

新发现的含铬浅闪石的矿物学研究

吕林素, 尹继才

(中国地质博物馆, 北京 100034)

摘要: 应用电子探针、X射线粉晶衍射和红外吸收光谱等分析手段对新发现的含铬浅闪石进行了系统研究, 结果表明: 其分子式为 $(\text{Na}_{0.50}\text{Ca}_{0.17}\text{K}_{0.06})_{0.73}\text{Ca}_{2.00}(\text{Mg}_{3.92}^{\text{VI}}\text{Al}_{0.79}\text{Cr}_{0.06}^{3+}\text{Ti}_{0.04}\text{Fe}_{0.01}^{2+}\text{Co}_{0.01})_{4.83}(\text{Si}_{6.54}^{\text{IV}}\text{Al}_{1.46})_{8.00}\text{O}_{22}(\text{OH})_2$, 简写为 $\text{NaCa}_2(\text{Mg}_4\text{Al})\text{Si}_7\text{AlO}_{22}(\text{OH})_2$, 晶胞常数为 $a = 9.8437(19) \text{ \AA}$, $b = 17.9474(37) \text{ \AA}$, $c = 5.2796(15) \text{ \AA}$, $\beta = 105.222(17)^\circ$, $V = 904.404 \text{ \AA}^3$, 其结构中确实存在 Ca 原子占据 A 位以及 Cr 代 Mg 和 Al 代 Si 的情况, 说明它为新的富钙富铬的闪石类矿物, 并形成于贫硅富钙富铬的环境中, 其翠绿色由铬所致, 故名为含铬浅闪石。

关键词: 矿物学; 含铬浅闪石; 角闪石族

中图分类号: P578.955; P575

文献标识码: A

文章编号: 1000-6524(2005)03-0231-08

The mineralogical study of a new Cr-bearing edenite variety

Lü Linsu and YIN Jicai

(The Geological Museum of China, Beijing 100034, China)

Abstract: Based on such analytical methods as EMPA, XRD and IR, the authors extensively studied a new Cr-bearing edenite variety. The results show that the empirical formula of Cr-bearing edenite is $(\text{Na}_{0.50}\text{Ca}_{0.17}\text{K}_{0.06})_{0.73}\text{Ca}_{2.00}(\text{Mg}_{3.92}^{\text{VI}}\text{Al}_{0.79}\text{Cr}_{0.06}^{3+}\text{Ti}_{0.04}\text{Fe}_{0.01}^{2+}\text{Co}_{0.01})_{4.83}(\text{Si}_{6.54}^{\text{IV}}\text{Al}_{1.46})_{8.00}\text{O}_{22}(\text{OH})_2$ according to revised IMA98 amphibole nomenclature, with the deal expression being $\text{NaCa}_2(\text{Mg}_4\text{Al})\text{Si}_7\text{AlO}_{22}(\text{OH})_2$. Its unit_cell parameters are $a = 9.8437(19) \text{ \AA}$, $b = 17.9474(37) \text{ \AA}$, $c = 5.2796(15) \text{ \AA}$, $\beta = 105.222(17)^\circ$, $V = 904.404 \text{ \AA}^3$ and $Z = 2$. It has been discovered in its structure that Ca is at the A site, Mg is displaced by Cr and Si by Al. All this indicates that the studied mineral is a new chromic-calcic amphibole related closely to a Si-poor and Ca- and Cr-rich genetic environment. The name given to Cr-bearing edenite is based on the chemical composition and the special color caused by chromium.

Key words: mineralogy; Cr-bearing edenite; amphibole group

浅闪石, 多呈白、灰和浅绿色 (Anthony *et al.*, 1995), 其英文名称为 edenite, 以美国纽约的 Edenville 地名命名 (Dana, 1915), 是普通角闪石的端员组分之一, 主要产于美国、加拿大、印度、日本和德国。然而直到 20 世纪 50 年代末, 科学家们仍在争论角闪石族矿物是否存在浅闪石这种端员组分。有鉴于此, 20 世纪 60 年代初, 国外矿物学家又对日本 Sibukawa 和加拿大 Eganville 的“浅闪石”进行了重

新分析, 证实虽然前者不是浅闪石而是普通角闪石, 而后者确实是浅闪石 (Leake, 1971)。毕竟这种矿物在 1955 年就已经在实验室合成了 (Kohn and Comerforo, 1955)。

2001 年末, 中国地质博物馆征集到两块带围岩的翠绿色透明矿物晶体标本, 外观酷似祖母绿, 如图 1 所示。含铬浅闪石产于何处, 产状如何? 众说纷纭。有人说, 该矿物 1999 年首先发现于越南, 误认

收稿日期: 2004-09-01; 修订日期: 2004-12-30

基金项目: 中国地质调查局“地学专项挂图编制”项目资助(200313000049)

作者简介: 吕林素(1965-), 女, 副研究员, 主要从事岩石、矿物和宝石学研究, 电话: 010-66557460, E-mail: lulinsu@sohu.com.cn。



图1 含铬浅闪石晶体照片
Fig.1 Photo of Cr-bearing edenite

为是含铬透辉石,后鉴定为非闪石;也有人说,该矿物是2000年夏天云南禄丰的老百姓在开采大理石板材时偶然发现的;还有人说,该矿物产于云南文山,与哀牢山的大理岩型红宝石属于同一矿带,因此,含铬浅闪石的产地有待于进一步考证,其地质产状也有待于进一步做工作。

