

某地錫矿原生矿成矿作用的特点

姚 金 炎

某地錫矿是重要矿区之一。本文主要着重阐述矿田、矿床的分布规律，与錫矿床有关的火成岩及岩浆期后作用过程的特点。

一、某錫矿区及其中矿田矿床的分布规律

该錫矿区大地构造位于滇桂台向斜之西缘。区内主要的地质层为中三迭纪灰岩、上三迭纪页岩和石灰岩，其中以前者分布最广并为区内錫矿床的围岩。

该地区主要的地质构造轮廓(图1)，由三个北北东向的一级褶皱构成，由西向东，依次为向斜、背斜和向斜褶皱，南部深断裂以南则有变质岩系出露。

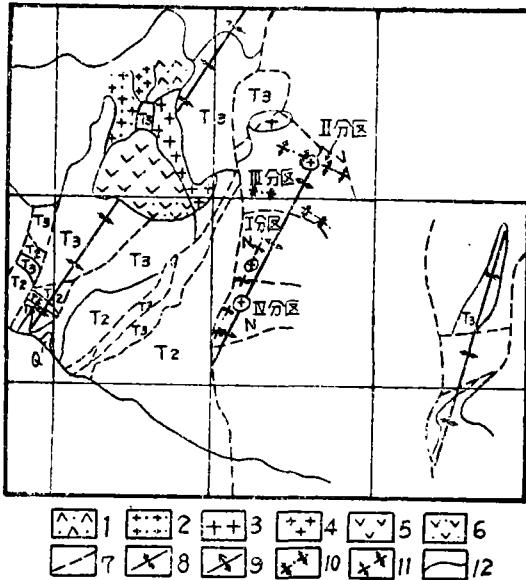


图 1 某錫矿附近地质图

- 1. 方钠霞石正长岩; 2. 细粒斑状淡色硷性花岗岩;
- 3. 中粒淡色硷性花岗岩; 4. 细粒淡色硷性花岗岩;
- 5. 细粒角闪石正长岩; 6. 角闪石英正长岩及黑云母角闪石花岗岩;
- 7. 断层; 8. 一级向斜轴; 9. 一级背斜轴;
- 10. 二级向斜轴; 11. 二级背斜轴; 12. 地质界限

錫矿区分布于背斜之上，受一级背斜控制，拥有几个规模巨大的矿床。在西部向斜上环绕西区侵入体边缘，有许多錫及多金属矿化点，但还没有找到规模

巨大的矿点。东部向斜内，目前尚未发现有火成岩和矿化点。

背斜北端有倾伏趋势，存在若干二级褶皱。北部为北西西的背斜，向西倾没，向东部延伸还不清楚。南部另一背斜轴向与一级背斜相符，向北倾没，向南延伸不清。两个背斜之间是北西西向的向斜，由于两个背斜的交接，向斜轴两端均向中心翘起，东段向西，西段向东，形成一个构造鞍部。

根据火成岩及矿床的分布特点，该錫矿区可分二个主要矿田：甲区矿田和乙区矿田，其主要受二级背斜的控制。

该錫矿区分布面积广阔，但就各个矿床或矿化区段而言，矿化面积一般不大于1—2平方公里，沿火成岩接触带普遍产生宽窄不一的砂卡岩带和不同程度的錫、钨、铜、钼、锌等金属矿化现象，远离接触带并赋存有柱状、脉状、网脉状、似层状、鞍状、囊状等类型的矿体，各矿化区段因地质情况各有差异，故各种类型的矿体发育程度在各区段亦有很大不同。

矿田内矿床的分布及其矿化特征，取决于三个因素：(1) 花岗岩株的存在，一般矿床或矿化区段总是围绕花岗岩株的最高点分布；(2) 矿床常常产于二级背斜上的三级构造的有利部位，如四级褶皱的发育带，四级断裂的发育带，三级褶皱轴的倾没部位，三级断裂附近等等；(3) 围岩的岩性决定了矿床中矿体的构造类型。本区沿层发育的矿体大部产于岩性差异较大、层理明显的石灰岩、白云岩互层带中、泥质灰岩上下盘附近，或交代层状砂卡岩。而本区厚层白云岩中裂隙发育，层理少见，故沿层发育的矿体不多，网脉状矿体则特别发育。

