

氟铈硅磷灰石——产自加拿大 Mont St. Hilaire 的新矿物

古阶祥

(武汉工业大学资源与环境工程系, 武汉 430070)

G. Y. Chao

(Department of Earth Sciences, Carleton University, Ottawa, Canada K1S 5B6)

汤素仁

(武汉工业大学资源与环境工程系, 武汉 430070)

主题词 新矿物 氟铈硅磷灰石 Mont St. Hilaire, Quebec

提要 新矿物氟铈硅磷灰石产自加拿大魁北克省的 Mont St. Hilaire 地区, 赋存于霞石正长岩、大理岩捕虏体、方钠石正长岩捕虏体和伟晶岩岩墙中。主要伴生矿物有方沸石、微斜长石、霓石、锆石、黑云母、红钛锰矿、星叶石、碳铈铈矿、钠沸石、独居石等。氟铈硅磷灰石晶体呈六方柱状; 淡黄色至棕黄色; 条痕无色至浅棕色; 金刚光泽; 半透明至不透明; 硬度为5; 平行{0001}的解理发育程度中等; 实测相对密度为4.66(1) g/cm³, 计算相对密度为4.66 g/cm³; 一轴晶负光性, $\omega=1.792(5)$, $\epsilon=1.786(5)$ 。其结晶化学式为: $(Ca_{1.77}Ce_{1.35}La_{0.96}Nd_{0.21}Na_{0.21}Mn_{0.15}Sr_{0.09}Pr_{0.08}Th_{0.05}Y_{0.02}Sm_{0.01})_{4.90}(Si_{2.17}P_{0.79})_{2.96}O_{11.95}F_{1.05}$; 理想结构式为 $(REE, Ca)_5(Si, P)_3O_{12}F$ 。氟铈硅磷灰石属六方晶系, 空间群为 $P6_3/m$ 。晶胞参数为: $a=9.517(5) \text{ \AA}$, $c=6.983(4) \text{ \AA}$, $c/a=0.7337$, $V=547(8) \text{ \AA}^3$, $Z=2$ 。X射线粉晶衍射数据及其相对强度为: 2.845(100), 2.747(10), 1.966(10), 1.865(10) 1.825(10)。

1 序言

新矿物氟铈硅磷灰石 [fluorbritholite-(Ce)] 于1977年夏产自加拿大魁北克省的 Mont St. Hilaire 地区^[1], 因未获得理想的单晶样品, 故搁置多年未作系统研究。1989年, 该矿物由古阶祥, 汤素仁和 George Y. Chao 分别在中国和加拿大进行合作研究。该矿物的研究报告和命名于1991年9月30日被国际矿物学协会新矿物和新矿物命名委员会批准(91-027号)。该矿物名是根据相关矿物铈硅磷灰石命名的。典型样品保存于加拿大皇家安大略博物馆和加拿大自然博物馆。

• 武汉工业大学与加拿大卡尔顿大学校际合作项目
本文于1995年8月4日收到, 1995年10月27日改回。

2 产状

氟铈硅磷灰石产在加拿大魁北克省 Mont St. Hilaire 的霞石正长岩、大理岩捕虏体、方钠石正长岩捕虏体和伟晶岩岩墙中。该矿物在晶簇中被发现。有许多含稀土的矿物与其共生，它们是：方沸石、微斜长石、霓石、锆石、黑云母、红钛锰矿、星叶石、碳铈铈矿、钠沸石、独居石等（在晶洞中）；萤石、针钠钙石、方解石、霓石、碳磷灰石、黑云母、氟碳钙钛矿（在大理岩捕虏体中）；基性异性石，钠铈矿、紫脆石、异性石、菱硅稀土矿、钠菱沸石、钙十字石、菱沸石、方钠石、方沸石、针钠锰石、钠长石、斜角闪石以及许多稀有的和未鉴别的矿物。矿物形成于岩浆晚期和交代阶段。

