

湘西沃溪金锑钨矿床中 白云母的矿物学研究^{*}

邵靖邦

王 濮 陈代璋

(中国矿业大学北京研究生部, 北京 100083)

(中国地质大学北京研究生院, 北京 100083)

主题词 白云母 化学成分 晶体化学 红外光谱 沃溪

提 要 白云母广泛存在于矿床的各种赋矿围岩中。作者对各种地质产状及不同时期形成的白云母在矿床中的分布特征、化学成分及元素组合、晶体化学参数、晶胞参数、热分析特征、红外光谱学特征等进行了较详细的研究, 找出了有矿化和无矿化及不同类型的矿化之间白云母的主要差别, 确定了本矿床的白云母的标型特征, 对找矿勘探具有重要的指导意义。

1 矿床地质背景

湘西沃溪金锑钨矿床是我国南方的一座大型金锑钨综合性多金属矿床, 位于湖南省沅陵县境内的沃溪镇。

沃溪金锑钨矿床在大地构造上位于扬子准地台江南地轴南缘的雪峰山隆起金锑钨成矿带的中央部位。

矿区内出露的地层有元古界的冷家溪群(Pt_{lj})、板溪群(Pt_{bn})、中生界的白垩系上统(K₂)、新生界的第四系(Q)等。矿体赋存于板溪群马底驿组(Pt_{bnm})的深灰—紫红色板岩中。矿体呈脉状产出, 矿脉具裂隙充填特征, 矿脉两侧广泛发育围岩蚀变作用。矿床的成矿作用共分4个阶段:(I)早期石英碳酸盐阶段;(II)石英白钨矿黑钨矿阶段;(III)石英硫化物(辉锑矿、黄铁矿)自然金阶段;(IV)晚期石英碳酸盐阶段, 其中II、III阶段为有用矿化阶段。矿床的矿石矿物有:白钨矿、黑钨矿、黄铁矿、辉锑矿、自然金等;赋矿围岩中的主要矿物有:石英、细粒白云母、碳酸盐矿物、铁钛氧化物矿物和黄铁矿等。

矿床的赋矿围岩主要有四种类型:未遭受矿化蚀变作用的深灰色板岩;早期石英碳酸盐蚀变的浅黄绿色板岩;钨矿化蚀变的浅黄白色板岩;金锑矿化蚀变的黄白色板岩。各种矿化蚀变岩石构成了浅色的所谓“退色蚀变带”,退色带是矿体产出的必要条件。

矿床以元古代地层为矿源层,震旦纪的雪峰运动发生了广泛的区域变质作用,使金、锑、钨等成矿元素相对富集,并迁移到由变质作用产生的热液中,成矿热液从矿床西部下端向东南上方沿层间断裂运移并沉淀成矿。

2 白云母的地质产状及一般特征

白云母是矿床中分布最广泛的矿物之一,无论是在含矿石英脉,还是在赋矿围岩中都有

* 本文于1995年10月30日收到,1996年5月8日改回

白云母产出,但绝大多数白云母都产在赋矿围岩中。根据白云母的形成时间不同,从早到晚分为四个世代:第一世代白云母产于未蚀变岩石内,形成在区域变质作用过程中;第二世代白云母产于早期石英碳酸盐阶段的黄绿色板岩中;第三世代白云母产于钨矿化蚀变岩石中;第四世代白云母产于金锑矿化蚀变岩石中^①。

矿床中的白云母颗粒都非常小(1—20 μm),大都在5—10 μm 范围内。第一世代白云母的粒度最小,在岩石中不规则排列,而且含量也比较低,平均30%—45%,而其余几个世代的白云母颗粒相对比较大,在岩石中定向排列,含量也比较高,平均70%左右,有时可达90%以上。

3 白云母的化学成分

对矿床中各世代的白云母样品进行破碎、研磨、物理分散和沉降提纯,最后获得较纯净的白云母单矿物样品,X射线检查基本无杂质。

不同世代的白云母的定量化学成分分析表明,不同世代的白云母无论从常量组份还是在微量组份上都存在一定的差异(表1)。

3.1 常量组份

与第一世代白云母相比,第二世代白云母中Al、Fe、Ca、Mn、Na等组份的含量较高,Si和K的含量较低;第三世代白云母中Al和K的含量较高,第四代白云母则具有较高的Si、Fe、Ca、Mg(表2)。

不同世代白云母产于不同的矿化蚀变阶段的岩石中,随成矿热液演化,并受原来成分的影响,白云母中的常量组份由富Ca、Na、Al、Mg、Fe(高温)→富Al、K(中高温)→富Si、Fe、Ca、Mg(中低温)演化,在一定程度上反映了当时的热液性质及矿化环境。