就已知矿床或矿化区段分布的控制因素及矿化特征(表1)，说明该錫矿区及其中矿田、矿床受不同的构造级别控制。

二、与成矿有关的侵入体

该区火成岩种类甚为复杂，就矿物成分、化学成分、微量元素的差别(表2)，可分为钙硷性和硷性

表 1

礦田	礦床	區段	控 制 因 素	礦 化 特 征
甲 區 礦	A		某穹窿長軸西端傾沒部，距Ⅲ區岩株頂點較遠。	<ol style="list-style-type: none"> 1. 第四級褶皺，其次是四級斷裂控制了礦體的發育； 2. 以鞍狀礦體及受褶皺控制的脈狀礦體為主； 3. 前者在 T_{K3} 底部灰岩、白云岩互層帶中； 4. 規模不大。
		Ⅱ	緊靠花崗岩株最高點，在某穹窿北部，岩層複雜，褶曲帶西側北西西向斷層密集發育處，斷層走向朝向火成岩。	<ol style="list-style-type: none"> 1. 第四級斷層控制了礦體的發育； 2. 以大致沿層的管狀礦體為主； 3. 礦體在 T_{K3} 接觸帶附近； 4. 品位高、規模大。
		B	緊靠花崗岩株最高點，在某穹窿北部岩層褶曲複雜，褶曲向花崗岩傾伏。	<ol style="list-style-type: none"> 1. 第四級褶曲控制了礦體的發育； 2. 以大致沿層的管狀礦體為主； 3. 層位在 T_{K3} 中； 4. 品位高、規模大。
	B	C	某穹窿頂部，長軸向東開始傾沒，有斷層配合，距花崗岩株頂點較遠。	<ol style="list-style-type: none"> 1. 斷層兩側發育的密集裂隙及傾沒的長軸控制礦體的發育； 2. 以鞍狀礦體、網脈狀礦體為主； 3. 鞍狀礦體在 T_{K1} 頂部灰岩、白云岩互層帶中； 4. 礦體規模不大。
		D	某穹窿北部，岩層褶曲複雜帶東側，有東西向斷裂發育，距岩株頂點尚近。	<ol style="list-style-type: none"> 1. 第四級斷裂控制了礦體的發育； 2. 以受斷裂控制的層間礦體、管狀礦體為主； 3. 前者在 T_{K3} 中，後者分布于 T_{K2} 中。
		E	某穹窿西北部，岩層褶曲發育部分在Ⅱ區岩株西北側與岩株頂點距離尚近。	接觸帶有礦體存在，地表有脈狀礦體出露，後者分布于 T_{K2} 中。
		I	某穹窿東部長軸傾伏線上，褶曲發育部緊靠Ⅱ區岩株最高點。	<ol style="list-style-type: none"> 1. 接觸帶礦體甚發育； 2. 四級褶曲控制之鞍狀、脈狀、網脈狀礦體較發育； 3. 似層狀礦體分布于 T_{K1} 頂部灰岩、白云岩互層帶中； 4. 規模甚大。
F	某穹窿長軸西部傾沒部。	<ol style="list-style-type: none"> 1. 傾沒之軸部控制了脈狀礦體的發育； 2. 位于 T_{K1} 頂部 T_{K2} 底部。 		
乙 區 礦	G		第三級G背斜上，距Ⅰ區岩株頂部較近。	<ol style="list-style-type: none"> 1. 第三級背斜翼部的四級背斜控制了鞍狀礦體； 2. 層位在 T_{K1} 灰岩、白云岩互層帶中； 3. 礦體規模較大。
		H	某背斜與另一背斜間，在岩株最高點之上。	<ol style="list-style-type: none"> 1. 接觸帶礦體極為發育，受四級褶曲及火成岩控制； 2. 似層狀礦體層位在 T_{K1} 灰岩、白云岩互層帶中； 3. 礦體規模巨大。
	I		第三級斷層附近距岩株頂部尚遠。	<ol style="list-style-type: none"> 1. 斷層近側的層間礦體、網脈狀礦體發育，前者層位在 T_{K1} 頂部灰岩、白云岩互層帶中； 2. 礦體規模不大。
		J	第三級斷層附近距岩株頂部較遠。	<ol style="list-style-type: none"> 1. 接觸帶礦體發育不穩定； 2. 四級褶曲控制了鞍狀礦體及層間礦體、脈狀礦體的發育； 3. 層位在 T_{K1} 中。

