

# 马达加斯加黄色方柱石的谱学特征研究

丁薇<sup>1</sup>, 陈全莉<sup>1,2\*</sup>, 艾苏洁<sup>1</sup>, 尹作为<sup>1</sup>

1. 中国地质大学(武汉)珠宝学院, 湖北 武汉 430074  
2. 滇西应用技术大学珠宝学院, 云南 腾冲 679118

**摘要** 利用常规宝石学仪器、电子探针、傅里叶变换红外光谱仪、激光拉曼光谱仪、紫外-可见分光光度计和三维荧光光谱仪等,对马达加斯加黄色方柱石的宝石学性质及谱学特征进行了研究分析。马达加斯加方柱石的宝石学特征与方柱石理论值基本一致;方柱石样品颜色均匀,具有玻璃光泽,原晶型较为完好且表面普遍可见纵纹及褐色杂质,部分样品表面可见晕彩效应,样品内部可见多种包裹体,如黑云母、无色晶体包裹体等。红外光谱分析结果表明,样品在指纹区均显示 1 039, 1 105 和 1 196  $\text{cm}^{-1}$  处 Si(Al)—O 伸缩振动吸收峰; 752  $\text{cm}^{-1}$  处 Si—Si(Al) 伸缩振动吸收峰; 551, 687 和 624  $\text{cm}^{-1}$  处 O—Si(Al)—O 弯曲振动吸收峰; 459  $\text{cm}^{-1}$  处 Si—O—Si 的弯曲振动与 Na(Ca)—O 伸缩振动的耦合吸收峰; 416  $\text{cm}^{-1}$  处 Si—O—Si 弯曲振动吸收峰。红外光谱官能团的诊断性鉴定依据为: 3 530 和 3 592  $\text{cm}^{-1}$  处 O—H 振动引起的吸收峰; 2 499, 2 629 和 2 964  $\text{cm}^{-1}$  处  $\text{CO}_3^{2-}$  振动产生的吸收峰。拉曼光谱分析结果表明,桥氧弯曲振动产生 459 和 538  $\text{cm}^{-1}$  两处吸收峰; Al—O 振动导致 775  $\text{cm}^{-1}$  吸收峰; 硅氧四面体  $Q_4$  结构单元振动产生 1 114  $\text{cm}^{-1}$  吸收峰。紫外-可见光吸收光谱可知,马达加斯加方柱石为过渡金属元素致色,铁离子的存在导致了 379 和 420 nm 两处吸收峰,且 420 nm 吸收峰的强弱影响着方柱石的颜色深浅。致色原因为占据了晶体结构中四面体位置的  $\text{Fe}^{2+}$  与  $\text{Fe}^{3+}$  之间电荷转移,从而产生黄色。三维荧光光谱分析显示,方柱石具有较为一致的发光行为,均可见一强一弱两个荧光峰,多集中在 302 nm( $\lambda_{\text{ex}}$ )/343 nm( $\lambda_{\text{em}}$ )附近。电子探针成分分析结果表明样品属于方柱石族系列中的针柱石, Ma 值范围为 66%~69%,平均 Ma 值为 68.1%,且随着 Ma 值的增高,双折射率随着变小。谱学测试作为无损测试技术,适用于鉴定宝石品种。对鉴定马达加斯加方柱石具有重要的意义,同时为产地溯源、区分优化处理品种提供数据支持。

**关键词** 方柱石; 宝石学特征; 谱学特征; 马达加斯加

**中图分类号:** P575.4 **文献标识码:** A **DOI:** 10.3964/j.issn.1000-0593(2022)07-2194-06

## 引言

方柱石为一种常见矿物,属于架状硅酸盐,化学组成为钠柱石与钙柱石的完全类质同象系列,按 Na 和 Ca 含量比分为钠柱石、针柱石、中柱石和钙柱石 4 个矿物种<sup>[1]</sup>。学术界对其结晶矿物学和化学成分方面已经有了较为详细的研究,马达加斯加多产彩色宝石,产出的宝石种类繁多、颜色鲜艳、产量大,在市场上具有重要的地位。方柱石作为该产地的常见宝石品种之一,国内外研究资料较少,其谱学方面也没有较为详细全面的研究。方柱石的荧光光谱更是少有人研究。因此在前人研究的基础上,以马达加斯加方柱石为研究