3 物理和光学性质

氟铈硅磷灰石晶体通常呈良好的细针状，形成放射状排列的集合体或略为平行排列的晶簇。其单晶体呈六方柱状（大小约 0.5 mm）（见照片）、针状（0.2 mm）或近于等粒状；颜色通常为淡黄色、棕黄或红棕色；条痕为无色至浅棕色；金刚光泽；半透明至不透明；硬度 5；性脆；平行 {0001} 的解理发育程度中等；断口呈平坦状至贝壳状；实测相对密度为 4.66 (1) g/cm³，计算相对密度为 4.66g/cm³；在短波和长波紫外光照射后均无荧光现象。有些标本上的晶体有局部蜕晶现象。

氟铈硅磷灰石的光学性质为：淡黄色，无多色性，透明，平行消光和一级灰干涉色，一轴晶负光性。在钠光灯下测得其折射率为： $\omega=1.792$ (5)， $\epsilon=1.786$ (5)。

4 X 射线衍射测试

利用旋进相机和四圆衍射仪对氟铈硅磷灰石单晶进行了测试研究。结果表明，该矿物属六方晶系。其晶胞参数为： $a=9.517$ (5) Å， $c=6.983$ (4) Å， $c/a=0.7337$ ， $V=547.7$ (8) Å³， $Z=2$ 。通过对该矿物系统消光的分析，确定其空间群为 $P6_3/m$ 。用甘多菲相机粉晶照片（相机直径为 114.6 mm，CuK α ， $\lambda=1.5418$ Å），以最小二乘法对其晶胞参数数据进行了修正。氟铈硅磷灰石的 X 射线粉晶衍射数据列于表 1；其晶胞参数、相对密度和光学性质数据列于表 2。

5 化学成分

利用电子探针，对 3 个样品进行了化学成分分析。使用的标样是：REE2 (Nd、Sm)，EE3 (Ce、La、Pr、Y、Ca、Si、Al)，角闪石 (Fe、Mg、Na)，钛铁矿 (Mn)，天青石

(Sr), 钍石 (Th), 铀铀矿 (U), 磷灰石 (P), 黑云母 (F)。氟铈硅磷灰石 3 个样品的化学成分列于表 3。按 13 个氧原子为基础的计算方法, 得到这 3 个样品的经验分子式为:

表 1 加拿大 Mont St. Hilaire 地区氟铈硅磷灰石的 X 射线粉晶衍射数据

Table 1 X-ray powder diffraction data of fluorbritholite-(Ce) from Mont St. Hilaire, Canada

hkl	MSH-1			MSH-2			MSH-3		
	$d_{\text{计算}}$	$d_{\text{实测}}$	I	$d_{\text{计算}}$	$d_{\text{实测}}$	I	$d_{\text{计算}}$	$d_{\text{实测}}$	I
200	4.130	4.111	20	4.121	4.110	10	4.130	4.107	20
111	3.942	3.950	10	3.932	3.921	10	3.941	3.930	10
002	3.504	3.494	20	3.492	3.489	10	3.499	3.492	20
102	3.225	3.219	20	3.215	3.205	10	3.222	3.223	20
210	3.122	3.118	20	3.115	3.116	10	3.122	3.115	20
211	2.852	3.845	100	2.845	2.839	100	2.851	2.840	100
112	2.824	2.822	40				2.821	2.818	30
300	2.753	2.747	30	2.747	2.741	10	2.753	2.748	30
310	2.291	2.287	10	2.286	2.284	5	2.291	2.293	10
113	2.098	2.099	10	2.091	2.093	5	2.096	2.097	10
400	2.065	2.063	5						
222	1.971	1.970	30	1.966	1.965	10	1.970	1.970	20
312	1.917	1.916	15	1.913	1.911	5	1.917	1.917	10
320							1.895	1.894	5
213	1.870	1.870	40	1.865	1.864	10	1.869	1.868	30
321	1.829	1.829	20	1.825	1.827	10	1.829	1.826	20
410	1.802	1.802	20	1.799	1.799	10	1.802	1.803	20
402	1.779	1.779	20	1.775	1.775	10	1.778	1.778	20
004	1.752	1.751	20	1.746	1.747	10	1.750	1.751	20
331	1.550	1.551	10	1.547	1.549	5	1.550	1.550	10
214	1.528	1.528	10	1.523	1.524	5	1.526	1.527	10
502	1.494	1.497	10				1.494	1.496	10
304	1.478	1.480	10	1.473	1.473	5	1.477	1.475	10
332	1.448	1.450	10				1.447	1.449	10

