

# 广西南丹县大厂矿田铜坑锡矿成矿地球化学模型和找矿预测标志

李昌明<sup>1,2</sup>, 陈远荣<sup>1</sup>, 陈晓雁<sup>1</sup>, 李伟<sup>1</sup>

LI Chang-ming<sup>1,2</sup>, CHEN Yuan-rong<sup>1</sup>, CHEN Xiao-yan<sup>1</sup>, LI Wei<sup>1</sup>

1. 桂林理工大学, 广西 桂林 541004; 2. 广西地质勘查总院, 广西 南宁 530023

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

2. Guangxi Geological Exploration Institute, Nanning 530023, Guangxi, China

**摘要:**广西大厂锡矿是一个成矿物质多来源、控矿因素多样化和矿床类型多种类的超大型锡多金属矿床。对其成矿过程中各类组分的分配特征和规律, 各类微量元素、有机烃气异常在纵向上的展布特征和异常综合分带模型, 深部盲矿预测标志等方面进行了剖析和总结。经研究发现, 该区成矿组分复杂, 具有多期次脉动成矿的特征, 各组分在纵向上产生明显的轴向分带和多个浓集中心。根据区内成矿元素的分带规律预测, 认为本区深部还存在铜、锌矿化体。

**关键词:**大厂矿田铜坑锡矿; 地球化学模型; 找矿预测标志

中图分类号: P618.44; P632<sup>+</sup>.2

文献标志码: A

文章编号: 1671-2552(2012)01-0136-07

LI C M, Chen Y R, Chen X Y, Li W. The metallogenic geochemical model and prospecting criteria for the Tongkeng tin deposit in Dachang orefield, Nandan County, Guangxi. *Geological Bulletin of China*, 2012, 31(1): 136-142

**Abstract:** The Dachang tin deposit is a superlarge nonferrous metal deposit characterized by multiple material sources, complicated metallogenic controlling factors and varied types of ore bodies. In this paper, distribution features of different components, anomaly spread characteristics of trace elements and hydrocarbon along the vertical section and horizontal plane related to the ore-forming process of the Dachang tin deposit were summed up. Meanwhile, the synthetic ideal anomaly model and prognostic exploration indicators for deep blind ore bodies were analyzed and summarized. It is discovered that the ore deposit is characterized by complex mineralizing elements, multiple metallogenic periods, obvious anomaly zoning and several anomaly concentration centers along the vertical section. According to the zoning regularity of ore-forming elements, the possible existence of copper-zinc ore bodies in the depth of this area is pointed out.

**Key words:** Tongkeng tin deposit of Dachang orefield; geochemical model; prospecting criteria

## 1 地质概况

广西大厂锡矿是一个成矿物质多来源、控矿因素多样化和矿床类型多种类的超大型锡多金属矿

床<sup>[1-2]</sup>。区域构造部位处于江南古陆西南侧的泥盆纪—中三叠世右江复合盆地, 印支期末—燕山期右江褶皱带北东缘的丹池褶断带中部<sup>[3]</sup>(图1)。铜坑锡矿开采的长坡矿床位于大厂锡多金属矿田的西矿

收稿日期: 2011-05-18; 修订日期: 2011-12-08

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)、广西壮族自治区学会委员会和广西壮族自治区教育厅项目《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: 李昌明(1985-), 男, 硕士, 从事地质找矿工作。E-mail: li520changming@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

带,地处丹池成矿带中段。矿区构造主要由(倒转)复式大厂背斜北段(在铜坑矿区称为长坡背斜)、核部一组北西向纵向断裂和北东向横向断裂、裂隙带组成。近背斜轴部东翼有纵向和横向的次一级小褶皱发育,在褶皱过程中不同物理化学性质的岩层界面上易发生层间错动和破碎,构成了铜坑矿区层间细脉—网脉浸染型和沿层充填交代的层状、似层状矿体的主要容矿构造。长坡背斜与近乎平行的纵向断裂、横向断裂联合控制了长坡矿床的产出。矿体赋存于中泥盆统纳标组生物礁灰岩(100、105 号)<sup>[4]</sup>、罗富组钙质泥页岩与泥灰岩互层(94、95、96 号)和上泥盆统榴江组硅质岩、硅质页岩(92 号)、五指山组灰岩(91 号)中。矿田内矿床的空间分布、成因都与矿田中心主要的岩浆岩体——笼箱盖燕山晚期的黑云母花岗岩体有密切关系。铜坑—长坡矿区有 2 种主要的矿床类型:锡石—硫化物矿床和矽卡岩型锌铜矿床。

