

# 广西大厂电气石的成分与成因初探<sup>\*</sup>

王登红 陈毓川

(中国地质科学院, 北京 100037)

关键词 电气石 岩浆热液 锡石硫化物矿床 广西大厂

提要 镁电气石不一定只产于喷气岩或喷气矿床, 在花岗岩中也有产出。大厂花岗岩及其有关锡多金属矿床中的电气石属铁镁系列, 产于岩体中者富 Fe 贫 Mg, 产于矿体中者贫 Fe 富 Mg, 并有随远离源区 Mg 含量增高的趋势, 与国内外同类矿床电气石成分的演化规律相一致。锡石硫化物矿体中电气石富镁的原因是多方面的, 其中 Mg、Fe 两元素亲硫性的明显差别可能是导致 Fe 富集于黄铁矿等硫化物中, 而 Mg 富集于电气石等蚀变矿物内的重要原因。

## 1 概述

电气石族矿物是一类具 $[\text{Si}_6\text{O}_{18}]$ 环并附加阴离子、络阴离子或水的硼硅酸盐类矿物, 化学成分十分复杂, 因而直到 50 年代对电气石进行结构测定后, 才提出了比较合理的成分式:  $\text{XY}_3\text{Z}_6(\text{BO}_3)_3\text{Si}_6\text{O}_{18}(\text{OH}, \text{O}, \text{F})_4$ , 其中  $\text{X} = \text{Na}, \text{Ca}$ , Na 可部分被 K 代替;  $\text{Y} = \text{Fe}, \text{Mg}, \text{Li}, \text{Al}, \text{Mn}$ ;  $\text{Z} = \text{Al}$ 。在电价得到补偿时,  $\text{Fe}^{3+}, \text{Cr}^{3+}$  可进入 Y 位, Mg 可进入 Z 位。由此可见, 电气石成分中包含了几乎全部的造岩元素, 以及 B、F、OH 等重要的常与矿化密切相关的挥发组份, 因此, 电气石常被当作找矿标志(尤其是 W-Sn 矿床和稀有金属矿床)而为人们所熟悉。近年来, 国外学者注意到海底火山喷气成因的块状硫化物矿床中常见电气石及电英岩发育, 于是, 电气石尤其是镁电气石又被视为寻找喷气沉积矿床的一个标志<sup>[1, 2]</sup>。最近, 还有文献提到与花岗岩有关的 W-Sn 矿床中电气石的成分随远离花岗岩源区而呈现由富铁端员的铁电气石向富镁端员的镁电气石演化的规律性及相应的找矿标志<sup>[3]</sup>。

## 2 电气石的分布特征

大厂锡多金属矿床赋存于泥盆系, 受北西、北东及南北向等多组构造的综合控制, 尤其是北西向大厂倒转背斜与北东向次级褶皱交汇处更是直接控矿的主要部位。赋矿围岩硅质页岩( $\text{D}_3$ )质地坚硬, 化学性质极不活泼, 但裂隙非常发育, 矿化以细脉充填和充填-交代为主, 交代为次, 形成 92<sup>#</sup> 大型矿体。硅质页岩之上的条带状、扁豆状灰岩( $\text{D}_3$ )正好相反, 塑性较明显, 化学性质较活泼, 易被交代, 因而在沿层错动的有利构造部位, 通过沿层充填-交代、交代而形成 91<sup>#</sup> 大型矿体。这两个主矿体及其它矿体都是以一定角度斜穿地层的, 相应的电气石化带也是穿层的(图 1)。

\* 本文于 1994 年 9 月收到, 1995 年 4 月 1 日改回。

电气石在上述矿体和花岗质岩体中均有大量产出。长坡-铜坑矿床及其围岩蚀变带中电气石广泛分布, 30 种矿物共生组合中有 23 种含电气石或电气石作为主要蚀变矿物, 被交代的围岩包括中泥盆统的泥页岩和上泥盆统的硅质页岩、宽条带状灰岩、细条带状灰岩、小扁豆状灰岩、大扁豆状灰岩以及顶部的泥灰岩等。可见, 电气石的产出与沉积成岩无关, 而是一种热液蚀变矿物, 并与不同的金属矿物形成不同的共生组合(表 1)。

