

# 云南个旧塘子凹锡多金属矿床夕卡岩 地质地球化学特征

贾润幸<sup>1,2)</sup>, 方维萱<sup>1,2)</sup>, 胡瑞忠<sup>1)</sup>, 马振飞<sup>3)</sup>

1) 中国科学院地球化学研究所矿床地球化学重点研究实验室, 贵阳, 550002;

2) 北京东南亚资源科技有限公司, 北京, 100089;

3) 云南锡业股份有限公司采选分公司, 云南个旧, 661000

**内容提要:**从地质产状、矿物组合和岩石化学成分等方面探讨了个旧塘子凹接触带不同类型夕卡岩的特征。该夕卡岩带从内侧到外侧常具有辉石夕卡岩带和石榴子石夕卡岩带交替出现现象,其岩石化学成分也相应地发生韵律变化,表现为在辉石夕卡岩带中SiO<sub>2</sub>和MgO含量较高,而在石榴子石夕卡岩带中CaO、TFe和Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>含量较高。认为夕卡岩带中的韵律变化一方面与被交代围岩中存在灰质白云岩和大理岩的互层带有关,另一方面与岩浆期后热液的渗滤交代作用有关。围岩中的灰质白云岩层被交代后形成辉石带,大理岩层被交代后形成石榴子石带。

**关键词:**夕卡岩;锡多金属矿;渗滤交代作用;云南个旧

夕卡岩矿床是一种具有重要工业意义的矿床类型,是世界上富铁矿、钨、锡、银、铅锌、金和金云母、透辉石、硅灰石等金属和非金属矿产的重要来源(赵一鸣,2002)。关于夕卡岩及夕卡岩矿床,前人已进行了大量系统的研究(赵一鸣等,1997a,1997b,1999,2001;Zhao et al.,1999;陈衍景等,1997;吴言昌等,1998;Somarin,2002;Partida et al.,2003),该类型矿床矿物组构特殊,包含有内生成矿作用许多复杂的成因信息,所以国际上对夕卡岩矿床的研究一直长盛不衰(赵一鸣,2002)。

个旧超大型锡多金属矿是我国重要的锡矿产地,它与世界上许多其他著名锡矿产地(Schwartz et al.,1995;Dostal et al.,1995;Sun et al.,1996;Botelho, et al.,1998;Keller et al.,1999;Monecke et al.,2000;Yokart et al.,2003;Mlynarczyk et al.,2003)一样都与花岗岩类岩石存在着密切的联系。

前人对于本区夕卡岩及其与成矿的关系已进行了许多研究(汪志芬,1983;黄廷然,1984;张志信等,1984;彭程电,1985;赵一鸣等,1987;Zhao et al.,1995;於崇文等,1988,1990;庄永秋等,1996;贾润幸等,2004)。但对于本区接触夕卡岩带中石榴子石夕

卡岩与辉石夕卡岩常呈韵律分带的现象仍有待于进一步的研究,於崇文等(1988)认为,在正接触带夕卡岩中石榴子石带与辉石带交替出现的现象,可能是由于体系物理化学条件的周期性变化、体系的非平衡性造成化学成分与矿物成分的震荡。赵一鸣等(1987)、Zhao等(1995)认为个旧矿区存在钙夕卡岩建造和镁夕卡岩建造等6个含矿交代建造,并通过交代柱中辉石和石榴子石成分的研究,认为其属于渗滤交代成因,但对于本区接触带夕卡岩中石榴子石带与辉石带交替出现的现象未作进一步研究。

本文着重从成矿岩石、矿物组构、地球化学等方面对个旧锡矿一条典型地质剖面中的夕卡岩进行了研究,重点探讨了接触带夕卡岩中石榴子石夕卡岩带与透辉石夕卡岩带交替出现的成因,为本区新一轮的找矿提供理论依据。

## 1 地质概况

个旧锡多金属矿区位于滇东南地区南部,由5个矿田组成,从北至南依次为马拉格、松树脚、高松、老厂和卡房矿田(图1)。滇东南地区沉积岩广泛发育,约占区内面积的80%以上。地层除白垩系缺失外,前寒武系到第四系均有出露。上三叠世以前的

注:本文为国家“十五”科技攻关项目(编号2004BA615A-03)、国家重大基础研究规划项目(编号2001CB409805)的成果。

收稿日期:2005-11-10;改回日期:2006-08-19;责任编辑:章雨旭。

作者简介:贾润幸,男,1969年生,博士。主要从事岩石学、矿床学和地球化学方面的研究。Email:cockdog@163.com。通讯作者:方维萱,Email:fangwuxuan@tom.com。

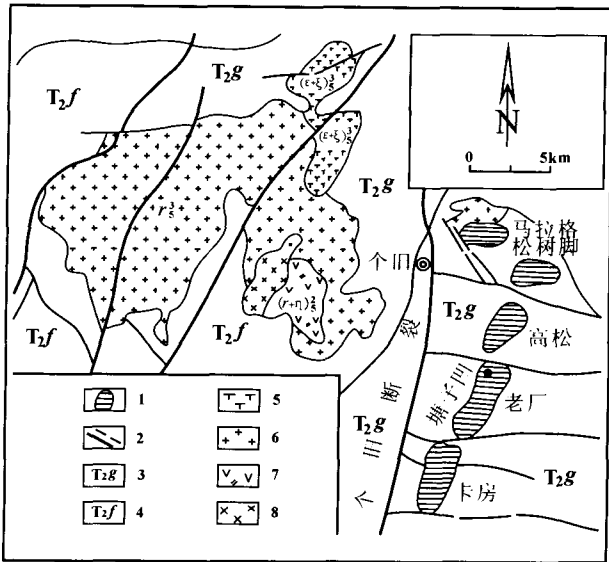


图1 个旧矿区主要矿田分布示意图  
(据庄永秋等,1996 修改)

Fig. 1 Sketch map showing the distribution of main orefields in Gejiu area(modified from Zhuang Yongqiu et al., 1996)

1—主要锡矿田;2—主要断层;3—中三叠统个旧组;4—中三叠统法郎组;5—燕山晚期碱性岩;6—燕山晚期花岗岩类;7—燕山早期二长岩;8—燕山早期辉长岩

1—major tin field; 2—major fault; 3—Middle Triassic Gejiu Formation; 4— Middle Triassic Falang Formation; 5—Late Yanshanian alkalic rock; 6—Late Yanshanian granitoids; 7— Early Yanshanian monzonite; 8— Early Yanshanian gabbro

