

编号: 0258-7106(2012)01-0111-08

# 广西丹池锡多金属成矿带烃类组分特征 及其成矿指示探讨\*

秦来勇<sup>1</sup>, 徐庆鸿<sup>1</sup>, 韦可利<sup>2</sup>, 石晓明<sup>2</sup>, 余阳先<sup>2</sup>

(1 桂林矿产地质研究院, 广西 桂林 541004; 2 广西有色金属集团有限公司, 广西 南宁 530021)

**摘要** 大厂矿田内的龙头山锡矿床和铜坑锡矿床是广西丹池锡多金属成矿带中最具有代表性的矿床。其烃类组分的宏观和微观特征及配分规律显示出其成矿的复杂性及物质的多源性。龙头山矿区花岗岩中烃类组分的含量明显高于矿石及其围岩, 其烃类组分的来源和性质明显有别于矿体和围岩, 成矿作用与有机流体关系密切。铜坑矿区花岗岩中烃类组分的含量明显不同于各个矿体, 并且, 不同地质体内烃类组分的含量变化不一, 成矿流体在来源和性质上存在较为复杂的联系, 成矿流体具有明显的深源特征。

**关键词** 地球化学, 锡多金属矿, 成矿流体, 烃类组分, 丹池成矿带, 广西

中图分类号: P618.44

文献标志码: A

## Hydrocarbon component characteristics of Danchi tin-polymetallic ore belt in Guangxi and their metallogenic indication significance

QIN LaiYong<sup>1</sup>, XU QingHong<sup>1</sup>, WEI KeLi<sup>2</sup>, SHI XiaoMing<sup>2</sup> and YU YangXian<sup>2</sup>

(1 Guilin Research Institute of Geology for Mineral Resources, Guilin 541004, Guangxi, China;

2 Guangxi Nonferrous Metal Group Co. Ltd., Nanning 530021, Guangxi, China)

### Abstract

The Longtoushan ore deposit and Tongkeng ore deposit constitute two most typical ore deposits in the Danchi tin-polymetallic ore belt. The macroscopic and microscopic characteristics of hydrocarbon components show complexity and multisource nature of ore-forming materials in the two typical ore deposits. In Longtoushan area, hydrocarbon components of granite and ore bodies show remarkable differences, and the mineralization was closely related to organic fluids. Things seem more complex in Tongkeng area, where the hydrocarbon components of granite are obviously different from those of ore bodies, and hydrocarbon components vary differently in different ore bodies. It is inferred that the fluid was of multisource nature and the mineralization was related to the magma and strata.

**Key Words:** geochemistry, tin-polymetallic ore deposit, fluid mineralization, hydrocarbon component, Danchi ore belt, Guangxi

广西南丹-河池(丹池)锡多金属成矿带是世界著名的锡多金属矿集区,由5个多金属矿田组成,矿床规模大,成因复杂。其中,大厂的铜坑和龙头山矿床是2个超大型锡多金属矿床,规模最大,最具代表

\* 本文得到“十五”国家科技攻关项目(编号 2004BA615A-03)及“十一五”国家科技支撑计划课题(编号 2007BAB25B03)的联合资助  
第一作者简介 秦来勇,男,1975年生,高级工程师,主要从事矿产地质成矿研究与找矿预测工作。Email: qly94011011@126.com  
收稿日期 2011-03-09; 改回日期 2011-10-19。许德焕编辑。

性。长期以来,国内外地质工作者对该区矿床的成因从成矿流体地质-地球化学及年代学等方面进行过大量研究,提出了多种矿床成因观点。

烃类是流体中重要的气相组分之一。烃类各组分间的相关特征及配分规律是成矿流体演化过程的重要参数,可在一定程度上反映出地质流体混合-叠加演化过程(徐庆鸿等,2007a,2007b)。本文以烃类为研究对象,以铜坑锡矿床及龙头山锡矿床100号锡矿体为研究重点,分析丹池成矿带典型锡矿床内烃类组分的宏观和微观特征及内在联系,从成矿流体性质、来源及演化等方面对成矿作用进行了探讨。

## 1 区域地质概况

广西丹池成矿带在区域上位于江南古陆西南缘(图1)北起麻阳,经芒场、大厂、北香,南延至五圩一带,总体呈NW向展布,延长约100 km,宽约30 km。

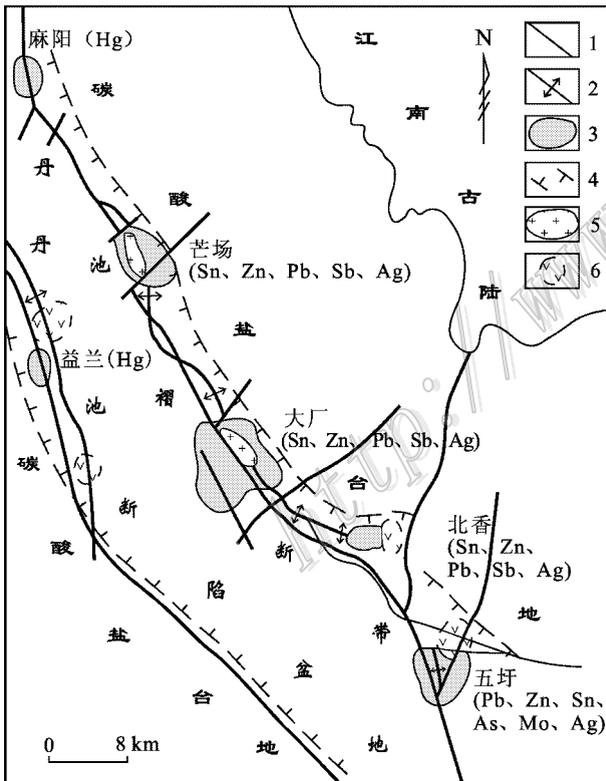


图1 丹池锡多金属成矿带构造地质及矿产分布示意图(据广西215队,1988资料改编)