3.2 微量元素

将各世代白云母中的微量组份与第一世代白云母对比,可以发现,第二世代白云母富含Mn、P、Ba、Be、Li、Sr、Th、La、Nb、Dy、Y、Yb、Sc、Nb、As等组份,其他元素如Cr、Ti、Cu、Pb、Zn、Ni、V、Zr、Sb、Ga、Ce含量较低;第三世代白云母富含Ba、Sr、Cr、V、Mo、Li、Ga、Pb、Th、Dy、Y、Yb、Sc、Zr、As,而P、Co、Ni、Zn、Mn、La、Ce、Nd、Sb含量较低,Be和Nb变化不明显。第四世代白云母富含Mn、P、Be、Co、Cu、Ga、Li、V、Zn、La、Nd、Dy、Y、Yb、Zr、As、Sb,而Ti、Ba、Cr、Ni、Pb、Sr、Th、Ce的含量较低。

此外,还可以看出,各种蚀变岩石中的白云母与第一世代白云母相比,Li、As、Dy、Yb、Y的含量都比较高,只有Ni比较低。

综合上述,可以找出不同世代白云母化学成分上的主要差异,用作矿化的标型特征。即:与未矿化蚀变岩石中的白云母相比,钨矿化蚀变岩石中的白云母富K、Cu、Pb、Th,贫Fe、Co、Ni、Ca、Mg、Mn、P、Zn、Sb;金锑矿化蚀变岩石中的白云母富Si、Cu、Ga、V、Zn、Zr、Sb,贫Al、Na、Ba、Sr、Th,而且,钨矿化蚀变岩石中的白云母与金锑矿化蚀变岩石中的白云母相比,前者富Al、Sc、Mo、Th,后者富Ca、P、Ni、Zn、Sb、As等。由此可知,不同阶段的矿化作用,其热液中的微量组份也具有一定的演化规律。

^① 邵靖邦,湘西沃溪金锑钨矿床矿化蚀变带特征研究。中国地质大学研究生院硕士学位论文,1988。

表1 沃溪金锑钨矿床白云母的化学成分

Table 1 Chemical composition of muscovites

世代		第一世代 白云母 A	第一世代 白云母 B	第二世代 白云母	第三世代 白云母	第四世代 白云母
常量 元素 (%)	Si	24.26	22.16	22.04	22.89	22.91
	Al	7.41	8.04	8.44	9.11	7.88
	Fe	3.31	2.60	3.32	3.13	2.98
	Ca	0.23	0.27	2.10	0.18	0.73
	Mg	0.58	0.50	0.98	0.49	0.74
	K	2.01	2.92	1.99	2.43	2.55
	Na	0.67	0.92	1.35	0.69	0.68
微量 元素 (10 ⁻⁶)	Ti	3752.00	5411.00	3865.00	3894.00	5126.00
	Mn	869.00	560.00	1399.00	766.80	901.30
	P	212.40	197.70	233.80	160.60	246.80
	Ba	391.40	587.60	624.80	417.00	439.67
	Be	2.71	2.91	3.08	2.70	3.17
	Co	8.33	9.20	9.46	5.86	10.20
	Cr	58.66	68.18	60.52	59.50	58.29
	Cu	7.18	8.10	5.27	8.96	8.10
	Ga	11.40	18.82	15.30	17.27	19.85
	Li	5.30	36.97	78.19	8.19	163.67
	Ni	20.01	29.06	26.28	12.26	24.62
	Pb	18.45	27.29	16.44	24.15	15.02
	Sr	47.43	71.83	83.48	56.61	65.73
	Th	5.83	4.74	5.76	8.95	1.89
	V	70.42	98.65	71.14	82.92	102.67
	Zn	60.27	67.46	64.28	36.33	87.58
	La	17.70	13.01	16.24	13.64	16.09
	Ce	48.77	53.92	36.90	33.05	30.23
	Nd	12.99	10.16	12.59	12.36	12.05
	Dy	1.53	1.97	4.91	1.71	2.75
	Y	6.56	4.28	12.04	6.67	6.73
	Yb	1.54	1.54	2.03	1.62	1.83
	Sc	14.79	13.29	16.08	16.27	13.31
Mo	< 4.00	< 4.00	< 4.00	4.16	< 4.00	
Nb	12.14	12.15	13.13	10.00	13.44	
Zr	73.15	103.60	81.95	77.19	109.20	
As	0.50	1.24	1.53	1.16	25.11	
Sb	2.62	13.54	6.30	1.90	27.20	

