

中国桂北地区两类电英岩及其 对成矿环境的指示^①

毛景文 陈毓川

(中国地质科学院)

陈晴勋 杨开泰

(广西地质矿产局石油地质队)

主题词: 电英岩; 成矿环境; 指示剂

提 要: 电英岩的广泛发育是桂北锡多金属成矿区有别于其它同类成矿区(带)的一大特征。区内有两种类型的电英岩。第一类是产于早元古代四堡群下部的层状、似层状或透镜状电英岩, 此类岩石的层纹状构造和胶体脱胶构造比较发育。其矿物组合十分简单, 电气石富含镁原子, $\text{FeO}/(\text{FeO} + \text{MgO} + \text{MnO})$ 比值为0.191—0.653。第二类电英岩呈脉状, 严格受断裂控制, 分布于晚元古代黑云母花岗岩的外接触带。此类岩石矿物组成比较复杂, 电气石通常呈放射状构造和环带状构造, 其 $\text{FeO}/(\text{FeO} + \text{MgO} + \text{MnO})$ 比值为0.653—0.849。本文提出了层状电英岩于早元古代的大陆边缘拗陷环境中由喷气作用所形成, 而脉状电英岩生成于板块聚合环境, 与晚元古代黑云母花岗岩有着成因联系的认识。由于研究区内电英岩本身就是矿体或矿化岩石, 因而电英岩的成因及其在地质历史中的演化也代表了锡多金属矿床的演化生成轨迹。

一、引 言

桂北地区是世界上最古老的锡多金属成矿区, 其主要成矿时代可追溯到晚元古代雪峰期, 约850—1000Ma。在此之前的早元古代(约2219Ma左右)也曾有过锡矿化发生。该成矿区虽然有成矿时代古老, 镁铁质-超镁铁质岩多为成矿之围岩, 多期矿化的物质继承性等特点, 但最大特征莫过于电英岩的广泛发育。尽管地质学家们早已注意到电气石化与部分锡矿床的密切联系, 硼的富集对含锡花岗岩演化和成矿作用的影响以及电英岩锡矿化脉作为一种次要成矿类型产于康沃尔(Taylor^[1], 1979)、塔斯马尼亚(Plimer^[2], 1980)、玻利维亚(Rumbold^[3], 1909; Sillitoe and Grant^[4], 1975; Schneider and Lehmann^[5], 1977)、华南的大厂(陈毓川等^[6], 1985)和个旧(西南冶金地质勘探公司, 1984)、中国三江(施琳等, 1989)等成矿区(带)中, 但只有在桂北成矿区内, 电英岩脉和电英岩层本身就是矿体或成矿主岩, 与电英岩有关的锡金属储量在全区储量中占有主导地位。

桂北锡多金属成矿区自从60年代发现以来, 广西地质矿产局和广西冶金地质勘探公司进行了长期和大量勘探工作, 探明了一系列大中小型矿床。不少学者做了诸多研究(毛景文

① 本文系地质行业基金(编号88022)资助项目的阶段性成果之一。

等, 1986, 1987, 1988; 毛景文、宋叔和与陈毓川^[7], 1988; 彭大良等, 1987; 莫少剑, 1986; 李在基, 1987; 徐骏, 1987; 卢建春和黄有德, 1988), 对矿床地质特征、围岩蚀变、成矿机制和找矿方向进行了探讨。本文通过电英岩的调查研究, 从成因角度厘定了与锡多金属矿床有关的两大类电英岩的产出状态和生成环境, 进而讨论了成岩成矿的物质来源和成矿找矿规律。

二、地质背景

桂北地区位于扬子古陆南缘, 区内出露的地层有早元古代的四堡群、中晚元古代的丹洲群和晚元古代的震旦系 (图1)。厚8000余米的四堡群尚未见底, 由变泥岩、变粉砂岩及少千枚岩和白云母片岩所组成, 下部含有大量的镁铁质-超镁铁质熔岩、科马提岩和席状辉绿岩等, 该群为层状电英岩的主岩和脉状电英岩的围岩。丹洲群以角度不整合覆盖于四堡群之上, 厚度约2400m, 由变粉砂岩、变泥质岩和板岩组成, 下部含有一层稳定的硅质大理岩。晚元古代的震旦纪砂岩与丹洲群呈连续过渡形式, 局部见有平行不整合现象。泥盆纪灰岩均以不整合覆盖于丹洲群或震旦系之上。区内地层从老到新依次围绕九万大山和元宝山两大穹窿侵位的三防和元宝山雪峰期黑云母花岗岩大岩体呈有序分布 (图1)。

