

湖南省桃江—城步断裂带北东段铋矿 成矿规律及找矿模型

朱景文 陈强春 王高道

湖南省地勘局418队, 娄底, 417000

内容提要 桃江—城步断裂带是湘中“拗拉槽”中主要复活断裂之一, 由于多期复活, 因此具有规模大、切割深、控岩控矿明显的特点, 为湘中地区重要的控矿断裂带。北东段即指南西自安化廖家坪, 北东至桃江板溪的走向长度约40 km的地段, 该段主要切割了雪峰期及加里东期两个构造层, 并有中—大型规模脉状铋矿产出, 而正是这些脉状铋矿逐渐改变湘中铋矿储量的比例, 通过对该铋矿类型、特征、控矿构造组合型式、铋矿成矿规律、成矿—找矿模型的研究, 提出了新的认识, 并根据所建模型预测了大福坪铋矿和廖家坪金矿, 经验证分别达到了中型及大型规模。

关键词 桃江—城步断裂带北东段 铋矿成矿规律 找矿模型 板溪式 廖家坪式

1 区域成矿地质背景

研究区跨扬子准地台和华南褶皱系, 属江南台隆和赣湘桂粤加里东褶皱带两个二级构造单元(任纪舜等, 1990)。褶皱及断裂构造均较发育, 褶皱轴向多为北东东—东西向, 断裂走向以北东、北北东向为主。

区内出露地层有新元古界板溪群五强溪组、震旦系、下古生界及少量上古生界。沉积建造以细碎屑岩建造为主, 含炭泥质碳酸盐岩建造次之。

区内岩浆岩出露有杂岩基及岩株, 以三叠纪—侏罗纪花岗岩为主。另外常见与上述时代相应的规模较小的中酸性岩脉。

研究区内以钨、铋、金等内生金属矿产最为重要。史明魁等(1993)研究了邻近的湘中铋矿, 罗献林(1994)和范启灏(1995)分别研究了研究区的板溪铋矿。

1.1 铋矿赋矿层位及特征

(1) 主要赋矿层位地质特征: ① 新元古界板溪群五强溪组(Pt_3bnw), 岩性为石英砂岩夹粉砂岩、凝灰质板岩、绢云母板岩、砂质板岩、变沉凝灰岩等, 厚481~1130 m, 或可更厚, 为铋矿主要赋矿层位。② 中—下寒武统(ϵ_{1-2}), 下统小烟溪组(ϵ_{1x})为黑色薄层硅质岩夹砂质板岩或互层及碳质板岩夹硅质

板岩和灰岩透镜体, 厚180~250 m; 中统探溪组(ϵ_{2t})主要为泥、粉晶灰岩、泥质灰岩, 夹碳质板岩及板岩、含钙质板岩、泥质灰岩、泥质灰岩夹碳质板岩, 厚118~264 m。铋矿主要赋存在中、下统的接触部位, 对岩性的选择不甚严格。③ 其他层位如下震旦统湘锰组下段的长英质砂岩、下奥陶统板状页岩也见有含铋石英脉充填。

(2) 不同时代地层的铋平均含量: 区内各时代地层铋平均含量一般为 $0.8 \times 10^{-6} \sim 2 \times 10^{-6}$, 均超过地壳丰度, 以寒武系及新元古界板溪群含量最高, 平均达 20.4×10^{-6} 及 2.3×10^{-6} , 为克拉克值的102倍和11倍, 地层铋元素的含量变化与铋矿床的主要赋矿层位相一致。

1.2 构造及其与铋矿的关系

1.2.1 构造基本特征

研究区处于雪峰弧形构造带由北东向转成东西向, 与北西向沅山隆起的复合部位, 桃江—城步北东向断裂斜切安化—浏阳东西向构造带, 构造极为复杂。

区内最早的雪峰运动, 表现为新元古界震旦系江口组与板溪群五强溪组呈假整合接触; 加里东造山运动则使下古生界强烈褶皱隆起; 海西运动不明显, 强烈的印支、燕山运动以强烈褶皱和断裂为特征, 并伴随有大规模的岩浆侵入。在长期多次不同构

注: 本文为原地质矿产部定向研究基金项目(编号(地)直科定—9303)的成果。

收稿日期: 2000-04-23; 改回日期: 2001-10-10; 责任编辑: 章雨旭。

作者简介: 朱景文, 男, 1963年生。工程师, 毕业于湖南地校矿产普查专业。从事铋、金矿产研究多年。通讯地址: 417000, 湖南娄底湖南省地勘局418队; 电话: 0738—8315102。

