

桂北九万大山—元宝山地区锡多金属 矿床的地质特征和成矿系列

毛景文

(中国地质科学院矿床地质研究所)

内容提要: 本文从成矿系列角度出发, 讨论了桂北九万大山—元宝山地区锡多金属矿床的地质特征和控矿因素, 总结了矿化作用在时间上的递变规律和矿床、矿体及元素在空间上的分布特点, 并提出了该区的交代系列和交代建造, 探讨了锡多金属矿床与其外围贱金属矿床之间的联系, 最后建立了与雪峰期黑云母花岗岩有关的多金属矿床成矿系列的成矿模式。

主题词: 桂北九万大山—元宝山地区 锡多金属矿床 成矿系列 交代系列 矿化分带

桂北九万大山—元宝山地区是我国六十年代初新开发的锡、铜、铅、锌、镍、钴多金属成矿区。二十多年来, 地质工作者在该区进行了大量的矿产勘探和基础地质研究工作。“六五”期间, 中国地质科学院、广西地质矿产局和广西冶金勘探公司联合在此对锡多金属矿床进行了研究, 在区域地质、构造地质、岩石学、矿床学和地球化学等方面获得了许多珍贵的地质资料和有意义的成果。基于前人的研究, 结合作者近四年的工作, 兹将九万大山—元宝山地区的多金属矿床划分为三个成矿系列, 即与四堡期基性—超基性火山岩有关的镍、钴、铜成矿系列、雪峰期黑云母花岗岩有关的锡多金属成矿系列和加里东期锌、铜、铅成矿系列。本文重点对第二成矿系列作初步探讨。

一、地质特征简介

桂北九万大山—元宝山锡多金属成矿区位于黄汲清先生所称的扬子准地台江南地轴南缘, 长93km, 宽85km, 约7900km² (图1) 区内出露主要地层有四堡群变质砂岩、砂质板岩、干枚岩和云母片岩, 板溪群的变质粉砂岩、干枚岩, 震旦系的砂岩、粉砂岩及砂质板岩, 泥盆系的碳酸盐岩。以上地层从老到新依次围绕三防和元宝山两个复式背斜轴分布。据胡云中等^①资料, 前寒武纪地层均富含锡多金属元素, 一般比同类岩石的克拉克值高出一至数倍。区内的地质构造十分复杂, 四堡期东西向复式褶皱出露于宝坛一带, 雪峰期的复式褶皱遍布全区, 沿北北东方向平行排列。伴随北北东向褶皱的数条大断裂纵贯全区, 控制着雪峰期的地质作用和岩浆活动, 并对以后的地质发展产生了巨大的影响。与北北东向大断裂有生成联系的南北向、北东向次级断裂为锡多金属矿床提供了最佳空间。据吴功健、高锐的研究, 南岭东西向隐伏的基底深大断裂通过本区, 该大断裂的多旋回活动对本区的成岩成矿起着主导作用。

频繁而强烈的岩浆活动是本区地质作用的一大特色。就目前研究而论, 岩浆活动产物可分为三大火成岩系列。

第一火成岩系列: 四堡中期的基性—超基性岩浆大面积喷发, 基本上形成了三个断续相接的连续层, 其总厚度从几米到几百米不等, 局部可以作为野外地质填图的标志层。岩浆喷发可鉴别为3—5个旋回, 岩性由橄榄岩、辉橄岩、辉石岩→辉长辉绿岩→闪长岩→石英闪长岩, 依次向酸性方向演化。在超基性喷出岩底部普遍有铜镍或钴铂矿化, 局部构成中小型矿床。与层状喷出岩体伴生的有成分相似的侵入岩脉, 它们明显切割、穿插四堡群地层, 甚至侵入早期旋回的喷出岩内。本次岩浆活动的时代约1401Ma。该火成岩系列锡

^① 胡云中等, 1985, “桂北地区地层及锡矿带地球化学”

