地 质 学 报
1988 年 ACTA GEOLOGICA SINICA 第 4 期
http://www.geojournals.cn/dzxb/ch/index.aspx

云南腾冲地区火成岩系列和锡多金属矿床成矿系列的初步研究

毛景文*
(中国地质科学院矿床地质研究所,北京)

本文讨论了腾冲地区燕山晚期—喜山期与锡多金属矿床有关的火成岩系列和成矿系列。火成岩系列的多级分异演化导致矿质和有益于成矿的元素聚集于晚阶段岩体的隆起部位。成矿系列表现为以岩隆为核心,空间上有铌、钽、钨、锡→锡、铁→锡的元素分带性,时间上有多阶段的规律性。最后提出了区内锡多金属矿床成矿系列的成矿模型及锡成矿三要素说。

一、地质背景

1. 地层与构造

腾冲锡多金属成矿带位于黄汲清教授所划分的冈底斯-念青唐古拉燕山褶皱系腾冲褶皱束,属于东南亚锡矿带西亚带的北延部分,长 230km, 宽 100km, 向南和向北入缅甸境内(图 1)。区内的东、西和南三面为前寒武系 (An∈) 深变质岩,由片岩、片麻岩、变粒岩、混合岩夹大理岩、斜长角闪岩组成, 厚逾 15000m, 尚未见底, 在局部地区逐渐过渡到片麻状花岗岩。 在前寒武系之上是勐洪群 (Cmh), 二者之间均以断层形式接触。勐洪群厚约 8000m, 可分为 8 个岩性段。上部灰绿色砂岩、板岩夹碳质板岩;顶部有碳酸盐岩;中部灰紫色粉砂岩、细砂岩及含砾砂岩;下部以灰绿色板岩、粉砂岩为主,夹细、粉砂岩。

腾冲复背斜在腾冲以北构造线呈南北向,以南为北东向,构成了一个向南东突出的弧形体,区内的地层和岩体受它的控制也均呈弧形展布。

2. 花岗质岩石的分布

区内花岗质岩石十分发育,出露面积达 4000km², 约占总面积的 30%。 主要岩类有碱性长石花岗岩、花岗闪长岩、二长花岗岩及花岗斑岩、石英斑岩、石英闪长岩和细晶闪长岩。可划为 4 个岩带:

(1) 平和花岗岩体(带): 岩性是花岗闪长岩,生成时代约 493Ma 左右。

(2) 东柯-明光岩带: 主要岩性是花岗闪长岩和二长花岗岩及花岗斑岩、石英斑岩。

---

* 参加工作的还有张士鲁和 Ph. Rossi.

本文于 1987 年 11 月在北京由中国地质学会召开的首届全国青年地质科技工作者学术讨论会上被选为大会优秀论文。作者毛景文,男,生于 1956 年 12 月,1978 年毕业于河北地质学院,1982 年于中国地质科学院研究生部获硕士学位,现为中国地质科学院矿床地质研究所助理研究员。

本文于 1988 年 3 月改回,季国容编辑。

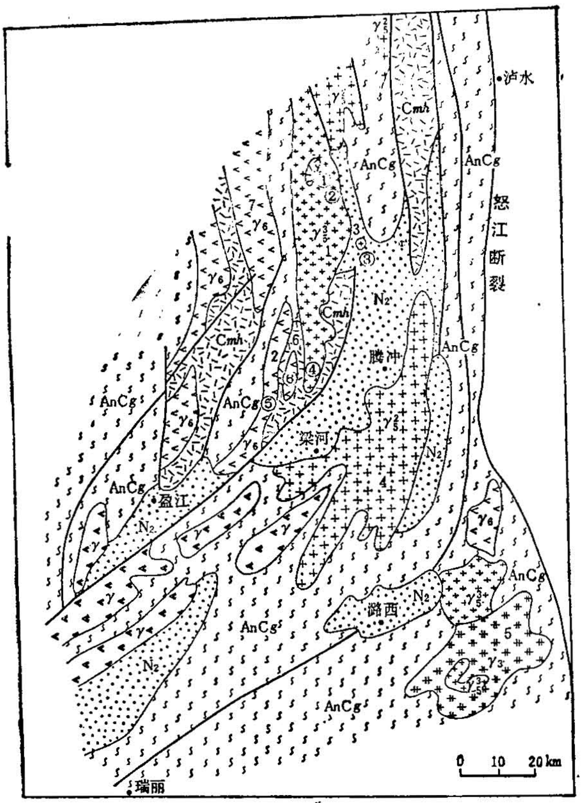


图 1　腾冲地区地质和锡矿分布略图

Fig. 1　Map of the geology and the distribution of tin deposits in Tengchong area, Yunnan