續表 1

礦田	礦床	區段	控 制 因 素	礦 化 特 征
乙 區 礦 田	IV	K	某岩株頂部及其附近在第三級某穹窿與某向斜上。	1. 以不透水岩屏蔽及選擇交代層狀砂卡岩形成的似層狀礦體為主，前者在 T _{K1} 泥質灰岩之下，後者在 T _{K1} 接觸帶層狀砂卡岩中； 2. 每層厚度小，品位低，規模大。
		L	第三級背斜與向斜內距某岩株頂點稍遠。	1. 以不透水岩層屏蔽形成的似層狀礦體為主； 2. 礦石富集地段受第三級褶皺上第四級褶曲發育帶控制； 3. 層位在 T _{F1} 泥質灰岩之下； 4. 礦體厚度小、品位低，規模大。
		M	第三級斷層轉折處附近及其南背斜上，距岩株尚近。	1. 以網狀礦體為主； 2. 礦體受斷層側羽狀裂隙及再張開沿層裂隙控制； 3. 礦體分佈於 T _{K1} 中。
		N	第三級背斜上斷層以南。	1. 以脈狀礦體為主；在 T _{K1} 中； 2. T _{K1} 之泥質灰岩在此泥質降低。

表 2

特 征	礦 物 特 征	化 學 特 征	微 量 元 素 特 征
礫 性 岩 系	(1) 斜長石都以鈉長石為主，局部為奧長石，在基性種屬中，出現了富鈉的似長石類礦物； (2) 和基性種屬配合，暗色礦物以霞輝石為主，中性種屬以角閃石為主，二者均有黑雲母普遍存在，在酸性種屬則全為黑雲母； (3) 副礦物種類和數量較少，其中以鈾石為最常見； (4) 總的說，礦物中富鈉貧鈣。	(1) c 值一般 < 1； (2) b 值一般 < 10；即 CaO 和 Fe、Mg 的含量較低。	有鉬存在， 鎳和鈷幾乎沒有， 鈾較低。
鈣 礫 性 岩 系	(1) 斜長石較基性，一般為中長石； (2) 暗色礦物以普通角閃石為主，在較基性的種屬中出現輝石，較酸性岩石中出現黑雲母； (3) 副礦物的特點：數量、種類都很豐富，以榭石、磷灰石、磁鐵礦為主，經常出現褐帘石及鈾石。	(1) c 值一般 > 1； (2) b 值一般 > 10；即 CaO 和 Fe、Mg 的含量較高。	有鎳和鈷存在， 鉬則相反， 鈾較高。

兩個岩系。礫性岩系包括：方鈉霞石正長岩，方鈉正長岩、礫性正長岩、霞石正長偉晶岩、中粒淡色次礫性花崗岩、細粒次礫性花崗岩等；鈣礫性岩系包括：細粒角閃石正長岩及與其同時生成的岩石、中粒角閃石石英正長岩、黑雲母角閃石花崗岩、花崗斑岩等。兩個系列中分別具有各種酸度的岩石，但不論岩石酸度如何，鈉長石類普遍存在，是一個共同的特征。

該區錫礦化與礫性岩系中次礫性花崗岩有成因聯繫，其證據有：

(1) 各主要礦化區段均與次礫性花崗岩在空間

分佈上密切伴生。(2) 次礫性花崗岩在時代上與成礦最為接近。(3) 經光譜分析，確證次礫性花崗岩中含有一定量的錫。而在本區其它岩石含錫量一般均很低。次礫性花崗岩中之黑雲母含錫量比其它岩石高 10—100 倍，這很好的證明火成岩與岩漿期後強烈錫礦化的地球化學有聯繫。其次據礦物及化學成分資料證明，本區次礫性花崗岩特點較富含鈾金屬。岩漿期後作用產物也清楚地顯示了溶液中礫金屬的活躍，表明了成礦母岩與岩漿期後溶液中礫金屬的地球化學繼承性。(4) 四個礦區圍繞火成岩岩株，礦石具明顯的

不同程度的水平和垂直带状分布，矿石由較高温到較低温。前硫化物期的产物，垂直带状分布以 I 区最为显著（图 2）。硫化物期的产物垂直和水平的带状分布以 III 区和 IV 区最为明显（图 3、4）。（5）随距火成岩突起愈近，矿化程度和频度愈大。（6）某区火成岩的原生流动构造与接触带矿化分布相合，矿化面积成扇形分布，说明矿液与火成岩来自較深部同一母岩分異的结果。