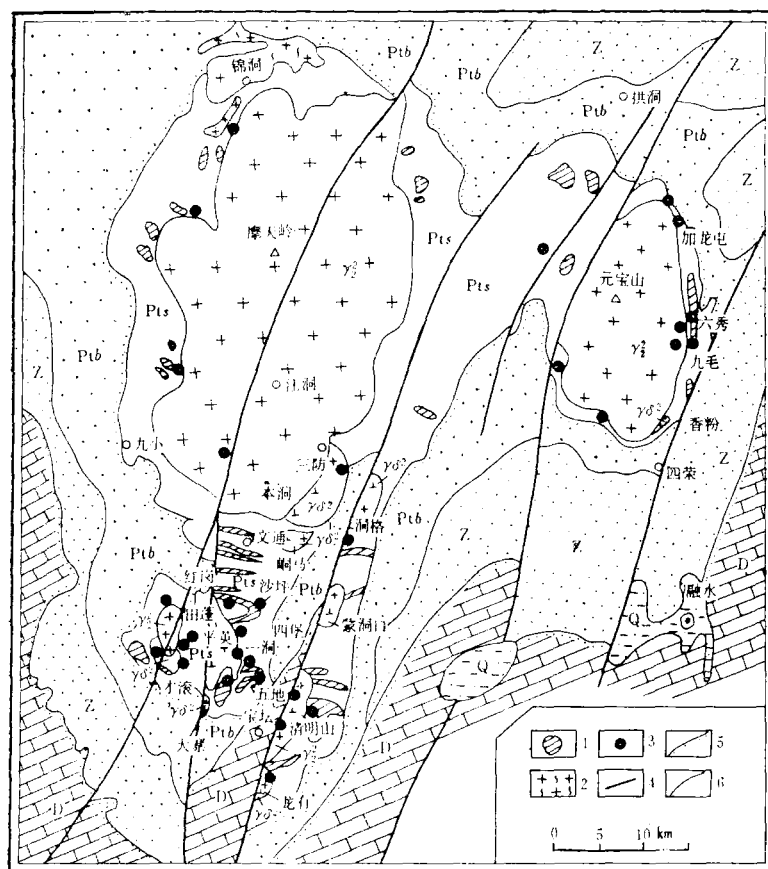


图1 九万大山—元宝山地质和锡矿分布略图

Pts—四堡群; Ptb—板溪群; Z—震旦系; D—泥盆系; Q—第四系; $\gamma\delta^2$ —四堡期英云闪长岩; γ_2^2 —雪峰期黑云母花岗岩; 1—四堡群基性杂岩; 2—混合岩; 3—锡多金属矿床点; 4—大断裂; 5—不整合界面; 6—地质界线

Fig. 1. Schematic geologic map of the Jiurwandashan—Yuanbaoshan area showing distribution of tin-polymetallic deposits.

Pts—Sibao Group; Ptb—Banxi Group; Z—Sinian; D—Devonian; Q—Quaternary; $\gamma\delta^2$ —Sibaoian tonalite; γ_2^2 —Xuefengian biotite granite; 1—Sibaoian basic complexes; 2—Migmatite; 3—Tin-polymetallic deposit; 4—Great fault; 5—Unconformity; 6—Geologic boundary.

元素丰度较高, 多局限于10—20ppm之间。

第二火成岩系列: 在四堡运动末期, 英云闪长岩侵入四堡群地层, 其成岩时代约1109—965Ma。区内的主要岩体有本洞、响马、洞格、蒙洞口、龙有、才滚、大寨和香粉八个岩体。其成分大致相同, 主要造岩矿物有奥长石、石英、黑云母及少量微斜长石, 副矿物组合是磁铁矿、榍石和褐帘石。在云英闪长岩体内部可见到辉钼矿和黄铜矿化, 但尚未构成具工业意义的矿床。尽管英云闪长岩与锡多金属矿化的关系不明显, 但其本身含锡丰度亦达8—14ppm。英云闪长岩的锶同位素初始比值小于0.7040, 属壳幔同熔型产物。

第三火成岩系列: 该火成岩系列由雪峰期黑云母花岗岩及其衍生的花岗斑岩、石英斑岩等组成, 成岩时代约836—700Ma。区内最大的两个岩基分别沿三防和元宝山北北东向复式背斜侵位, 在三防岩体以南的宝坛地区有平英、清明山、田蓬及良水、小寨五个(良水、小寨岩体过小图上未表示)小岩体。这些岩体的相带清楚, 而且其内部都有细粒黑云母花岗岩岩脉或小岩株沿南北方向侵位。黑云母花岗岩与锡多金属矿床有密切的关系, 所有的锡多金属矿床均分布在其内外接触带。

上述七个岩体的矿物组成基本一致,主要造岩矿物有钾长石、钠长石、石英和黑云母,副矿物组合是磁铁矿-钛铁矿-锆石-独居石。在岩体中有大量的电气石巢,大的直径达15mm,一般约5—8cm,巢内的电气石均呈放射状。岩石化学计算表明,黑云母花岗岩属于铝过饱和系列,特点是高硅富碱多挥发组分,在国际岩石学分类图(1972)中投影表明其为碱长花岗岩类。这些花岗岩的分异程度高,分异指数(DI)平均为90左右,而K/Rb比值一般小于90。五个岩体化学分析证明它们都是富锡花岗岩,其中含锡三防28 ppm,元宝山46 ppm,平英56 ppm,清明山13 ppm,田蓬32 ppm。稀土元素球粒陨石标准化模式图形表现为“海鸥”状或稍微右倾斜状,铈亏损显著, $\delta E_{\text{Eu}} = 0.11-0.22$ 。全岩铈同位素初始比值大于0.710。以上参数一致表明雪峰期黑云母花岗岩体是壳源高度分异型的含锡花岗岩。

二、与雪峰期黑云母花岗岩有关的锡多金属矿床的成矿系列

在九万大山—元宝山成矿区,分布有30个锡多金属矿床(图1),其中大型2个(一洞、九毛),中型5个(五地、红岗、沙坪、六秀和加龙屯),小型23个。

(一)矿化类型和矿化期次 按照矿石的生成条件和环境,可将锡多金属矿床划分为四个类型和六个亚型(表1)。从表1可以看出,中、大型矿床都含有多钟矿石类型,这些类型矿石实际上是不同期次、