地层以海相沉积为主,上三叠世以后主要为陆相沉积。区域的深大断裂主要有南北向的小江断裂;北西向的红河断裂、哀牢山断裂、屏建石断裂;北东向的师宗—弥勒断裂、南盘江断裂。岩浆岩分布在个旧南部的哀牢山地区、西部的石屏、建水和东部的文山、马关一带,占本区面积的10%左右,以酸性—基性的喷出岩和酸性侵入岩为主。本区岩浆活动具有多期次、多阶段性,从元古宙到新生代的各主要构造活动时期,均有强度不等、类型不同的岩浆活动。以华力西期的海底基性火山喷发活动和印支、燕山期的基性(超基性岩)、酸性岩浆活动最为强烈(庄永秋等,1996;方维萱等,2002)。

## 2 岩(矿)石地球化学特征

### 2.1 样品采集、分析方法

为了研究本区夕卡岩的水平分带规律,在个旧老厂矿田塘子凹矿区1750m中段选取33号矿体3线剖面(图2)进行研究,剖面全长约77m,起始位置为背阴山花岗岩突起,终点为粗晶大理岩围岩(产状为 $45^\circ \angle 12^\circ$ ),剖面及采样点位见图3。采样间距3~10m,共采集岩石样品16件,样重一般1000g左右,室内切制电子探针片及光、薄片后,再进行样品加工。样品加工前先切掉氧化或蚀变膜,选择新鲜的岩块作为测试对象,样品经过洗涤、烘干后先破碎再加工到200目,每个样重约100g。样品全岩分析采用化学分析方法。

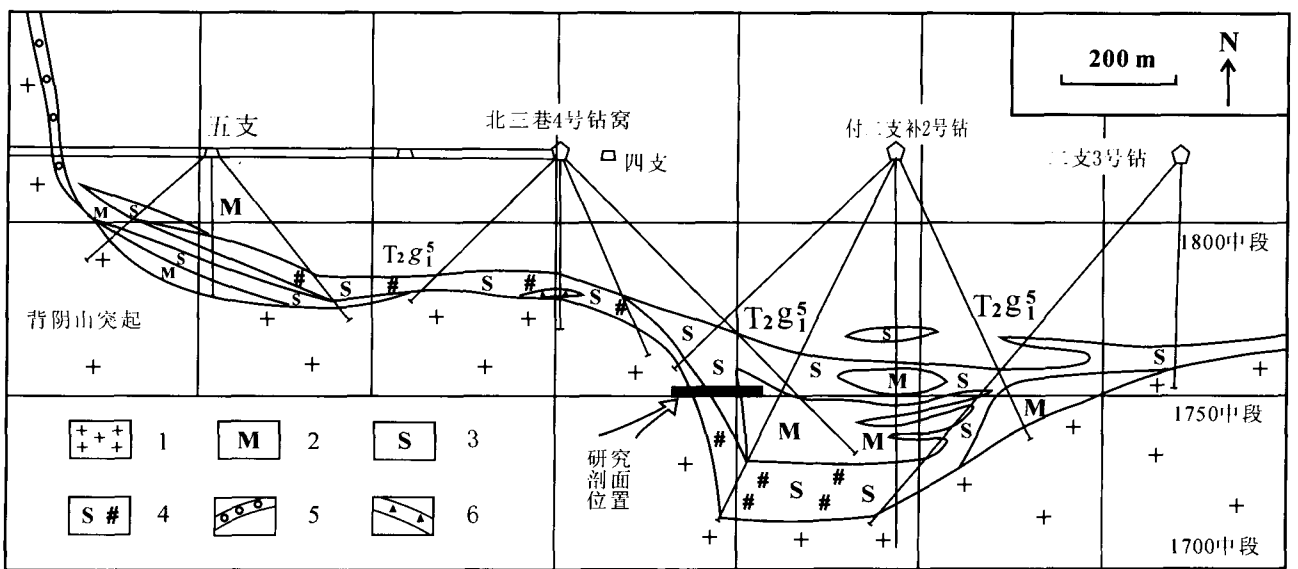


图2 个旧老厂塘子凹33号矿体3线剖面图

Fig. 2 The 3rd cross section for No. 33 ore in the Tangziwa deposit of Laochang orefield, Gejiu

1—燕山晚期花岗岩;2—大理岩;3—夕卡岩;4—夕卡岩矿体;5—氧化矿;6—破碎带

1—Late Yanshanian granitoids; 2—marble; 3—skarn; 4—skarn orebody; 5—oxide ores; 6—fracture zone

## 2.2 岩石矿物学特征

个旧塘子凹 33 号矿体 1750 中段夕卡岩分带剖面各类岩石样品在日本 OLYMPUS-BX51 型显微照相系统下进行鉴定后,其岩石矿物组构特征见表 1,部分岩石样品的显微组构特征见图版 I。

## 2.3 岩石地球化学特征

从表 2 和图 3 可以看出,在图 3 剖面上的对应样品的化学成分具有如下明显的变化:

(1)SiO<sub>2</sub> 含量:在花岗岩样品(TZ-1, TZ-2, TZ-3)中最高,在碳酸盐岩中最低,同时在不同的夕卡岩带中具有韵律变化,即在透辉石夕卡岩带中相对较高,如 TZ-9 样品(46.05%)和 TZ-11 样品(48.69%),而在石榴子石夕卡岩带中相对较低,如 TZ-8 样品(32.9%)、TZ-10 样品(35.1%)和 TZ-13 样品(35.8%)。

(2)CaO 含量:在花岗岩和金属硫化物矿石中相对较低,而在大理岩中最高,同时在不同的夕卡岩带中与 SiO<sub>2</sub> 含量具负消长的韵律变化,即在石榴子

石夕卡岩带中相对较高,如 TZ-8 样品(36.5%)、TZ-10 样品(33.1%)和 TZ-13 样品(36.3%);而在透辉石夕卡岩带中相对较低,如 TZ-9 样品(29%)和 TZ-11 样品(28.4%)。

(3)Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 含量:Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 的含量在 TZ-7 样品~TZ-12 样品中与 CaO 含量具有同步消长的变化趋势,在石榴子石中含量较高,如 TZ-8 样品(14.14%)和 TZ-10 样品(7.83%),而在透辉石夕卡岩带中含量较低,如 TZ-9 样品(0.15%)和 TZ-11 样品(0.5%)。

