

# “绿龙晶”的宝石矿物学研究

于方, 范桂珍, 朱子玉, 何志红

(北京大学宝石鉴定中心, 北京 100871)

**摘要:**“绿龙晶”(俗称)为一种产自俄罗斯的绿泥石玉,目前普遍认为其矿物组成为斜绿泥石。本次研究用“绿龙晶”样品具有独特的深绿色至灰绿色,呈鳞片状至叶片状结构,密度为 $2.61 \sim 2.62 \text{ g/cm}^3$ ,折射率约为1.57,摩氏硬度约为2.5,其主要矿物组成为绿泥石的亚种叶绿泥石。通过在显微镜下薄片观察发现,叶绿泥石具有靛蓝色、锈褐色和紫色异常干涉色,近平行消光。电子探针结果表明,该“绿龙晶”样品的主要化学成分为 $\text{SiO}_2$ 和 $\text{MgO}$ ,其次为 $\text{Al}_2\text{O}_3$ 和 $\text{FeO}_T$ ;计算其晶体化学式并根据 $\text{Fe}^{2+}/\text{R}^{2+}$ 和Si的原子数量进行投影,恰好落于叶绿泥石的区域范围。在其X射线衍射图谱中出现了叶绿泥石的 $14.532\ 0, 7.215\ 6, 4.789\ 7, 3.597\ 2 \text{ \AA}$ 处的特征衍射峰;其红外光谱中,高频区 $3\ 637, 3\ 465 \text{ cm}^{-1}$ 处的吸收谱带、中频区 $1\ 000 \text{ cm}^{-1}$ 左右分裂的 $1\ 048, 1\ 001, 967 \text{ cm}^{-1}$ 吸收峰和低频区 $444 \text{ cm}^{-1}$ 处的强吸收谱带显示了叶绿泥石的红外光谱特征。

**关键词:**“绿龙晶”; 叶绿泥石; 宝石矿物学特征

中图分类号: TS93; P619.28

文献标识码: A

文章编号: 1008-214X(2010)01-0029-03

## Study on Gemmological and Mineralogical Characteristics of “Lvlongjing”

YU Fang, FAN Gui-zhen, ZHU Zi-yu, HE Zhi-hong

(Gems Appraisal Center of Peking University, Beijing 100871, China)

**Abstract:** “Lvlongjing” is a kind of chlorite jade from Russia, and its mineral component is widely regarded as clinocllore — a subspecies of chlorite. The “Lvlongjing” samples for the study have the unique dark green to celadon colour, lepidoblastic and foliaceous textures, density of  $2.61 \sim 2.62 \text{ g/cm}^3$ , refractive index of about 1.57 and Mohs’ hardness of about 2.5. The mineral component of the “Lvlongjing” sample is mainly composed of penninite — a subspecies of chlorite. The results of slice observation by microscope show that the penninite has thumb blue, brown and violet anomalous interference colour, parallel or proximal parallel extinction. The EMPA results indicate that the main chemical compositions of the “Lvlongjing” sample are  $\text{SiO}_2$  and  $\text{MgO}$ , followed by  $\text{Al}_2\text{O}_3$  and  $\text{FeO}_T$ , and the chemical formula is calculated and projected to be in the area of penninite according to  $\text{Fe}^{2+}/\text{R}^{2+}$  and atomicity of Si. The XRD result shows that there exist the characteristic diffraction peaks of penninite. The IR absorption peaks of “Lvlongjing” appear at  $3\ 637, 3\ 465, 1\ 048, 1\ 001, 967 \text{ cm}^{-1}$  and  $444 \text{ cm}^{-1}$  that accord with the IR characteristics of penninite.