表1 九万大山—元宝山地区锡多金属矿床分类表

Table 1. Classification of tin-polymetallic deposits in Jiuwandashan-Yuanbaoshan area

矿石类型		主要组成矿物	主要围岩	有关的蚀变	成矿温度(℃)	实例
类型	亚型					
锡石硫化物型	黄铜矿-黄铁矿亚型	锡石、黄铜矿、黄铁矿、石英及闪锌矿、方铅矿	千枚岩、闪长岩、花岗岩闪长岩	硅化、绿泥石化	230—280	红岗1、2号矿脉、仕道、小东江、平时、甲报、九溪
	黄铜矿-磁黄铁矿-闪锌矿-毒砂亚型	锡石、磁黄铁矿、闪锌矿、毒砂、石英、黑云母、金云母及黄铜矿	超基性岩、凝灰角砾熔岩、片岩	金云母化、黑云母化、石榴石化、硅化	250—300	加龙屯、九毛、沙坪、五毛
	黄铜矿-斑铜矿亚型	黄铜矿、方黄铜矿、斑铜矿、黝铜矿、锡石、石英	基性岩、闪长岩	硅化、青磐岩化、钾长石化	245—285	一洞41号矿体
	黄铜矿-毒砂-黄铁矿-晶质铈矿亚型	黄铜矿、毒砂、黄铁矿、晶质铈矿、石英	黑云母花岗岩	云英岩化、硅化	270—315	老山、乌勇岭
电英岩型		锡石、石英、电气石	基性岩、闪长岩、千枚岩、粉砂岩	电英岩化、硅化、青磐岩化、钾长石化、碳酸盐化	310—410	一洞、五地、红岗103、104矿带及9、10、101号脉
锡石石英型		锡石、石英	闪长岩、凝灰角砾熔岩、片岩、千枚岩	硅化、绿泥石化	260—360	五地猫背梁矿体、沙坪、六秀、红岗3、4、5、6、7、8号脉
云英岩型	石英-白云母脉亚型	锡石、白云母、石英及黑钨矿	黑云母花岗岩	云英岩化、硅化、电气石化、白云母化	355—430	陶家、老山、乌勇岭
	石英-白云母片理带亚型	锡石、石英、绢云母	黑云母花岗岩	云英岩化、绢云母化、硅化		板草

不同阶段矿化的产物。尽管本区的矿化从东到西,从南到北存在着差异(即宝坛一带以电英岩型矿化为主,锡石硫化物型矿化在元宝山、三防一带比较发育),但两个地区的矿化期次是相当吻合的。总的来说可分为三个成矿期及六个成矿阶段:

1. 锡石硅酸盐矿化期 本期包括云英岩阶段、电英岩阶段、锡石-石英阶段,这几个阶段所形成的矿体分布在平英、元宝山、清明山和田蓬黑云母花岗岩岩体内、外接触带附近。电英岩阶段矿化在宝坛地区构成大、中型矿床,局部形成大矿团、矿包。由于锡石硫化物期矿化的切割和叠加,一些锡石-石英型和电英岩型富矿透镜体往往被包围在锡石硫化物矿体中,这种现象在一洞、沙坪、九毛等矿区比较常见。在老山锡矿区可以看到锡石硫化物矿脉中有云英岩型锡矿石透镜体。电英岩阶段的矿化在元宝山和三防地区比较微弱,很少形成工业性矿体。在九毛-六秀矿区的荣坪和冯鸭坡矿段,锡石硫化物矿脉两侧尚保留有电英岩型锡矿石的残体及电英岩矿化时所生成的围岩蚀变带。

2. 锡石硫化物矿化期 本期可以进一步分为毒砂-磁黄铁矿阶段、黄铜矿(斑铜矿)-黄铁矿阶段、黄铜矿-闪锌矿-方铅矿阶段。这些阶段的矿化在三防-元宝山一带十分强烈,每一阶段可以单独形成矿体,但更多的为复合叠加型矿体。后者往往有较大的工业价值,例如九毛矿区的51号和65号矿体占全区储量的40%。就分布范围而论,黄铜矿(斑铜矿)-黄铁矿阶段矿化出现的比较普遍,三防岩体周围的几个矿点和规正、加龙屯、小东江、九溪、甲板矿床及一洞矿区41号矿体等皆属此类。兹因受母岩物质成分、围岩岩性以及花岗岩体距离等因素的影响,同一阶段矿化也存在着某些差异性。例如,一洞矿区41号矿体很少含有黄铁矿,代之为黄铜矿-斑铜矿-方黄铜矿组合;在老山、乌勇岭矿区,锡石硫化物型矿石富有品质铀矿而构成锡铜铀矿脉。