对象,利用常规宝石学仪器、电子探针、傅里叶红外光谱仪、拉曼光谱仪、紫外可见分光光度计和荧光光谱仪等,结合方柱石的宝石学性质,对其谱学特征进行分析和探讨。

## 1 实验部分

### 1.1 测试样品

测试的黄色方柱石共 15 粒,均来自马达加斯加。其中样品编号 YC-1 到 YC-9 在反射光下可见到晕彩效应,其余六粒 YK-1 到 YK-6 无特殊光学效应且为方柱石原石(图 1)。

### 1.2 测试方法

拉曼光谱仪型号为 Bruker Senterra,测试条件:激光波

收稿日期: 2021-05-16, 修订日期: 2021-12-24

基金项目: 国家自然科学基金项目(41874105)资助

作者简介: 丁薇,女,1997年生,中国地质大学(武汉)珠宝学院硕士研究生 e-mail: 327873875@qq.com

\* 通讯作者 e-mail: chenquanli\_0302@163.com

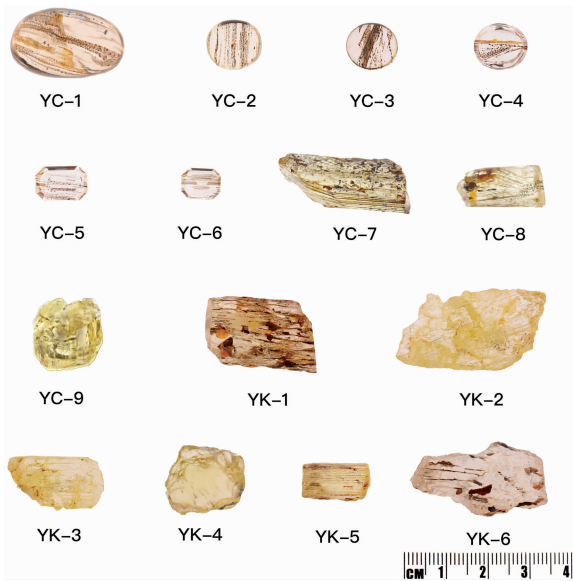


图 1 马达加斯加方柱石实验样品  
Fig. 1 Madagascar scapolite samples

长 532 nm, 功率 10 mW, 光斑为 50  $\mu\text{m}$ , 曝光时间 8 s, 扫描次数 10 次; 傅里叶红外光谱仪型号为 Bruker Vertex 80, 透射法测试范围为 2 000~4 500  $\text{cm}^{-1}$ , 反射法测试范围为 400~2 000  $\text{cm}^{-1}$ , 分辨率为 8  $\text{cm}^{-1}$ , 累积扫描 12 次; 紫外-可见-近红外光谱仪型号为 Jasco MSV5200, 透射法测试范围

为 300~800 nm, 光斑大小 100  $\mu\text{m}$ , 分辨率 1 nm. 荧光光谱仪型号为 JASCO FP-8500, 电压为 550 V. 上述测试及常规宝石学测试均于中国地质大学(武汉)珠宝学院完成。

电子探针测试(EPMA)在武汉上谱分析科技有限责任公司完成。仪器型号为日本电子(JEOL)JXA8230, 测试条件: 电流为  $2 \times 10^{-8}$  A, 电压为 15 V, 束斑为 3  $\mu\text{m}$ . 采用日本电子(JEOL)的 ZAF 校正方法。

## 2 结果与讨论

### 2.1 常规宝石学测试

肉眼观察样品为浅黄色且颜色均匀。部分样品为椭圆形、祖母绿型宝石成品。原石晶体形态完好为四方柱状, 可见四方双锥面, 柱面可见纵纹及褐红色杂质。折射率范围为 1.532~1.570, 双折射率范围为 0.012~0.033, 一轴晶负光性, 密度为 2.613~2.734  $\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$ . 紫外荧光灯长波下, 除样品 YC-2、YK-6 为橙黄色荧光外, 其余为暗紫红色。短波下样品均为暗红色。

通过显微镜对样品内部进行观察: 反射光下, 部分方柱石中包裹体可见晕彩效应[图 2(a, b)], 透射光下内部可见多种包体。如延 C 轴方向延长的棕褐色的板状包体[图 2(a, b, c)]; 定向排列的深褐色固态包体[图 2(d)]; 板状、片状和短柱状的黑云母包体[图 2(e, f, g, h)]<sup>[2]</sup>; 四方柱[图 2(g)]、四方柱与四方双锥聚形和浑圆状无色晶体包裹体[图 2(h)]。

