

<http://www.geojournals.cn/dzxb/ch/index.aspx>

广西大厂锡多金属矿田亢马矿床地质特征 及成矿时代

蔡明海^{1,2)}, 梁婷³⁾, 吴德成²⁾

1) 中国地质调查局宜昌地质矿产研究所, 湖北, 443003; 2) 柳州华锡集团有限责任公司, 广西, 545006

3) 长安大学地质矿产系, 西安, 710054

内容提要: 亢马矿床是广西大厂锡多金属矿田东矿带中一个研究程度较低的中型锡多金属矿床。矿床特征研究表明, 区内的锡多金属矿化主要呈脉状产出, 明显受构造控制, 成矿作用以充填-交代为主, 后生成矿作用特征明显。成矿作用可分为3个阶段, 各阶段的完全均一温度分别为300~350℃、210~280℃、145~175℃。石英流体包裹体Rb-Sr测年获得等时线年龄为 $94.1 \pm 2.7\text{Ma}$ (2 σ), 表明成矿时代属燕山晚期, 成矿流体的 $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ 初始值为0.71015, 与大厂矿田中部龙箱盖黑云母花岗岩 $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ 的初始值0.7110接近。成矿年龄与成矿流体的 $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ 初始值均表明亢马锡多金属矿的成矿作用与区内的龙箱盖岩体具有一定的成生联系。

关键词: 大厂锡多金属矿田; 亢马矿床; 矿床特征; 成矿作用; 成矿时代

桂西北南丹县境内的大厂锡多金属矿田已探明的锡金属量超过100万吨, 锡平均品位约1%, 是世界上最大的锡多金属矿床之一。近半个世纪以来, 国内外众多的地质学者在区内开展了大量工作, 积累了丰富的资料, 但对于大厂锡矿的成矿时代和矿床成因却一直存在着两种相互对峙的观点: ①认为矿床形成于燕山晚期, 属后生充填-交代矿床, 在成因上与矿田中部的龙箱盖岩体有关(陈毓川, 1964, 1965; 章振根等, 1976; 李锡林等, 1981; 张平, 1983; 叶绪孙, 1985; 梁珍庭等, 1985; 陈毓川等, 1985, 1993; Fu et al., 1991); ②认为矿床的主体形成于泥盆纪, 属同生沉积-喷气矿床或海相火山成因, 在成因上与花岗岩无关(蔡宏渊等, 1983; 雷良奇, 1986; 韩发等, 1997; 秦德先等, 2002; 赵葵东等, 2002)。最近, 王登红等(2004)通过对大厂矿田西矿带的铜坑-长坡矿床91号层状矿体和龙头山矿床100号矿体中透长石、石英的常规快中子活化和激光原位 $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 法同位素年代学的研究, 获得91号矿体块状锡石硫化物矿石中石英的 $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 坪年龄为 $94.52 \pm 0.33\text{Ma}$, 等时线年龄为 $95.37 \pm 0.45\text{Ma}$, 反等时线年龄为 $94.89 \pm 0.16\text{Ma}$, 透长石的激光 $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 等时线年龄为 $91.4 \pm 2.9\text{Ma}$; 100号矿体石英的坪年龄为 $94.56 \pm 0.45\text{Ma}$, 等时线年

龄为 $93.5 \pm 1.2\text{Ma}$, 反等时线年龄为 $93.29 \pm 0.16\text{Ma}$, 为大厂锡矿的后生成因提供了详实的年代学证据。亢马矿床是大厂矿田东矿带中的一个研究程度相对较低的中型锡多金属矿床, 相应的文献报道也很少涉及, 本文在解剖亢马矿床地质构造特征的同时, 对锡多金属矿脉进行了石英流体包裹体的Rb-Sr测年, 为大厂锡矿的成矿时代和矿床成因研究提供了新的资料。

1 地质背景

大厂矿田位于北西向南丹—河池褶皱断裂带的中段。南丹—河池褶皱断裂带属晚古生代右江盆地北东侧的边界构造, 与北东侧的江南古陆毗邻, 经历了晚古生代(泥盆纪—石炭纪)的张断凹陷和印支期(中三叠世)的挤压褶皱作用, 燕山期(白垩纪)的构造作用主要表现为断裂活动, 并控制了同期岩体的侵位(陈洪德等, 1989; 徐钰, 1988)。

大厂矿田出露的地层为泥盆系—三叠系一套碎屑岩-碳酸盐岩-硅质岩组合, 泥盆系为主要赋矿层位。区内岩浆岩侵位于泥盆系—石炭系地层中, 地表仅见有小规模露头, 呈岩脉(墙)、岩床和岩枝产出, 分布在中部的龙箱盖地区以及西部铜坑—长坡矿床的东西两侧, 主要岩性有黑云母花岗岩、似斑状黑云

注: 本文为柳州华锡集团有限责任公司博士后工作站科研项目“丹池成矿带构造控矿规律研究”资助的成果。

收稿日期: 2004-05-24; 改回日期: 2004-07-16; 责任编辑: 章雨旭。

作者简介: 蔡明海, 男, 1965年生。副研究员, 主要从事矿田构造及矿床学研究。通讯地址: 443003, 湖北省宜昌市港窑路37号, 宜昌地质矿产研究所; Email: yc502cmh@sina.com。

