

烃气测量法在广西南丹县大厂镇更庄地区找矿潜力评价中的应用

陈晓雁^{1,2}, 陈远荣², 李昌明², 张遵遵³,

CHEN Xiao-yan^{1,2}, CHEN Yuan-rong², LI Chang-ming², ZHANG Zun-zun³

1. 浙江省第四地质大队, 浙江 绍兴 312000;

2. 桂林理工大学, 广西 桂林 541004;

3. 武汉地质调查中心, 湖北 武汉 430205

1. The Forth Geology Group of Zhejiang Province, Shaoxing 312000, Zhejiang, China;

2. Guilin University of Technology, Guilin, 541004, Guangxi, China;

3. Wuhan Institute of Geology and Mineral Resources, Wuhan 430205, Hubei, China

摘要:广西大厂矿田为一大型—超大型锡多金属矿田。碳沥青、包裹体、矿石成分分析等方面的研究表明,区内成矿过程中存在大量有机质的参与,烃类气体是其重要的伴生组分。通过对土壤中的烃类组分分析发现,其背景含量与异常差异很明显,显示区内存在明显的成矿热液活动,深部有较大的找矿潜力。在总结烃类组分和微量元素 As、Sb 在更庄地区土壤中的异常展布特征的基础上,结合异常分布区的地质和构造条件,圈出了 3 个找矿有利区。

关键词:烃气测量;找矿评价;大厂矿田

中图分类号:P595; P618.44; O656.23

文献标志码:A

文章编号:1671-2552(2012)01-0120-06

Chen X Y, Chen Y R, Li C M, Zhang Z Z, Fang G C, Li W. The application of hydrocarbon measurement to forecasting mineralization potential of Gengzhuang area, Dachang Township, Nandan County, Guangxi. *Geological Bulletin of China*, 2012, 31(1):120-125

Abstract: The Dachang tin deposit is a superlarge tin polymetallic ore deposit. The research results of tar, components of inclusions and ores show that there were many organic matters which took part in the process of mineralization, with hydrocarbon being the most important associated components. An analysis of the hydrocarbon content in soil reveals that the background and anomaly of hydrocarbon change obviously, and the authors infer that as there probably existed large amounts of ore-forming liquid, the potential of prospecting for ore deposits in the depth is fairly great. According to the distribution characteristics of hydrocarbon and As, Sb anomalies in combination with geological and structural features, three valuable ore-prospecting target areas were delineated in the region.

Key words: hydrocarbon measurement; exploration and evaluation; Dachang tin orefield

大厂矿田位于广西南丹县境内,是世界上最大的锡多金属矿之田一。自发现以来,已有众多的地质单位和地质院校对其进行了研究。但是随着开采的

不断深入,矿区内有色金属的保有储量日益减少,在本矿田相关区域寻找深部隐伏矿已刻不容缓。本文基于前人对大厂矿田的研究成果,结合 2009 年 7 月

收稿日期:2011-05-18;修订日期:2011-11-25

资助项目:国家自然科学基金项目《广西大厂锡矿成矿中有机质的作用和演化》(批准号:41073039)、广西华锡集团有限责任公司项目《广西大厂矿田长坡矿床深部及外围接替资源找矿预测》(编号:桂华行[2009]39)和广西学会委员会、教育厅研究生教育创新计划项目《大厂铜坑锡矿成矿地球化学模型及找矿预测》(编号:2010105960709M20)

作者简介:陈晓雁(1986-),女,在读硕士,从事勘查地球化学找矿研究。E-mail: chenchen8607@163.com

通讯作者:陈远荣(1963-),男,教授,从事勘查地球化学找矿研究。E-mail: chenryemail@163.com

在大厂矿田的实地考察,介绍有机质在大厂矿田的分布特征和表现形式,分析有机质最重要的演化组分之一——烃类组分在本区的分布和变化特征,结合本区地质、构造条件等,对该区进行深部找矿预测,为今后找矿勘探提供地球化学依据。