AnЄ$_g$ 前寒武系高黎贡群；Cmh 石炭系勐洪群；N_2 第三纪沉积物；γ_3 加里东期花岗岩；γ_5^2 燕山中期花岗岩；γ_5^3 燕山晚期花岗岩；γ_6 喜山期花岗岩；γ 时代不明花岗岩；1. 古永岩体；2. 来利山岩体；3. 铁窑山岩体；4. 明光岩体；5. 平和岩体；6. 新歧岩体；7.槟榔江岩体；① 小龙河锡矿；② 老厂锡矿；③ 铁窑山锡矿 ④ 老平山锡矿；⑤ 来利山锡矿；⑥ 新歧锡矿

成岩时代约 112—193Ma。

(3) 古永花岗岩带(体)：由走向南北的古永岩体和一些斑岩脉组成，岩性为碱性长石花岗岩及花岗闪长岩。在主岩体侵位前后有石英闪长岩脉出现。该岩带的生成时代约 72—75Ma，为燕山晚期的产物。

(4) 槟榔江岩带：由来利山、新歧和槟榔江等几个复式岩体组成（图 1)。其最早相是闪长岩脉，部分呈残体散布于主岩体花岗闪长岩中；在花岗闪长岩之后有二长或(和)碱性长石花岗岩体呈补充岩体形式出现。该岩带的形成时代为 60—40Ma，属喜山期。

本区西南隅有几个具片麻状构造的花岗岩体，其组成矿物与槟榔江岩带相似。故推测它们为喜山期的产物。

第三和第四岩带的花岗质岩石是本区典型的含锡花岗岩，在其周围有良好的锡多金属矿化现象，并形成了一系列矿床。

二、与锡多金属有关的火成岩系列的演化特点

在腾冲地区与锡多金属矿床有关的燕山晚期—喜山期火成岩主要包括来利山岩体、新歧岩体、铁窑山岩体和古永岩体。尽管它们的成岩时代稍有差异，但均是复式岩体，其岩石系列表现为：石英闪长岩(脉)→花岗闪长岩→二长或（和）碱性长石花岗岩→细晶闪长岩或辉绿岩(脉)。 花岗闪长岩往往构成主岩体，在其上或侧边有二长或(和)碱性长石花岗岩补充岩体(与前者以侵入或断层形式接触)。闪长岩脉成群或零星分布于主岩体周围，或呈包体散布于主岩体内。 这些岩体曾经历了两次明显的分馏作用，其特点如下：

1. 从花岗闪长岩到二长或(和)碱性长石花岗岩，岩石、矿物和元素演化的特点

(1) 矿物组合：花岗闪长岩的造岩矿物有中—奥长石、钾长石、石英、黑云母和角闪石；副矿物包括榍石、褐帘石、磁铁矿、钛铁矿、锆石和磷灰石。 二长或(和)碱性长石花岗岩中的造岩矿物组合为钾长石、钠长石、石英和黑云母；副矿物组合是锆石、钛铁矿、磁铁矿、独居石、褐帘石、细晶石、磷灰石、锡石、黑钨矿、黄铁矿和毒砂等。