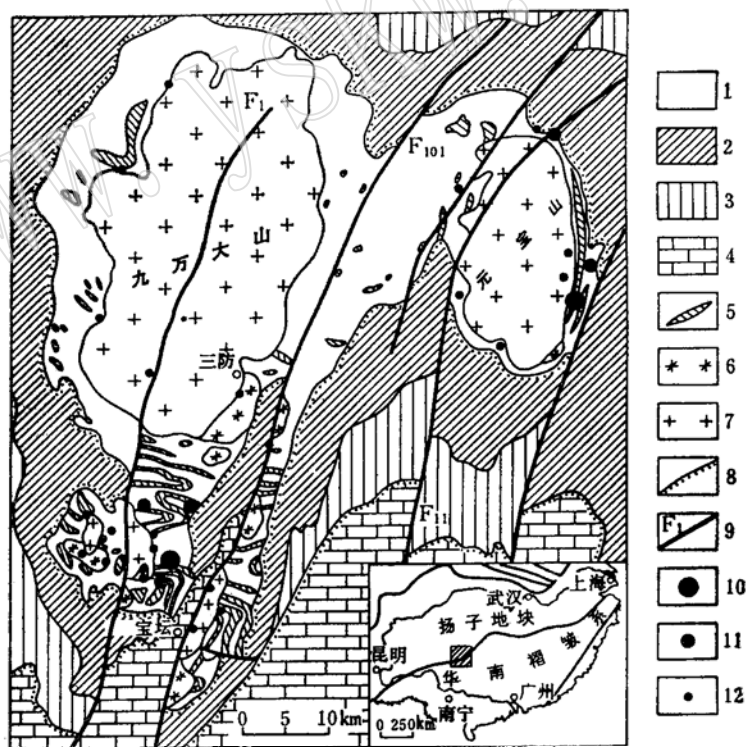


图1 桂北地区地质和锡多金属矿床分布图

Fig. 1 Geology and distribution of tin polymetallic deposits in the northern Guangxi region

1—四堡群; 2—丹洲群; 3—震旦系; 4—泥盆系; 5—镁铁质-超镁铁质岩; 6—花岗闪长岩; 7—黑云母花岗岩; 8—不整合界面; 9—断层; 10—大型锡矿床; 11—中型锡矿床; 12—小型锡矿床和锡矿点

研究区内最明显的构造特征是NNE—NS向复式褶皱及伴生的一组大断裂。沿这些褶皱的背斜及断裂一系列中元古代的花岗闪长岩体和中晚元古代的黑云母花岗岩体先后侵位。后者被认为与广泛产出的脉状电英岩型锡矿脉有着紧密的成因关系。

三、两类电英岩分布特点

在桂北地区有两类产状不同的电英岩，即层状电英岩和脉状电英岩，二者本身就是锡矿化体或矿体。

四堡群为一套优地槽沉积建造，其显著特点是变粉砂岩、变泥岩与镁铁质-超镁铁质熔岩呈互层产出。本次研究在这套地层中发现了分布较广的层状和透镜状电英岩层。电英岩层呈黑灰色或黄灰色，一般长300m到数公里，1cm到4m，与地层同步褶皱和变形（图2-A和图2-B）。在电英岩层产出的附近层位，往往还有一些初步鉴定为热液沉积岩的石英钠长石岩层和石英黑云母岩层。在元宝山一带，电英岩与含锰铝榴石的变粉砂岩和片岩伴生。Plimer^[9]（1987）在研究澳大利亚Broken Hill Block Pb-Zn-W矿床时将富锰铝榴石岩石亦定为喷气岩或热液沉积岩。

层状电英岩主要组成矿物为电气石（70%—80%）和石英（20%—30%），还有微量的白云母、绿泥石、绿帘石、磁黄铁矿和锡石。矿物呈他形晶，少量呈半自形晶，粒径细小，一般在2—8 μ m范围之内。绝大多数电英岩为致密块状，少部分呈不规则的斑点状分布于变泥岩或变粉砂岩中。部分地段电英岩的层纹状构造（照片1）十分发育，由以电气石为主的暗色条带和以石英为主的浅色条带组成。层纹状构造还可以细分为等宽（20—30 μ m）层纹构造和非等宽（20 μ m—0.5mm）层纹构造，有时还可以见到交错层理（照片2和图2-C）。在桂北地区的层纹状电英岩中尚未见到Slack等^[9]（1984）在研究澳大利亚Golden Dyke Pb-Zn-Au矿床中的电英岩时所描述的粒级层现象，但却发现有构造分层现象，即在底部有含斑点状和透镜状电英岩的粉砂岩或泥岩，逐渐过渡到主体层状电英岩，在顶部电英岩层纹与泥质岩层纹交替出现，以致于自然过渡到泥岩。此类电英岩中电气石集合体常表现为脱胶状结构。一个胶体脱胶后变为数个他形电气石（照片3）。电气石的筛状构造偶尔可见，这种结构表现为在一个直径为25—80 μ m相对自形电气石晶体中往往包含有几个到十多个直径为2—8 μ m的圆形或椭圆形的微晶电气石或和石英（照片4）。

脉状电英岩沿裂隙交代充填生成，走向NS—NNE，倾向W或SEE。所有电英岩脉总是围绕着晚元古代黑云母花岗岩体呈有规律分布，脉幅长几百米至10km。厚度从小于1cm到几十