造运动的作用下,形成了研究区以北东向断裂和北东—近东西向复式褶皱为主体的主要成矿构造组合型式(图1)。

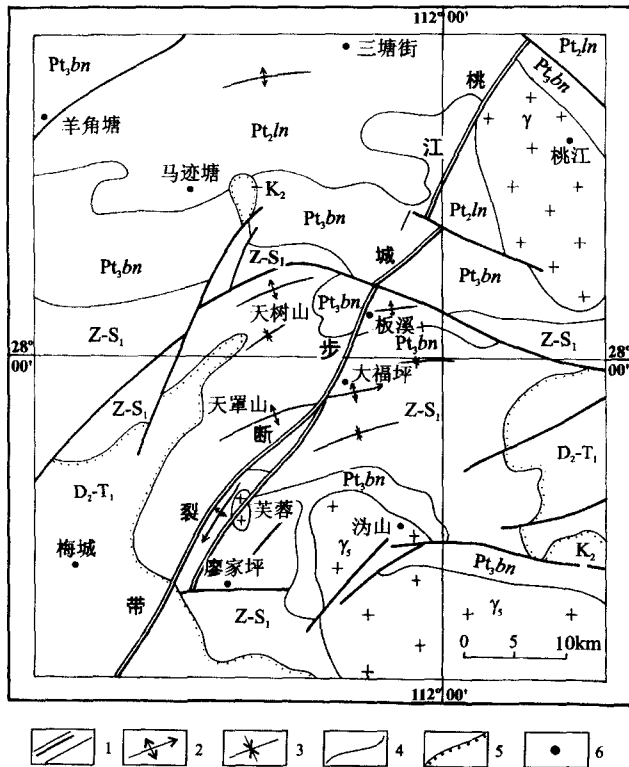


图1 桃江—城步断裂带北东段区域构造略图

Fig. 1 Regional structural sketch of northeastern section of the Taojiang—Chengbu fracture zone

K₂—上白垩统; D₂—T₁—中泥盆统—下三叠统; Z—S₁—震旦系—下志留统; Pt₃bn—新元古界板溪群; Pt₂ln—中元古界冷水溪群; γ₅—印支期—燕山期花岗岩; γ₃—加里东期花岗岩; 1—断裂; 2—背斜及倾向方向; 3—向斜; 4—地质界线; 5—不整合界线; 6—锑矿床(点)

K₂—Upper Cretaceous; D₂—T₁—Middle Devonian—Lower Triassic; Z—S₁—Sinian—Lower Silurian; Pt₃bn—Neoproterozoic Banxi Group; Pt₂ln—Mesoproterozoic Lengjiaxi Group; γ₅—Indosinian—Yanshanian granite; γ₃—Caledonian granite; 1—fault; 2—anticline and direction of plunge; 3—syncline; 4—geological boundary line; 5—unconformity; 6—antimony deposits (occurrences)

1.2.2 桃江—城步断裂带地质特征及其控矿作用

饶家荣(1995)曾对桃江—城步北东向基底断裂带作专题研究。该断裂带在湖南境内分布长度达350 km,总体走向北东30°,倾向北西,倾角40°~90°,局部倾向南东。总体表现为西侧下降,形成一些较为紧闭的次级褶皱和压性断裂;东侧上升,次级构造主要表现为宽缓褶皱和张扭性断裂及穹状隆起而较有利于成矿。断裂带地表形迹时隐时现,活动强烈地段如

板溪—廖家坪段岩石破碎,构造透镜体及构造劈理、构造角砾岩、糜棱岩均较发育,断裂破碎带宽度达20~120 m,硅化、碳酸盐化及黄铁矿化等蚀变现象常见。从分支构造分析,该断裂具顺、反多次扭动的特点,最大水平断距达4 km;从变形强度分析,具走滑脆—韧性剪切带的特征。桃江—城步断裂带的控矿作用,表现在由于活动时间长和切割深度大,所形成的厚大破碎带能够作为一地下“热流库(房)”,既可供应热流体又可起到区域性的导矿作用。同时由于所处构造位置不同而所控矿种和矿床产出类型也有所不同。在拗陷区,主要形成似层状的黄铁矿、铅—锌、锑、金矿床;而在隆起区主要形成脉状充填型钨、锑、金矿床。

1.2.3 研究区主要控矿构造型式

(1) 北东向断裂带与其配套构造控制了区内锑(金)矿田的分布:由于基底断裂规模大、活动时间长,切割了多个矿源层,能将富含矿质的热液运移汇集到适合的环境下成矿,而与其配套的北西向或东西向构造线所围限的上升地块成为应力集中和能量释放的场所而有利于成矿,区内的主要锑矿田如板溪锑矿田,即位于北东向的桃江—城步断裂与北西向的常德—安仁断裂和清塘东西向断裂所围限的上升地块中(图2)。