注: 甘多菲相机直径 114.6mm。CuK α , $\lambda=1.5418\text{\AA}$ 。以肉眼观察相对强度。对 MSH-1, 为了提高其结晶程度曾被加热到 800°C, 恒温 3 小时

MSH-1: $(\text{Ca}_{1.95}\text{Ce}_{1.39}\text{La}_{0.76}\text{Nd}_{0.31}\text{Pr}_{0.17}\text{Y}_{0.09}\text{Th}_{0.05}\text{Sr}_{0.03}\text{Sm}_{0.03})_{4.78}(\text{Si}_{2.68}\text{P}_{0.31})_{2.99}\text{O}_{12.02}\text{F}_{0.98}$

MSH-2: $(\text{Ca}_{1.77}\text{Ce}_{1.35}\text{La}_{0.96}\text{Nd}_{0.21}\text{Na}_{0.21}\text{Mn}_{0.15}\text{Sr}_{0.09}\text{Pr}_{0.08}\text{Th}_{0.05}\text{Y}_{0.02}\text{Sm}_{0.01})_{4.90}(\text{Si}_{2.17}\text{P}_{0.79})_{2.96}\text{O}_{11.95}\text{F}_{1.05}$

MSH-3: $(\text{Ce}_{1.69}\text{La}_{1.02}\text{Na}_{0.82}\text{Nd}_{0.44}\text{Sr}_{0.30}\text{Ca}_{0.29}\text{Mn}_{0.17}\text{Y}_{0.09}\text{Pr}_{0.06}\text{Th}_{0.03}\text{Fe}_{0.01})_{4.92}(\text{Si}_{2.32}\text{P}_{0.61})_{2.93}\text{O}_{11.81}\text{F}_{1.19}$

其简化分子式为: $(\text{REE}, \text{Ca})_5(\text{Si}, \text{P})_3\text{O}_{12}\text{F}$ 。 $1 - (K_p/K_c) = -0.027$, 与经验分子式非常吻合。

6 讨论

含氟的铈硅磷灰石, 并非仅在 Mont St. Hilaire 地区才有, 实际上, 这种矿物在其它许多地方也发现过^[2]。笔者之所以提出新的命名, 主要是要籍以与富含羟基的成员相区别。这种做法, 对于磷灰石和鱼眼石族矿物也是有先例的。从格陵兰典型的铈硅磷灰石样品来看, 它含的 OH 多于 F, $\text{OH} : \text{F} = 1.98 : 1$ ^[3]。从产自乌拉尔的这种矿物的另一个样品来看, OH 却大大多于 F, $\text{OH} : \text{F} = 7.45 : 1$ ^[2] (表 4)。因此, 根据氟铈硅磷灰石 [fluorbritholite-(Ce)] 命名已被批准的情况, 笔者建议, 原来的铈硅磷灰石 [britholite-(Ce)] 应重新命名为羟铈硅磷灰石 [hydroxylbritholite-(Ce)]; 同理, 原来的钇硅磷灰石 [britholite-(Y)] 也应重新命名为羟钇硅磷灰石 [hydroxylbritholite-(Y)]。铈硅磷灰石的正式化学式应为: $(\text{Ce}, \text{Ca}, \text{Na})_5(\text{SiO}_4, \text{PO}_4)_3(\text{OH}, \text{F})$ 。

从表 3 可以看出, Mont St. Hilaire 的氟铈硅磷灰石, 在钙含量上有一些差别, 如 MSH-1 和 MSH-2 的钙含量较高, 而 MSH-3 的钙含量则较低。由于对该矿物尚未进行精细的结构分析, 钙的含量不同, 在结构中的意义如何目前尚不清楚, 是否需要把它们区别开来, 有待于今后的工作。

