

# 广东银岩—东田矿田锡—金成矿系列的研究

姚德贤 邓璟 曾令初 杜金龄  
(中山大学地质学系)

**摘 要** 银岩—东田是粤西地区锡矿与金矿的集中产区。本文对该区锡矿和金矿产出的地质位置及其与构造、岩体的时、空关系进行了系统的研究。发现锡、金是岩浆分异演化和多期多阶段成岩成矿的产物,是温度、压力及其物化条件改变状况下的结果。较早产出锡和钨钼铋组合,较晚为金银矿组合,它们构成一个成矿系列。

**关键词** 矿田,成矿系列,粤西

## 1 成矿地质背景

矿田位于云开隆起的腹部,东面为吴川—四会断裂带,西面为信宜—廉江断裂带。矿田出露震旦系云开群b组的眼球状黑云母混合花岗岩、条带状混合花岗岩、白云母长石英片岩和变粒岩。片岩居于矿田的中央,形成一个北西—南东向长约30km,宽数km的“船形”体,四周被混合岩包围。本区为单斜构造,地层中岩石片理因受挤压而形成紧闭和密集的小褶皱、虚脱,剧变地段常是控矿的部位。断裂构造发育,主要有北西向和北东向两组。北西向断裂成带出现,且发育断裂破碎带、糜棱岩带,多属压扭性质,与北东向断裂切割处,常是控岩控矿的位置。燕山晚期银岩重熔岩浆的侵入、定位、冷凝产生岩体内部、接触带和近岩体的围岩的冷缩裂隙构造、冷凝虚脱构造都是重要的控矿构造,并对矿床的形成起直接的制约作用。

## 2 锡矿、金矿产出特征

银岩花岗斑岩是本矿田锡、金的成矿母岩,在成矿构造的配合下,控制所形成的矿床在矿物组合、时空上作有规律的带状分布,即岩体内部形成斑岩锡矿床,外接触带为放射状锡石硫化物矿脉,再外围有多个方向产出的金(银)矿脉(图1)。