(4)MgO 含量:MgO 的含量在 TZ-8 样品~TZ-12 样品中与 SiO<sub>2</sub> 的含量具有同步消长的变化趋势,在透辉石中含量较高,如 TZ-9 样品(12.7%)和 TZ-11 样品(12.6%),而在石榴子石夕卡岩带中较低,如 TZ-8 样品(0.52%)和 TZ-10 样品(1.26%)。

(5)铁的总量 TFe(Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> + FeO):铁的总量除在夕卡岩内侧的金属硫化物矿石中大量富集外

表 1 个旧塘子凹 1750 中段夕卡岩分带中岩石矿物学特征

Table 1 Petrous characteristics for different skarns in the Tangziwa deposit (Level 1750 meter), Gejiu

样号	样品名称	矿物组成特征	结构构造	图版说明
TZ-1 TZ-2 TZ-3	淡色蚀变花岗岩	石英(50%~60%),钾长石(30%±),斜长石(10%~15%),少量的白云母、绿泥石、电气石	块状构造 交代残留结构	图版 I-1 图版 I-2
TZ-4 TZ-5	夕卡岩矿石	金属矿物主要有黄铁矿(15%)、磁黄铁矿(15%)、黄铜矿(2%~3%)和少量的闪锌矿(1%~2%)。脉石矿物主要为石英(20%)和透闪石(40%~50%)等夕卡岩矿物。	致密块状 浸染状结构	图版 I-3 图版 I-4
TZ-6	透辉石石榴子石夕卡岩	石榴子石(70%~80%)和透辉石(20%~30%)和少量的黝帘石(1%)、方解石(少量)组成。	致密块状 交代结构	图版 I-5
TZ-7	阳起石石榴子石夕卡岩	石榴子石(80%±)和阳起石(20%±)及少量的透辉石(1%)、方解石(1%)和绿泥石(少量)组成。	块状构造 巨晶结构	图版 I-6 图版 I-7
TZ-8	硅灰石石榴子石夕卡岩	石榴子石(75%~80%)、硅灰石(10%)、透辉石(5%~10%)、方解石(5%±)和少量石英(1%±)组成。	块状构造 交代结构	图版 I-8
TZ-9	透辉石夕卡岩	透辉石(98%±)和少量的碳酸盐矿物(1%~2%)、绿泥石(1%±)组成。	块状构造 它形粒状结构	图版 I-9
TZ-10	绿泥石化石榴子石夕卡岩	石榴子石(75%±)、绿泥石(15%±)、萤石(3%~5%)、方解石(3%~5%)和少量的绿帘石(2%~3%)、石英(1%±)	块状构造 交代结构	图版 I-10
TZ-11	透辉石夕卡岩	透辉石(>99%)和少量的绿泥石	块状构造 它形粒状结构	图版 I-11
TZ-12	绿泥石化石榴子石夕卡岩	石榴子石(70%±)、绿泥石(20%±)和少量的萤石(2%~3%)、透辉石(2%~3%)、方解石(2%~3%)、石英(1%±)等。	块状构造 交代结构	图版 I-12 图版 I-13
TZ-13	绿泥石化透辉石石榴子石夕卡岩	石榴子石(70%)、透辉石(20%)绿泥石(5%~10%)、碳酸盐(5%)和少量萤石(2%~3%)、石英(1%~2%)	块状构造 交代结构	图版 I-14
TZ-14	绿泥石化透辉石石榴子石夕卡岩	石榴子石(65%~70%)、透辉石(5%~10%)绿泥石(10%~15%)、方解石(10%)和少量萤石(1%)、石英(1%)、绿帘石(1%)、黝帘石(1%)	块状构造 交代结构	图版 I-15
TZ-15	脉状氧化矿	主要为夕卡岩矿物(石榴子石)、方解石、石英和少量的褐铁矿等	脉状构造 土状结构	
TZ-16	粗晶大理岩	主要由方解石(>98%)组成	块状构造 结晶结构	

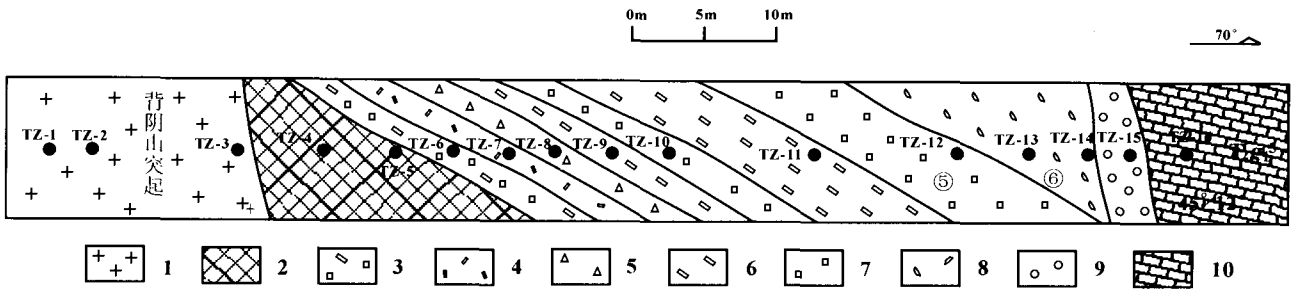


图3 个旧塘子凹33号矿体1750中段夕卡岩分带剖面示意图  
(夕卡岩产状依据图2中钻探工程圈定的矿体产状及其空间形态确定)

Fig. 3 Cross section showing the Skarn zoning for No. 33 orebody at elevation of 1750 meters in the Tangziwa deposit, Gejiu (Skarn dimensional shapes conformed by the ore dimensional shapes based on the drillings in fig. 2)

1—燕山晚期花岗岩;2—夕卡岩矿体;3—透辉石石榴子石夕卡岩;4—阳起石石榴子石夕卡岩;5—硅灰石石榴子石夕卡岩;  
6—透辉石夕卡岩;7—绿泥石化石榴子石夕卡岩;8—绿泥石化透辉石石榴子石夕卡岩;9—氧化矿;10—大理岩

1—Late Yanshanian orogenic granitoids;2—skarn orebody;3—diopside—garnet skarn;4—actinolite—garnet skarn;5—wollastonite—garnet skarn;6—diopside skarn;7—chlorite—garnet skarn;8—chlorite-bearing diopside—garnet skarn;9—oxide ore;10—marble