1—断裂;2—背斜;3—矿田范围;4—隆起与拗陷界线;  
5—花岗岩;6—推测岩体

Fig. 1 Sketch map of Danchi tin-polymetallic ore belt showing structure geology and distribution of ore deposits (after No. 215 Geological Party, 1988)

1—Fault; 2—Anticline; 3—Limits of ore field; 4—Boundary of uplift and depression; 5—Granite; 6—Inferred magmatic body

丹池成矿带内出露的地层主要是泥盆系浅海相沉积岩及石炭系、二叠系灰岩,其次为中三叠统的一套滨-浅海相陆源碎屑沉积岩,局部夹火山碎屑沉积岩。泥盆系构成丹池大背斜的轴部,其东、西两翼为石炭系、二叠系灰岩,再向外侧为中三叠统页岩。其中,泥盆系纳标组、榴江组和五指山组是最重要的赋矿层位。

丹池大断裂和丹池复式背斜是该成矿带内的骨干构造,也呈NW向展布。丹池断陷盆地受丹池大断裂的控制,在加里东期褶皱基底上形成,呈NW向狭长带状展布;在海西晚期,以张断凹陷为主;至印支期—燕山期以后,该区以压性为主,形成紧密褶皱、逆冲断裂及横张断裂,控制着后期改造成矿作用(陈洪德等,1989;陈毓川等,1993;秦德先等,2002;蔡明海等,2004)。

该成矿带内的岩浆岩呈岩脉、岩株、岩床等形式主要出露于龙箱盖、大厂、芒场等地区。大厂铜坑-龙头山地区的深部存在着隐伏花岗岩株,与成矿关系密切。

## 2 典型锡矿床地质特征及地球化学

大厂锡多金属矿田位于丹池成矿带的中部,是该带内最重要的矿田,其成矿主要受大厂断裂和大厂倒转背斜及深部隐伏花岗岩体的控制。矿床赋存于泥盆系内,泥盆系中Sn、Pb、As、W、Sb、Hg、Ag等成矿元素的丰度高出地壳平均值数倍,是成矿物质的主要来源之一。燕山期中-酸性岩浆的侵入,一方面提供了部分物质来源,另一方面带入了含矿热液,发生了叠加改造成矿作用(张国林等,1987)。大厂矿田内的龙头山锡多金属矿床100号矿体及铜坑锡多金属矿床最具代表性。

### 2.1 龙头山100号特富锡矿体

100号特富锡矿体赋存于大厂背斜局部隆起西侧及北侧的中泥盆统纳标组生物礁灰岩内,受SN向及NW向压扭性断裂构造的控制,呈缓倾斜的似层状、透镜状产出,走向由近SN转向NW,倾向NE-E,倾角30°左右。该矿体长1240 m,宽105~240 m,平均厚度为14.46 m,向NE方向侧伏延伸,埋深大于400 m。矿体与围岩的界线截然、清晰,接触界线弯曲不平,围岩中微细裂隙发育但蚀变不明显。

矿石中金属富集度极高, $w(Zn)$ 为9.7%, $w(Pb)$ 为4.84%, $w(Sb)$ 为4.22%, $w(Sn)$ 为

1.86% , $w(\text{Ag})$  为  $148 \times 10^{-6}$ 。矿石物质成分复杂, 矿石矿物有锡石、磁黄铁矿、脆硫锑铅矿、铁闪锌矿、黄铁矿、毒砂、白铁矿, 脉石矿物有石英、方解石、萤石等。矿物多呈自形-他形晶粒结构、他形粒状结构, 矿石主要呈块状构造, 还有晶洞状构造、生物残余构造、角砾状构造等。

## 2.2 铜坑锡多金属矿床

该矿床在空间上受 NW 向大厂倒转背斜和大厂断裂的双重控制, 赋矿地层为中泥盆统罗富组、上泥盆统榴江组、五指山组和同车江组, 岩性为泥灰岩、硅质岩、硅质条带灰岩、扁豆状灰岩。岩浆岩叠加成矿作用明显。该矿床自上而下依次为: 细脉带锡矿体, 呈脉状产出, 91 号和 92 号锡矿体及 94 号锌铜矿体, 呈似层状产出。其中, 规模最大的为 91 号和 92 号矿体。