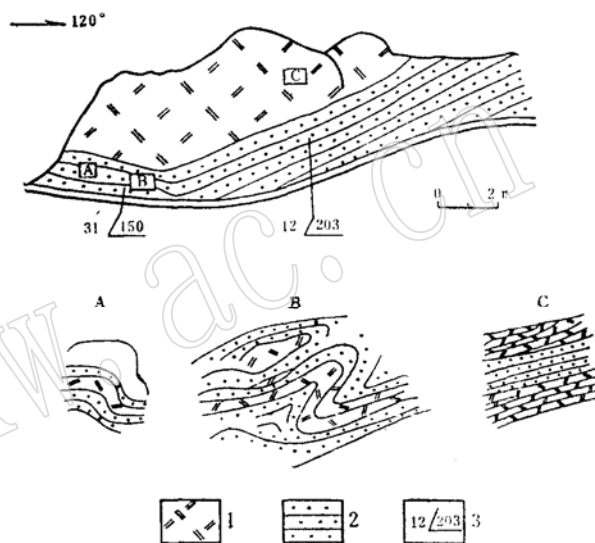


图2 层状电英岩野外露头素描图

Fig. 2 Sketch of a field outcrop of bedded tourmalinite

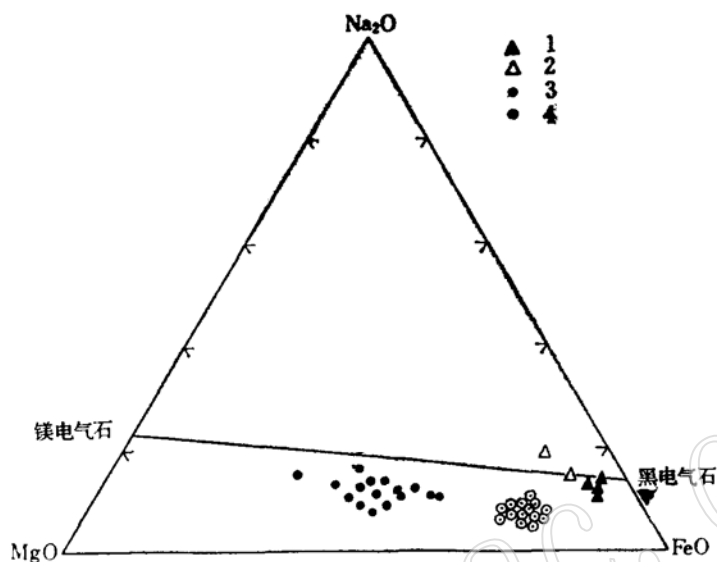
1—以层状电英岩为主夹有少量粉砂岩层；2—以粉砂岩为主夹有透镜状、薄层状电英岩；3—产状

厘米。在花岗岩体凸起部位,电英岩脉密集产出。如果围岩是易交代的镁铁质-超镁铁质岩时,往往形成规模比较大的电英岩脉体群。在脉状电英岩旁侧,围岩蚀变及分带现象相当清楚。如果围岩是变泥质岩或变粉砂岩时,从脉体向外侧有石英钾长石带、硅化带和石英绢云母带。在以镁铁质-超镁铁质岩为主岩的电英岩脉两侧的蚀变分带有钾长石化、黑云母化或金云母化、斧石化、绿帘绿泥黝帘石化、碳酸盐化。

脉状电英岩呈黑色,组成矿物主要有电气石和石英,还有少量黑云母、白云母、钾长石、钠长石、绿泥石、绿帘石、萤石、磷灰石、锆石、锡石、黄铜矿和黄铁矿。电气石与石英两者比例变化较大,电气石含量一般35—70%,石英25—60%。脉状电英岩的矿物粒度较大,其范围0.1—3.5mm,以0.5—1mm居多。在显微镜下电气石呈褐色或蓝色,一般都为自形晶,呈短柱状、长柱状、偶见针状。电气石的放射状构造(照片5)相当发育,局部也见束状构造。粒度较大的电气石具有良好的环带结构(照片6),表现为不同颜色带,例如深褐色、褐色、黄色和无色或深蓝色、蓝色、浅蓝色和无色带相间分布,组成颜色环带。锡石与电气石基本上呈共生状态,石英稍晚于二者生成。

两类不同产状电英岩的化学组成亦有一定程度的差别,层状电英岩明显富 Al_2O_3 ,相对富 SiO_2 、 MgO 、 Na_2O 、 TiO_2 ;脉状电英岩含有较高的 K_2O 、 MnO 、 P_2O_5 、 FeO 和 Fe_2O_3 。层状电英岩含锡丰度比较低,绝大多数样品含锡不高于1000ppm,仅个别样品才具工业品位。但一旦层状电英岩受到雪峰期脉状电英岩叠加时,则变成矿石。脉状电英岩实际上就是本区的主要矿石类型。

利用电子探针分析了34件电气石样品,其中11件取自层状电英岩和14件取自脉状电英岩,另外4件和2件分别选于黑云母花岗岩和与之有关的云英岩。层状电英岩中电气石的 $\text{FeO}/(\text{FeO} + \text{MgO} + \text{MnO})$ 比值范围局限于0.191—0.653,脉状电英岩中电气石的 $\text{FeO}/(\text{FeO} + \text{MgO} + \text{MnO})$ 为0.659—0.849。黑云母花岗岩中和云英岩中的电气石十分相似,比值在0.876—0.933之间。与之对应的三大类电气石的 $\text{Na}_2\text{O}/(\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O} + \text{CaO})$ 比值范围分别为0.385—0.885(平均0.691);0.170—0.880(平均0.602);0.832—0.926(平均0.890)。桂北地区各类电气石含Li和Na较低,属于Fe-Mg过渡系列电气石。电气石成分在 $\text{Na}_2\text{O}-\text{FeO}-\text{MgO}$ 图解中(图3)投影表明黑云母花岗岩和云英岩中电气石接近于黑色电气石端员。从脉状电气石到层状电气石, MgO 含量逐渐增高,趋向镁电气石端员。在 $\text{Al}-\text{Fe}_{50}\text{Al}_{50}-\text{Mg}_{50}\text{Al}_{50}$ 图解(图4)中,黑云母花岗岩和云英岩中电气石投影点落入含Li花岗质岩石区及伟晶岩和细晶岩区,层状电英岩中电气石几乎全部投影到变泥质岩和变砂岩区,而脉状电英岩中电气石比较分散,主要集中于钙硅碳酸盐岩和变泥质岩区,部分落入花岗质岩石区和富 Fe^{3+} 石英-电气石岩区。在 $\text{Fe}-\text{Mg}-\text{Ca}$ 图解(图4)中,层状电英岩中电气石的投影点全部落入含Ca变泥质岩、变砂岩和石英-电气石岩区,而脉状电英岩,黑云母花岗岩和云英岩中电气石成分同位于含Li花岗质岩石及伟晶岩和细晶岩区。环带状构造是脉状电英岩中电气石的特征之一,通过对一颗矿物横切面的不同颜色环带进行系统的电子探针分析,证明了在矿物生成过程中各种组分都具有一定的演化方向(图5),即从核部到边部, Mg 、 Fe 、 Ca 和 Ti 原子数逐渐上升, Al 、 Na 原子数逐渐下降, Si 原子数相对比较稳定,略有下降的趋势。在矿物核部的环带中可以看到Na与K原子数、Fe与Mg和Al原子数互为负消长的规律。环带的颜色在很大程度上取决于铁原子的含量。

