

## 云南锡矿的分布与地质简述

(图1、图2)

云南为著名的环太平洋锡矿带、马来亚—地中海锡矿带和川滇锡矿带交汇延伸的地区。环太平洋与马来亚—地中海两锡矿带齐眉，绵延万里，处于印度板块、太平洋板块和欧亚板块接壤地带的北侧，是世界上最大的锡成矿区<sup>[1]</sup>。

本省的锡矿床和矿点共计44处，其中特大型矿床(>20万吨)3处，大型6处，中型5处，矿点21处，锡异常81处。它们成带集中产出，分布于矿带中的矿床、矿点和异常占96%。

云南可划分为四个锡矿带。以红河缝合线为界，西边的滇缅、滇泰锡矿带属马来亚—地中海成矿带，西边的川滇和滇越桂锡矿带可归入环太平洋锡矿带。

(一)滇缅锡矿带 北起云南的腾冲、龙陵，经潞西、瑞丽、梁河南延入缅，经班义、莫契、毛淡棉、土瓦(荷明里)、墨吉岛进入泰境，沿泰马半岛西海岸至普吉—攀牙、马来西亚西部的金打谷地、吉隆坡，南至印尼的邦加、勿里洞等锡岛，绵延3000公里，锡产量居世界之冠，属马来亚锡矿带西支。

产于此带的云南的锡矿床和矿点共计9处，锡异常38处，其中，中、小型矿床及砂锡矿床5处：铁窑山、癞痢山、马鞍山、遮放、平达为夕卡岩型含锡磁铁矿和锡石硫化物型矿床及溪流砂锡矿床。砂锡矿床的原生矿为变质带中的混合花岗岩内的锡石石英脉。前者有关花岗岩年龄为176和79百万年，属燕山期，后者有关花岗岩年龄为349、169和65百万年。

(二)滇泰锡矿带 北起云南泸水的志本山、云龙铁厂，经昌宁蒿坝地、凤庆阱门口和太阴宫、云县琼岳和掌龙，至勐海南延

入泰境，经清迈入暹罗湾，复现于泰马半岛东缘，马来西亚的彭亨、柔佛等地。延长约2500公里，属马来亚锡矿带的东支。

此带内，云南省境内的锡矿床与矿点共11处，锡异常24处，其中，中型锡矿床1处，小型4处，即云龙之铁厂绿阴塘和李子坪，泸水石甌河、志本山，昌宁的蒿坝地，皆为原生锡矿，以锡石石英脉型为主，偶见锡石伟晶岩型。与矿化有关的华力西至印支期(平均230百万年)混合岩化花岗岩，受澜沧江断裂带控制。燕山期(158、96百万年)还有小花岗岩株侵入，岩体旁侧有小的夕卡岩型、锡石硫化物型矿床产出。

(三)川滇锡矿带 北起四川冕宁泸沽、会理岔河、元谋平地入云南省，经安宁大小龙碛、石屏龙潭，直抵红河，矿带延长约600公里。

四川境内主要是夕卡岩型含锡磁铁矿和锡石硫化物型矿床。云南境内有锡矿床和矿点4处，锡异常5处，其中矿床矿点有安宁大龙碛地区的墓碑山、龙潭山、小五岳和石屏龙潭，墓碑山、小五岳有残坡积砂锡矿，原生矿属锡石硫化物型矿床。川滇锡矿带为形成年代较老的矿带，有关的花岗岩年龄为691~846百万年，属晋宁至澄江期。多处发现锡石硫化物型矿床均赋存于一层基性岩或绿岩之下的碳酸盐地层，呈似层状产出，初步认为这层基性岩可能是火山岩或次火山岩。

(四)滇越桂锡矿带 矿带主要由一系列燕山期花岗岩(65、115百万年)侵入于不同时代的地层构成。西起个旧，经文山薄竹山岩体、都龙，入越境高平彼我岩山区锡矿，复向东与两广诸锡点连系，属环太平洋锡矿带的西端。在我国境内延长达1400公里。