为了建立本区成矿地球化学模型和总结找矿预测标志,本次研究选取 92 号矿体的 204 号勘探线作为研究对象。92 号矿体是大厂矿田内规模最大的矿体,分布在长坡背斜东翼的次一级纵向背斜上,处于北东向的横向裂隙带的深部,赋矿地层主要为泥盆系上统榴江组硅质岩,层控特征明显,矿体产状与地层基本一致,向北东方向侧伏。矿体厚度变化小,以 203 号~204 号勘探线为中心,向两侧变薄分支尖灭,边缘变薄至 5m 左右。矿化沿裂隙脉和层面发育,构成细脉—网脉浸染型矿体,由于矿化强烈,常形成致密块状矿石,而且夹石很少。92 号矿体上部即主矿体为锡、锌综合矿体,锡品位 0.76%、锌 2.11%,有用组分分布均匀,锡、锌品位变化系数分别为 59%和 43%;下部为分支表外锌矿体,含锡很低,其品位锌 2.14%、锡 0.10%。

2 原生晕分带特征和模型

为了查明各类元素(组分)在空间上的变化规律,建立本区详细的深部找矿预测标志,指导工作区深部和外围找矿预测,有必要先剖析已知矿体周围各元素异常场的具体空间展布特征。为此,选取具有较好工作条件的 204 号勘探线的 505、455、405、355、305 五个中段作为研究对象,统计了各组分在不同中段的含量平均值,并勾绘了它们在纵向剖面和平面上的地球化学异常图。

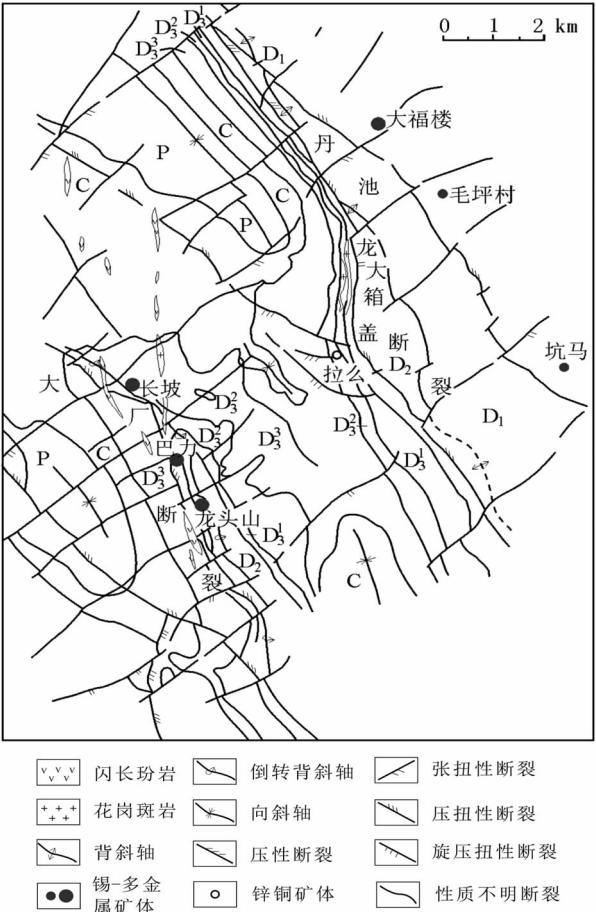


图 1 大厂锡矿地质简图

Fig. 1 Geological sketch map of the Dachang tin deposit

P—二叠纪灰岩、硅质岩夹砂页岩;C—石炭纪灰岩;  
D<sub>3</sub><sup>3</sup>—上泥盆统同车江组灰岩、页岩互层;D<sub>3</sub><sup>2</sup>—榴江组扁豆条带状灰岩;D<sub>3</sub><sup>1</sup>—榴江组硅质岩;D<sub>2</sub><sup>2</sup>—中泥盆统马家坳组灰岩、页岩;D<sub>2</sub><sup>1</sup>—马家坳组生物灰岩;  
D<sub>1</sub>—下泥盆统车河组灰岩、页岩、砂岩