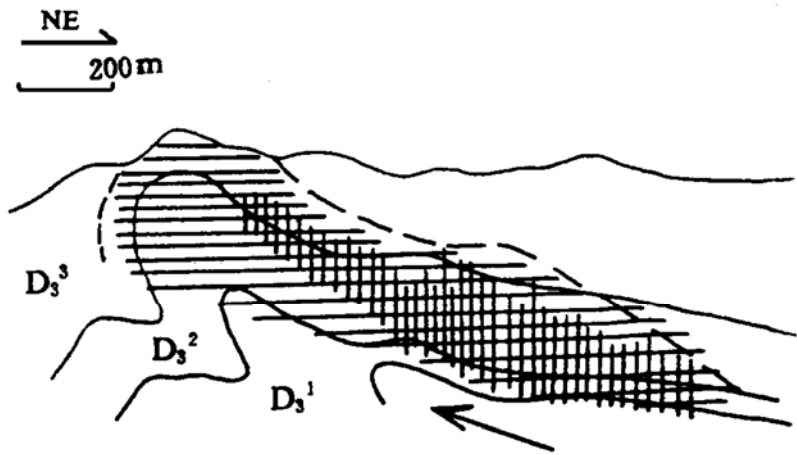


图 1 电气石的分布

Fig. 1 Distribution of tourmalines

$D_3^1$ —硅质页岩;  $D_3^2$ —一条带状、扁豆状灰岩;  $D_3^3$ —灰、页岩; 横线表示矿脉中电气石的分布范围; 竖线表示交代矿层中电气石的分布范围; 箭头表示热液运移方向

表 1 交代矿层中含电气石的矿物组合

Table 1 Tourmalines-bearing mineral assemblages of metasomatic ore beds

空间	矿层	被交代岩层	蚀变矿物组合	金属矿物组合	产出钻孔
上	76#	$D_3^3$ 灰岩	* Q-Tour Cc	Py-Sp+ Cas	25
			Tour Cc	Ars-Py-Spr Jd+ Cas	328
	79#, 85#	$D_3^{2d}$ 灰岩	* Q-Tour Ser Ms Cc	Py-Spr Por Ars Jd Cp+ Cas	25, 328
			Q-Tour Ms	Py-Spr Por Ars Jd Cp+ Cas	25, 328
	90#	$D_3^{2c}$ 钙质扁豆状	* Q-Tour Ms Ser Kf	Py-Por Spr Ars Jd Cp+ Cas	25
	91-1#	$D_3^{2c}$ 条带状、扁豆状灰岩	* Q-Tour Ms Ser Kf	Por Spr Ars Jd Cp+ Cas	225, 25, 328
下	91-2#	$D_3^{2b}$ 细条带灰岩	* Q-Tour Ms	Py-Ars Por Spr Jd Cp+ Cas	25
			Q-Tour Fl Sd	Py-Por Spr Ars Jd Cp+ Cas	328
	91-3#	$D_3^{2a}$ 宽条带灰岩	* Q-Tour Ms Kf	Por Ars Cp Jd+ Cas	328
			Q-Tour Kf	Por Ars+ Cas	328
			Q-Tour Kf Ms	Por Spr Ars Jd Cp+ Cas	231
		钙质泥页岩	Kf Q-Tou	Por Spr Ars Jd Cp	328
92#	$D_3^1$ 硅质页岩	Q-Tour Kf Sd	Por Spr Ars Jd Cp+ Cas	321	
		Q-Sd Tour Kf Fl	Po	321	
		* Q-Sd Tou	Py-Por Ars+ Cas	25	
$D_2$	硅、泥质层	Q-Ser Kf Tou	Por Spr Ars	231	
		* Q-Kf Tou	Por Spr Ars	231	

注: Q—石英; Tou—电气石; Cc—方解石; Ser—绢云母; Ms—铁白云母; Kf—钾长石; Fl—萤石; Sd—菱铁矿; Py—黄铁矿; Po—磁黄铁矿; Jd—脆硫锑铅矿; Cp—黄铜矿; Sp—闪锌矿; Ars—毒砂; Cas—锡石。金属矿物组合顺序为硫化物(前多后少)+氧化物(锡石)。带\*号者为最常见组合。