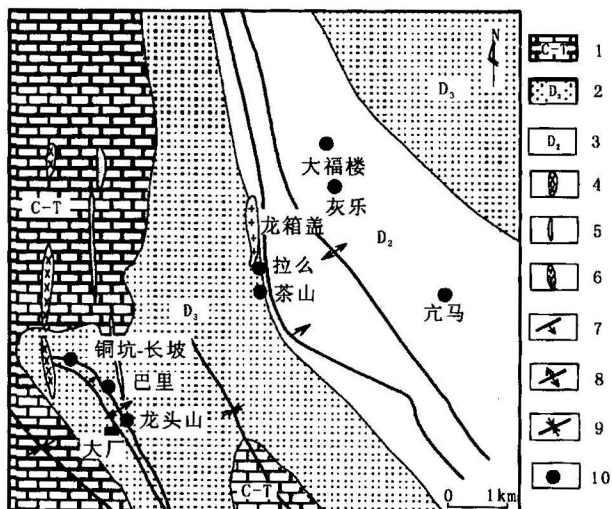


图1 大厂矿田地质图

(据广西 215 地质队资料改编, 1996)

Fig. 1 Geological map of the Dachang ore field

(modified from the data of the Geological Party,

No. 215, Guangxi, 1996)

1—石炭系—三叠系(灰岩); 2—上泥盆统(灰岩、硅质岩、页岩); 3—中泥盆统(页岩、泥岩、泥灰岩); 4—花岗岩; 5—花岗斑岩; 6—闪长玢岩; 7—断裂; 8—背斜; 9—向斜; 10—矿床

1—Carboniferous—Triassic (limestone); 2—Upper Devonian (limestone, silicalite, shale); 3—Middle Devonian (shale, argillite, marl); 4—granite; 5—granite porphyry; 6—dioritic porphyrite; 7—fault; 8—anticline; 9—syncline; 10—deposit

母花岗岩、花岗斑岩及闪长玢岩等(图1)。地球物理资料推断以及后来为钻孔揭露所证实,在龙箱盖地区存在一个规模较大的隐伏花岗岩岩株,其主体岩性为黑云母花岗岩,次为似斑状黑云母花岗岩(陈毓川等,1993)。同位素年代学研究表明,黑云母花岗岩全岩 Rb-Sr 等时线年龄为 $99 \pm 6\text{Ma}$ (徐文炘等, 1986)、黑云母 K-Ar 年龄为 107Ma (李璞等, 1963); 似斑状黑云母花岗岩全岩 Rb-Sr 等时线年龄为 $115 \pm 3\text{Ma}$ (徐文炘等, 1986)、黑云母 K-Ar 年龄为 91Ma (李璞等, 1963); 花岗斑岩脉全岩 Rb-Sr 等时线年龄为 93Ma (秦德先等, 2002), 闪长玢岩脉全岩 Rb-Sr 等时线年龄为 $91 \pm 2\text{Ma}$ (Fu et al., 1991), 均属燕山晚期岩浆活动的产物。黑云母花岗岩 $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ 初始值为 0.7110 , 全岩 $\delta^{18}\text{O}_{\text{SMOW}}$ 为 $9\text{‰} \sim 12.96\text{‰}$, 属大陆地壳熔融产生的 S 型花岗岩(陈毓川等, 1993)。

大厂矿田的构造以浅—表构造层次变形为主, 表现为两套完全不同的变形样式和变形组合: ①以 NW、NNW 方向为主的不对称线形褶皱和逆冲断

层, 组成了区内的构造格架, 属印支期(中三叠世)挤压构造体制作用的产物, 最大主应力轴优选方位为 $\text{SW}252^\circ$; ②层内伸展剪切褶皱、层间滑脱带、拉断石香肠、早期断裂的张性活动改造以及近 EW 向小褶皱, 属燕山晚期区域拉张背景下伸展剪切变形的产物, 最大主应力轴优选方位为 $\text{NNW}354^\circ$, 该期构造是大厂矿田内主要的控岩、控矿构造(蔡明海等, 2004)。

区内锡多金属成矿围绕中部龙箱盖岩体形成了较好的空间分带, 即中部的 Zn-Cu-W-Sb 成矿带(中矿带), 包括拉么锌铜矿、茶山锑矿; 东部的锡-多金属成矿带(东矿带), 包括大福楼锡多金属矿、灰乐锡多金属矿、亢马锡多金属矿和西部的锡-多金属成矿带(西矿带), 包括长坡-铜坑锡多金属矿、巴里锡多金属矿和龙头山锡多金属矿(陈毓川等, 1993)。

2 矿床地质特征

亢马锡多金属矿床位于大厂矿田东矿带的南端, 龙箱盖背斜的 NE 翼及车河断裂的上盘。矿区出

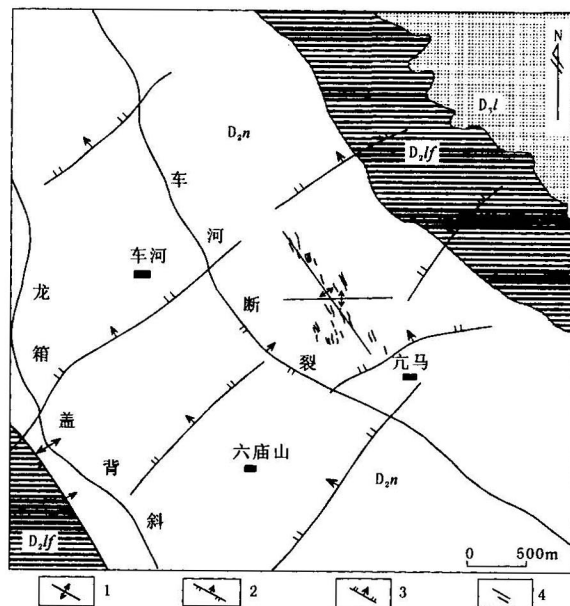


图2 亢马矿区地质图

(据广西 215 地质队资料改编, 1996)