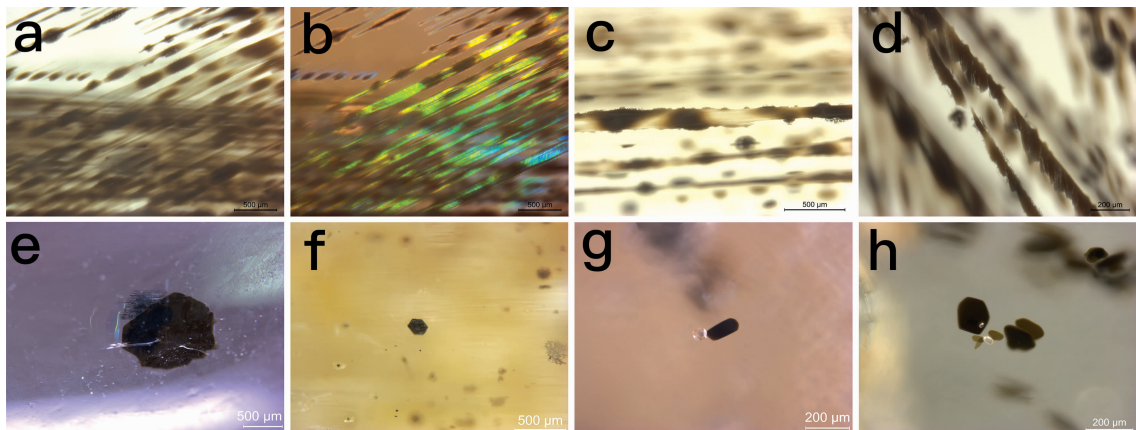


图 2 方柱石样品内含物

(a), (b), (c), (d): 板状包裹体; (e), (f), (g), (h): 黑云母包裹体; (g), (h): 无色晶体包裹体

Fig. 2 Various inclusions in the scapolite sample

(a), (b), (c), (d): Tabular inclusion; (e), (f), (g), (h): Biotite; (g), (h): Colorless crystal inclusion

### 2.2 红外光谱分析

#### 2.2.1 指纹区红外特征峰分析

选取六粒具有透明度较好且具有光滑平面的样品(YC-2, YC-3, YC-4, YK-2, YK-3, YK-4)进行波数在 400~2 000  $\text{cm}^{-1}$  的漫反射测试, 结果显示(图 3)方柱石样品指纹区的红外吸收谱峰特征基本一致。

所有硅酸盐矿物的红外光谱在 1 000 和 500  $\text{cm}^{-1}$  附近都会形成两个强吸收带, 随着  $\text{SiO}_2$  聚合程度逐渐提高, 强吸收

带的位置也依次向高波数偏移。吸收带的波长范围逐渐变窄, 谱带数目增多<sup>[3]</sup>。

方柱石样品在指纹区红外吸收光谱具有如下特征: 1 039, 1 105 和 1 196  $\text{cm}^{-1}$  处吸收峰由 Si(Al)—O 伸缩振动所致; 752  $\text{cm}^{-1}$  处吸收峰由 Si—Si(Al) 伸缩运动所致; 551, 687 和 624  $\text{cm}^{-1}$  处吸收峰由 O—Si(Al)—O 的弯曲振动所致; 459  $\text{cm}^{-1}$  的吸收峰由 Si—O—Si 的弯曲振动与 Na(Ca)—O 伸缩振动的耦合所致; 416  $\text{cm}^{-1}$  吸收峰属于 Si—O—Si 的

弯曲振动<sup>[3]</sup>。方柱石中含有少量的  $\text{CO}_3^{2-}$ ，表现为  $687\text{ cm}^{-1}$  吸收峰<sup>[4]</sup>。

