

# 地質論評

GEOLOGICAL REVIEW

第 27 卷 第 5 期

Vol. 27 No. 5

1981

中国地质学会 编辑  
地质论评编辑委员会  
地质出版社 出版

## A COMPLETE OPHIOLITE SEQUENCE IN SOUTHERN XIZANG (TIBET) THE DISCOVERY OF CUMULATES AND SHEETED DIKE AND SILL SWARMS

Wang Xibin, Cao Yougong, Zheng Haixiang, A. Nicolas and J. Girardeau

(The Sino-French Geological Cooperative Project)

### Abstract

Cumulates and dike and sill swarms were discovered for the first time in the middle section (Rinbung-Xigazê-Lhazê) of the Yarlung Zangbo River ophiolite belt in 1980 when the authors worked in the area, and a continuous, complete ophiolite section was thus established. From bottom to top the ophiolite sequence consists of serpentinized harzburgite (including lherzolite), cumulates, sheeted dike or sill swarms, and pelagic sediments intercalated with radiolarian chert.

The cumulate sequence is composed of dunite or wehrlite and olivine pyroxenite at the lowermost, troctolite and layered olivine gabbro in the

middle and massive gabbro at the top.

Dike swarms comprise two kinds of occurrence, sheeted dikes and sheeted sills. The swarm is generally a few hundreds of metres thick, and each individual dike (or sill) is usually 0.2—0.3m in thickness. They are widely distributed from Dazhu in the east to Jiding in the west in the Xigazê area.

The discovery mentioned above has greatly broadened our knowledge of the ophiolites in the area, and provided new information of the development and mechanism of formation of oceanic crust of the eastern Tethys.

## 羟硅铍钇铈矿——一个富铈、铍硅酸盐新矿物

丁孝石 白鹤 袁忠信 孙鲁仁

(中国地质科学院矿床地质研究所)

1977年在我国大兴安岭地区花岗斑岩型稀有金属矿床中,发现一种具有工业价值的稀土、铍的新矿物。1980年3月将该矿物资料报新矿物委员会,同年五月份获通过。矿物命名为羟硅铍钇铈矿 yttrioberberysite。该单矿物样品存放地质部博物馆。

### 一、地质产状

羟硅铍钇铈矿产于偏碱性的花岗斑岩中,呈星散状分布(图1)。矿化均匀,是该斑岩型矿床中主要富含铍和稀土元素的工业矿物。斑岩体(即矿体)的围岩

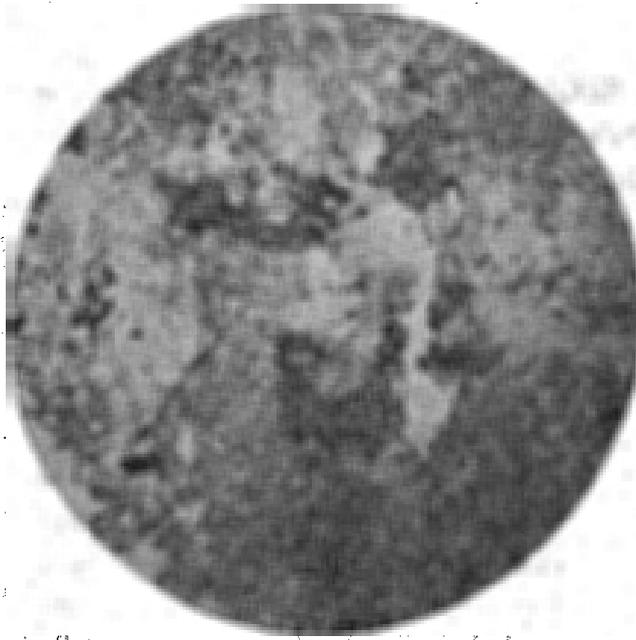


图 1 羟硅铍钇铈矿 (黑色)。单偏光  
6.3×10

为一套侏罗-白垩系偏碱性的酸性火山晶屑凝灰岩。矿体处于其缓倾斜短轴背斜核部的北东和东西向断裂构造交叉部位。岩体的同位素地质年龄为 $103 \times 10^6$ 年,属于燕山晚期产物。主要共生矿物有微斜长石、石英、钠闪石、霓石、钠长石、铌铁矿、铈烧绿石、多钛铌矿、斜日光榴石、氟碳铈矿、独居石、锆石、铁钽石、锰钛铁矿、磁铁矿、闪锌矿、菱锌矿、方铅矿等。羟硅铍钇铈矿常包有铌铁矿、独居石、锆石等微晶矿物。