(TFe 高达 56.30%), 在夕卡岩带中从内向外总体上具有逐渐增大的趋势, 同时在透辉石夕卡岩带相对要低一些(如 TZ-9 样品和 TZ-11 样品), 而在石榴子石夕卡岩带中相对要高一些(如 TZ-10 样品和 TZ-12 样品)。

其他含量: Na<sub>2</sub>O 和 K<sub>2</sub>O 的含量除在花岗岩样品中含量较高外, 在其他样品中普遍较低, 同时淡色蚀变花岗岩样品中的 K<sub>2</sub>O 的含量均明显高于 Na<sub>2</sub>O 的含量, 赵一鸣等(1987)、Zhao 等(1995)认为这与斑状黑云母花岗岩受到钾质交代作用有关。

表2 个旧塘子凹1750中段各夕卡岩带化学成分变化(%)

Table 2 Variation of Chemical composition for different skarns in the Tangziwa deposit (Level 1750 meter), Gejiu

样号	名称	SiO <sub>2</sub>	TiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	TFe	MnO	MgO	CaO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	烧失量	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	CO <sub>2</sub>	S	Zn	Pb	总计
TZ-1	淡色花岗岩	71.97	0.50	13.64	1.37	0.05	0.45	2.84	1.80	2.80	2.77	0.27	—	—	0.59	0.41	99.42
TZ-2	淡色花岗岩	76.08	0.46	10.11	3.25	0.06	0.15	4.97	0.20	2.30	1.5	0.37	—	—	—	—	99.41
TZ-3	淡色花岗岩	72.33	0.54	15.16	1.87	0.03	0.46	0.70	2.10	4.20	1.6	0.3	—	—	0.41	—	99.77
TZ-4	夕卡岩矿石	27.05	0.86	0.35	36.24	0.11	0.50	4.67	0.20	0.10	1.5	1.17	—	24.00	0.87	2.03	99.52
TZ-5	夕卡岩矿石	13.20	0.61	0.15	56.30	0.12	1.07	3.73	0.20	0.10	0.7	0.54	—	22.00	0.46	0.56	99.67
TZ-6	透辉石石榴子石夕卡岩	38.65	1.14	7.32	7.37	0.54	7.43	33.80	0.20	0.10	0.9	0.64	1.00	—	0.54	0.23	99.80
TZ-7	阳起石石榴子石夕卡岩	38.26	0.50	12.61	5.48	0.61	0.29	34.60	0.10	0.10	4.62	0.24	2.37	—	—	—	99.77
TZ-8	透辉石硅灰石石榴子石夕卡岩	32.90	0.61	14.14	7.69	1.15	0.52	36.50	0.10	0.10	2.01	0.38	3.68	—	—	—	99.75
TZ-9	透辉石夕卡岩	46.05	0.54	0.15	6.94	0.86	12.7	29.00	0.20	0.10	0.9	0.27	1.70	—	—	—	99.43
TZ-10	含萤石绿泥石化石榴子石夕卡岩	35.10	0.68	7.83	11.94	1.3	1.26	33.10	0.30	0.20	1.3	0.37	6.30	—	—	—	99.64
TZ-11	透辉石夕卡岩	48.69	0.46	0.50	6.81	0.89	12.6	28.40	0.20	0.00	0.4	0.31	0.40	—	—	—	99.74
TZ-12	含萤石绿泥石化石榴子石夕卡岩	39.73	0.71	6.57	10.01	1.31	1.78	31.20	0.40	0.10	2.94	0.37	4.50	—	—	—	99.63
TZ-13	绿泥石化石榴子石夕卡岩	35.80	0.86	7.58	11.50	1.48	1.86	36.30	0.20	0.10	1.5	0.4	1.93	—	—	—	99.44
TZ-14	绿泥石化石榴子石夕卡岩	38.93	1.27	7.56	10.78	0.61	2.19	32.80	0.20	0.30	2.5	0.41	1.99	—	—	—	99.50
TZ-15	脉状氧化矿	32.53	0.71	7.58	17.23	1.13	0.18	35.30	0.10	0.20	1.95	0.3	2.40	—	—	—	99.58
TZ-16	粗晶大理岩	4.52	0.61	0.25	0.65	0.05	0.57	54.60	0.20	0.20	0.9	0.27	37.10	—	—	—	99.87

注: 样品由中国科学院地球化学研究所测试; 测试方法: 化学湿法; 测试者: 李孙蓉。

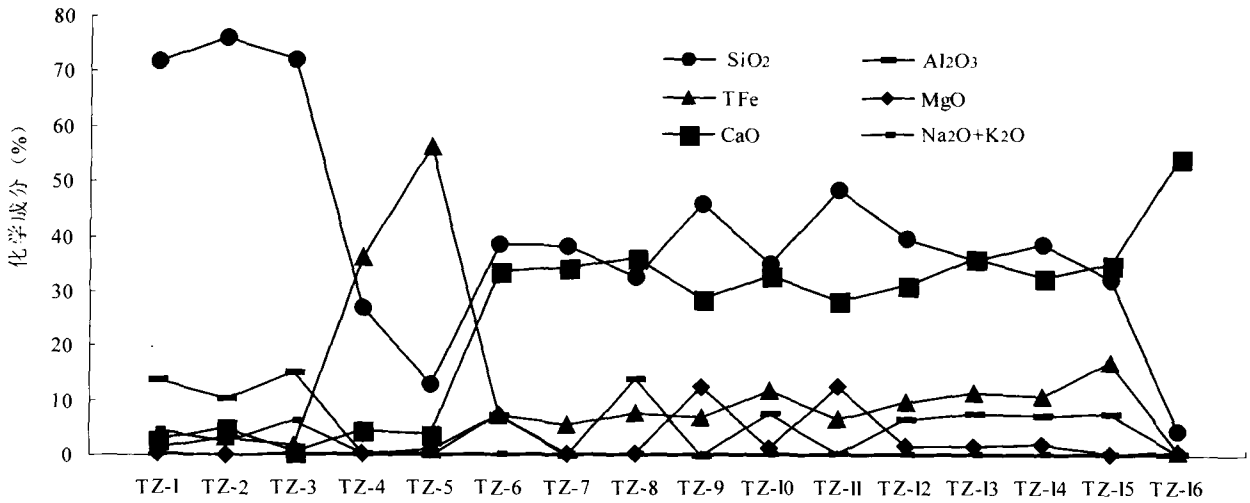


图 4 个旧塘子凹 1750 中段接触带夕卡岩岩石化学成分变化曲线

Fig. 4 Variation curve for the chemical composition of skarn in Tangziwa (Level 1750 meter), Gejiu