Fig. 2 Geological map of the Kangma deposit

(modified from the data of the Geological

Party, No. 215, Guangxi, 1996)

D_3l —上泥盆统榴江组; D_2lf —中泥盆统罗富组; D_2n —中泥盆统纳标组; 1—背斜; 2—逆断层; 3—正断层; 4—锡多金属矿脉

D_3l —The Liujiang Formation (Upper Devonian); D_2lf —the Luofu Formation (Middle Devonian); D_2n —the Nabiao Group (Middle Devonian); 1—anticline; 2—overthrust fault; 3—normal fault; 4—veins of tin-polymetallic

露地层主要为中泥盆统纳标组的钙质泥岩、页岩、泥灰岩、粉砂岩等,中泥盆统罗富组灰岩夹页岩和上泥盆统榴江组硅质岩分布在矿区外围(图 2)。工业矿体主要赋存在发生了强烈层内伸展剪切变形的纳标组深灰色钙质泥岩、页岩夹粉砂岩层中,该层厚约 300m。在上下未发生层内剪切变形的浅灰色泥灰岩、页岩和砂岩层中,矿化强度明显减弱。矿区构造主要为 NNW 向次级的亢马背斜和同方向的断裂,NE 向断裂和近 EW 向褶皱叠加其上。锡多金属矿脉则产于 NNW 向和近 EW 向褶皱的叠加地段,受 NW—NNW 断裂、节理及层内伸展剪切变形构造所控制,矿化主要沿断裂裂隙构造、地层层面以及小褶皱转折端的虚脱部位充填、交代。

2.1 矿体特征

区内的矿体主要由密集的穿层含锡硫化物石英脉及顺层带状矿化所组成,以穿层脉状矿化为主。穿层矿脉呈 NW、NNW 向延伸,倾向 SW,倾角 $50^{\circ} \sim 80^{\circ}$,单脉长 0.3~150 m,厚 0.01~0.7m,呈左行排列,细脉密度为 2~5 条/m,矿脉优势产状为 $270^{\circ} \angle 58^{\circ}$ 和 $210^{\circ} \angle 68^{\circ}$ (图 3)。顺层矿脉一般厚 0.1~15cm,延长 0.1~15m,与穿层矿脉呈相互切割关系,属含矿热液沿张开的层理面充填-交代的产物。在长约 1500m,宽约 300m 的矿化带内共圈出 7 个工业矿体,矿体长 180~480 m,厚 1.93~10.83m,延深 50~550m,锡品位为 0.43%~0.61%,矿体产状与穿层脉一致。

矿石矿物主要有锡石、铁闪锌矿、磁黄铁矿、黄铁矿、毒砂、方铅矿、黄铜矿、银黝铜矿、硫盐矿物等;脉石矿物主要为石英、方解石、菱铁矿等。在矿脉两侧常发育有宽 0.5~3cm 的蚀变带,主要为碳酸盐化、硅化,其次为磁黄铁矿化、黄铁矿化、绿泥石化、绢云母化等。

2.2 矿石结构、构造

亢马矿床中矿石结构构造类型众多,主要构造类型有脉状构造、块状构造、细脉浸染状构造、角砾状构造、条带状构造等。主要结构有:

(1)自形一半自形晶结构:早阶段的锡石矿物呈自形一半自形柱状产出,晚阶段的硫锑铅矿呈细小的针状沿裂隙壁分布。

(2)它形晶结构:脆硫锑铅矿呈它形晶与铁闪锌矿连晶析出或沿铁闪锌矿的解理处沉淀析出。

(3)固溶体分离结构:铁闪锌矿中的黄铜矿和磁黄铁矿二者呈细小乳滴分布。

(4)充填交代结构:方铅矿、银黝铜矿常沿磁黄

铁矿裂纹充填交代,呈不规则的小脉或星点状分布;锡石被磁黄铁矿、铁闪锌矿等矿物包裹交代。

2.3 成矿阶段的划分

大厂矿田成矿作用可分为云英岩-夕卡岩 W、Mo、Zn、Cu 成矿期,锡石-硫化物多金属、Ag、Sb、As、Hg 成矿期和 W、Sb 成矿期(陈毓川等,1993)。亢马矿区成矿作用与东矿带的铜坑-长坡矿床具有相同的特点(陈毓川等,1993;姚意莎,2002),属锡石-硫化物多金属、Ag、Sb、As、Hg 成矿期。根据野外观察到的矿脉相互穿插、包裹关系(图 4)及室内矿相学研究,区内成矿作用可进一步划分为 3 个阶段:

锡石-石英阶段(I):以锡石、石英为主,含少量磁黄铁矿、毒砂和电气石等。锡石呈棕褐色,多为短柱状,粒度最大为 $5\text{mm} \times 2\text{mm}$,一般为 $1\text{mm} \times 0.5\text{mm}$ 。该阶段所形成的矿物集合体呈大小不一的棱角状张性构造角砾分布于晚阶段锡石-硫化物矿脉中,并严格限定在 NW、NNW 裂隙构造之中,在矿脉两侧的围岩中没有见到相应的矿化现象。

锡石-硫化物阶段(II):为区内主成矿阶段,该阶段形成的含锡硫化物石英脉组成了亢马矿床的主体。矿物组合为石英+锡石+毒砂+磁黄铁矿+闪锌矿+黄锡矿+黄铁矿+黄铜矿+白铁矿+方解石

