

罕见的蓝色钾-钠透闪石研究

廖尚宜, 金 萍

(中山大学 宝石矿物材料研究所, 广东 广州 510275)

摘 要: 尽管角闪石在地壳中大量存在, 但是蓝色钾-钠透闪石却是角闪石中的稀有品种。本文采用 X 射粉晶衍射和晶胞参数计算, 确定该矿物为蓝色的钾-钠透闪石, 用电子探针(EMPA)精确分析了它的化学成分, 确定为钾-钠透闪石, 而不是蓝色软玉(即不是透闪石或阳起石)。

关 键 词: 蓝色钾-钠透闪石; 软玉; X 射线衍射; 电子探针; 晶体化学式

中图分类号: P578.955 文献标识码: A 文章编号: 1007-2802(2001)03-0190-04

新疆的和田玉与台湾花莲地区软玉(又称台湾玉)是中国玉的代表, 闻名于世界。花莲丰田地区软玉颜色主要为深浅不同的绿色或黄绿色色调。新疆的和田玉除羊脂白玉外, 还有黑玉、绿玉、黄玉; 未见有蓝色“软玉”的报导。本文所研究样品来自俄罗斯。据 Vladimirs S. Chemavtsev 介绍, 蓝色矿物是“软玉”。我们对此进行了系统鉴定和研究。

软玉为透闪石-阳起石类质同象系列矿物, 即透闪石 $\text{CaMg}_5[\text{Si}_4\text{O}_{11}]_2[\text{OH}]_2$ 中的 Mg 被 Fe^{2+} 呈连续的种类同象替换形成另一个端员矿物阳起石矿物 $\text{CaFe}[\text{Si}_4\text{O}_{11}]_2[\text{OH}]_2^{[1]}$ 。它们常组成隐晶质单矿岩。此蓝色的“软玉”样品为半透明或不透明。肉眼观察有深浅不同的两种蓝色, 较深蓝色(N0.1)和浅蓝色(N0.2), 较深蓝色的“软玉”呈细脉状或斑点状分布于浅蓝色的软玉中。磨成 0.03 mm 厚的薄片在显微镜下观察无色, 晶形主要为平行纤维状、交织纤维状、束状结构。若磨成 0.05 mm 厚的薄片, 在偏光显微镜下观察其较深蓝色的“软玉”可见明显的多色性, 由无色—浅蓝色, 或浅蓝色—蓝色。在正交偏光显微镜下此蓝色的“软玉”的干涉色低, 有异常干涉色。在显微镜下还可见其中含有长石、云母、有高级白和闪突起的碳酸盐矿物。平均比重为 2.87~

3.05, 折射率 1.615~1.635。

蓝色的“软玉”除了晶形和透闪石或阳起石相同之外, 在正交偏光显微镜下未见到透闪石或阳起石的干涉色和其它的光学特征。为此我们利用 LINK ISIS-300 扫描电子显微镜, 获得二次电子扫描像(图1)和用能谱仪(EDX)做成分分析, 获得其蓝色“软玉”的成分为: SiO_2 62.16%~62.77%, MgO 19.3%~21.05%, Fe_2O_3 6.52%~3.44%, CaO 0.26%~



图1 K-Na 透闪石成纤维交织结构
Fig.1 SEM(secondary electron images) showing fibrous interlocking textures of K-Na richterite