表 2 氟铈硅磷灰石的晶胞参数、
相对密度及光学性质数据

Table 2 Unit cell parameters, relative density and optical data of fluorbritholite-(Ce)

	MSH-1	MSH-2	MSH-3
a (Å)	9.537 (5)	9.517 (5)	9.537 (6)
c (Å)	6.999 (4)	6.983 (4)	7.008 (5)
$D_{\text{计算}}$ (g/cm ³)	4.737	4.65	5.000
$D_{\text{实测}}$ (g/cm ³)		4.66 (1)	
ϵ	1.780 (5)	1.786 (5)	1.790 (5)
ω	1.785 (5)	1.792 (5)	1.794 (5)
K_p	0.165	0.169	0.158
K_c	0.164	0.166	0.158

* 利用理论相对密度计算

表3 氟铈硅磷灰石的化学成分 (wt%)

Table 3 Chemical composition of fluorbritholite-(Ce)(wt%)

	MSH-1	MSH-2	MSH-3
Ce ₂ O ₃	29.17	28.70	33.14
La ₂ O ₃	15.80	20.21	19.78
Pr ₂ O ₃	3.52	1.69	1.20
Nd ₂ O ₃	8.83	4.62	8.78
Sm ₂ O ₃	0.67	0.25	
Y ₂ O ₃	1.26	0.36	1.27
FeO			0.10
CaO	13.96	12.87	1.92
SrO	0.45	1.18	3.74
MgO	0.02		
MnO		1.39	1.48
Na ₂ O	0.01	0.85	3.04
ThO ₂	1.74	1.84	1.09
U ₃ O ₈	0.30	0.11	0.31
SiO ₂	20.61	16.92	16.59
Al ₂ O ₃			0.08
P ₂ O ₅	2.84	7.25	5.12
F	2.38	2.58	2.70
F=O	-1.00	-1.09	-1.14
总计	100.56	99.73	99.20

以13个氧原子为基础的离子数

Ce	1.39	1.35	1.69
La	0.76	0.96	1.02
Pr	0.17	0.08	0.06
Nd	0.31	0.21	0.44
Sm	0.03	0.01	
Y	0.09	0.02	0.09
Fe			0.01
Ca	1.95	1.77	0.29
Sr	0.03	0.09	0.30
Mn		0.15	0.17
Na		0.21	0.82
Th	0.05	0.05	0.03
U	0.01		0.01
Si	2.68	2.17	2.32
Al			0.01
P	0.31	0.79	0.61
F	0.98	1.04	1.19

表4 铈硅磷灰石的化学成分 (wt%)

Table 4 Chemical composition of britholite (wt%)

	南格陵兰	乌拉尔
ΣCe ₂ O ₃		22.48
ΣLa ₂ O ₃	60.54	36.01
Y ₂ O ₃		3.42
ThO ₂	—	0.64
UO ₂	—	—
P ₂ O ₅	6.48	1.13
Nb ₂ O ₅	—	—
ZrO ₂	—	—
SiO ₂	16.77	19.85
CO ₂	—	0.35
Fe ₂ O ₃	0.43	0.65
Al ₂ O ₃	—	0.26
CaO	11.23	11.71
SrO	—	—
MnO	—	0.88
MgO	0.13	0.17
FeO	—	—
Na ₂ O	1.85	0.08
K ₂ O	—	—
H ₂ O	1.27	1.94
F	1.33	0.54
TiO ₂	—	—
PbO	—	—
-O=F ₂	0.56	0.23
合计	99.52	99.88
参考资料	Böggild ^[4] (1905)	Zilbermints ^[2] (1950)

参 考 文 献

- 1 Chao G Y and Baker J. The mineralogical record, 1979, March—April, 99—101.
- 2 Vlasov. Geochemistry and mineralogy of rare elements and genetic-types of their deposits. 1966, Vol. I, 297—300.
- 3 Winther C. Meddelsler on Grønland. 1901, Vol. 24, 190—196.
- 4 Böggild C B. Meddelsler on Grønland. 1953, BD 149, NR 3, 179—180.