测试单位: 地质矿产部岩矿测试技术研究所

表2 不同世代白云母中元素含量的差异

Table 2 Differences of element contents of various kinds of muscovites

世代间对比		IA/IB	II/ I	III/ I	IV/ I	III/ IV	III/ II	IV/ II
常量元素	+	Si Fe Mg	Ca Na Al Fe	Al K	Si Fe Ca	Al Fe	Si Al K	Si K
	-	Al Na K	Si K	Si Fe Ca Mg	Al K Na	Si Ca Mg K	Fe Ca Mg Na	Al Fe Ca Mg Na
	±			Na		Na		
微量元素	+	Mn P Th La Nd Y Sc	Mn Li P Be Be Ba Sr As Th La Nd Dy Y Yb Nb Sc	Ba Sr Cr V Mo Li Pb Ga Th Dy Y Yb Sc Zr As	As Sb Li Cu Zn Co Mn V Be Ga La Nd Dy Y Yb Zr P Nb	Cr Pb Sc Th Mo	Cu Pb Mo Sc V Th	Cu Ga Li Be V Ti P Co Zn Zr As Sb
	-	Li As Sb V Ti Cr Ba Be Co Ni Cu Pb Zn Ga Sr Ce Nd Dy Zr	Cr Ti Cu Pb Zn Ni V Ce Ga Zr Sb	Co Ni Zn Mn P La Ce Nb Sb	Ti Ba Cr Ni Pb Sr Th Ce	Ti Mn Cu Zn Co Ni As Sb P Be Ga Li Sr V La Nb Zr Dy Yb	Mn P Ba Be Li Ni Co Zn Ga Sr As Sb La Nb Dy Y Yb	Mn Ba Cr Ni Pb Sr Th Ce Nb Nd Dy Y Yb Sc
	±	Yb Nb	Co	Be Nd	Sc	Ba Ce Nd Y	Ti Cr Ce Zr Nd	La

注: 表中“+”、“-”、“±”号分别代表比值高(> 1)、低(< 1) 近似相等(≈1)。

3.3 元素的比值

元素的比值也常常被用作矿床矿化的标型,而且一般都比单个元素的标型更具有稳定性。经分析对比知,比较有效的标型元素对很少,主要有 Cu/Zn、Pb/Zn、Fe/(Co+ Ni)、Th/La、Tb/Nd、Ti/P 等(表3)。

表3 不同世代白云母的特征元素对的比值

Table 3 Ratios of special elements in muscovites

世代	IA	IB	II	III	IV
Cu/Zn	0.120	0.120	0.080	0.490	0.250
Pb/Zn	0.404	0.307	0.256	0.086	0.173
Fe/(Co+ Ni)	0.068	0.117	0.093	0.086	0.173
Ti/P	27.37	17.67	16.53	5.680	24.20
Th/La	0.364	0.330	0.355	0.110	0.656
Th/Nd	0.467	0.449	0.458	0.164	0.720

第二世代白云母 Cu/Zn 比值比较低。第三世代白云母诸元素对的比值除 Cu/Zn 外,其余均低于第二世代白云母。第四世代白云母除 Pb/Zn 外,其余元素对的比值均高于第二世代白云母。第三世代白云母与第四世代白云母相比,亦具有较高的 Cu/Zn 比值。

3.4 元素组合

对白云母的化学成分进行了多元统计分析。根据 R 型因子分析的结果,用 F₁ 和 F₂ 主因子作方差极大因子旋转载荷图解(图1),将白云母的各种组份分为三组, I 组主要由 Ca、Ni、Al、Sc、Na、Sr、Mg、Mn 等元素组成,代表了钨矿化蚀变过程中白云母相对富集的元素; II 组主要由 As、Sb、Cu、K、Li、V、Zn 等元素组成,代表了金锑矿化蚀变过程中白云母

富集的元素。

白云母中诸元素的分组现象体现了矿化作用过程中热液的特征, 而且与其他资料亦基本吻合。

4 白云母的晶体化学特征

对矿床中四十多个不同类型样品的近百个点进行了电子探针分析, 并计算了其晶体化学参数(表4)。

白云母的晶体化学式为 $X\{Y_{2-3}[Z_4O_{10}](OH)_2\}$, 其中, $X = K, Na, Ca, Ba$; $Y = Al, Fe, Mg, V, Ti, Mn$; $Z = Al, Si$ 。

层间阳离子主要是 K^+ , 其次为 Na^+ 、 Ca^{2+} 、 Ba^{2+} 等, 阳离子数 K^+ 为 0.45—0.81, Na^+ 为 0.01—0.28, Ca^{2+} 和 Ba^{2+} 一般不小于 0.01。 ΣX 在 0.57—0.91 之间变化, 层间阳离子严重亏损, 且颗粒愈小其亏损愈严重。缺失部分为 H_2O 所补充。

八面体层中阳离子以 Al^{3+} 为主, 其次是 Mg^{2+} 、 Fe^{2+} 、 Fe^{3+} 以及少量的 V^{4+} 、 Ti^{4+} 、 Mn 。 Al 的离子数在 1.47—1.93 之间, 大都高于 1.70, 其余阳离子数不超过 0.30。 ΣY 的范围为 1.88—2.33, 大都在 2.00 以上。