### 3 电气石的成分特征

大厂矿区电气石的成分列于表 2。从表 2 可见, 矿床范围内不同蚀变围岩中电气石的

成分变化不大,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ 、 $\text{FeO}$ 、 $\text{MgO}$ 、 $\text{CaO}$  及  $\text{Na}_2\text{O}$  等都比较稳定, 且以富镁贫铁为特点,  $\text{MgO}$  含量为 7.71%—10.50%, 变化幅度 2.79%;  $\Sigma\text{FeO}$  为 0.19%—4.50%, 变化幅度 4.31%;  $\text{Na}_2\text{O}$  为 1.10%—2.26%, 变化幅度 1.16%,  $\text{CaO}$  为 0.01%—1.71%, 变化幅度 1.70%;  $\text{Al}_2\text{O}_3$  为 30.33%—36.84%, 变化幅度 6.51%。尽管电气石晶体不同部位, 从 X 位到 Y 位到 Z 位, 成分的变化幅度有增大趋势, 但不同矿物个体之间占据同一位置的成分, 其含量变化并不大。因此, 研究这些同一位置上的成分(如 X 位上的 Na 与 Ca, Y 位上的 Fe 与 Mg)的含量变化, 对分析成矿演化历史、矿床成因和成矿条件具有重要意义。花岗岩中的电气石在成分上与矿体中的明显不同, 其  $\text{MgO}$  含量为 0.92%—2.74%,  $\Sigma\text{FeO}$  含量为 14.79%—16.07%,  $\text{CaO}$  含量为 0.15%—0.64%,  $\text{Na}_2\text{O}$  含量为 0.10%—1.94%,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  含量为 30.96%—33.74%, 各组份的变化幅度也不大, 属富铁端员的铁电气石。

表 2 大厂电气石的化学成分(wt%)

Table 2 Composition of tourmaline from the Dachang mine (wt%)

序号	样号	$\text{SiO}_2$	$\text{TiO}_2$	$\text{Al}_2\text{O}_3$	NiO	$\Sigma\text{FeO}$	MnO	MgO	CaO	$\text{Na}_2\text{O}$	$\text{K}_2\text{O}$	产状
1		35.78	—	32.79	—	15.42	0.27	1.35	0.18	0.23	0.13	笼箱盖电气石花岗岩
2		35.03	—	32.54	—	15.90	0.25	1.02	0.15	0.24	0.13	笼箱盖电气石花岗岩
3		35.03	—	33.74	—	14.79	0.12	1.38	0.64	0.10	0.03	笼箱盖电气石花岗岩
4		35.91	—	33.62	—	15.04	0.14	0.92	0.32	0.19	0.15	笼箱盖电气石花岗岩
5		31.46	0.22	30.96	—	16.05	0.26	2.74	0.17	1.60	0.07	拉么花岗岩
6		33.68	0.48	31.84	—	16.07	0.24	1.58	0.23	1.94	0.12	拉么花岗岩
7	455	38.69	0.14	34.76	0.02	1.67	0.08	9.89	1.61	1.46	0.00	铜坑 455 中段 91 <sup>#</sup>
8	6-51	38.01	0.23	32.03	0.06	2.40	0.19	9.69	0.91	2.07	0.00	铜坑 405 中段 91 <sup>#</sup>
9	6-52	40.18	0.02	36.84	0.02	2.56	0.00	8.79	0.82	2.12	0.01	铜坑 405 中段 91 <sup>#</sup>
10	521-1	37.83	0.03	33.23	0.00	3.39	0.00	8.60	0.61	1.35	0.00	铜坑 405 中段 92 <sup>#</sup>
11	521-2 右	36.09	0.16	30.63	0.13	3.21	0.11	8.37	1.07	1.10	0.00	铜坑 405 中段 92 <sup>#</sup>
12	521-2 左	35.52	0.00	30.33	0.10	3.34	0.17	8.28	0.78	1.35	0.00	铜坑 405 中段 92 <sup>#</sup>
13	521-3	37.72	0.11	34.15	0.00	2.43	0.00	8.26	1.00	1.33	0.01	铜坑 405 中段 92 <sup>#</sup>
14	521-5	38.45	0.22	33.68	0.14	3.08	0.03	9.21	1.28	1.34	0.00	铜坑 405 中段 92 <sup>#</sup>
15	C15-3	36.49	0.10	33.79	—	0.68	0.11	9.04	1.10	1.81	0.00	长坡 92 <sup>#</sup>
16	C15-5	38.90	0.06	33.13	—	0.19	0.04	9.56	0.75	2.19	0.03	长坡 92 <sup>#</sup>
17	C27-2	38.62	0.09	34.63	—	1.98	0.04	8.85	0.27	1.24	0.04	硅质岩内富碳质条带
18	C27-3	38.44	0.03	34.86	—	1.96	0.04	8.88	0.34	1.31	0.02	硅质岩内富碳质条带
19	DT1-1	37.46	0.07	33.33	—	2.01	0.00	8.62	0.62	1.65	0.16	铜坑条带状矿石
20	DT1-3	37.13	0.10	33.39	—	1.94	0.00	8.83	0.01	1.70	0.05	铜坑条带状矿石
21	DC27-1	37.58	0.09	34.18	—	2.35	0.00	8.90	0.68	2.11	0.00	长坡条带状矿石
22	DC27-2	36.54	0.24	33.35	—	4.50	0.00	7.71	0.66	2.26	0.03	长坡条带状矿石
23	DC27-3	37.22	0.06	33.41	—	2.07	0.23	9.11	0.76	2.05	0.00	长坡条带状矿石
24	T9-2	36.89	0.07	32.67	—	2.72	0.09	9.10	0.36	1.29	0.03	铜坑条带状矿石 91 <sup>#</sup>
25	T9-3	37.88	0.34	31.23	—	2.47	0.00	10.50	1.71	1.51	0.05	铜坑条带状矿石 91 <sup>#</sup>

