花岗闪长斑岩岩脉、岩枝发育,岩石蚀变矿化强烈,城门山矿区 I 号矿体(似层状块状硫化物矿体)往下由陡变缓向深部延伸(已控制-700m 高程),基岩上覆土壤(运积物、湖积物)有几米至十几米厚。矿区 J0 线南侧、1 线、9 线为志留系砂岩,其中有花岗闪长斑岩岩脉沿裂隙侵入,岩脉和两侧砂页岩矿化蚀变强烈(图 3)。

综合来看,城门山矿区轻烃异常双峰位置基本对应于矿区南侧花岗闪长斑岩岩脉两侧的志留系砂岩;双峰间的低值区与矿区南侧蚀变矿化花岗闪长斑岩岩脉(或岩脉组)和矿区内 I 号矿体相对应,其南峰高、北峰低与岩脉往北陡倾相吻合。在平面上,轻烃异常沿区内侧花岗闪长斑岩岩脉两侧呈带状分布。土壤热释汞和土壤磁化率的峰值位于轻烃的低值区,与蚀变矿化花岗闪长斑岩岩脉头部地表投影位置相一致,组成了“镶嵌”结构。这一特征与前人的研究结果基本一致^[6-7,9-10],说明利用轻烃、Hg 气、磁化率等多元参数可以很好地示踪下伏的矿化信息。

表 2 城门山矿区 1 线、9 线和 J0 线土壤中轻烃的含量

Table 2 Characteristics of light hydrocarbon content in soil of 1, 9 and J0 line in Chengmenshan deposit

统计参数	C ₁	C ₂	C ₃	iC ₄	nC ₄	iC ₅	nC ₅
背景值	4.302	0.451	0.293	0.138	0.154	0.063	0.071
标准差	1.557	0.178	0.138	0.055	0.071	0.023	0.026
异常下限	7.416	0.806	0.568	0.249	0.297	0.109	0.123
中带异常下限	14.833	1.613	1.137	0.498	0.594	0.218	0.247
内带异常下限	29.665	3.226	2.273	0.995	1.187	0.435	0.494
最大值	14.285	1.045	1.027	0.791	0.904	0.335	0.391
最小值	1.958	0.136	0.078	0.044	0.039	0.022	0.021
平均值	4.710	0.473	0.349	0.182	0.197	0.081	0.092

注:背景值为剔除 3 倍离差后的算术平均值,最大值、最小值、平均值为原始数据计算所得,单位为 μL/kg

对于轻烃的上述空间分布特征有多种分析^[6,10-11]。

①温度效应:由于城门山铜(钼)矿成岩成矿作用是发生在高一较高温度条件下(320~360℃)^[24],烃气被高温驱散至外侧围岩,同时围岩中原有的微量烃气和有机物受热后也活化迁移,到一定距离后被固定下来,在矿体外缘形成异常晕圈;②氧化作用:城门山矿区三面环湖,潮湿多雨,风化作用、氧化作用十分强烈(氧化带可达地下-260m),地表随处可见孔雀石、硫酸铜溶液(废水坑 pH 可达 4),硫化物矿体(矿化体)经氧化作用后可形成大量 H⁺离子,使其处于酸性环境,导致碳酸盐矿物大量分解,而土壤中的酸解烃主要赋存在土壤的碳酸盐中,酸性环境破坏了轻烃组分保有的条件,这样矿体(矿化体)上覆土壤中的轻烃大量流失,含量随之降低,围岩中相对碱性