2.1 微量元素在不同中段含量变化的特征

对铜坑锡矿 204 号勘探线 505 中段→455 中段→405 中段→355 中段→305 中段 5 个中段围岩微量元素分析(表 1)后发现如下特征。

(1)主成矿元素 Sn 及伴生元素 Sb 具有从 505 中段→455 中段升高后逐渐降低的变化特征。

(2)主成矿元素 Zn 及伴生元素 Ni 具有从 505 中段→455 中段→405 中段逐渐升高,在 355 中段处降低然后在 305 中段再次升高的变化特征。

(3)主成矿元素 Pb 及伴生元素 Ag、Hg 具有从 505 中段→455 中段升高后逐渐降低,在 305 中段再次升高的变化特征。

(4) 主成矿元素 Cu 具有从 505 中段→455 中段升高,在 405 中段降低,在 405 中段→305 又再次升高的变化特征。

(5)Mn 具有从 505 中段→455 中段→405 中段→355 中段→305 中段逐渐降低的变化特征。

(6)Ba、As、Co 等元素具有从 505 中段→455 中段→405 中段逐渐升高后,在 355 中段降低的变化特征。

上述微量元素的纵向变化规律表明,本区 92 号矿体在纵向上具有多个浓集中心,呈断续分布,这是多期成矿作用或同一期多次矿化作用(脉动作用)相互叠加的结果。各微量元素在不同中段之间,由于多次成矿作用叠加和各元素本身地球化学性质、行为的差异,空间上的展布规律有差异。其中,在 455 中段各元素均明显富集,主成矿元素 Sn(图 2)、Cu、Pb 及伴生元素 Ag 在该中段周围达到最大值。其它元素中,Zn 在 405 中段处达到最大;Sb 异常浓集中心主要分布于矿体矿头和中上部;Co、Ba、As、Ni、Zn、Mn 异常浓集中心则位于矿体矿头和矿中下部。对于 Cu、Pb、Zn、Ni 而言,在纵向上存在 2 个异常浓集中心,其上部浓集中心与 Sn 重合位于 455 中段,下部浓集中心

表 1 铜坑锡矿 92<sup>#</sup> 矿体 204 线各中段微量元素含量平均值  
Table 1 Average contents of trace elements at different levels along No. 204 exploration line of 92<sup>#</sup> ore body in the Tongkeng tin deposit

元素	505 中段	455 中段	405 中段	355 中段	305 中段
Cu	105.64	386.55	295.56	307.71	344.1
Pb	637.72	1059.86	797.93	276.83	306.12
Ni	30.2	64.78	66.9	37.2	73.82
Sn	115.51	174.42	165.95	134.1	121.36
Mn	1024.15	1135.67	1512.57	1867.57	2206.62
Ag	1.93	3.24	3.14	1.89	1.97
Zn	535.79	790.42	897.33	660.38	826.79
Co	7.03	8.5	10.71	24.97	10.97
Ba	317.33	399.7	442.62	855.1	828.79
As	496.45	1433.69	1658.95	2081.46	1818.63
Sb	561.63	1238.08	817.82	617.72	527.56
Hg	36.78	123.32	90.24	34.52	126.35

注:Hg 元素的单位为 10<sup>-9</sup>,其它元素单位为 10<sup>-6</sup>;统计样品为 134 件;  
样品中各类烃组分均由惠普公司 Agilent6820 型气相色谱仪分析  
(下同),测试单位为中国桂林矿产地质研究院分析测试中心  
(2008)