### 2.1 锡矿的产出特征

矿田内的锡矿有两种矿床类型:斑岩型锡矿和脉型锡矿。

2.1.1 斑岩型锡矿 产于银岩花岗斑岩筒内部,主矿体四周延伸深,中间浅,呈倒杯

本文1992年7月10日收到

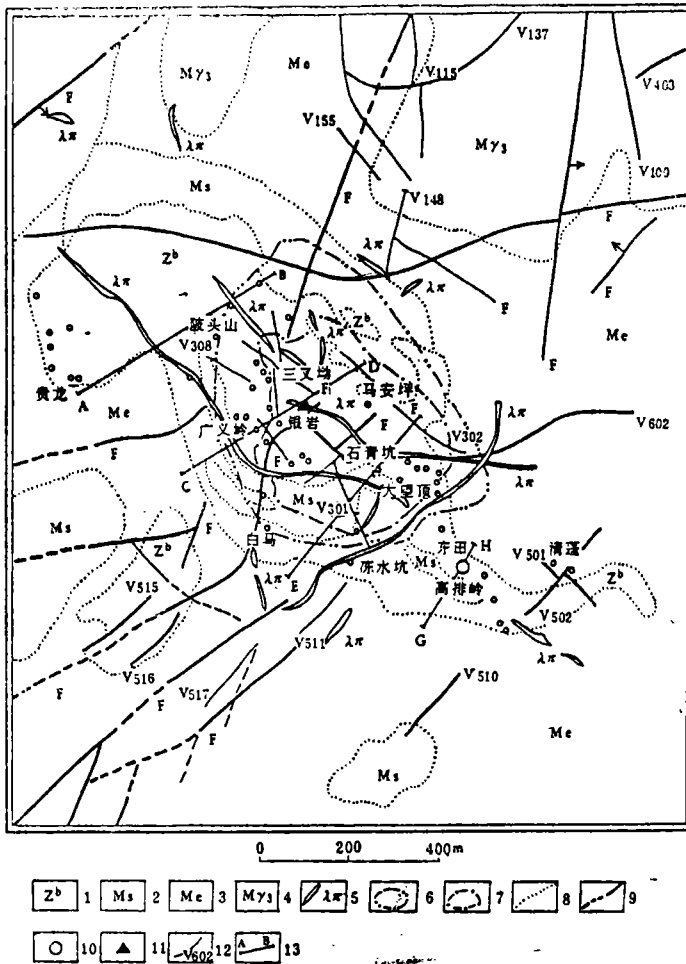


图1 银岩—东田矿田地质略图

Fig. 1 Sketch geological map of in Yinyan-Dongtian Orefield

- 1—震旦系区域变质岩 2—一条带状混合岩 3—眼球状混合岩
- 4—混合花岗岩 5—石英斑岩脉 6—绿泥石化界线
- 7—硅化带界线 8—地质界线 9—实测及推测断层
- 10—金矿床(点) 11—斑岩锡矿 12—锡矿脉 13—地质剖面线

状分布于标高900~1100m之间,在此范围内几乎全岩矿化,岩筒中间锡品位高,边部品位较低。在主矿体下部,即标高750~900m之间,产有钨锡钼综合矿体,在外接触带的围岩中大量发育钼矿。金属矿物以锡石为主,黑钨矿、辉钼矿、辉铋矿、黄铜矿、闪锌矿等次之。锡石呈褐色、浅褐色,以两种形式存在矿石中:①浸染状或团块状产于强烈的面型蚀变岩中,粒度0.05~0.15mm;②呈细脉状产于石英黄玉细脉、云英岩细脉和斜绿泥石细脉中,粒度0.01~0.08mm。

斑岩锡矿蚀变强烈,类型繁多且具垂直分带(图2)。



富碱, 富挥发分、富含稀土和高分异指数(DI大于92)为特征。锆石U-Pb法一致曲线年龄的下交点为78.1Ma是该矿田产出锡、金的近似成矿年龄。成矿物质来自银岩岩体, 证据如下:

### (1) 岩石地球化学特征。

①银岩矿区系统的岩石地球化学测量, 表明异常元素有Sn、W、Mo、Li、Be、Nb、K、Na、Ni、Ba、Sr、Cu、Pb、Zn、Ag、Hg、F等。其中Sn异常强大, 为30~1428mg/kg, 高出地区背景值3.8~183倍, 异常面积大于银岩岩体面积25倍以上。挥发分F达2000~22000mg/kg, 是矿区背景值的3.6~40倍。各种异常元素为具水平和垂直分带, 这与锡矿、金(银)矿空间分布一致。②对横过全区震旦系变质岩的160km地质剖面系统的岩石微金分析, 结果表明各种岩石的含金量在1~3 $\mu$ g/kg之间, 相当地壳的平均值。金的高丰度值只出现在构造破碎带上, 说明本区没有“矿源层”, 构造破碎带的金高丰值不是从地层岩石转移而来, 却具有岩浆气水热液的地球化学特征。

### (2) 同位素特征。

矿田内主要锡矿、金矿及有关侵入体的同位素组成特征表明, 它们之间存在成因联系和成矿物质的岩浆来源。

表1 银岩—东田矿田主要金银矿、锡矿和有关岩体的铅同位素组成

Tab.1 Lead isotopic compositions of main gold-silver deposits, tin deposits and some rock bodies in Yinyan-Dongtian Orefield

矿区	样品号	样品种类	锡同位素组成			备注
			$^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	$^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	$^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	
信宜东田金矿	花岗质岩—1	全岩	19.039	15.722	38.593	本文1989,
	花岗质岩—2	全岩	16.228	15.717	51.17	地科院地
	ZK <sub>42</sub> <sup>112</sup> 金矿石	黄铁矿	18.028	15.735	38.572	科所测
	ZK <sub>42</sub> <sup>209</sup> 金矿石	黄铁矿	18.177	15.689	38.573	
	Y—302 花岗斑岩	钾长石	18.698	15.620	39.020	据中大
信宜银岩锡矿	YCD <sub>4</sub> N—47 斑岩锡矿石	黄铁矿	18.560	15.590	38.738	俞、陈
	Y—56 穿过斑岩和角岩 的含锡硫化物脉	黄铁矿	18.601	15.643	38.784	1988, 湖北宜
	Y—DB 地表硫化物脉	黄铁矿	17.877	15.489	39.085	昌所测
	信白金 鸡宜坳 矿	花岗斑岩脉	全岩	13.860	15.682	39.123