四面体层中的阳离子为 Si^{4+} 和 Al^{3+} 。 Si^{4+} 离子数在 2.98—3.95 之间, 大都高于 3.00。 Al^{3+} 离子数大多数在 0.08—1.00 之间。

矿床中白云母四面体层中的阳离子数之比 Si^{4+}/Al^{3+} 大于 3: 1, 且八面体层中除 Al^{3+} 外, 有部分 Fe^{2+} 、 Fe^{3+} 、 Mg^{2+} 进入, 说明矿床中白云母属于多硅白云母。

不同世代白云母的晶体化学特征也有一定的差别(表5)。四面体层中的阳离子, Si^{4+} 离子数以第一世代白云母最高, 第二世代白云母和第三世代白云母居中, 第四世代白云母最低; Al^{3+} 正好相反, 第四世代白云母最高, 第一世代白云母最低; 八面体层中的阳离子, 其总数随形成温度的降低而呈升高趋势, 第四世代白云母高达 2.25, 这主要是由于 Fe 、 Mg^{2+} 等离子引起的, 层间阳离子以第一世代白云母最低, 第二世代白云母最高, 然后逐渐下降。

白云母的晶体化学参数对其形成条件具有一定的指示作用。如白云母八面体层中 Al^{3+} 离子数一般均高于 1.4, 说明白云母是在变质和热液作用中形成的, 是非岩浆岩成因的。而四面体层中的 Si^{4+} 离子数介于 3.00—3.25 之间, 结合其他资料, 用 Veld(1967) 提出的方法^[1]判别可知, 成矿作用是在低压条件下进行的。

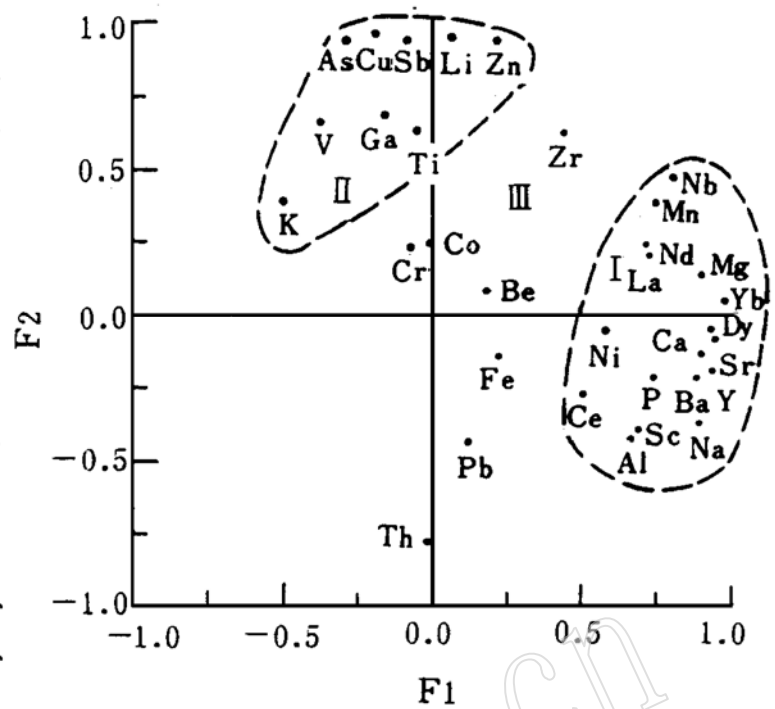


图1 白云母 R 型方差极大因子 F_1 、 F_2 旋转载荷图解

Fig. 1 Rotational diagram of varimax loading of factors F_1 and F_2

表4 白云母电子探针分析结果及晶体化学参数计算结果

Table 4 Electron microprobes analyse and crystallochemical parameters of muscovites