1 区域地质背景

大厂矿田位于丹池(南丹-河池)成矿带中段。丹池成矿带处于江南古陆桂北台隆南西侧、桂西再生地槽东缘的丹池褶皱带北段(图1)。区内褶皱、断裂发育,岩浆活动频繁。印支—燕山期形成的NW向褶皱和NW、NE、SN向断裂相互交错,组成以NW向构造为主体的复杂构造带,其交会部位具有等距分布的特点,并控制了成矿带内主要矿田的成岩、成矿作用。自北西至南东依次分布有麻阳汞矿和芒场、大厂、北香、五圩等锡多金属矿田。矿田内出露的岩浆岩主要为沿龙箱盖一带分布的燕山晚期黑云母花岗岩岩株、岩枝和长坡—龙头山一带产出的同期花岗斑岩、闪长玢岩岩墙。区内广泛分布着泥盆系至三叠系滨海—浅海相陆源沉积,总厚度7000m以上。主赋矿层位为上泥盆统黑色炭质页岩、泥岩、礁

灰岩、扁豆体、条带状灰岩及硅质岩的复杂岩性组合。矿产以锡多金属矿产为特色,伴有丰富的金、银、贵金属矿产^[1-4]。大厂更庄地区位于大厂矿田长坡区北西侧北西向更庄背斜倾伏端, F_1 与 F_3 断层之间的叠瓦构造区,区内深部还缺乏深部工程控制,工作程度相对较低。

2 大厂矿田成矿过程中有机质参与的证据

2.1 有机质参与成矿过程的宏观证据

在研究和勘探过程中发现,大厂矿田泥盆系中有机碳含量高,据资料统计有机碳含量约为0.24%^[5-6];在硅质岩、硅质灰岩中普遍含有大量的硫、碳质,长坡矿某中段黑色硅质岩中的有机碳高达0.27%~0.41%^[7];尤其是大厂矿田最富的大型锡石硫化物矿床100#矿体的龙头山礁灰岩中广泛分布着碳沥青,其中最大的一处地表露头见于距大厂南约10km的拉朝村,分布面积约1km²^[3,8]。钻孔和坑道也揭露了碳沥青的大量分布。据地质队取样做煤质工业分析,碳沥青含水分5.87%,灰分12.74%,挥发分2.49%,固定碳78.90%,发热量7070大卡/千克。碳沥青变质程度较高,反射率达5.1~13.2。在龙头山矿区

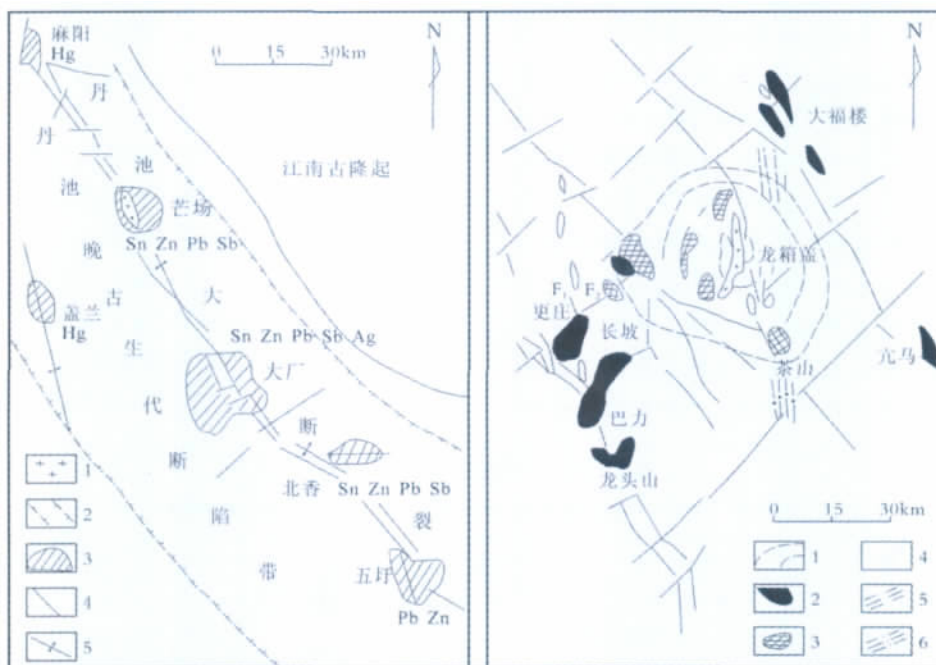


图1 广西大厂矿田构造和矿床分布略图^[4]