(2) 背斜轴部及倾伏端控制了矿床的空间产出位置:背斜轴部及倾伏端由于应力集中,易形成各种张性节理及断裂,这些裂隙都是矿液运移、沉淀的良好场所。当导矿断裂切割背斜时,矿液易贯入这些裂隙中成矿。锑矿床的共同特点就是受背斜构造控制,矿脉(体)均产于背斜中,如板溪矿床受蒋家冲背斜控制,廖家坪金矿脉(体)均产于芙蓉复背斜南西倾伏端的次级背斜中。

(3) “人字形”构造组合控制了矿脉的分布:表现为不同类型、不同方向、不同时期构造的联合控矿作用。这些构造呈“人字形”的交汇部位,构造面交错重叠,劈理、角砾十分发育,有利于成矿物质的交代、沉淀;特别是交汇的锐角区,由于剪切作用常形成逆掩屏蔽构造面,对成矿最为有利。板溪、大福坪锑矿脉(体)均产于与导矿断裂呈“入字型”相交的断裂中。

(4) 构造劈理带及增殖裂隙带控矿:构造劈理带有良好的渗透功能,有利于矿液运移和萃取成矿元素,而成矿期的增殖裂隙则为矿质的沉淀储存提供了有利的空间。如廖家坪金矿的构造劈理带控制了金矿化带的分布,但工业矿体则受增殖裂隙控

制。

1.2.4 研究区控矿构造组合特征

控矿构造不会是单一的构造型式，而是表现为一组构造的联合控制，且矿床(体)的规模往往取决于被组合的构造规模和性质。雪峰构造层由于赋矿围岩的均一性较好，其控矿构造往往具压—张—压(扭)的特点，不但延深大，而且屏蔽作用明显，隐伏矿体常见；加里东构造层赋矿围岩均一性较差，控矿断裂多为背斜轴部的张性裂隙，因此往往缺乏屏蔽层。但不论何种控矿型式都必须有一规模较大的断裂与区域性导矿断裂相沟通，使储矿空间与导矿构造形成一热液循环系统，我们把这种次级的既导矿又储矿的断裂称为含矿长断裂，如板溪矿区的2号脉断裂、大福坪矿区的3号脉断裂、廖家坪矿区的F4，均可称为含矿长断裂。但含矿长断裂虽有矿化却不一定储矿，储矿必须有相对圈闭条件较好，由构造作用产生的空间，如背斜的虚脱部位、断裂构造的产状变化处和羽状裂隙发育地段，我们称之为含矿扩容段。通过对研究区各控矿构造型式的研究可概括为：区域性导矿断裂 → 含矿长断裂 → 含矿扩容段 →

成矿后保护构造的联合控矿型式。当然，这种组合型式可因矿区所处构造位置和成矿作用的不同而有所变化。

1.2.5 研究区断裂构造地球化学特征

根据对区内不同方向断裂破碎带的研究^①大致有如下特征：北东向组元素组合为 Pb、V、Zn、Mo、Ag、Cr 及 Ni、Sb、W、Cu、As 等，Sb 平均含量为 28×10^{-6} ，W 为 20×10^{-6} ，As 为 171×10^{-6} ；北北东向组主要元素组合为 V、Zn、Ag、Sb、Mo、Bi、W、Sr、As、Ba 等，Sb 平均含量为 91×10^{-6} ，W 100×10^{-6} ，As 147×10^{-6} ；东西向组主要元素组合为 Mn、Sb、Bi、W、As、Li 等，Sb 平均含量为 85×10^{-6} ，W 233×10^{-6} ；As 354×10^{-6} ；北西向组元素组合为 As、Sb、Cu、Pb、Zn、W、Mo 等，Sb 平均含量为 94×10^{-6} ，W 3.4×10^{-6} ，As 99×10^{-6} 。

从上述统计资料看，研究区各组断裂带中微量元素含量绝大多数都高于围岩，有向断裂带富集的趋势。主要成矿元素 Sb、W 平均含量高出于围岩几十至几百倍，且沿断裂走向变化很大，变异系数一般都在 1.3 以上，分段富集的特点明显，其原因与围岩性质及断裂性质有很大的关系。

1.3 岩浆活动与锑矿化的关系

区内分布的火山复式岩体及芙蓉岩株均为花岗岩。形成于二叠纪至晚白垩世，以侏罗纪最发育，二叠纪只有零星残留体。主要岩石类型为黑(二)云母二长花岗岩、二云母花岗岩，次为花岗闪长岩、斜长花岗岩等。

各期次花岗岩中微量元素组合及含量相近，成矿元素 W 在三叠纪及侏罗纪含量较高，达 $21 \times 10^{-6} \sim 43 \times 10^{-6}$ ，Sb、Au 均未达检测下限^①，因此区内含钨石英脉主要分布在岩体的内外接触带，而锑、金矿化则远离岩体。