### 2.2.2 官能团区红外特征峰分析

对红外指纹区测试的六粒样品 (YC-2, YC-3, YC-4, YK-2, YK-3, YK-4) 进行透射测试, 测试结果显示整体较为复杂(图 4), 红外官能团区的吸收峰主要由方柱石中  $\text{OH}_n$  基团(主要是  $\text{H}_2\text{O}$  和  $\text{OH}$ ) 与  $\text{CO}_3^{2-}$  基团的振动形成<sup>[5]</sup>。  $3\ 388\text{ cm}^{-1}$  由吸附水所致。  $\text{H}_2\text{O}$  所致吸收峰范围为  $2\ 700\sim 3\ 650\text{ cm}^{-1}$ , 分别为  $3\ 054$ ,  $3\ 530$  和  $3\ 592\text{ cm}^{-1}$ 。测试结果中与  $\text{CO}_3^{2-}$  振动有关的红外吸收峰有  $2\ 499$ ,  $2\ 629$  和  $2\ 964\text{ cm}^{-1}$ <sup>[6]</sup>。这些吸收峰可以作为方柱石官能团区的诊断性鉴定依据之一。

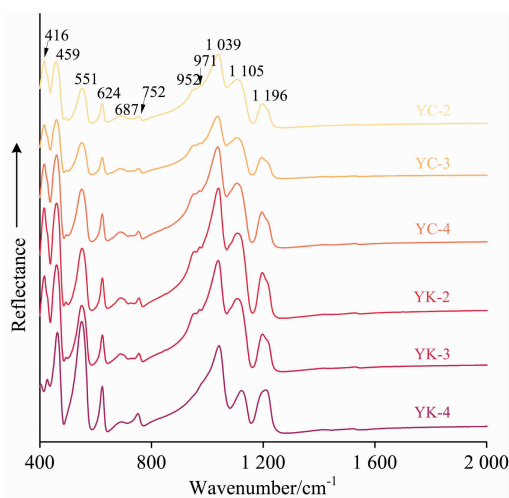


图 3  $400\sim 2\ 000\text{ cm}^{-1}$  范围内的红外光谱  
Fig. 3 Diffuse reflectance infrared spectrum of scapolite samples

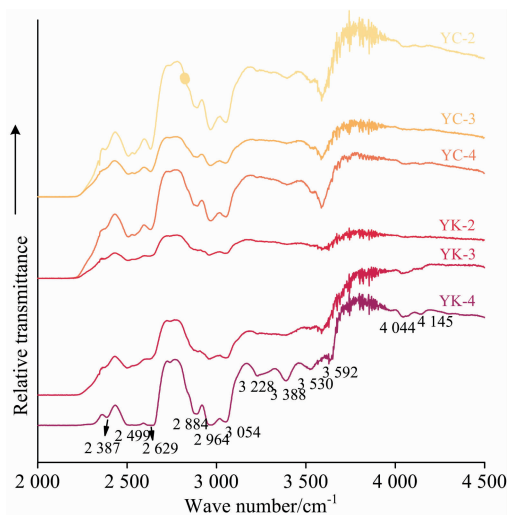


图 4  $2\ 000\sim 4\ 500\text{ cm}^{-1}$  范围内的红外光谱  
Fig. 4 Transmission infrared spectrum of scapolite samples

### 2.3 拉曼光谱分析

五个样品 (YC-2, YC-3, YC-4, YC-6, YK-3) 的拉曼测

试结果(图 5)显示:  $459\text{ cm}^{-1}$  为强的谱峰,  $265$ ,  $538$  和  $775\text{ cm}^{-1}$  为中等强度谱峰,  $300$ ,  $362$ ,  $1\ 098$  和  $1\ 114\text{ cm}^{-1}$  处为较弱的谱峰。在架状硅酸盐矿物中小于  $400\text{ cm}^{-1}$  的谱峰是由  $\text{M}$ (金属离子)— $\text{O}$  的振动与晶格骨架间的点阵振动所引起的;  $700\sim 800\text{ cm}^{-1}$  范围内的吸收峰可归于  $\text{Al}-\text{O}$  间的对称伸缩振动; 在  $800\sim 1\ 200\text{ cm}^{-1}$  范围内的吸收峰可归于  $[\text{SiO}_4]$  结构单元的振动<sup>[7]</sup>。

方柱石和正长石的晶体结构和化学成分较为相似, 且化学式中  $n(\text{Al})/n(\text{Si})$  均为  $1:3$ , 因此对比两者的拉曼光谱<sup>[8]</sup> 得出方柱石主要谱峰的归属如下:  $459$  和  $538\text{ cm}^{-1}$  两处谱峰为晶体结构中桥氧弯曲振动;  $775\text{ cm}^{-1}$  处属于  $\text{Al}-\text{O}$  振动;  $1\ 114\text{ cm}^{-1}$  处的谱峰是由硅氧四面体  $\text{Q}_4$  结构单元振动所致。