①铅同位素特征。从表1的数据可以看出: 银岩斑岩型锡矿石、脉型锡矿石中的黄铁矿与银岩斑岩中钾长石的铅同位素组成基本一致, 除地表硫化物脉中黄铁矿的数值

变化稍大(可能受围岩的影响)外,变化范围窄,成矿物质主要来自花岗岩斑岩。东田金矿的数据与银岩岩体和锡矿的数据也基本一致,表明它们的物质来源的同源性,均为同源同期岩浆演化的产物。东田金矿样品铅同位素 $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 变化为0.82%, $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 变化为0.29%, $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 变化为0.11%,铅同位素组成非常一致。 $^{206}\text{Pb}$ 、 $^{207}\text{Pb}$ 、 $^{208}\text{Pb}$ 的相对百分含量投影在坐标图3、4、5中,均在正常铅范围内,黄铁矿中无异常铅混入,本区锡矿、金矿和岩体铅均属同源正常铅。

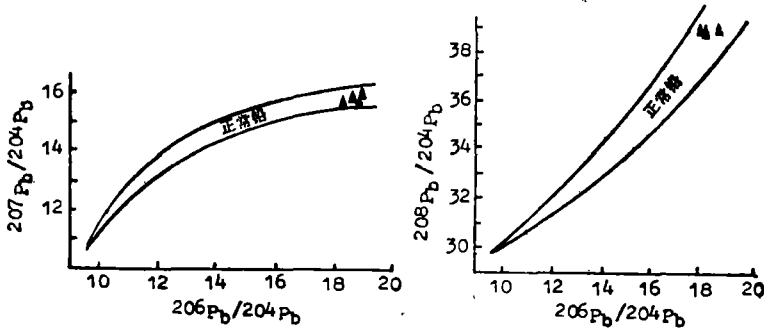


图3 正常铅的 $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ — $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 和 $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ — $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 坐标图

Fig.3  $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ — $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$  and  $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ — $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$  diagram in normal lead

▲为东田金矿区矿石铅同位素的投影点

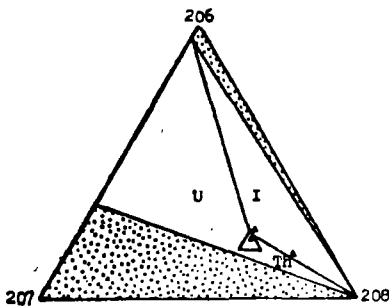


图4 东田金矿石中的同位素组成(按 $^{206}\text{Pb}/^{207}\text{Pb} + ^{208}\text{Pb} = 100$ 作图,据长农等,1961)

Fig. 4 Lead isotopic compositions of Dongtian gold deposit

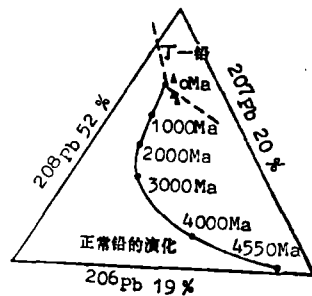


图5 图4中三角形的放大图

Fig. 5 Enlarged diagram of the triangle in the left diagram

▲为本区铅同位素的投影点

东田金矿的花岗质岩(混合花岗岩)全岩铅同位素组成 $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 分别为38.593和51.178,变化为24.59%,变化很大。 $^{206}\text{Pb}$ 、 $^{207}\text{Pb}$ 、 $^{208}\text{Pb}$ 的相对百分含量投影在图4、5中均落在异常铅范围,属特殊的J铅,表明有异常铅的混入。铅的源区特征,将东田金矿、银岩锡矿的u值投影分别落在克拉通化地壳范围和上地壳铅平均演化曲线上图6,说明它们的成矿物质均来源于地壳的重熔岩浆。而东田的花岗质岩石u值则投在非克拉通化地壳铅范围,表明以壳源为主。