本研究对样品进行了电子探针、X射线粉晶衍射分析和红外光谱研究,确定该矿物为含铬浅闪石。尽管含铬浅闪石变种早在1873年和1884年就曾做过化学成分测试(Dana, 1915),但遗憾的是这种矿物不知其产状、物理及光学性质以及结晶学特征。近年,中国曾报道江苏青白玉由浅闪石组成,但浅闪石单晶体却从未见报道。中国地质博物馆所收藏的含铬浅闪石单晶体较大、量多,为其系统研究提供了得天独厚的条件。

1 矿物组合

含铬浅闪石的共生矿物有玫瑰红色八面体形尖晶石和淡黄色粒状粒硅镁石(经电子探针分析并计算分子式鉴定)。其围岩为纯白色方解石(经红外吸收光谱鉴定),另外还含有少量磁黄铁矿、镜铁矿等金属矿物。

2 晶体形态与物理性质

含铬浅闪石为单斜晶系, $C_{2h}2/m(L^2PC)$ 。晶体呈斜方柱状,晶形完好,晶面纵纹发育。横断面呈

菱形。简单双晶 $\parallel\{100\}$ 。晶体一般长12~15 mm,宽8~10 mm,厚3~5 mm,最大者长36 mm,宽14 mm,厚10 mm,最小者仅2 mm。

颜色呈略深或略浅的绿色,以翠绿色居多。条痕呈无色或白色。玻璃光泽。透明至半透明,多数透明。二轴晶(-),实测折光率: $\alpha=1.621$, $\beta=1.632$, $\gamma=1.645$,双折射率: $\delta=0.024$,介于合成含氟浅闪石的折光率($\alpha=1.605$, $\beta=1.617$, $\gamma=1.624$, $\delta=0.019$) (Kohn and Comeforo, 1955) 与加拿大Eganville地区的浅闪石折光率($\alpha=1.654$, $\beta=1.666$, $\gamma=1.670$, $\delta=0.016$) (Leake, 1962) 之间。两组 $\{110\}$ 柱状解理完全,夹角为 56° 和 124° ,有 $\{100\}$ 和 $\{001\}$ 裂理;底轴面为不平坦状断口。性脆。硬度5.5~6。实测密度 3.03 g/cm^3 ,计算密度 3.07 g/cm^3 ,与合成含氟浅闪石的密度(3.08 g/cm^3) (Kohn and Comeforo, 1955) 和美国Edenville地区的浅闪石的密度(3.06 g/cm^3) 相近(Dana, 1915)。

3 化学分析

本研究使用日本电子公司的JCSA_733型电子探针能谱仪对含铬浅闪石样品进行分析。实验条件:加速电压15 kV,电子束直径 $1\text{ }\mu\text{m}$,探针电流 $2.0 \times 10^{-8}\text{ A}$,测量时间100 s。将样品分别送到两个电子探针室进行分析测试,其化学成分基本一致(表1): SiO_2 46.44% (45.92% ~ 47.16%), Al_2O_3 13.51% (12.83% ~ 14.39%), MgO 18.66% (18.43% ~ 19.15%), CaO 14.35% (14.04% ~ 14.55%), Na_2O 1.81% (1.73% ~ 1.97%)。

根据分析结果的平均值,按照1997年国际矿物学协会新矿物及矿物命名委员会角闪石专业委员会新修订的IMA78角闪石命名法(王立本编译,2001),以标准分子式 $\text{AB}_2\text{V}^{\text{VI}}\text{C}_5\text{T}_8\text{O}_{22}(\text{OH})_2$ 的化学含量为基础[由于 H_2O 和卤素的含量不确定,因此该矿物以23(O)和假设2(OH, F)为基础],并指派离子到结构中的适当和合理的位置(表2),计算出含铬浅闪石的晶体化学式为 $(\text{Na}_{0.495}\text{Ca}_{0.167}\text{K}_{0.058})_{0.720}\text{Ca}_{2.000}(\text{Mg}_{3.919}\text{VIAl}_{0.788}\text{Cr}_{0.059}\text{Ti}_{0.037}\text{Fe}_{0.008}\text{Co}_{0.008}\text{Ni}_{0.004}\text{Mn}_{0.001}^{2+})_{4.824}(\text{Si}_{6.544}\text{VIAl}_{1.456})_{8.000}\text{O}_{22}(\text{OH})_2$,简写为 $\text{NaCa}_2(\text{Mg}_4\text{Al})\text{Si}_7\text{AlO}_{22}(\text{OH})_2$,与浅闪石的理论分子式 $\text{NaCa}_2\text{Mg}_5\text{Si}_7\text{AlO}_{22}(\text{OH})_2$ 基本一致(Woolley *et al.*, 1997)。

根据该矿物标准分子式单位中B位阳离子的占

表 1 含铬浅闪石与合成含氟浅闪石及美国、印度、加拿大和日本的浅闪石的化学成分分析 w_B/%
Table 1 Electron microprobe analyses of Cr-bearing edenite and synthetic fluor_edenite and edenites from USA, India, Canada and Japan