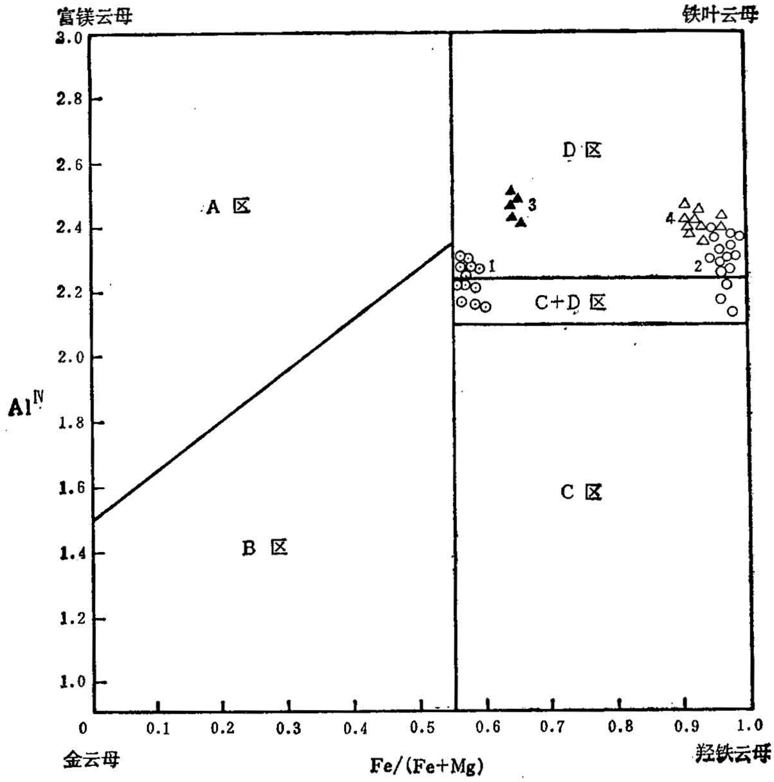


图 2　黑云母中的 Fe/(Fe + Mg) 与 Al^{IV} 关系图

Fig. 2　Fe/(Fe + Mg) versus Al^{IV} for biotites

A. 铁-铜-钼花岗岩区； B. 钼-铜花岗岩区； C. 铌-钽-钨-锡花岗岩区； D. 锡多金属花岗岩区；
1. 古永花岗闪长岩；2. 古永二长或(和)碱性长石花岗岩；3. 来利山花岗闪长岩；4. 来利山二长或(和)碱性长石花岗岩

（2）斜长石和钾长石：从花岗闪长岩到二长或(和)碱性长石花岗岩，斜长石酸性程度增强，钙长石分子变化范围由12.16—50.85至0—5.17[1)]；而钾长石中的钠长石分子含量逐渐降低，从13.12—34.73到1.82—11.47。在花岗闪长岩中，斜长石和钾长石的成分环带明显，从一矿物的核心到边缘，钙长石分子(斜长石)和钠长石分子(钾长石)不断降低。

（3）黑云母：笔者将我国260多个与铁、铜、锡、钨、钼、铌和钽矿床有关花岗岩的黑云母分析数据投影于 Fe/(Fe + Mg) 与 Al^{IV} 关系图中，初步确定了不同矿化花岗岩的区间位置(图2)。腾冲地区的花岗闪长岩和二长或(和)碱性长石花岗岩全部落入D区，表明二者都是与锡多金属矿化有关的花岗质岩石。从花岗闪长岩到二长或（和）碱性长石花岗岩，黑云母的铁质组分明显增加，而Al^{IV}变化微弱。

（4）岩石化学：从花岗闪长岩到二长或(和)碱性长石花岗岩，SiO_2，$Na_2O + K_2O$，$MgO + FeO^T$（百分含量)由69.75，7.48，5.30到75.10，7.83和1.90；分异指数（DI）从56.67到90.99。