## 二、物理和光学性质

羟硅铍钇铈矿多呈不规则粒状(图2),个别可见短柱状晶体(图3),粒径一般为0.1~0.2毫米。乳白

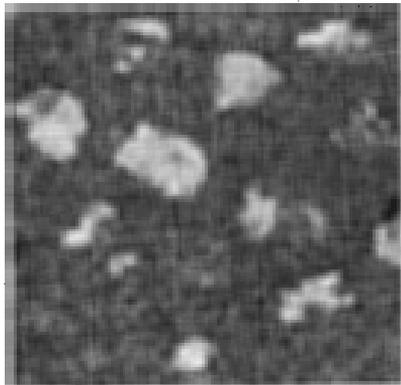


图 2 羟硅铍钇铈矿 (重砂)  
× 85

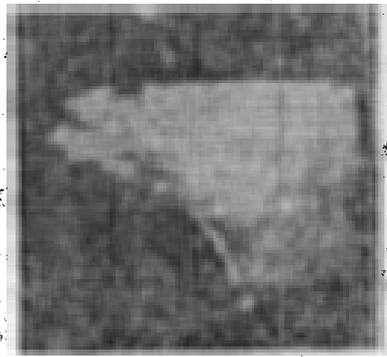


图 3 羟硅铍钇铈矿 (探针)  
× 301

色、浅黄色、淡绿色。玻璃光泽。比重4.57(实测),4.53(计算)。硬度415~467公斤/毫米<sup>2</sup>(5~5.5),有电磁性,比磁化系数为 $37.1 \sim 44.10 \cdot 10^{-6} \text{ C} \cdot \text{G} \cdot \text{S} \cdot \text{M} \cdot \text{厘米}^3 / \text{克}$ 。

薄片无色。二轴晶,正光性,光轴角 $2V = 80^\circ$ ,折光率, $N_g = 1.783$ ,  $N_m = 1.765$ ,  $N_p = 1.748$ 重折射率; $N_g - N_p = 0.035$ ,  $N_g \wedge C = 6^\circ$ 色散 $r < v$ (强)。

## 三、X-射线分析

对该矿物进行了X-射线分析,条件是:CuK $\alpha$ (用Ni滤光片);电压30kv;电流20mA;曝光8小时,得到了比较清晰的德拜图(图4)。该矿物的德拜图指标化,是根据硅铍钇铈矿的晶胞大小为依据采用分析的方法进行的。经大量计算,求得其晶胞参数是: $a_0 = 4.74 \text{ \AA}$ ;  $b_0 = 7.50 \text{ \AA}$ ;  $c_0 = 9.88 \text{ \AA}$ ,  $\beta \approx 90^\circ$ ,  $V = 351.234 \text{ \AA}^3$ ,轴率比为 $a_0 : b_0 : c_0 = 0.632 : 1 : 1.317$ ,  $z = 2$ 。羟硅铍钇铈矿-硅铍钇铈矿和硅硼钙石-硅硼钙铁矿的晶胞常数基本相同,属同构似型矿物<sup>(3)</sup>。现将上述四个矿物的X光粉晶数据统列入表1。

## 四、红外光谱分析

红外吸收光谱曲线及吸收带的数目、位置见表2和图5。从表2和图5看出,本区羟硅铍钇铈矿与标准的硅铍钇铈矿相比,则有明显差异。这些多峰值的出现,可能是由于该矿物中稀土元素含量变化和贫铁,导致矿物出现了谱带分裂等现象。