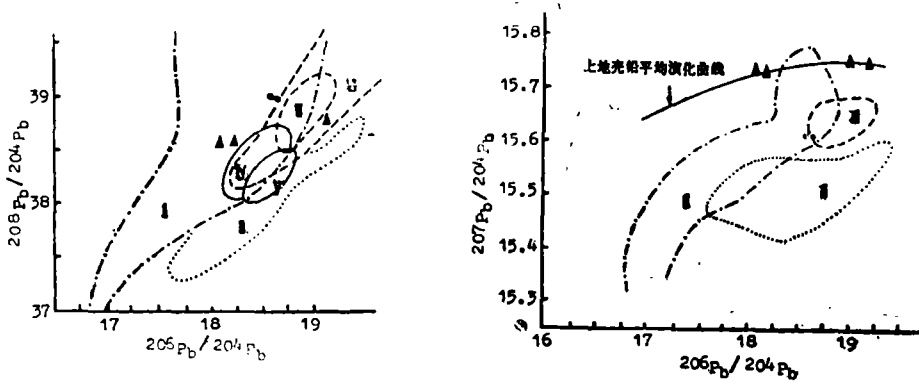


图6 东田矿区及银岩岩体的 $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ — $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 和 $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ — $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 坐标图  
 Fig.6  $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ — $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$  and  $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ — $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$  diagram of rock bodies in Yinyan—Dongtian orefield

▲东田铅; ●银岩铅; I 克拉通化地壳铅; II 大洋火山岩铅;  
 III 深海沉积物铅; IV 岛弧铅; V 原始岛弧铅; VI 非克拉通化地壳铅

②氢氧同位素特征。从银岩锡矿石和东田金矿石中挑选石英单体做氧同位素分析和包裹体的氢同位素分析(表2)可看出以下特点:

银岩锡矿 $\delta^{18}\text{O}$ 值在10.3~11.5‰, 差值1.2‰, 平均值10.9‰。东田金矿 $\delta^{18}\text{O}$ 值在11.1‰~12.3‰, 差值为1.2‰, 平均值11.73‰。锡矿和金矿的 $\delta^{18}\text{O}$ 分布范围窄, 相当于地壳再造花岗岩范围(10‰~13‰, Shiel和Taylor, 1969)。两者的平均值为11.3‰, 表明成矿物质均来自矿田中花岗斑岩岩浆系统。

银岩锡矿、东田金矿的成矿热液 $\delta^{18}\text{O}_{\text{H}_2\text{O}}$ 值变化范围为+3.1‰~+5.2‰, 均比“正岩浆水”(  $\delta^{18}\text{O}_{\text{H}_2\text{O}} = +6.9‰ + 9.0‰$  )低, 反映在岩浆热液演化与形成过程中有外来地下水加入, 其数值越低即混入的地下水越多。

表2 银岩锡矿、东田金矿氢氧同位素组成

Tab2 Hydrogen and oxygen isotopic compositions of Yinyan tin

矿区	样号	矿石类型	测定矿物	$\delta^{18}\text{O}/\text{‰}$ 石英 (SMOW)	$\delta^{18}\text{O}_{\text{H}_2\text{O}}/(\text{‰})$ (t/°C)	$\delta\text{D}_{\text{H}_2\text{O}}/(\text{‰})$ (SMOW)	备注	
信宜银岩锡矿	CD4N-47	斑岩锡矿石	石英	+10.3	+4.1 (320°C)		俞受澄等	
	PD1-12	围岩中含锡石英脉	石英	+11.5	+3.1 (260°C)	-47	1988, 贵阳所测	
	y-Sn	斑岩锡矿石	锡石	+5.0	+3.3 (300°C)			
信宜东田金矿	ZK <sub>42</sub> <sup>230</sup>	硅化云母片岩矿石	石英	11.8	4.7	-3.8	-87	本文
	ZK <sub>42</sub> <sup>112</sup>	矿化云母石英矿石	石英	11.1	4.0	-4.5	-78	1988, 地科院矿床
	ZK <sub>42</sub> <sup>209</sup>	含硫化物石英细脉矿石	石英	12.3	5.2 (300°C)	-3.2 (150°C)	-80	所测