脉岩以花岗斑岩、花岗闪长斑岩、石英斑岩等为主，少量基性煌斑岩、辉绿玢岩等。脉岩与矿床空间关系密切，矿区内均可见到脉岩，尤其是廖家坪矿区常见脉岩与矿脉相伴产出，或为矿脉所切，燕山晚期早次脉岩常作为矿脉隔挡层一起遭受热液蚀变，其成矿元素 W、Sb、Au 平均含量分别达到 46.42×10^{-6} ， 541×10^{-6} ， 175.69×10^{-9} ，相关元素 As 达 8593×10^{-6} ，明显高于晚次脉岩和地层的平均含量，因此脉岩分布地段常可视为矿化异常区。

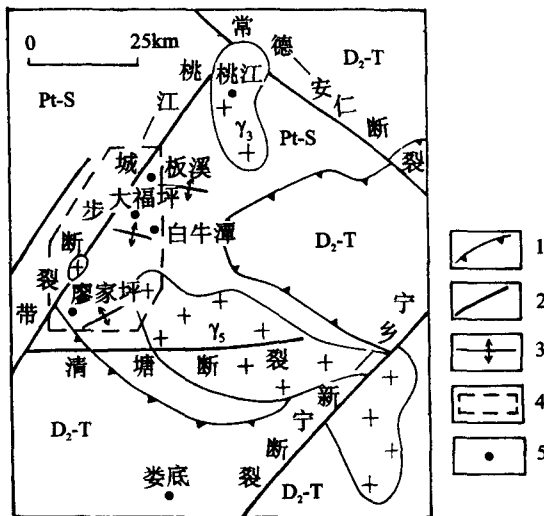


图2 矿床受挟持式上升地块控制

Fig. 2 Deposits being controlled by ascending massif of seizing

D₂-T—中泥盆统一三叠系；Pt-S—中元古界—志留系；γ₅—印支期—燕山期花岗岩；γ₃—加里东期花岗岩；1—加里东期穹窿；2—基底断裂；3—背斜；4—矿田范围；5—锑矿床(点)
D₂-T—Middle Devonian—Triassic；Pt-S—Mesoproterozoic—Silurian system；γ₅—Indosinian—Yanshanian granite；γ₃—Caledonian granite；1—dome of Caledonian；2—base-cutting fault；3—anticline；4—scope of the ore-field；5—antimony deposits (occurrences)

① 湖南省地质矿产局区域地质调查队。1984. 1:5万大福坪幅、巷子口幅区调报告。

1.4 物化探异常的分布及其特征

(1) 布格重力异常: 据湖南省区域重磁成果研究报告资料^①, 区内重磁异常表现为重力低异常, 场值变化范围 $-30 \times 10^{-5} \sim -70 \times 10^{-5} \text{ m/s}^2$ 。圈闭良好的重力低异常与沅山岩体的形态、展布方向一致, 且显示岩体向北西隐伏, 深部与芙蓉岩体相连。在桃江—城步断裂带则表现为梯度带的存在。

(2) 磁异常: 区内航磁值 $\Delta T -40 \sim +80 \text{ Y}$, 形成一些低强度、小规模的不规则异常, 主要分布在沅山、芙蓉岩体外接触带。从化极位移规律来看, 埋深较浅, 是典型的表层磁性体引起的磁场。据1:5万地磁校测, 其形成的地层因素大致可分为两类, 一是岩浆侵入引起围岩蚀变(角岩化、黄铁矿化、磁黄铁矿化、夕卡岩化), 使原岩中低价铁转变为高价铁, 且局部富集磁性增强所致; 另一类是中、基性岩脉, 其磁铁矿含量较高, 具弱磁性所致。因此前者不具找矿(锑)意义, 后者可作为间接标志。

(3) 土壤测量异常: 异常沿桃江—城步断裂带或围绕岩体分布, 其组合特点是与岩浆岩有关者, 形态简单规则, 主要由 W、Sn、Bi、Pb 等元素组成; 与沉积岩有关者则形态复杂, 主要由 Cu、Pb、Zn、Mo、Ag、As、Ba、V、Sb 等组成。以后者对锑、金的找矿意义较大, 其中2号(大福坪)、11号(廖家坪)组合异常已证实有矿床存在。

(4) 水系沉积物测量异常: Au、Sb、As 三元素均具明显的分带性和浓集中心, 套合性好, 其峰值出现地段大多数已发现了矿床(点)。区域上圈出了一个规模巨大的 Sb 异常, 研究区的绝大部分地段被异常覆盖, 异常与锑矿化关系密切。