Fig. 1 Structure and ore deposit distribution in the Dachang orefield of Guangxi

左图:1—花岗岩;2—断裂凹陷带边界;3—矿床范围;4—断裂;5—背斜;

右图:1—花岗岩体顶板等高线;2—锡多金属矿体;3—锌铜矿体;4—锌矿体;5—钨矿体;6—铋矿体

硅质岩中也见有碳沥青产出,如 477 号钻孔在 50 多米厚的硅质岩中揭露了大量碳沥青,其中 20 多米厚为纯的碳沥青。岩心样品测定结果表明,碳沥青、礁灰岩和礁后台沟相岩石中 Sn、Ag、Zn 等元素含量较黎氏丰度值均有不同程度的富集,其中碳沥青富集程度最高(富集 5~80 倍),表明碳沥青与金属元素富集之间有着密切的联系。

2.2 包裹体内烃类组分的依据

总结前人的研究成果发现,有机质参与大厂矿田成矿过程不仅表现在宏观证据上,在微观角度上也有一定的表现。罗德宣^[7]、张起钻^[3]对大厂矿田 100[#] 矿体、长坡、大福楼等矿体锡矿石中的包裹体进行成分分析后发现,其中含有较高的二氧化碳和甲烷气(表 1、表 2)。表中流体包裹体组分特征反映了大厂矿田的成矿流体为富含 CH₄、CO₂ 的有机流体高盐度卤水^[3],该流体在金属成矿物质迁移、富集的过程中和对有机质及其衍化产物(包括烃类气体组分)均有相伴并起明显的作用。

2.3 不同地质体中烃类组分的依据

为了明确有机质在区内直接参与成矿作用的依据,笔者对矿体周围不同地质体的烃类组分进行了统计分析(表 3):①矿体和蚀变围岩中烃类组分的平均含量显著高于未蚀变的围岩,明显具有后生叠加的特征;②烃类组分从矿体→强蚀变围岩→弱蚀变围岩→未蚀变围岩平均含量变化趋势一致,皆呈逐渐降低的趋势,显示烃类组分在矿体周围具有协调统一的由里及外浓度逐渐降低的晕圈状异常场。

以上特点说明,区内成矿过程中确实存在大量有机质的参与,锡多金属的有机络离子可能是区内成矿物质在热液中得以大规模活化转移和富集成矿的重要形式之一,作为有机质衍化产物的烃类气体

表 1 广西大厂矿田流体包裹体测试结果^[7]

Table 1 Analytical results of fluid inclusions in the Dachang orefield of Guangxi

矿床名称	测定矿物	温度/℃	盐度/NaCl wt%	CH ₄ /%
长坡	石英	230~420	9.18~15.7	0.12
巴力-龙头山	石英	280~400	31.3~40.2	0.16
大福楼	石英	200~420	8.90~32	0.11
拉么	萤石	140~450	5.0~7.0	0.04
龙箱盖花岗岩	石英	750~800	3.30~7.84	0.05

是成矿过程中的重要伴生气体组分。烃类气体具有很低的沸点和很高的蒸汽压,因而具有很强的穿透力和迁移能力。在区内伴随成矿物质就位、析出、富集的过程中,在浓度与压力差的驱动下,由矿化体向外逐渐渗透和扩散运移,穿过巨厚盖层在矿化体的上方和周围围岩形成一个保留至今的以矿体为中心的烃类晕圈状异常。因此,利用烃气测量技术在该区开展深部找矿评价是可行的,烃类组分可作为本区找矿预测的重要指示标志。

3 烃类组分在岩石和土壤中含量的差异性

烃类组分在岩石和土壤中的分布特征有一定的差异(表 3)。从表 3 不同地质体岩石中烃类组分的平均含量与预测区土壤烃类组分的平均含量对比可以发现下述特点。

(1)土壤中的烃类组分平均含量明显低于岩石中烃类组分的平均含量,表明在岩石风化成为土壤的过程中烃类组分也会大量散失。

(2)从甲烷→乙烷→丙烷→丁烷,土壤中烃类组分的平均含量和最高值的变化特征与岩石中烃类组分的变化特征一致,都呈逐渐降低的协调变化趋势,显示区内土壤中的烃类组分不存在干扰。