图3 桂北地区电气石的MgO—FeO—Na₂O投影图Fig. 3 MgO—FeO—Na₂O diagram of tourmaline in northern Guangxi

1—黑云母花岗岩中电气石；2—云英岩中电气石；3—层状电英岩中电气石；4—脉状电英岩中电气石

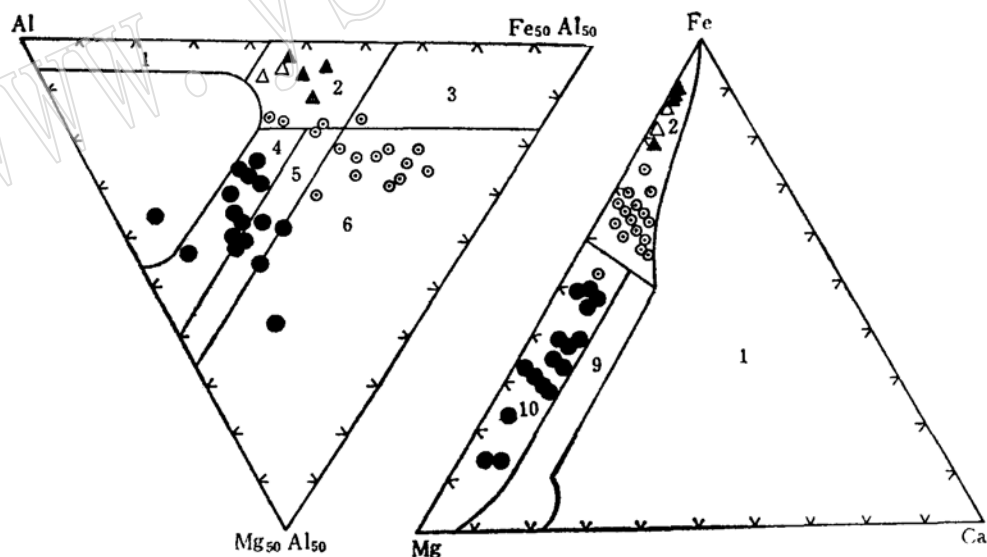
图4 桂北地区电气石成分分区图(据Taylor和Slack^[10], 1984; Henry and Guidott^[11], 1985)

Fig. 4 Compositional fields of tourmalines from northern Guangxi
(after Taylor and Slack, 1984; Henry and Guidott, 1985)

1—富锂花岗岩石、伟晶岩和细晶岩；2—含锂的花岗质岩石及有关伟晶岩和细晶岩；
3—富Fe³⁺石英-电气石岩(与热液蚀变花岗岩有关)；4—具铝饱和相的变泥岩和变砂岩；
5—不含铝饱和相的变泥岩和变砂岩；6—富Fe³⁺石英-电气石岩、钙硅酸盐和变泥岩；
9—富钙变泥岩；10—贫钙变泥岩、变砂岩和电英岩。

(桂北地区电气石投影点的图例同图3)

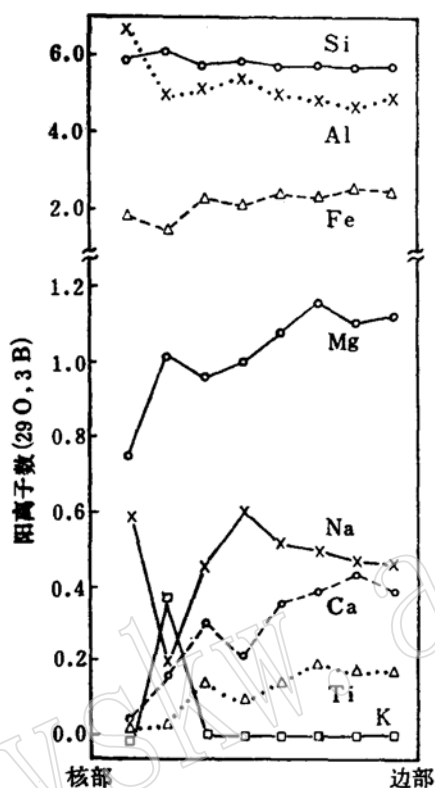


图 8 电气石横切面的成分变化图

Fig. 5 Compositional variation in tourmaline (cross section)