注: 1—4—引自谭运金(1990); 15—25—引自韩发等(1989); 序号 5 为陈毓川资料(1985); 余为本文资料。1—6—化学分析; 7—25—电子探针分析, 其中 7—14 由中国地质大学(北京)电子探针室陈容贤分析, 实验条件: 工作电压 15kV, 采集时间 100 秒, 校正 ZAF 法, 检出限 2 sigma, 仪器型号: 日本 JCXA-733。

## 4 讨论

### 4.1 镁电气石是否只产于喷气岩或喷气矿床

近年来,人们发现世界上许多大型、超大型贱金属 Au、W 等矿床都产有电气石,如与沉积岩有关的澳大利亚新南威尔士布洛肯希尔多金属矿区、加拿大沙利文多金属矿床、美国北卡罗来纳州 Ore Knob 铅锌银矿床、缅因州 Black Hawk 锌铜矿床及爱达荷州 Black Bird 铜钴矿床、挪威 Bleikvassli 锌铅银矿床、赞比亚奇布卢马铜钴矿床,以及与火山岩有关的加拿大基德河锌铜银矿床、美国新墨西哥州 Pecos 锌铅矿床及挪威的 L Økken 铜锌矿床等,而且这些电气石往往富镁或属于镁-铁连续固溶体系列,并与石英一起构成电英岩或电气石岩,可作为一种找矿勘探的标志。这就给人一个鲜明的印象,似乎富镁的电气石只与海底火山喷气作用有关,一旦找到镁电气石,就可“导向矿体”。

其实,镁电气石并非只见于喷气岩或喷气矿床,除了作为宝石(碧玺)而常见于伟晶岩、云英岩中之外,它也出现于花岗岩中,如 Deer 等人的巨著《造岩矿物》中就给出了一个镁电气石产于花岗岩中的例子(表 3),其 MgO 含量为 8.90%,FeO 含量仅 0.22%,Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 痕量<sup>[6]</sup>;另外,在花岗岩矿物中出现镁电气石的包裹体也早有所闻,如英国康沃尔 Dinashead 钠长石中见有镁电气石包裹体(Agrell, 1941),西澳 Yinnietharra 斜长石和金云母中也都见有镁电气石包裹体<sup>[7]</sup>(Bridge 等, 1977);近年来 Pirajno 等人更是给出了与花岗岩有关的 Sr-W 矿化体系中镁电气石的化学成分资料<sup>[3]</sup>(表 3);我国滇西等地与花岗岩有关的高温岩浆热液交代型脉状或层状锡矿脉中镁电气石也是常见的<sup>[10]</sup>。新疆阿尔泰地区花岗岩有关伟晶岩型矿床中大量存在镁电气石,更是人所共知。可见,正如 R. V. Dieterich 所指出的:仅仅是化学成分意义上的镁电气石还不能作为非花岗岩成因的证据<sup>[7]</sup>。

表 3 长英质岩体及有关矿床中电气石的成分(wt%)

Table 3 Composition of tourmalines from felsic igneous rocks and their related deposits(wt%)