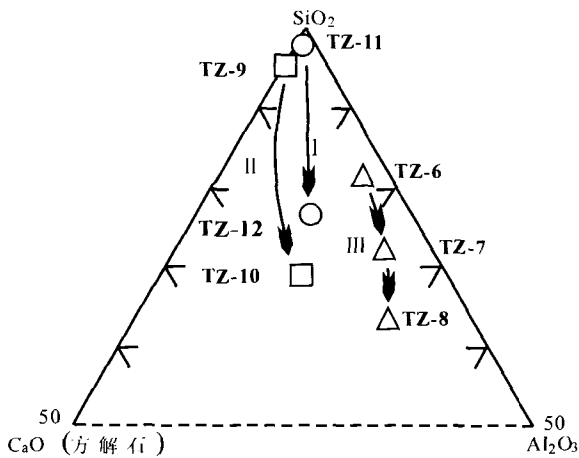


图 5 个旧塘子凹夕卡岩 SiO<sub>2</sub>-CaO-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 三角图解

Fig. 5 SiO<sub>2</sub>-CaO-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> triangle diagram for skarn in the Tangziwa deposit, Gejiu

以上岩石样品的化学分析结果表明,总体上,透辉石夕卡岩带中 SiO<sub>2</sub> 和 MgO 含量较高,而石榴子石夕卡岩带中的 CaO、TFe、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 含量较高。

2.4 单矿物特征

为了查明不同分带中主要矿物的成分,采用 JXA-8800 型电子探针仪对部分夕卡岩分带中的辉石和石榴子石矿物(图 6)进行成分测定,分析结果见表 3。从表中可以看出,本区夕卡岩不同分带(TZ-6、TZ-9、TZ-11 和 TZ-13)辉石中 SiO<sub>2</sub> 含量变化范围为 52.51%~53.81%,平均为 53.15%;CaO 含量变化范围 24.41%~24.82%,平均含量为 24.56%;MgO 含量变化范围为 12.59%~14.48%,平均为 13.43%;FeO 含量变化范围为 5.13%~7.71%,平均为 6.49%。从其成分来看,辉石主要为钙铁辉石—透辉石 Ca (Fe, Mg) [Si<sub>2</sub>O<sub>6</sub>] 类质同像系列,且主要以透辉石 CaMg [Si<sub>2</sub>O<sub>6</sub>] 为主。

表 3 个旧塘子凹 1750 中段夕卡岩中单矿物电子探针分析结果(%)

Table 3 Electron-probe analysis result of single minerals from different skarns in the Tangziwa deposit (Level 1750 meter), Gejiu

样品号	矿物	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	MnO	MgO	CaO	FeO	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	TiO <sub>2</sub>	Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub>	V <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SnO <sub>2</sub>	F	NiO	总量
TZ-6	石榴子石	0.004	0.0	0.59	0.19	33.47	16.35	8.99	0.73	0.01	37.68	0.01	0.01	0.33	0.0	98.35
TZ-6	透辉石	0.05	0.0	0.74	14.48	24.82	5.13	0.27	0.02	0.0	53.62	0.0	0.0	0.0	0.0	99.12
TZ-9	透辉石	0.10	0.0	0.69	13.93	24.50	6.06	1.15	0.07	0.0	52.65	0.0	0.0	0.0	0.0	99.15
TZ-11	透辉石	0.10	0.0	0.79	12.71	24.49	7.06	0.74	0.04	0.02	53.81	0.0	0.0	0.0	0.0	99.76
TZ-13	石榴子石	0.01	0.0	0.60	0.24	33.29	18.69	6.39	1.19	0.02	37.19	0.0	0.62	0.0	0.0	98.23
TZ-13	透辉石	0.02	0.0	1.20	12.59	24.41	7.71	0.48	0.03	0.09	52.51	0.0	0.0	0.0	0.0	99.05

注:样品由中国地质科学院矿产资源研究所电子探针分析室分析,分析人:余静。

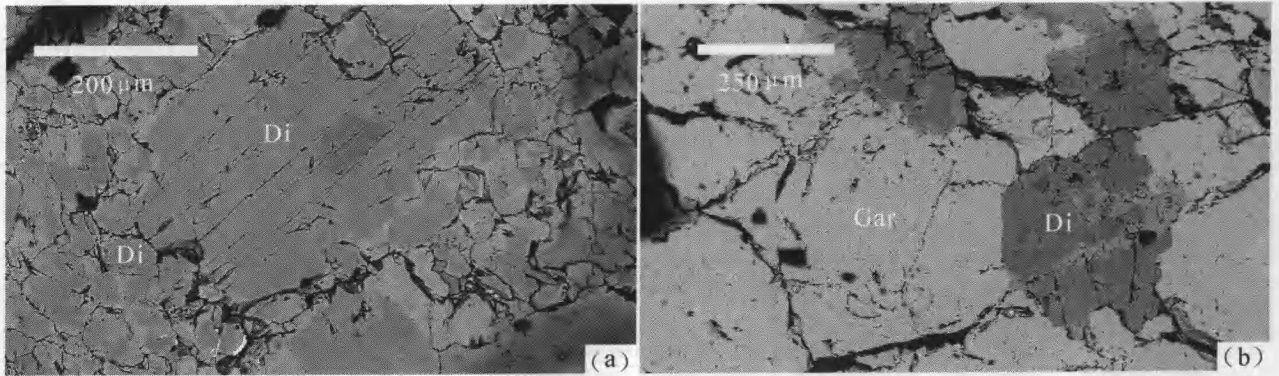


图6 个旧塘子凹矿床1750中段夕卡岩中透辉石和石榴子石的背散射图像  
Fig. 6 Back-scattered image of the diopsides and garnets for different skarns in the Tangziwa deposit (Level 1750 meter), Gejiu

(a)—TZ-9样品中的透辉石(Di); (b)—TZ-13样品中的石榴子石(Gar)和透辉石(Di)  
(a)—Diopside (Di) in sample TZ-9; (b)—Garnet (Gar) and Diopside (Di) in sample TZ-13