	1 ^①	2 ^①	3	4	5 ^①	6	7	8	9	10
SiO ₂	46.62	45.92	51.09	51.67	50.55	47.60	50.70	50.91	45.14	46.79
TiO ₂	0.40	0.21	—	—	0.51	0.60	0.32	0.08	—	—
Al ₂ O ₃	13.21	14.39	6.47	5.75	6.90	6.49	5.45	8.68	17.59	15.36
Cr ₂ O ₃	0.46	0.71	—	—	—	—	0.48	—	0.79	0.69
FeO	0.06	0.08	—	—	1.30	11.00	1.81	3.61	3.45	2.38
Fe ₂ O ₃	—	—	0.21	2.86	—	6.07	6.59	1.61	—	—
MnO	—	0.05	—	—	0.07	0.35	0.17	0.12	—	—
MgO	18.70	18.54	23.06	23.37	22.06	11.94	15.89	19.38	16.69	20.17
CaO	14.34	14.36	12.30	12.42	13.30	9.40	12.22	10.25	12.51	13.11
CoO	0.09	—	—	—	—	—	—	—	—	—
NiO	0.05	—	—	—	—	—	0.06	—	0.21	—
Na ₂ O	1.81	1.78	4.26	0.75	2.35	3.38	2.80	3.40	2.25	—
K ₂ O	0.26	0.36	—	0.84	0.54	1.49	1.23	0.11	0.26	—
P ₂ O ₅	0.30	—	—	—	—	0.01	—	0.05	—	—
H ₂ O ⁺	3.70 ^②	3.30 ^②	—	0.46	1.27	1.80	2.08	1.91	1.34	2.13
F	nd	—	2.84(4.89– 0.42×4.89) ^③	—	1.08(1.86– 0.42×1.86)	0.12(0.20– 0.42×0.20)	—	—	0.77(1.32– 0.42×1.32)	—
总计	96.00	96.40	100.22	98.12	99.93	100.17	99.80	100.11	99.78	100.63
以 230 和 2(OH,F) 为基础计算的离子数										
Si	6.575	6.459	7.098	7.153	7.048	7.017	7.220	7.077	6.252	6.450
^{IV} Al	1.425	1.541	0.902	0.847	0.952	0.983	0.780	0.923	1.748	1.550
ΣT	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000
Ti	0.043	0.022	—	—	0.053	0.067	0.034	0.008	—	—
^{VI} Al	0.771	0.845	0.158	0.091	0.182	0.145	0.135	0.499	1.124	0.946
Cr ³⁺	0.051	0.079	—	—	—	—	0.054	—	0.086	0.075
Fe ³⁺	—	—	0.022	0.298	—	0.673	0.706	0.168	—	—
Mg	3.932	3.886	4.775	4.611	4.584	2.623	3.372	4.015	3.445	3.979
Ni	0.005	—	—	—	—	—	0.007	—	0.023	—
Co	0.010	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Fe ²⁺	0.007	0.009	—	—	0.152	1.356	0.216	0.310	0.322	—
Mn ²⁺	—	0.006	—	—	0.008	0.044	0.021	—	—	—
ΣC	4.819	4.847	4.955	5.000	4.979	4.908	4.545	5.000	5.000	5.000
Mg	—	—	—	0.211	—	—	—	—	—	0.165
Fe ²⁺	—	—	—	—	—	—	—	0.110	0.078	0.274
Mn ²⁺	—	—	—	—	—	—	—	0.014	—	—
Ca	2.000	2.000	1.831	1.789	1.987	1.485	1.865	1.527	1.857	1.561
Na	—	—	0.169	—	0.013	0.515	0.135	0.349	0.065	—
ΣB	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000
Ca	0.168	0.164	—	0.053	—	—	—	—	—	0.376
Na	0.496	0.485	0.979	0.201	0.622	0.451	0.638	0.567	0.539	—
K	0.047	0.065	—	0.148	0.096	0.280	0.223	0.020	0.064	—
ΣA	0.711	0.714	0.979	0.402	0.718	0.731	0.861	0.587	0.603	0.376
OH	2	2	—	2	1.180	1.888	2	2	1.321	2
F	—	—	2	—	0.820	0.112	—	—	0.679	—
(Ca+ Na) _B	2.000	2.000	2.000	1.789	2.000	2.000	2.000	1.876	1.922	1.561
(Na+ K) _A	0.543	0.550	0.979	0.349	0.718	0.731	0.861	0.587	0.603	0
Mg/(Mg+ Fe ²⁺)	0.998	0.998	1.000	1.000	0.968	0.659	0.940	0.905	0.896	0.938
D _C /g·cm ⁻³	3.07	3.07	3.08	3.06	—	—	—	—	3.12	3.07

注: ① 探针分析, FeO 表示全铁; ② H₂O⁺ = 100% - 96.30% = 3.70%; ③ 湿法分析, 因含 F, 必须对氧进行校正, 校正系数为 -0.42; 1—含铬浅闪石晶体, 3 点平均值, 李树岩教授测试; 2—含铬浅闪石晶体, 样号 G_1, 周剑雄研究员测试; 3—Fluor_edenite, synthetic (Kohn and Comerforo, 1955); 4—Edenville, New York, USA (Dana, 1915); 5—Franklin Marble, Orange Co., New York, USA (Kearns *et al.*, 1980); 6—Eganville, Ontario, Canada (Leake, 1962); 7—Kushalnagar, Coorg District, Mysore, India (Leake, 1971); 8—Kotaki, Japan (Anthony *et al.*, 1995); 9—Cullakenee, N. C. (Dana, 1915); 10—Fiskerriås (Dana, 1915)。