四、讨论和结论

1. 桂北地区是一个富硼和锡的地球化学异常区

毛景文、宋叔和陈毓川⁽⁷⁾ (1988) 研究证明桂北地区是一个富锡的地球化学异常区。区内的各种地质体, 包括各类沉积岩和火成岩的含锡量均高于同类岩石克拉克值的几倍到几十倍。本次工作表明, 桂北地区既是富锡也是富硼的地球化学异常区 (表1)。含科马提岩的超镁铁质岩和镁铁质岩含硼分别为 19ppm 和 25ppm, 比同类岩石克拉克值高出6.1倍和9倍。花岗闪长岩和黑云母花岗岩含硼分别为 16ppm 和 146ppm, 高出同类岩石克拉克值1.8和 13.3 倍。黑云母花岗岩的实际含硼量应该远远高于146ppm, 因为各岩体拥有佔岩体体积百分之几的电气石包体, 这些包体含的硼未计入所分析的花岗岩的含硼丰度。砂岩和粉砂岩含硼量平均为 84ppm 和 63ppm, 亦比普通砂质岩石高1—2.5倍。粉砂质泥岩在桂北地区出露面积不到百分之一, 其含硼量为 110ppm。值得指出的是在四堡群中可以见到电气石碎屑局部富集现象。

由于硼元素是一种比较活跃的非金属元素, 它通常以 $B(OH)_4^-$ 、 $NaB(OH)_4$ 、 H_3BO_4 和 BO_3^{3-} 形式存在于水溶液中 (Ethier and Campbell⁽¹²⁾, 1977)。在岩浆活动、沉积和变质作用期间以及在热水溶液对流循环系统中, 都已经发现硼元素强烈活动和富集现象。由此不难设想, 在桂北地区这样一个富硼的地球化学异常区, 一旦地壳强烈运动和出现热点, 硼元素必

然参与新的地球化学旋回,以不同的形式参与成岩成矿作用。

表1 桂北地区各类岩石的硼和锡的含量表

Table 1 Boron and tin contents of various types of rock in northern Guangxi

岩 性	分析样品数	硼(ppm)		锡(ppm)	
		含 量	克拉克值*	含 量	克拉克值*
超镁铁质岩	11	19	3.1	6.97	0.51
镁铁质岩	23	25	5.1	15.29	1.50
花岗闪长岩	12	16	9.1	22.40	1.50
黑云母花岗岩	29	146	11	40.32	3.1
砂 岩	53	84	35	14.80	<1
粉 砂 岩	13	63	35	12.31	<1
粉砂质泥岩	6	112	35-110	2.89	6.1

*K. K. Turkian and K. H. Wedepohl, 1961.

2. 层状电英岩成因

桂北地区层状电英岩有两种类型,一种是具层纹构造灰黄色电英岩,另一种是暗灰色至黑色电英岩,局部也有层纹状构造。前者由于其特点与周围地层十分相似而难于鉴别;后者多产在花岗岩周围并且往往受到后期脉状电英岩切穿和叠加,因而曾长期被认为是岩浆热液顺层交代的产物,与脉状电英岩为同期不同阶段的产物。笔者通过近几年的工作,初步认为这些层状电英岩是由海底喷气作用所形成的同生矿化沉积岩,可以与澳大利亚北部 Golden Dyke Dome 铅锌矿区的电英岩(Plimer^[13], 1986),洛杉矶山脉北段的元古代电英岩(Etheir and Campbell^[12], 1977),阿巴拉契古生代造山带中部分地区的电英岩(Slack^[9], 1984),新南威尔士 Broken Hill 地区电英岩(Barnes^[14,15], 1980a; 1980b; Plimer^[8], 1987), Apuane 阿尔卑斯地区与 Pb-Zn-Ag 矿化有关的电英岩(Benvenuti 等^[16], 1989)及爱尔兰东南部加里东造山带中的电英岩(McArdle 等, 1989)等进行对比。上述这些电英岩概被认为是块状硫化物矿床的成因和找矿标志。

早元古代的桂北地区是一个大陆边缘拗陷槽(或裂谷带)。在其裂陷过程中,有大量的火山活动和镁铁质-超镁铁质岩浆喷发和侵入。因而,该区此时为一个热流值比较高的地区,有利于形成海底对流循环系统以及层状含锡电英岩等热液沉积岩。

现代热泉、湖底和海洋底部的热卤水研究表明,硼元素在这些环境中都有一定程度或大幅度的富集。例如在加利福尼亚 Searles 湖硼含量 3225ppm(Ranham and Sahama^[17], 1950),加利福尼亚 Sulfur Bank 热泉含硼 381—680ppm(White and Roberson^[18], 1962),红海底的填隙热卤水含硼 36ppm(Hendrick 等^[19], 1969),比现代标准海水的含硼量 4.6ppm 高几倍到几十倍。在东太平洋的 Guaymas 盆地的热卤水中也查明其硼含量高于标准海水的 3—4 倍(Henley 等^[20], 1984)。在桂北地区尚未见现代热泉活动,更不可能再现古海底热卤水系统,但局部可以看到同生断裂的存在。在断裂的一侧有数层电英岩层出现并延伸几百米,在断裂另一侧几乎没有电英岩的出现。

桂北地区层状电英岩有比较发育的层纹状构造。这种构造既可以发现于沉积岩中也能见于交代岩中。众所周知,交代岩的形成以碳酸盐岩类或蒸发岩类等原岩的存在为先决条件。遗憾的是研究区内,层状电英岩的主岩为含硅质、泥质较多的砂质岩石,这就排除了沿层有