我省境内本带的锡矿床矿点共19处，锡异常49处，其中，特大型3处，大型6处，小型3处，矿点7处。矿床即马拉格、松树

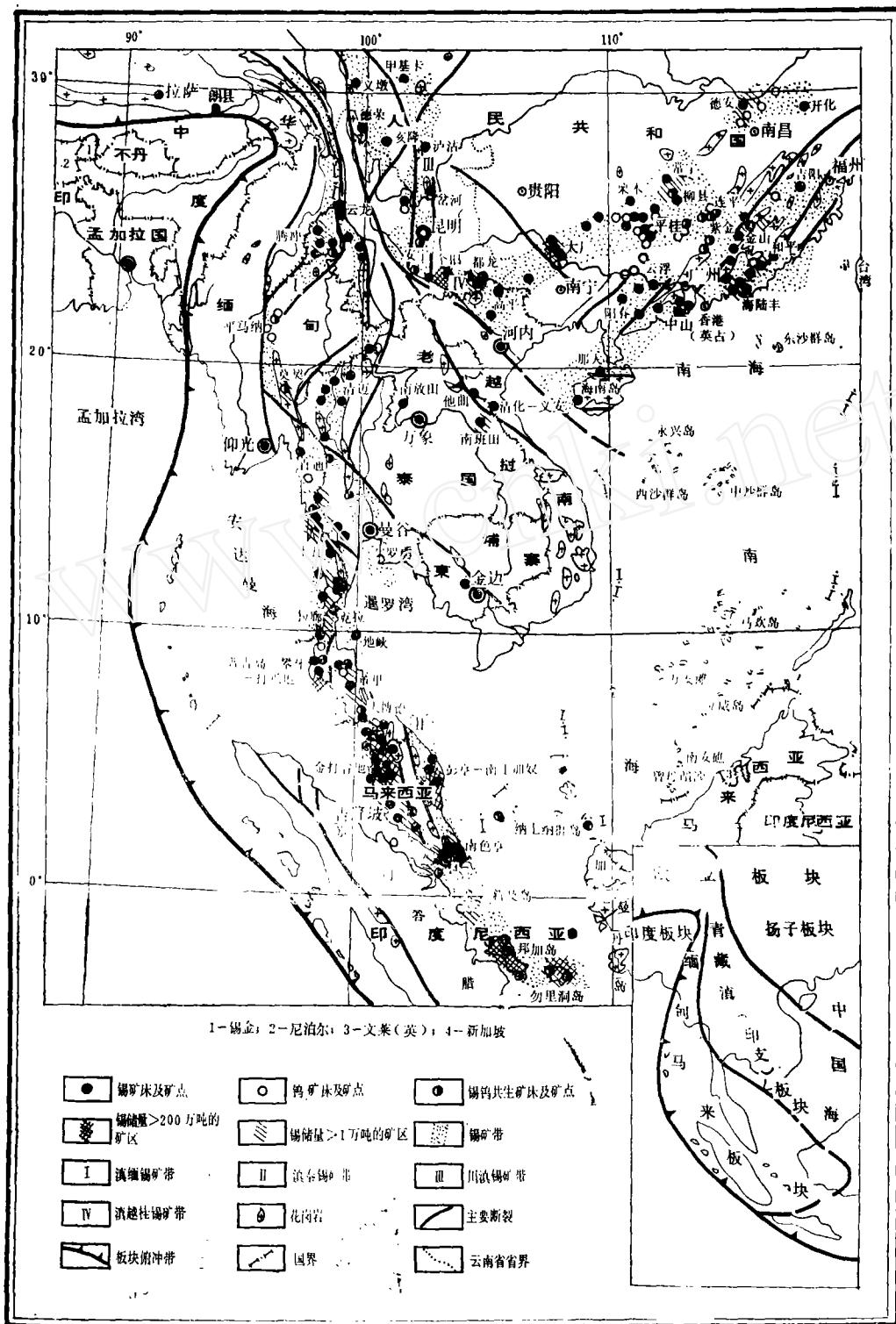


图1 云南及邻区锡矿分布略图

脚、老厂、竹林、卡房、牛屎坡(砂矿)、古山(砂矿)、都龙、贾石龙等。

构成矿床的原生矿大多数是锡石硫化物

型,局部为锡石石英型。有关花岗岩主要为燕山期,年龄为66~186百万年,矿床具有明显的分带特征,多种金属伴生,储量

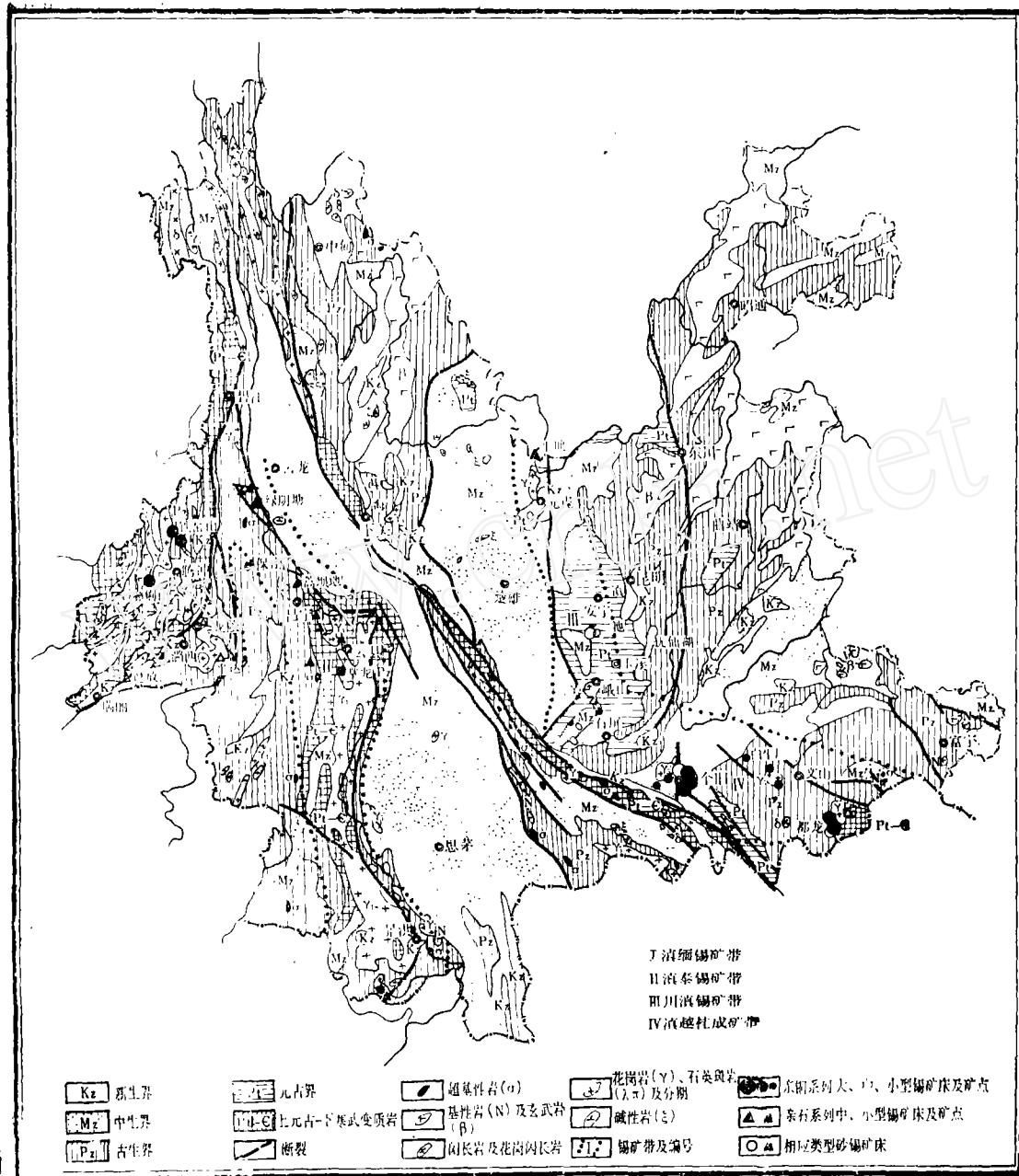


图2 云南省锡矿分布略图

集中且富大。

### 云南锡矿成矿规律

#### (一) 含锡花岗岩特征

##### 1. 地质特征:

(1) 含锡花岗岩形成时代有晋宁—澄江期、海西早期、印支期、燕山期。据不完全统计，晋宁—澄江期占0.5%，海西早期占0.1%，印支期占14.2%，燕山期占85.2%。

(2) 含锡花岗岩可以产于不同的大地构

造单元，板块内部沿基底断裂分布，亦可分布在大小板块缝合线两侧的俯冲带或仰冲带、平冲带内，而以仰冲带上的花岗岩含矿性最好。

(3) 含锡花岗岩有重熔型和交代型两种<sup>[2]</sup>，另外还有同熔型<sup>[3]</sup>，前二者相当于“S”型花岗岩；后者相当于“I”型花岗岩。重熔(再生)型主要分布在各类板块的仰冲带；交代型主要分布在各板块缝合线的平冲变质带地区，与混合岩化、花岗岩化岩