Fluorbritholite-(Ce)——A New Mineral from Mont St. Hilaire, Quebec, Canada

Gu Jiexiang

(Department of Resource & Environment Engineering, Wuhan
University of Technology, Wuhan 430070)

G. Y. Chao

(Department of Earth Sciences, Carleton University, Ottawa, Canada K1S 5B6)

Tang Suren

(Department of Resource & Environment Engineering, Wuhan
University of Technology, Wuhan 430070)

Key words: fluorbritholite-(Ce); new mineral; Mont St. Hilaire, Quebec

Abstract

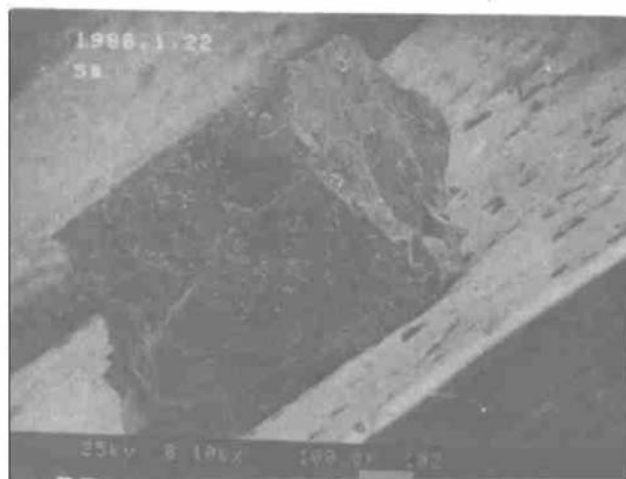
The new mineral fluorbritholite-(Ce) occurs in nepheline syenite, marble xenoliths, sodalite syenite xenoliths and pegmatite dikes at Mont St. Hilaire, Quebec, Canada. It is associated mainly with analcime, microcline, aegirine, zircon, biotite, pyrophanite, astrophyllite, ancylite, natrolite, monazite etc..

The mineral is hexagonal $P6_3/m$, with $a = 9.517(5) \text{ \AA}$, $c = 6.983(4) \text{ \AA}$, $c/a = 0.7337$ and $V = 547.7(8) \text{ \AA}^3$; $Z = 2$. The strongest X-ray powder diffraction lines and their relative intensities (visual) are: 2.845(100), 2.747(10), 1.966(10), 1.865(10) and 1.825(10).

Fluorbritholite-(Ce) crystal is shown prismatic. Color is pale yellow, tan and reddish brown. Streak colorless to pale brown; luster adamantine; opaque to translucent; hardness 5; brittle; cleavage {0001} distinct; fracture even to conchoidal; density $4.66(1) \text{ g/cm}^3$ (meas.) or 4.66 g/cm^3 (calc.); non-fluorescent. Optically uniaxial (-), $\omega = 1.792(5)$, $\epsilon = 1.786(5)$ in Na light; nonpleochroic.

Electron microprobe analyses correspond to $(\text{Ca}_{1.77}\text{Ce}_{1.35}\text{La}_{0.96}\text{Nd}_{0.21}\text{Na}_{0.21}\text{Mn}_{0.15}\text{Sr}_{0.09}\text{Pr}_{0.08}\text{Th}_{0.05}\text{Y}_{0.02}\text{Sm}_{0.01})_{4.90}(\text{Si}_{2.17}\text{P}_{0.79})_{2.96}\text{O}_{11.95}\text{F}_{1.05}$. The ideal structural formula is $(\text{REE}, \text{Ca})_5(\text{Si}, \text{P})_3\text{O}_{12}\text{F}$.

古阶祥等：氟铈硅磷灰石——产自加拿大 Mont St. Hilaire 的新矿物



氟铈硅磷灰石的扫描电镜照片

www.yskw.ac.cn