2 研究区脉状锑矿成矿规律及成矿机理

2.1 矿床类型特征

研究区内已发现的锑矿床, 据史明魁等(1993), 应属 II B 亚类, 即碎屑岩中脉状锑矿床。

由于矿床产出位置不同, 其控矿构造、赋矿围岩等也有所不同, 因而矿脉的产出形态、规模、工业意义乃至评价方法均有较大差别, 故又进一步划分为“板溪式”和“廖家坪式”两个次亚类。“板溪式”代表相对稳定构造域的脉状锑矿床, 主要分布在雪峰构造层, 其特征是赋矿围岩岩性组合相对单一稳定, 控矿构造为平行褶皱轴面的压扭—张扭性断裂, 矿体呈板柱状, 走向长与斜深之比为1:3~1:5, 并向区域性导矿构造方向侧伏, 矿床规模中—大型。“廖家坪

式”则代表较活动的构造环境, 主要分布在加里东构造层, 其特点是赋矿围岩岩性不稳定, 控矿构造多为次级背斜轴部的纵张裂隙, 矿体规模小, 稳定性差, 走向长度与斜深之比为3:1~6:1, 矿脉含矿率0.3~0.5, 无“王牌脉”, 矿床规模为中—小型。

2.2 脉状锑矿成矿规律

(1) 层控性: 区内脉状锑矿分布层位较广, 但工业意义较大的矿脉主要分布在新元古界板溪群五强溪组第三岩性段第一层(Pt_3bnw^{3-1})、下寒武统小烟溪组第二岩性段(\in_1x^2)、中寒武统探溪组第一岩性段(\in_2t^1), 不但占有探明储量的95%以上, 而且层控特征明显。如板溪矿区2号“王牌”脉, 即赋存于 Pt_3bnw^{3-1} 的板岩、凝灰质板岩、变沉凝灰岩中。廖家坪、大福坪等矿区的主要工业矿体则主要赋存在 \in_1x^2 上部碳质板岩与 \in_2t^1 下部灰泥质岩的岩性段中, 均显示其层控特征。

(2) 多元性: 通过对典型矿床矿物共生组合、矿物包裹体、穿插关系及矿物测温等观察、研究, 锑矿化具多阶段、多期次的特点, 矿化延续时间长, 矿床的形成是成矿作用不断进行和成矿物质不断积累的结果。成矿温度 $290 \sim 130 \text{ }^\circ\text{C}$, 以中低温为主, 成矿阶段都在三次以上, 矿化期次一般在二次以上。多期次矿化形成的矿床规模大, 矿石质量好, 品位高, 而一次矿化形成的矿体规模小、矿化分散。

(3) 控矿构造的多元组合型式: 区域性桃江—城步深断裂是沟通深部成矿热液运移的通道, 是导矿构造, 其与东西向构造线交汇所形成的格架构造中的上升地块是锑矿的集中分布区。被区域性导矿构造所切割的背斜构造控制了矿床的定位, 在背斜核部发育的与区域性导矿断裂呈“入字型”相交的次级派生断裂裂隙和劈理化带是良好的储矿构造, 控制矿脉(体)的产出。

(4) 矿床矿物组合的分带性及成矿共(伴)生组合特征: 构造位置和赋矿地层的不同, 矿床的共(伴)生组合也有明显差异。北部板溪、大福坪矿区出露地层时代较老, 矿床基本为单一的锑矿化, 伴生金含量低, 价值不大。南部廖家坪矿区出露较新的地层, 矿床组合复杂且具明显的分带性。地层由新到老至岩体, 矿化由金矿化→锑矿化→锑、钨共生→钨矿化。

^① 谢湘雄等. 1989. 湖南省区域重磁成果研究报告. 湖南省地质学校航空物探分队.

2.3 成矿机理讨论

对脉状锑矿地质特征、控矿因素以及典型矿床的研究资料表明,区内的脉状锑矿床较为独特,它们的形成机理可概括为如图3所示。形成于拗拉槽环境的桃江—城步基底断裂带,自始至终推动着区内成矿作用的进行和发展。早阶段北东走向的桃江—城步基底断裂带于湘中腹地曾作为加里东期地槽的南东边界,控制着奥陶系、志留系的沉积,但由于构造运动的不均衡性,区内(北东段)这种控相作用并不显著,而是表现为强烈的褶、断作用,形成以东西向构造线为主体的基本格局,为脉状锑矿的形成准备了有利于热液循环的构造网络雏形。印支期—燕山期,桃江—城步断裂带再次强烈活动,研究区褶断作用进一步加剧,先期形成的东西向构造线被切割、改造形成若干诸如“人字型”、挟持式上升地块、剪切构造劈理化带等有利于成矿的次级构造型式,同时由于东盘急速上升,花岗岩浆乘虚侵位带来巨大的热