序号	产地及特征	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MgO	FeO	MnO	CaO	Na <sub>2</sub> O	资料来源	
1	澳大利亚某花岗岩	36.99	8.90	0.22	0.01	0.00	1.88	Deer 等, 1963	
2	大厂锡石硫化物矿床(8)	33.21	8.89	2.76	0.07	1.01	1.52	本文, 1991	
3	南非卡卡马斯(12)	32.28	8.96	3.56	0.03	1.17	2.05	F. Pirajno 等, 1992	
4	纳米比亚 Gamigab(7)	30.26	9.62	3.28	0.07	1.59	1.82		
5	纳米比亚 Goantogab(7)	31.63	9.69	2.97	0.02	1.06	2.03		
6	意大利 Larderello 岩浆热液(4)	30.38	6.72	8.48	0.07	0.90	2.36	G. Cavarretta 等, 1990	
7	某单颗电气石, 产地同上(6)	核心(6)	35.39	3.58	8.86	0.30	0.22		1.99
8		中间带(5)	34.62	6.26	5.78	0.15	0.36		2.09
9		边缘(6)	32.93	7.26	5.38	0.08	0.54	2.09	
10	新西兰南岛 Kirwana Hill 云英岩	31.20	7.58	6.65	-	1.32	1.78	Mackenzie, 1983	
11	云南阿莫	混合岩中脉状电气石	32.35	9.58	1.00	0.00	-	2.03	赵大贤等, 1991
12		电气石-石英-云母脉	31.64	10.94	3.95	0.00	-	1.66	
13	美国南达科他 Black Hill 伟晶岩	32.94	6.82	8.57	0.10	0.41	2.19	C. K. Sheaver 等, 1986	
14	云英岩(据 5 个样品平均)	30.88	7.64	4.46	0.33	4.02	1.99	转引自谭运金, 1986	
15	锡石-硫化物矿床(2)	31.80	9.20	2.21	0.02	1.06	1.80		

另一方面,即使是海底火山喷气成因的矿床也不见得只有镁电气石才有成因意义,如据陈光远等研究,我国弓长岭铁矿属于与海相火山喷气作用有关的 BIF 型,但该矿区的镁电气石远离矿体,而可用作找矿标志的恰恰是近矿围岩中所富含的富铁黑电气石<sup>[11]</sup>。可见,镁电气石和铁电气石的产出环境都不是唯一的。

#### 4.2 电气石成分的时空演化与成因

笔者在研究大厂锡矿区电气石的成分时,认识到其成分在空间上有一定的变化规律,即越往矿体上部,晶体 Y 位的镁含量趋于增高而铁含量趋于降低,二者呈反相关,并与沙利文喷气成因电气石呈相反的演化趋势(图 2A);同时,处于 X 位的主成分钠和钙的演化趋势也与沙利文相反(图 2B),因此笔者认为,电气石成分的演化方向可能更有成因意义。韩发等<sup>[5]</sup>的资料同样可证明这一点,其成分演化趋势与本文一致。