此外,不同分带(TZ-6和TZ-13)中的石榴子石主要为钙铁—钙铝榴石 $\text{Ca}_3(\text{Fe}, \text{Al})_2[\text{SiO}_4]_3$ 类质同像系列。

以上表明,透辉石夕卡岩带(如TZ-9和TZ-11样品)中的 $\text{SiO}_2$ 、 $\text{MgO}$ 含量(表2)的增高主要与透辉石 $\text{CaMg}[\text{Si}_2\text{O}_6]$ 有关,而在石榴子石夕卡岩带(如TZ-8和TZ-10样品)中 $\text{CaO}$ 、 $\text{TFe}$ 、 $\text{Al}_2\text{O}_3$ 含量的增高与岩石中的钙铁—钙铝榴石 $\text{Ca}_3(\text{Fe}, \text{Al})_2[\text{SiO}_4]_3$ 有关。

### 3 讨论

个旧塘子凹1750m中段夕卡岩水平分带剖面(图3)结合其对应的化学成分变化,除花岗岩、碳酸岩和矿石外,接触带夕卡岩可划分为三个韵律带8个岩相分带,其中TZ-11、TZ-12、(TZ-13、TZ-14)代表第I韵律带,从内向外岩相分带为透辉石夕卡岩,含萤石绿泥石化石榴子石夕卡岩(绿泥石化石榴子石夕卡岩);TZ-9和TZ-10代表第II韵律带,从内向外,岩相分带为透辉石夕卡岩,含萤石绿泥石化石榴子石夕卡岩;TZ-6、TZ-7和TZ-8代表第III韵律带,从内向外依次为透辉石石榴子石夕卡岩,阳起石石榴子石夕卡岩和透辉石硅灰石石榴子石夕卡岩。从夕卡岩 $\text{SiO}_2$ — $\text{CaO}$ (方解石)— $\text{Al}_2\text{O}_3$ 三角图解(图5)上也可看出三组韵律分带在化学成分上的明显变化。

该夕卡岩的分带与前苏联学者 Коржинский (1955, 1982)所提出的双交代现象具有明显的差异。於崇文等(1988)认为,个旧锡矿在正接触带夕卡岩中石榴子石带与辉石带交替出现的现象,可能是由

于体系物理化学条件(包括温压、化学成分、 $E_h$ 、 $f_{\text{O}_2}$ 、 $f_{\text{CO}_2}$ 等)的周期性变化、体系的非平衡性造成化学成分与矿物成分的震荡。赵一鸣等(1987)、Zhao等(1995)通过对交代柱中辉石和石榴子石成分的进一步研究,这两个矿物的成分在交代柱的同一个交代带中变化不大,而在不同的交代带中变化较突然,从而认为其属于渗滤交代成因。

从图2可看出,该剖面上不同样品中的 $\text{SiO}_2$ 、 $\text{Al}_2\text{O}_3$ 、 $\text{CaO}$ 和 $\text{MgO}$ 含量变化最为明显,结合对应样品中的矿物组合来看,TZ-9和TZ-11样品(透辉石夕卡岩)中的 $\text{SiO}_2$ 和 $\text{MgO}$ 含量较高,以透辉石(镁质夕卡岩)为主,而TZ-10和TZ-12样品(含萤石绿泥石化石榴子石夕卡岩)中的 $\text{SiO}_2$ 和 $\text{TFe}$ 、 $\text{Al}_2\text{O}_3$ 含量较高,以钙铁—钙铝榴石(钙质夕卡岩)为主。

研究表明(於崇文等,1988;庄永秋等,1996;马振飞等,2001),个旧组下段( $T_2g_1$ )地层中广泛发育着大理岩与灰质白云岩的互层带,其中个旧组下段第五层( $T_2g_1^5$ )厚度大于360m,为浅灰色、灰色中厚层状大理岩,含泥量较高,部分为浅黄色含泥质灰岩。中部夹50~60m浅灰色大理岩与灰色、浅红色灰质白云岩的互层带。从花岗岩与碳酸盐围岩的空间接触关系(图2)来看,花岗岩侵入体正好侵入于个旧组下段( $T_2g_1^5$ )地层中。以上表明,不同夕卡岩分带中的 $\text{CaO}$ 、 $\text{MgO}$ 等含量可能主要源于被交代的原岩;而 $\text{SiO}_2$ 的含量从花岗岩到碳酸盐围岩总体上递减的趋势,表明其主要源于岩浆期后气成热液的单向渗滤交代作用。

所以本文认为造成本区接触带夕卡岩中石榴子

石夕卡岩带与辉石夕卡岩带交替出现的现象,主要与围岩(个旧组  $T_2g_1^5$  地层)中存在灰质白云岩和大理岩的互层带有关。由于岩浆期后热液的单向渗滤交代作用,碳酸盐围岩(个旧组  $T_2g_1^5$  地层)中的大理岩层形成了钙铁—钙铝石榴子石( $Ca_3(Fe, Al)_2[SiO_4]_3$ )夕卡岩带,而灰质白云岩层形成了透辉石( $CaMg[Si_2O_6]$ )夕卡岩带。

#### 4 结论

在个旧夕卡岩带中普遍存在辉石夕卡岩带和石榴子石夕卡岩带交替出现的现象,主要与岩浆期后气成热液对围岩中灰质白云岩和大理岩的互层带进行接触渗滤交代作用有关。

致谢:在野外调研期间得到了云锡公司党玉涛教授级高级工程师、云南有色 308 队地勘院孙绍有院长以及云锡公司矿山技术人员的大力支持;在成文过程中,中国地质科学院赵一鸣教授提供了部分资料并进行了耐心地指导与帮助,在此一并致谢。