（5）部分痕量元素：由图3可以看出，在岩石演化过程中，铷、铌、铀、钍、钇、钐、氟和锡得以富集；钡、锶、锆、钛、镧和铈则逐渐贫化。

（6）稀土元素：来利山岩体和古永岩体的稀土元素球粒陨石标准化图形(图4)均显

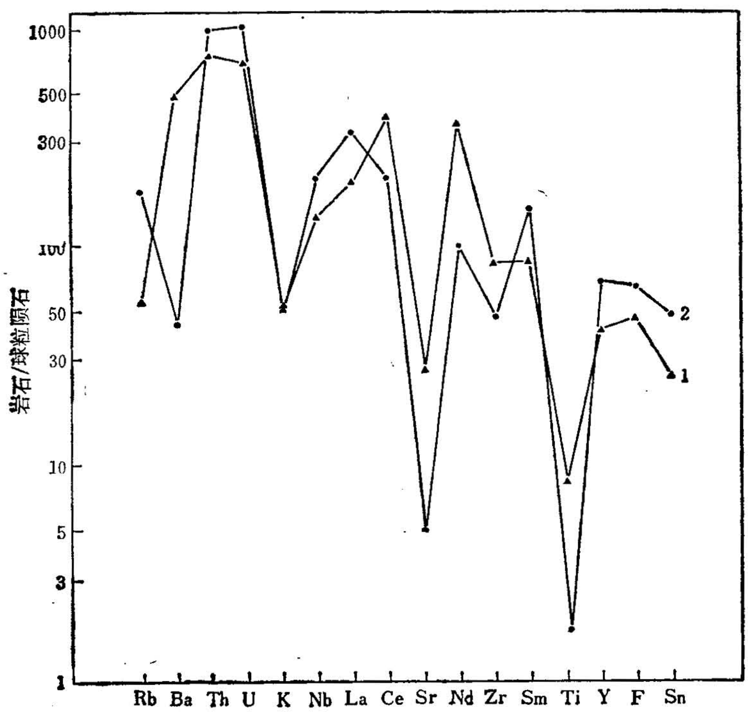


图3　花岗质岩石中某些痕量元素的球粒陨石标准化模型图

Fig. 3　Chondrite-normalized trace element parttens for the granitoid rocks

1．花岗闪长岩；2．二长或(和)碱性长石花岗岩

1）本文中的岩石化学、微量元素(包括稀土元素)、同位素及包裹体测温度等资料均在法国地质中心完成。

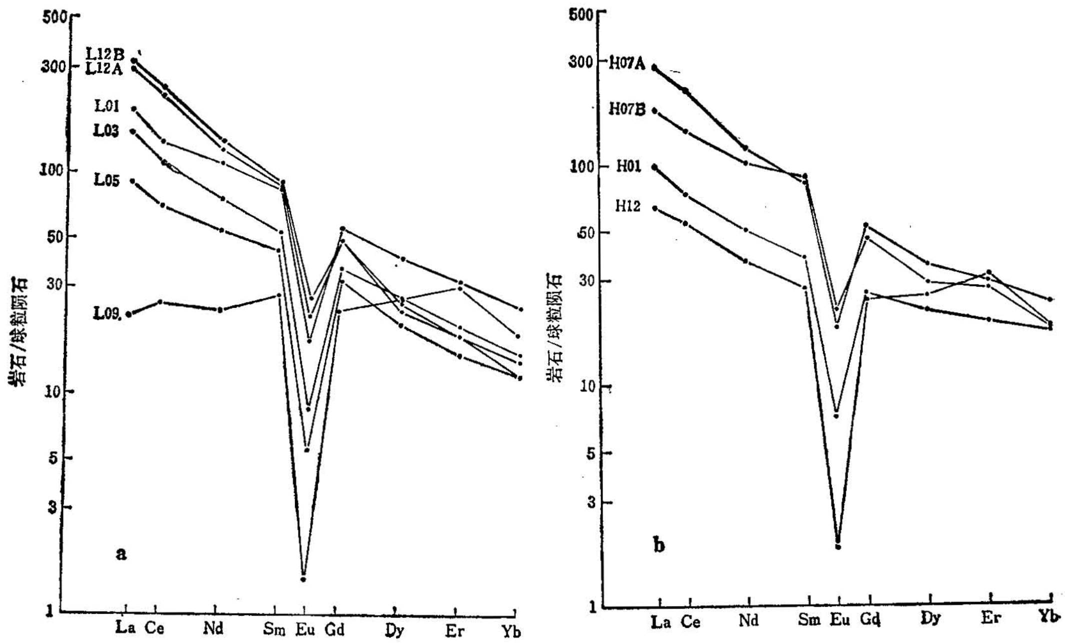


图 4 花岗质岩石稀土元素分布模型图

Fig. 4. Chondrite-normalized REE parttens for the granitoids

a. L12A, L12B 来利山花岗闪长岩; L01, L03, L05, L09 来利山二长或(和)碱性长石花岗岩; b. H07A, H07B 古永花岗闪长岩; H01, H12 古永二长或(和)碱长花岗岩。注: 从 L01→L03→L05→L09, 从 H01→H12 分别代表从岩体中心到其岩隆部位的有序采样

示出,从花岗闪长岩到二长或(和)碱性长石花岗岩,稀土元素总量、轻稀土元素减少,重稀土元素相对增高 δEu 值由 0.312 降至 0.117。

综上所述,在岩浆演化过程中,其酸性程度增强, Fe/(Fe + Mg) 值升高,硅质、碱质、挥发组分和成矿元素大大富集。此次有用物质的集中对以后的成矿起到了积极的作用。

2. 从二长或(和)碱性长石花岗岩体内部到岩隆处,岩石、矿物和地球化学的变化趋势

(1) 矿物组合: 本次分异作用发生于同一岩体内,其主矿物组分仅有量变而无质变。从岩体内部到其岩隆部位,石英和钾长石含量增加,黑云母减少;副矿物则表现为铌铁矿、钽铁矿、黑稀金矿、晶质铀矿、细晶石、黄铜矿、黄铁矿、毒砂、锡石和黑钨矿骤增,原有的磁铁矿、钛铁矿、锆石、独居石、钍石和烧绿石等相对减少。

(2) 化学成分: 从二长或(和)碱性长石花岗岩体内部到其岩隆部位, 硅质、碱质、挥发组分和锡多金属进一步浓集。分异指数从 90.01 上升到 93.80。

(3) 稀土元素: 由图 4 可知,自岩体中心到其岩隆部位, 轻稀土元素含量继续下降,重稀土元素相对增高, δEu 变化从 0.160 到 0.062。

以上证明,二长或(和)碱性长石花岗岩本身所发生的物质再分配作用,导致了成矿物质及有益于成矿的物质进一步富集,以致于形成了成矿源岩。

三、与花岗质岩石有关的锡多金属矿床的成矿系列和成矿模式

本区与燕山晚期至喜山期花岗质岩石有关的锡多金属矿床分布广泛，类型较多，在空间上表现为以花岗岩为核心的铌、钽、锡、钨→锡、铁→锡的元素分带性；在时间上具有多期多阶段的规律性，并构成了一个完整的成矿系列。

1. 矿化蚀变阶段性

从二长或(和)碱性长石花岗岩结晶晚期到岩浆期后，矿化蚀变产出序次为：

(1) 矽卡岩型锡矿化阶段：二长或(和)碱性长石花岗岩侵位之后，在岩隆部位挥发组分和部分硅质碱质元素首先相对聚集。而石炭系勐洪群砂质泥页岩可塑性较大，在一定程度上对岩浆房起到了屏蔽作用，致使岩浆中活性组分很难逸散。因此，那些活动能力较强的物质，或离子开始与富钙的粉砂质岩石相互作用，围岩中的铁质和钙质组分大量参与了交代作用，结果产生了钙铁榴石-透辉石矽卡岩。在这种条件下，限于封闭环境，氧逸度较低，因而伴随矽卡岩的矿质组分一般是磁铁矿。溶液中活度较高的锡元素则均匀地分配于磁铁矿中取代 Fe^{3+}。在局部，当锡活度 ($a_{Sn^{4+}}$) 足够高时，有细粒锡石晶出。