主要谱峰归属如下: 谱峰  $459$  和  $538\text{ cm}^{-1}$  为晶体结构中桥氧弯曲振动所致<sup>[7]</sup>;  $775\text{ cm}^{-1}$  处为  $\text{Al}-\text{O}$  振动所致;  $1\ 114\text{ cm}^{-1}$  处是硅氧四面体  $\text{Q}_4$  结构单元振动所致<sup>[8]</sup>。

### 2.4 紫外-可见光谱分析

选择颜色深浅不同的八粒方柱石样品 (YC-1, YC-2, YC-3, YC-5, YC-6, YC-8, YC-9 和 YK-5) 进行紫外-可见光

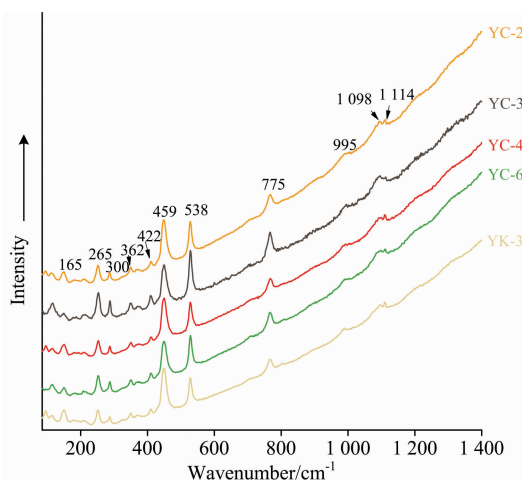


图 5 方柱石样品的拉曼光谱

Fig. 5 Raman spectrum of scapolite samples

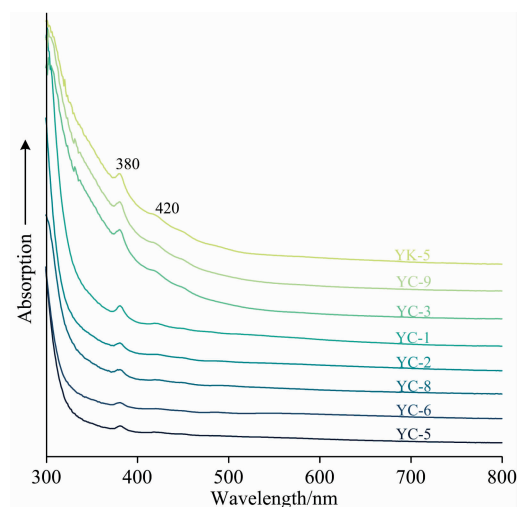


图 6 方柱石样品的紫外-可见光谱

Fig. 6 UV-Vis spectrum of scapolite samples

光谱测试。测试结果(图 6)显示：样品具有 379 和 420 nm 两处吸收峰。379 nm 的吸收峰位于紫外区，不影响肉眼观察宝石的颜色；420 nm 左右的吸收峰位于可见光的紫区，使方柱石产生了黄色。影响吸收峰的因素除了致色元素的含量以外，样品颗粒越大，颜色越深，吸收峰越明显(YK-5, YC-9, YC-3 和 YC-1)；相反小颗粒的方柱石的吸收峰较弱(YC-5, YC-6, YC-8 和 YC-2)。

方柱石的颜色成因有两种，分别为色心致色与过渡金属元素致色。由于方柱石和长石的晶体结构与成分较为相似，因此铁离子存在形式也相似，均占据[SiO<sub>4</sub>]四面体中 Al 或 Si 位置<sup>[9]</sup>。结合电子探针测试结果中铁离子的存在，推测由于 Fe<sup>2+</sup> 与 Fe<sup>3+</sup> 之间的电荷转移，产生 420 nm 吸收峰，使马

达加斯加方柱石显示黄色。

### 2.5 荧光光谱分析

选择长波紫外荧光灯下暗红色的四粒样品(YC-1, YC-3, YK-2, YK-3)与浅橙色的两粒样品(YC-2, YK-6)，共六粒样品进行 200~900 nm 范围内整体观察，仅观察到激发波长(EX) 280~340 nm 荧光谱峰，根据荧光峰分布特征，选择在 EX 为 220~500 nm，EM 为 240~520 nm 的波长范围内进行更为精细的扫描。在相同的测试条件下，六粒样品的三维荧光光谱具良好的一致性，有着相似的发射峰位和对应的最佳激发波长(图 7，表 1)。三维荧光光谱中均含有两个荧光峰，主峰为 λ<sub>ex</sub> 302 nm/λ<sub>em</sub> 343 nm 附近。