	1*	2	3*	4	5*	6	7*	8	9*	10	11*	12	13*	14	
K ₂ O	8.20	7.18	7.99	8.11	8.29	9.54	7.43	8.65	7.39	8.12	8.33	7.76	8.61	7.71	
Na ₂ O	0.79	1.82	0.67	0.66	0.87	0.53	0.82	0.86	0.64	0.77	0.54	0.65	0.96	1.53	
CaO	0.04	0.06	0.00	0.02	0.00	0.00	0.02	0.04	0.02	0.00	0.01	0.00	0.00	0.07	
MgO	0.68	0.36	0.39	0.59	0.65	0.91	0.49	0.58	1.74	0.32	0.23	1.18	0.27	0.51	
FeO	2.75	2.22	2.69	2.15	2.11	2.75	2.17	2.49	5.57	1.69	2.44	5.76	2.03	2.27	
V ₂ O ₅	0.07	0.04	0.03	0.00	0.05	0.00	0.08	0.13	0.01	0.00	0.02	0.07	0.12	0.06	
TiO ₂	0.27	0.13	0.33	0.00	0.45	0.20	0.13	0.51	0.14	0.14	0.00	0.50	0.12	0.20	
BaO	0.15	0.10	0.00	0.27	0.27	0.43	0.11	0.24	0.22	0.01	0.33	0.13	0.18	0.21	
MnO	0.06	0.03	0.01	0.00	0.06	0.06	0.04	0.09	0.11	0.09	0.00	0.18	0.00	0.00	
Al ₂ O ₃	33.75	35.02	35.02	35.73	33.09	34.46	32.85	35.93	30.74	31.07	36.16	34.18	35.76	32.83	
SiO ₂	49.19	49.25	46.64	47.93	51.40	48.37	52.14	48.31	49.62	54.21	47.41	45.69	47.61	52.75	
总量	95.95	96.21	93.77	95.46	97.24	97.25	96.28	97.83	96.20	96.42	95.47	96.10	95.66	98.14	
晶体化学参数	Si	3.22	3.27	3.12	3.14	3.31	3.16	3.35	3.13	3.27	3.49	3.12	3.04	3.13	3.35
	Al	0.78	0.73	0.88	0.86	0.69	0.84	0.65	0.87	0.73	0.51	0.88	0.96	0.87	0.65
	ΣZ	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00
	Mg	0.07	0.04	0.04	0.06	0.06	0.09	0.05	0.06	0.32	0.03	0.02	0.13	0.03	0.05
	Fe	0.15	0.12	0.15	0.12	0.12	0.05	0.12	0.14	0.13	0.09	0.13	0.33	0.11	0.12
	V	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.06	0.01	0.00
	Ti	0.01	0.01	0.22	0.00	0.00	0.01	0.01	0.03	0.01	0.01	0.00	0.02	0.01	0.01
	Mn	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.01
	Al	1.87	1.87	1.88	1.90	1.85	1.81	1.85	1.84	1.66	1.85	1.93	1.72	1.90	1.81
	ΣY	2.10	2.03	2.29	2.08	2.04	1.96	2.03	2.07	2.12	1.98	2.08	2.27	2.06	2.00
	Ba	0.01	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.00	0.01	0.01	0.00	0.01	0.01	0.00	0.01
	K	0.69	0.59	0.68	0.68	0.69	0.80	0.61	0.71	0.62	0.68	0.70	0.66	0.72	0.62
	Na	0.10	0.23	0.09	0.08	0.11	0.07	0.10	0.11	0.13	0.10	0.07	0.11	0.12	0.09
	Ca	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00
ΣX	0.80	0.82	0.77	0.77	0.81	0.88	0.71	0.83	0.76	0.78	0.78	0.78	0.85	0.72	
产状	19-V1	19-V1	16-V1	16-V1	12-V1	12-V1	3-V1	3-V1	18-V2	18-V2	18-V3	18-V3	18-V4	地表	
样品数	4	6	1	2	3	1	3	2	2	1	1	2	1	1	

注：带*者为未蚀变岩石中的白云母。测试单位：中国地质大学北京研究生院电子探针室

表5 不同世代白云母的晶体化学参数(阳离子数)

Table 5 Crystallochemical parameters of muscovites

世代	I	II	III	IV
Si	3.24	3.13	3.13	3.04
Al(IV)	0.76	0.87	0.87	0.96
ΣZ	4.00	4.00	4.00	4.00
Mg	0.04	0.04	0.06	0.13
Fe	0.12	0.18	0.14	0.33
V	0.00	0.00	0.00	0.06
Ti	0.00	0.01	0.03	0.02
Mn	0.00	0.00	0.00	0.01
Al(IV)	1.89	1.84	1.84	1.72
ΣY	2.05	2.07	2.07	2.27
K	0.66	0.74	0.71	0.66
Na	0.09	0.11	0.11	0.11
Ba	0.00	0.01	0.01	0.01
ΣX	0.75	0.86	0.83	0.78
样品数	4	2	2	2

5 白云母的 X 射线分析

对经过分离处理的白云母单矿物样品进行了 X 射线粉晶衍射分析, 并根据分析结果计算了其晶胞参数(表 6)。

表 6 不同世代白云母的晶胞参数

Table 6 Unit cell parameters of muscovites of different epochs

世代	I A	I B	II	III	IV
$a_0(\text{Å})$	5.1509	5.1528	5.1859	5.1327	5.1575
$b_0(\text{Å})$	9.0009	9.0040	8.8459	9.0879	8.9913
$c_0(\text{Å})$	20.2260	20.2643	20.2763	20.0995	20.2643
α	90.00	90.00	90.00	90.00	90.00
β	98.32	98.47	100.25	98.50	98.47
γ	90.00	90.00	90.00	90.00	90.00
$V(\text{Å}^3)$	927.3703	929.1256	914.7975	926.4424	927.0148