(2) 钾长石化阶段：由于二长或(和)碱性长石花岗岩本身具有较高的钾活度(a_{K^+})，所以在岩隆部位出现的是以钾长石为代表的钾质矿物对业已晶出的固体花岗岩进行交代，钾长石交代钠长石生成反应边结构。还可见到钾长石交代黑云母的现象。这些钾长石以正长石居多，也有少许有序度较低(<0.7)的微斜长石。

(3) 钠长石稀有金属矿化阶段：当钾质交代作用接近尾声时，钠离子相对富集，并生成钠长石。此时，与其有关的铌、钽、锆、铪、锡和钨等络合物同时解体，结晶出一系列零散分布的稀有矿物，如细晶石、铌铁矿、钽铁矿、铌钽铁矿、锆石、黑钨矿和锡石等。细小的板状钠长石集合体与稀有矿物相伴生，也有钠长石交代钾化所生成的正长石以及在岩体中原生斜长石边缘次生长大。

(4) 云英岩型锡矿化阶段：云英岩中有大量的白云母，白云母的出现标志着在岩隆部位以水为主的流体的急剧增加。这时由于体系外部水溶液的积极参与，致使本次矿化蚀变极为广泛，不仅原岩中的黑云母、钠长石和钾长石几乎全部解体，而且钾化、钠化和矽卡岩化所形成的矿物也受到了不同程度的交代。原封闭在黑云母和磁铁矿中的 Sn^{4+} 也部分释出而加入热水溶液，最终导致了一场强烈的矿化蚀变作用在此伊始。因而，在岩隆处有面型浸染状的云英岩型锡矿石，在岩体内外接触带有平行和垂直接触面的云英岩型矿脉。如果当成矿气液所产生的内压足够大时，则于岩体周围(包括早生成的矽卡岩)形成裂隙系统，云英岩及所伴随的矿质交代沉淀于其内。另外，在相对开放系统中，地层内的硫和铁参与了成岩成矿作用，结果伴随云英岩锡矿化有大量的黄铁矿产生。

(5) 石英萤石阶段：在云英岩化的晚期阶段，由于温度降低及物理化学条件的改变，生成了适宜于中低温条件下存在的硅氟锡络合物，这些络合物随热水溶液在向压力减小方向的运移途中沉淀于裂隙内，形成了低温组合的锡矿化。这类矿体常分布于云英岩型矿体或矽卡岩型矿体之外。在矿液沉淀时，如果有较好的保存环境，氟不易挥发，可生成萤石-石英-锡石矿脉，否则则形成锡石(或木锡矿)-石英(或蛋白石)矿脉。同时，在岩体

内或矿脉周围，还分布有萤石矿脉。

(6) 碳酸盐化阶段：纵观我国各大锡矿床，不难发现在不同时代、不同规模的与花岗岩有关锡矿床成矿系列中，碳酸盐化总是作为该系列结束的标志，腾冲地区也不例外。这可能是热水溶液酸碱性质变化(即从碱性到酸性再至弱碱性)的一种具体表现。

2. 矿化作用的空间分带性

矿化作用在空间上的分带性表现为，在二长或(和)碱性长石花岗岩岩隆部位向外有钠长石稀有锡-钨矿化→云英岩型锡矿化→矽卡岩型铁-锡矿化→脉状氟-锡矿化。

与我国其它地区对比，本区燕山晚期—喜山期的绝大部分锡矿床产于岩体的内接触带及近邻的外接触带中，所有的矿化蚀变作用明显地表现出花岗岩系热源和矿源。自花岗闪长岩→二长或(和)碱性长石花岗岩→矿化蚀变岩是同一地质作用的连续产物，分馏作用是成岩成矿的关键一环。据以上特点，初步提出腾冲地区与燕山晚期—喜山期花岗岩有关的锡多金属矿床成矿系列的成矿模式(图 5)。模式中所显示的温度梯度特征、同位素演化规律等参数将有另文专门介绍和探讨，此不赘述。

四、成岩成矿物质来源和含钙花岗岩的生成途径

1. 含锡花岗岩的成岩物质来源

关于腾冲地区锡花岗岩的成岩物质来源问题，目前正在探讨之中。陈吉琛等[1)](1985)将这一套与锡矿床有关的花岗岩统称为深层花岗岩，认为它们是在中深层条件下由地壳重熔而成的岩石；而张士鲁[1](1986)则倾向于这些岩浆起源于地壳深处，但并非是含锡花岗质岩浆，只有当其侵位于富锡的石炭系勐洪群(矿源层)之后，从地层中汲取了矿质，才成为含锡花岗岩。笔者认为含锡花岗岩起源于下地壳，定位于上地壳(约 4—1km 深处)，成岩成矿物质很可能来自前寒武纪的高黎贡群，现有证据如下：