石共生，以重熔性花岗岩与锡矿的成矿关系最重要。

(4) 无论何种成因的岩石都具有多期次、多阶段的特点，含矿性以晚期为好。

(5) 在所有的构造岩浆岩带内，以青藏高原板块和太平洋板块俯冲有关的仰冲板块内

(如扬子板块)的重熔性花岗岩与锡矿的成矿关系最为重要。

(6) 随着时间推移及地壳板块运动的演化，在同一个地区内可以有不同成因类型的含锡花岗岩分布，产生不同类型的锡矿化(图3)。

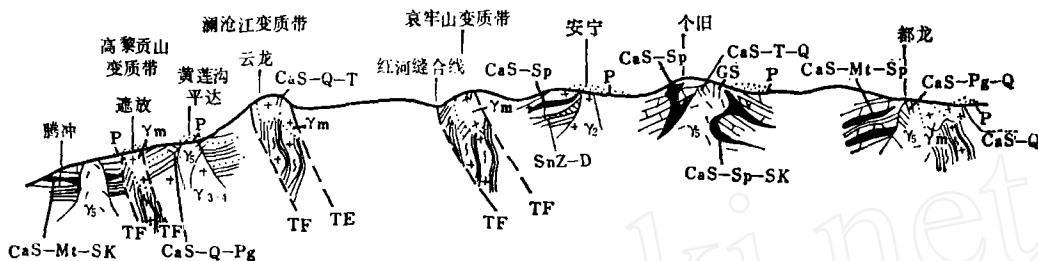


图3 云南锡矿矿床类型及分布示意图

2. 岩石学特征：含锡花岗岩的岩石学特征，具有以下共同点：

(1) 主要为黑云母花岗岩，石英含量 > 25%，钾长石含量超过斜长石，钾长石与长石总量之比超过55%，可达60%，斜长石牌号属钠-更长石系列。

(2) 钾长石和斜长石的三斜度和有序度变化为0.7~1，说明岩石形成时的温度、压力条件比较稳定。

(3) 岩石呈粒状或斑状结构，可以划分出一定的相带或混合岩化、花岗岩化带，在演化中云母类矿物的含量减少。

不同点是：

(1) 各种成因的含锡花岗岩形成的温度和压力条件不一，如个旧重熔型花岗岩的形成温度在615℃以上，最高大于800℃(包裹体测温)；云龙交代型花岗岩形成温度380~480℃，平均430℃(二长温度计，估计测量数偏低，但不会超过600℃)。

(2) 重熔型花岗岩为块状构造，而交代型花岗岩多具条纹状构造，前者常见各类岩石的捕虏体，后者常见各类岩石的交代残留体。

(3) 重熔型的副矿物组合为褐帘石、楣石、锆石、电气石、黄玉、萤石、磷钇矿、独居石；交代型为锆石、磷灰石、楣石、磁铁矿、赤铁矿、金红石、褐帘石、钛铁矿、铌钽铁矿、石榴石、黑钨矿、电气石、绿柱石、独居石、刚玉等，但总量较少。

3. 岩石化学特征：含锡花岗岩不管其成

因如何，在岩石化学特点方面均有其共性：

(1) 均属SiO<sub>2</sub>过饱和和过碱性岩石，SiO<sub>2</sub>含量在70%以上，K<sub>2</sub>O+Na<sub>2</sub>O>7%，K<sub>2</sub>O>Na<sub>2</sub>O，K<sub>2</sub>O/Na<sub>2</sub>O>1.4%。

(2) Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、FeO总量多数在2%左右(个别偏高，但不超过4%)，且FeO>Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>。

(3) CaO、MgO的总量一般小于2%。

(4) SiO<sub>2</sub>、K<sub>2</sub>O+Na<sub>2</sub>O的含量在岩石演化晚期逐渐富集，CaO、MgO则有所减少。

(5) SiO<sub>2</sub>、K<sub>2</sub>O/Na<sub>2</sub>O、FeO+Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>含量从重熔型到交代型花岗岩略有增高的趋势。

(6) K<sub>2</sub>O+Na<sub>2</sub>O总量重熔型比交代型高。

4. 地球化学特征：各类成因花岗岩特征元素含量见表1。

(1) 交代型花岗岩富集亲石元素，氟含量低；重熔型及同熔型则富集亲铜元素，重熔型氟含量高。

(2) 挥发性组分在重熔型花岗岩中F、Cl、B含量较高，个旧地区均F含量为1450ppm；交代型CO<sub>2</sub>、Cl、B含量较高，而贫氟，那润、遮放混合花岗岩片麻岩平均含F833ppm。

(3) 重熔含锡花岗岩中的稀土以钇族为主；交代型以铈族为主。

综合上述，重熔型花岗岩常是寻找大型亲铜系列锡矿床的前提；交代型花岗岩则是

表 1

元 素	同熔型 (东川新村)	重 熔 型		交代型 (云龙)
		个 旧	九道湾— 大龙洞	
Sn		10~23	45	40
W		<8~10	36	24
Be	50	4~11	10	1
B	微~500	<30~120	118	224
Li		140~381		
Zr	100~1000	91~287		
TR <sub>2</sub> O (Y族)	0	180~290		
TR <sub>2</sub> O (Ce族)		345~605		
Nb	0	63~122		
Ta	0	8~27		
F		1450	2280	833(滇 带交代花 岗岩)
Cu	200~300	6~23	42	34
Pb		43~150	15	6
Zr		<33	376	24

寻找小而富集亲石系列锡矿床的标志；而同熔型一般不与锡相关，主要为铜、钼矿的找矿线索。

## (二) 板块构造与锡矿床

云南的板块构造格局总地反映了岛弧—海沟系和大陆增生，并在一定地质时期伴有大陆和陆间裂谷式张裂<sup>[4]</sup>。

按米切尔和加森(1976)的研究，含锡花岗岩有四种类型的构造环境<sup>[5,6]</sup>：①与热点有关并发生在裂谷和地壳张裂作用以前或初期的大陆内部环境；②安第斯型洋板块俯冲消亡环境；③太平洋型大陆边缘岛弧岩浆火山作用洋板块俯冲消亡环境；④大陆碰撞仰冲消亡环境。对比云南的含锡花岗岩，我们发现，交代型花岗岩均发育于具有转换断层性质的构造岩浆变质带上(柳贺昌称之为骨架区)<sup>[7]</sup>，重熔型则发育于板块缝合线的俯冲消亡带的仰冲侧(柳贺昌称之为架间区)<sup>[7]</sup>，前者主要是与转换消减作用(transduction)<sup>8</sup>有关的混合岩化花岗岩化所形成的交代花岗岩，后者主要是与俯冲消减作用(subduction)有关的重熔花岗岩浆的活动。因而地处转换缝合线上的消减带，虽有俯冲消减相伴，均无典型的蛇绿岩套岩序、双变质带和钙碱性岩浆活动序列，而主要是碱性花岗岩。这与欧洲华力西褶皱带和东南亚均可对比，虽然如此，云南