## 五、差热分析

硅铍钇铈矿在自然界一般有两种状态:一是变生状态(图6-(1))<sup>(5)</sup>;二是晶质状态(图6-(2))<sup>(6)</sup>。本区羟硅铍钇铈矿呈晶质状态(图6-(3)),差热曲线近乎平直。与晶质硅铍钇铈矿相当。从化学分析结果看出,羟硅铍钇铈矿中含有水( $\text{H}_2\text{O} = 2.946\%$ )。通过差热和红外分析证明,该矿物中的水不是吸附水,而

图 4 羟硅铍钇铈矿红外图 (57.54mm)

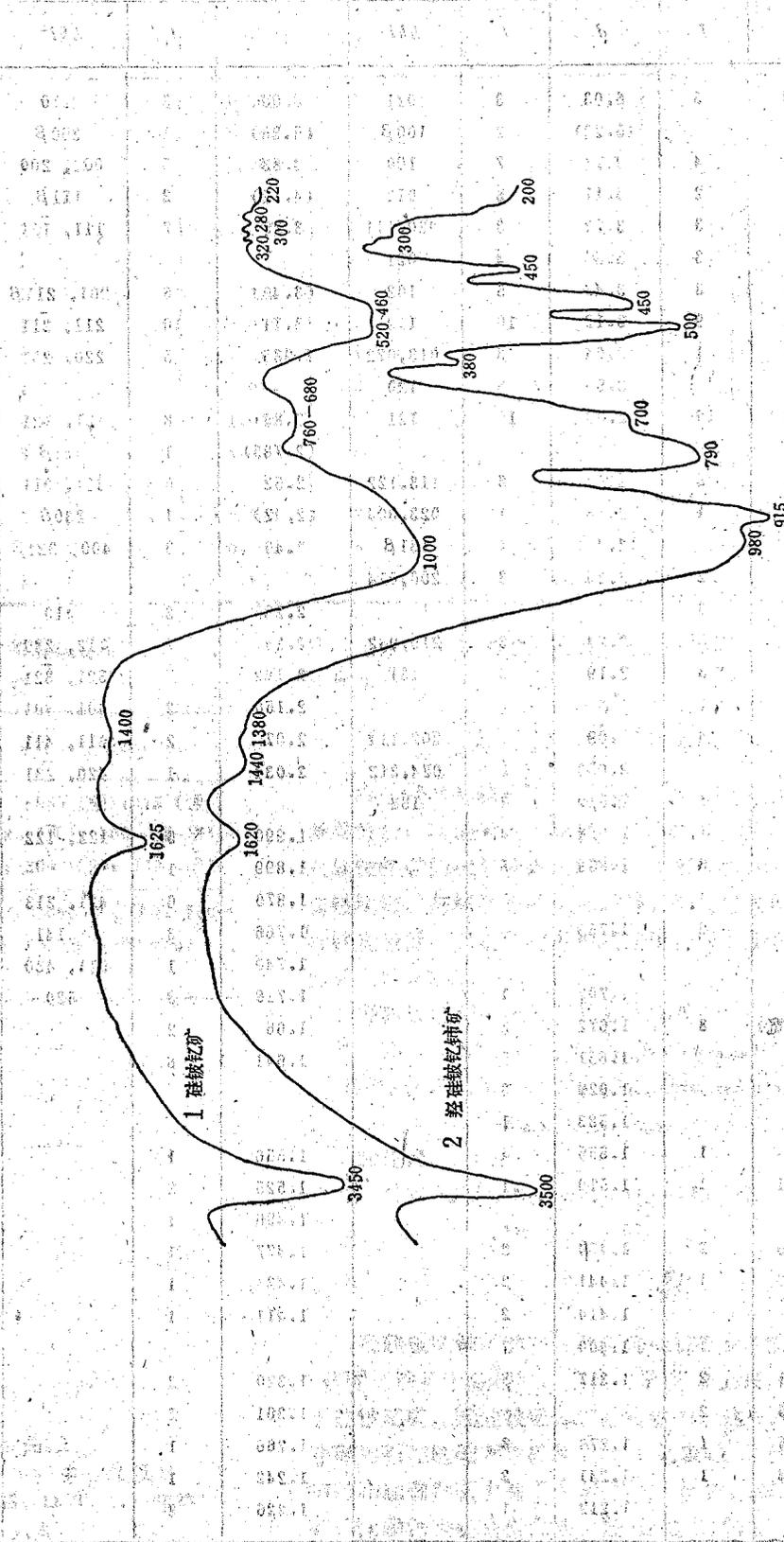
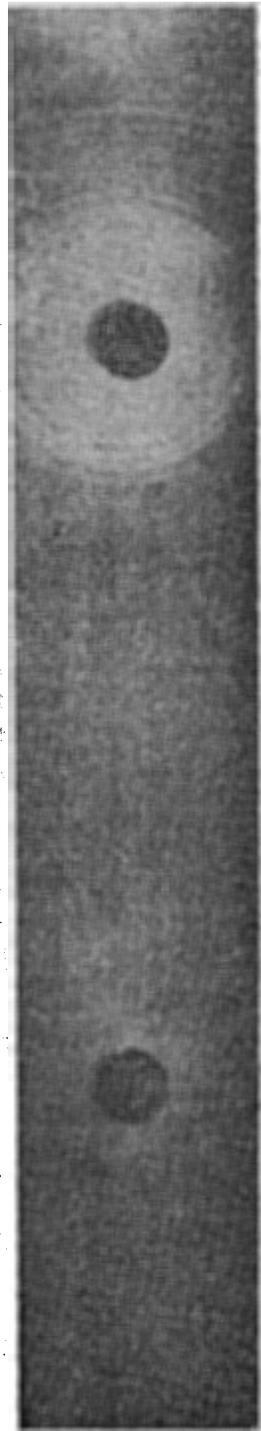