现有的同位素年龄资料(表2)表明锡石硅酸盐期和锡石硫化物期的生成时代为800—717Ma,同黑云母花岗岩的成岩时代相吻合。

区内还广泛出露铜锌、铅锌和锑矿化,它们一般分布在锡多金属矿床的外围。以往这些贱金属矿化被笼统地划为燕山期与石英斑岩有关的热液矿床。此次工作,通过对白石铅锌矿、四堡铜锌矿、杀狗洞铜锌矿和刚结铅锌矿的铅同位素模式年龄的分析和计算,其成矿时代为790—670Ma(表2),与锡多金属矿床的生成时代基本一致。但氧同位素及流体包裹体资料及成矿元素组合和排列特点均反映出成矿物质来自围岩。因此,笔者认为这套贱金属硫化物矿床是与雪峰期黑云母花岗岩有关的锡多金属矿床成矿系列的一部分,所不同的是黑云母花岗岩仅是贱金属硫化物矿床的成矿能源,而不是物质来源。其成矿物质由地下水在循环过程中从围岩淋滤出,卸载于上部裂隙内。

表2 九万大山-元宝山锡多金属矿床的成矿时代表

Table 2. Metallogenic epochs of tin-polymetallic deposits in Jiuwandashan-Yuanbaoshan area

矿床名称	成矿期次	测试矿物	成矿年龄(Ma) ^①	资料来源
一洞、五地锡矿	锡石硅酸盐期	钾长石、白云母等	717—800	本文
	石英硫化物期	方铅矿	436	本文
沙坪锡矿	锡石硫化物期	方铅矿	773	彭大良、洗柏琪(1985)
	石英硫化物期	方铅矿	337	
九毛、六秀锡矿	锡石硫化物期	方铅矿	740—800	唐跃相(1986)
	石英硫化物期	方铅矿	470	
四堡、杀狗洞铜矿	贱金属硫化物期	方铅矿	670—790	本文
白石、刚结铅锌矿	贱金属硫化物期	方铅矿	730—770	本文

① 除一洞、五地锡矿为Rb-Sr等时线年龄外,其余均为模式年龄

此外,在九万大山—元宝山一带还发育有另一期不含锡矿物的石英硫化物矿化期。该期可以进一步分为方铅矿(或黄铜矿)-闪锌矿阶段和黄铁矿阶段。这期矿化不隶属于雪峰期与黑云母花岗岩有关的成矿系列,其铅同位素模式年龄为470—337Ma,表明为加里东期的产物。

(二) 成矿温度 经过对石英及锡石的均一温度测定(未经压力校正),锡石硅酸盐期的均一温度为450—280℃,其中云英岩阶段为450—360℃,电英岩阶段为410—320℃,锡石石英阶段为350—280℃。锡石硫化物期的均一温度为370—230℃,其中毒砂-磁黄铁矿阶段为370—275℃,黄铜矿(斑铜矿)-黄铁矿阶段为315—260℃,闪锌矿-黄铜矿-方铅矿阶段为285—230℃。贱金属硫化物期的均一温度分布区间是250—140℃。

(三) 交代系列 赵一鸣、林文蔚等(1985)^①在详细研究交代相和交代建造的基础上提出了交代系列的新概念,并定义为“交代系列是由两个或更多的交代建造所组成,它们存在于一定的交代矿床、矿田或成矿区内,并伴随有相应的矿化组合或矿床类型,在空间、生成时间和成因上相互之间有着十分密切的内在联系。”

与国内外其它锡成矿带相比较,九万大山—元宝山锡多金属成矿区内的交代作用比较强烈、复杂,且颇具特色,构成了一个完整的交代系列。由于容矿主岩性质的不同和成矿流体本身成分的不断调整,生成了不同的交代建造。就目前的研究而论,可划分出五个交代建造:

1. 超镁质交代建造 在九毛—六秀锡矿区,超基性岩是主要的容矿主岩。在成矿时,含矿热水溶液与超基性岩相互作用,生成了一套超镁质交代建造,其一般性分带为:①石榴石-金云母交代带:主要组成矿物有石榴石、金云母、磁黄铁矿、闪锌矿、黄铜矿、白铁矿、锡石及少量的石英和阳起石;②金云母-斧石交代带:斧石和金云母为其基本的组成矿物,并伴生有少量的阳起石、石英及黄铁矿、黄铜矿;③金云母-阳起石交代带:阳起石在此带中大量富集,其次有金云母及透闪石,石英含量相对比前两个带增高;④石英-绿泥石交代带:石英和镁绿泥石网脉和细脉穿插于超基性岩内,偶见有一些磁铁矿与之伴生;⑤超基性岩,以层状产出,其中有大量鬃刺状蛇纹石,笔者倾向将这组岩石定为橄榄质科马提岩^②。