地壳的演化仍然有其特殊性，四个锡矿造矿时期初步推测如下(图4)：①晋宁—澄江期：西边的老印度板块向东俯冲于扬子板块之下，形成太平洋型边缘岛弧岩浆火山作用的洋板块俯冲消亡环境，有近俯冲带的铜镍矿床和远俯冲带的铁、锡、钨矿床的形成，我省境内安宁大龙洞锡矿此时形成，峨山花岗岩 Rb-Sr 年龄  $860 \pm 1$  百万年， $i$  值( $Sr^{87}/Sr^{86}$  起始比值，下同)为 0.7074，它反映了含锡花岗岩的深源但有污染的成因。②加里东晚期至华力西早期：随扬子板块的大陆增生，陆块向西扩展，于中泥盆世，西边老印度板块新生洋壳向东俯冲于扬子板块之下，形成平河岩体(349 百万年)挖色岩体的补充侵入相(347 百万年)、元谋狗街还有 356~425 百万年之花岗岩侵入，本期形成平达锡矿。③华力西晚期至印支期：由于滇西海槽的张裂，扬子板块分解出青藏滇(印支)板块，由于西边老印度板块主要已转向向北俯冲( $5 \sim 34^\circ$ ，冈瓦纳大陆肢解)，因而在青藏滇板块上形成高黎贡山、崇山—澜沧江和哀牢山三条顺时针旋扭的转换断裂系及其伴随的转换消减作用形成的交代花岗岩，再由于滇西海槽间裂谷式张裂(古特提斯海故道的东延)，伴有滇西海槽玄武岩新生洋壳向澜沧江和哀牢山变质带下俯冲，发生了不典型的蛇绿岩、双变质带、混杂堆积、钙碱性火山活动等俯冲消减作用相应的地质事件，并可与马泰半岛泰国北部程逸逸顿(utardit)蛇绿岩套(基性—超基性岩—燧石组合带)相联系<sup>[6]</sup>，其东侧也分布有火山岩。这段时间主要形成的有云龙锡矿、遮放锡矿、南秧田钨锡矿等。成矿作用主要与转换消减作用大陆碰撞产生的交代花岗岩有关，我省临沧花岗岩 Rb-Sr 年龄 220~238 百万年， $i$  值为 0.7288，泰国花岗岩 Rb-Sr 测定年龄值为  $204 \pm 15 \sim 244 \pm 28$  百万年，8 个数值的  $i$  值为 0.7104~0.7328(Beckinsale 等，1979)<sup>[6]</sup>。 $i$  值均较高，说明了此期花岗岩的浅源成因。④燕山期：印度板块和太平洋板块的俯冲消减作用，伴有红河等滇西几条转换断层的顺时针旋扭，使个旧锡矿、都龙锡矿得以深入陆块腹地形成；西边的腾冲锡矿和黄连沟钨矿的形成还构成类似大陆边缘安第斯山型的金属分带特征。太平洋的俯冲消减作用，用华东南 Rb-Sr 年龄 90~109 百万

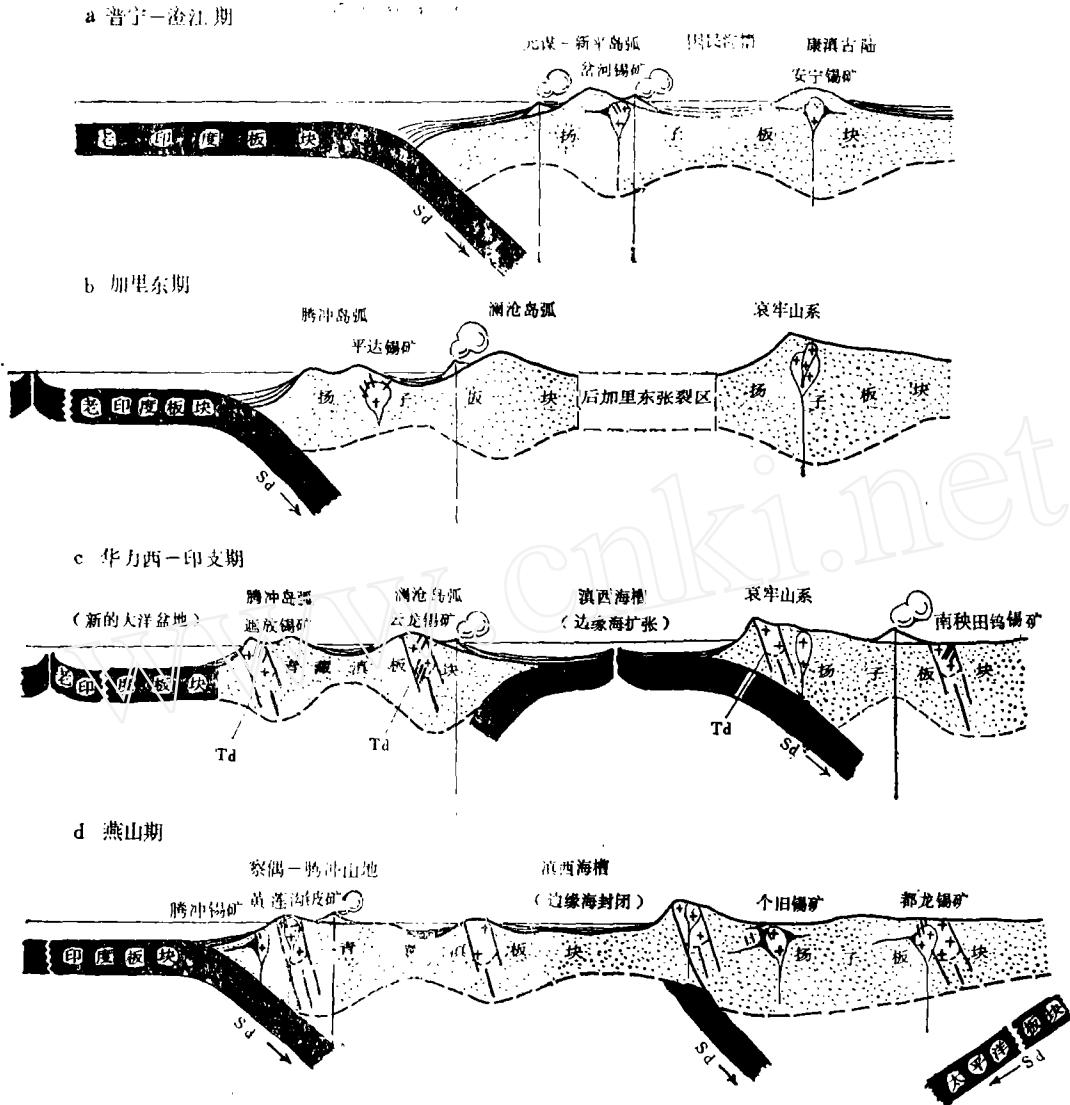


图4 云南锡矿成矿与板块构造关系  
Sd—俯冲消减作用；Td—转换消减作用

年的花岗岩类岩石的*i*值如0.7063~0.70695 (Bor-Ming Jahn等, 1976)<sup>[8]</sup>；印度板块的俯冲消减作用可以泰国花岗岩 Rb—Sr 年龄值为  $124 \pm 4$ 、 $130 \pm 4$  百万年的*i*值分别为 0.7073和0.7086，马泰半岛西部普吉至德林达依 Rb—Sr 年龄  $115 \pm 7$  百万年之岩体*i*值为 0.707<sup>[1]</sup>，说明其来源较深。但泰国 Rb—Sr 年龄  $93 \pm 4.0$  百万年之何戴花岗岩*i*值为 0.7338<sup>[7]</sup>，说明某些地段浅部污染强烈，伴有陆壳性质的转换消减作用。

青川滇板块的情况了解甚少，据信与高黎贡山带的特征类似。印度板块与欧亚板块缝合线在此区西侧邻近察偶地区转弯，因此挤压俯冲消减作用十分强烈，分布于此区的

有钙碱性岩浆系列的铜钼矿（如中甸雪鸡坪、西藏江达等），也有碱性岩浆系列的锡钨多金属矿（丽江麻花坪钨铍矿伴有锡，四川雀儿山及金沙江—雅砻江夹持地区的锡石—硫化物多金属矿床的发现）。