根据白云母的 X 射线粉晶衍射结果, 确定了矿床中白云母的多型基本为 $2M_1$ 多型^[2,3]。

云母类矿物的 d_{060} 与八面体层阳离子的平均半径呈直线关系, 白云母的 $d_{060} = 1.49 - 1.50\text{Å}$ ^[2]。经过消除择优取向处理, 测得矿床中不同世代白云母的(060)衍射线, 并求出了 d_{060} 值。矿床中所有白云母的 d_{060} 均小于 1.50Å , 说明这些白云母都是二八面体型白云母^[3], 与晶体化学计算的结果是一致的。

白云母的 b_0 可以用来指示其形成压力, b_0 与压力成正比^[3]。各世代白云母 R 的 b_0 值均表明, 本矿床的形成压力属低压范围。

不同产状及不同世代的白云母的晶胞参数是有差别的。与标准的白云母^[4]相比, 第一世代白云母的 a_0 、 b_0 、 β 较小, c_0 和 V 较大。与第一世代白云母相比, 第二世代白云母的 a_0 较大, 其余参数较小; 第三世代白云母的 c_0 和 β 较大, a_0 、 b_0 、 V 较小; 第四世代白云母的 b_0 值相近, 其余参数均较小。这说明不同矿化蚀变过程中形成的白云母, 不仅化学成分有所差异, 而且在晶体结构参数上也发生了一定的变化。因此, 晶格常数的变化也具有一定的标型意义。

白云母晶胞参数的变化主要是由晶格中元素的类质同象置换引起的。

6 白云母的热分析特征

对白云母的热分析包括热重曲线(TG)、差热分析曲线(DTA)和积分热重曲线(DTG)三个指标的测试, 各种类型白云母的热分析结果见表 7 和图 2。

表7 白云母的热分析结果

Table 7 Thermal analyses of muscovites

样品号	世代	吸热谷位置(°C)	失重温度(°C)	失重程度
A190	I	- 573 - 665 - 770	500-800	-
A191	IV	- 572 - 745 - 1000	680-780	-
A193	IV	- 620 - 775 - 950	550-650	-
A194	IV	- 567 - 754 - 956	575-700	-
A253	III	- 574 - 760 - 1008	500-900	-
A254	I	- 566 - 655 - 770	400-700	-
A128	II	- 580 - 752 1080	620-800	-
111		- 580 - 768 - 953	400-650	-
E10-b		- 700 - 790 - 880	680~ 880	-