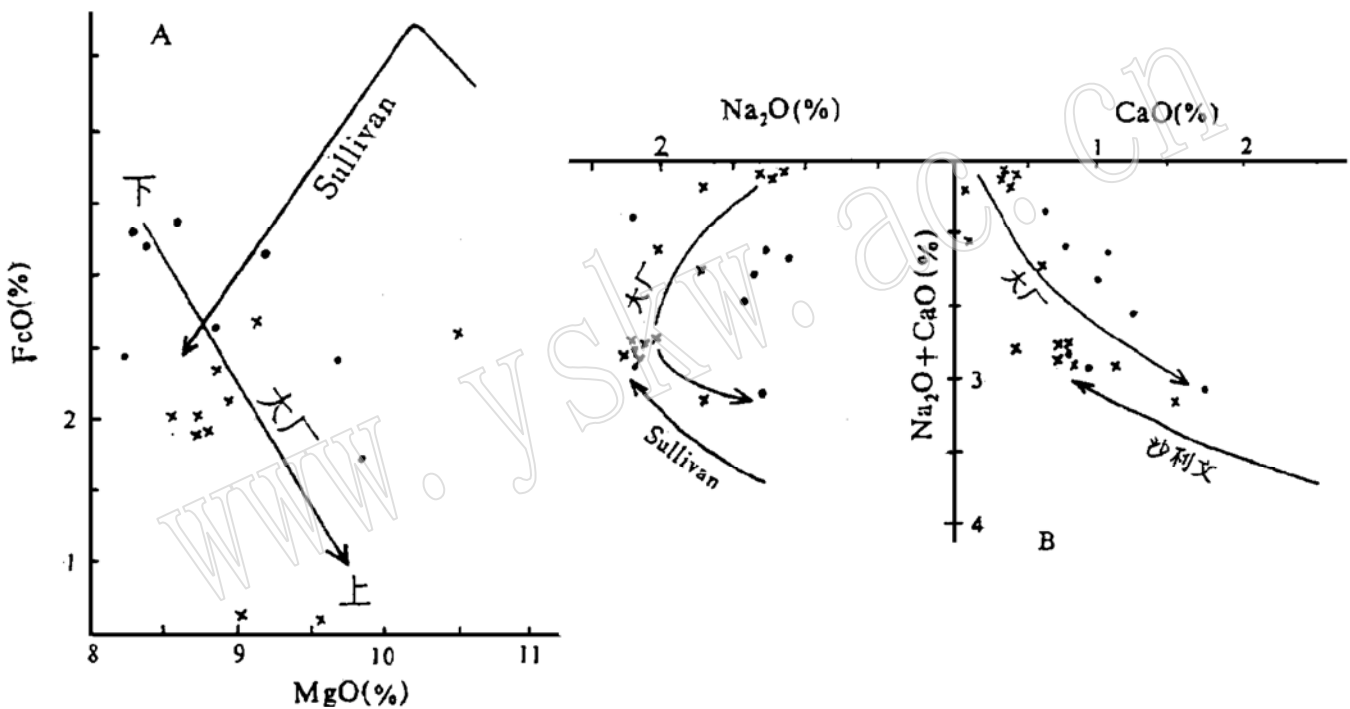


图 2 电气石成分演化的 FeO—MgO(Y 位)图解(A)和 CaO—Na<sub>2</sub>O(X 位)图解(B)

Fig. 2 FeO-MgO (Y site) diagram (A) and CaO-Na<sub>2</sub>O (X site) diagram (B) showing the composition evolution of tourmaline

国外对花岗岩型矿床的研究也支持这一点,如 Swanson 等人<sup>[12]</sup>在研究阿拉斯加锡矿带时发现电气石成分自花岗岩→云英岩→矽卡岩由钠铁电气石端员向钙镁电气石端员演化,这种演化趋势与单颗粒电气石成分自核心向边缘 Fe/(Fe+Mg) 比值逐渐降低完全一致,反映了早期富 Fe 而晚期富 Mg 及近岩体富 Fe 而远离岩体富 Mg 的演化规律<sup>[12]</sup>, B. G. Lottermoser 也指出:“与较早结晶的电气石相反,花岗岩结晶作用最晚期的电气石是镁电气石”<sup>[13]</sup>。

最近, F. Pirajno 和 R. H. Smithies<sup>[3]</sup>对南非、纳米比亚和新西兰等地与花岗岩有关的 Sn 和 Sr-W 体系热液矿化电气石的 FeO/(FeO+MgO) 比值(定义为 Fe<sup>#</sup>)进行了详细研究,结果发现,从花岗岩体内矿床到远离岩体一定距离的矿脉中的电气石,其 Fe<sup>#</sup> 值系统变化,并

认为岩体内和近源矿床的  $Fe^{\#} = 1.0 - 0.8$ , 近源到中源矿床的  $Fe^{\#} = 0.8 - 0.6$ , 远源 ( $> 1\text{km}$ ) 矿床的  $Fe^{\#} < 0.6$ 。大厂锡矿的  $Fe^{\#} < 0.6$ , 属远源矿床, 正好与该矿床远离岩体的实际情况相符; 而且, 从矿床底部 92 号矿体到 91 号矿体中下部再到矿床顶部,  $Fe^{\#}$  由  $0.27 \rightarrow 0.21 \rightarrow 0.14$ , 逐渐减小, 与离源区越来越远相一致。电气石成分的这一演化规律表明其成因与花岗岩岩体有关。

#### 4.3 大厂电气石富镁的原因探讨

华南许多岩浆热液成因钨锡矿床都伴有电气石化, 且以铁电气石为特征, 而大厂锡矿则以镁电气石化而与众不同。其原因是多方面的: (1) 与非矿花岗岩相比, 与锡矿有关的花岗岩一般演化较彻底而  $MgO$  含量较低, 镁铁比值 ( $Mg/Mg+Fe$ ) 也低 (表 4); 但同样与锡矿有

表 4 某些锡矿区花岗岩的  $MgO$  含量 (wt%)

Table 4 MgO content of granites in some tin mines (wt%)