图 5 红外吸收光谱曲线 (中国地质科学院矿床地质研究所郭立鹤分析)

表 1

羟硅铍钇矿		硅 铍 钇 矿 <sup>(2)</sup>			硅 硼 钙 石 <sup>(2)</sup>			硅 硼 钙 铁 矿 <sup>(3)</sup>		
<i>d</i>	<i>l</i>	<i>d</i>	<i>l</i>	<i>hkl</i>	<i>d</i>	<i>l</i>	<i>hkl</i>	<i>d</i>	<i>l</i>	<i>hkl</i>
6.00	5	6.03 (5.22)	3 2	011 100 $\beta$	6.00 (5.35)	3 1	110 200 $\beta$			
4.75	4	4.74	7	100	4.83	5	001, 200			
4.15	2	4.11	3	012	(4.12)	2	111 $\beta$			
3.75	3	3.72	3	020, 111	3.75	7	111, 111	3.75	2	020, 111
3.55	3	3.53	4	021						
3.45	3	3.43	5	102	(3.40)	6	201, 211 $\beta$	3.40	3	201, 201
3.15	9	3.12	10	112	3.11	10	211, 211	3.10	10	211, 211
3.05	1	3.04	3	013, 022	2.985	5	220, 201			
		2.96	3	120				2.97	7	310, 220
2.88	10	2.83	10	121	2.85	8	121, 121	2.83	9	121, 121
					(2.785)	1	311 $\beta$			
2.58	8	2.54	8	113, 122	2.52	6	311, 311	2.52	10	221, 314
2.47	1	2.48 (2.43)	1 1	023, 004 131 $\beta$	(2.47)	1	230 $\beta$	2.45	1	320, 130
		2.36	3	200, 014	2.40	3	400, 321 $\beta$	2.39	1	002
2.37	2									
2.28	3				2.285	2	410	2.30	1	410
		2.24	3	210, 032	2.241	7	112, 230	2.23	6	230, 031
2.20	3	2.19	3	131	2.182	7	321, 321	2.18	7	321, 321
2.13	1				2.150	2	401, 401	2.15	2	401, 401
2.07	3	2.09	1	202, 114	2.07	2	411, 411			
		2.053	2	024, 212	2.034	1	420, 231			
		2.019	2	132						
		1.968	4		1.990	5	122, 122	1.98	3	
1.89	6	1.869	5		1.899	1				
					1.870	6	421, 213	1.86	5	
1.78	6	1.755	6		1.766	3	141	1.76	3	
					1.740	1	511, 430			
		1.702	1		1.719	3	520			
1.67(宽)	8	1.672	2		1.66	2		1.66	3	
		1.651	5		1.641	6		1.64	4	
		1.629	3							
		1.583	1							
1.56	1	1.556	4		1.556	1		1.55	1	
1.511	1	1.510	1		1.525	2		1.53	1	
					1.496	1		1.49	1	
1.475	2	1.474	2		1.477	1				
1.422	1	1.441	2		1.434	1				
		1.414	2		1.411	1				
		1.400	2							
1.351	2	1.317	3		1.320	2				
1.295	2				1.301	2				
1.265	1	1.274	3		1.266	1				
1.234	1	1.241	3		1.242	1				
		1.212	1		1.226	3				