注：“-”号数量的多少表示失重的相对多少

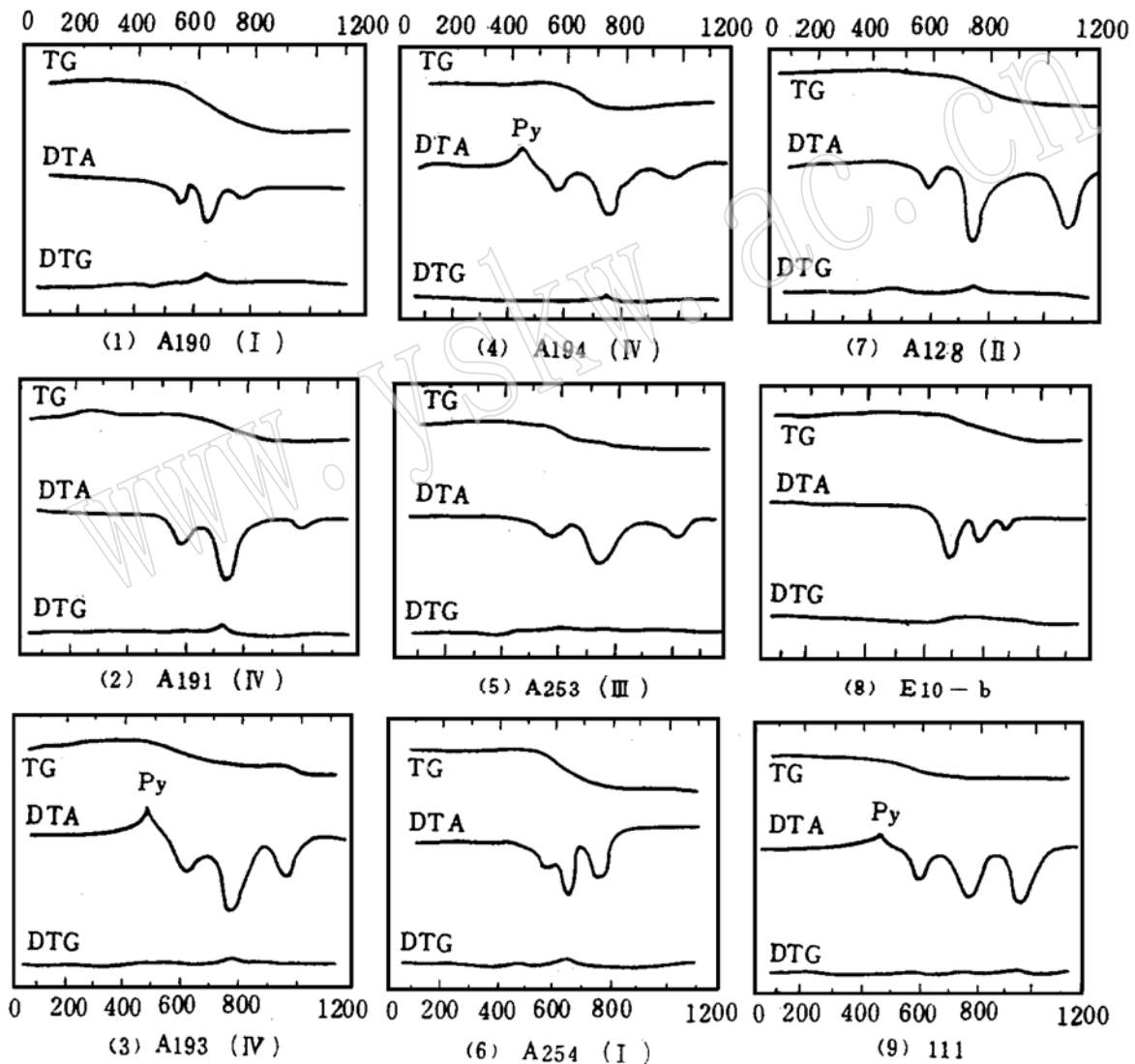


图2 白云母的热分析曲线

Fig. 2 Curves of thermal analyses of muscovites

本矿床中白云母的差热分析曲线均有三个吸热谷,而且大都是中间的吸热谷最大,两侧的较小,最大吸热谷及热重曲线的转折部位与积分热重曲线的峰位相对应。

不同产状及不同世代的白云母,其失重范围和失重量是有所差别的。未蚀变岩石中的

白云母含“水”量高,失重大,而蚀变岩石中的白云母含“水”量低,失重小,失重的主要转折是由层间水的脱失而引起的。

差热曲线的吸热谷是由于“水”等组份的脱失热所致,本矿床中白云母的脱失组份——“水”主要有三种类型:吸附水(H_2O)、层间水(H_2O)⁺、结构水(OH)⁻。未蚀变岩石中白云母的三个吸热谷距离相近,而蚀变岩石中的白云母的三个吸热谷的距离则比较大,这主要是由于后者的结晶程度增高,晶格能增大,使水脱失较难,所需的温度就较高而引起的。吸附水的脱失温度为 567—620℃,层间水的脱失温度为 655—790℃,结构水的脱失温度是白云母的相转变温度,其温度范围为 770—1080℃。在具体的矿化蚀变剖面上,距矿脉愈近,蚀变愈强烈,白云母的结晶程度愈高,失水温度也愈高,吸热谷向高温方向漂移。除第一世代白云母外,其他世代白云母的吸附水的脱失温度相差不大。

7 白云母的红外光谱特征

对矿床中不同地质产状和不同世代的白云母进行了红外光谱分析(表 8)。其中 3300—3750 cm^{-1} 范围为高频 OH 伸缩振动,950—600 cm^{-1} 为中频 OH 弯曲振动,1200—700 cm^{-1} 为中频 Si-O 伸缩振动,600—150 cm^{-1} 为 Si-O 低频弯曲摆动^[5]。

表 8 白云母的红外光谱分析结果

Table 8 Infrared spectral data of muscovite

样品号	A190	A191	A193	A194	A254	A253	A128	A149
世代	I	IV	IV	IV	I	III	II	
振	3605	3613	3610	3613	3610	3610	3613	
	3400	3400	3370	3300	3400	3400	3400	3400
	1072	1078	1075	1076	1080	1080	1080	1080
动	1010	1030	1030	1030	1030	1030	1035	1035
	915	930	915	930	920	936	918	
频	830	830	830	830	830	825		798
	797	796	795	799	798	796	799	
率	750	760	750	750	745	745		
	695	695	694	695	695	695	695	696
(cm ⁻¹)	530	535	530	530	515	525	540	515
	475	475	475	475	465	470	475	462
	400	400	398	400	396	398	399	399
	355	355	360	355	350	340		

测试单位:中国科学院地质研究所

白云母的红外光谱特征反映了白云母结构上的特点,主要是四面体层中与 Si⁴⁺ 进行类质同象置换的 Al³⁺ 等阳离子及八面体层中类质同象置换的阳离子的性质的影响。

八面体层中的阳离子主要是 Al³⁺、Fe、Mg²⁺、Ti⁴⁺、Ca²⁺、V⁴⁺,除 Al³⁺ 外,其他元素的离子半径都比较大,原子量也比较大,这些元素以类质同象方式置换 Al³⁺,使位于八面体角顶的(OH)在晶体结构中的性质及与其他离子的联接力发生变化,从而影响了 OH