表 2 大厂矿田流体包裹体成分^[3]

Table 2 Composition of fluid inclusions in the Dachang orefield

10⁻⁴

矿床名称	样品数	测定矿物	K ⁺	Na ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	F ⁻	Cl ⁻	CO ₂	CH ₄
100 [#]	7	锡石、石英	0.44	1.45	1.06	0.26	0.3	4.54	22.53	0.16
长坡	19	锡石、石英、铁闪锌矿、黄铁矿、脆硫锑铅矿	0.18	0.23	2.09	0.11	0.6	2.21	4.00	0.12
大福楼	5	磁黄铁矿、脆硫锑铅矿、毒砂	0.27	0.31	2.94	0.38	0.23	1.39	1.68	0.11
拉么		石英、铁闪锌矿	0.35	0.42	6.19	0.06	2.08	0.44	2.12	0.04
茶山		石英	1.58	0.32	5.02	0.09	5.13	0.23	3.04	0.02

表 3 大厂矿田不同地质体中烃类含量平均值

Table 3 Average content of hydrocarbon in different geological bodies of the Dachang orefield

岩石类型	Sn	甲烷	乙烷	丙烷	正丁烷	异丁烷	乙烯	丙烯
锡多金属矿体(36)	196.2	6121.7	1154.9	347.3	102.6	19.3	1023.1	718.9
强蚀变围岩(35)	111.5	5621.6	989.0	285.1	82.2	15.4	825.9	560.4
弱蚀变围岩(38)	80.7	4921.5	867.7	236.5	65.5	12.6	676.3	446.2
未蚀变围岩(32)	1.9	863.4	41.7	14.3	4.1	1.0	27.9	19.1
更庄区土壤(658)	67.195	3.676	0.145	0.094	0.055	0.017	1.419	1.146
更庄区土壤最高值	>200	173.952	11.559	4.344	2.724	0.830	10.811	20.448

注:括号内为统计样品个数;烃类含量单位为 $\mu\text{L}/\text{kg}$,微量元素 Sn 含量单位为 10^{-6} ;样品中各烃类组分均由惠普公司 Agilent6820 型气相色谱仪分析(下同),测试单位为桂林矿产地质研究院,2009

(3)测区内土壤的烃类组分在局部地段具有高值连片分布、平均含量远高于全区平均值的变化规律,表征区内可能存在大量成矿热液活动,在部分区段由成矿热液带来的伴生烃类组分存在显著的后期叠加作用,并导致土壤中产生明显的烃类组分异常。因此,在区内通过烃气测量可以圈定成矿有利地段,为深部找矿勘查提供地球化学依据。

4 烃类测量技术在更庄地区找矿预测评价中的应用

4.1 更庄地区烃类组分背景值分析

更庄地区没有深部工程控制,急需查明其深部的找矿潜力。然而,该区地表地形差,岩层覆盖较厚,用传统的地球化学方法很难取得显著效果。烃类气体具有很强的穿透力和迁移能力,能穿过巨厚的盖层在矿化体的上方和周围形成异常。因此,笔者在本区选用烃气测量技术进行深部找矿预测。此次工作在更庄地区约 6.4km^2 的范围内以 $200\text{m}\times 40\text{m}$ 的网度开展次生晕测量,共采集样品 658 件。经统计,烃类组分的背景值参数如表 4 所示。

由表 4 可知,各烃类组分含量有如下变化特征。

(1)各烃类组分中甲烷背景值含量最高,其它烃类组分背景值含量都在 $1\mu\text{L}/\text{kg}$ 以下,其中乙烷、丙烷、异丁烷、正丁烷还未达到 $0.1\mu\text{L}/\text{kg}$ 。总体而言土壤烃类背景值相对较低。

(2)7 个烃类组分的变异系数均低于 1,即背景值变化较小、分布较均匀。

(3)从甲烷→乙烷→丙烷→丁烷,烃类组分含量随着分子量的增加而降低。

上述特点表明,在本区背景场中,甲烷、乙烷、丙

表 4 大厂镇更庄地区土壤中各烃类相关地球化学背景参数

Table 4 Geochemical background parameters of hydrocarbons in soil at Gengzhuang area, Dachang Township