续表

羟硅铍钇铈矿		硅铍钇矿 <sup>(2)</sup>			硅硼钙石 <sup>(2)</sup>			硅硼钙铁矿 <sup>(3)</sup>		
d	l	d	l	hkl	d	l	hkl	d	l	hkl
		1.202	1		1.208	1				
		1.189	3		1.194	3				
		1.177	3		1.182	2				
		1.163	1							
		1.154	1		(1.140)	2				
		1.139	2							
		1.122	2		1.121	1				
		1.102	3		1.096	4				
		1.084	3		1.084	1				
		1.061	1		1.071	4				
		1.047	2		1.062	4				
		1.036	3		1.036	6				
		1.026	2							
		1.013	3		0.9952	2				
					0.9915	3				
		0.988	3		0.9815	3				

表 2 羟硅铍钇铈矿和硅铍钇矿吸收带对比表

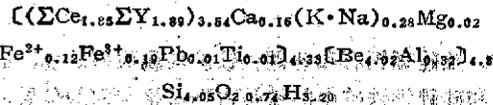
矿物	吸收带的位置及透射强度 (波数 $\text{cm}^{-1}$ )
羟硅铍钇铈矿	3500 (中); 1620 (弱); 980 (强); 915 (强); 790 (强); 700 (弱); 580 (弱); 500 (强-窄); 450 (强-窄); 380 (中); 300 (弱); 200 (中)
硅铍钇矿 (广东)	3450 (中); 1625 (弱); 1000 (强-宽); 760-680 (弱-宽); 520-460 (强-宽); 300 (弱); 220 (弱)

是结晶水。从差热曲线上看, 在 600℃ 以上有失重现象如图 6-(3)。

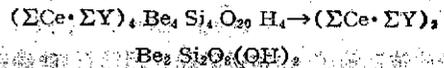
### 六、化学分析

本区羟硅铍钇铈矿已作了两个单矿物全分析和一个多项分析, 其结果列入表 3。为了对比, 表 3 同时列入硅铍钇矿的化学分析资料<sup>(5)</sup>。从表中得知, 本区羟硅铍钇铈矿与标准的硅铍钇矿是有明显区别的: 一是含铁量极低; 二是矿物中铈族元素含量大于钇族元素含量 ( $\Sigma\text{Ce} > \Sigma\text{Y}$ )。

羟硅铍钇铈矿所计算的分子式为:



简化式:



### 七、小 结

羟硅铍钇铈矿的粉晶数据与硅铍钇矿和硅硼钙石-硅硼钙铁矿十分相似, 但从化学成分上来看又不同于硅铍钇矿。羟硅铍钇铈矿是贫铁的, 这一现象正与硅硼钙石和硅硼钙铁矿相当<sup>(6)</sup> (见表 4)。羟硅铍钇铈矿和硅硼钙石中都不含铁或少含铁; 而硅铍钇矿和硅硼钙铁矿是富含铁。羟硅铍钇铈矿和硅铍