#### 参 考 文 献 / References

- 陈衍景,秦善,李欣. 1997. 中国夕卡岩型金矿的成矿时间、空间、地球动力学背景和成矿模式. 北京大学学报(自然科学版), 33(4): 456~466.
- 方维萱,胡瑞忠,谢桂青,苏文超. 2002. 云南哀牢山地区构造岩石地层单元及其构造演化. 大地构造与成矿学, 26(1): 337~344.
- 黄廷然. 1984. 个旧原生锡矿典型矿床概论. 云南地质, 3(1): 36~46.
- 贾润幸,方维萱,赫英,高振敏,李红阳. 云南个旧塘子凹锡多金属矿床微量元素地球化学特征. 矿物学报, 2004, 24(2): 136~142.
- 马振飞,陈图宏. 2001. 云南个旧塘子凹锡多金属矿床地质特征. 矿物学报, 21(4): 578~584.
- 彭程电. 1985. 试论个旧锡矿成矿地质条件及矿床类型、模式. 云南地质, 4(1): 18~32.
- 汪志芬. 1983. 关于个旧锡矿成矿作用的几个问题. 地质学报, 57(2): 154~163.
- 吴言昌,常印佛. 1998. 关于岩浆夕卡岩问题. 地学前缘, 5(4): 291~301.
- 於崇文,蒋耀松. 1990. 云南个旧成矿区锡石—硫化物矿床原生金属分带形成的动力学机制. 地质学报, 64(3): 226~237.
- 於崇文,唐元骏,石平方,邓保林. 1988. 云南各旧锡—多金属成矿区内生矿作用的动力学体系. 中国地质大学出版社, 武汉: 1~394.
- 张志信,肖景霞. 1984. 我国锡矿的成矿地质特征及成矿远景区划浅析. 云南地质, 3(1): 1~10.
- 赵一鸣. 1997. 我国一些重要夕卡岩 Pb—Zn 多金属矿床的交代分带. 矿床地质, 21(1): 1~9.
- 赵一鸣,李大新,毕承思,董永观. 2001. 我国含银夕卡岩矿床的分布和地质特征. 矿床地质, 20(2): 153~162.
- 赵一鸣,林文蔚,毕承思,张铁男. 1997a. 中国含金夕卡岩矿床的分布和主要地质特征. 矿床地质, 16(3): 193~203.
- 赵一鸣,张铁男,毕承思. 1999. 含金夕卡岩矿床产出构造环境和地质地球化学评价标志. 地学前缘, 6(1): 181~193.
- 赵一鸣,张铁男,林文蔚. 1997b. 我国夕卡岩矿床中的辉石和似辉石特征及其与金属矿化的关系. 矿床地质, 16(4): 318~329.
- 赵一鸣,李大新. 1987. 云南个旧锡花岗岩接触带的交代现象. 中国地质科学院院报, 237~252.
- 赵一鸣. 2002. 夕卡岩矿床研究的某些重要新进展. 矿床地质, 21(2): 113~120.
- 庄永秋,王任重,杨树培,伊金明. 1996. 云南个旧锡铜多金属矿床. 北京: 地震出版社, 1~145.
- Botelho N F, Moura M A. 1998. Granite—ore deposit relationship in central brazil. Journal of South American Earth Sciences, 11(5): 427~438.
- Dostal J, Chatterjee A K. 1995. Origin of topaz-bearing and related peraluminous granites of the Later Devonian Davis lake pluton, Nova Scotia, Canada: crystal versus fluid fractionation. Chemical Geology, 123: 67~88.
- Keller P, Robles E R, Pérez A P, Fontan F. 1999. Chemistry, paragenesis and significance of tourmaline in pegmatites of the Southern Tin Belt, central Namibia. Chemical Geology 158: 203~225.
- Mlynarczyk M S J, Sherlock R L, Williams-Jones A E. 2003. San Rafael, Peru; geology and structure of the worlds richest tin lode. Mineralium Deposita, 38: 555~567.
- Monecke T, Monecke J, Münch W, Kempe U. 2000. Mathematical analysis of rare earth element patterns of fluorites from the Ehrenfriedersdorf tin deposit, Germany: evidence for a hydrothermal mixing process of lanthanides from two different sources. Mineralogy and Petrology. 70: 235~256.
- Partida E G, Chávez A C, Levresse G, Tritlla J, Camprubí A. 2003. Genetic implications of fluid inclusions in skarn chimney ore, Las Animas Zn—Pb—Ag—F deposit, Zimapán, Mexico. Ore Geology Reviews, 23: 91~96.
- Schwartz M O, Rajah S S, Askury A K, Putthapiban P, Djaswadi S. 1995. The southeast Asian tin belt. Earth-Science Review, 38: 85~293.
- Somarin A K, Moayyed M. 2002. Granite and gabbrodiorite-associated skarn deposits of NW Iran. Ore Geology Reviews, 20: 127~138.
- Sun S S, Higgins N C. 1996. Neodymium and strontium isotope study of the Blue Tier Batholith, NE Tasmania, and its bearing on the origin of tin-bearing alkali feldspar granites. Ore Geology Reviews, 10: 339~365.
- Yokart B, Barr S M, Williams-Jones A E, Macdonald A S. 2003. Late-stage alteration and tin tungsten mineralization in the Khuntan Batholith, northern Thailand. Journal of Asian Earth Sciences, 21: 999~1018.
- Zhao Y M, Li D X. 1995. Mineralization and alteration in the Gejiu tin ore field, Yunnan, China. Scientia Geologica Sinica, 4(2): 179~192.
- Zhao Y M, Zhang Y N, Bi C S. 1999. Geology of gold-bearing skarn deposits in the middle and lower Yangtze River Valley and adjacent regions. Ore Geology Reviews, 14: 227~249.
- Коржинский Д С. 1955. Очерк метасоматических процессов. Всд. Основные проб лемы в учении о магматогенных рудных месторождениях. 2~изд. д., Москва: Изд. А Н СССР. 335~456.
- Коржинский Д С. 1982. Теория метасоматической зона льности. Москва: Изд. Наука. 1~103.