细脉带锡矿体产在泥灰岩和扁豆状灰岩中, 受 NE 向断裂的控制, 矿体长 600 m, 倾向延伸 240 m, 主要由一系列彼此大致平行的、呈 NE 走向的陡倾斜裂隙充填脉组成。91 号锡矿体是大厂矿区主要的富锡矿体之一, 赋存在硅质条带灰岩中, 以似层状为主, 走向近 EW, 倾向北, 沿走向长 480 m, 倾向延伸约 1 000 m, 平均厚度为 14 m, 该矿体的 Sn、Zn 品位较高, Pb 品位较低,  $w(\text{Sn})$  平均为 1.48%,  $w(\text{Zn})$  平均为 3.51%,  $w(\text{Pb})$  平均为 0.25%。92 号矿体是大厂区内规模最大的锡矿体, 赋存在硅质岩中, 以层状(纹层状)为主, 沿走向长约 800 m, 倾向延伸约 1 300 m, 厚约 30~70 m, 该矿体以锡矿化为主, 具有规模大、品位低的特点,  $w(\text{Sn})$  平均为 0.77%。94 号锌铜矿体产在泥灰岩中, 特征蚀变为层状矽卡岩化(硅灰石矽卡岩)。

该矿床的矿石矿物种类多, 主要为黄铁矿、磁黄铁矿、铁闪锌矿、锡石、脆硫锑铅矿等, 脉石矿物以石英、方解石为主。

## 3 烃类组分的地球化学特征

与其他气态组分(如  $\text{CO}_2$ 、 $\text{H}_2\text{S}$ 、 $\text{N}_2$ 、 $\text{H}_2$  等)相比, 烃类气体具有成分多元化和性质稳定的特点, 更重要的是, 烃类各气体之间的相关特征及配分关系是其地质流体成矿演化过程(氧化-还原条件、温度、压力等环境因素)中的重要参数。

### 3.1 取样过程及测试方法

本次工作以龙头山锡矿床 100 号矿体及铜坑锡

矿床细脉带、91 号、92 号、94 号等矿体为研究对象, 样品采集方案为: 纵向上从矿体下部到上部各中段, 横向上从矿体至近矿围岩再到远矿围岩, 顺序采集。主要是选择数量上占绝对优势的低分子量链烷烃(如甲烷、乙烷、丙烷等)和烯烃(乙烯、丙烯等)进行研究, 旨在研究烃类组分在矿体及其周围空间的展布规律, 探讨其成矿物质来源及成矿作用。

测试方法主要采用酸解烃法, 包括脱气及测定 2 个部分。脱气的手段主要有减压、恒温加热、酸处理和碱液吸收等。减压的目的是将其中呈弱吸附态、附着态和吸留态的烃气解吸出来; 恒温加热是为了加快脱气进程、提高解吸率、消除温差对脱气量的影响; 加酸是为了将包裹在次生碳酸盐矿物中的大量烃类气体释放出来; 使用碱液是为了吸收掉系统中的  $\text{CO}_2$  气体。其基本操作步骤如下: 用千分之一天平称取 20~50 g 试样, 加入到平底烧瓶中, 将装样烧瓶接入脱气系统, 用真空泵抽气使脱气系统内压至  $-0.099 \text{ MPa}$  左右, 加碱液(KOH)至脱气管螺旋部位的 B 处, 将装样烧瓶置于  $40 \sim 80^\circ\text{C}$ (不同实验室所用温度不尽相同, 一般为  $40^\circ\text{C}$ 、 $60^\circ\text{C}$ 、 $80^\circ\text{C}$  3 种)的恒温水浴槽(锅)内, 缓慢加入盐酸, 同时摇动烧瓶(或搅拌)至不再产生气泡为止。随后, 在系统中加入碱液, 吸收掉脱气时由碳酸盐矿物分解而产生的大量  $\text{CO}_2$  气体, 记录脱气管上部气体体积, 并用玻璃注射器抽取气样, 以排水集气法将气体转入饱和盐水(NaCl 溶液)瓶内, 送交气相色谱室检测分析。测试仪器为 Agilent 6820 气相色谱仪, 在室温( $25^\circ\text{C}$ )和湿度为 65% RH 的条件下进行测定, 使用的标准为油气化探试样测定方法第 1 部分: 酸解烃测定气相色谱法(标准编号: SY/T 6009.1-2003)。

试样气体测试含量要大于  $100 \mu\text{l}/\text{kg}$ , 重复性检测误差要求均小于 10%; 试样气体含量介于  $1 \sim 100 \mu\text{l}/\text{kg}$ , 重复性检测误差要小于 15%; 试样气体含量小于  $1 \mu\text{l}/\text{kg}$ , 重复性检测误差绝对值要小于  $0.5 \mu\text{l}/\text{kg}$ 。

### 3.2 烃类组分宏观异常特征

龙头山矿区 100 号矿体烃类组分宏观特征

① 该矿区不同岩相礁灰岩中烃类各组分的含量相近(表 1), 不存在明显的背景差异。

② 从矿体→近矿围岩→远矿围岩, 各烃类组分的含量均具有由低变高, 再逐渐降低的变化特征。

③ 花岗岩脉中烃类的含量均明显高于矿石及其围岩, 尤其是乙烷、丙烷、异丁烷、正丁烷、乙烯和

表 1 龙头山矿区不同地质体中各烃类组分的含量  
Table 1 Hydrocarbon content of different geological bodies in the Longtoushan ore district