无 Sn 富集位于 305 中段,两者间相差了 150m 以上。这表明本区成矿过程中至少存在两大成矿期,

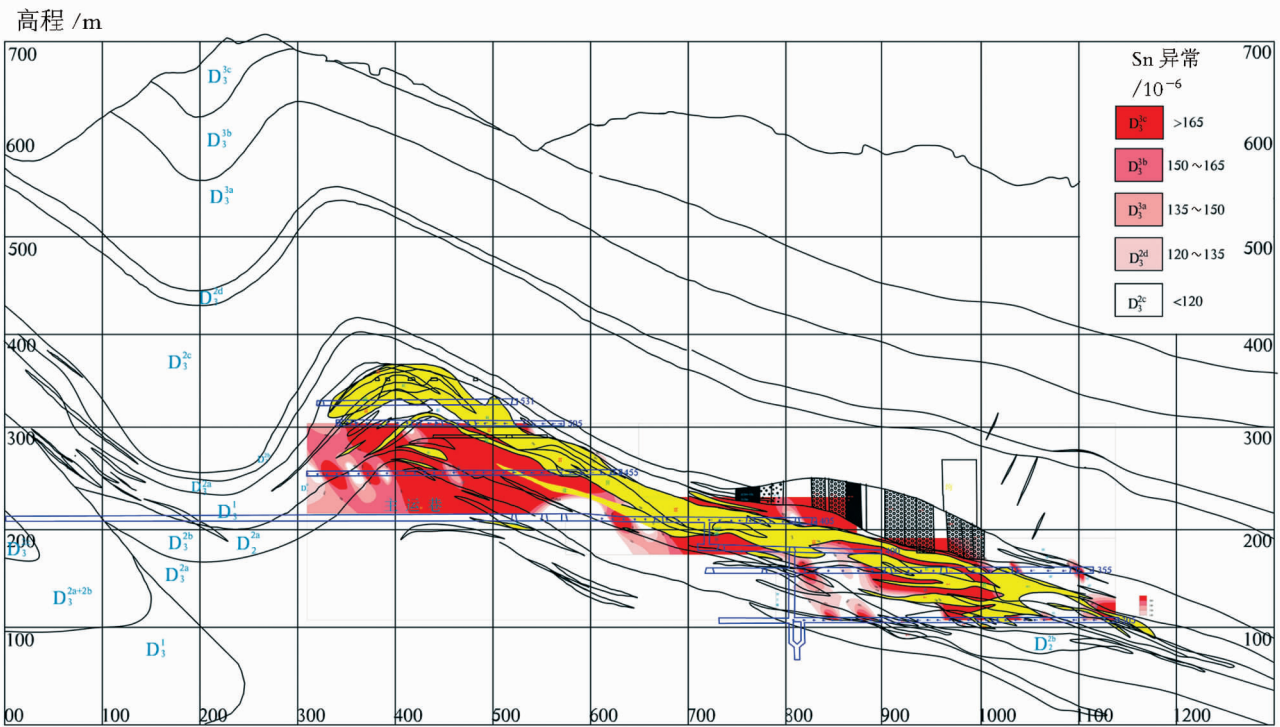


图 2 铜坑锡矿 92<sup>#</sup> 矿体 204 勘探线 Sn 异常剖面

Fig. 2 Cross section of Sn anomalies along No. 204 exploration line of 92<sup>#</sup> ore body in the Tongkeng tin deposit



一个是富集空间趋向于上部的锡、铜、铅、锌多金属成矿期,二是富集空间趋向于下部的以铜锌为主的多金属成矿期,预示本区深部还存在寻找铜、锌矿化体的巨大潜力。近几年在大厂矿田黑水沟、大树角地区深部均发现了较好的铜、锌矿化体,即是有力佐证。

2.2 烃类组分在不同中段中含量变化特征

从 505 中段至 305 中段各烃类组分的含量变化(表 2)中不难看出下述特点。

(1)区内烃类组分含量较高,烃类组分是本区重要的伴生气体组分,与其它有关金属矿一样,烃类组分可作为本区重要的找矿标志之一<sup>[5-7]</sup>。

(2)总体上纵剖面不同中段,505 中段的烃类组分含量较低,形成一个低异常浓集中心,其它中段烃类组分平均含量均较高,而且烃类各组分平均含量均从 505 中段→455 中段迅速升高,在 455 中段达到最大值,从 455 中段→405 中段→355 中段再逐渐降低。

(3)虽然烃类组分之间的纵向变化规律大体相同,但仍存在一些小的差异,从 355 中段→305 中段,甲烷(图 3)、乙烷、丙烯等与主成矿元素 Sn、伴生元素 Sb 一样,呈逐步降低的趋势;丙烷、异丁烷、正丁烷、乙烯等则相反,与主成矿元素 Zn 和伴生元素 Ag、Hg 一样呈逐渐升高的趋势。