超镁质交代建造的本身特征表明从热水溶液活动中心到围岩,硫逸度(f_s)降低,氧逸度(f_{O_2})增高,矿物组合趋向简单。

2. 碱质-铁质交代建造 辉长辉绿岩和闪长岩是一洞—五地锡矿区内最主要的容矿岩石。当矿化作用发生时,在热点部位生成了一套特征性的矿物组合分带。从花岗岩岩体到上部或外部的富铁质围岩,交代分带有:①蚀变黑云母花岗岩;②钾长石化带,组成矿物有正长石、有序度比较低的微斜长石、钠长石、石英和少量的黑云母;③黑云母化带,以羟铁云母和铁叶云母为主,伴生有石英、绿帘石、绿泥石、黝帘石和钾长石;④青磐岩化带,绿泥石、绿帘石和黑云母含量基本相当,还伴生有黝帘石、石英和电气石;⑤电英岩化带(本身是矿),电气石和石英为主要组分,少量组分是黑云母、钾长石、锡石、黄铜矿、毒砂、磷灰石和萤石等;⑥硅化带,石英集合体呈大脉和细网脉状穿插在围岩中;⑦碳酸盐化带,组成矿物有方解石(部分为富锰方解石)及少量石英,以脉状分布于围岩中;⑧辉长辉绿岩和闪长岩,以层状产出,其成分和结构类似于玄武质科马提岩或拉斑玄武岩。

此外,在电英岩型矿脉周围的辉长辉绿岩和闪长岩中也形成了明显的交代分带。从内向外,一般分带有钾长石化带→青磐岩化带→硅化带→碳酸盐化带。

3. 镁铁质交代建造 在红岗和沙坪锡矿区,有大量的凝灰角砾熔岩为容矿主岩,其成分介于橄榄岩和辉长辉绿岩之间。因此,从矿脉到围岩所形成的交代分带为:①锡石硫化物矿化交代带,矿石矿物有锡石、黄铁矿、黄铜矿、毒砂、闪锌矿,脉石矿物以铁质云母和金云母的过渡系列为主,伴生有钾长石和石英;②黑云母化带,以富镁质云母为多,还有石榴石和微量的石英;③阳起石化带,阳起石呈束状和放射状,部分富镁绿泥石和富镁云母与之伴生;④硅化带,呈细脉、网脉状;⑤碳酸盐化带,呈网脉状产出;⑥凝

② 毛景文等“桂北九万大山地区中元古代科马提岩及有关铜镍矿的初步研究”

灰角砾熔岩。

4. 碱质-硅质交代建造 发育于一洞—五地锡矿区和红岗锡矿区的粉砂岩中。尽管交代作用在粉砂岩中比较微弱,但无论在花岗岩岩隆上部还是在电英岩型矿脉的旁侧,都可以见到钾长石化带→硅化带和石英绢云母化带的分带现象。

5. 碱质交代-酸性淋滤交代建造 见于老山、一洞、五地、仕道、陶家等矿区的黑云母花岗岩及云英岩型矿脉的旁侧。总的交代分带为钾长石化带→钠长石化带→云英岩化带→泥化带。这一建造的生成过程首先表现为碱质交代作用,当体系温度低于临界温度时,水解作用和酸性淋滤作用相继发生。

以上五个交代建造所表现出的特点是:从早到晚温度递减,组分有序变化;交代强度不仅取决于热溶液本身的能量,而且十分明显地依赖于围岩的可交代性,其规律是基性程度越高的围岩越有利于交代作用的进行;石英作为过剩组分遍布各个交代建造,显示出矿化蚀变作用与黑云母花岗岩的密切关系。

(四) 矿化分带 在九万大山—元宝山成矿区,矿化表现为多中心型,以隆起区出露的黑云母花岗岩为核心形成了有规律地分带现象。在宝坛地区,矿体分带明显,自平英黑云母花岗岩体向外依次有云英岩型锡(钨)矿体→电英岩型锡矿体→锡石石英型锡矿体→锡石硫化物型锡铜矿体。红岗—沙坪锡矿床是这种形式分带的典型(图2)。这两个矿床位于四堡期东西向的红岗湾倒转背斜内,其中矿体沿北东方向断裂平行排列。从西向东可分出五个矿(化)带:①云英岩型锡(钨)矿化带,位于平英黑云母花岗岩的内外接触带附近。尽管该带尚未见具有工业价值的矿脉,但该阶段矿化显然存在。②电英岩型锡矿带,距接触带

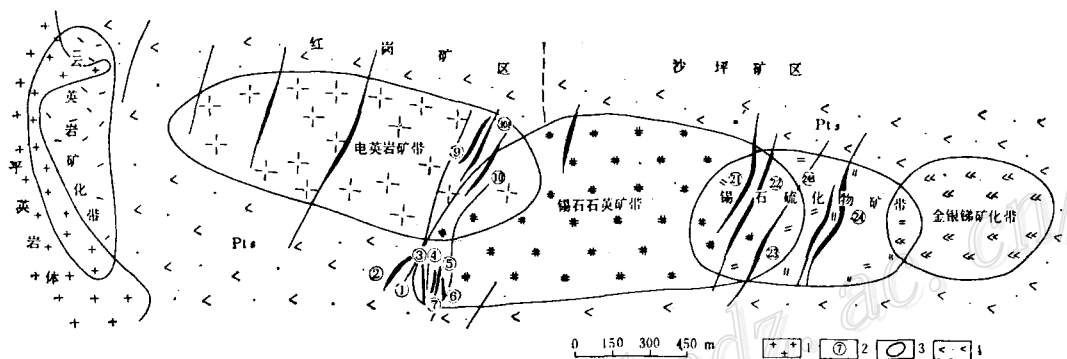


图2 红岗—沙坪矿区矿化分带图

1—雪峰期黑云母花岗岩; 2—矿体编号; 3—矿带范围; 4—四堡群碎屑岩中基性-超基性岩互层

Fig. 2. Sketch geologic plan showing mineralization zoning in the Honggang—Shaping ore districts.