(1) 无论是花岗闪长岩还是二长或(和)碱性长石花岗岩，其 $^{87}Sr/^{86}Sr$ 初始值均大于 0.7100，表明其成岩物质来自地壳，这一结论与钐-钕同位素 (εNd[2)] = −8.47 — −10.48) 的研究结果相吻合。

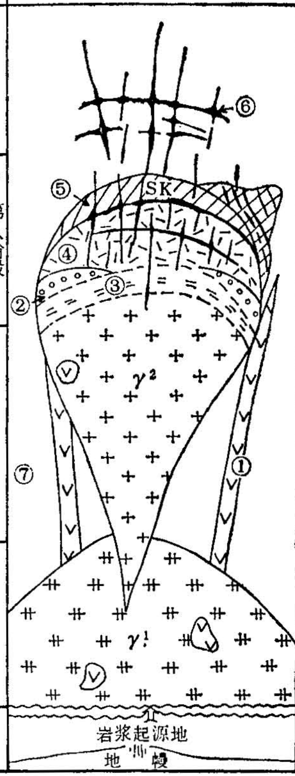
(2) 利用包裹体测定(图 5)、二长石温度计[2]估算和 Ab-Or-Q 实验相图[2]推断三种方法，初步确定腾冲地区与锡多金属矿床有关的花岗质岩石的最低固结温度范围为650—550℃，且花岗闪长岩比二长或(和)碱性长石花岗岩高出 80—60℃。通过地层厚度法计算和 Ab-Or-Q-H_2O 实验相图[3]成岩压力推断，这套岩石的定位深度 4—1km。

(3) 本区内的花岗质岩体与周围地层均为侵入接触，且表现为被动侵位。另外，在岩体接触带尚未见有大规模的接触交代反应，围岩中的矿质很难进入岩体。

(4) 将来利山和古永岩体全岩 $\delta^{18}O$‰ 和 $^{87}Sr/^{86}Sr$ 平均值投在 Hawkesworth[2](1982)图解(图 6)中，其投影点落于地槽沉积物“混杂堆积”区的下缘，表明岩石本身在成岩时曾

1) 范承钧，1985，滇西锡矿带成矿规律及找矿方向。云南地质矿产局科技成果。

2) $\varepsilon Nd = \left[\frac{(^{143}Nd/^{144}Nd)_{样品}}{(^{143}Nd/^{144}Nd)_{标准}} - 1\right] \cdot 10^4$。



成岩成矿阶段		岩石和矿石类型	主要围岩蚀变		成矿温度 (℃)	氧逸度 (fo_2)	氧同位素 ($\delta^{18}O$‰)	成岩成矿深度 (km)
第七阶段		萤石石英锡矿石和木锡矿蛋白石锡矿石	硅化 萤石化 重晶石化		280-180	10^{-10}	+14	1－3
第三阶段	*第八阶段	矽卡岩型锡铁矿石	矽卡岩化	*碳酸盐化	520-400	10^{-30}	+10.3	2－4
第六阶段		云英岩型锡矿石	云英岩化 黄玉化		410-300			
第五阶段		钠长石稀有锡矿石	钠长石化		500-420			
第四阶段			钾长石化					
第二阶段		二长或碱性长石花岗岩，边部是辉绿岩脉、石英闪长岩脉	绢云母化 高岭石化 绿泥石化		620-500	10^{-19}	+9.0	3－8
第一阶段		花岗闪长岩，内部有中基性岩脉的残体	绢云母化 绿泥石化 泥化		700-560	10^{-14}	+8.7	4－10
								35－45

图 5　腾冲地区与燕山晚期—喜山期花岗岩有关的锡多金属矿床成矿系列的成矿模式

Fig. 5. A minerogenetic model of the metallogenic series of the tin polymetallic deposits related to Later Yanshannian-Himalayan granites in Tengchong area

① 石英闪长岩脉；② 钾长石化；③ 钠化稀有金属锡矿体；④ 云英岩化及有关矿体；⑤ 矽卡岩化及有关矿体；⑥ 多金属矿体；⑦ 围岩；γ^1 主体花岗闪长岩；γ^2 补体二长(或钾)碱性长石花岗岩；*晚阶段矿化蚀变叠加在早阶段矿化蚀变之上

受到玄武质岩石的影响。这一资料从侧面说明岩浆房位于距地幔不太远的地方。

(5) 同我国大多数含锡花岗岩一样，本区含锡花岗岩在其侵位之前有石英闪长岩脉先行，定位之末期以细晶闪长岩脉或辉绿岩脉为终端，这暗示成岩物质出于较深的地方。

(6) 在花岗闪长岩中存在有二长岩包体，按其标准矿物在 Q-Ab-Or 实验相图[3]中投影，经计算得到成岩深度约 30—40km。据陈之坤等资料1)腾冲地区的莫霍面深度在47—35km 之间，且从东北向西南逐渐变浅。