地质体	$w(B_i) / (\mu\text{g}/\text{kg})$										$(C_2H_6 + C_3H_8) / (CH_4 + C_2H_6)$											
	CH <sub>4</sub>		C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>		C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>		$i(C_nH_{2n})$		$n(C_nH_{2n})$		C <sub>2</sub> H <sub>4</sub>	C <sub>3</sub> H <sub>6</sub>	平均值	最大值								
	最小值	最大值	最小值	最大值	最小值	最大值	最小值	最大值	最小值	最大值	最小值	最大值	最小值	最大值								
100号块状锡石硫化矿体(5)	59.04	165.64	124.40	5.57	11.96	6.50	1.48	2.56	1.63	0.22	0.97	0.46	0.20	0.69	0.39	0.54	13.57	6.51	0.19	4.83	1.81	0.06
近矿围岩(11)	128.05	1114.2	347.90	5.59	64.60	15.20	1.22	4.60	3.30	0.33	1.46	1.25	0.26	4.05	0.81	1.30	4.05	2.71	0.10	1.11	0.67	0.01
远矿围岩(15)	20.59	685.60	210.80	1.08	25.48	14.60	0.23	5.14	2.80	0.07	2.37	0.86	0.07	0.58	0.50	0.49	6.55	2.18	0.09	0.21	0.11	0.01
岩浆岩(5)	564.41	1289.4	1094.0	78.24	147.41	146.00	31.77	57.24	57.00	2.29	5.25	4.90	11.59	23.30	22.10	110.71	161.41	173.00	67.10	113.77	119.00	0.24

注: 括号内为统计样品数。

表 2 铜坑矿区不同地质体中各烃类组分的含量  
Table 2 Hydrocarbon content of different geological bodies in the Tongkeng ore district

地质体	$w(B_i) / \mu\text{g}/\text{kg}$										$(C_2H_6 + C_3H_8) / (CH_4 + C_2H_6)$											
	CH <sub>4</sub>		C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>		C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>		$i(C_nH_{2n})$		$n(C_nH_{2n})$		C <sub>2</sub> H <sub>4</sub>	C <sub>3</sub> H <sub>6</sub>	平均值	最大值								
	最小值	最大值	最小值	最大值	最小值	最大值	最小值	最大值	最小值	最大值	最小值	最大值	最小值	最大值								
细脉带矿体(2)	26.067	29.745	27.906	2.656	3.251	2.954	0.898	1.381	1.14	0.152	0.167	0.16	0.315	0.554	0.435	6.344	13.392	9.868	4.252	5.895	5.074	0.48
矿体围岩(8)	100.52	3374.46	673.62	7.367	638.188	117.54	2.373	198.608	35.987	0.196	10.273	1.89	0.767	59.723	10.757	6.915	455.443	95.743	3.899	323.665	67.881	0.21
91号矿体围岩(7)	59.288	1766.61	751.843	0.748	197.719	78.065	0.329	50.712	24.822	0.078	3.974	1.057	0.11	16.356	6.056	1.593	179.516	53.958	0.793	115	35.218	0.11
92号矿体围岩(8)	732.452	973.840	853.146	97.839	141.743	119.791	29.111	75.092	52.102	1.300	5.497	3.399	7.417	26.540	16.979	122.022	228.508	175.265	71.554	194.261	132.908	0.32
94号矿体围岩(7)	122.528	1533.58	796.375	3.365	150.160	70.88	1.156	66.922	29.767	0.152	4.407	1.881	0.517	21.620	9.544	5.144	141.547	72.727	2.112	102.106	51.207	0.14
花岗斑岩脉(1)	513.891	65.127	89.769	8.402	3.763	1.419	7.645	70.775	49.200	0.21	1.464	0.357	1.419	15.568	12.129	0.28						

注: 括号内为统计样品数。

丙烯的含量明显偏高,说明花岗岩脉中的烃类组分是明显有别于围岩和矿体且性质完全不同的烃类组分。

### 铜坑矿区诸矿体烃类组分宏观特征

(1) 该矿区不同矿体中烃类各组分的含量相差较大(表2),这是岩石对气体烃类组分的吸附和保存性质差异造成的。

(2) 从矿体→近矿围岩,不同矿体各烃类组分的含量变化不一,矿体的烃类组分含量均低于围岩。

(3) 花岗岩脉中的烃类含量明显不同于各矿体矿石中的含量,但与细脉带矿体的围岩(扁豆状灰岩)91号矿体的围岩(条带状硅质灰岩)和94号矿体的围岩(泥灰岩)处于同一数量级,而与92号矿体的围岩相差较大。说明花岗岩脉中的烃类组分与围岩和矿体在来源和性质上存在较为复杂的联系。

(4) 基性岩脉中烃类各组分的含量与细脉带矿体和94号矿体中的相对含量相近,说明这两个矿体的成矿可能有来源较深的成矿流体的叠加。

### 3.3 烃类组分微观异常特征

烃类组分特征的研究内容不仅包括其异常形态、强度和空间展布位置等宏观现象,而且更要探讨各组分间的相关性、配分曲线和特征比值等微观上的规律性,更详细更科学地掌握烃类组分在不同类型地质体中的特征、成矿流体的演化规律和成矿过程。