1—Xuefengian biotite granite; 2—Serial number of orebody; 3—Limits of ore zone; 4—Clastic rocks of Sibao Group interbedded with intermediate-basic-ultrabasic rocks.

700—3300m, 包含红岗矿区的主要矿体及多数储量。③锡石石英型锡矿带, 锡石石英型锡矿化在红岗矿区局部叠加在电英岩型锡矿体之上, 而在沙坪矿区又受到锡石硫化物型锡铜矿化的切割和破坏。④锡石硫化物型锡铜矿带, 沙坪矿区内的五大矿脉皆由锡石硫化物型锡铜矿石组成。⑤金-银-锑矿化带出现于最东侧, 距接触带约6000—6300m。目前在该带中也未找到工业矿体, 但化探(据广西地矿局第七地质队)资料业已表明在北东向断裂中有较好的金、银和锑的矿化异常。在元宝山地区的矿化分带, 以九毛锡矿床为佳。九毛锡矿床的各矿体基本上都是锡石硫化物期矿化的产物。从元宝山黑云母花岗岩体向东, 矿化元素分带性(图3)依次有: Sn-W-Cu-As-U矿化带、Sn-As-Cu矿化带和 Sn-Cu-Zn-Pb-In-(Au)矿化带。元宝山地区的赋矿构造呈南北向, 所有矿化带的延伸方向亦然。

上述两个实例说明, 在九万大山—元宝山成矿区, 与黑云母花岗岩有关的热溶液自岩体向上或向外

运动,通过渗透、扩散和沉淀作用在有利的构造部位成矿。这与西南邻区的大厂矿带成矿作用有所不同,大厂成矿方式为“含矿热水溶液由岩体向外,后又向岩体方向退缩”^[2]。诚然,在研究区内,矿质沉淀之后也有一系列蚀变作用在岩隆部位继续发生,但仅作为矿化作用旋回结束的标志,该问题已有另文讨论^[1,4]。

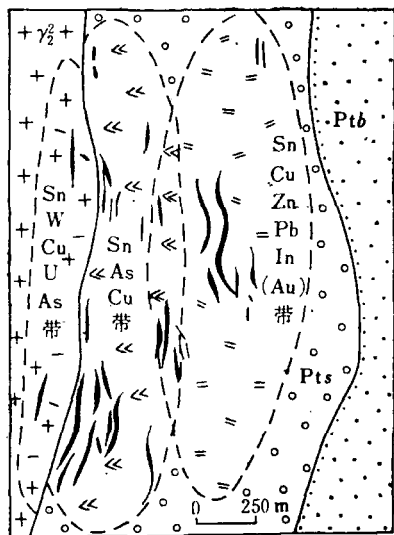


图3 九毛锡矿区矿化元素分带图

γ_2^{2-1} —雪峰期黑云母花岗岩, Pts—四堡群砂质片岩与超基性熔岩互层, Ptb—板溪群板岩、千枚岩; 1—矿体, 2—矿化带范围, 3—不整合面

Fig. 3. Geologic plan showing zonation of metallogenic elements in the Jiamao tin ore district.

γ_2^{2-1} —Xuefengian biotite granite; Pts—Arenaceous schist of Sibao Group, interbedded with ultrabasic lava; ptb—Slate and phyllite of Banxi Group; 1—Orebody; 2—Limits of mineralization; 3. Unconformity.

三、结 语

综上所述,笔者认为九万大山—元宝山成矿区内的雪峰期锡多金属矿床是构造运动、岩浆活动和围岩性质联合作用的产物。成矿表现为多期多阶段性,空间上有良好的分布规律,几十个独立存在又相互联系的矿床构成了一个典型的成矿系列。据目前的深部地质研究和物探资料,结合笔者在区域地质矿产、典型矿床、岩石和地球化学等方面的研究,初步提出了九万大山—元宝山地区与雪峰期黑云母花岗岩有关的锡多金属矿床成矿系列的成矿模式(图4)。该模式是,在雪峰晚期,近东西向压应力的强烈作用,不仅形成了北北东向的区域性大断裂和褶皱,而且也触发了四堡期业已存在的的东西向的基底深大断裂。这些深大断裂的活动导致地幔热流上升,在东西向与北北东向断裂构造的复合部位成为热点,以致使地壳物质重熔生成花岗岩浆。原地层和基性杂岩中的锡多金属在花岗岩生成时活化转移,并由岩浆的高度分异作用而首先聚集在花岗岩岩隆部位,最终形成了以岩隆为中心的锡多金属矿体(或成矿元素)的温度递减分带。这种分带一般为构造-岩浆-热水溶液多期多阶段活动的产物^[4]。此外,在花岗岩隆起或岩浆热液活动区的上部,由地下水受热而形成了一些对流循环区。对流区内的热水溶液在循环过程中,从围岩大量淋滤出铜、铅、锌和锑等贱金属。当含矿热水溶液运移到上部裂隙中时由于降温而卸载,生成了一系列贱金属硫化物矿床。