烃类组分	背景值 (M_0)	异常下限	方差 (σ)	变异系数 (V)
甲烷	1.89	3.29	0.70	0.37
乙烷	0.08	0.16	0.04	0.50
丙烷	0.06	0.12	0.03	0.50
异丁烷	0.013	0.025	0.006	0.46
正丁烷	0.03	0.05	0.01	0.33
乙烯	0.84	1.52	0.34	0.40
丙烯	0.59	1.19	0.30	0.51

注:烃类组分含量单位为 $\mu\text{L}/\text{kg}$;异常下限=背景值+ 2σ ;变异系数=方差/背景值;参与统计的样品为无矿区土壤样

烷、丁烷的组分含量较低且分布均匀,组构关系正常。背景值样品具有较好的代表性,可作为利用烃类指标在本区进行找矿预测的重要基础参考标准^[8-11]。

4.2 更庄地区烃类组分和微量元素异常特征

经过统计分析和整理,烃类组分和各微量元素的主要异常特征如下(图 2)。

(1)本区主要有 4 个异常浓集中心。各烃类组分在这 4 个异常区都有不同程度的浓集,甲烷、乙烷、丙烷异常值相对较高。

(2)、 、 、 号异常区总体上构成一个半环状的断续的异常带,分布于更庄背斜倾伏端的两翼,其中北东翼异常较发育。

(3)微量元素浓集中心主要分布集中在 、 异常区内。

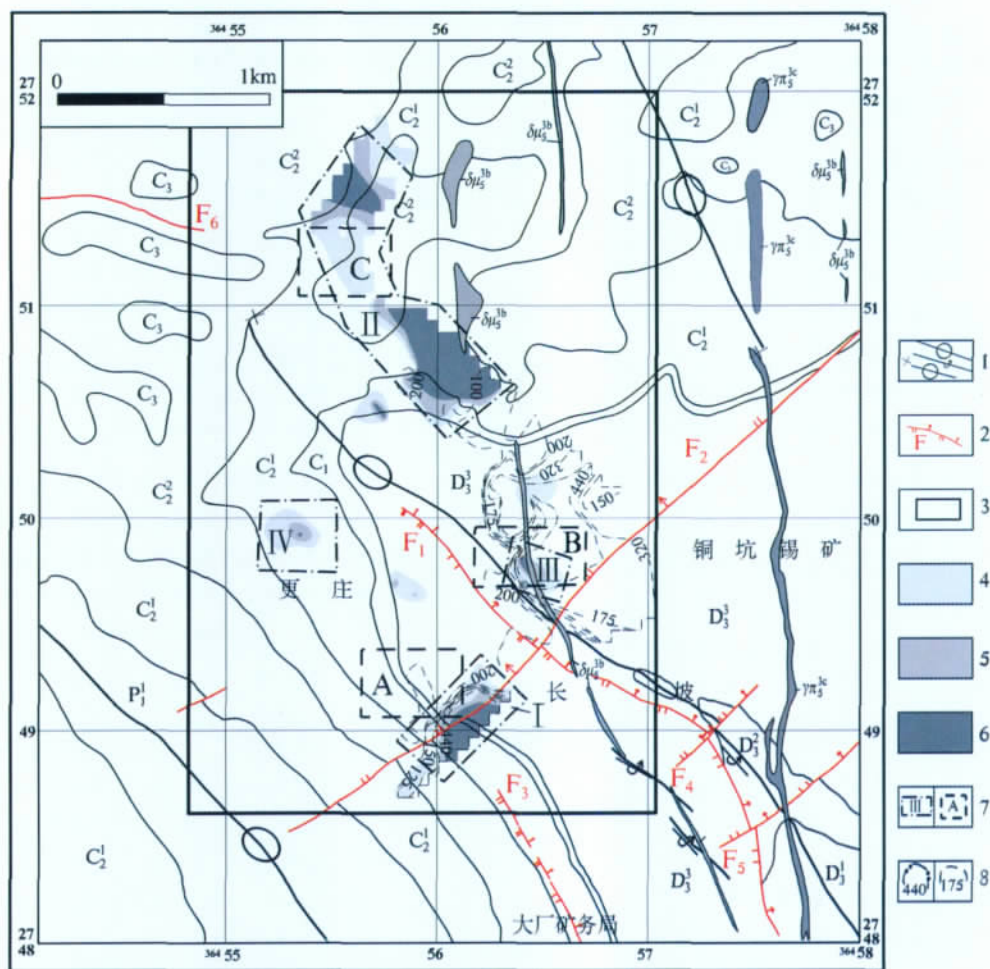


图2 大厂镇更庄地区甲烷异常分布和找矿预测平面图

Fig. 2 Plan view of methane anomaly distribution and ore-prospecting prognosis at Gengzhuang area, Dachang Township

P_1^1 —二叠系栖霞灰岩、砂页岩; C_3 —石炭系马平群灰岩; C_2^2 —石炭系黄龙组上段白云质灰岩; C_2^1 —黄龙组下段燧石条带灰岩;
 D_3^3 —泥盆系同车江组灰岩夹砂岩; D_3^2 —泥盆系五指山组扁豆状条带灰岩; D_3^1 —泥盆系榴江组硅质岩; $\gamma\pi_3^k$ —黑云母
 花岗岩; $\delta\mu_3^k$ —闪长玢岩;1—背斜、倾伏背斜、倒转背斜及向斜轴;2—断层;3—工作区范围;4—异常外带;