为了让本次研究所获得的数据具有普遍性和代表性,所采集的样品除了广西丹池成矿带龙头山矿区和铜坑矿区的不同类型地质体外,还包括湖南某地区铜镍矿的基性-超基性岩、西藏冈底斯成矿带墨竹工卡钨钼矿和拉屋锌铜矿的黑云母花岗岩、福建何保山金矿的基性岩脉等样品作为参照对比。从以上样品烃类组分的相关散点图(甲烷-丙烯)(图2)及三角图解(甲烷-丙烯-乙烷)(图3)可以看出,广西大厂锡多金属矿田具有成矿物质来源复杂、矿化类型多样化的特征。

由图2及图3可见,各类地质体的相关散点投影范围可大致分成3个区域:①基性-超基性岩流体范围(包括湖南某铜镍矿超基性岩、铜坑矿区辉绿玢岩);②酸性花岗岩流体范围(包括龙头山矿区和铜坑矿区花岗岩、西藏拉屋锌铜矿和墨竹工卡钨钼矿黑云母花岗岩等);③生物沉积成因范围(主要包括龙头山矿区生物礁灰岩及铜坑矿区的硅化灰岩)其特点是烃类组分成熟度高,烷烃组分尤其是

甲烷所占比例较大。

从龙头山矿区100号矿体及铜坑矿区不同类型矿体所对应的烃类组分投影点可以看出,龙头山100号矿体(包括50 m、110 m、200 m、250 m各中段矿体)主要分布于礁灰岩范围内,多数矿体样品的甲烷所占比例比围岩(礁灰岩)还要高,说明矿体内烃类的成熟度高于围岩,其成矿作用与有机流体关系密切。

铜坑矿区各中段不同类型矿体(矿化体)内的烃类组分,一部分落于花岗岩流体范围(如305 m中段硅灰石矽卡岩内的锌铜矿,355 m中段92号矿体中的硅质岩矿化体),另一部分则落在基性-超基性岩流体范围(如铜坑584 m中段部分细脉带矿体),说明其成矿物质来源及成矿作用与深部岩浆热液关系密切。

## 4 基于烃类特征的成矿探讨

### 4.1 龙头山矿床100号矿体

该矿体为一不规则的巨大囊状块体,总体上呈向西突出的新月形。其地质、地球化学特征明显不同于大厂矿田内的其他矿床,矿体与围岩的界线截然、清晰且弯曲不平,围岩中细裂隙发育却无明显的蚀变,即围岩蚀变微弱,矿石本身结构疏松,毛发状和放射状的硫盐大量发育,而无明显的变质与变形。有些学者认为,古油藏中的有机流体或油田卤水从盆地相沉积物或海底火山沉积的矿源层中萃取了大量金属成矿物质运移汇聚到龙头山生物礁体内,成矿物质大量聚集,因介质条件变化而卸载富集,形成了独特的充填矿体。现在据烃类组分特征证明这种推论是正确的。

当龙头山生物礁及其周围的上覆盆地相沉积物随着沉积埋藏深度的增大,外界环境温度及压力的增高,沉积物中的生物体逐渐分解为有机质,并有高盐度地层水加入,形成了含油气的有机流体或油田卤水,从盆地相沉积物或海底火山沉积的矿源层中萃取了大量金属成矿物质,形成了富含成矿物质的有机流体。大厂背斜与龙头山生物礁叠加,形成了很好的储油、储矿构造,如背斜、断裂、古溶洞等。在低渗透率的泥页岩、硅质岩的阻隔下,温度升高和压力增大驱动富含成矿物质的有机流体向生物礁体内有利的容矿构造空间运移汇聚,因此可推测,被有机成矿流体充填的古溶洞可能就是龙头山100号