弯曲与伸缩振动的频率,总的来看,蚀变岩石中白云母的OH伸缩及弯曲振动的频率都比未蚀变岩石中的白云母为高,且第三世代白云母的变化幅度略小于第四世代白云母。而Si-O伸缩和弯曲振动效应的变化主要是白云母四面体层中的类质同象置换所引起的。四面体层中与 Si^{4+} 呈类质同象置换的主要是 Al^{3+} ,极少量的 Ti^{4+} 、 Fe 、 Al^{3+} 的半径大于 Si^{4+} ,与O形成四面体后使O-Si(Al)键的离子性增强,导致Si-O伸缩及弯曲振动频率增大。蚀变岩石中白云母的四面体层中的 Al^{3+} 高于未蚀变岩石中的白云母,故其振动频率较大。

8 结论

通过对矿床内各种岩石中的白云母进行分析研究可以得出如下结论:

(1) 白云母广泛存在于各种赋矿围岩中,大都呈细小鳞片状,蚀变岩石中的白云母含量明显高于未蚀变岩石。

(2) 钨矿化蚀变作用形成的白云母与未蚀变岩石中的白云母相比,富含K、Cu、Pb、Th等元素,金锑矿化蚀变作用形成的白云母富含Si、Cu、Zn、Ga、V等元素。而且各矿化作用阶段形成的白云母都相对富集该阶段的主要成矿元素。元素对的比值也肯有一定的标型意义。

(3) 矿床中的白云母均属多硅白云母,且层间阳离子、四面体层和八面体层中的阳离子种类和数量随矿化作用的不同而发生变化。据晶体化学参数的指相性可知,本矿床中的白云母均由热液作用和变质作用形成,而且其形成压力也比较低。

(4) 通过对白云母的热分析可知,在矿化作用过程中经热液改造形成的白云母结晶程度比较高,水的脱失温度也比较高。

(5) 矿床中的白云母均属 $2M_1$ 多型,二八面体型,形成压力较低,组份的类质同象作用对晶格常数产生了一定的影响。矿化作用过程中形成的白云母,其晶胞参数都比较小。

(6) 矿化蚀变岩石中的白云母,其OH弯曲振动和伸缩振动以及Si(Al)-O弯曲振动和伸缩振动的频率均高于未蚀变岩石中的白云母。

(7) 矿化蚀变带岩石中白云母的含量比较高,提高了其工艺利用价值。

参考文献

- 1 芮宗瑶等. 中国斑岩铜(钼)矿床. 北京: 地质出版社, 1984.
- 2 JCPDS. Powder diffraction file, JCPDS. 1977.
- 3 叶大年. X射线粉末法及其在岩石中的应用. 北京: 科学出版社, 1984.
- 4 王 濮, 翁玲宝, 潘兆樽. 系统矿物学(中册). 北京: 地质出版社, 1984.
- 5 V. C. 法默. 矿物的红外光谱. 北京: 科学出版社, 1982.

Mineralogy of Muscovite from the Woxi Au-Sb-W Deposit, Hunan Province

Shao Jingbang

(Beijing Postgraduate School, China University of Mining and Technology, Beijing 100083)

Wang Pu Chen Daizhang

(China University of Geosciences, Beijing 100083)

Key words: muscovite; mineralization; alteration; element contents; infrared spectroscopy; Woxi

Abstract

Muscovite in the deposit can be divided into four generations according to their formation epochs. Muscovite (I) is in unaltered slates formed in regional metamorphic process, muscovite (II) is in yellowish green slates formed in early quartz-carbonatization process, muscovite (III) is in slates formed in W mineralizing process, and muscovite (IV) is in slates formed in Au-Sb mineralizing process.

There are differences in chemical contents of muscovites of different generations. The contents of K, Cu, Pb and Th of muscovites in W mineralized slates are high; the contents of Ca, P, Ni, Zn, Sb and As of muscovites in Au-Sb mineralized slate are also high. Element ratios, such as Cu/Zn, Rb/Zn, Fe/(Co+Ni), Ti/P, Th/Nd, are different in muscovites of different generations. Multivariant analyses show that the natural associations of elements correspond with the main mineralizing processes.

Crystallochemical formula of muscovites of the deposit was calculated based on EPA results. Interlayer cations are deficient obviously. Muscovites in the deposit belong to lepidomorphite, and are all of $2M_1$ polytype. The values of d_{060} are all lower than 1.50Å. b_0 values show that the pressure of the mineralizing process is low. Crystallochemical parameters of muscovites can indicate the formation conditions of the deposit.

Infrared spectra of muscovites of different generations were studied. There are differences in thermal analyses of muscovites of different generations.