**Key words:** “Lvlongjing”; penninite; gemmological and mineralogical characteristic

收稿日期: 2009-11-27

修回日期: 2010-01-30

作者简介: 于方(1950—),女,副教授,地球化学专业,主要从事岩矿、地球化学和宝玉石学的教学、科研与鉴定工作。

“绿龙晶”(俗称)为一种绿泥石玉,主要产于俄罗斯西伯利亚东部贝加尔湖附近的 Korshunovskaia 矿区,因与“紫龙晶”(查罗石)的产地、形态和结构都相似而得名。“绿龙晶”。在俄罗斯,因“绿龙晶”具有银白色形似羽翼的独特外观而被称为“天使之石”。前人的研究表明,该绿泥石玉的主要矿物组成为绿泥石的矿物亚种斜绿泥石<sup>[1]</sup>。笔者选用市场上常见的“绿龙晶”为样品进行了显微镜下薄片观察、电子探针、X射线和红外光谱分析,得出其主要矿物组成为叶绿泥石,而不是斜绿泥石。



图2 叶绿泥石的靛蓝色和锈褐色异常干涉色 +,50×

Fig.2 Anomalous interference colour of thumb blue and brown of penninite

### 1 宝石学特征

“绿龙晶”样品(图版 VH1)呈深绿色至灰绿色,微透明—不透明,玻璃光泽,常常因具有银白色束状集合体而具有丝绸光泽。绿泥石样品晶体发育良好,呈鳞片状至叶片状集合体,不同方向的束状集合体又呈树丛状排列,相互交叠。运用密度测定仪测得其密度为 2.61~2.62 g/cm<sup>3</sup>,点测法测得其折射率约为 1.57,摩氏硬度约为 2.5。

### 2 薄片观察

在偏光显微镜下观察了“绿龙晶”样品的薄片,可见其叶绿泥石晶体的鳞片状、叶片状集合体呈束状定向排列(图1);在单偏光下呈浅黄色—淡绿色,正低突起;在正交偏光下具有靛蓝色、锈褐色和紫色异常干涉色(图2),平行消光或近平行消光,与叶绿泥石的薄片鉴定特征一致<sup>[2]</sup>。

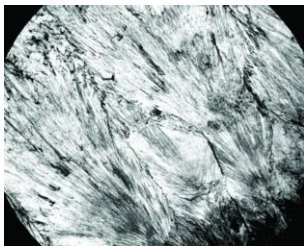


图1 叶绿泥石片状集合体呈束状排列 —,50×

Fig.1 Bunching arrangement of flake aggregation of penninite

### 3 电子探针

采用 JXA-8100 型电子探针对样品的矿物组成进行了化学成分分析。测试条件:加速电压为 15 kV;束流为 1×10<sup>-8</sup> A;束斑为 1 μm。结果(表1)显示,“绿龙晶”样品的主要化学成分为 SiO<sub>2</sub>和 MgO,其次为 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>和 FeO<sub>T</sub>,其质量分数与叶绿泥石的理论值近似,并采用氧原子计算法得到了其晶体化学式(表2)。根据成分式组成中 6次配位阳离子 Fe<sup>2+</sup>同全部 R<sup>2+</sup>阳离子的数量比值和 4次配位 Si 原子数量大小,绿泥石又可划分为诸多变种<sup>[3]</sup>,如叶绿泥石、斜绿泥石、透绿泥石及辉绿泥石等。其中叶绿泥石的 Fe<sup>2+</sup>/R<sup>2+</sup> = 0.00~0.25, Si = 3.10~3.40;斜绿泥石的 Fe<sup>2+</sup>/R<sup>2+</sup> = 0.00~0.25, Si = 2.75~3.10。根据 Fe<sup>2+</sup>/R<sup>2+</sup>和 Si 原子数量的计算结果进行投点,恰好落在叶绿泥石的区间范围内(图3),可知“绿龙晶”的主要矿物组成为叶绿泥石。

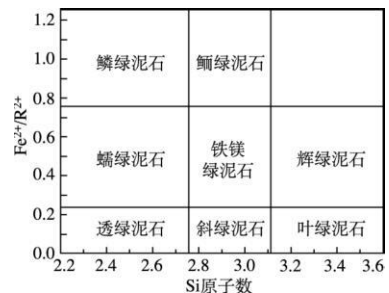


图3 “绿龙晶”样品的矿物组分投影图<sup>[3]</sup>

Fig.3 Mineral component projection of “Lvlongjing” sample in chlorite

表1 “绿龙晶”样品的电子探针分析结果

Table 1 Chemical compositions of “Lvlongjing” samples by EMPA

w<sub>B</sub>/%

样品	MnO	Na <sub>2</sub> O	MgO	K <sub>2</sub> O	NiO	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	TiO <sub>2</sub>	FeO <sub>T</sub>	总量
L-1	0.00	0.02	32.79	0.03	0.02	34.39	14.60	0.01	0.03	3.49	85.38
L-2	0.05	0.00	34.07	0.00	0.00	34.55	13.27	0.01	0.03	3.08	85.05