选择性交代的可能性。另外,在电英岩中没有发现任何形式的交代构造和结构,而只有一些象交错层理、包卷层等沉积构造和胶体脱胶构造。

Plimer^[13](1986)在研究澳大利亚 Golden Dyke Dome 地区的电英岩时指出,“从化学和矿物角度考虑,电英岩可以被认为是一种富硼的硅铁质建造”。实际上,桂北地区电英岩似乎更象是一种特殊类型的硅质岩,所存在的差别只是硼的高度富集。利用硅质岩的 TiO_2 、 Al_2O_3 、 K_2O 和 Na_2O 组分可以较好地确定其成因类型。在 TiO_2 — Al_2O_3 和 Al_2O_3 — $\text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O}$ 二元图解(图6和图7)上,L线比较有效地区分出生物沉积成因与海底热液沉积成因的硅质岩。在L线之下为生物沉积硅质岩区,在L线之上为海底热液沉积硅质岩区。有意义的是桂北地区的硅质岩投影点与火山弧区的硅质岩、海底热卤水沉积的硅质岩、沙利文Pb—Zn—Ag矿区的电英岩(韩发、Hutchison^[21],1989)的投影点同入一区,且与沙利文电英岩的投影点最为接近。后者被认为是一种典型的由海底喷气作用所形成的块状贱金属硫化物矿床。

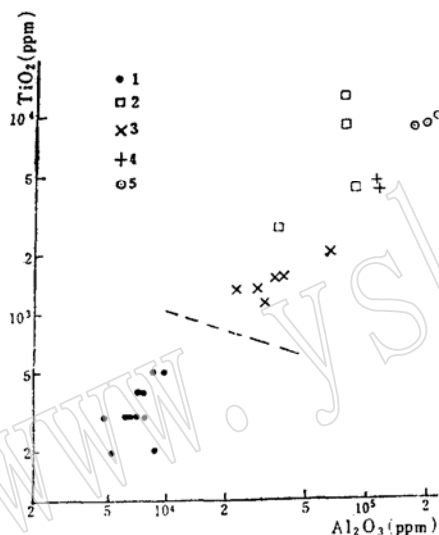


图6 不同成因类型硅质岩的 TiO_2 — Al_2O_3 图解

Fig. 6 TiO_2 — Al_2O_3 diagram of different genetic types of siliceous rocks

1—生物成因硅质岩; 2—火山弧区硅质岩; 3—与海底热卤水有关的热液沉积硅质岩; 4—加拿大沙利文铅—锌矿区电英岩; 5—桂北地区层状电英岩

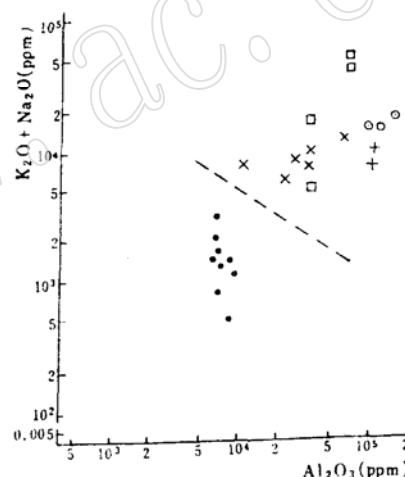


图7 不同成因类型硅质岩的 Al_2O_3 —($\text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O}$)图解(图例同图6)

Fig. 7 Al_2O_3 —($\text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O}$) diagram of different genetic types of siliceous rocks

由于层状电英岩粒度十分细小,很难分离出单矿物,因此利用全岩进行了氧同位素分析,四件样品的 $\delta^{18}\text{O}$ 值为9.7—12.3‰,平均10.5‰。其 $^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$ 比值与空间上紧邻变泥岩的比值十分相似。

选择了两件层状电英岩,一件黑云母花岗岩和一件脉状电英岩进行了硅同位素分析。所得到的数据表明脉状电英岩与黑云母花岗岩有着相同的 $\delta^{30}\text{Si}$ 值(0‰);层状电英岩的 $\delta^{30}\text{Si}$ 值为0.3和0.7‰,类似于古大陆裂谷带中硅质岩的 $\delta^{30}\text{Si}$ 值(平均0.4‰)(宋天锐和丁悌平,1989)。

3. 脉状电英岩成因

桂北地区在雪峰期是龙胜 NS—NNE 向板块俯冲带的弧后地带,黑云母花岗岩体在挤压

环境中由地壳重熔生成(毛景文、宋叔和、陈毓川^[1], 1988)。如前所述, 黑云母花岗岩是一种典型的富硼花岗岩, 并以含有大量的电气石包体而具特色。这些电气石包体呈球状, 直径1—15cm, 以球心为核心呈放射状排列。电气石包体在空间上的分布有鲜明的分带性, 即从岩体的中心相、过渡相到边缘相, 密度逐渐增大。电气石包体在花岗岩体的凸起部位最为富集, 常呈串珠状或成群产出。在岩体凸起的内外接触带, 通常是脉状电英岩脉发育的地带, 还可以见到部分电英岩脉从岩体连续过渡到围岩。

脉状电英岩与晚元古代黑云母花岗岩体的成因联系除了密切的时空关系外, 还有以下几点论据:

毛景文等^[2](1988)研究表明研究区内的黑云母花岗岩在成岩之前岩浆本身已经历了多级分馏作用。因而硅质、碱质(K、Na)、挥发组分(B、F、P)、酸性不相容(Li、Be、Nb、Ta、U、Th、Rb、Zr、Hf)和成矿(Sn、Cu)等元素于岩体凸起部位高度富集。分析研究表明, 区内的脉状电英岩的化学组成同样富有以上几种组合元素, 显示了对岩体的地球化学继承性。这一特点也可以由电英岩的矿物组合即: 石英、电气岩、黑云母、白云母、钾长石、钠长石、磷灰石、萤石、锆石、黄铜矿、黄铁矿得到反映。