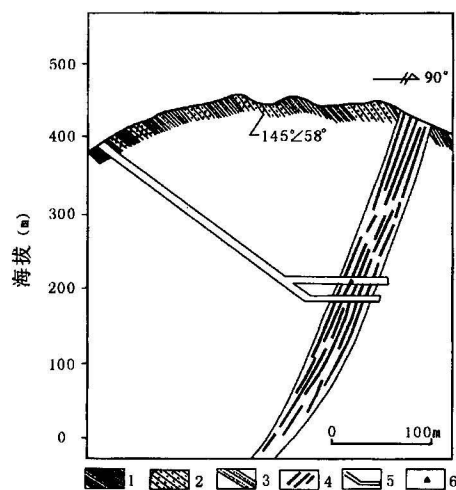


图 3 亢马矿区剖面图

(据广西 215 地质队资料改编,1996)

Fig. 3 Geological cross section of the Kangma deposit
(modified from the data of the Geological Party,
No. 215, Guangxi, 1996)

1—页岩;2—钙质泥岩;3—粉砂岩;4—锡多金属矿脉;
5—采矿坑道;6—Rb-Sr 测年取样位置
1—Shale;2—calcareous argillite; 3—siltstone; 4—tin—
polymetallic ore veins;5—mine tunnel; 6—sampling
locality of Rb-Sr age dating

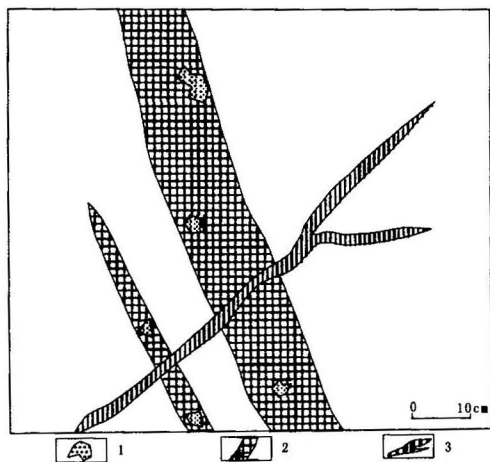


图 4 不同矿化阶段相互穿插关系

Fig. 4 The map showing the relationship between different stage of mineralization

1—Ⅰ阶段矿化角砾;2—Ⅱ阶段硫化物石英脉;

3—Ⅲ阶段方解石脉

1—Mineralized breccia of stage I; 2—sulfide-quartz vein of stage II; 3—calcite vein of stage III

(少量),该阶段以硫化物大量出现且组合复杂为特点,锡石颗粒明显变小,粒度一般为 $0.2\text{mm} \times 0.1\text{mm}$,常被磁黄铁矿、铁闪锌矿等矿物包裹交代。

硫酸-方解石阶段(Ⅲ):该阶段矿化微弱,多呈小脉或浸染状叠加在第Ⅱ阶段中。矿物组合为自然铋+方铅矿+银金矿+银黝铜矿+硫酸+方解石。

2.4 流体包裹体特征

从亢马矿区采集 8 件不同矿化阶段的矿石样品作流体包裹体研究。显微测温实验在宜昌地质矿产研究所岩矿测试室的 Linkam THMSG600 冷热台上进行,测定精度在 $-140 \sim +31^\circ\text{C}$ 温度区间为 $\pm 0.1^\circ\text{C}$,在 $100 \sim 600^\circ\text{C}$ 为 $\pm 5^\circ\text{C}$ 。

显微镜下观察到与成矿有关的石英及方解石中均发育有大量流体包裹体,这些包裹体形态较规则,多为负晶形、长方形及多边形等,大小为 $4 \sim 40\mu\text{m}$,呈小群状集中分布或以单个包裹体随机分布,单个包裹体均不穿过寄主矿物颗粒边界,属原生或假次生包裹体。包裹体类型主要有 $\text{H}_2\text{O}-\text{CO}_2$ 型和 $\text{H}_2\text{O}-\text{NaCl}$ 型,包裹体的显微测温结果见表 1。

$\text{H}_2\text{O}-\text{CO}_2$ 型包裹体主要出现在

Ⅰ和Ⅱ矿化阶段,多由 $\text{L}_{\text{H}_2\text{O}} + \text{L}_{\text{CO}_2} + \text{V}_{\text{CO}_2}$ 三相组成,气相组分占包裹体体积的 $20\% \sim 70\%$,初熔温度为 $-56.8 \sim -58.5^\circ\text{C}$, CO_2 部分均一温度为 $25.5 \sim 29.5^\circ\text{C}$,以均一到气相 CO_2 为主。该类包裹体的盐度(NaCl_{eq})为 $0.60\% \sim 11.7\%$,主要集中于 $2.6\% \sim 9.4\%$ 。Ⅲ矿化阶段主要为两相 $\text{H}_2\text{O}-\text{NaCl}$ 型包裹体,由 $\text{L}_{\text{H}_2\text{O}} + \text{V}_{\text{H}_2\text{O}}$ 组成,气相组分占包裹体体积的 $10\% \sim 40\%$,初熔温度为 -20.8°C ,盐度(NaCl_{eq})为 $3.1\% \sim 6.7\%$ 。Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ阶段的完全均一温度分别为 $300 \sim 350^\circ\text{C}$ 、 $210 \sim 280^\circ\text{C}$ 、 $145 \sim 175^\circ\text{C}$ 。

3 Rb-Sr 测年样品的采集、制备、分析方法与结果

本次用于 Rb-Sr 测年的 6 个样品均采自亢马矿区 200m 中段 1 号主矿体内的一组呈左列产出含锡石硫化物石英脉(图 3)。单脉宽 $1 \sim 20\text{cm}$ 、长 $0.3 \sim 30\text{m}$ 。石英脉中的矿物组合为石英、锡石、磁黄铁矿、闪锌矿、黄铁矿和黄铜矿等,硫化物含量 $2\% \sim 5\%$,属上述第Ⅱ矿化阶段产物。