(7) 如果按地层出露厚度计算，在腾冲地区，除去地表未出露的寒武系、奥陶系、志留系以外，从白垩系到前寒武系，累计厚度约 26km，而且高黎贡群尚未见底。因此，可以初步估计下地壳可能是高黎贡群。

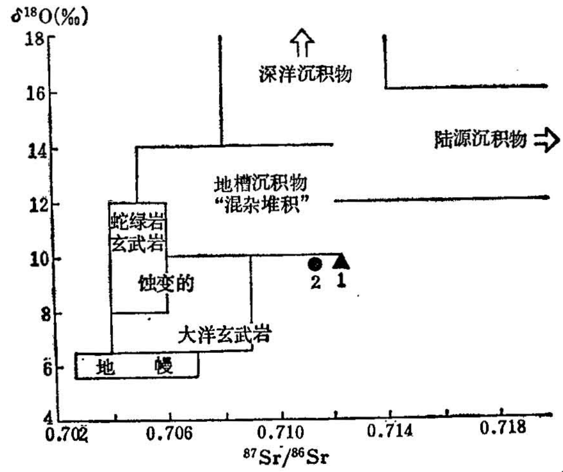


图 6 $\delta^{18}O$‰ 对 $^{87}Sr/^{86}Sr$ 图解

Fig. 6 The diagram showing $\delta^{18}O$‰vs. $^{87}Sr/^{86}Sr$

(据 Hawkesworth, 1982)

1. 来利山二长或(和)碱性长石花岗岩， 2. 古永碱性长石花岗岩

(8) 本区东部的高黎贡山麓中，已发现高黎贡群在强烈变质地带生成了具片麻状构造的花岗岩或混合岩化花岗岩。在这套地层中还发现了一系列含铌、钽矿物和伟晶岩型锡矿脉及锡、钨、铍和铌的地球化学异常区。另外，据吴上龙和栗永德等2)资料，高黎贡群的锡、铷和锂元素含量比地壳克拉克值高出 2—4 倍。说明高黎贡群经过重熔和分异作用形成如今的含锡花岗岩是完全可能的。

2. 含锡花岗岩的生成途径

目前在世界上对含锡花岗岩的生成途径可大致总结为两种假说： 第一种以 B. G. Taylor[4] (1979) 为代表的多旋回成岩成矿论，他认为从前寒武纪到喜山期，在同一地区有多次花岗岩活动，越到晚期对成矿越有利。第二种以 D. I. Groves(1978, 1983)[5,6] 和

1,2) 范承均，1985，滇西锡矿带成矿规律及找矿方向。云南地质矿产局科技成果。

M. Stemprok (1982)[7] 为代表的结晶分异成岩成矿论，他们认为富锡地球化学异常区存在与否是无关紧要的，至关重要的是岩浆分异作用，岩浆分异的越彻底越有利于成矿。

陈吉琛等(1985)在腾冲地区工作时，基本上采用了 B. G. Taylor 的思想，他统计了滇西地区各个时代的矿床数量，按储量加权打分，将所得分数称为各时代花岗岩的成锡能力，其结论是从前寒武纪到喜山期，花岗岩成锡能力越来越强，原因在于地壳日趋成熟。笔者感到这种思路有待商榷。众所周知，在整个地球上，与花岗岩有关的锡矿床总是呈带状分布，其主要的成岩、成矿时代也总是某一阶段或某一时期，并非是最晚的地质作用所形成的花岗岩才是最佳成矿源岩。例如，南美朗多尼亚锡成岩成矿区，非洲大陆边缘成岩成矿带是元古代的产物；澳大利亚新维多利亚-塔斯马尼亚锡成岩成矿带时代为加里东期；西欧的葡萄牙-西班牙-法国-康沃山-厄尔士锡成矿带为海西期；我国华南地区主要是燕山期成岩成矿；苏联远东和我国东北锡成岩成矿带与华南基本类似，而东南亚和我国三江地区及中美玻利维亚—秘鲁一带系燕山至喜山期成岩成矿。以上矿带拥有世界绝大多数(>99%)锡矿床。通过近几年的工作和参阅国内外地质学家和地球物理学家新的研究成果，笔者认为含锡花岗岩和锡矿床的分布取决于三个条件。其一，板块俯冲或碰撞及大陆裂谷作用；其二，具有富锡地球化学场的存在，在锡地球化学场内，不仅地壳富锡，而且地幔也具富锡异常；其三，花岗质岩石的高度分异作用。含锡花岗岩正是在区域构造作用的趋势下产生，通过分异作用将原始分散在地壳(幔)中的锡多金属富集成矿。关于腾冲地区花岗岩的生成途径，我们也应当注意以下三个方面的因素：(1)腾冲地区是一个富锡的地球化学异常区，平均含锡丰度 5.2ppm，比地壳克拉克值高出 2.5 倍，(2)从燕山晚期至喜山期，区域上经历了缅中微板块与腾冲微板块的对峙和相向运动，腾冲地区处于仰冲一侧。这两个微板块的俯冲和碰撞是生成本区花岗岩之主因；(3)正如第二节所述，本区的花岗质岩石经历了多级分异演化作用，其演化的结果于岩隆处构成了锡多金属的矿源。