可见，云南境内地质历史上两个主要板块的构造演化历史，说明了两种板块消减作用和两种岩浆成岩成矿系列，从而也规定了锡矿床类型的发育和分布特点。

### （三）云南锡矿成因分类及成矿模式设想

#### 1. 两个典型的锡矿床举例：

（1）云龙锡矿（图5）：云龙锡矿带位于马来亚锡矿带北延部分。主要为锡石石

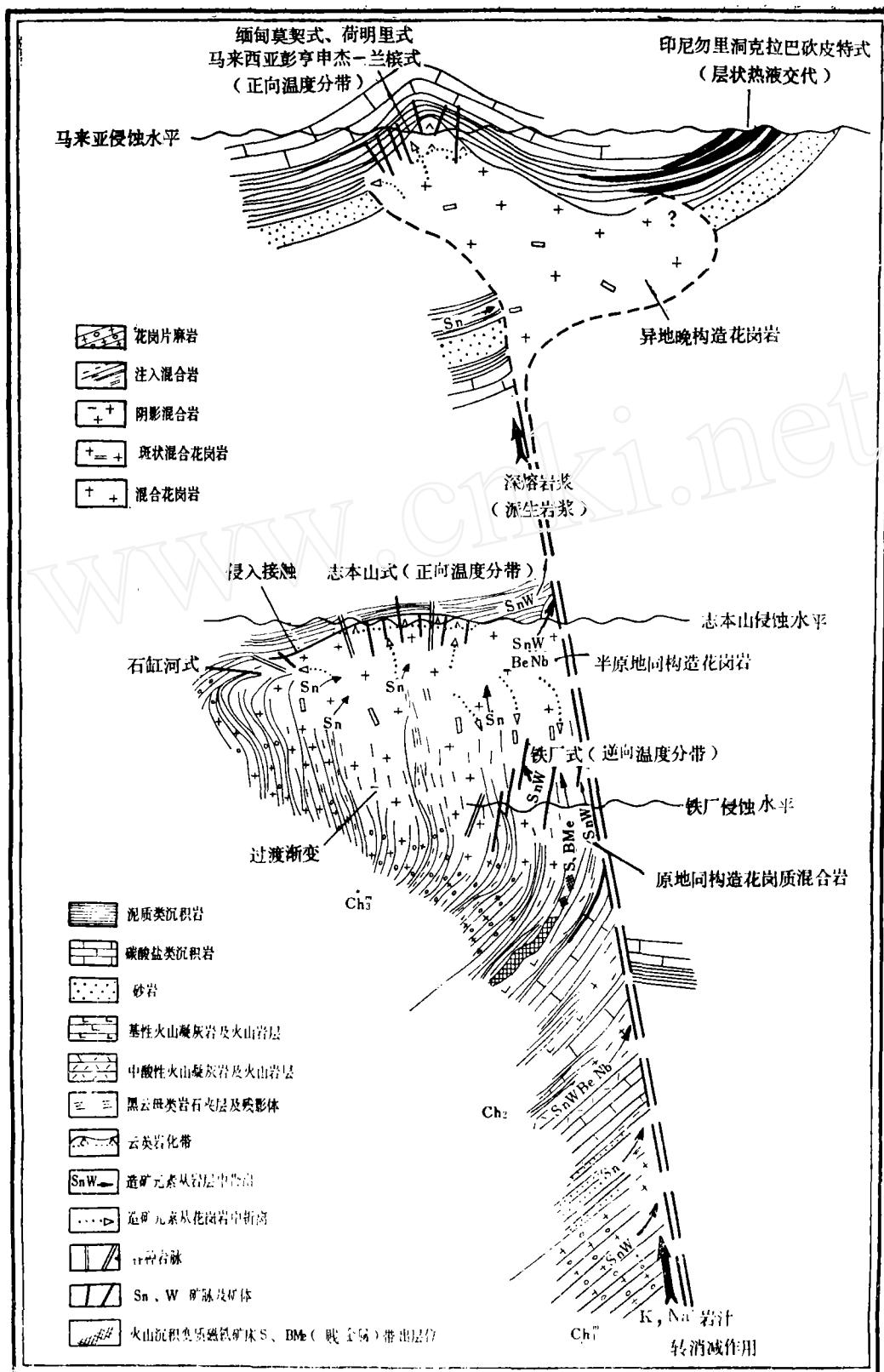


图5 云龙锡矿成矿模式

英型和锡石硅酸盐型矿床，呈脉状产于混合岩化花岗岩质岩石中，原岩为寒武系或前寒

系变质岩。矿脉受构造裂隙控制,发育于混合岩化花岗岩化强烈地段,混合岩化强度Ⅱ~Ⅲ级,成岩温度平均430℃,形成时期估计为华力西至印支期。主要矿化期可分氧化物阶段和硫化物阶段,多期叠加是形成富矿的条件。矿床具有上部石英—电气石,下部石英—硫化物,成矿温度递减(457→255℃),矿液盐度(从33.6%NaCl当量变小),包裹体大小(55→5μ)、气液比(43→10%)作规律性变化的逆向分布特点。锡石的形成有325和431℃两个高峰,富矿形成于300℃±。单矿物锡石分析: Nb0.01~>0.1%, Ta未检出至0.1%, In未检出。硫同位素组成 $\delta S^{34}$ 分布于+6.6~+9.11‰狭窄区间。成矿时压力估计为820~880大气压,相应深度为3300~3500米,应属高中温深成热液矿床。锡矿化出露地区与钾碱交代蚀变区吻合;硅化、电气石化、硫化矿化是良好找矿标志。

我们设想的成矿模式为:当侵蚀水平揭露到马来亚区域锡矿部位时,花岗岩具有异地晚构造侵位特征,岩浆分异良好,矿床具有正向温度分带特征,挥发分F、Cl起重要作用,广泛云英岩化;当侵蚀水平揭露到本矿带北部志本山矿床部位时,花岗岩具有半原地同构造性质,分异不良,F的作用有限,矿床具正向温度分带特征,云英岩化微弱;当侵蚀水平揭露到铁厂矿床水平时,成矿部位的花岗质混合岩具有原地同构造性质,挥发分F缺乏,Cl、B、CO<sub>2</sub>起重要作用,未见云英岩化,钾碱交代显著,矿床具逆向温度分带特征。由此推断:岩汁、再生岩浆所经历的矿源层不同,形成部位各异,分异演化程度的差别,造成不同方式和程度的锡和稀有金属矿化。鉴于矿床和与之相关的混合岩化花岗岩形成于原地或半原地,矿床中共生组分具有来源于地壳浅源的明显的亲石特点。

(2) 个旧锡矿(图6)<sup>[11][12]</sup>:个旧锡矿属太平洋锡矿带的西端,矿区主要由三迭系厚逾5千米的以碳酸盐为主的岩层构成,燕山晚期(66~115百万年)有中酸性和碱性岩浆侵入并伴随成矿活动。原生锡矿主要为锡石硫化物型(包括锡石硅酸盐型),锡石石英型矿床不发育。