 5—异常中带;6—异常内带;7—异常浓集中心、盲矿预测区;8—As、Sb等值线(g/t)分布情况

(4) 号异常较发育,分布于更庄倾伏背斜西南翼北东向 F_2 断裂与北西向 F_3 断层交会处的叠瓦构造周围。

(5) 号异常最为发育,分布于更庄北西向背斜倾伏端北东翼本区重要导矿构造 F_1 断裂的上盘。

(6) 号异常发育中等,分布于更庄北西向倾伏背斜近轴部 F_1 、 F_2 断裂上盘,两断裂交汇处北侧约 300m 的位置。

(7) 号异常区范围较小、异常强度弱,分布于更庄倾伏背斜西南翼 F_1 断层下盘、 F_2 断层上盘的叠瓦构造区段。

4.3 成矿有利区预测

区域上以 NW 向构造为主体,并分布有 NW、NE、SN 向断裂,区域上两断裂交会部位附近都有成岩、成矿作用,并形成有麻阳汞矿和芒场、大厂、北香、五圩等锡多金属矿田。类比区域地质构造特征,本区内也有相似的特点。

本区主构造为北西向 F_1 断裂,是本区主要的导矿构造,且见多条断裂与之交会。区内可见黑云母花岗岩岩脉(墙)和闪长玢岩岩脉(墙)。两岩脉(墙)近南北向分布,并在南侧呈交会的趋势。工作区还可见一走向北西的更庄倾伏背斜,与 F_1 近于平行排列,

其中段与 F_2 交会,北西端在石炭系中统黄龙组下段倾没。根据烃类和微量元素异常的展布规律,即微量元素异常主要分布于矿化体的上方,尤其是断裂和裂隙发育的部位,烃类组分高值异常主要分布于矿化体周边的变化规律,结合本区的地质、构造特征,圈定了如下3个找矿有利区。

A 找矿有利区:位于 号异常区北侧,区内发育明显的烃类组分和微量元素的综合异常。地质上位于更庄倾伏背斜南西翼 F_1 与 F_3 之间的叠瓦构造区段北东约 300m 处,见 F_1 、 F_2 两条断裂交会。主要地层为石炭系中下统灰岩和泥盆系上统灰岩夹砂岩,地层和构造条件十分有利。故推断本区深部有较好的找矿潜力,值得进一步工程验证。

B 找矿有利区:B 区与 号异常区基本重合。区内烃类组分表现为弱异常,但微量元素异常较发育。地质上位于更庄倾伏背斜北东翼区内重要导矿构造 F_1 的上盘, F_1 、 F_2 两断裂交会处北侧约 300m 处。地层岩性全部为泥盆系上统灰岩夹砂岩,预测区周围还有一近南北向的闪长玢岩岩墙通过。显然,本预测区地质、构造、岩浆岩和地球化学条件都十分有利,在今后的勘查中应高度重视。