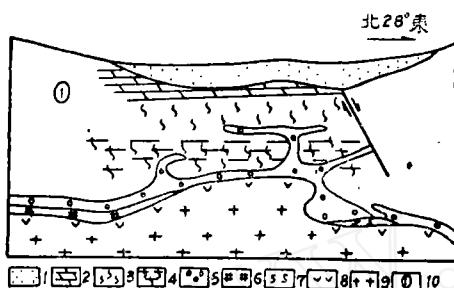


图 2 某錫矿第 I 分区前硫化物期产物垂直带状分布示意图

1. 砂錫带；
2. 淡色云母脉及蓝色电气石脉第二阶段带；
3. 蓝色电气石脉第一阶段带；
4. 长石脉带及黑色电气石脉带；
5. 氧化矿；
6. 硫化矿；
7. 矽卡岩；
8. 云英岩；
9. 硷性花岗岩；
10. 白云岩及灰岩互层

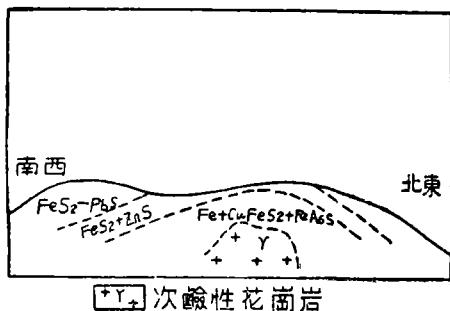


图 3 某錫矿第 III 分区矿石垂直带状分布示意图

綜上所述，我們认为次硷性花岗岩与錫矿的生成有密切的成因联系，是成矿的母岩，因此，可以把这种富含錫的次硷性花岗岩作为区域的找矿标志之一。

三、岩浆期后作用过程的特点

該錫矿区矿化作用产物极其复杂多样，穿插现象普遍，成矿多期性极明显，对綜合利用有用元素具有很大的工业意义。

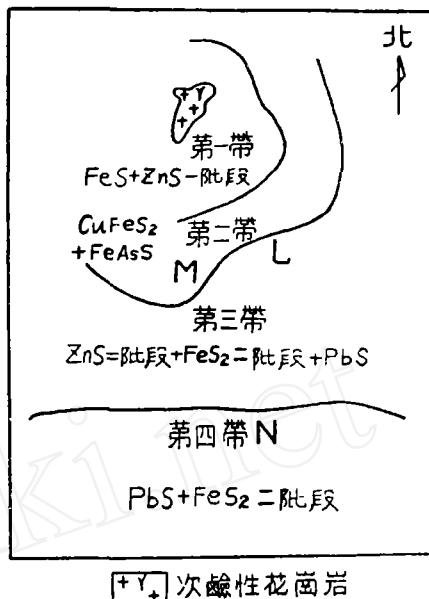


图 4 某錫矿第 IV 分区矿石水平分带示意图

根据各矿物共生組合体的形成顺序、性质与其伴生的錫石、綠柱石等矿物，在物理和化学性质上的特点和有规律的变化，可把本区岩浆期后作用和矿化划分为若干期和若干阶段（表 3）。

前硫化物和硫化物期产物，都具有很大的工业价值，但由于各个矿田的地质情况差异，故表中各期产物不論是分布的普遍性或是经济上的重要性也不是相等的。

岩浆期后作用过程，归纳起来具有如下特点：

（一）与成矿有关的火成岩富含硷金属，各矿化阶段的产物具有一些显著的共同特征，首先就是富含硷质，表现为矽卡岩中方柱石和接触变质生成的正长石、斜长石的发育。在前硫化物期表现为富含硷金属的长石脉，淡色云母脉的发育，綠柱石富含鉍，淡色云母中富含鉍，也是与其他区域有显著不同的一个重要特点。花岗岩中天河石斑晶和細脉的存在，鉄鋰云母化的发育，鉍长石化的存在，也说明了硷金属的活跃。在硫化物期则表现为脉石矿物中金云母、黑云母发育，围岩中絹云母化的强烈发育，显示了硷金属的加入和溶液中硷质的富集。

（二）由各矿化阶段产物的矿物特点来看，溶液性质是有规律变化的。首先各矿化阶段的产物说明了溶液由气态到液态，由高温到低温，其次溶液中硫的活动与别傑赫琴指出的方式相符，硫由不参与活动，而組成揮发分特别活跃的矽卡岩和前硫化物期产物。