锡矿化主要分布在花岗岩岩株状侵入体的正接触带和外接触带,在成矿断裂与花岗

岩、白云岩和石灰岩互层带的交切部位成矿最有利。围绕突起,矿床作明显的带状分布,总体上内带为锡铜,外带为铅锌。锡石硫化物型矿床以马拉格为例(从内向外): Cu(W、Bi、Sn)→Cu、Sn→Sn、Cu→Sn、Pb→Pb、Zn(Sn)。锡石电气石型矿床以老厂为例: Sn、Be、W(Ta、Nb)→Be、W、Sn→Sn、W、Be→Sn、W、Be(Li、Rb、Cs)。锡皆具有上下贫、中间富的特点。含锡花岗岩锡的丰度为10~25ppm,几个主要矿田氟含量均>1450ppm。氟在成矿过程中起重要作用。据殷成玉研究表明,黑云母蚀变褪色过程中锡带出,黑云母中Sn为0.07~0.088%、褪色黑云母中0.028~0.046%,白云母中为0.015%; Ta<sub>2</sub>O<sub>5</sub>和Nb<sub>2</sub>O<sub>5</sub>也有相似情况。包裹体研究表明,花岗岩形成温度615~>800℃,夕卡岩426℃、含铍的长石—伟晶岩脉348~411℃,含水夕卡岩及多金属硫化物296~388℃,铅锌硫化物275~300℃,随矿化阶段温度依次下降。单矿物分析表明,主要成矿期的锡石含有: Nb—0.0021%, Ta—0.0004~0.0013%, In—0.0018~0.0112%。硫同位素组成 $\delta S^{34}$ 变化范围为-2.2~+14.7%,近0点和+6~+8两区间出现高峰。

张志信根据硫、铅同位素组成和矿物包裹体形成温度测定等资料,认为个旧矿区的成矿物质来源属地壳深部源类型,是与地壳硅铝层及古老地槽泥质沉积物经重熔作用花岗岩浆演化、侵入活动有关的气化—高中温热液矿床。

矿石组合和微量元素特征,表明矿床具有明显的亲铜性质。

## 2. 云南锡矿成因分类:

S.F.卢戈夫1977年将锡矿划分成四个类型<sup>[13]</sup>,结合近期关于对含锡花岗岩的新认识,将四个类型对比如表2。考虑到前述两类矿床的代表性,又将锡矿床分为亲石和亲铜两大系列,亲石系列包括伟晶岩型、石英型、长英型、电气石型等类矿床,常有硫化物叠加,锡石结晶较粗大;亲铜系列包括含锡磁铁矿夕卡岩、含锡铁闪锌矿夕卡岩、硫化物型、硫化物—硫盐型、绿泥石型、电气石型等,也常有含锡的云英岩和石英脉作为先导,但始终居于次要地位,锡石颗粒较细。

在锡的内生过程中,氧逸度具有特殊意

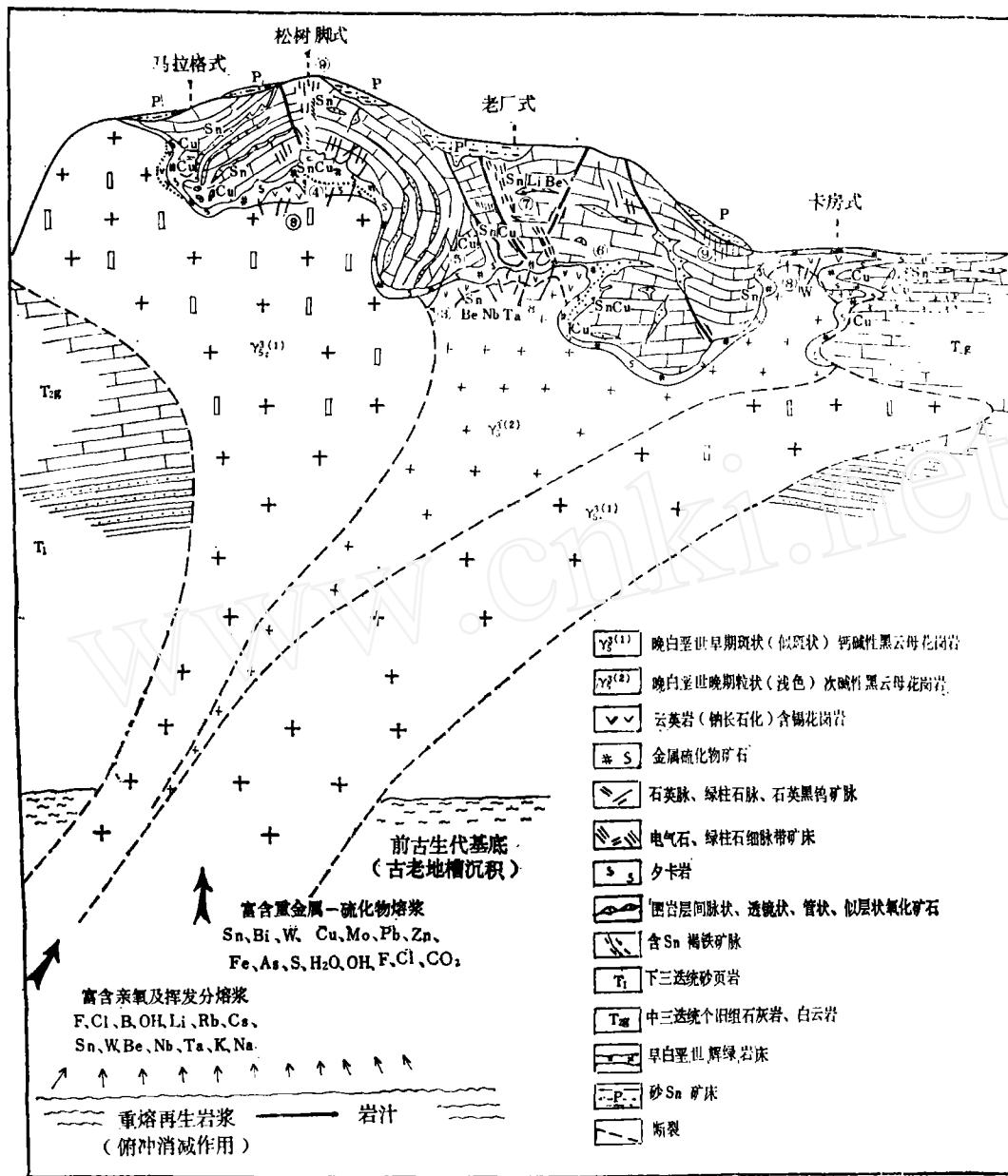


图6 个旧锡矿成矿模式  
(据张志信)

义, 衡量氧逸度的标志常用铁离子。石原舜三<sup>[14]</sup> (1978) 提出, 在磁铁矿系列花岗岩中, 由于 $f_{O_2}$ 高, 锡为四价, 于岩浆结晶早期阶段置换副矿物中的 $Fe^{3+}$ 和 $Ti^{4+}$ 等, 故在残余岩浆中只有少量富集。钛铁矿系列花岗岩则相反。据信它产于地壳, 由于含碳层次的还原作用,  $f_{O_2}$ 低, 锡为二价, 没有适合的位置可以取代, 故集中于残浆。亲石系列的锡矿床, 就是通过伟晶岩的碱质交代和云英岩—石英脉的酸性淋滤, 从含锡的残浆