银岩锡矿石包裹体中氢同位素相对稳定， $\delta D_{H_2O}$  为  $-47\%$ ，落在泰勒“正常岩浆水” ( $\delta D_{H_2O} = -40\% \sim -80\%$ ) 之内。东田金矿石  $\delta D_{H_2O}$  值为  $-78 \sim -86\%$ ，数值偏低，其值落在大气水与“正岩浆水”之间 (图7)。说明它们的成矿热液均来源于重熔岩浆水并有部分大气水渗入。

③硫同位素特征。银岩锡石和东田金矿矿石中黄铁矿的硫同位素分析结果，前者  $\delta^{34}S$  为  $-2.30\% \sim +2.11\%$ ，后者  $\delta^{34}S$  为  $-1.3\% \sim -3.7\%$ ，两矿的变化范围都较窄 (图8)，明显呈塔式效应，均属岩浆热液型硫。

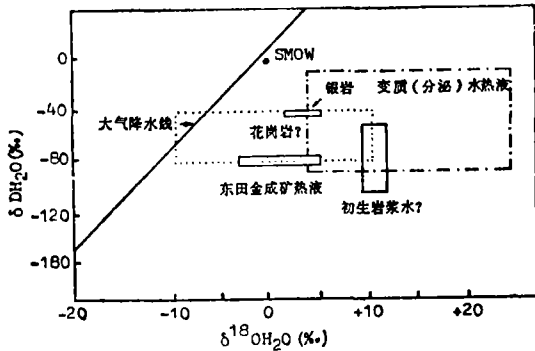


图7 银岩、东田矿成矿热液  $\delta D_{H_2O}$ 、 $\delta^{18}O_{H_2O}$  (‰) 投影范围

Fig.7  $\delta D\%$ - $\delta^{18}O\%$  Projective diagram of the ore-forming hydrothermal fluid in Yinyan-Dongtian orefield

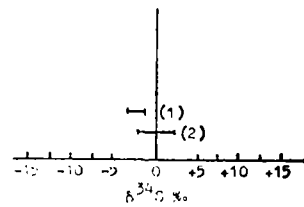


图8 东田金矿石和银岩锡矿石硫同位素的  $\delta^{34}S\%$

(1)东田金矿石黄铁矿中的  $\delta^{34}S\%$   
(2)银岩锡矿石黄铁矿中的  $\delta^{34}S\%$

Fig.8  $\delta^{34}S\%$  of in Yinyan tin deposit and Dongtian gold deposit

(3)稀土元素组成特征。

表3是银岩花岗斑岩、银岩锡矿和东田金矿的稀土元素分析结果。花岗斑岩与斑岩锡矿的线性相关系数  $R = 0.99$ ，花岗斑岩与东田金矿的相关系数  $R = 0.72$ ，说明锡矿与花岗斑岩的关系更为密切。东田金矿的稀土总量较少，轻稀土大于重稀土，Eu亏损也较少，显然是由于花岗斑岩体高度分异演化的结果。在演化过程于岩体上部形成锡矿，同时也富集了稀土元素，而金矿的成矿热液分出稍晚，迁移离开岩体较远，外来地下水加入较多，致使热液成矿轻稀土多于重稀土。

3.2 成矿物理化学条件

3.2.1 成矿温度 银岩锡矿不同类型的矿石中石英、黄玉包裹体均一温度分布范围较广，经历了从高温到中温的过程。早期云英岩化矿石成矿温度为  $420 \sim 260^\circ C$ ；硅化黄玉化矿石为  $400 \sim 240^\circ C$ ；锡石石英脉有两期，早期  $450 \sim 380^\circ C$ ，晚期  $260 \sim 200^\circ C$ 。外围的金矿石均一温度有两个峰值，早期  $300 \sim 270^\circ C$ ；晚期为  $200 \sim 180^\circ C$ 。上述资料说明花岗斑岩体自下而上矿石形成的温度逐渐降低，锡矿形成的延续时间长，而金矿形成阶段不多，持续时间较短，也说明矿田内锡-金成矿的连续性和阶段性。