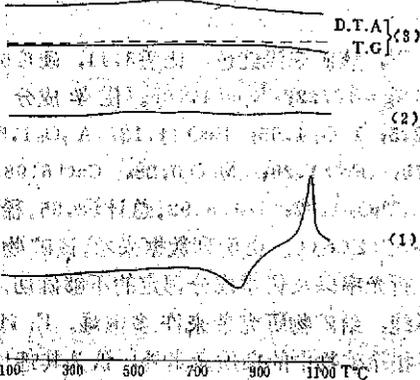


图 6 差热分析曲线

(1)和(2)见参考文献(4); (3)中国地质科学院矿床地质研究所郑立恒分析, D. T. A. 差热分析; T. G. 热重

表 3 羟硅铍钇铈矿化学成分及分子式计算

氧化物	硅铍钇矿 <sup>(1)</sup> (%)	本区羟硅铍钇铈矿								
		样1 (简项) (%)	样 2 (%)	样 3 (%)	分子量	分子数	阳离子 原子数	氧离子 原子数	单位晶胞中的原子比 (M = V.D. 0.006023 = 9.66)	
									阳离子	阴离子
SiO <sub>2</sub>	24.29		25.20	25.20	60.06	0.4196	0.4196	0.8392	4.05	8.10
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.63	2.49	2.50	1.63	159.68	0.0102	0.0204	0.0306	0.19	0.29
FeO	19.21		—	0.89	71.94	0.0124	0.0124	0.0124	0.12	0.12
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.90		0.55	1.695	101.94	0.0166	0.0332	0.0498	0.32	0.48
TiO <sub>2</sub>	—	0.10	0.21	0.103	79.90	0.0133	0.0013	0.0026	0.01	0.02
CaO	0.61		1.40	0.959	56.08	0.0171	0.0171	0.0171	0.16	0.16
MgO	0.03		0.18	0.086	40.32	0.0021	0.0021	0.0021	0.02	0.02
BeO	9.32		10.30	10.406	25.01	0.4161	0.4161	0.4161	4.02	4.02
PbO	0.04	ZrO <sub>2</sub> 0.38	ZrO <sub>2</sub> 0.69	0.377	223.20	0.0017	0.0017	0.0017	0.01	0.01
(K, Na) <sub>2</sub> O	0.08			1.165	78.10	0.0149	0.0298	0.0149	0.28	0.14
La <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1.05			3.600	325.81	0.0111	0.0222	0.0333	0.21	0.32
CeO <sub>2</sub>	3.34			13.600	156.12	0.0871	0.0871	0.1742	0.84	0.68
Pr <sub>6</sub> O <sub>11</sub>	0.60			1.780	1021.45	0.0017	0.0102	0.0187	0.09	0.17
Nd <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1.20	28.47	35.00	6.840	336.48	0.0203	0.0406	0.0609	0.39	0.58
Sm <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.30			2.600	348.80	0.0075	0.0150	0.0225	0.14	0.21
Eu <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.05			0.050	351.80	0.0001	0.0002	0.0003	—	—
Gd <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.45			3.450	362.50	0.0095	0.0190	0.0285	0.18	0.27
Tb <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.10			0.610	365.85	0.0017	0.0068	0.0119	0.06	0.11
Dy <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1.20			3.710	373.00	0.0099	0.0198	0.0297	0.19	0.28
Ho <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.50			0.560	377.86	0.0015	0.0030	0.0045	0.02	0.04
Er <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2.20			1.310	382.52	0.0034	0.0068	0.0102	0.06	0.09
Tm <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.40	26.07	21.00	0.070	385.87	0.0002	0.0004	0.0006	—	—
Yb <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	5.50			0.570	394.08	0.0016	0.0030	0.0045	0.02	0.04
Lu <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.80			0.090	397.94	0.0002	0.0004	0.0006	—	—
Y <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	32.00			15.734	225.81	0.0697	0.1394	0.2091	1.347	2.01
H <sub>2</sub> O	0.28		烧失量 2.80	2.944	18.02	0.1634	0.3268	0.1634	3.20	1.58
FluO <sub>2</sub>	0.72	0.30	0.34	—						
总计	99.50		100.17	100.029						20.74