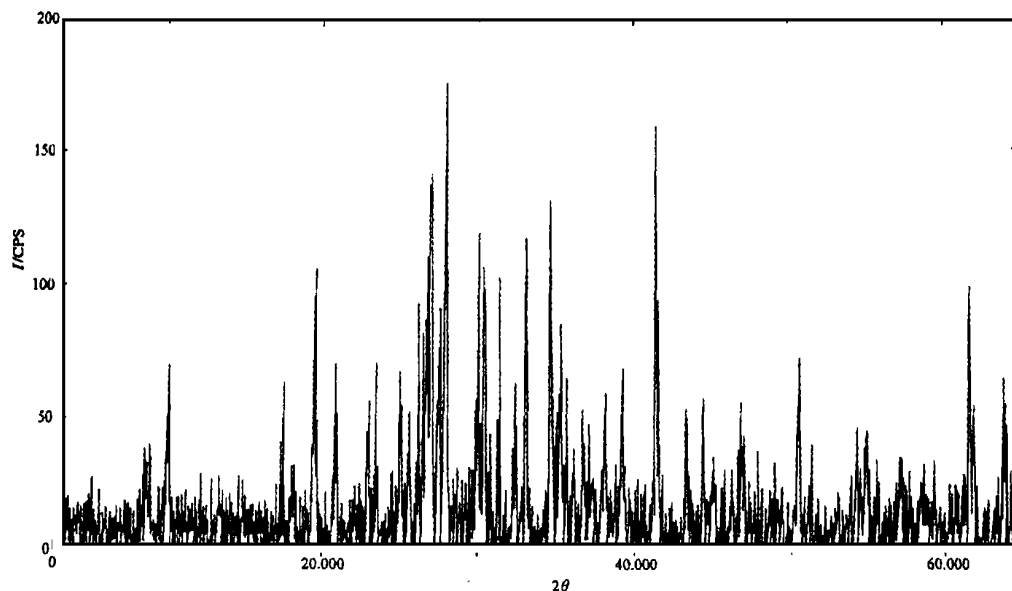


图2 蓝色钾-钠透闪石的X射线粉末衍射图

Fig.2 X-ray powder diffraction of blue K-Narichterite

表1 蓝色钾-钠透闪石的X射线粉末衍射数据

Table 1 X-ray powder diffraction data of blue K-Narichterite

样品号	<i>d</i>	<i>hkl</i>	<i>I</i>	样品号	<i>d</i>	<i>hkl</i>	<i>I</i>
1	8.580 9*	110	42	22	2.365 9	$\bar{4}21$	18
2	4.875 5*	$\bar{1}11$	22	23	2.355 1	$\bar{3}51$	35
3	4.833 3*	200	21	24	2.299 6	$\bar{1}71$	18
4	4.507 1*	040	62	25	2.290 6	$\bar{3}12$	41
5	3.866 8*	$\bar{1}31$	26	26	2.176 1	$\bar{1}71$	92
6	3.395 9*	131	59	27	2.167 1	$\bar{2}61$	56
7	3.294 7*	240	87	28	2.155 2	$\bar{3}32$	19
8	3.183 9*	310	100	29	2.033 4	$\bar{3}51$	36
9	3.033 4	$\bar{2}41$	21	30	1.932 5	$\bar{5}10$	33
10	2.970 2	221	73	31	1.892 3	$\bar{4}61$	23
11	2.956 8*		36	32	1.852 4	$\bar{4}42$	20
12	2.932 1	$\bar{1}51$	61	33	1.799 0	$\bar{0}100$	42
13	2.858 9	330	35	34	1.771 0	$\bar{5}12$	24
14	2.846 5*		64	35	1.684 5	$\bar{0}82$	28
15	2.764 2	331	39	36	1.680 0	$\bar{0}23$	18
16	2.705 6	151	69	37	1.665 3	$\bar{4}61$	21
17	2.587 3	$\bar{0}61$	80	38	1.663 7*	$\bar{1}8$	
18	2.555 8	260	36	39	1.556 5*	$\bar{2}1$	
19	2.540 4	002	54	40	1.513 1*	$\bar{2}3$	
20	2.425 0	400	16	41	1.458 8*	$\bar{4}1$	
21	2.416 2	$\bar{2}61$	29				

分析者: 中山大学测试中心; 参考文献 ICDD-3#-1082(有*号者为天然的)及ICDD-42-1082(合成的)卡片, 1992

0. 45% , K₂O 6. 00% ~ 7. 64% , Na₂O 4. 84% ~ 5. 75% 。其中 Ca 的含量比软玉低, K、Na 的含量高。其成分与软玉不同, 因此它不是软玉。