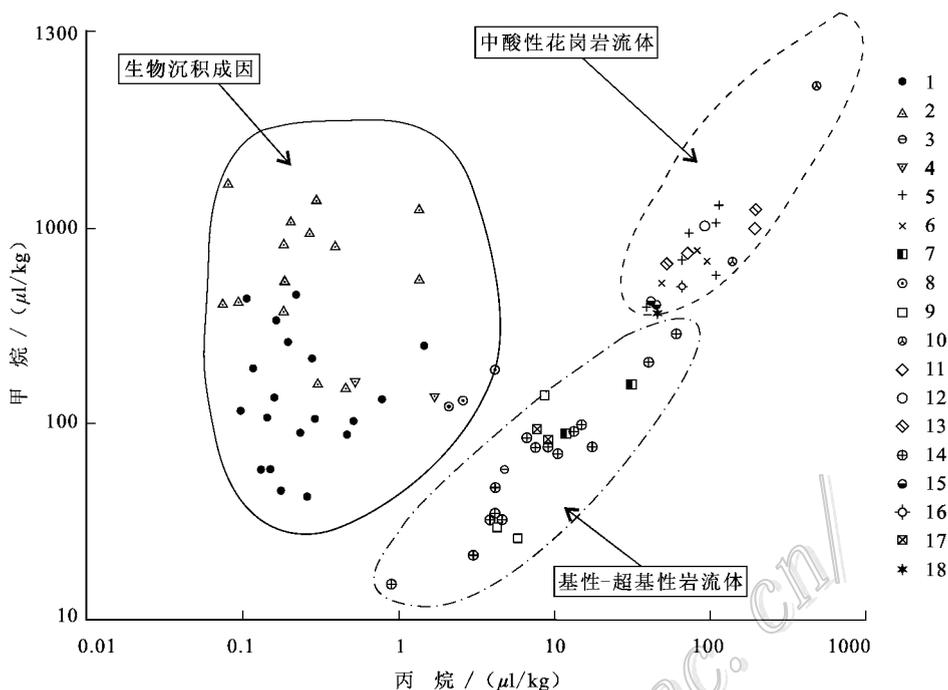


图2 丹池成矿带典型矿床地质体烃类组分甲烷-丙烯相关散点图

1—龙头山矿区100号矿体围岩(礁灰岩);2—龙头山矿区100号矿体200m标高矿段;3—龙头山矿区100号矿体110m标高矿段;4—龙头山矿区100号矿体50m标高矿段;5—龙头山矿区花岗岩;6—铜坑矿区花岗岩;7—铜坑矿区辉绿玢岩;8—铜坑矿区围岩;9—铜坑矿区细脉带矿体;10—铜坑矿区91号矿体;11—铜坑矿区92号矿体;12—铜坑矿区94号矿体;13—铜坑矿区铜矿矿体(硅灰石砂卡岩中);14—铜坑矿区硅质岩;15—湖南某铜镍矿超基性岩;16—西藏墨竹工卡铜钼矿黑云母花岗岩;17—福建何保山金矿基性岩;18—西藏拉屋锌铜矿花岗岩

Fig. 2 Correlation scattergram of methane-propylene in different geological bodies of the Danchi ore belt

1—Wall rock (biohermal limestone) of No. 100 ore body in the Longtoushan ore district; 2—Ore block at elevation 200 m of No. 100 ore body in the Longtoushan ore district; 3—Ore block at elevation 110 m of No. 100 ore body in the Longtoushan ore district; 4—Ore block at elevation 50 m of No. 100 ore body in the Longtoushan ore district; 5—Granite in the Longtoushan ore district; 6—Granite in the Tongkeng ore district; 7—Diabase-porphyrinite in the Tongkeng ore district; 8—Wall rock in the Tongkeng ore district; 9—Veinlet type ore body in the Tongkeng ore district; 10—No. 91 ore body in the Tongkeng ore district; 11—No. 92 ore body in the Tongkeng ore district; 12—No. 94 ore body in the Tongkeng ore district; 13—Wollastonite skarn with zinc-copper mineralization in the Tongkeng ore district; 14—Silicilith in the Tongkeng ore district; 15—Ultrabasic rock of a Cu-Ni deposit, Hunan; 16—Biotite granite in the Mozhuogongka W-Mo ore district, Tibet; 17—Basite in the Hebaoshan gold ore district, Fujian; 18—Granite in the Lawu zinc-copper ore district, Tibet

矿体形成前的“雏形”。燕山中晚期发生强烈的构造运动,并伴随大规模的花岗岩侵入,花岗岩体的上侵包裹并同化了上覆地层中的初始矿源层,加之花岗岩本身带来的成矿物质,形成了叠加成矿热液,当温度和压力较高的成矿热液进入生物礁体内的储油、储矿构造空间,两类不同性质的成矿流体发生混合叠加,导致流体的温度、压力、 $E_h$ 、pH等参数的急剧改变,引起成矿物质的沉淀富集,同时促使原容矿空间中流体内有机质的成熟度增大并发生热解,产生不溶解的碳沥青等高分子化合物,同时产生大量的气态烃类组分。由于100号矿体规模巨大,在其不同的成矿构造部位,以及不同的成矿阶段,温度、压

力、 $E_h$ 、pH等环境参数也在发生相应的变化,这些变化对流体中有机质的热解反应进程和演化产物有着重要影响。

与背景礁灰岩相比,100号矿体及其附近围岩的烃类各组分间的变化不存在一定的函数关系,而具有分散幅度和变化范围较大的“爆炸式”特征。100号矿体及礁灰岩烃类组分( $C_2H_4 + C_3H_6$ )/( $CH_4 + C_2H_6$ )比值(表1)均小于0.1,具有正常沉积地层流体的特征,表明100号矿体在成矿过程中曾伴随有大量烃类组分的产生,并在较高的温度-压力条件下,流体中的烃类组分以较快的速度在短时间内逃逸到周围空间。100号矿体烃类组分的特点以及该