表 3

溶 液 状 态	矿 化 期	矿 化 阶 段	矿 主 要	物 质 组 合		围 岩 蚀 变	矿 化 特 征		分 布 特 征
				次 要	要		主 要	次 要	
气 态	砂 卡 岩 期	砂 卡 岩 阶 段	透輝石、柘榴石、符山石、方柱石、斜长石	鈣輝石、斧石、綠帘石、斜輝石、磷灰石、粒状矽石、磁鐵礦、自然錳	正长石、砂	接触带形状不规则，少见层状。	铍、铋	接触带呈团块或不规则状	
溶 液	前 硫 化 物 期	綠 柱 石、长石阶段 石 英 黑 电 气 石阶段 蓝 电 气 石一阶段 蓝 电 气 石二阶段 淡 色 云 母 阶段	斜长石 石 英，黑 电 气 石 蓝 色 粗 晶 电 气 石 蓝 色 細 晶 电 气 石 淡 色 云 母、螢 石	綠 柱 石、石 英、白 云 母 螢 石、黑 錳 矿、綠 柱 石、錳 石、白 錳 矿 (交 代 黑 錳 矿) 錳 石、黑 錳 矿、綠 柱 石、螢 石、似 晶 石 錳 石、螢 石、綠 柱 石、似 晶 石 錳 石、白 錳 矿、綠 柱 石、似 晶 石、尖 晶 石	灰 岩 砂 卡 岩 化 灰 岩 砂 卡 岩 化 (成 蝕 脉) 花 崗 岩 云 英 岩 化 灰 岩 砂 卡 岩 化 花 崗 岩 云 英 岩 化 同 上	近火成岩的灰岩及砂卡岩中呈脉状 花崗岩边缘或近接触带之砂卡岩、灰岩中呈脉状 上述产物之上或外侧或互重迭，脉状、网脉状 同 上 同 上	铍 錳、铍 錳、铍 錳 錳、錳 錳、铍、铋	同 上 同 上	
高 至 中 温 热 液	硫 化 物 期	黄 鉄 矿 一阶段 磁 黄 鉄 矿 阶段 鉄 閃 鋇 矿 一阶段 毒 砂 阶段 黄 銅 矿 阶段 鉄 閃 鋇 矿 二阶段 黄 鉄 矿 二阶段 方 鉛 矿 阶段	黄 鉄 矿 磁 黄 鉄 矿、金 云 母、螢 石 鉄 閃 鋇 矿 毒 砂、石 英、螢 石、黑 云 母 黄 銅 矿、石 英、螢 石 鉄 閃 鋇 矿	錳 石 錳 石、白 錳 矿、自 然 錳 黄 銅 矿、磁 黄 鉄 矿、錳 石、黄 錳 矿、自 然 錳 黄 鉄 矿、輝 鉛 矿、錳 石、白 錳 矿、磁 黄 鉄 矿、黄 錳 矿 黄 鉄 矿、毒 砂、錳 石、黑 云 母、白 錳 矿、鉍、黄 錳 矿 錳 石、黄 錳 矿 (?)	花 崗 岩 絹 云 母 化、砂 卡 岩 透 閃 石、阳 起 石 化 同 上 同 上 同 上 同 上 硫 酸 盐 岩 石、鉄 磁 鐵 酸 盐 化	接触带呈团块或不规则状 脉状，少见 在接触带呈不规则状 接触带穿插磁黄铁矿、脉状、不规则状，不重要 上述产物之上或外侧或互重迭，似层状、管状 經常与毒砂阶段重迭，脉状、似层状、管状 上述产物之上或外侧，已不见原生硫化物，脉状、似层状 同 上 同 上	錳 錳 錳 錳、砷 錳、銅 錳 錳、鉛	錳、硫、螢 石 鉍 錳、鉍、螢 石 錳、錳、螢 石、銀 錳、鉛	
中 温 热 液	碳 酸 盐 期	方 解 石 阶段 黄 鉄 矿、方 解 石 阶段	方 解 石 方 解 石 或 含 錳 方 解 石	錳 石、鏡 鉄 矿 (少 见 或 单 独 呈 脉 状) 黄 鉄 矿	硫 酸 盐 岩 石、鉄 磁 鐵 酸 盐 化 (含 錳 方 解 石)	常在较大断裂带出现，细脉状 同上，較普遍，大矿体侧也可见，网脉状	錳 錳 (?)	錳	