表2 含铬浅闪石中11种阳离子理想位置指派和化学计量限制及分子式的计算

Table 2 Estimated 11 cation sites and formula of Cr-bearing edenite

位置和占位情况 ^①	阳离子数 ^②	化学计量限制 ^③	分子式 ^④
T-位 ↓	Si	$\Sigma Si \geq 8$	6.544
	^{IV} Al	$\Sigma Al \geq 8$	1.456
C-位 ↑	T _{总和}		8.000
	Ti		0.037
	^{VI} Al		0.788
	Cr ³⁺		0.059
	Mg		3.919
	Ni		0.004
	Co		0.008
	Fe ²⁺	$\Sigma Fe^{2+} \geq 13$	0.008
	Mn ²⁺		0.001
	C _{总和}		8.000
B-位 ↓	Ca	$\Sigma Ca \geq 15$	2.000
	B _{总和}		8.000
	Ca		0.167
	Na	$\Sigma Na \geq 15$	0.495
	K	$\Sigma K \geq 16$	0.058
A-位 ↑	A _{总和}	$0 \leq A_{总和} \leq 1$	0.720

注: ①阳离子占位指派和化学计量限制据 Schumacher(1991) 和 1997 年新修订的 IMA78 闪石命名法(王立本, 2001) 计算; ②阳离子按离子半径增加次序排列(Si 最小, K 最大); ③ Σ = 该阳离子及其以上的阳离子数之和(Schumacher, 1991); ④含铬浅闪石的电子探针平均含量计算而成。

位情况: $(Ca + Na)_B = 2.00 (> 1.00)$, 而 $Na_B = 0$ (< 0.50), 说明含铬浅闪石为钙角闪石组的成员。再根据钙角闪石的图像参数: $Ca_B = 2.00 (> 1.50)$, $(Na + K)_A = 0.55 (> 0.50)$, $Ti = 0.04 (< 0.50)$, 将表 1 的 1 和 2 列中样品分子式单位中的 Si 原子数和 $Mg/(Mg + Fe^{2+})$ 原子数之比投影到最新的钙角闪石分类图(图 2, CNMMN, 1997) 上(Woolley *et al.*, 1997), 均落在浅闪石的范围内, 不过与非闪石特别靠近, 甚至有些点落在浅闪石与非闪石的分界线上, 说明含铬浅闪石为浅闪石与非闪石的中间成分矿物。

4 X 射线粉晶研究

本研究对含铬浅闪石单矿物进行了 X 射线粉晶衍射分析。分析仪器: 日本理学公司的 Rigaku Dmax/2000, 实验条件: 铜靶 $Cu K\alpha_1$ ($\lambda = 1.5406 \text{ \AA}$), 40 kV, 100 mA; 散射狭缝(DS) $1/2^\circ$, 反散射狭缝(SS) $1/2^\circ$, 接收狭缝(RS) 0.3 mm, 步进扫描(2 θ) $5^\circ \sim 80^\circ$, 扫描步长(2 θ) 0.02° , 计数时间 1 s/步。含铬浅闪石各衍射线的衍射指标、实测 d 值(d_o)、计算 d 值(d_c) 列于表 3 中。其 X 射线粉末衍射数据与浅闪石(JCPDS_23_1405) 标准数据相似, 且峰位几乎一

致, 其中最强的 7 条衍射线 [$d \text{ \AA} (I) (hkl)$] 为: 3.114 (55) (310)、8.36 (100) (110)、3.259 (12) (240)、2.6915 (6) (151)、2.7945 (51) (330)、3.363 (4) (041) 和 2.923 (4) (221)。

根据衍射数据, 以浅闪石(JCPDS_23_1405) 的结晶学常数 [$a_o = 9.837(4) \text{ \AA}$, $b_o = 17.954(6) \text{ \AA}$, $c_o = 5.307(2) \text{ \AA}$, $\beta = 105.18(2)^\circ$] (样品来自美国的新泽西州) 为基准, 运用 Win_CELREF 程序计算, 计算出含铬浅闪石的晶胞常数(括号内为标准偏差)为: $a = 9.8437(19) \text{ \AA}$, $b = 17.9474(37) \text{ \AA}$, $c = 5.2796(15) \text{ \AA}$, $\beta = 105.222(17)^\circ$, $V = 904.404 \text{ \AA}^3$, $Z = 2$ 。原分析数据中共计有 13 条弱衍射线, 因不能获得合理的指标化, 因此未列入表 3 中, 可能是极少量杂质混入所致。

5 红外光谱特征

含铬浅闪石 OH 一伸缩振动区域的红外光谱由中国地质科学院矿产资源研究所郭立鹤教授采用傅利叶变换红外谱仪(BRUKER FTIR) IFS 25 型(室温下)测试。测试条件: 分辨率为 4 cm^{-1} , 测试范围 IR $4000 \sim 400 \text{ cm}^{-1}$, 扫描 32 次。粉末样品压制成 KBr 片。测试结果如图 3 所示。