(4)与微量元素类似,烃类组分在纵向上也形成 2 个异常浓集中心,其上部浓集中心与 Sn 重合,位于 455 中段,而下部浓集中心位于 305 中段,两者间相差了 150m 以上。但从绝对含量上看,上部异常中心的量值明显高于下部异常中心的量值,差异在 70%以上。显然,从烃类组分异常的变化规律看,尽管仍然显示出本区存在两大成矿期,但在矿化规模上差异明显,以锡铜铅锌为主的成矿期矿化规模较大,而以铜、锌为主的成矿期矿化规模较小。

2.3 矿体周围各组分异常纵向展布特征

为了查明矿体周围各种组分异常的空间展布特征及其与矿体之间的空间对应关系,选择区内 92<sup>#</sup>矿体的 204 线为研究剖面,结果发现下述特点。

(1)在矿体周围,Ba、Co、Cu、Sb、Ni、Sn、Zn、As 等微量元素有较好的异常反映,浓度值高,分带清晰;Pb、Mn、Ag、Hg 以中低异常为主。其中 Cu、Sb、Sn、Zn 异常主要局限于矿体分布区段;Ag、Pb 的高

表 2 92<sup>#</sup> 矿体 204 线各中段烃类含量平均值  
Table 2 Average content of hydrocarbon at different levels along No. 204 exploration line of 92<sup>#</sup> ore body in the Tongkeng tin deposit

烃类组分	505 中段	455 中段	405 中段	355 中段	305 中段
C <sub>1</sub>	3166.18	8601.33	7055.96	5205.7	4951.05
C <sub>2</sub>	564.37	1569.75	1293.06	897.52	868.18
C <sub>3</sub>	176.84	414.58	381.89	242.37	257.97
iC <sub>4</sub>	10.12	21.3	20.96	12.57	14.2
nC <sub>4</sub>	52.81	112.7	108.57	68.53	75.14
C <sub>2</sub> -	485.44	1208.12	1063.07	731.21	734.84
C <sub>3</sub> -	340.47	808.39	723.39	480.67	496.07

注:烃类含量单位为 μL/kg;分析数据由中国桂林矿产地质研究院分析测试中心测试,统计样品为 134 件

值异常分布于矿体中上部;Ba、Co、Mn、Hg 高值异常集中于矿体中下部及矿体尾部;Ni、As 异常则较宽阔,在矿体分布区、矿体上下盘和矿体侧向都有分布。

(2)各烃类指标的异常均有较好的异常反映,它们的异常特征包括异常展布方向、形态、位置、浓集区等非常相似,均主要呈椭圆环状分布于矿体的前缘、405 中段尾端及 305 中段尾端,异常形态与微量元素异常的异常不同。

(3)从异常发育程度看,Ba、Co、Cu、Sb、Ni、Sn、Zn、As 等元素和烃类异常值高,浓度分带清晰,与矿体对应性较好。这些指标是找矿评价中需要高度重视的、有利的特征元素组合。

(4)各微量元素由于其离子半径和活动性的差异,在纵向上的空间位置也存在差异,如 Zn、Ag 离子半径较小,活动性较强,运移距离相对较远,分布于矿头晕,而 Co、Mn、Ni 离子半径较大,活动能力也相对较弱,从而运移距离较近,更趋向分布于矿尾地段。

(5)相对来说,烃类组分高值异常主要分布于矿体侧伏方向的两头,烃类组分在矿体及矿体周围含量较低,围绕矿体周围扩散成一个明显的空心晕圈异常或 2 个狭长的笔帽状异常,并在总体上构成了断续的环带异常,环带异常的中间低值区正好是矿体的分布位置。烃类指标异常的高浓集中心位于矿化体中心的前缘,显示出远程指示元素的特点。

(6)烃类组分中,烷烃类较烯烃类异常发育,甲



烷的分布范围较广,主要集中于离矿体中心 50~100m 的前缘,甲烷、乙烷、丙烷、正丁烷、异丁烷分布范围依次缩小。据此,本区可应用烃气测量技术开展深部找矿预测。

2.4 原生晕的分带特征和地球化学异常模型分带

为了量化了解矿区各元素异常场的时空结构和分带序列,详细统计了 11 种微量元素、7 种烃类和吸附相态 Hg 在不同中段的轴向分带指数(表 3)。依据元素分带指数最大值所在截面的位置由浅至深将所研究元素顺序排列,得出矿区各元素的初始轴向分带序列为:丙烷-异丁烷-正丁烷-丙烯-Pb-Sn-Ag-Zn(矿前缘至矿头)→乙烷-Cu-Sb-Hg(矿中上)→甲烷-乙烯-Co-Ba-As(矿中下)→Mn-Ni(矿尾)。