样品加工过程为:①将样品破碎至 $40 \sim 60$ 目,在双目镜下挑纯石英至 99% ;②将选纯的石英单矿物用 6mol/L 超纯盐酸加热清洗,再用 6mol/L 超纯

表 1 亢马矿区包裹体参数

Table 1 Parameters of inclusions from Kangma deposit

样品编号	包裹体类型	成矿阶段	$t_m(^{\circ}\text{C})$	$t_{h,\text{CO}_2}(^{\circ}\text{C})$	$t_{\text{mcl}}(^{\circ}\text{C})$	$t_f(^{\circ}\text{C})$	$t_{h,\text{total}}(^{\circ}\text{C})$	盐度($\text{NaCl}_{\text{eq}}, \%$)
Km-1	$\text{H}_2\text{O}-\text{CO}_2$ 型	Ⅰ	-56.8	27.5	9.7		$300 \sim 320$	0.6
Km-1	$\text{H}_2\text{O}-\text{CO}_2$ 型	Ⅰ	-56.8	29.5	8.7		$320 \sim 345$	2.6
Km-2	$\text{H}_2\text{O}-\text{CO}_2$ 型	Ⅰ	-57.0	28.0	7.0		$325 \sim 350$	5.8
Km-2	$\text{H}_2\text{O}-\text{NaCl}$ 型	Ⅰ	-20.8			-3.5	$310 \sim 340$	5.7
Km-3	$\text{H}_2\text{O}-\text{CO}_2$ 型	Ⅱ	-57.0	25.5	7.6		$215 \sim 285$	4.7
Km-3	$\text{H}_2\text{O}-\text{NaCl}$ 型	Ⅱ	-20.8			-1.9	$230 \sim 280$	3.2
Km-4	$\text{H}_2\text{O}-\text{CO}_2$ 型	Ⅱ	-56.8	28.7	3.2		$265 \sim 280$	11.7
Km-4	$\text{H}_2\text{O}-\text{CO}_2$ 型	Ⅱ	-56.8	29.3	3.5		$245 \sim 274$	11.3
Km-4	$\text{H}_2\text{O}-\text{NaCl}$ 型	Ⅱ	-20.8			-2.9	$238 \sim 265$	4.8
Km-5	$\text{H}_2\text{O}-\text{CO}_2$ 型	Ⅱ	-58.1	27.4	8.7		$265 \sim 280$	2.6
Km-5	$\text{H}_2\text{O}-\text{NaCl}$ 型	Ⅱ	-20.8			-3.8	$228 \sim 255$	6.2
Km-6	$\text{H}_2\text{O}-\text{CO}_2$ 型	Ⅱ	-57.0	26.5	7.5		$210 \sim 265$	4.9
Km-6	$\text{H}_2\text{O}-\text{CO}_2$ 型	Ⅱ	-57.0	26.0	8.8		$210 \sim 248$	2.42
Km-6	$\text{H}_2\text{O}-\text{CO}_2$ 型	Ⅱ	-58.5	25.5	4.8		$235 \sim 275$	9.4
Km-6	$\text{H}_2\text{O}-\text{NaCl}$ 型	Ⅱ	-20.8			-4.2	$256 \sim 280$	6.7
Km-7	$\text{H}_2\text{O}-\text{NaCl}$ 型	Ⅲ	-20.8			-2.1	$145 \sim 175$	3.6
Km-7	$\text{H}_2\text{O}-\text{NaCl}$ 型	Ⅲ	-20.8			-2.8	$148 \sim 164$	4.6
Km-7	$\text{H}_2\text{O}-\text{NaCl}$ 型	Ⅲ	-20.8			-2.6	$152 \sim 175$	4.3
Km-8	$\text{H}_2\text{O}-\text{NaCl}$ 型	Ⅲ	-20.8			-1.8	$145 \sim 175$	3.1

注: t_m —初熔温度; t_{h,CO_2} — CO_2 部分均一温度; t_{mcl} —笼形水合物熔化温度; t_f 冰点温度; $t_{h,\text{total}}$ —完全均一温度。

硝酸加热清洗,最后用超纯水清洗至中性,烘干;③将清洗后的样品放入烘箱内,在 120~180℃爆裂,去除次生包裹体;④用超纯水在超声波机内清洗 3~5 遍,烘干备用。

称取 0.1~1g 处理好的石英样品,置于聚四氟乙烯封闭容器中,加入适量的⁸⁷Rb、⁸⁴Sr混合稀释剂,用 HF+HClO₄ 在微波炉中分解样品并使其完全转化成过氯酸盐,采用阳离子交换法分离 Rb 和 Sr。Rb、Sr 同位素分析在中国地质调查局宜昌地质矿产研究所 MAT-261 可调多接收质谱仪上进行。分析过程中采用国际标准样品 NBS-987 监控仪器工作状态,用国家一级标准物质 GBW-04411 监控分析流程。上述标准物质的测定值分别为:NBS-987:⁸⁷Sr/⁸⁶Sr = 0.71034 ± 0.00026;GBW-04411:Rb = 249.47 ± 1.04 × 10⁻⁶,Sr = 158.92 ± 0.70 × 10⁻⁶; ⁸⁷Sr/⁸⁶Sr = 0.75999 ± 0.0002; ⁸⁷Rb/⁸⁶Sr、⁸⁷Sr/⁸⁶Sr 的测定精度分别好于 2% 和 0.02%。全部操作均在净化实验室内进行;与样品同时测定的全流程空白分别为 Rb:0.5 × 10⁻⁹、Sr:0.6 × 10⁻⁹。