花岗岩及产地	样品数	MgO (%)		MgO FeO	$\frac{Mg}{Mg+Fe}$	资料来源	
		变化范围	平均				
含锡花岗岩	116		0.33	0.28	0.10	陈吉琛等, 1988	
非锡花岗岩	112		1.92	0.58	0.24		
国外		10 个锡矿区的花岗岩	0.01- 0.28			三光, 1989	
		13 个非锡矿区的花岗岩	0.05- 1.44				
云南	19	滇西含锡电气石花岗岩	0.07- 2.60	0.66	0.61	吕伯西等, 1990	
		个旧斑状、等粒状花岗岩	0.08- 0.87			姚金炎等, 1987	
广西	150	桂北 8 个岩体	0.23- 0.77	0.39	0.30	毛景文等, 1988	
	43	大厂矿田黑云母花岗岩	0.06- 1.04	0.50	0.31	陈毓川等, 1993	
		大厂花岗斑岩		0.72	0.47	0.22	
广东	3	银岩花岗斑岩		0.17	0.09	0.06	
湖南	37	柿竹园花岗岩	0.00- 0.57	0.21	1.75	0.25	王书凤等, 1988
	8	香花岭花岗岩	0.01- 0.44	0.23	0.14	0.08	王立华等, 1988
江西		曾家垅二云母花岗岩		0.15	0.14	0.08	周开朗等, 1986
	65	西华山花岗岩		0.23	0.18	0.10	吴永乐等, 1987

注:  $MgO/FeO$  比值和  $Mg/(Mg+Fe)$  比值由本文计算。

关的花岗岩, 不同矿区又有不同, 如我国云南个旧锡矿的黑云母花岗岩的  $MgO$  含量不如滇西, 镁电气石的发育程度也远不如滇西<sup>[10, 14]</sup>; 再如湖南柿竹园与香花岭相比,  $MgO$  含量相近, 但相对铁而言, 柿竹园仍是富镁的, 故作为矽卡岩的酸性淋滤产物, 镁电气石仍可呈窝状堆积<sup>[15]</sup>, 但由于绝对含量毕竟有限, 与云南、广西相比,  $MgO$  含量大为降低, 因此镁电气石总体上是少见的。大厂黑云母花岗岩和花岗斑岩相对于其它生成锡矿的花岗岩来说,  $MgO$  含量还是较高的, 因此镁电气石化很发育。(2) 锡石硫化物矿床中的电气石一般富镁, 这是由于对占据晶格同一位置的  $Fe$ 、 $Mg$  两元素来说,  $Fe$  强烈亲硫而形成硫化物,  $Mg$  亲硫性差而只能赋于造岩矿物或蚀变矿物中。大厂锡矿正是锡石硫化物共生, 成矿过程中, 随  $Fe$  趋于形成硫化物,  $Mg$  则在镁电气石等蚀变矿物中富集。(3) 大厂锡矿属于远源矿床, 岩浆热液在向外运移过程中继续发生结晶分异, 运移距离越长越有助于彻底的演化, 而演化过程中  $Mg$  作为基性造岩元素趋于形成造岩蚀变矿物, 而  $Fe$  趋于形成矿石矿物。(4) 大厂锡矿在岩浆热液交代围岩过程中, 从地层内带出的  $Mg$  可进入电气石晶格。91 号矿体范围内被带出的  $Mg$  最多, 因此 91 号矿体及其上部矿体比底部 92 号矿体的电气石含  $Mg$  更高。从 405

中段向上到455中段,电气石的Ca/(Ca+Mg+Fe)比值和Mg/(Ca+Mg+Fe)比值都是升高的,尤其是Ca/(Ca+Mg+Fe)比值从92号矿体到91号矿体顶部升高了一半,这说明碳酸盐岩地层中被交代出的Ca-Mg也是电气石成分的来源之一。(5)在岩体范围内,由于铁的含量一般远大于镁,电气石晶格中Y位被Fe占据的机会自然远大于Mg,因而铁电气石的产率远高于镁电气石。

## 5 结论

(1) 镁电气石不只出现于喷气矿床或喷气岩,在花岗岩及其有关矿床中同样可以出现。

(2) 大厂花岗岩体中的电气石富铁贫镁,而远离岩体的矿体中的电气石却富镁贫铁,并有远离岩体Mg趋于富集的演化趋势:这一变化趋势与国内外同类花岗岩型W-Sn矿床电气石的成分演化规律是一致的。

(3) 大厂矿体中电气石富Mg的原因是多方面综合影响的结果,包括:花岗岩本身含Mg较同类生成锡矿的岩体为高;在岩浆热液长距离运移过程中,Mg与Fe的不同演化趋势;Mg和Fe的亲硫性差异;被交代地层中带出的Mg可进入电气石晶格等。