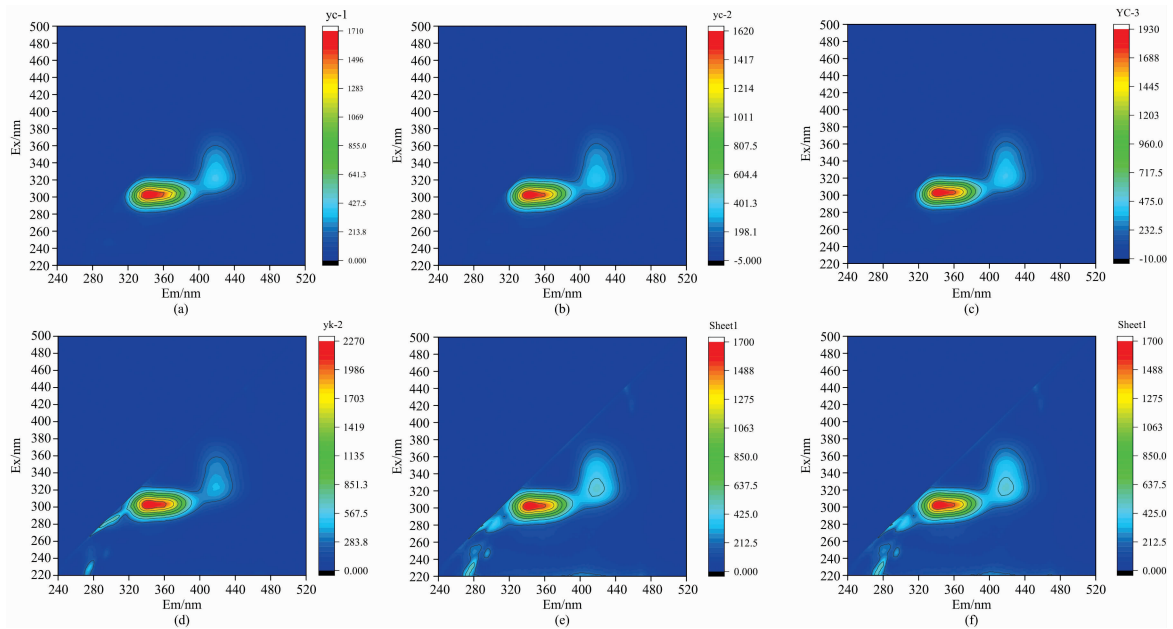


图 7 六粒方柱石样品的三维荧光光谱等高线图

(a): YC-1; (b): YC-2; (c): YC-3; (d): YK-2; (e): YK-3; (f): YK-6

Fig. 7 3D fluorescent patterns of sixscapolite samples

(a): YC-1; (b): YC-2; (c): YC-3; (d): YK-2; (e): YK-3; (f): YK-6

表 1 方柱石样品的电子探针测试数据

Table 1 EPMA data of scapolite samples

Comment	K <sub>2</sub> O	CaO	TiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub>	MnO	FeO	Na <sub>2</sub> O	MgO	Cl	Total/WB/%	Ma 值/%
YK-3-01	1.3	7.988	0	22.748	56.6	0.025	0.176	8.06	0	3.077	99.292	66.90
YK-3-02	1.42	8.169	0	22.787	56.4	0.036	0.155	8.098	0	3.083	99.486	66.67
YK-2-01	1.53	7.8	0.02	23.042	56.7	0.036	0.096	7.967	0	3.074	99.523	67.56
YK-2-02	1.49	7.946	0	22.737	56.8	0.004	0.157	8.181	0	3.121	99.78	67.59
YC-5-01	1.49	7.944	0	22.865	56.5	0.01	0.335	8.452	0	3.133	100.004	68.24
YC-5-02	1.42	7.911	0	22.964	56.5	0.01	0.213	8.441	0	3.045	99.779	68.19
YC-7-01	1.58	7.91	0	22.241	55.3	0.025	0.121	8.581	0	3.233	98.288	68.76
YC-7-02	1.53	7.799	0	22.239	55.9	0.024	0.135	8.429	0	3.244	98.536	68.64
YK-4-01	1.37	7.68	0	22.195	54.9	0.043	0.107	8.601	0	3.172	97.311	69.12
YK-4-02	1.5	7.679	0	22.105	54.9	0.026	0.131	8.523	0	3.158	97.322	69.14