能,也由于东盘上升的“泵吸作用”及西盘下降的侧压作用,不断驱动着溶汇有丰富成矿元素的“混合型”地下水热液,循桃江—城步断裂带总渠道上升、循环。在循环、补充的过程中,不断从围岩中淋洗萃取成矿物质,多种成矿元素如 W、Sb、Au、As、Ag、Cu、Pb、Zn、Hg、S 等活化成为初始状态的成矿热水溶液。随着构造活动不断进行,当构造系统由封闭状态转入开启状态时,压力降低,各种势差产生,成矿元素按熵增原理进行再分配,成矿热液上升到适当部位沉淀成矿。如此不断演化,结果于雪峰构造层形成“板溪式”锑矿床,在加里东构造层则形成“廖家坪式”锑矿床和构造劈理化带中形成蚀变破碎带型金矿床。

3 矿床综合技术找矿模型

通过对区内产于不同构造层脉状锑矿的研究,从赋矿地层、控矿构造、岩浆活动、成矿规律、找矿标志的综合考察和综合对比,总结了普查—勘探过程中的找矿标志、物化探异常特征以及遥感影像在普查勘探过程中的综合应用和成效。进而建立研究区范围内产于不同构造层脉状锑矿床的综合技术找矿模型,并以此模型对研究区范围内进行找矿预测(表

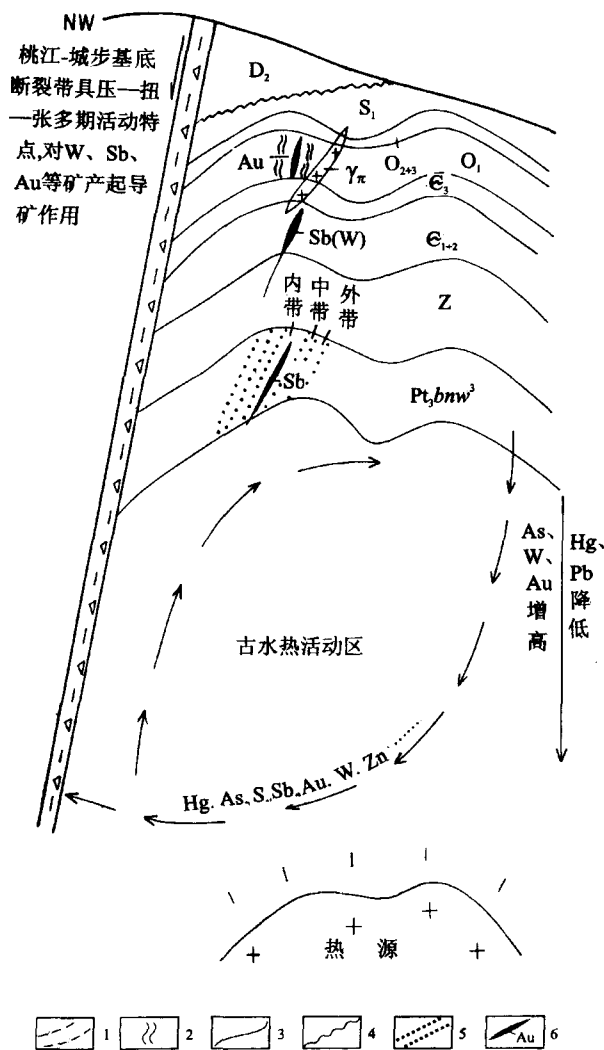


图3 桃江—城步断裂带北东段锑锡金矿床成矿—找矿模式图

Fig. 3 Metallogenic—prospecting model of W, Sb and Au deposits at northeastern section of Taojiang—Chengbu fault zone

D₂—中泥盆统; S₁—下志留统; O₂₊₃—中—上奥陶统; O₁—下奥陶统; C₃—上寒武统; C₁₊₂—下—中寒武统; Z—震旦系; Pt_{3bmw}³—板溪群五强溪组上段; γπ—花岗岩; 1—断层破碎带; 2—劈理化带; 3—地质界线; 4—不整合及假整合界线; 5—蚀变带界线; 6—矿体
D₂—Middle Devonian; S₁—Lower Silurian; O₂₊₃—Middle—Upper Ordovician; O₁—Lower Ordovician; C₃—Upper Cambrian; C₂₊₃—Lower—Middle Cambrian; Z—Sinian System; Pt_{3bmw}³—upper member of Wuqiangxi Formation, Banxi Group; γπ—granoporphyry; 1—fault fracture zone; 2—cleavage zone; 3—geological boundary line; 4—unconformity and disconformity; 5—alteration zone; 6—ore body

图3中内带、中带和外带特征

The characteristics of the inner, middle and outer zone in fig. 3

分带	带宽 (m)	蚀变特征	元素含量 (×10 ⁻⁶)	
			Sb	As
内带	0.5~3	强毒砂化,伴有硅化、黄铁矿化	>560	>320
中带	2~45	硅化、黄铁矿化增强,毒砂化减弱	140~560	80~320
外带	3~47	绿泥石化、碳酸盐化、绢云母化	35~140	20~80