在一洞锡矿区, 通过对一条电英岩脉不同标高石英的流体包裹体均一化温度的系统测试, 发现从下部到上部有温度递减的变化趋势, 即从300m标高的以花岗岩体为主岩到450m、487m、500m、702m和750m标高的以粉砂岩或镁铁质熔岩为主岩的同一电英岩脉, 其成岩平均均一化温度分别为405℃、396℃、380℃、375℃、355℃和350℃。

此次工作选择用脉状电英岩中的6件石英和3件锡石单矿物进行了氧同位素测试, 其中石英和锡石的 $\delta^{18}\text{O}$ 值域分别为8.5—9.3‰和2.7—8.5‰。根据矿物的这些氧同位素数据和各自的流体包裹体温度, 按同位素分馏公式: $\Delta_{\text{石英}-\text{水}} = 3.38 \times 10^6 T^{-2} - 3.4$ (R. N. Clagton and I. R. O'Neil, 1972) 和 $\Delta_{\text{锡石}-\text{水}} = 0.09 \times 10^6 T^{-2} - 2.05$ (徐文忻, 1987) 求到电英岩的成岩溶液中水的 $\delta^{18}\text{O}$ 水值域为4.02—8.69‰。电英岩脉距花岗岩体的距离越近, $\delta^{18}\text{O}$ 水值越大, 而区内黑云母花岗岩的 $\delta^{18}\text{O}$ 水值域为8.35—12.86‰。由此可以说明, 从花岗岩体分馏出的流体向岩体外运移和成岩成矿时, 混入了越来越多的大气降水。

由上述资料和讨论, 可以得到一个结论: 桂北地区层状和脉状电英岩在产状、结构、构造、矿物组合复杂程度、化学组分、电气石成分等方面有着明显的差异性。它们分别代表着早元古代裂谷环境和晚元古代板块聚合环境的产物。由于区内的电英岩本身就是锡矿体或矿化岩石, 因而也反映了各期锡矿化的成因以及锡在地质历史中的演化特点。该区电英岩型锡矿化多次发生的原因不仅与构造活动有关, 而且也由区域富硼和锡的地球化学所决定。

由于篇幅所限, 在文章中所引用的参考文献未能一一列出, 特向有关作者致以歉意。

参 考 文 献

- [1] Taylor, R. G., 1979, *Geology of tin deposits*, Elsevier Scientific Publishing Company.
- [2] Plimer, I. R., 1980 *Exhalative Sn and W deposits associated with mafic volcanism as precursors to Sn and W deposits associated with granites*, *Mineralium Deposita*, 15: 275-289.
- [3] Rumold, W. R., 1909, *The origin of the Bolivian tin deposits*, *Econ. Geol* 4: 321-364.
- [4] Sillitoe, R. H., Halls, C. and Grant, J. N., 1975, *Porphyry tin deposits in Bolivia*, *Econ. Geol.* 70: 913-927.

[5] Schneider, H. J. and Lehmann, B., 1977, Contribution to a new genetical concept on the Bolivian tin province, In: Klemm, D.D. and Schneider, H.J. (eds), Time-and strata-bound ore deposits. Springer, Berlin, Heidelberg, New York, 153-168.

[6] 陈毓川, 黄民智等, 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59卷, 第3期, 228—240.

[7] 毛景文, 宋叔和, 陈毓川, 1988, 桂北地区火成岩系列和锡多金属矿床成矿系列, 北京科学技术出版社.

[8] Plimer, I.R., 1987, The association of tourmalinite with stratiform scheelite deposits, Mineralium Deposita 22: 282-291.

[9] Slack, J.S., Herriman, N., Barnes, R.G. and Plimer, I.R., 1984, Stratiform tourmalinites in metamorphic terranes and their geologic significance, Geology 12: 713-716.

[10] Taylor, B.E. and Slack, J.S., 1984, Tourmalines from Appalachian-Caledonian massive sulfide deposits: textural, chemical and isotopic relationship, Econ. Geol. 79: 1703-1726.

[11] Henry, D.J., Guidott, C.V., 1985, Tourmaline as a petrogenetic indicator mineral: an example from the staurolite-grade metapelites of NW Maine, American Geologist 70: 1-15.

[12] Ethier, V.G., Campbell, F.A., 1977, Tourmaline concentrations in Proterozoic sediments of the southern Cordillera of Canada and their economic significance, Can. J. Earth Sci. 14: 2348-2363.

[13] Plimer, I.R., 1986 Tourmalinites from the Golden Dyke Dome, Northern Australia, Mineralium Deposita 21: 263-270.

[14] Barnes, R.G., 1982, Stratiform and stratabound tungsten mineralization in the Broken Hill Block, N. S. W. Jour. Geol. Aust. 30: 225-239.

[15] Barnes, R.G., 1982, Mineralization of the Broken Hill Block, Proc. Aust. Inst. Min. Metall. Conf. Broken Hill: 71-79.

[16] Benvenuti, M., Lattanzi, P., 1989, Tourmalinite-associated Pb-Zn-Ag mineralization at Bottino, Apuane Alps, Italy: Geologic setting, mineral textures and sulfide chemistry. Econ. Geol. 84: 1277-1292.

[17] Rankama, K. and Sahama, T. G., 1950, Geochemistry. University of Chicago Press, Chicago, IL. 912.

[18] White, D.E. and Roberson, C.E., 1962, Sulfur Bank, California. a major hot spring quicksilver deposit. in: Petrologic studies, Edited by A.E.J. Engel., H.L. James and B.F. Leonard. Geological Society of America. Buddington Volume: 397-428.