本文在工作和撰写中曾得到陈毓川研究员的指导,初稿完成后承蒙赵一鸣研究员的审阅和帮助,在野外工作期间,广西地质矿产局第七地质队和广西冶金勘探公司270地质队给予了大力支持,尤其是马富君、朱征和唐耀相等工程师的无私协助,在此一并致谢。

热液活动分区	矿石类型	岩石、矿石分带	特征元素组合	代表性矿物质	主要蚀变类型	成岩成矿温度(°C)
热卤水活动区	贱金属硫化物型矿石		Cu, Pb, Zn, Sb, F	黄铜矿、方铅矿、闪锌矿、辉钨矿、石英	硅化、绿泥石化	140-250
岩浆及岩浆热液活动区	锡石-硫化物型矿石		Sn, Cu, Pb, Zn, F, S	锡石、黄铜矿、磁黄铁矿、闪锌矿、毒砂、白铁矿、方铅矿、黑云母、石英	砂卡岩化、黑云母化、硅化、绿泥石化	230-370
	电英岩型和锡石-石英型锡矿石		Sn, Cu, B, F, P	锡石、电气石、毒砂、黄铜矿、石英	钾长石化、青磐岩化、硅化、碳酸岩化、电气石化	280-410
	云英岩型锡矿石		Sn, W, F, P, U	石英、白云母、锡石	云英岩化、绢云母化、硅化	450-560
	黑云母花岗岩体		在花岗岩岩隆部位硅质、碱质、成矿元素和挥发组分高度富集	微斜长石、钠长石、石英、黑云母、锆石、磁铁矿、钛铁矿		560-630
下地壳和上地幔		岩浆源地 上地幔 热点				

图4 九万大山—元宝山地区锡多金属矿床成矿系列的成矿模式

γ_2^{2-1} —雪峰期黑云母花岗岩； γ_2^{2-2} —雪峰期黑云母花岗岩补体；PtS—四堡群碎屑岩；1—四堡期超基性熔岩；2—四堡期超基性熔岩；3—锡多金属矿体；4—贱金属矿体

Fig. 4. Metallogenic model for ore-forming series of tin polymetallic deposits in Jiuyan-dashan—Yuanbaoshan area.

γ_2^{2-1} —Xuefengian biotite granite; γ_2^{2-2} —Xuefengian supplementary biotite granite body; PtS—Clastic rocks of Sibao Group; 1—Sibaoian basic lava; 2—Sibaoian ultrabasic lava; 3—Tin-polymetallic orebody; 4—Base metal orebody.

参 考 文 献

- [1] 赵一鸣、林文蔚、毕承思、李大新 1985 中国砂卡岩矿床的几个重要交代系列 国际交流地质学术论文集 (4) 地质出版社
- [2] 陈毓川、黄民智、徐珏、艾永德、李祥明、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 第60卷 第3期
- [3] 毛景文、唐绍华 1986 广西一洞、五地锡矿床矿化蚀变研究 中国地质科学院院报 总第13号
- [4] 毛景文、林进姜、马富君 1987 广西一洞、五地锡矿床成因探讨 地质论评 第33卷 第6期
- [5] Sawkins, F. J., 1984, Metal Deposits in Relation to plate Tectonics, printed in Germany.

GEOLOGICAL FEATURES AND MINEROGENIC SERIES OF THE TIN POLYMETALLIC DEPOSITS IN JIUWANDASHAN- YUANBAOSHAN AREA, NORTHERN GUANGXI

Mao Jingwen

(Institute of Mineral Deposits, Chinese Academy of Geological Sciences, Beijing)

Abstract

Jiuwandashan-Yuanbaoshan area in northern Guangxi is a new tin polymetallic ore-forming province developed since 1960s, and thirty tin deposits or occurrences have so far been found in it. According to mineral assemblages and genetic characteristics these deposits can be grouped into four types, i.e., greisen type, cassiterite-quartz type, tourmalite type and cassiterite sulfide type. The mineralizations are dated at 717–800Ma. They are characterized spatially by deposit zoning (from the greisen type→tourmalite type→cassiterite-quartz type→cassiterite sulfide type) and element zoning (from Sn, W, U, As→Sn, As, Cu→Sn, Cu, Zn, Pd, Au) around the Xuefengian biotite granite intrusions (700–836Ma), and temporally by multiperiodic activities consisting of cassiterite silicate period (comprising greisen stage, tourmalite stage and cassiterite-quartz stage) and cassiterite sulfide period (composed of arsenopyrite-pyrrhotite stage, chalcopyrite-pyrite stage and chalcopyrite-sphalerite-galena stage). The tin polymetallic mineralizations in the province constitute a typical minerogenic series associated with the Xuefengian biotite granite.