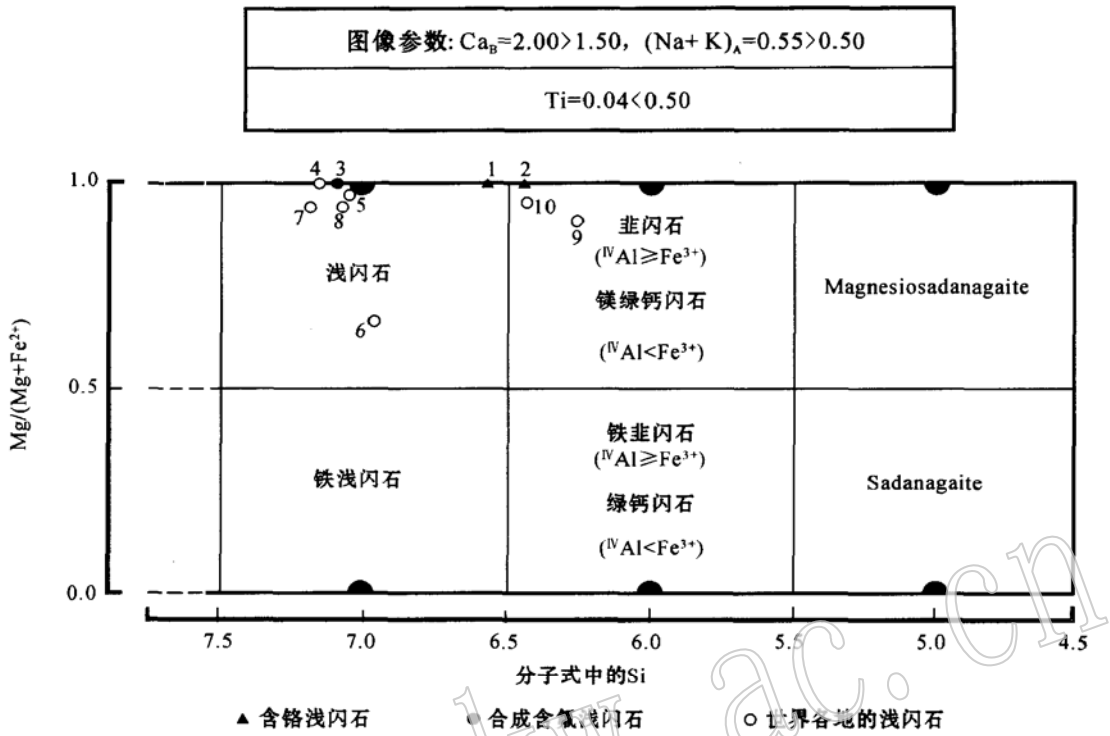


图 2 钙角闪石分类图(引自王立本, 2001)

Fig. 2 Classification diagram of the calcic amphiboles (after Wang Liben, 2001)

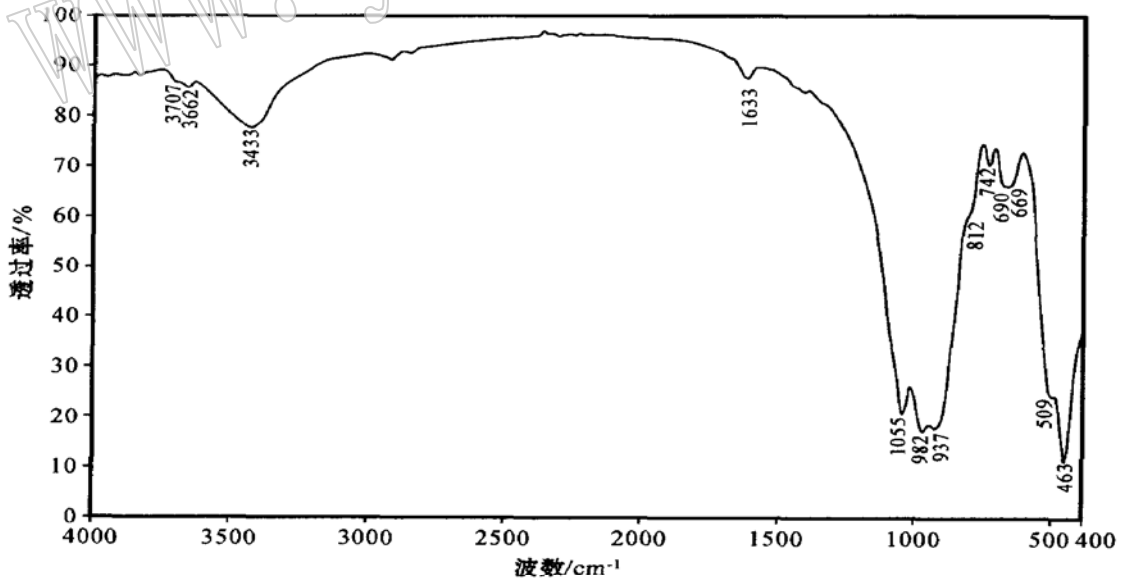


图 3 含铬浅闪石的红外吸收光谱

Fig. 3 Infrared absorption spectrum of the Cr-bearing edenite

含铬浅闪石的 FTIR 光谱中 3433 cm^{-1} 较强的宽吸收带由 Si-OH 和分子水的 O-H 伸缩振动所致; 而较窄的 1633 cm^{-1} 吸收峰, 则由 H_2O 分子的