表 3 东田金矿矿石与脉岩银矿脉岩锡矿石和有关花岗斑岩稀土元素含量 (mg/kg)

Tab. 3 REE contents of Dontian gold deposit, Yinyan tin deposit and some granite porphyries

样号	样名	La	Ca	Pr	Nd	Sn	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu	Y	ΣREE	R	
银岩锡矿:																			
CZK320-1 C岩Y320-1	花岗斑岩	27.71	75.65	9.71	28.36	10.06	0.05	10.53	2.82	20.06	4.25	14.40	2.86	20.53	3.09	119.64	349.04		
CZK402-1 CSnY402-50	黄玉化斑岩 锡矿石	113.10	288.96	42.35	177.04	63.93	0.46	60.27	14.85	102.88	21.05	68.83	12.46	87.46	12.53	676.32	1742.66		
东田金矿:																			
CZAuK <sub>43</sub> <sup>212</sup>	含硫化物石 英细脉矿石	32.16	65.85	12.01	40.45	13.19	3.28	15.19	2.58	15.16	2.83	6.22	0.90	5.26	0.83	64.77	280.78		
银岩锡矿:																			
LnC <sub>岩</sub> Y302-1	花岗斑岩	3.32	4.33	2.27	3.34	2.30	-2.99	2.53	1.04	3.06	1.45	2.67	1.03	3.02	1.13	4.78			0.990
LuC <sub>Sn</sub> Y402-5	黄玉化斑岩 锡矿石	4.73	5.67	3.75	5.18	4.16	-0.79	4.10	2.71	5.26	3.05	4.23	2.53	4.47	2.53	6.02			
东田金矿:																			
LuC <sub>Au</sub> ZK <sub>43</sub> <sup>222</sup>	含硫化物石 英细脉矿石	3.47	4.18	2.49	3.70	2.85	1.19	2.72	0.95	2.72	1.04	1.83	-0.10	1.68	-0.19	4.17			0.72

**3.2.2 成矿压力** 根据 Roedder 1980 年提出利用 NaCl—H<sub>2</sub>O 溶液体系中, 不同密度的 NaCl 等线温度与压力的关系在已知温度和密度的情况下, 可求得成矿溶液的压力, 而由同一温度和盐度可求得密度。经计算和图解, 银岩锡矿的成矿压力为 400~600 × 10<sup>5</sup>Pa, 东田金矿为 200~300 × 10<sup>5</sup>Pa, 反映斑岩锡矿形成深度大, 成矿环境相对封闭, 而金矿形成深度较浅且成矿环境相对开放。

**3.2.3 成矿溶液的酸碱度和氧逸度** 由包裹体的液相成分直接进行 pH 值测定(表 4), 银岩锡矿主要成矿阶段成矿溶液 pH = 4.40~3.75, fO = 10<sup>-30</sup>~10<sup>-40</sup>。东田金矿成矿溶液 pH = 6.23~6.46, fO = 10<sup>-38</sup>~10<sup>-48</sup>。考虑水在 150~300℃ 条件下, 中点值 pH = 5.6~5.8, 反映由锡矿至金矿成矿溶液经历了由弱酸性至弱碱性的变化, 且氧逸度都较低。

### 3.2.4 成矿溶液的盐度和成分

(1) 成矿溶液的盐度是根据三相包裹体中子矿物 NaCl 的熔化温度计算所得。银岩锡矿主要成矿阶段成矿溶液的盐度高达 34.1%~44.2%。东田金矿为 5%~10%, 属低盐度成矿溶液, 这与地下水的渗入有关。

(2) 银岩锡矿中包裹体成分以 K、Na、Ca、Fe、F、Cl、S、CO<sub>2</sub>、H<sub>2</sub>O 为主, 反映矿液富碱、富铁、富挥发分的特点。东田等金矿以 K、Na、Ca、S、CO、H<sub>2</sub>O 为主, K、Na、Ca 比银岩锡矿低几至十几倍, F、Cl 低 1~2 个数量级, 反映含锡热液碱交代和形成络合物的能力强。而无石英脉中石英包裹体中 K、Na、Ca、CO<sub>2</sub>、CO 及总盐度都很低。