6 个样品的 Rb、Sr 同位素分析结果见表 2。

表 2 亢马矿床 Rb-Sr 同位素组成

Table 2 Rb-Sr isotopic components of the Kangma ore deposit

序号	样品编号	矿物	Rb (×10 ⁻⁶)	Sr (×10 ⁻⁶)	⁸⁷ Rb/ ⁸⁶ Sr	⁸⁷ Sr/ ⁸⁶ Sr ± 2σ	t(Ma)
1	亢马-1	石英	0.4266	1.475	0.8341	0.71128 ± 0.00002	94.1 ± 2.7
2	亢马-2	石英	1.1490	1.516	2.1860	0.71312 ± 0.00003	
3	亢马-3	石英	0.4080	1.508	0.7806	0.71120 ± 0.00007	
4	亢马-4	石英	1.0800	0.526	5.9250	0.71812 ± 0.00010	
5	亢马-5	石英	1.1920	1.970	1.7460	0.71243 ± 0.00005	
6	亢马-6	石英	3.4840	2.206	4.5580	0.71619 ± 0.00003	

如表 2 所示,成矿流体 Rb 含量为 0.4080 × 10⁻⁶ ~ 3.4840 × 10⁻⁶,Sr 含量为 0.526 × 10⁻⁶ ~ 2.206 × 10⁻⁶,⁸⁷Rb/⁸⁶Sr 比值变化较大,在 0.7806 ~ 5.9250 之间,⁸⁷Sr/⁸⁶Sr 比值为 0.71120 ~ 0.71812。年龄的处理采用 Ludwig (1999) ISOPLOT 程序,λ = 1.42 × 10⁻¹¹ a⁻¹,⁸⁷Rb/⁸⁶Sr 及 ⁸⁷Sr/⁸⁶Sr 输入误差分别为 2% 和 0.02%,获得等时线年龄为 94.1 ± 2.7Ma (2σ) (MSWD = 0.37),⁸⁷Sr/⁸⁶Sr 初始比值为 0.71015 ± 0.00010 (表 2,图 5)。

4 问题讨论

由于石英矿物具有良好的机械强度、高的化学纯度、较好的热稳定性和后生变化微弱等特点,是

Rb-Sr 放射性年代学方法直接测定成矿作用时代的理想矿物(李华芹等,1993)。Rb、Sr 在石英矿物中主

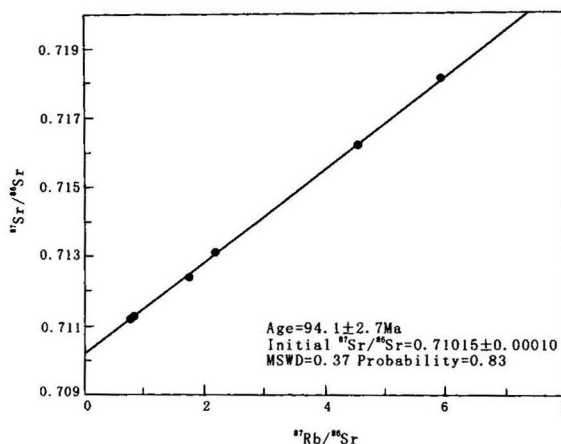


图 5 亢马矿床 Rb-Sr 等时线图

Fig. 5 Rb-Sr isochron of the Kangma ore deposit

要赋存于流体包裹体中(Norman et al., 1983; Rossman et al., 1987; Changkakoti et al., 1988; 李华芹等, 1993),本次研究样品均为第Ⅱ矿化阶段(主成矿阶段)形成的石英矿物,石英颗粒纯净,无解理、裂隙及波状消光现象,表明样品没有受到后期构造热事件的再改造,Rb、Sr 保持良好的封闭体系状态。在样品加工过程中首先将样品加热至 120~180℃爆裂,去除次生包裹体及晚阶段(Ⅲ)包裹体的影响。因此,所测试的 Rb、Sr 值基本代表了主成矿阶段原生流体包裹体中 Rb、Sr 的含量。此外,测试结果也表明所研究样品的⁸⁷Rb/⁸⁶Sr 值有足够大的变化范围(0.7806 ~ 5.9250),⁸⁷Rb/⁸⁶Sr 值的测量误差小于 Rb/Sr 值的最大变化范围。上述特征表明本次所研究的一组样品能够满足 Rb-Sr 同位素地质测年的基本条件,所测的年龄值可以代表亢马锡多金属矿的成矿年龄。

所获得的成矿年龄值 94.1 ± 2.7Ma 与矿田中部龙箱盖黑云母花岗岩成岩年龄 99~107 Ma 接近,成矿流体的⁸⁷Sr/⁸⁶Sr 初始比值为 0.71015,也接近于黑云母花岗岩⁸⁷Sr/⁸⁶Sr 初始值 0.7110,指示了亢马矿床的成矿与黑云母花岗岩具有明显的成生联系。亢马矿床成矿年龄与东带的铜坑—长坡矿床和龙头山矿床成矿年龄 91.4~95.37Ma (王登红等, 2004) 基本一致,代表了大厂矿田锡石硫化物成矿期的成矿作用年龄。成矿作用与岩浆活动的内在联系很好地解释了区内矿化围绕龙箱盖岩体的分带现象,也为今后找矿过程中应充分考虑岩体因素及矿