中引出锡, 在适当的部位形成矿床的。当含锡的花岗岩与碳酸盐类岩石接触, 在接触交代过程中, 由于第三组分——铁的加入, 使其早期夕卡岩阶段锡仍以杂质状态结合在夕卡岩矿物里, 取代夕卡岩中 $Fe^{3+}$ 等离子的位置, 少数情况下锡所以形成马来亚石、硼钙锡矿和硅钙锡矿等独立矿物。夕卡岩晚期磁铁矿的出现标志了 $f_{O_2}$ 转变阶段,  $Fe^{3+}$ 锐减,  $Sn^{4+}$ 以出熔方式呈极细小的锡石晶粒晶出, 铁闪锌矿也有类似的行径。直到锡石—硫化

各类锡矿床地质特对比

表2

对比项目	亲石系列		亲铜系列	
	含锡稀有金属伟晶岩	锡石-石英	锡石-硅酸盐	锡石-硫化物
主要时代	前寒武纪至下古生代	中一晚古生代、中生代	晚古生代、晚白垩世 一早第三纪-渐新世	白垩纪一早第三纪-晚第三纪(前寒武纪)
亲石元素矿物比例	100~98%	98~75%	75~40%	40~20%
亲铜元素矿物比例	0~2%	2~25%	25~60%	60~80%
锡的氧化物	100%	近100%	近95%	20~95%
锡的硫化物或酸溶锡			近5%	5~80%
锡石中标型微量元素	Ta+Nb=1~3%, Th实际上不存在	Ta+Nb=0.05~ 0.5% In<0.0001%	Ta+Nb=0.001 ~0.01% In=0.001 ~0.005%	Ta≈0, In=0.01 ~0.05%
锡石粒度与结合情况	0.25~1mm,与石英长石连生	1~2mm,与石英连生	0.1~1.0mm,与电气石连生	0.015~0.5mm,与硫化物连生
锡石结晶习性	双锥至短柱双锥八面体	短柱双(单)锥	短柱单(双)锥	短柱单锥、长柱单锥、针状
锡石颜色	褐黑色-黑色	紫红色-灰色	棕色-紫灰色	棕黄色-黄绿色
花岗岩中氟含量及硼、氟、氯等作用	F<1000ppm,氟、硼为主	F<1000ppm,硼、氟、二氧化碳为主	F>1000ppm,二氧化碳、硼为主,也有硫、氟	F>1000ppm,氟、硫为主,也有二氧化碳、氟
花岗岩K/Rb	<100	100~150	150~200	>250~300
花岗岩Sr <sup>87</sup> /Sr <sup>86</sup>	>0.708	>0.708	0.708±	0.708~0.706
起始比值				
花岗岩形成温度	<600°C	400~600°C	400~800°C	600~800°C
花岗岩构造类型	原地同构造交代型花岗岩,线状构造发育,与围岩过渡	半原地或异地同构造交代型花岗岩,线状构造发育,有时与围岩过渡	异地晚构造交代及重熔花岗岩环型构造侵入接触	异地后构造重熔花岗岩,环型构造特征显著,侵入接触
古地表下矿化深度	4~5km	2~8km	1~2km	~0.5km
地壳厚度	~50km	~45~40km	40~35km	25~20km
砂锡矿含泥量	<30%	<30%	10~30%	30~80%
砂锡矿含砾量	>30%	>30%	10~30%	<10%
砂锡矿类型	坡积-冲积	坡积-冲积	残坡积-洪积	残坡积-洪积
氧化矿物特征	氧化带稳定矿物多	氧化带稳定矿物多	过渡	胶体吸附发育

物阶段,铁都为二价,Sn<sup>4+</sup>无处藏身,大量的锡石沉淀,部分还以锡的硫酸盐出现。原桂林冶金地质研究所(1974)<sup>[6]</sup>研究对比了我国夕卡岩铁铜矿床之后,得出锡须形成于特别高硫低氧的环境也是这个道理。把握住锡的这些地球化学行为,对于找寻锡石的富集地段是有帮助的。

### 云南锡矿找矿问题

周长龄等(1981)<sup>[10]</sup>提出在找矿问题上要特别注意最佳地区、最佳类型和最佳手段的选择。

由于锡矿多成带产出,岩浆成矿带又与板块构造的关系很大。针对云南的具体条件,在选择找矿最佳地区时,我们把注意力主要放在四个锡矿化带上。

如果矿带位于骨架区,则可能发育亲石系列锡矿;位于架间区,则主要发育亲铜系列锡矿,在适当条件下,两个系列矿床发育地区都会有砂锡矿床分布。

#### (一) 两种系列锡矿床找矿中应注意的问题

亲石系列锡矿床找矿中应注意的问题:

1. 矿带沿主要转换断层系呈带状延伸,矿化富于混合岩化花岗岩化强烈地段。
2. 由于矿化来源于原地或半原地花岗岩化作用,应该研究下伏层次岩石造矿元素背景值。
3. 矿体多作脉状产出,控矿构造规律是发现和找寻富矿的主要矛盾。
4. 根据矿床分带及组合特征,推测原始成矿部位,预测富矿埋藏地区。
5. 注意伴生钨、铍、铌、钽及稀土组

分，在砂锡矿中往往伴有独居石、钛铁矿、锆石、铌钽铁矿、磷钇矿等多种有用重矿物。

6. 混合岩化花岗岩的钾化、硅化、电气石化，有时云英岩化、硫化矿化、绿泥石化是找矿标志。

7. 砂锡矿往往赋存在第四系底部的一层粗砂砾石层中，与东南亚砂锡矿的卡克沙（Kaksa）层层位类似。锡石粒粗，八面体（伟晶岩型）和短柱双锥（石英型）等常见，矿层中含砾系数达50%。

8. 盘洗重砂是找矿的有效手段，金属量测量、自然电流法有一定作用，航片上注意线型构造及其与环形构造交切部位的判读。大型矿区在重力异常图上反映为带状“重力低”异常，应引起特别注意。

亲铜系列锡矿床找矿中应注意的问题：

1. 矿化围绕花岗岩突起发育，花岗岩突起往往有等间距成带排列特征。

2. 应该注意花岗岩、花岗岩中的黑云母、夕卡岩单矿物及磁铁矿中铁闪锌矿单矿物中锡的丰度以及有关的氟、氯、铁、碱含量的分析。

3. 矿化受地层岩性、构造、火成岩的多重控制，矿体形态多样，注意含矿构造与有利层位、花岗岩接触带的交切部位。

4. 一般具有明显的分带特征，往往除锡石硫化型为主之外还有其他类型发育，在矿种和矿床类型的时空分布上均常有规律可循。

5. 多种金属伴生是本系列锡矿床的特点，如果有亲石系列矿床类型共生，则前述亲石系列伴生组分也应注意。砂锡矿中往往有铅铁矾、吸附在铁矿物中之铜等结合铅、结合铜存在，菱锌矿、水锌矿、孔雀石、锰结核（常含有钴等组分）次生矿物发育。