## 参考文献

- Slack J F. Tourmaline in Appalachian Caledonian massive sulfide deposits and its exploration significance. *Trans. Inst. Min. Metall.*, 1982, 91: 81—89.
- Plimer I R. Tourmalinites associated with Australian Proterozoic submarine exhalative ores. *Can. J. Earth Sci.*, 1988, 24: 826—829.
- Pirajno F, Smithies R H. The FeO/(FeO+MgO) ratio of tourmaline: a useful indicator of spatial variations in granite related hydrothermal mineral deposits. *J. of Geochemical Exploration*, 1992, 42: 371—381.
- 谭运金. 华南地区电气石花岗岩的主要特征. *岩石学报*, 1990, (4): 46—53.
- 韩发. Hutchinson R W. 大厂锡多金属矿床热液喷气沉积的证据——含矿建造及热液沉积岩. *矿床地质*, 1989, 8(2): 25—40.
- Deer W A, Howie R A, Zussman J. *Rock-forming minerals, Volume 1B, Disilicates and Ring Silicates*. Second Edition, London and New York: Longman Scientific Technical, 1986, 559—602.
- Dietrich R V. *The tourmaline group*. New York: Van Nostrand Reinhold, 1985. 300.
- Cararretta G, Puxeddu M. Schorl-Dravite-Ferridravite tourmalines deposited by hydrothermal magmatic fluids during early evolution of the Larderello Geothermal field, Italy. *Econ. Geol.*, 1990, 85(6): 1236—1251.
- Sheaver C K et al. Pegmatite-wallrock interactions, Black Hills, South Dakota: interaction between pegmatite-derived fluids and quartz-mica schist wallrock. *American Mineralogist*, 1986, 71(3/4): 518—539.
- 赵大贤,唐光庭. 云南西盟阿莫高温热液锡矿床的地球化学特征及成矿模式. *地质学报*, 1991, 65(1): 42—57.
- 陈光远,孙岱生等. 弓长岭铁矿成因矿物学. *矿物岩石*, 1984, 4(2): 182—189.
- Swanson S E, Newberry R J, Coulter G A, Dyehouse T. Mineralogical variation as a guide to the petrogenesis of the tin granites and related skarns, Seward Peninsula, Alaska, Ore-bearing granite Systems: Petrogenesis and Mineralizing Process. Geological Society of America. Special Paper, 1990. 246.
- Lottermoser B G. 南澳大利亚安贝拉塔纳地区电气石山花岗岩的流体包裹体研究: 热液活动和围岩交代作用的含义. 杨秋剑译. *地质地球化学*, 1989, (1): 30—35.
- 吕伯西,段建中,高子英,潘长云,沈致富. 滇西含锡电气石花岗岩. 见: 青藏高原地质文集. 北京: 地质出版社, 1990, 20: 34—51.

15 王书凤, 张琦玲. 柿竹园矿床地质引论. 北京: 北京科技出版社, 1988.

## A Preliminary Study on the Composition and Origin of Tourmalines in Dachang, Guangxi

Wang Denghong, Chen Yuchuan

(Chinese Academy of Geological Sciences, Beijing 100037)

**Key words:** tourmaline; magmatic hydrothermal solution; cassiterite-sulfide deposit; Dachang

### Abstract

Tourmalines in granites and granite-related tin-polymetallic ore deposits of Dachang, Guangxi, belong to schorl - dravite series. Tourmalines from granites contain high  $\Sigma\text{FeO}$  (14.79% - 16.07%) but low MgO (0.92% - 2.74%), Whereas tourmalines from orebodies have high MgO (7.71% - 10.50%) but low  $\Sigma\text{FeO}$  content (0.19% - 4.50%). It is obvious that the abundance of MgO becomes increasingly higher with the distance from granite. Such compositional and evolutionary features are in accordance with the general law of granitic tourmalines, but different from features of exhalative tourmalines. In Dachang mine, tourmalines can be found in various horizons of the Changpo-Tongkeng deposit and also in different kinds of altered wall rocks, such as Middle Devonian argillite and Upper Devonian siliceous shale, thick and thin banded limestones, lens-like limestones and marl, making up at least twenty-three kinds of tourmaline-bearing mineral assemblages. In the lattice of tourmaline crystal, Mg and Fe occupy the same Y site; in consequence, when Fe is dominant in hydrothermal solution, it is more easy to form schorl, but when Mg is dominant, dravite is more easy to form. There are many reasons for the high MgO content of tourmaline in the Changpo-Tongkeng deposit: (1) the granites in Dachang are relatively high in Mg compared with other tin-related granites; (2) the deposit is located far away from granite; (3) iron in hydrothermal solution tends to be incorporated into such sulfides as pyrite and pyrrhotite, and magnesium incorporated into metasomatic minerals like dravite; (4) Mg derived from wall rocks may be another material source for the formation of dravite.