2 X 射线衍射分析

本文采用 X 射线衍射仪分析方法, 将蓝色玉石粉碎成粉末, 然后在双筒显微镜下, 进行挑样, 置 D/ MAX-3A 型 X 射线衍射仪上测量, 采用 G_K = 0. 154178 nm。石墨片作单色器滤波, 管压为 35 eV, 管流为 25 Ma, 测得 X 射线衍射图(图 2), 其衍射图中有 41 条衍射线与国际衍射数据中心(ICDD) 42-1481 和 31-1052 卡中钾-钠透闪石(K-Narichterite) 的

d 值一致(表 1) 。
其余衍射线为钾长石(0. 377, 0. 346, 0. 332, 0. 276, 0. 179, 0. 166, 0. 149, 0. 145 nm) 和白云母(*d* 值 0. 984, 0. 502 nm) 和方解石(0. 303, 0. 289, 0. 248, 0. 229, 0. 208, 0. 189, 0. 161 nm) 等^[2]。因此本蓝色“软玉”属碱性角闪石族矿物, 是一种新的角闪石玉种。其单矿岩玉主要是由蓝色的钾-钠透闪石组成。
按已知晶胞指标化计算晶胞参数(表 2), 根据晶胞参数计算体积可知, 本文研究的钾-钠透闪石的体积比合成的钾-钠透闪石(ICDD-42-1481) 大, 但比天然的产于西澳大利亚白榴石岩中的钾-钠透闪石(ICDD-31-1082) 的体积小。

表 2 蓝色钾-钠透闪石的晶胞参数
Table 2 Unit cell parameters of blue K-Na richterite

<i>A</i> / nm	<i>B</i> / nm	<i>C</i> / nm	β	<i>V</i> / nm ³	资料来源
1. 00548	1. 7997	0. 52746	104. 832(5)°	92. 2669	ICDD-42-1481
1. 0030	1. 8415	0. 5234	104. 97°	93. 3923	ICDD-31-1082
1. 035	1. 8000	0. 5259	104. 38°	92. 0172	本文

3 电子探针分析与晶体化学式计算

尽管角闪石作为一种造岩矿物在地壳中大量存在, 但钾-钠透闪石却是碱性角闪族矿物中的稀有矿物。它产出的温度和压力变化范围较宽。可从超钾质火山岩、次火山岩, 如来自南非 Wesselten 的金伯利岩的 Mg-Fe 质捕虏体中的云母结核中^[3]、铁陨石和陨石中(Olsen, 1967)、月球的土壤和玄武岩石中^[4]、西澳大利亚的钾-钠透闪石产于富白榴石的岩石中, 此外, 火山喷出岩的接触变质带及蓝色片岩相中也有产出。本文研究钾-钠透闪石来自俄罗斯雅库特境内的西伯利亚地台南部, 与阿尔丹地盾连接处的阿特巴斯达赫-木龙(Murun) 超碱性岩体中^[5]。由热液接触交代形成, 位于紫硅碱钙石(charoite) 矿床的东部 30 km 处。通过 X 射线分析确定为钾-钠透闪石, 而不是透闪石-阳起石, 属于碱性角闪石族矿物。为了计算晶体化学式, 在能谱半定量的分析基础上, 进一步采用波谱定量分析即电子探针分析。电子探针分析结果见表 2。由表 2 可知蓝色的钾-钠

透闪石含有较高的 SiO₂、MgO、FeO, 其中碱金属 K₂O、Na₂O 的含量高, 且二者含量几乎相同(No. 1) 或 K₂O 的含量大于 Na₂O (No. 2), 有少量的 Al₂O₃ 和 CaO。这在一般的角闪石矿物中是不多见的; 只在钾质熔岩中出现过此种情况, 如产自瑞典的 Langban 钾-钠透闪石中 K₂O> Na₂O(MiChaclson, 1883) 。
由于电子探针不能分析水的含量, 因此我们采用 23 个氧原子为标准计算其晶体化学式, 计算得出阳离子数的总和分别为 16. 03 和 16. 23(小数点后面的数值忽略不计, 则阳离子数为 16) 。
钾-钠透闪石属单斜晶系, 空间群为 *C*_{2h}³/*C*2/*m* *Z* = 2, 是由硅氧四面体组成平行 *c* 轴的双链状结构硅酸盐, 其络阴离子根为[Si₈O₂₂]⁸⁻, 晶体化学式为: A₀₋₁B₂C₅[Si₈O₂₂] (OH, F, Cl) ₂。双链是由两个单链结合而成的, 链与链之间具有三个八面体配位 M1、M2、M3 连接, 其中由离子半径小的阳离子充填如 C 类阳离子(Mg²⁺, Fe²⁺, Fe³⁺, Al³⁺) 充填于 M1、M2、M3 位; Na 或 K 为 B 类阳离子充填于链带两侧的 M4 中, 为 8 次配位。此外在相背的双链间, 分