在烃类组分中,甲烷的有效半径最小,为  $3.8\times10^{-10}\text{m}$ ,乙烷、丙烷、正丁烷分别为 4.4、5.1、5.3( $\times10^{-10}\text{m}$ );从沸点上说,甲烷也是最低,其饱和蒸汽压最大。显然,在烃类组分之间,甲烷应该具有最强的迁移能力和最远的迁移距离,其次是乙烷。然而,在上述初步计算的本区轴向分带序列中,甲烷、乙烯位于矿体的中下部,乙烷位于矿体的中上部,丙烷、正丁烷、异丁烷、丙烯位于矿体的前缘和头部。另一方面,通常属于前缘晕元素的 As,与甲烷、乙烯一样也位于矿体的中下部。这很不正常,应该是反分带现象的表现,产生的原因既可能是由 92 号矿体的深部还存在新的盲矿体引起的,也可能是 92 号矿体是多期次成矿作用叠加的结果。

为此,将本区各元素地球化学异常分带序列调整为:甲烷、乙烯、As(矿前缘)→乙烷、丙烷、异丁烷、正丁烷、丙烯、Sn、Pb、Ag、Zn(矿头)→Cu、Sb、Hg(矿中上)→Co、Ba(矿中下)→Mn、Ni(矿尾)。

结合分带指数特征和空间结构特征大体估算,若以矿体高度富集处为中心,甲烷、乙烯、As 等前缘晕元素在矿体前约 150m,乙烷、丙烷、异丁烷、正丁烷、丙烯、Sn、Pb、Ag、Zn 等矿头晕元素在矿体前 50~100m 之间,Cu、Sb、Hg 等矿中上元素位于矿体前 0~50m 之间,Co、Ba 等矿中下晕元素位于矿体下部 0~50m 之间,Mn、Ni 等矿尾元素位于矿体下部 50~100m 之间。

表 3 92# 矿体 204 线不同中段轴向分带指数

Table 3 Zoning indices at different levels along No. 204 exploration line of 92# ore body in the Tongkeng tin deposit

中段 相对位置	505 中段 矿头晕	455 中段 矿中上	405 中段 矿中	355 中段 矿中下	305 中段 矿尾
C <sub>1</sub>	0.2869	0.3191	0.2990	<b>0.3278</b>	0.3049
C <sub>2</sub>	0.0512	<b>0.0583</b>	0.0548	0.0566	0.0534
C <sub>3</sub>	<b>0.1623</b>	0.1542	0.1616	0.1520	0.1587
iC <sub>4</sub>	<b>0.0940</b>	0.0794	0.0890	0.0772	0.0874
nC <sub>4</sub>	<b>0.0487</b>	0.0419	0.0457	0.0426	0.0462
C <sub>2</sub> -	0.0444	0.0451	0.0449	<b>0.0457</b>	0.0451
C <sub>3</sub> -	<b>0.3125</b>	0.3020	0.3051	0.2979	0.3042
Cu	0.0557	<b>0.1144</b>	0.0842	0.1086	0.0870
Pb	<b>0.0332</b>	0.0313	0.0226	0.0074	0.0077
Ni	0.1579	0.1902	0.2018	0.1027	<b>0.2021</b>
Sn	<b>0.0603</b>	0.0510	0.0482	0.0409	0.0331
Mn	0.0527	0.0319	0.0413	0.0485	<b>0.0586</b>
Ag	<b>0.0989</b>	0.0954	0.0914	0.0569	0.0513
Zn	<b>0.2756</b>	0.2322	0.2590	0.2071	0.2229
Co	0.0364	0.0246	0.0304	<b>0.0910</b>	0.0295
Ba	0.1548	0.1133	0.1255	<b>0.2500</b>	0.2227
As	0.0261	0.0425	0.0470	<b>0.0619</b>	0.0469
Sb	0.0292	<b>0.0367</b>	0.0230	0.0166	0.0127
Hg	0.0192	<b>0.0364</b>	0.0255	0.0086	0.0255