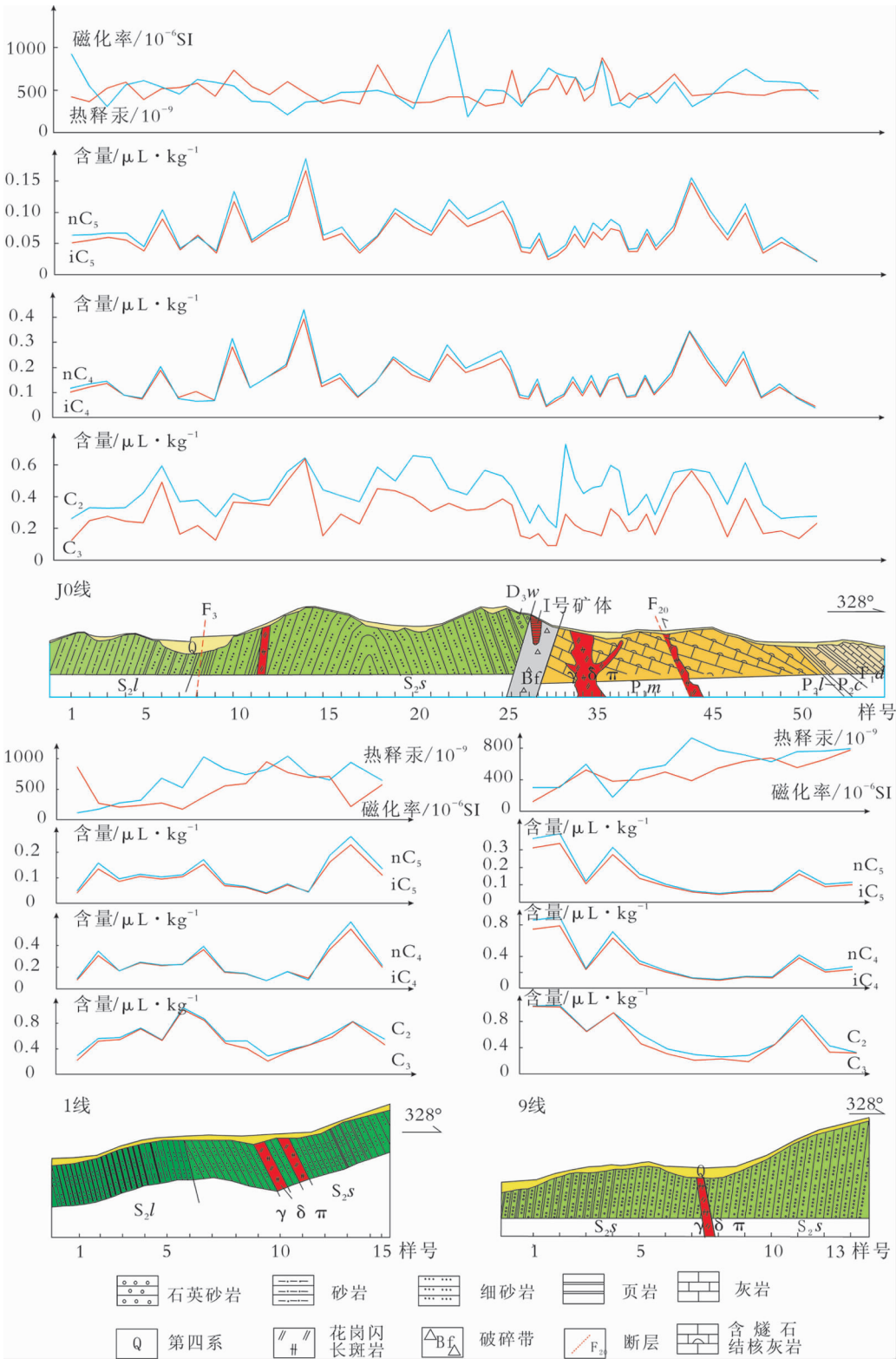


图 3 城门山矿区 1 线、9 线 J0 线土壤轻烃、热释汞、磁化率含量曲线

Fig. 3 Light hydrocarbon, heat released mercury and magnetic susceptibility curves of 1, 9 and J0 soil line in Chengmenshan deposit

图中热释汞含量扩大了 50 倍,地层、岩石代号说明同图 1

的环境具有保存酸解烃的次生碳酸盐的条件,从而形成了环状、半环状的异常(面状矿化)或双峰异常(线状矿化)。

城门山矿区上覆土壤中轻烃(C_2-C_5)的异常特征,正是上述2种作用的综合结果,其中尤以氧化作用为主。结合上述轻烃、Hg气和土壤磁化率的组合异常,在后期城门山矿区外围东南侧志留系砂岩中发现了与花岗闪长斑岩岩脉侵入密切相关的联盟银金矿化点(另有文章介绍),找矿效果显著。

4 结 论

(1)土壤轻烃(C_2 、 C_3 、 C_4 、 C_5)在城门山矿区(铜钼矿体)上出现低值区,而在围绕岩体(矿体)外缘的志留系石英砂岩围岩中呈环状、半环状的轻烃异常。

(2)土壤热释汞和土壤磁化率的峰值位于轻烃的低值区,与城门山矿区南侧蚀变矿化花岗闪长斑岩岩脉头部地表投影位置一致,组成了“镶嵌”结构,轻烃异常(除甲烷外)能很好地示踪下伏的矿化信息。