表 2 “绿龙晶”样品的晶体化学式

样品	化学式	Fe <sup>2+</sup> /R <sup>2+</sup>	Si 原子数量
L-1	(Mg <sub>4.6711</sub> Fe <sub>0.2789</sub> Al <sub>0.8870</sub> ) (Si <sub>3.2861</sub> Al <sub>0.7139</sub> )O <sub>10</sub> (OH) <sub>8</sub>	0.028 2	3.286 1
L-2	(Mg <sub>4.8696</sub> Fe <sub>0.2469</sub> Al <sub>0.8117</sub> ) (Si <sub>3.3124</sub> Al <sub>0.6876</sub> )O <sub>10</sub> (OH) <sub>8</sub>	0.024 9	3.312 4

### 4 红外光谱

采用北京大学造山带与地壳演化教育部重点实验室的 PE983G 红外分光光度计对样品进行了红外光谱分析,测试条件:分辨率为 3 cm<sup>-1</sup>,扫描范围为 4 000 ~ 180 cm<sup>-1</sup>。

样品的红外光谱(图 4)与叶绿泥石的相符<sup>[4]</sup>,在高频区 3 637, 3 465 cm<sup>-1</sup> 处的吸收谱带、1 000 cm<sup>-1</sup> 和 444 cm<sup>-1</sup> 附近的强吸收谱带、646 cm<sup>-1</sup> 左右的较强吸收谱带均显示了绿泥石的特征。其中,3 637, 3 465 cm<sup>-1</sup> 处的吸收峰归属于 OH 和 H<sub>2</sub>O 伸缩振动所致,1 622 cm<sup>-1</sup> 处的吸收峰归属于 H<sub>2</sub>O 弯曲振动所致,1 000 cm<sup>-1</sup> 左右分裂的 1 048, 1 001, 967 cm<sup>-1</sup> 吸收峰归属于 Si—O 对称伸缩振动所致,444 cm<sup>-1</sup> 附近的强峰归属于 Si—O 弯曲振动所致。其中,叶绿泥石在 1 000 cm<sup>-1</sup> 左右分裂的 3 个吸收峰可与其它绿泥石亚种相区分。

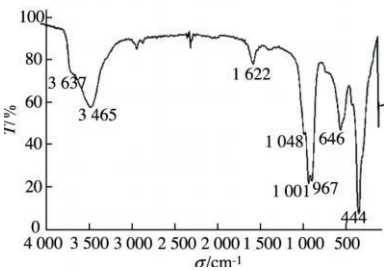


图 4 “绿龙晶”样品的红外光谱

Fig. 4 Infrared spectrum of “Lvlongjing” sample

### 5 X 射线粉末衍射

将“绿龙晶”样品研磨成粉末,采用北京大学孵化器微构分析测试中心提供的 D/Max-RA 12KW 旋转阳极 X 射线粉末衍射仪对其进行了分析。实验条件:Cu 靶,靶电压为 40 kV,靶电流为

100 mA,发散缝为 1°,接受狭缝为 0.3 mm,防散射狭缝为 1°,连续扫描模式,扫描速度为 8°/min,步宽为 0.02°。

叶绿泥石的主要粉末衍射谱线为 7.19 4.80, 3.60 14.30 Å;斜绿泥石的为 14.30 7.12 3.56, 2.55 Å<sup>[3]</sup>。由“绿龙晶”样品的 X 射线粉末衍射谱(图 5)可以看出,在 2θ 为 12.256° 和 24.729° 时出现 7.215 6 Å 和 3.597 2 Å 的最强衍射峰,在 2θ 为 6.067° 和 18.509° 时出现 14.532 0 Å 和 4.789 7 Å 的较强衍射峰,与叶绿泥石的粉末衍射谱相符,说明“绿龙晶”样品的主要矿物组成为叶绿泥石,与电子探针和红外光谱的分析结果一致。