分析单位：样1和3中国地质科学院测试研究所；样2吉林省地质局地质研究所。

钇矿以及硅硼钙石和硅硼钙铁矿均属似型矿物，硅铍钇矿和硅硼钙铁矿中的铁是占据晶格空穴的位置，而羟硅铍钇铈矿和硅硼钙石的晶格空穴则未被铁占据<sup>(1)</sup>。

羟硅铍钇铈矿-硅铍钇矿和硅硼钙石-硅硼钙铁矿这两对似型矿物，由于铁的存在，而导致矿物光性和物性上的明显差别：贫铁者，色浅，折光率低，比重亦低。但羟硅铍钇铈矿的比重大于硅铍钇矿的原因，是由于矿物中铈的原子量大于钇之故。

苏联学者，E. И. Семенов 等人曾在西伯利亚花岗岩伟晶岩中找到一种与羟硅铍钇铈矿很相似的矿物，由于工作不够，没有给它正式定名，而叫做“Туви-вский минерал”属于硅铍钇矿-硅硼钙石族的钇铍

矿物<sup>(5)(7)</sup>，该矿床浅红色，比重3.44，硬度6.5—7，折光率 $N_g = 1.722$ ； $N_p = 1.708$ 。化学成分(%)：SiO<sub>2</sub> 32.5；P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 4.95；BeO 11.13；A'<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 1.50；Nb<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 3.78；FeO 1.26；MgO 0.28；CaO 0.98；TR<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 26.33；ThO<sub>2</sub> 1.32；H<sub>2</sub>O 8.92，总计98.95。稀土配分是 $\Sigma Y_2O_3 > \Sigma Ce_2O_3$ 。由所列数据来看，该矿物的比重，硬度，折光率以及化学成分都定的不够确切，特别是矿物不纯，给矿物研究带来许多困难。E. И. Семенов 在扣除矿物中的杂质元素外，认为其理论分子式为 $Y_2 Be_2 Si_2 O_6 (OH)_2$ 。考虑到E. И. Семенов 对矿物的工作不够，没有定名，而且矿物中 $\Sigma Y_2O_3 > \Sigma Ce_2O_3$ ，与羟硅铍钇铈矿-硅硼钙石族矿物的内容。

工作过程中，刘德惠做了化学全分析；刘金定作

表4

矿 物	铍-稀土硅酸盐矿物		钙硼硅酸盐矿物	
	羟硅铍钇铈矿 Yttroceberisite	硅铍钇矿 Gadolinite	硅硼钙石 Datolite	硅硼钙铁矿 Homilite
晶 系	单 斜	单 斜	单 斜	单 斜
晶体结构数据	$a_0 = 4.74 \text{ \AA}$ $b_0 = 7.50 \text{ \AA}$ $c_0 = 9.88 \text{ \AA}$ $a_0:b_0:c_0 = 0.632$ $\beta = 90^\circ$ $Z = 2$	$a_0 = 4.66 \text{ \AA}$ $b_0 = 7.558 \text{ \AA}$ $c_0 = 9.89 \text{ \AA}$ $a_0:b_0:c_0 = 0.617:1:1.309$ $\beta = 90^\circ 53' 30''$ $Z = 2$	$a_0 = 4.83 \text{ \AA}$ $b_0 = 7.65 \text{ \AA}$ $c_0 = 9.66 \text{ \AA}$ $a_0:b_0:c_0 = 0.631:1:1.263$ $\beta = 90.09'$ $Z = 2$	$a_0 = 4.74 \text{ \AA}$ $b_0 = 7.57 \text{ \AA}$ $c_0 = 9.67 \text{ \AA}$ $a_0:b_0:c_0 = 0.626:1:1.277$ $\beta = 90^\circ 22'$ $Z = 2$
空间群	$C_{2h}^2-P2_1/c$	$C_{2h}^2-P2_1/c$	$C_{2h}^2-P2_2/c$	$C_{2h}^2-P2_1/c$
分子式	$(Ce \cdot Y)_2 Be_2 Si_2 O_8 (OH)_2$	$Y_2 Fe Be_2 Si_2 O_{10}$	$Ca_2 B_2 Si_2 O_8 (OH)_2$	$Ca_2 Fe B_2 Si_2 O_{10}$
FeO + Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (%)	2.52	13.54	0.18	>10
颜 色	白、乳白	黑色、绿黑、褐	无色、白、黄、浅绿	褐黑
比 重	4.57	4.20	2.99	3.36
折光率	Ng	1.783	1.824	1.738
	Nm	1.765	1.812	1.725
	Np	1.748	1.801	1.715