1、表2)。

4 结论

本研究通过其对北东段锑矿床的控制作用的研究,对所控矿床的形成机理、地质特征、找矿标志有了初步的认识,现总结归纳如下:

(1) 区内已发现的锑矿床(点)均为脉状锑矿床,属于产出分类的 IIB 亚类,即碎屑岩中脉状矿床。“板溪式”锑矿为主要远景类型。

(2) 研究了区内基底断裂的主要表现形式及其运动规律,指出北东向基底断裂带为区内的主动构造,其上升盘不但次级构造发育,而且由于地块上升

表1 “板溪式”脉状锑矿床综合技术方法找矿模型

Table 1 Comprehensive technique prospect model on Banxi style of vein-type antimony deposit

标志分类		矿化信息	
地质标志	地层	新元古界板溪群五强溪组上段第一亚段,平均 Sb 含量达 23×10^{-6} 的互层状变沉凝灰岩—绢云母板岩—凝灰质板岩—板岩	
	岩浆岩	燕山期浅成、超浅成脉岩—花岗斑岩	
	控矿构造特征	F ₁ 为区域性基底断裂,位于上升盘次级背斜部位与其斜交并被改造的早期断裂为导储断裂,断层产状变化处、交切处、派生裂隙发育段为容矿构造	
	控矿构造组合型式	切穿盖层的区域性导矿断裂—斜接次级含矿长断裂—成矿扩容构造—成矿后保护构造	
	近矿围岩蚀变	种类: 毒砂化、黄铁矿化、硅化、绢云母化、绿泥石化、碳酸盐化 型式: 线型 分带: 自矿脉向外分内、中、外三带。内带: 毒砂化为主,伴有硅化、黄铁矿化、绢云母化,宽 0.5~3 m; 中带硅化、黄铁矿化,宽 2 m; 外带: 绿泥石化、碳酸盐化 地表: 退色带	
地球化学标志	水系沉积物异常	As, Sb, Au 异常重叠好, 浓集中心明显, 形状规则, 面积 5 km ² , Sb 峰值 $> 100 \times 10^{-6}$	
	原生晕	元素组合	As, Sb, Hg, Cu, Pb, Zn, W, Mo, Au
		异常元素	As, Sb
		成矿元素	Sb
		分带	轴向 Hg—Sb—(Cu, Pb, Zn)—(As, Mo, W) 横向浓度分带: 外带 As $20 \times 10^{-6} \sim 80 \times 10^{-6}$, Sb $35 \times 10^{-6} \sim 140 \times 10^{-6}$; 中带 As $80 \times 10^{-6} \sim 320 \times 10^{-6}$, Sb $140 \times 10^{-6} \sim 560 \times 10^{-6}$; 内带 As $> 320 \times 10^{-6}$, Sb $> 560 \times 10^{-6}$
		形态	平面: 狭长带状; 剖面: As 曲线双峰状, Sb 曲线单峰
找矿信息	Sb, As 异常内带复合长度 > 100 m 指示工业矿体, < 100 m 指示矿巢、矿包; 中带复合指示矿化; 外带复合或单独出现指示蚀变带或挤压带。垂向浓度分带 $(Hg \cdot Pb) / (As \cdot Sb) > 40$ 为矿前晕		

表2 “廖家坪式”脉状锑矿床综合技术方法找矿模型

Table 2 Comprehensive technique prospect model on Liaojiaping style of vein-type antimony deposit

标志分类	脉状锑矿矿化带	微细浸染型金矿化带
赋矿部位	Sb $> 10 \times 10^{-6}$ 的 $\epsilon_1 - \epsilon_2$ 含炭、硅、泥、钙质岩石, 炭、泥质为锑矿化, 硅质为钨矿化, 综合则锑钨共生	Au $> 5 \times 10^{-9}$ 的 O ₁ —S ₁ 含炭、泥、砂质岩中的劈理化带
岩浆岩	燕山晚期脉岩发育地段的早期次中酸性脉岩	
控矿构造	特征	导矿构造的上升盘旁侧及背斜倾伏端或挟持式上升地块的次级 NE、NW 向断裂破碎带
	组合型式	区域性导矿断裂—含矿长断裂—成矿扩容构造—成矿后圈闭构造
围岩蚀变	种类	硅化、黄铁矿化、碳酸盐化
	类型	线型
	分带	无明显分带
	地表	退色化, 可见钨、锑华
地球化学标志	水系沉积物异常	异常面积 > 40 km ² , 峰值 As 360×10^{-6} , Sb 680×10^{-6} , Au 74×10^{-9} , 套合性好。Au 平均含量 26.8×10^{-9} , 以 8.5×10^{-9} , 17×10^{-9} , 34×10^{-9} 分内、中、外三带, $10 \sim 25 \times 10^{-9}$ 见金矿化, 变异系数 > 1
	构造岩	断裂带平均含量: Sb 740×10^{-6} , W 4.51×10^{-6} , As 1687×10^{-6} , Au 74×10^{-9} , 变异系数 > 1 ; 早期脉岩: Sb 500×10^{-6} , W 1800×10^{-6} , As 4250×10^{-6} , Au 176×10^{-9} , 变异系数 > 1
其他	1:5万 TM 图像解译: 有密集环形影像的出现, 预示与深部的热源体有关的热事件(隐伏岩体、岩脉、硅化带、表露的蚀变带)	