化空间分带的特点提供了科学依据。

5 结论

充马锡多金属矿床为后生充填-交代型矿床,成矿作用受晚期伸展体制作用下的构造组合所控制,成矿时代为 94.1 ± 2.7 Ma,属燕山晚期,成矿作用与区内的龙箱盖黑云母花岗岩有关。充马矿床地质特征及成矿时代进一步说明了大厂矿田锡多金属成矿属后生充填-交代成矿,成矿时代属燕山晚期,成矿作用与区内燕山晚期岩浆活动有关,这一认识将对区内的成矿预测具有实际的指导意义。

参考文献

- 蔡宏渊,张国林. 1983. 试论广西大厂锡多金属矿床海底火山热泉(喷气)成矿作用. 矿产地质研究院学报, 1(4): 13~21.
- 蔡明海,梁婷,吴德成. 2004. 广西丹池成矿带构造特征及其控矿作用. 地质与勘探, (6): 5~10.
- 陈洪德,曾允孚,李效全. 1989. 丹池晚古生代盆地的沉积和构造演化. 沉积学报, 7(4): 85~96.
- 陈毓川. 1964. 一个锡石多金属矿带中闪锌矿的成矿期与成矿特征. 地质论评, 22(2): 111~128.
- 陈毓川. 1965. 广西某矿带矿床原生带状分布. 地质论评, 23(1): 29~41.
- 陈毓川,黄民智,徐钰,艾永德,李详明,唐绍华,孟令库. 1985. 大厂锡石-硫化物多金属矿带地质特征及成矿系列. 地质学报, 59(3): 228~240.
- 陈毓川,黄民智,徐钰,胡云中,唐绍华,李荫清,孟令库. 1993. 大厂锡矿地质. 北京: 地质出版社, 69~340.
- 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. 北京: 地质出版社, 65~157.
- 雷良齐. 1986. 大厂长坡锡多金属矿床成因刍议. 矿床地质, 5(3): 87~96.
- 李华芹,刘家齐,魏琳. 1993. 热液矿床流体包裹体年代学研究及其地质应用. 北京: 地质出版社, 1~27.
- 梁珍庭,苏登岸. 1985. 广西大厂锡矿田成矿模式. 广西地质, 2(1): 1~11.
- 李璞,戴樟漠,邱纯一. 1963. 内蒙和南岭地区某些地区伟晶岩和花岗岩的钾-氩法绝对年龄测定. 地质科学, (1): 1~9.
- 李锡林,章振根. 1981. 大厂矿田分散元素的分布特征及地球化学. 地质与勘探, (7): 19~25.
- 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. 北京: 地质出版社, 31~132.
- 王登红,陈毓川,陈文,桑海清,李华芹,路远发,陈开礼,林枝茂. 2004. 广西南丹大厂超大型锡多金属矿床的成矿时代. 地质学报, 78(1): 132~138.
- 徐文炘,伍勤生. 1986. 大厂锡多金属矿田同位素地球化学初步研究. 地质矿产研究院学报, (2): 31~41.
- 徐钰. 1988. 广西丹池地区矿田构造. 北京: 地质出版社.
- 叶绪孙. 1985. 大厂锡多金属矿田成矿规律与成矿预测. 地质与勘探, (5): 1~7.
- 姚意莎. 2002. 广西大厂充马矿区金银分布特征研究. 矿产与地质, 16(4): 217~219.
- 章振根,李锡林,陈国玺. 1976. 广西某矿田磁黄铁矿的研究及其区别特征. 地球化学, (1): 54~63.
- 张平. 1983. 长坡锡矿床成矿规律与隐伏矿体的找矿勘探. 地质与勘探, (3): 30~34.
- 赵葵东,蒋少涌,肖红权,倪培. 2002. 大厂锡-多金属成矿流体来源的 He 同位素证据. 科学通报, 47(8): 632~635.

References

- Cai H Y, Zhang G L. 1983. On submarine volcanism hot spring (exhalative) mineralization of the Dachang tin-polymetallic deposit in Guangxi. Bulletin of Institute of Mineral Resources and Geology, 1(4): 13~21 (in Chinese).
- Cai M H, Liang T, Wu D C. 2004. Structural feature and its control of mineralization of the Nandan—Hechi metallogenic belt in Guangxi Province. Geology and Exploration, (6): 5~10 (in Chinese).
- Changkakoti A, Gray J. 1988. Determination of radiogenic isotope (Rb/Sr, Sm/Nd and Pb/Pb) in fluid inclusion water; an example from the Bluebell Pb-Zn deposit, British Columbia, Canada. Geochimica et Cosmochimica Acta, 52: 1961~1967.
- Chen H D, Zeng Y F, Li X Q. 1989. Evolution of the sedimentation and tectonics of Late Paleozoic Nandan—Hechi basin. Acta Sedimentologica Sinica, 7(4): 85~96 (in Chinese with English abstract).
- Chen Y C. 1964. Age and characteristics of the sphalerite in a cassiterite-bearing polymetallic belt. Geological Review, 22(2): 111~128 (in Chinese).
- Chen Y C. 1965. Hypogene zoning of a certain ore belt of Guangxi. Geological Review, 23(1): 29~41 (in Chinese).
- Chen Y C, Huang M Z, Xu J, Ai Y D, Li X M, Tang S H, Meng L K. 1985. Geological features and metallogenetic series of the Dachang cassiterite-polymetallic belt. Acta Geological Sinica, (3): 228~240 (in Chinese with English abstract).
- Chen Y C, Huang M Z, Xu J, Hu Y Z, Tang S H, Li Y Q, Meng L K. 1993. Tin Deposits of Dachang. Beijing: Geological Publishing House (in Chinese with English abstract).
- Fu M, Changkakoti A, Krouse H R, et al. 1991. An oxygen, hydrogen, sulfur, and carbon isotope study of carbonate-replacement (skarn) tin deposit of the Dachang tin field, China. Economic Geology, 86: 1683~1703.
- Han F, Zhao R S, Shen J Z, Hutchinson R W, Jiang S Y, Chen H D. 1997. Geology and Origin of Ores in the Dachang Tin-Polymetallic Ore Field. Beijing: Geological Publishing House, 65~157 (in Chinese with English abstract).
- Lei L Q. 1986. Preliminary discussion of genesis of the Dachang Changpo tin-polymetallic deposit. Mineral deposits, 5(3): 87~96 (in Chinese).
- Li H Q, Liu J Q, Wei L. 1993. Study on Chronology of Hydrothermal Ore Fluid Inclusions and Geological Application. Beijing: Geological Publishing House, 1~27 (in Chinese).