### 2.6 化学成分分析

选取五粒双折射率不同的方柱石样品(YK-3, DR:

0.032; YK-2, DR: 0.031; YC-5, DR: 0.029; YC-7, DR: 0.024; YK-4, DR: 0.012)，各选两个点进行电子探针测试。

由表 1 可知其成分大致相同。SiO<sub>2</sub> 含量为 55%±1%，Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 含量为 22.5%±0.5%，与前人测试浅黄方柱石结果基本一致<sup>[10]</sup>。Na<sub>2</sub>O 和 CaO 的含量均约为 8%，含有少量的 FeO，阴离子以 Cl<sup>-</sup> 为主。

因为方柱石化学成分复杂、类质同象替换情况多样，通过阴离子法以 24 个氧原子为基准计算所得的 Si 与 Al 的阳离子数和约为 11.7，与理论值 12 有一定的误差<sup>[10]</sup>，但 K、Na 和 Ca 等阳离子数偏差不大。利用公式  $Ma = (Na + K) / (Na + K + Ca)$  计算可得，Ma 值均在 66%~69% 的范围内，平均 Ma 值为 68.1%，由此可知方柱石的种属为针柱石。由于样品包体较多，使密度测试有较大误差；且该产地方柱石是过渡金属元素致色，因此只比对双折射率与方柱石成分的关系：即随着 Na 含量的增高，双折射率随之变小。

### 3 结 论

(1) 马达加斯加黄色方柱石折射率为 1.532~1.570，双

折射率的范围为 0.012~0.031，密度范围为 2.613~2.734 g·cm<sup>-3</sup>。内部包裹体特征分为两类：一种反射光下可见晕彩效应，内部可见板状包体及深褐色点状包体、定向排列的深褐色包体；另一种内部可见六边形板状或短柱状的黑云母、四方柱与四方双锥聚形的晶体等包体。

(2) 马达加斯加方柱石样品红外指纹区特征峰为：1 196, 1 105, 1 039, 752, 687, 624, 551, 459 和 416 cm<sup>-1</sup>，官能团区特征峰为：2 499, 2 629, 2 964, 3 054, 3 530 和 3 592 cm<sup>-1</sup>。拉曼光谱特征散射峰为：459, 538, 775 和 1 114 cm<sup>-1</sup>。黄色方柱石和晕彩方柱石的谱学特征均一致。

(4) 方柱石样品的 Ma 值范围为 66%~69%，属于方柱石族中的针柱石。其颜色成因为占据四面体位置的 Fe<sup>2+</sup> 与 Fe<sup>3+</sup> 之间的电荷转移产生 420 nm 吸收峰，进而显示淡黄色。

### References

- [ 1 ] Yusuke Seto, Norimasa Shimobayashi, Akira Miyake, et al. *American Mineralogist*, 2015, 89(2-3): 257.
- [ 2 ] Gübelin E J, Koivula J I. *Photoatlas of Inclusions in Gemstones*, Vol. 1, ABC Edition, Zurich, 1997, 368.
- [ 3 ] WEN Lu(闻 轲). *The Infrared Spectroscopy of Minerals(矿物红外光谱学)*. Chongqing: Chongqing University Press(重庆: 重庆大学出版社), 1988. 104.
- [ 4 ] WANG Feng-gang, FAN Hong-hai, FAN Cun-kun(王凤岗, 范洪海, 范存琨). *Acta Mineralogica Sinica(矿物学报)*, 2015, 35(3): 406.
- [ 5 ] ZHU Ying, DING Hong-rui, LI Yan, et al(朱 莹, 丁竑瑞, 李 艳, 等). *Acta Mineralogica Sinica(矿物学报)*, 2019, 39(2): 173.
- [ 6 ] LIAO Ren-qing, GUO Jie(廖任庆, 郭 杰). *Journal of Gems and Gemmology(宝石与宝石学杂志)*, 2020, 22(2): 20.
- [ 7 ] XIE Jun, YU Xue-hui, ZHANG Jian(谢 俊, 喻学惠, 张 健). *Bulletin of Mineralogy, Petrology and Geochemistry(矿物岩石地球化学通报)*, 2007, (z1): 227.
- [ 8 ] PAN Feng, YU Xue-hui, MO Xuan-xue(潘 峰, 喻学惠, 莫宣学). *Journal of the Chinese Ceramic Society(硅酸盐学报)*, 2009, 37(12): 2043.
- [ 9 ] CHEN Dao-qian(陈道前). *Journal of Southwest China Institute of Technology(西南工学院学报)*, 1995, 10(4): 98.
- [ 10 ] REN Qian-qian, CHEN Mei-hua, LI Xin-yu, et al(任芊芊, 陈美华, 李新宇, 等). *Journal of Gems and Gemmology(宝石与宝石学杂志)*, 2016, 18(2): 34.