H-O-H 弯曲振动所致, 属于样品 KBr 片中的吸附水吸收。

含铬浅闪石在 $4000\sim 3500\text{ cm}^{-1}$ 区间清楚地显

表3 含铬浅闪石的X射线粉末衍射数据与浅闪石(JCPDS_23_1405)标准数据的比较

Table 3 Comparison of X-ray powder diffraction data for Cr-bearing edenite and edenite (JCPDS_23_1405) standard data

序号	含铬浅闪石				浅闪石(JCPDS_23_1405)		
	<i>hkl</i>	<i>l/l</i> ₀	<i>d</i> _o	<i>d</i> _c	<i>l/l</i> ₀	<i>d</i> _o	<i>hkl</i>
1	020	4	8.95	8.97	10	9.01	020
2	110	100	8.36	8.40	80	8.43	110
3	$\bar{1}$ 30	2	5.05	5.06			
4	$\bar{1}$ 11	1	4.881	4.887	4	4.91	$\bar{1}$ 11
5	040	2	4.476	4.487	10	4.500	040
6	220	10	4.187	4.198			
7	$\bar{1}$ 31	1	3.867	3.872	4	3.887	$\bar{1}$ 31
8	041	4	3.363	3.367	12	3.377	131, 041
9	$\bar{2}$ 40	12	3.259	3.262	40	3.267	240
10	310	55	3.114	3.118	100	3.120	310
11	221	4	2.923	2.924	12	2.933	$\bar{1}$ 51, 221
12	330	51	2.794 5	2.798 4	18	2.800	330
13	$\bar{3}$ 31	3	2.733 1	2.735 2	10	2.737	$\bar{3}$ 31
14	151	6	2.691 5	2.691 1	20	2.699	151
15	061	3	2.578 7	2.579 4	8	2.587	061
					10	2.509	241, 202
16	$\bar{2}$ 61	1	2.405 0	2.4048			
17	350	12	2.375 2	2.374 4	10	2.376	350, 400
18	321	6	2.334 0	2.336 0			
19	$\bar{3}$ 51	6	2.334 0	2.335 4	10	2.338	$\bar{3}$ 51
20	171	2	2.288 4	2.288 8	4	2.293	$\bar{1}$ 71, 420
					2	2.221	$\bar{2}$ 42, 042
21	$\bar{3}$ 32	3	2.149 4	2.148 1	8	2.155	$\bar{3}$ 32
22	$\bar{2}$ 02	1	2.034 3	2.033 3	4	2.043	202
23	$\bar{4}$ 02	1	2.023 1	2.021 7			
24	351	3	2.006 1	2.006 2	10	2.010	351
25	370	2	1.991 9	1.992 5			
26	190	1	1.951 3	1.951 6	2	1.957	190, $\bar{2}$ 81
27	510	13	1.887 9	1.889 1			
28	$\bar{1}$ 91	1	1.857 5	1.856 2	2	1.859	$\bar{1}$ 91, $\bar{5}$ 31
29	$\bar{4}$ 42	1	1.844 1	1.843 2			
30	530	7	1.809 8	1.810 6			
31	$\bar{1}$ 101	1	1.692 6	1.692 2			
32	$\bar{2}$ 101	4	1.641 8	1.640 4			
33	$\bar{2}$ 43	2	1.630 6	1.631 5			
34	1110	1	1.608 6	1.608 0			
35	$\bar{3}$ 43	6	1.582 9	1.584 0			
36	610	1	1.576 9	1.576 9			
37	471	1	1.558 5	1.559 1			
38	402	1	1.546 6	1.546 2			
39	$\bar{6}$ 02	1	1.538 2	1.537 7			
40	$\bar{2}$ 111	1	1.512 8	1.513 0			
41	551	4	1.496 0	1.494 9			
42	233	6	1.437 6	1.437 1			
43	$\bar{6}$ 61	6	1.437 6	1.437 1			
44	$\bar{5}$ 43	1	1.399 3	1.399 2			
45	512	3	1.357 2	1.357 2			
46	700	3	1.357 2	1.356 9			

注: 衍射数据由北京大学化学与分子工程学院 X 射线粉晶衍射实验室的廖复辉测试; 晶胞常数由中国地质科学院矿产资源研究所王立本教授计算; 对于 $70^\circ(2\theta)$ 以内的衍射线进行了指标化, 并用于精确计算晶胞常数; $70^\circ(2\theta)$ 以上的衍射线均较弱, 并且有多条衍射线重叠, 因而无法利用。

示结构水(H₂O)的吸收带。较强的吸收峰 3 662 cm⁻¹及弱的 3 707 cm⁻¹峰均由高频 O—H 伸缩振动所致,并出现精细结构。3 662 cm⁻¹附近 Mg₂AlOH 的吸收与 3 707 cm⁻¹附近 Mg₃OH 的吸收明显分开(Farmer, 1982),由于 A 位置存在钠和钙离子,导致 O—H 伸缩频率位移 3 cm⁻¹。该矿物除主要含有羟基(OH)外,也许还含有少量的 F,即 3 707 cm⁻¹弱峰可能是含 F 影响所致。研究表明闪石族矿物中的 OH 或多或少都会被 F 所替代,并随着 Ti 含量的减少而增加。Ventura 等(1993)利用 FTIR 谱研究富 Ti 钾透闪石中的 OH—F 替代时表明,当无 F 时,OH—伸缩振动区域的主要吸收带在 3 728 cm⁻¹处;当存在 F 时,新的吸收带出现在 3 711 cm⁻¹处,且 OH—F 替代不是随机的。