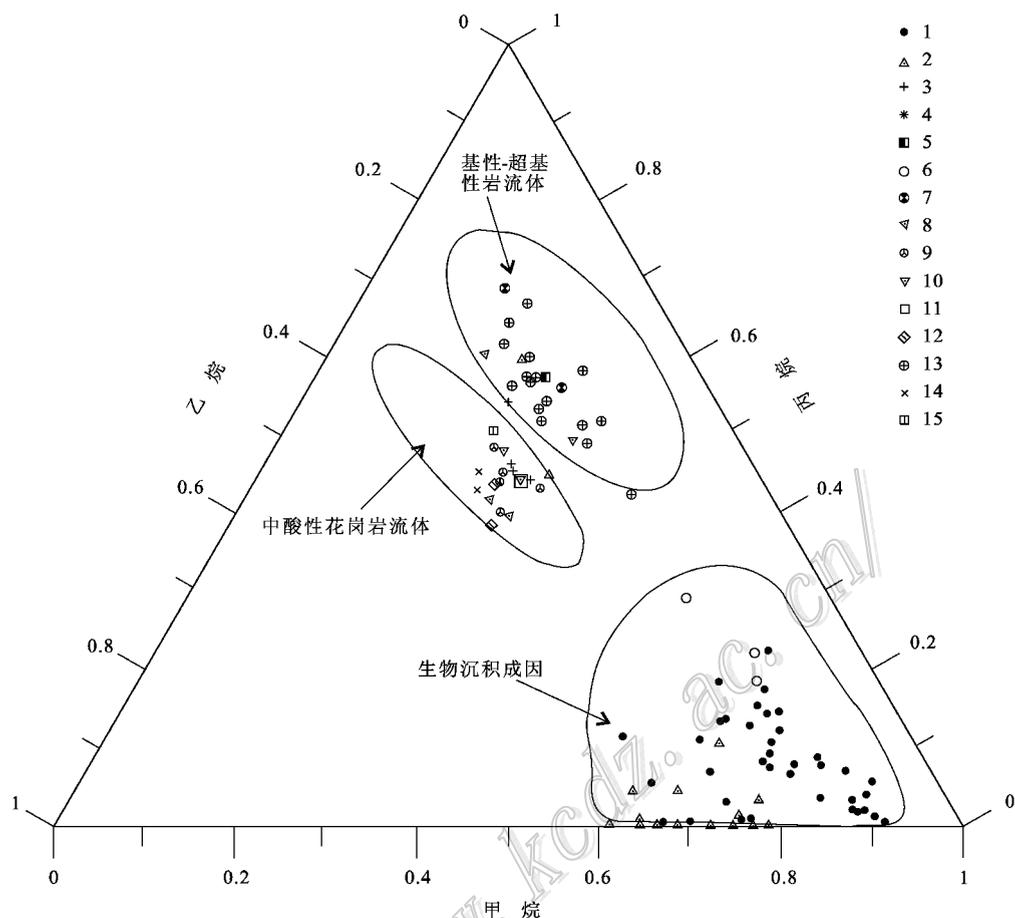


图 3 丹池成矿带典型矿床地质体甲烷-丙烯-乙烷三角图解

1—龙头山矿区 100 号矿体围岩(礁灰岩);2—龙头山矿区 100 号矿体;3—龙头山矿区花岗岩;4—铜坑矿区花岗岩;5—铜坑矿区辉绿玢岩;6—铜坑矿区围岩背景;7—铜坑矿区细脉带矿体;8—铜坑矿区 91 号矿体;9—铜坑矿区 92 号矿体;10—铜坑矿区 94 号矿体;11—铜坑矿区锌铜矿体(硅灰石砂卡岩中);12—铜坑矿区硅质岩;13—湖南某铜镍矿超基性岩;14—西藏墨竹工卡钨钼矿黑云母花岗岩;15—福建何保山金矿基性岩

Fig. 3 Methane-propylene-ethane triangular diagram of different geological bodies in the Danchi ore belt

1—Wall rock (biohermal limestone) of No. 100 ore body in the Longtoushan ore district ;2—No. 100 ore body in the Longtoushan ore district ;3—Granite in the Longtoushan ore district ;4—Granite in the Tongkeng ore district ;5—Diabase-porphryrite in the Tongkeng ore district ;6—Wall rock in the Tongkeng ore district ;7—Veinlet type ore body in the Tongkeng ore district ;8—No. 91 ore body in the Tongkeng ore district ;9—No. 92 ore body in the Tongkeng ore district ;10—No. 94 ore body in the Tongkeng ore district ;11—Wollastonite skarn with zinc-copper mineralization in the Tongkeng ore district ;12—Silicilith in the Tongkeng ore district ;13—Ultrabasic rock in a Cu-Ni deposit , Hunan ;14—Biotite granite in the Mozhugongka W-Mo ore district , Tibet ;15—Basite in the Hebaoshan gold ore district , Fujian

矿体的其他特征(如:矿体呈不规则囊块状,规模巨大而蚀变不发育,不同空间部位的矿石类型变化不大,矿体与围岩的界线截然,围岩中细裂隙发育却无明显的蚀变,矿石本身结构疏松,毛发状和放射状的硫酸矿物大量发育而无明显的变质与变形等),在成因和背景上应存在着必然联系,可推测 100 号矿体经历了短时间内成矿物质的快速堆积,成矿作用强烈且规模巨大,并伴随烃类组分的大量形成和向周

围空间扩散,因此,该矿体以其独特的成矿作用和过程而有别于其他矿体。

#### 4.2 铜坑矿床

该矿床内各矿体及围岩的烃类组分的特征较为复杂,从烃类组分的特征可基本反映出矿床的形成具有物质多源性和成矿多期性的特点。从铜坑矿区各地质体的烃类组分( $C_2H_4 + C_3H_6$ )/( $CH_4 + C_2H_6$ )比值(表 2)可发现:各矿体的成矿流体与深部岩浆