的巨大“泵吸”作用,引起深部“古水热”循环体系的沟通和启动,成矿作用得以进行,因此主要工业矿床均产于基底断裂带上升盘的次级构造中。

(3) 断裂地球化学及地层地球化学研究表明,在构造变动中,成矿元素经再分配有向断裂带聚集的特点,指出这种成矿元素的趋向性集中,除与成矿期的增殖裂隙发育程度有关外,与断裂带通过的地层有关。

(4) 通过对区域岩浆活动及脉岩的研究认为,区内钨锑金矿化与脉岩的空间关系,并非必然的因果关系,脉岩侵位只是成矿过程中的某一热事件的发生,对矿床的形成只是起到局部改变围岩的物理性质或起到某种屏障而有利于成矿。提供物质来源之说尚待研究。

(5) 通过对区内不同类型脉状矿床的成矿—找矿模式(型)研究认为,行之有效的找矿方法应为地质+地球化学找矿。

参 考 文 献

罗献林. 1994. 湖南板溪锑矿床地球化学特征及找矿效果. 矿产与

地质, 8(1):169~177.

范启灏. 1995. 湖南板溪锑矿流体包裹体与矿液运移方向初步研究. 矿物学报, 5(1).

史明魁等. 1993. 湘中锑矿. 长沙:湖南科学技术出版社.

饶家荣. 1995. 桃江—城步壳下岩石圈碰撞断裂带及其地质意义. 见:乌家达主编. 湖南地学新进展. 长沙:湖南科学技术出版社.

任纪舜. 1990. 论中国南部的大地构造. 地质学报, (4):275~288.

References

Luo Xianlin. 1994. Geochemical characteristics and effect of looking for minerals on Banxi Sb deposit in Hunan. *Mineral Resources and Geology*, 8(1):169~177(in Chinese with English abstract).

Fan Qihao. 1995. Preliminary study of source liquid movement orientation and fluid inclusion on Banxi Sb deposit in Hunan. *Acta Mineralogica Sinica*, 5(1) (in Chinese with English abstract).

Shi Mingkui et al. 1993. Sb depsit in middle hunan. *Changsha: Hunan Sci. and Tech. Press*(in Chinese).

Rao Jiarong. 1995. Collisional fault zone of subcrustal lithospher along Taojiang—Chengbu and its geological significance. in: Wu Jiada, ed. *New Achievements of Hunan in earth science*. Changsha: Hunan Sci. and Tech. Press(in Chinese).

Ren Jishun. 1990. On Geotectonics of southern china. *Acta Geologica Sinica*, 64(4): 275~288(in Chinese with English abstract).

Metallogeny and Prospecting Model of Antimony Deposits at the Northeastern Section of the Taojiang—Chengbu Fault Zone in Hunan

ZHU Jingwen, CHEN Qiangchun, WANG Gaodao

No. 418 Brigade of Hunan Bureau of Geology and Mineral Resources Exploration and Development, Loudi, Hunan, 417000

Abstract

The Taojiang—Chengbu fault zone is one of the main reactivation faults in the “aulacogen” of Central Hunan. Owing to repeated reactivation, the fault zone is characterized by large scale, deep dissection and evident rock- and ore-controlling effect, and is the important ore-controlling fault zone in Central Hunan. The northeastern part of the fault zone refers to the section from Liaojiaping, Anhua in the southwest to Banxi, Taojiang in the northeast, totaling 40 km in length. The section mainly cuts two structural beds, the Xuefeng and Caledonian strata. There occur middle- and large-scale vein antimony ore deposits along the fault zone, which has increased the prepotion of antimony reserves of Central Hunan. New recognition is proposed in this paper based on the study of types and features of the deposits, association type of ore-controlling structures, metallogenic law and metallogenic-prospecting model of the antimony deposits. Based on the proposed model, the Dafuping antimony deposit and the Liaojiaping gold deposit were predicted and inferred to be a middle- and a large-scale deposit respectively.

Key words: northeastern section of the Taojiang—Chengbu fault zone; metallogeny of antimony deposit; prospecting model; Banxi style; Liaojiaping style