# Study on the Spectral Characteristics of Scapolite From Madagascar

DING Wei<sup>1</sup>, CHEN Quan-li<sup>1,2\*</sup>, AI Su-jie<sup>1</sup>, YIN Zuo-wei<sup>1</sup>

1. Gemmological Institute, China University of Geosciences(Wuhan), Wuhan 430074, China

2. Institute of Jewelry, West Yunnan University of Technology, Tengchong 679118, China

**Abstract** The gemological and spectroscopic properties of the Madagascar scapolite is studied based on analyses of fifteen samples using EMPA, FTIR, Raman spectroscopy, UV-Vis Spectroscopy, fluorescence spectroscopy and some gemological instruments. The gemological characteristics of Madagascar scapolite are consistent with the theoretical values of scapolite; The samples are uniform in color and have a glassy luster. The raw stone crystal is relatively intact. Longitudinal stripes and maroon impurities are commonly seen on the surface of them. Iridescence can be seen on the surface of some samples, and a variety of inclusions can be seen inside the samples, such as biotite and colorless crystal inclusions. The infrared spectrum analysis shows that absorption peaks of 1 039, 1 105, 1 196  $\text{cm}^{-1}$  in the fingerprint area are attributed to the Si(Al)—O group. 752  $\text{cm}^{-1}$  peak is due to Si—Si(Al) stretching, 551, 687, 624  $\text{cm}^{-1}$  peaks are due to O—Si (Al)—O bending vibration. Bending vibration of Si—O—Si associated with Na(Ca) —O stretching jointly results in a 459  $\text{cm}^{-1}$  peak. 416  $\text{cm}^{-1}$  is due to the bending vibration of Si—O—Si. Absorption peaks related to functional group area are mainly due to different vibrational modes and frequencies of  $\text{CO}_3^{2-}$  (2 499, 2 629, 2 964  $\text{cm}^{-1}$ ) and O—H(3 530 and 3 592  $\text{cm}^{-1}$ ), which are diagnostic for the identification of scapolite. The Raman Spectroscopic analysis indicates that the bending vibration of bridge oxygen produces 459 and 538  $\text{cm}^{-1}$  peaks; Al—O vibration leads to a 775  $\text{cm}^{-1}$  peak. The vibration of  $\text{SiO}_4$  tetrahedron unit generates 1 114  $\text{cm}^{-1}$ . UV-Vis spectrum shows 379 and 420 nm, which are caused by electron transfer between  $\text{Fe}^{2+}$  and  $\text{Fe}^{3+}$  in tetrahedron position. The yellow color of Madagascar scapolite is due to transition metal elements. The intensity of the 420 nm peak directly affects the color depth of scapolite. Analysis of 3D luminescence shows a relatively uniform luminescence phenomenon, which shows two fluorescence peaks, one strong and one weak, mostly centered at 302 nm( $\lambda_{\text{ex}}$ )/343 nm( $\lambda_{\text{em}}$ ). The EMPA analysis result indicates that the sample belongs to Dipyre in the scapolite series. The Ma value is around 66%~69%, and the average value is 68.1%, and with the increase of the Ma value, the refractive index decreases. As a nondestructive testing technique, spectrum testing is suitable for identifying gem varieties. It is of great significance for the identification of Madagascar scapolite. It provides data support for the traceability of origin and the differentiation of scapolite varieties.

**Keywords** Scapolite; Gemmological characteristic; Spectral characteristic; Madagascar

(Received May 16, 2021; accepted Dec. 24, 2021)

\* Corresponding author