了X光粉晶分析，并计算了晶胞常数；郭立鹤作了红外吸收光谱分析；郭立鹤完成了差热分析；王文英协助完成矿物探针照像；朱念秀绘图。吉林省地质局科研所、地质队的吴林、于桂梅、姚洪毅、杨岫峰等给予工作协助。郭宗山先生、彭志忠教授及新矿物委员会的同志们审阅了初稿，并提出了宝贵的修改意见。笔者仅向上述同志们致以诚挚的谢意。

### 参 考 文 献

(1) 胡·史特伦茨，1959，矿物表（译本），地质出版社。

(2) A. S. T. M. 片卡，17—211。

(3) 中国科学院地化所，1978，矿物X-射线粉晶鉴定手册，科学出版社。

(4) 辽宁地质中心实验室，1975，矿物差热分析，地质出版社。

(5) Семенов, Е. И., 1963, Минералогия редких земель. НЗД. АН. СССР, Москва.

(6) 中国地质科学院矿床所，1977，透明矿物显微镜鉴定表，地质出版社。

(7) Семенов, Е. И., 1963, Иттрий-берилловые минералы группы датолита. кристаллография. Том. 8, Вып. 4, P. 677.

## YTTROCEBERYSITE, A NEW Ce-Be-RICH SILICATE

Ding Xiaoshi, Bai Ge, Yuan Zhongxian and Sun Luren

(Institute of Mineral Deposits, Chinese Academy of Geological Sciences)

### Abstract

A REE-and Be-bearing mineral was found in a granophyretic rare metal deposit in the Greater Khingan area in 1977. It is named yttroceberysite.

46 associated minerals have been found, including microcline, quartz, riebeckite, aegirine, albite, columbite, Ce-pyrochlore, genthelvite, bastnaesite, monazite, zircon, ferrithorite,

manganilmenite, magnetite and sulfide minerals.

The mineral occurs as colour milky white, luster vitreous, specific gravity (meas.) 4.57, (calc.) 4.53; hardness 415-467 kg/mm<sup>2</sup>(5-5.5); electromagnetism moderate; colourless in thin section. It is optically biaxial positive with 2V=80°, Np=1.748, Nm=1.765, Ng=1.783, Ng-Np=0.035, NgAC=4-15°, r<v (strong). The unit-cell dimentions are a<sub>0</sub>=4.75, b<sub>0</sub>=7.50, c<sub>0</sub>=9.88 Å; β=90°, z=2.

The strongest lines in the X-ray powder pattern are 2.88(10), 3.15(9), 1.67(8), 1.89(6), 1.78(6), 6.00(5).

The complete analysis gave the following results (%); ΣCe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 28.47, ΣY<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 26.11, SiO<sub>2</sub> 25.20, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 1.63, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 1.70, TiO<sub>2</sub> 0.103, CaO 0.96, FeO 0.89, MgO 0.086, BeO 10.41, PbO 0.38, (K, Na)<sub>2</sub>O 1.165, H<sub>2</sub>O 2.944 (total sum 100.048).

Calculation of the molecular formula for Ytrocberyite gave (Ce, Y)<sub>2</sub>Be<sub>2</sub>Si<sub>2</sub>O<sub>8</sub>(OH)<sub>2</sub>.