In addition, the distribution of a series of Cu, Zn-Pb, Zn-Sb deposits outside the tin polymetallic deposits has been studied in this paper. This suite of base metal deposits used to be considered as hydrothermal deposits related to Yanshanian quartz porphyries. According to lead, sulfur and oxygen isotope studies, the minerogenic age of the deposits is determined as 670–790 Ma, and their ore-forming process is probably like this: the groundwater heated by the emplacement of the biotite granite formed a convection system, in which the base metals scattered in the country rocks were first leached out and then released from the hydrothermal solution to form orebodies in favorable fractures. It is thus considered that this suite of base metal deposits is likely to be a special part of the minerogenic series of tin polymetallic deposits associated with the Xuefengian biotite granite.

Owing to the complexity of the country rocks in the area, a series of metasomatic formations was formed when the magmatic hydrothermal solution responsible for the mineralization reacted with them. Based on the recent study, the metasomatic formations can be classified into five types, i.e., magnesian-

metasomatic formation related to ultrabasic rocks, mafic one associated with basic-ultrabasic lavas, alkali-ferrous one connected with intermediate-basic rocks, alkali-siliceous one linked with clastic rocks (siltstone and sandstone) and alkali-acidic one having to do with biotite granite. The common characteristics of these five metasomatic formations are: (1) the metasomatic intensity depends not only on the hydrothermal solution itself but also on the lithology and chemistry of the country rocks; in general, the more basic the country rocks are, the better the metasomatism; and (2) the quartz occurs in every metasomatic formation as a surplus phase, suggesting the close relationship between the mineralization-alteration and the biotite granite.

(上接62页)

(1) 金家庄矿单体金成色低、粒度小, 电镜散点扫描见 Co、Ni 成团、成簇密布或分布普遍; 赵家沟矿单体金成色高, 粒度大, 明金多, 富 Cu, 电镜散点扫描见 Cu 成团密集。

(2) 金家庄矿含金的黄铁矿多数为他形, 粒度小, 色浅, 含 Cr、Co、Ni 较高, 电镜散点扫描见细粒黄铁矿中 Au 较均匀密集分布; 赵家沟矿的黄铁矿呈聚形晶, 晶面有阶梯状三角形生长纹, 色深, 粒粗, 含 Au、Ag、Cu、Pb 高, 不含 Cr, 电镜散点扫描见 Au 不均匀密集。

(3) 金家庄矿的方铅矿硬度、反射率较低, Ag、Cr、Ni、Zn 含量较高, 晶胞参数 (0.54979nm) 比赵家沟矿 (0.59605nm) 的小。赵家沟矿的方铅矿多呈粒状集合体, 色较深, 富含 Au、Ag、Cu, 不含 Cr^①。

(4) 金家庄矿的硫同位素均为正值, $\delta^{34}\text{S}$ 值为 2.73—2.96‰, 平均值为 2.83‰, 接近铁镁质岩石的 $\delta^{34}\text{S}$ 值; 赵家沟矿的硫同位素为负值, $\delta^{34}\text{S}$ 值为 -6.93—-10.32‰, 平均值为 -8.625‰, 和区内的小营盘等金矿的 $\delta^{34}\text{S}$ 值 (-14.36—-8.65‰) 相近。

(5) 金家庄矿的石英为强硅化形成的他形玉髓质石英或石英网脉, 含 Ag 高, 电镜散点扫描 Ag 呈不均匀密集分布。与成矿有关的石英含 Cr, Al_2O_3 含量较高, 其中所含气液包体多而小; 赵家沟矿的石英为大脉型块状石英, 含 Pb 多, 不含 Cr, 电镜散点扫描见 Ag 稀疏浸染分布, 含气液包体多而大。

以上矿物标型特征的不同, 说明两个矿的成因不同。金家庄矿的矿物中含 Cr、Ni、Co 等深源物质, 以银金矿、黄铁矿为主, $\delta^{34}\text{S}$ 接近铁镁质岩的硫, 其成矿物质主要来自超基性岩。赵家沟和小营盘等金矿的成矿物质来源与老变质岩有关。

4. 金家沟金矿的找矿标志: ①在断裂特别发育、岩浆活动强烈的复杂构造带, 并存在铁质、富铁质的超基性岩是找矿的靶区。硅化、碳酸盐化和黄铁(褐铁)矿化, 有褐黑色、橙黄色、乳白色、灰黑色他形石英网脉构成的蜂窝状铁帽存在是找矿的宏观标志。②黄铁矿、方铅矿、石英等主要矿物中含微量的 Au、Ag、As、Cu、Pb、Zn 及 Cr、Ni、Co 等深源物质成分, 晶胞参数比标准值大, 方铅矿晶面挠曲等是找矿的微观标志。③黄铁矿粒度越小, 结晶越差, 含金量越高, 如含他形细粒的黄铁矿和乳白色或灰黑色的乳状石英细脉, 并有方铅矿、闪锌矿等硫化物的强烈蚀变破碎带是找富矿的标志。

① 由于篇幅所限, 两矿的黄铁矿、方铅矿、石英等成学化和晶胞参数对比表省略。