- Liang Z T, Su D A. 1985. Minerogenic models of Dachang tin field, Guangxi. *Guangxi Geology*, 2(1):1~11(in Chinese).
- Li P, Dai T M, Qiu C Y. 1963. Absolute age of the pegmatites and granites of southern inner Mongolia and Nanling region by K-Ar determinations. *Scientia Geologica Sinica*, (1): 1 ~ 9 (in Chinese).
- Ludwig K R. 1999. Using isoplot/EX, version 2, a Geochronological toolkit for Microsoft excel. Berkeley Geochronological Center Special Publication. 1a, 47.
- Norman D Z, Lands G P. 1983. Source of mineralizing components in hydrothermal ore fluids as evidenced by $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ and stable isotope data from the Pasto Bueno deposit, Peru. *Econ. Geol.*, 78:451~456.
- Qin D X, Hong T, Tian Y L, Chen J W. 2002. Ore Geology and Technical Economy of No. 92 Orebody of the Dachang Tin Deposit, Guangxi. Beijing: Geological Publishing House, 31 ~ 132 (in Chinese with English abstract).
- Rossmann G R, Weis D, Wasserburg G J. 1987. Rb Sr Nd Sm concentration in quartz. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 51: 2325~2329.
- Wang D H, Chen Y C, Chen W, Sang H Q, Li H Q, Lu Y H, Chen K L, Lin Z M. 2004. Dating the Dachang giant tin-polymetallic deposit in Nandan, Guangxi. *Acta Geologica Sinica*, 78(1):132 ~138(in Chinese with English abstract).
- Xu W X, Wu Q S. 1986. Preliminary study on isotopic geochemistry of Dachang cassiterite-polymetallic ore field. *Acta of Institute of Mineral Resources and Geology*, (2): 31~41(in Chinese).
- Xu J. 1988. Ore-field structure in Nandan-Hechi area of Guangxi. Beijing: Geological Publishing House (in Chinese with English abstract).
- Ye X S. 1985. Metallogeny of the Dachang tin-polymetal field and prospecting. *Geology and Exploration*, (5): 1~7(in Chinese).
- Yao Y S. 2002. Study of the characteristics of gold and silver distribution in the Kangma ore deposit of the Dachang ore field, Guangxi Province. *Mineral Resources and Geology*, 16(4): 217 ~219(in Chinese with English abstract).
- Zhang Z G, Li X L, Chen G X. 1976. A study of hexagonal and monoclinic pyrrhotites and their distinctive characteristics, a certain mining district, Guangxi. *Geochimica*, (1): 54~63(in Chinese).
- Zhao K D, Jiang S Y, Xiao H Q, Ni P. 2002. Helium isotopic evidence of metallogenic fluids of the Dachang tin-polymetallic deposit. *Chinese Science Bulletin*, 47(8):632~635(in Chinese).
- Zhang P. 1983. Metallogeny of the Changpo tin deposit and exploration for sub-buried orebody. *Geology and Exploration*, (3):30~34(in Chinese).

Geological Characteristics and Ore-forming Time of the Kangma Deposit in the Dachang Tin-Polymetallic Ore Field, Guangxi

CAI Minghai^{1,2)}, LIANG Ting³⁾, WU Decheng²⁾

1) *Yichang Institute of Geology and Mineral, Chinese Geological Survey, Yichang, Hubei*, 443003

2) *Liuzhou Huaxi Co. Ltd., Liuzhou, Guangxi*, 545006

3) *Department of Geology and Mineral Resources, Chang'an University, Xi'an Shaanxi*, 710054

Abstract

The Kangma deposit, located in the eastern metallogenic belt of the Dachang ore field, is a medium scale tin-polymetallic deposit. As so far, geological studies on the Kangma deposit are very poor. It is discovered by researches on the geological characteristics in this paper that the mineralization of the Kangma deposit is controlled by structure, the orebodies occur in veins, the mineralization is formed by filling and replacement of fluid along faults, has obvious epigenetic mineralization characteristics. The mineralization of the Kangma deposit can be divided into three stages, and the total homogenization temperatures is 300~350°C, 210~280°C, 145~175°C respectively. The Rb-Sr isochron dating of fluid inclusions of quartz is 94.1 ± 2.7 Ma (2 σ), which indicates the ore-forming time of the Kangma deposit is late Yanshanian. The initial $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ of ore fluid is 0.71015, which is close to the value 0.7110 of the Longxianggai granite, and this also indicates that the mineralization of the Kangma deposit is probably related to magmatic activity.

Key words: Dachang tin-polymetallic ore field; Kangma deposit; deposit geological characteristics; mineralization; mineralization time