(3)通过对硫化物矿体上覆土壤中有机烃组分相关特征和变化规律的分析,可提出预测下伏矿体的评价指标,也将有助于了解有机质在成矿作用过程中的赋存状态和演化规律。

本次研究未开展土壤轻烃扫面工作,只是做试验性的探索,对于轻烃异常成因的认识还不深刻,有些问题尚未深入探讨,在以后的工作中还将进一步完善。

致谢:在城门山工作期间得到赣西北地质大队和江西铜业集团城门山铜矿的大力帮助,在此表示衷心的感谢。

参考文献

- [1]陈毓川. 矿产资源展望与西部大开发[J]. 地球科学与环境学报, 2006, 28(1): 1-4.
- [2]Wang Xueqiu. Leaching of Mobile form metals in overburden: development and applications[J]. Geochem. Explor., 1998, 61: 39-55.
- [3]王学求. 深穿透勘查地球化学[J]. 物探与化探, 1998, 3(22): 165-169.
- [4]付家谟, 刘德汉. 有机质演化与沉积矿床成因(Ⅱ)——煤成烃类与层控矿床[J]. 沉积学报, 1983, 1(4): 15-27.

- [5]涂光炽. 中国层控矿床地球化学(第三卷)[M]. 北京: 科学出版社, 1988.
- [6]李生郁, 徐丰采. 轻烃及硫化物气体测量寻找多金属隐伏矿方法试验[J]. 物探与化探, 1997, 21(2): 128-138.
- [7]Zhuang Hanping, Lu Jialan, Fu Jiamo, et al. Preliminary study on light hydrocarbons in ore-forming fluids of gold and antimony deposits in southwestern Guizhou, China[J]. Chinese Science Bulletin, 1997, 42(20): 1708-1711.
- [8]李广之. 轻烃地球化学场的形成和特征[J]. 石油与天然气地质, 1999, 1(20): 66-69.
- [9]陈远荣, 戴塔根, 党玉涛. 有机烃气法在个旧锡矿松树脚矿田中的应用[J]. 物探与化探, 2001, 3(25): 180-184.
- [10]陈远荣, 庄晓蕊, 徐庆鸿. 金属矿床有机烃气常见异常模式和成因机理研究[J]. 矿产与地质, 2001, 6(15): 737-742.
- [11]孙晓明, David I Norman, 孙凯. 粤北长坑金银矿硫化物中包裹体的轻烃组成及矿床成因探讨[J]. 自然科学进展, 1999, 9(10): 818-823.
- [12]Sun Xiaoming, Norman D I, Sun Kai, et al. Light hydrocarbons in fluid inclusions and their constraints on ore genesis: A case study of the Songxi Ag(Sb) deposit, Eastern Guangdong, China[J]. Acta Geologica Sinica, 2003, 77(2): 226-236.
- [13]徐庆鸿, 陈远荣, 毛景文, 等. 有机烃在预测隐伏金矿床中的应用及其成因探索[J]. 地质论评, 2005, 51(5): 584-589.
- [14]黄恩邦, 张乃堂, 罗钊生. 城门山、武山铜矿床成因[J]. 矿床地质, 1990, 4(9): 291-300.
- [15]常印佛, 刘湘培, 吴言昌. 长江中下游铜铁成矿带[M]. 北京: 地质出版社, 1992: 193-293, 349-352.
- [16]吴良士, 余忠珍. 江西九瑞地区中生代两次构造事件及其对成岩成矿的控制[J]. 矿床地质, 1999, 18(2): 129-137.
- [17]罗建安. 城门山铜矿床表生变化及次生富集作用的研究[J]. 江西有色金属, 2003, 17(4): 11-13.
- [18]罗建安. 浅谈城门山铜矿伴生金银的赋存状态及其分布规律[J]. 有色金属(矿山部分), 2006, 58(5): 10-11.
- [19]罗建安, 杨国才. 城门山铜矿地质特征及成因分析[J]. 矿产与地质, 2007, 21(3): 284-286.
- [20]潘灿军, 息朝庄, 刘伟. 江西城门山铜钼矿床矿化富集规律及找矿方向研究[J]. 矿业工程, 2007, 27(6): 15-18.
- [21]王忠玲. 江西城门山块状硫化物矿床地质特征及成因研究[J]. 地质找矿论丛, 1991, 1(6): 47-56.
- [22]贾伟. 江西城门山、武山矿区块状硫化物型铜矿成因新探讨[J]. 江西地质, 1999, 13(1): 33-37.
- [23]王周秀, 徐成法, 姚秀斌. 化探热释烃方法机理及影响因素[J]. 物探与化探, 2003, 27(1): 63-68.
- [24]徐积辉. 江西城门山铜钼矿床成因探讨及找矿方向[D]. 中南大学硕士学位论文, 2007: 30.