[19] Hendricks, R. L., Reisbick, F. B., Mahaffey, E. J., Roberts, D. B. and Peterson M. A., 1969, Chemical composition of sediments and institial brines from the Atlantis II, Discovery, and Chain Deep. in hot brines and recent heavy metal deposits in the Red sea, Edited by E.T. Degens and D.A. Ross. Springer-Verlag. New York. NY. 407-440.

[20] Henley, R.W., Truesdell, A.H., Barton, P.B., 1984, Fluid-mineral equilibria in hydrothermal systems. Reviews Econ. Geol. 1: 15.

[21] 韩发, R.W. Hutchinson, 1989, 大厂锡多金属矿床热液喷气沉积的证据——含矿建造及热液沉积岩, 矿床地质, 第8卷, 第2期, 25—40.

Two Types of Tourmalinite from Northern Guangxi, China and Their Use as an Indication for Metallogenic Environments

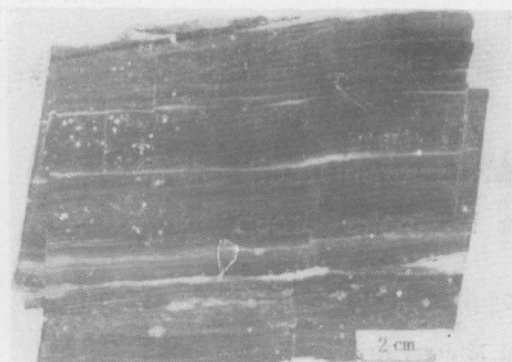
Mao Jingwen Chen Yuchuan
(Chinese Academy of Geological Sciences)

Chen Qingxun Yang Kaitai
(Guangxi Petroleum Geological Team, Liuzhou, China)

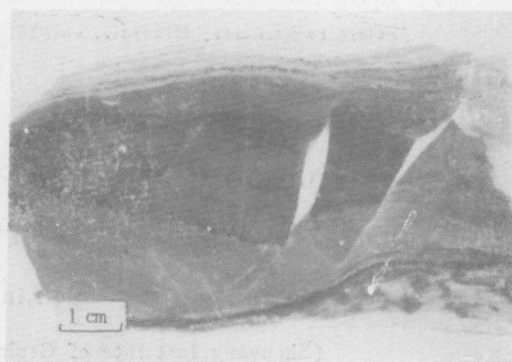
Key words: tourmalinite; metallogenic environment; indication

Abstract

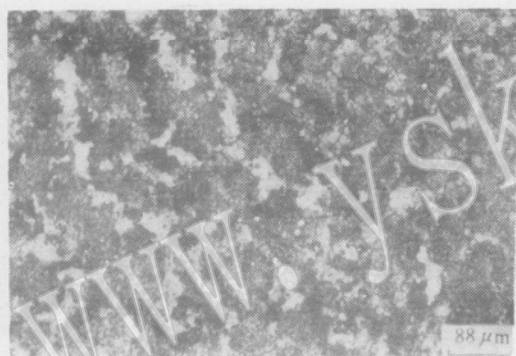
The extensive development of tourmalinites is a major feature that distinguishes the northern Guangxi tin polymetallic metallogenic province of China from the other similar metallogenic provinces (belts). There are two types of tourmalinite in the province. The first type, occurring in the lower part of the Lower Proterozoic Sibao Group, is bedded, stratoid or lenticular tourmalinite. The laminated structure and gel and degel structures are well developed in this type of tourmalinite. Its mineral composition is very simple and the grain size of the minerals ranges from 2 to 8 μm . Tourmaline is rich in Mg, with a $\text{FeO}/(\text{FeO} + \text{MgO} + \text{MnO})$ ratio of 0.191–0.653. The second type of tourmalinite occurs as lodes and is strictly controlled by faults. It is distributed in the exocontact zone of Late Proterozoic biotite granite. Its mineral composition is relatively complex; the minerals are present in euhedral or subhedral crystals ranging in grain size from 0.1 to 3.5 mm, mostly from 0.5 to 1 mm. Tourmaline usually exhibits radiating and zoned structures, with a $\text{FeO}/(\text{FeO} + \text{MgO} + \text{MnO})$ ratio of 0.639–0.849. On the basis of the above-mentioned features coupled with geochemical studies and an extensive correlation of research results of tourmalinites from various parts of the world, it is suggested that bedded tourmalinite was formed by exhalation in an Early Proterozoic continental-margin depression, while lode tourmalinite was formed in a plate convergence environment and was genetically associated with Late Proterozoic biotite granite. As tourmalinites themselves are orebodies or mineralized rocks in the study region, the origin of the tourmalinites and their evolution in the geological history also reflect the formation and evolution of tin polymetallic deposits.



照片 1. 层状电英岩的层纹状构造



照片 2. 层状电英岩的交错层理构造



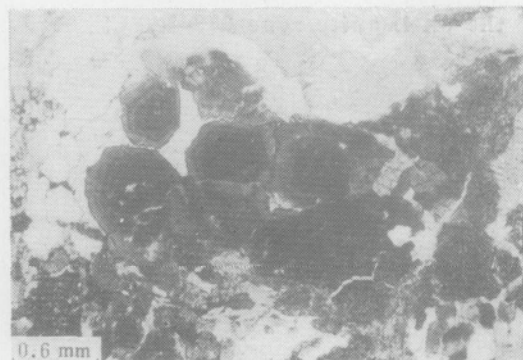
照片 3. 层状电英岩的脱胶构造



照片 4. 层状电英岩的自形晶电气石包含几个到几十个圆形及椭球形微晶电气石和石英



照片 5. 脉状电英岩中电气石的放射状构造



照片 6. 脉状电英岩中电气石的环带构造