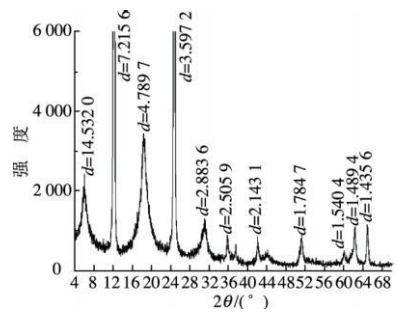


图 5 “绿龙晶”样品的 X 射线衍射谱  
Fig. 5 X-ray diffraction spectrum of “Lvlongjing” sample

### 6 结论

- “绿龙晶”样品呈独特的深绿色至灰绿色,具有鳞片状至叶片状结构,密度为 2.61 ~ 2.62 g/cm<sup>3</sup>,折射率约为 1.57,摩氏硬度约为 2.5。
- 显微镜下薄片观察,电子探针、X 射线衍射和红外光谱分析结果表明,“绿龙晶”样品的主要矿物组成为绿泥石的亚种叶绿泥石。

#### 参考文献:

[1] 赵曼曲,蓝延,于娜,等. 俄罗斯绿泥石玉的矿物学特征研究[J]. 宝石和宝石学杂志, 2006, 8(2): 14—16.

[2] 常丽华,陈曼云,金巍,等. 透明矿物薄片鉴定手册[M]. 北京:地质出版社, 2006. 120—121.

[3] 王濮,潘兆樵,翁玲宝,等. 系统矿物学(中册)[M]. 北京:地质出版社, 1984. 448—457.

[4] V C 法默. 矿物的红外光谱[M]. 应育浦,汪寿松,李春庚,等译. 北京:科学出版社, 1982. 271—272.

### 图版 III

孙主等：俄罗斯水热法合成祖母绿的宝石学特征研究

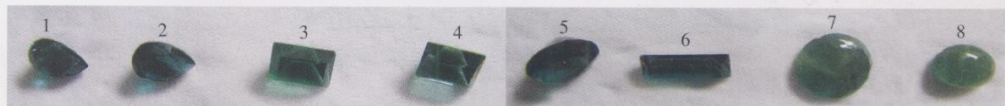


图1 测试样品

Fig.1 Samples for tests

1~5为俄罗斯样品；6为桂林样品；7,8为天然祖母绿样品

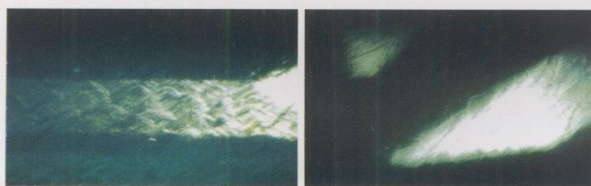


图2 俄罗斯水热法合成祖母绿样品3和5中明显的水波纹状纹理 40X

Fig.2 Water wave-like venations in Russian hydrothermal synthetic emerald samples 3 and 5

### 图版 IV

孙丽华等：玉石新品种——绿帘石透闪石玉



图1 市场上的“青花玉”手镯

Fig.1 “Qinghua jade” bracelets in market

### 图版 V

姜岚等：湖北黄石与印度浦那鱼眼石的宝石学特征对比研究



图1 鱼眼石样品

Fig.1 Apophyllite samples

a. 印度浦那绿色鱼眼石；b. 印度浦那无色鱼眼石；  
c. 湖北黄石无色鱼眼石

### 图版 VI

于方等：“绿龙晶”的宝石矿物学研究



图1 素面(a)和串珠(b)“绿龙晶”样品

Fig.1 Cabochon(a) and beads(b) of “Lvlongjing” samples

### 图版 VII

徐翀等：淡水珍珠新品种及加工工艺新进展



图1 长条形珍珠

Fig.1 Stick-shaped pearls