注:表中黑体数字为该元素的分带指数最高值

地球化学异常模型分带见图 4。

3 深部成矿预测的地球化学标志

李惠<sup>[8]</sup>、孙国胜等<sup>[9]</sup>通过对已知金矿地球化学分带和叠加晕特征的研究,认为成矿过程中存在同一期次脉动矿化作用或多次叠加成矿作用,所以可将地球化学叠加晕的特征作为深部成矿预测的标志。

(1)甲烷、乙烯、As 为矿前缘晕,乙烷、丙烷、异丁烷、正丁烷、丙烯、Sn、Pb、Ag、Zn 为矿头晕,Cu、Sb、Hg 为矿中上晕,Co、Ba 为矿中下晕,Mn、Ni 为矿尾晕。

(2)当 Sn 与 Pb、Zn、Ag、烃类出现强异常时,指示已非常接近矿体。

(3)当 Sn 异常较弱,而 Cu、Sb、Hg 等元素出现强异常时,指示深部有盲矿存在。

(4)当 Sn 异常很低( $<20\times10^{-6}$ ),Mn 与 Ni 出现强异常时,则指示深部无矿。

(5)在计算指示元素的轴向分带序列时,当甲烷、乙烯、As 等出现在轴向分带序列下部的反分带现象时,则指示深部还有盲矿或存在第 2 个富集空间。

(6)对于既有 Sn、Zn、Pb、Ag、烃类等元素强异常,又有 Cu、Sb、Hg、Co、Ba、Mn、Ni 共存异常的已知矿,指示其深部矿体还有较大的延伸。

## 4 结 论

(1)大厂铜坑锡矿的主要特征指示元素组合是: Sn、Pb、Zn、Ag 及烃类。

(2)有机物对大厂铜坑锡矿成矿具有重要作用,烃气是该区重要的伴生气体组分之一,烃类组分与 Sn 在空间上具有很好的异常叠加性,烃类组分可作为该区找矿预测的重要指标。

(3)大厂铜坑锡矿在成矿作用过程中,成矿组分复杂,存在多次强烈叠加富集并形成工业矿体,Ba、Co、Cu、Sb、Ni、Zn、As 和烃类是最重要的伴生组分,各项微量元素及烃类组分在纵向上产生多个浓集中心,并存在明显的轴向分带。

(4)该区成矿组分复杂,具有多期次脉动成矿特征,各组分在纵向上产生明显的轴向分带和多个浓集中心,成矿过程中至少存在两大成矿期,一个是富集空间趋向于上部的锡、铜、铅、锌多金属成矿期,二是富集空间趋向于下部铜锌为主的多金属成矿期。

这预示本区深部还存在寻找铜、锌矿化体的巨大潜力,但在矿化规模上差异明显,以锡、铜、铅、锌为主的成矿期矿化规模较大,而以锌、铜为主的成矿期矿化规模较小。

(5)所建立的铜坑锡矿元素垂向分带模型和找矿通用标志可用于区内和相邻区域深部盲矿预测。

## 参考文献

- [1]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(2/3):263-269.
- [2]张清,邓金灿,陈远荣,等.广西大厂锡矿烃气测量试验研究[J].矿产与地质,2002,16(8):248-250.
- [3]廖宗廷.广西大厂超大型锡多金属矿床成矿条件及成矿模式[J].地质找矿论丛,1994,(2):1-9.
- [4]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,(6):324-329.
- [5]陈远荣,贾国相,戴塔根.论有机质与金属成矿和勘查[J].中国地质,2002,29(3):257-262.
- [6]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.
- [7]陈远荣,邵世才,徐庆鸿,等.马鞍山金矿的有机烃气结合原生晕测量找矿预测[J].物探与化探,2003,27(6):465-467.
- [8]李惠.热液金矿床原生晕叠加晕理想模式[J].地质与勘探,1993,(4):46-51.
- [9]孙国胜,李绪俊,姚凤良,等.玲珑金矿田矿物组合分带与地球化学分带及对矿体定位预测的意义[J].地质与勘探,2002,38(4):29-30.