含铬浅闪石在 1 150~450 cm⁻¹区间, Mg₃OH 的摆动和平移振动分别产生了位于 669 cm⁻¹和 463 cm⁻¹的较强的锐吸收谱带。在 1 070~970 cm⁻¹区间出现两个较强谱带,即 982 cm⁻¹和 1 055 cm⁻¹,归因于 Si—O—(Al) 的伸缩振动。而在 550~400 cm⁻¹之间, O—Si—O 弯曲振动一定对 463 cm⁻¹强吸收和 509 cm⁻¹肩峰有贡献。此外,在 950~550 cm⁻¹之间,还有一些中等强度的谱带,即 690、742、812 和 937 cm⁻¹则是该矿物中聚合结构的必然结果,它们可能归因于四面体对称伸缩的活性 Si—Si 伸缩振动、Al—O—Si 振动或 T—O—T 对称伸缩振动。Si—O—Si 对称伸缩振动是对该链状矿物在 700~600 cm⁻¹范围内出现的谱带的最好诠释(Farmer, 1982)。

6 讨论和结论

电子探针分析表明,含铬浅闪石主要由 Cr₂O₃ 致色,含量为 0.39%~0.71%,平均 0.53%,其他致色元素如 Fe、Co、Ni、Mn 的含量甚微(表 1),因而其翠绿色由铬所致。根据其颜色和成分特征,该矿物被命名为含铬浅闪石(Cr-bearing edenite),即浅闪石的一个变种。

将所研究的含铬浅闪石与合成含氟浅闪石以及美国、印度、加拿大和日本的浅闪石的化学成分进行对比(表 1),并根据 1997 年新修订的 IMA78 角闪石命名法重新计算命名并投图(图 2),应将过去的浅闪石质角闪石重新更名为浅闪石,而过去有些浅闪石则可能变为别的闪石类矿物(Woolley *et al.*, 1997)。

例如, Cullakenee N. C. 的“浅闪石”实为富铝的非闪石[NaCa₂(Mg₄Al)Si₆Al₂O₂₂(OH, F)₂], Fiskernäs 的“浅闪石”(Dana, 1915)实为镁钙闪石[Ca₂(Mg₄Al)Si₆Al₂O₂₂(OH)₂], 它们的投影点均落在非闪石范围内。加拿大的“浅闪石”经计算为镁红闪石[Na(CaNa)(Mg₃Fe²⁺Fe³⁺)Si₇AlO₂₂(OH)₂], 但其投影点仍然落在浅闪石范围内。因此,若要准确命名,必须进行精确的定量分析,并建议对样品进行 X 射线粉晶衍射分析,根据其 18 条特征峰(110, 111, 040, 131, 240, 310, 221, 330, 331, 151, 061, 202, 351, 312, 261, 351, 461, 153)的衍射强度对阳离子占位估算(孙以谏等, 2000)进行校正。

根据最新的闪石命名原则中指派含铬浅闪石矿物结构中的阳离子占位情况,每个分子式单位中 T 位的 Si 原子数应为 8.000,由于部分 Si 被 Al 替代, Si 原子数仅有 6.544,而 B 位的 Ca 原子数为 2.167,超过其最大值 2.000,因而只能将多余的 Ca 原子数 0.167 指派给 A 位。通常认为 C2/m 闪石矿物结构中 Ca 原子只占据 B 位,否则在其他任何位置都被认为是严重错误的。然而, Hawthorne 等(1996)在芬兰的 Pargas 发现了一种新的富 Ca 闪石矿物 fluorcannilloite,其分子式为 CaCa₂(Mg₄Al)(Si₅Al₃)O₂₂F₂,说明自然界中确实存在富钙的闪石矿物,同时也说明该矿物贫硅富铬富钙,这与其形成环境密切相关。

致 谢: 本文得到了中国地质博物馆程利伟和曹希平两位馆长的大力支持,并在成文过程中得到了中国地质科学院矿产资源研究所王立本和郭立鹤两位教授的精心指导。文中的电子探针分析由中国地质科学院矿产资源研究所电子探针实验室周剑雄研究员和中国地质大学(北京)电子探针实验室李树岩教授测试; X 射线粉晶衍射数据北京大学化学与分子工程学院 X 射线粉晶衍射实验室的廖复辉测试;图 1、3 由北京点睛堂企业形象策划有限公司的侯大胜设计总监摄影和清绘;图 2 由中国地质博物馆的张志军博士清绘,在此一并表示诚挚的感谢。

References

- Anthony J W, Bideaux R A, Bladh K W, *et al.* 1995. Handbook of Mineralogy (2, pt. 1) [M]. Mineral Data Publishing, Tucson, Arizona, 203.