随着温度的降低, H_2S 在溶液中的溶解度增大, 离子 S^{2-} 在溶液中的浓度也愈大, 形成硫化物期产物; 最

后二氧化碳在溶液中显著发生了作用, 以碳酸盐期产出而告终。

表 4

矿区	花岗岩岩相	钾长石		斜长石	副矿物		接触变质矿物	花岗岩形成时相对深度和压力大小	前硫化物期产物发育情况
		主要	次要		成分	相对多少			
I II	中至细粒淡色次碱性花岗岩	正长石	微斜长石、显微条纹长石	钠长石为主	锆石、磷灰石、独居石	少	斜长石发育	较浅较小	发育
I II	浅灰色细至中粒斑状花岗岩	微斜长石、显微条纹长石		奥长石中中长石	磷灰石、锆石、榍石、褐帘石、磁铁矿	多	方柱石发育	较深较大	极不发育

(三) 溶液性质的变化, 同时伴随有用元素矿化阶段和有用矿物出现形式的有规律的变化。

铁最早发生在矽卡岩中以磁铁矿形式出现, 在硫开始活跃的硫化物期初期, 铁则与硫结合以含硫较低的磁黄铁矿、毒砂等形式出现, 随着溶液中硫离子浓度的增加, 后期又以富硫的黄铁矿形式出现。碳酸盐期由于硫的浓度降低, 二氧化碳活跃, 介质对氧化有利, 因而形成了菱铁矿。

钨的矿化仅迟于钼, 开始发生于石英黑电气石阶段, 续至硫化物期的黄铜矿阶段才结束。淡色云母阶段以前主要以黑钨矿的形式出现, 以后即以白钨矿形式产出。黑钨矿的形式在早期占有主要地位, 可能与早期几乎是单纯的脉状充填, 即与溶液没有从围岩吸收大量钙质有关。

锡的矿化稍晚于钨, 至成矿作用末期, 总的趋势是锡的矿化两端较微弱, 中间较强, 其原因尚不能解释。锡矿物以锡石为主, 在硫化物期后期由于硫离子浓度的增加, 从铁闪锌矿一阶段起出现了黄锡矿, 至方铅矿阶段, 黄锡矿含量达到了最大强度, 远远超过锡石的含量。

(四) 各期各阶段产物说明了矿液性质在各期之间有一个大的质变存在, 每期成矿阶段的更迭则反映了矿液性质质量变的规律。

各成矿阶段的产物具有一些共同特点: 矿液性质有方向性的变化。随着溶液性质的变化, 在不同矿化阶段有规律的伴随着金属矿物的生成, 不同世代的锡

石, 标型矿物的物理、化学性质亦有方向性的变化。可以认为上述各个成矿阶段属于统一的成矿过程。

(五) 岩浆期后产物中, 可以见到过去一般认为互不相容的地质现象而彼此共生, 例如矽卡岩化和云英岩化、黑钨矿和白钨矿硫化物型锡矿化和非硫化物型锡矿化等。如前所述, 这些共生现象是在同一母岩和同一成矿作用过程中不同阶段不同环境下的产物, 是成矿作用多样化的表现。不能认为是本质上互相排斥的, 而是与一定的侵入体有关的地质现象。因而, 在对某些岩浆岩的“成矿专属性”进行研究时, 特别用于找矿时, 必须慎重研究其中内在联系, 而不能加以无条件的绝对化。

(六) 前硫化物期产物与花岗岩岩相, 同化作用强度和接触变质类型之间有一定的伴生规律(表4)。比较二者的特点, 后者可能在较大压力下凝结, 围岩同化作用较为发育的结果。两区矽卡岩的差异主要是在斜长石和方柱石发育这一点上, 而两者的成分极其相似, 不同处仅在于有无挥发分参与组成, 因此, 三者的联系不是一种偶然的现象。细中粒斑状花岗岩的生成显示了压力较大的环境, 不利于挥发分的逸出和集中, 因而, 在接触带形成了富含挥发分的方柱石, 前硫化物期产物不发育。次碱性花岗岩的生成, 显示了有利于挥发分的集中, 向上沿裂隙逸出, 因而, 接触带少方柱石, 代之以斜长石为主, 前硫化物期产物则大量存在, 且远离接触带生成。这个规律, 对寻找前硫化物期产物的矿床有一定的实际意义。