C 找矿有利区:位于 号异常区2个异常浓集中心之间。区内发育明显的烃类组分异常。地质上位于更庄倾伏背斜倾伏端北东翼,距 F_1 断裂末端约 1km 处。地表岩性为石炭系中统灰岩,预测区东侧约 300m 处有闪长玢岩岩墙通过。本区同样存在有利的地质、构造、岩浆岩和地球化学条件,可以加大勘查力度,进行下一步工程验证工作。

类比区域上各矿田的成矿特点,A、B、C 3 个找矿有利区都位于本区主要导矿构造 F_1 断裂两侧和更庄倾伏背斜两翼,构造条件十分有利;3 个预测区地表地层的形成时代晚于大厂矿田主赋矿地层上泥盆统,即深部可能存在赋矿地层;3 个预测区都发育不同程度的烃类组分和微量元素异常。总之,这 3 个预测区有很大的找矿潜力,值得进一步工程验证。

5 结论和建议

通过收集前人在本区的研究成果,总结测区烃类组分的分布、变化规律,结合本区地质和构造条

件,综合分析得出以下认识和结论。

(1)通过收集前人关于碳沥青、包裹体、矿石成分分析等方面的研究结果发现,区内成矿过程中存在大量有机质的参与,烃类气体是其重要的伴生组分。

(2)烃类气体具有很低的沸点和很高的蒸汽压,具有很强的穿透力和迁移能力,在区内伴随成矿物质就位、析出、富集的过程中,在浓度与压力差的驱动下,由矿化体向外逐渐渗透和扩散运移,穿过巨厚盖层在矿化体的上方和周围形成一个保留至今的以矿体为中心的烃类晕圈状异常。因此,利用烃气测量技术在该区开展深部找矿评价是可行的,烃类组分可作为本区找矿预测的重要指示标志。

(3)通过对土壤中烃类组分的分析发现,其背景含量与异常差异很明显,显示区内存在明显的成矿热液活动,深部有较大的找矿潜力。

(4)通过总结更庄地区烃类组分和微量元素 As 、 Sb 在土壤中的异常展布特征,结合异常分布区的地质和构造条件,圈出了 3 个找矿有利区。建议对这 3 个找矿有利区做进一步的找矿勘查工作。

参考文献

- [1]陈毓川,黄民智,徐玉,等.大厂锡矿地质[M].北京:地质出版社,1993:69-340.
- [2]陈远荣,戴塔根.金属矿床有机烃气常见异常模式和成因机理研究[J].中国地质,2001,28(6):32-37.
- [3]张起钻.广西大厂锡多金属矿田 100 号矿体地质特征及成矿机理探讨[J].矿产与地质,1999,13(6):324-329.
- [4]杨斌,廖宗廷.广西大厂礁灰岩区碳沥青的产状特征及其与多金属成矿关系探讨[J].沉积学报,1999,17(增刊):668-674.
- [5]余阳先,秦德先,秦来勇.大厂长坡-铜坑锡多金属矿床地质特征及其层控性[J].矿产与地质,2004,18(5):455-459.
- [6]余阳先,罗先熔,韦可利,等.大厂锡-多金属矿床热释汞测量技术条件、异常特征及成晕机制[J].地质与勘探,2004,40(6):71-74.
- [7]罗德宣,张起钻,廖宗廷.大厂锡矿田海底热水沉积后期岩浆热液叠加改造成矿的依据[J].矿产与地质,1993,7(5):313-319.
- [8]张志伟,陈远荣,张苗苗,等.广西大厂 100# 矿床地球化学异常特征、分带模型与找矿预测标志[J].地质通报,2009,28(2):263-269.
- [9]陈远荣,戴塔根,党玉涛,等.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,2001,25(3):180-184.
- [10]张苗苗,陈远荣,张志伟,等.气态烃在铟厂沟金矿找矿中的应用[J].中国地质,2008,(4):738-745.
- [11]谢桃园,陈远荣,张景,等.烃气测量法在黑龙江乌拉嘎金矿区找矿预测评价中的应用[J].地质与勘探,2010,46(3):506-514.