- Dana E S. 1915. The System of Mineralogy of James Dwight Dana 1837-1868: Descriptive Mineralogy (6th edition) [M]. New York, John, W. S. Inc. London: Chapman and Hall, Ltd., 386, 391, 395.
- Farmer V C (translated by Ying Yupu, Wang Shousong, Li Chungeng, et al.). 1982. The Infrared Spectra of Minerals [M]. Beijing: Science Press, 227~ 292 (in Chinese).
- Hawthorne F C, Oberti R, Ungaretti L, et al. 1996. A new hypercalcic amphibole with Ca at the A site: Fluor_cannilloite from Pargas, Finland [J]. Amer. Mineral., 81: 995~ 1002.
- Kearns L E, Kite L E, Leavens P B, et al. 1980. Fluorine distribution in the hydrous silicate minerals of the Franklin Marble, Orange County, New York [J]. Amer. Mineral., 65: 557~ 562.
- Kohn J A and Comeforo J E. 1955. Synthetic asbestos investigations, II: X-ray and other data on synthetic fluor_richterite, _edenite and boron edenite [J]. Amer. Mineral., 40: 410~ 421.
- Leake B E. 1962. On the non_existence of a vacant area in the Hallimond calciferous amphiboles diagram [J]. Jap. Jour. Geol. Geogr., 33: 1.
- Leake B E. 1971. On aluminous and edenitic hornblendes I [J]. Mineral. Mag., 38: 389~ 407.
- Leake B E, Woolley A R, et al. 1997. Nomenclature of amphiboles: report of the subcommittee on amphiboles of the International Association Commission on New Minerals and Mineral Names [J]. Mineral. Mag., 61: 295~ 321.
- Schumacher J C. 1991. Nomenclature of Amphiboles [J]. The Canadian Mineralogist, 35: 219~ 246.
- Sun Yijian, Huang Junjie, Liu Wanyu, et al. 2000. X-ray diffraction estimation of 11~ 12 cation site_occupancies of amphibole group [J]. Acta Petrologica et Mineralogica, 19(1): 55~ 67 (in Chinese with English abstract).
- Ventura G D, Robert J L, Bény J M, et al. 1993. The OH_F substitution in Ti_rich potassium richterite: Rietveld structure refinement and FTIR and micro_Raman spectroscopic studies of synthetic amphiboles in the system $K_2O-Na_2O-CaO-MgO-SiO_2-TiO_2-H_2O-HF$ [J]. Amer. Mineral., 78: 980~ 987.

附中文参考文献

- Farmer V C (应育浦, 汪寿松, 李春庚, 等译). 1982. 矿物的红外光谱 [M]. 北京: 科学出版社, 227~ 292.
- IMA_CNMMN 角闪石专业委员会全体成员(王立本译). 2001. 角闪石命名法——国际矿物学协会新矿物及矿物命名委员会角闪石专业委员会的报告 [J]. 岩石矿物学杂志, 20(1): 84~ 100.
- Schumacher J C (王立本译). 2001. 角闪石电子探针分析数据中三价铁比值的估算 [J]. 岩石矿物学杂志, 20(2): 189~ 198, 207.
- 孙以谏, 黄俊杰, 刘万余, 等. 2000. 闪石族 11~ 12 种阳离子占位的 X_射线衍射估算 [J]. 岩石矿物学杂志, 19(1): 55~ 67.

• 新书介绍

《深部流体成矿系统》

毛景文 等著 2005 年 北京: 中国大地出版社 650 千字 365 页 定价: 88 元

该书以国家重点基础研究发展规划项目(973)“大规模成矿作用和大型矿集区预测”课题“深部流体成矿系统”的研究成果为基础, 结合国内外该领域的最新研究进展, 比较全面地阐述了地幔流体及其成矿系统研究的现状。地幔流体与成矿作用是当代成矿学研究的前沿课题, 该书对地幔流体与成矿作用进行了全方位的系统探索, 探讨了地幔物质不均一性对表壳矿产形成的制约, 实验模拟了地幔流体从深部向浅部转移的形式及其化学动力学性质的变化, 并以中国东部和扬子地台西缘为例, 深入探讨了不同地质构造环境下大型矿集区的时空结构与地幔流体演化的耦合关系, 建立了不同构造演化环境中地幔流体成矿系统。研究认为: 在地幔柱区、大陆裂谷区、大陆减薄区(或伸展带)和深大断裂及其次一级断裂(包括大型走滑断裂带中的拉分盆地)等地质环境中, 地幔流体具有较强的活动性; 大规模金矿集中区的形成与富金岩石圈的金的亏损具有耦合关系, 提出了地幔排气、深大断裂疏导和盆地储存是形成郯庐断裂两侧幔源气藏和金属矿产的一种重要方式; 华北克拉通及邻区在 120 Ma 左右出现的大规模深部流体成金矿事件与岩石圈快速减薄和软流圈上涌相耦合, 由于岩石圈厚度大, 地幔流体在不同部位活动的强烈程度不同, 金矿的成矿作用因此表现出多样性; 扬子克拉通西缘在中新生代经历了板块俯冲、碰撞和后碰撞过程, 形成各具特色的碲矿床、与碱性岩有关的稀有矿床和金矿床 3 种地幔流体成矿系统。

本书可供矿床地质学、地球化学及相关领域的科研工作者和高等院校的师生阅读和参考。有需要此书者, 请直接与中国大地出版社发行部联系, 联系电话: 010-82329127。