6. 花岗岩本身的云英岩化，围岩的夕卡岩化、绿泥石化、铁锰碳酸盐化、硫化矿化、萤石化以及多金属铁帽都是良好的找矿标志。

7. 在矿化岩石或露头附近坡麓及盆地甚至岩溶洞穴都可能发育砂锡矿，其中锡石分布较均匀，没有分选特征，以粒细、颜色为褐黄色至黄绿色、长柱单锥或针状为特点，砂锡中含泥量高，可达30%。

8. 金属量测量是找矿的有效手段，重砂

也起重要作用。大型矿区在重力异常图上反映为环状“重力低”异常，电阻率法、电测深法对确定含矿断裂位置，了解花岗岩突起形态有效；磁法、电阻率法对寻找含锡的磁铁矿、磁黄铁矿及硫化矿盲矿体有作用。航片判读中应特别注意环形构造影象特征。

（二）找矿方向 通过锡矿概查和成矿规律的初步分析，我们认为俯冲消亡构造环境下的重熔花岗岩是寻找大型锡石—硫化物型矿床的前提，这些地段是我们增长锡储量的首要目标。象这种构造环境我们分析有马关一个旧构造岩浆带、川滇构造岩浆带、高黎贡山构造岩浆带、德钦—维西构造岩浆带和青川滇板块。其次属转换消亡环境伴有一定俯冲消亡的构造环境下的交代型花岗岩是寻找中、小而富锡石石英型和含锡稀有金属伟晶岩型矿床的地段，这类地区有崇山—澜沧江构造岩浆变质带、高黎贡山构造岩浆变质带以及马关一个旧构造岩浆带的都龙—麻栗坡变质岩区。滇西滇东南都有多期活动、两种以上消亡方式叠加的特点，因而成矿也最有利。

## 结 论

云南锡矿主要隶属于马来亚—地中海和环太平洋二锡矿带，以红河缝合线为界，扬子板块上分布有川滇和滇越桂二锡矿带，主要为与重熔花岗岩有关的亲铜系列锡矿床，推测它主要与太平洋板块和青藏滇板块的俯冲消减作用有关；青藏滇板块上分布有滇缅和滇泰二锡矿带，主要与交代和部分重熔花岗岩有关的亲石系列、部分亲铜系列锡矿床，推测它主要与青藏滇板块上各次级板块的陆块碰撞转消减作用，部分与一段时期的陆间裂谷式的张裂和印度板块的俯冲消减作用有关；两个板块、两类花岗岩、两种系列锡矿床反映了两种板块消亡成岩成矿模式和物质来源深度，把握住这些特点在滇东南、滇西、滇中、滇西北找到大型锡石硫化物型矿床是有可能的；在滇西和滇东南的变质带中找到中、小而富锡石石英型矿床是有希望的。

本文主要还运用了我所矿床室综合组、岩矿室鉴定组和包裹体组资料，并蒙胡受奚教授与张志信工程师提出宝贵意见，在此一并致谢。

## 主要参考文献

- [1] Hutchison, C.S. & Taylor, D., Jr. Geol. Soc., 1978, V.135, p.407~428
- [2] 中国科学院贵阳地球化学研究所, 华南花岗岩类的地球化学, 科学出版社, 1979
- [3] 南京大学地质系, 中国东南部花岗岩类的时空分布、岩石演化、成因类型及成矿关系的研究, 南京大学学报地质专刊, 1980
- [4] 云南冶金地质勘探公司地质研究所编 图组, 地质与勘探, 1979, 2, 1~13
- [5] Taylor, R.G., Geology of tin deposits, 1979
- [6] 阿玛钦达, P., 国外地质科技, 1978, 4
- [7] 柳贺昌, 云南金属矿床成因与找矿问题(内部), 1978
- [8] Hepworth, J. V. & Reading, H. G., Lr Geol. Soc., 1979, V.135, p. 517~518, 578, 587
- [9] Beckinsale et. al., Jr. Geol. Soc., 1979, V.136
- [10] Bor-Ming Jahn et. al., 国外地质, 1980, 6, 13~23
- [11] 云锡地质勘探队, 个旧锡矿地质(内部), 1979
- [12] 张志信, 个旧锡矿地质(内部), 1979
- [13] Lugov, S.F., Int.Geol., 1979 V.21, No.1
- [14] Ishihara, S., Jr.Geol. Soc., 1978, V.135, p.389~406
- [15] 桂林冶金地质研究所夕卡岩铜矿专题组、同位素地质组, 地质与勘探, 1974, 1, 8~13
- [16] 周长龄等, 地质与勘探, 1981, 1, 1~6

## 锡石标型特征及其在研究砂锡物质来源中的应用

西南冶金地质勘探公司308队 殷成玉

牛屎坡砂锡矿是个旧西区最大的砂锡矿床。弄清砂矿的物质来源, 不仅对揭示砂锡矿的成因, 而且对指导深部找矿评价, 都有现实意义。

从1973年起, 笔者曾对砂矿、蚀变花岗岩、电气石细脉、氧化矿及围岩进行了野外和室内研究工作。下面着重讨论应用锡石标型特征研究砂锡矿物质来源所取得的初步成果。

### 矿区地质概况

牛屎坡矿区位于个旧大断层以西, 杨家田—石门坎断层与仙山碛断层之间。北东向构造控制岩枝、岩脉、矿脉和矿体的走向分布(图1)。

区内出露地层主要为中三叠统个旧组与法郎组碳酸盐岩。个旧组是本区的主要含矿层, 也是砂矿的基岩层。

矿区西侧为西区杂岩体。白虎山花岗岩呈北东向岩枝状产出, 属神仙水岩体, 同位素年龄78百万年, 为燕山晚期产物。

白虎山花岗岩锡的同生金属含量为34ppm, 黑云母含锡量550ppm。花岗岩含氟1420ppm, 氯200ppm, 硼230ppm。花岗岩浆分异演化最好, 蚀变强烈, 是目前西区含矿性较好的岩体。蚀变花岗岩含锡0.005~

0.046%。

矿区内有一条北东向的花岗斑岩脉, 长3000多米, 宽200~300米, 厚约150米。斑岩蚀变, 矿化剧烈, 并已风化呈土状。蚀变有钾长石化、云英石化、萤石化、绢云母化、绿泥岩化及硫化物矿化等。与锡矿化关系密切的是电气石化。斑岩含Sn为0.01~0.642%, 一般为0.06%, Pb0.03~1%,

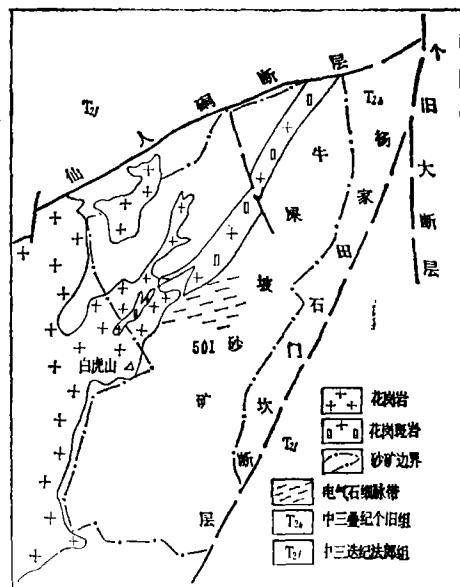


图1 牛屎坡矿区地质简图