上述资料说明银岩——东田矿田锡矿、金矿是燕山晚期重熔岩浆热液形成的, 成矿物质来自岩浆的分异演化。由于成矿作用的多次进行, 每次成矿活动析出的含矿流体的

表 4 银岩-东田石英、锡石包裹体成分及 pH 值分析结果

Tab.4 inclusion composition and pH of Yinyan-Dongtian

样号	矿石类型	矿物	液相成分/(mg/kg)										气相成分/(ml10 <sup>-2</sup> g <sup>-1</sup> )			
			K	Na	Ca	Mg	Fe	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	F	Cl	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	pH 值	CH <sub>4</sub>	CO <sub>2</sub>	CO	H <sub>2</sub> O
Y-Sn	斑岩锡矿	锡石	31.1	119.8	70.2	0.8	29.4		29.0	57.1	67.2	4.40	0.57	15.44		112.72
YCD <sub>4</sub> N-47	斑岩锡矿	石英	6.20	31.8	82.2	0.6	2.0		21.2	71.4	31.4	4.10	1.62	9.86		89.61
YPD <sub>1</sub> -12	角岩中含锡石英脉	石英	14.5	35.8	47.5	4.2	6.2		27.1	28.6	38.6	3.75	1.61	9.81		80.18
K <sub>2</sub>	锡石硫化物石英脉	石英	1.25	1.97	0.18	0.41			3.0	3.0		6.50	2.94	8.2	1.10	1357
K <sub>1</sub>	无石英脉	石英	0.42	1.56	0.39	0.04			0.30	3.50		6.60	1.43	8.70	0.88	1000
2K42-112	金矿	石英	5.02	2.31	11.26	1.92		2.09	0.22	0.45	27.42	6.23		5.36	78.30	60.39
2K42-209	金矿	石英	1.61	1.02	7.62	1.01		1.01	1.02	0.43	18.72	6.35		4.37	7.40	62.23
2K42-230	金矿	石英	3.10	2.06	8.85	0.20			0.52	0.54	14.03	6.46	0.93	0.52	23.88	77.38

温度、压力、酸碱度、浓度及成分均有不同。成矿元素析出时间的先后和自身的地球化学性质的不同,在构造活动的配合下,锡、金等成矿元素便选择在适合自己成矿的地质构造环境中,通过交代充填的方式沉淀下来。锡钨钼铋组合形成于岩筒内部和接触带,锡石硫化物以脉形成于外接触带,而金银则迁移较远离岩体形成中低温浅成矿床。

### 参 考 文 献

- 1 余受墾、陈志中等著。粤西南锡矿成矿规律。广州:中山大学出版社,1990
- 2 邓 璟、冯国荣等著。粤西南金矿成矿规律。广州:中山大学出版社,1991

## On Study of Tin and Gold Metallogenetic Series of Yinyan--Dongtian Ore Deposits, Guangdong Province

*Yao Dexian\* Deng Jing Zeng Lingchu Du Jinling*

**Abstract** Yinyan--Dongtian orefield is a concentration area of tin and gold deposits in western part of Guangdong province, of which yinyan is a large tin deposits, Dongtian is a medium-large gold deposits. In the past, tin and gold used to be considered as two great different elements in geochemical characteristics. But through our research work, it is found that they actually are very closely related in Pb, H<sub>2</sub>O, and S isotope, REE distribution pattern, inclusion, composition density, acidity--alkalinity, temperature etc. In spatial distribution, yinyan granite-porphry rock body as a center, around which the different mineralization and different ore deposits distributed regularly, Tin and gold are the products of magmatic differentiation and polyperiod-polystage lithogenesis and metallogenesis. Sn, W, Mo, Bi association are the early products, whereas the Au, Ag are the late products, which constitute a metallogenetic series.

**Keywords** ore field, metallogenice series, western part of Guangdong

\*Department of Geology, Zhongshan University