## Geological and Geochemical Characteristics of Skarns from the Tangziwa Tin—Polymetallic Deposit, Gejiu District, Yunnan Province, China

JIA Runxing<sup>1,2)</sup>, FANG Weixuan<sup>1,2)</sup>, HU Ruizhong<sup>1)</sup>, MA Zhenfei<sup>3)</sup>

1) *Key Laboratory of Ore Deposit Geochemistry, Institute of Geochemistry, Chinese Academy of Sciences, Guiyang, 550002;*

2) *Beijing East-Asian Resource Hi-Tech Limited Company, Beijing, 100089;*

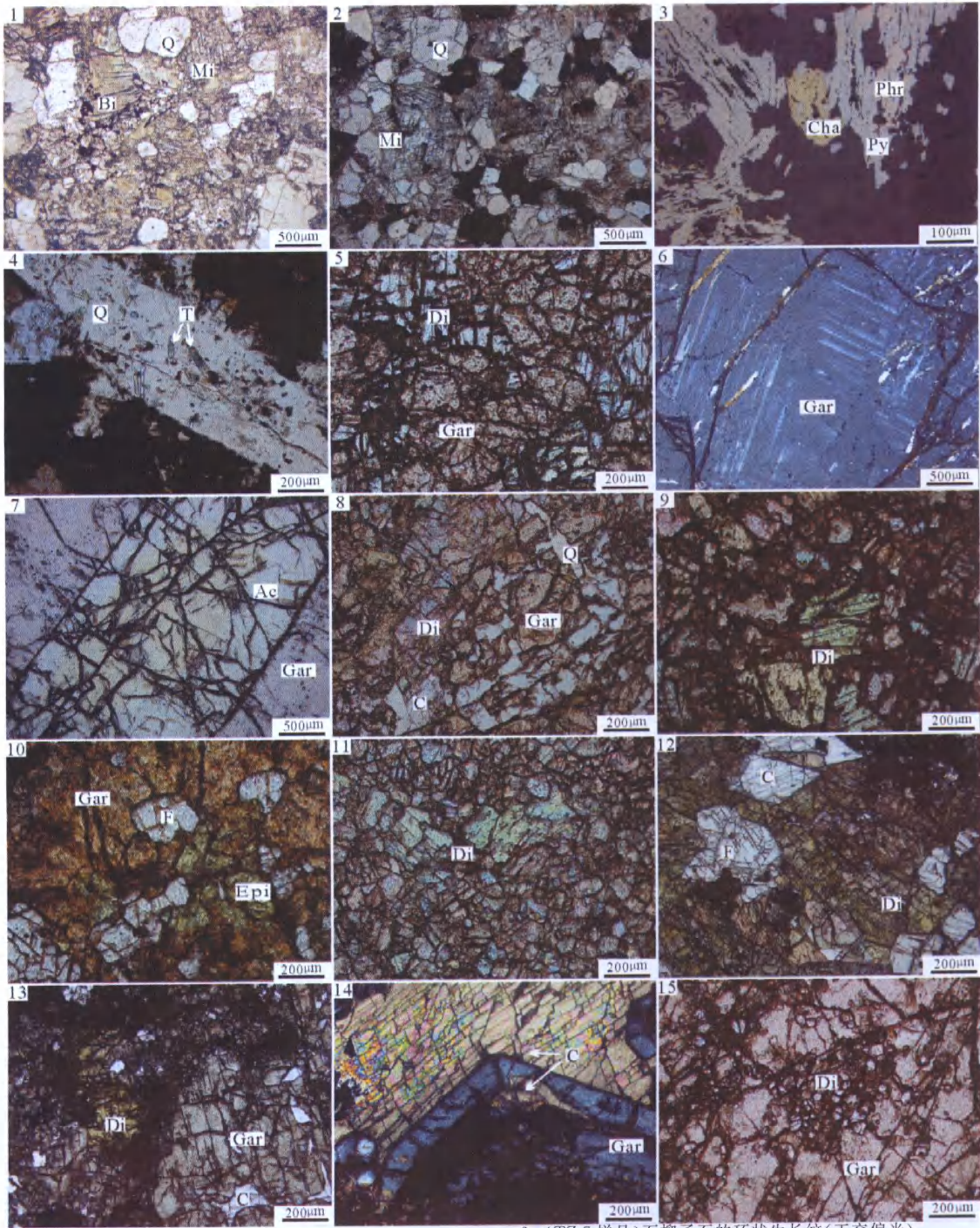
3) *Mining-Mill Run Filiale of Yunnan Tin Stock Limited Company, Gejiu, Yunnan, 661000*

### Abstract

There are rhythmic skarn zoning, mainly magnesian skarns and calcic skarns, in contact metasomites between Yanshanian granites and Triassic carbonate rocks in the Tangziwa deposit, Gejiu. The magnesian skarns and calcic skarns were located in the contact by turns from inner side to outer side accompanying the variety of mineral association and chemical composition. The mineral association of magnesian skarns are mainly diopside with relatively high content of  $\text{SiO}_2$  and  $\text{MgO}$ , and that of calcic skarns are mainly garnets with relatively high content of  $\text{CaO}$ ,  $\text{TFe}$  and  $\text{Al}_2\text{O}_3$ . The writers think that this occurrence of the rhythmic skarn zonation in contact are mainly related to the two factors, one is to the rhythmic strata of calcic dolomite and marble in wallrocks, and the other to the infiltration metasomatism of post-magmatic hydrothermalism.

**Key words:** skarn; tin—polymetallic deposit; infiltration metasomatism; Gejiu, Yunnan





个旧塘子凹矿床 1750 中段接触带夕卡岩显微照片。矿物代号如下:Bi—黑云母;F—萤石;Mi—微斜长石;Py—黄铁矿;Phr—磁黄铁矿;Cha—黄铜矿;Q—石英;T—电气石;Gar—石榴子石;Ae—阳起石;Di—透辉石;F—萤石;C—方解石。

1. (TZ-1 样品) 蚀变花岗岩中黑云母发生褪色化(平行消光)。
2. (TZ-3 样品) 微斜长石的格子状双晶(正交偏光)。
3. (TZ-5 样品) 黄铁矿和磁黄铁矿交织在一起,并与黄铜矿共生(反光)。
4. (TZ-4 样品)  $\beta$ -石英中的细粒自形电气石包体(平行消光)。
5. (TZ-6 样品) 透辉石交代石榴子石(平行消光)。

6. (TZ-7 样品) 石榴子石的环状生长纹(正交偏光)。
7. (TZ-8 样品) 阳起石纵切面上具有颜色分带(平行消光)。
8. (TZ-8 样品) 石英沿石榴子石边部分布(平行消光)。
9. (TZ-9 样品) 透辉石夕卡岩(平行消光)。
10. (TZ-10 样品) 绿泥化石榴子石夕卡岩(平行消光)。
11. (TZ-11 样品) 透辉石夕卡岩(平行消光)。
12. (TZ-12 样品) 绿泥化石榴子石夕卡岩(平行消光)。
13. (TZ-12 样品) 透辉石交代石榴子石(平行消光)。
14. (TZ-13 样品) 石榴子石的环带状结构(正交偏光)。
15. (TZ-14 样品) 透辉石(Di)沿石榴子石(Gar)裂理发生交代作用(平行消光)。