表 3 钾-钠透闪石的电子探针分析与晶体化学式计算

Table 3 Electron microprobe analyses and calculated formula of K-Na richterite

氧化物	No. 1	No. 2	元素	No. 1	No. 2
SiO ₂	57.77	57.89	Si	8.0519	8.0832
TiO ₂	0.06	0.04	Ti	0.0065	0.0041
ZrO ₂	0.00	0.00	Zr	0.00	0.00
Al ₂ O ₃	0.22	0.61	Al	0.0377	0.0998
FeO	5.58	2.60	Fe	0.6491	0.3044
MnO	0.14	0.14	Mn	0.0164	0.0164
MgO	24.02	23.54	Mg	4.9914	4.9003
CaO	0.23	0.44	Ca	0.0352	0.0655
SrO	0.23	0.25	Sr	0.0188	0.0205
Na ₂ O	4.84	4.82	Na	1.3080	1.3042
K ₂ O	4.64	7.20	K	0.9233	1.4335
H ₂ O	未分析	未分析			
共 计	97.73	97.53	阳离子数	16.03	16.23

注: No. 1 蓝色, No. 2 浅蓝色; 分析者: 中国科学院南海海洋研究所电子探针室测

布着平行 z 轴连续而宽大的孔隙, 被大的 A 类阳离子 K 所充填^[6]。其晶体化学式计算结果如下:

No. 1. $(K_{0.92}, Na_{0.08})(Na_{1.23}Ca_{0.03}Mg_{0.74}Sr_{0.01})(Mg_{4.25}Fe_{0.65}Mn_{0.02}Al_{0.04})[Si_{8.05}O_{22}](OH, F)_2$;

No. 2. $K(K_{0.43}, Na_{1.30}, Ca_{0.07}Mg_{0.2}Sr_{0.02})(Mg_{4.70}Fe_{0.30}Mn_{0.02}Al_{0.10})[Si_{8.08}O_{22}](OH, F)_2$ 。

综上所述, 此蓝色“软玉”是一种少见的碱性角闪石——蓝色钾-钠透闪石, 而不是软玉。

参考文献:

[1] 彭明生, 李迪恩, 殷小玲. 台湾软玉的喇曼光谱研究[J]. 矿物岩石地球化学通报, 1997, 16(增刊): 10- 12.

[2] 中国科学院地球化学所. X 射线粉晶鉴定手册[M]. 北京: 科学出版社, 1984.

[3] Erlank A J, Finger L W. The occurrence of potassic richterite in a micandule from the Wesselton kimberlite, South Africa [R]. Carnegie Institution of Washington Year Book, 1997, 68: 320- 324.

[4] Gay P, Bancroft G M, Bown M G. Diffraction and Mossbauer studies of Minerals from lunar soils and rocks[J]. Geochim. Cosmochim. Acta, 1970, 1(Suppl.): 481- 497.

[5] Mikhail D E. Chavite: a unique mineral from a unique occurrence [J]. World Stone, 1995, 3- 11.

[6] Della V G, Robert J L, Giancarlo M. Site occupancies in monoclinic amphiboles: Rietveld structure refinement of synthetic nickel magnesium cobalt potassium richterite[J]. American Mineralogist, 1993, 78: 633- 640.

Study on a Rare Mineral: Blue K-Na Richterite

LIAO Shang-yi, JIN Ping

(Institute of Gemstone and Mineral Materials, Zhongshan University, Guangdong, Guangzhou 510275, China)

Abstract: Although amphiboles are widespread in the Earth's crust, K-Na richterite is generally considered to be one of the rare species. In this research, X-ray powder diffraction was used (table 1) to determine the unit-cell parameters of the samples (table 2). Besides, chemical composition was analysed by electron microprobe analyses (EMPB) to determine the chemical formula. The analyses show that the sample—blue “nephrite” is richterite, but not tremolite or actinolite.

Key word: blue K-Na richterite; nephrite; X-ray powder diffraction; electron microprobe analyses; chemical formula