五、结　　论

1. 腾冲地区锡花岗岩往往呈火成岩系列出现。该系列为石英闪长岩→花岗闪长岩→二长或(和)碱性长石花岗岩→细晶闪长岩或辉绿岩。其起源于 30—40km 的下地壳，定位于 4—1km 的上地壳。前寒武系高黎贡群可能是其成岩成矿源岩。

2. 将腾冲地区与锡矿床有关的成岩成矿作用的制约因素归为三种。第一，该区是一个富锡的地球化学场；第二，自燕山晚期至喜山期，缅中微板块与腾冲微板块的俯冲和碰撞；第三，火成岩系列的高度分异和演化。本文提出了腾冲地区的花岗质岩石经过二级分异作用，即花岗闪长岩从下地壳重熔生成，高侵定位，从花岗闪长岩到二长或(和)碱性长石花岗岩和从二长或(和)碱性长石花岗岩体内部到其岩隆部位。这种多级分异作用导致大量的硅质、碱质、挥发组分和矿质高度集中，为成矿提供了来源。

3. 在火成岩系列演化的末期，矿化蚀变作用继而伊始。它们以多阶段形式出现，从早到晚有矽卡岩型锡矿化阶段→钾长石化阶段→钠长石稀有锡矿化阶段→云英岩型锡矿化阶段→硅氟锡矿化阶段→碳酸盐化阶段。这些多阶段矿化蚀变作用在时间上跨越燕山晚期和喜山早期(72—40Ma)，在空间上形成了以二长或(和)碱性长石花岗岩岩隆为中心的 Nb, Ta, Sn, W→Sn, Fe→Sn 的元素分带，它们构成了一个完整的成矿系列。基于目前

的研究，本文初步提出了腾冲地区锡多金属火成岩系列和成矿系列的成矿模式。

笔者在工作和撰写本文过程中曾得到裴荣富、陈毓川、赵一鸣、洪大卫和林文蔚等专家和云南省地质矿产局及法国地质中心的指导和帮助，值此一并致谢。

参 考 文 献

[1] 张士鲁，1986，云南腾冲锡矿带地质背景与锡矿类型。矿床地质，第5卷，第1期，第19—26页。

[2] 洪大卫等，1987，福建晶洞花岗岩带的岩石学和成因矿物学。第92—98页，北京科学技术出版社。

[3] Tuttle, O. F. and Bowen, N. L., 1958. Origin of granite in the light of experimental studies in the system $NaAlSiO_8$-SiO_2-$KAlSi_3O_8$-H_2O_8 Geol. Soc. An: Mem, Vol. 74, pp. 1—153.

[4] Taylor, B. G., 1979, Geology of tin deposits. Elsevier Scientific Publishing Company. pp. 50—120.

[5] Groves, D. I. and Mccarthy, T. S., 1978, Fractional crystallization and the origin of tin deposits in granitoids. Mineral Deposita, Vol. 3, pp. 11—26.

[6] Groves, D. I., 1983, Vertical geochemical zonation within tin-bearing granite sheets, Blue Tier Batholith, NE Tasmania. Metallization associated with acid magmatism, Vol. 3, pp. 205—215.

[7] Stemprok, M., 1982, Differentiation of some elements by orebearing granites. Metallization associated with magmatism, Vol. 3, pp. 393—402.

THE IGNEOUS ROCK SERIES AND THE TIN POLYMETALLIC MINEROGENETIC SERIES IN THE TENGCHONG AREA, YUNNAN

Mao Jingwen

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

Abstract

In this paper the igneous rock series and the metallogenic series are studied. The igneous rock series consisting of quartz-diorite, granodiorite, monzonitic/alkali-feldspar grainte, diorite and diabase, originated in the lower crust and was emplaced in the upper crust. Two stages of magmatic differentiation reflected in zones from granodiorite to monzonitic/alkali-feldspar granite and from the interior of monzonitic/alkali-feldspar granite to its cupola has led to great enrichment of silica, alklis, volatiles, some incompatible elements and metallogenic elements in the cupola of the monzonitic/alkali-feldspar granite. The metallogenic series of the tin polymetallic deposits in the Tengchong area shows a zoning of Nb-Ta-W-Sn, Sn-Fe and Sn around the cupola of the monzonitic/alkali-feldspar granite in space and a regularity of multi-stage in time. Based on the study of tin minerogenesis in the Tengchong area and comparison with the research status in this field over the world, a new idea on tin minerogenesis has been put forward, which includes three major factors: a primitive tin-rich geochemical field, plate subduction-collision-rifting, and high differentiation of igneous rocks series.