流体的关系较为密切 ( $C_2H_4 + C_3H_6$ )/( $CH_4 + C_2H_6$ ) 比值大于 0.2, 赋矿围岩的该比值在 0.1~0.2 之间, 表明为正常沉积和热水沉积共同作用的结果。铜坑矿床的成矿流体来源于早期中-基性岩浆热液(或深源热水喷流)活动, 后来又受到燕山期中-酸性岩浆热液(也可能携带部分成矿物质)的叠加改造和富集, 最终形成了 91 号、92 号、94 号等似层状矿体, 而细脉带矿体受其影响较小, 其烃类组分特征仍保持了基性岩浆热液的特征。

92 号矿体及其围岩硅质岩的烃类组分含量高, 流体来源应为单一, 其烃类组分配分投影点全部落于岩浆热液流体范围内, 显示出成矿流体来自深部, 与地层无直接关系; 结合其他研究成果(如该矿体容矿围岩的微量及稀土元素地球化学研究)表明, 容矿硅质岩是一种热水沉积岩, 为喷流沉积的产物(韩发等, 1997)。因此, 该矿体的成矿很可能在泥盆纪海底喷流活动时已形成初始富集, 燕山期的中-酸性岩浆叠加成矿作用使其最终富集成矿。

而 91 号和 94 号矿体围岩的特征, 则反映出它们具有流体不同来源及间断沉积的特征, 说明其形成可能为海底热水喷流沉积作用, 并伴有海洋化学沉积作用。

细脉带矿体围岩(扁豆状灰岩)的形成明显表现出海洋化学沉积的特点。

铜坑矿床各矿体的烃类特征显示出, 其成矿流体具多来源、成矿作用具多期的特点。“东岩墙”是 SN 走向的具多期活动特征的断裂带, 中-酸性及基性岩脉发育, 94 号锌铜矿体就产在“东岩墙”附近的似层状硅灰石砂卡岩中, 其成矿与基性岩浆有关, 成矿温度应较高, 其矿化组合以锌-铜为主。91 号和 92 号矿体的成矿流体既有基性流体(深源)特征, 又有中-酸性花岗岩流体特征, 且后者更强, 其原因可能是泥盆纪的含矿热水活动导致其初始富集, 而燕山期的中-酸性岩浆叠加成矿作用则导致其最终富集成矿, 矿化组合以锡-锌为主。细脉带矿体的烃类组分显示出成矿体流体具基性岩流体特征, 说明细脉带矿体的形成时间较晚, 其成矿与深部岩浆活动有关, 但可能有地层物质的带入, 矿化组合以锌-锡为主。

## 5 结 论

(1) 广西丹池成矿带内铜坑锡多金属矿床和龙头山锡多金属矿床的成因问题一直是学者争论的焦点, 本文从气体烃类组分特征的角度进行研究后认为: 铜坑矿床的成矿流体具有物质多来源性和成矿多期性的特点; 龙头山矿床是被富含成矿物质的有机流体充满的古溶洞遭受燕山中晚期强烈构造运动 and 大规模岩浆热液叠加改造而快速富集堆积所形成。

(2) 挥发性强、迁移距离远、性质稳定等一系列特征决定了烃类组分在判断成矿物质来源及叠加程度等方面发挥重要作用。将研究工作从烃类组分宏观异常特征的归纳, 发展为对成矿流体时空演化过程中烃类指标的叠加改造、配分模式以及相关变异的微观规律的研究; 总结相同类型地质体(如花岗岩类、深源岩脉类、沉积岩类等)的烃类组分特征, 并发现它们具有形态相似的烃类组分配分及比值曲线和特征, 可作为探讨金属矿床物质来源、流体演化的重要工具和手段。

## 参考文献/References

- 蔡明海, 梁 婷, 吴德成, 黄惠明. 2004. 广西丹池成矿带构造特征及其控矿作用[J]. 地质与勘探, 40(6): 5-10.
- 陈洪德, 曾允孚. 1989. 广西丹池盆地上泥盆统榴江组硅质岩沉积特征及成因讨论[J]. 矿物岩石, 9(4): 22-29.
- 陈毓川, 黄民智, 徐 珏, 胡云中, 唐绍华, 李荫清, 孟令库. 1993. 大厂锡矿地质[M]. 北京: 地质出版社.
- 韩 发, 赵汝松, 沈建忠, Hutchinson R W, 蒋少涌, 陈洪德. 1997. 大厂锡多金属矿床地质及成因[M]. 北京: 地质出版社.
- 秦德先, 洪 托, 田毓龙, 陈健文. 2002. 广西大厂锡矿 92 号矿体矿床地质与技术经济[M]. 北京: 地质出版社.
- 徐庆鸿, 陈远荣, 贾国相, 李晓峰, 李厚民, 张雪亮. 2007a. 烃类组分在金属矿床的成矿理论和矿产勘查研究中的应用[J]. 岩石学报, 23(10): 2623-2638.
- 徐庆鸿, 陈远荣, 贾国相, 李晓峰, 李厚民, 刘耀辉. 2007b. 山东夏甸金矿烃类组分特征及幔源流体成矿作用探讨[J]. 岩石学报, 23(10): 2639-2646.
- 张国林, 蔡宏渊. 1987. 广西大厂锡多金属矿床成因探讨[J]. 地质论评, 33(5): 426-435.