

辽宁桓仁夕线石玉的宝石矿物学研究

周玲玲, 任慧聪, 范桂珍

(北大宝石鉴定中心, 北京 100871)

摘要: 近来实验室收到几块外观与和田玉极为相似的玉石样品, 为了更好地鉴别该玉石, 采用常规的宝石学测试、薄片分析、化学全分析、红外光谱分析、X射线粉晶衍射分析、拉曼光谱分析等方法对其进行了测试研究。结果表明, 该玉石样品的主要矿物组成是夕线石, 并含有少量的云母和高岭石, 其结构为柱状纤维变晶结构, 主要呈柱状、纤维状、毛发状分布, 样品呈黑色的原因可能与晶格中 Fe^{3+} 替代 Al^{3+} 有关, Fe^{3+} 含量越多颜色越深。

关键词: 夕线石; 颜色; 结构特征; 矿物组成

中图分类号: P578.94⁺5

文献标识码: A

文章编号: 1000-6524(2016)S1-0063-05

Gemological and mineralogical characteristics of sillimanite from Huanren in Liaoning Province

ZHOU Ling-ling, REN Hui-cong and FAN Gui-zhen

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

Abstract: Recently, the laboratory received a few pieces of jade samples whose appearance is very similar to that of nephrite. In order to better identify this kind of jade, the authors studied it by using conventional gemological methods and other methods such as thin section analysis, chemical analysis, infrared spectroscopy, X-ray diffraction analysis and Raman spectroscopy analysis. The results show that the main mineral composition of this jade is sillimanite, with a small amount of biotite and kaolinite. Its structure is prismatic and fibrous crystalloblastic texture distributed mainly in prismatic, fibrous and hairy forms. The black color of the sample may be caused by substitution of Fe^{3+} for Al^{3+} in the lattice. The more the Fe^{3+} content, the darker the color.

Key words: sillimanite; color; structure; mineral composition

目前市场上常见的夕线石多为宝石级的夕线石猫眼, 一般为半透明至透明的单晶体, 常见的颜色有白色、灰色、褐色等, 然而集合体的夕线石在珠宝市场上较为少见。近来实验室收到几个样品, 外观与和田玉相似(图1), 但测试结果为夕线石, 样品颜色以灰白色、黑色为主, 褐色、黄色斑杂分布。据客户称, 该样品产自辽宁桓仁满族自治县, 在当地市场上非常普遍, 常见的还有手串、手镯、雕件等成品(图2)。于是笔者针对该样品进行了常规的宝石学、矿物学、光谱学等特征的研究与探讨, 希望引起广大同

行的注意, 以利于以后对此类样品的鉴别。

1 宝石学特征

1.1 外观特征与常规测试

选取图1b中的5个样品为观察测试对象。从手标本来看, 样品的颜色以灰白色、黑色为主, 褐色、黄色斑杂分布, 光泽为玻璃光泽至油脂光泽, 半透明至不透明, 破裂处呈平坦状断口, 部分样品可见纤维状、放射状结构, 样品质地粗细不一, 颜色斑杂。

收稿日期: 2016-11-14; 修订日期: 2016-11-23

作者简介: 周玲玲(1990-), CGC, 从事珠宝玉石鉴定与研究, E-mail: 1174820645@qq.com。



图 1 夕线石玉样品

Fig. 1 The samples of sillimanite



图 2 夕线石玉成品

Fig. 2 The products of sillimanite

为了进一步了解样品的宝石学性质,采用静水称重法测得样品的相对密度为 3.20 g/cm^3 左右(表 1),折射率在 $1.65 \sim 1.66$ 之间,经摩氏硬度笔刻划,测得样品的摩氏硬度为 7,长短波下均无荧光。样品的具体外观特征与常规测试的宝石学参数见表 1。

2 矿物学特征

2.1 薄片观察

实验选取两个具有代表性的样品 X-4、X-5 切成薄片,在偏光显微镜下观察样品的矿物组成及结构特征(图 3)。薄片分析显示样品的主要组成矿物为夕线石,局部含有少量的云母,夕线石矿物的结构为柱状纤维变晶结构,主要呈纤维状(图 3a)、柱状(图

3e)分布,局部呈毛发状(图 3d)分布。

样品 X-4 在单偏光镜下显示浅褐色,呈纤维状(图 3a)分布,局部呈柱状(图 3c)分布,粒度较细,局部颗粒较粗(图 3c),多色性不明显;正交偏光镜下,呈一级黄的干涉色,平行消光,局部可见云母的二级鲜艳干涉色(图 3b)。

样品 X-5 在单偏光镜下显示浅褐色,局部褐黄色,多呈柱状(图 3e)分布,局部呈毛发状(图 3d)分布,颗粒较粗,局部颗粒较细(图 3d),褐黄色矿物多色性明显,为浅黄色-褐黄色;正交偏光镜下,干涉色为一级暗灰,平行消光。

2.2 化学全分析

夕线石是一种链状硅酸盐矿物,化学组成为 $\text{Al}[\text{AlSiO}_5]$ 。样品 X-4、X-5 的化学成分分析在北京

表 1 样品的宝石学参数
Table 1 Gemological data of samples

样品	外观	相对密度(g/cm ³)	放大检查
X-1	颜色以灰白色为主、褐色斑杂分布,局部丝绢光泽,半透明	3.19	可见纤维状、放射状结构,细腻度一般
X-2	颜色以灰白色、黄色、浅褐色为主,玻璃光泽至油脂光泽,半透明,局部透明	3.20	表面可见黑色呈散点状分布,结构细腻,局部可见解理面闪光
X-3	颜色以黑色为主,灰白色间杂分布,玻璃光泽,半透明至不透明	3.16	粒度较大,结构较粗,局部呈纤维状、柱状分布
X-4	颜色以灰白色为主,褐色交杂分布,玻璃光泽至油脂光泽,半透明	3.19	纤维状结构,断口处可见明显的柱状、纤维状形态,不平坦状断口
X-5	颜色以黑色为主,极少部分为灰白色,玻璃光泽,不透明至半透明	3.22	断口处可见放射状、纤维状的晶体形态,不平坦状断口

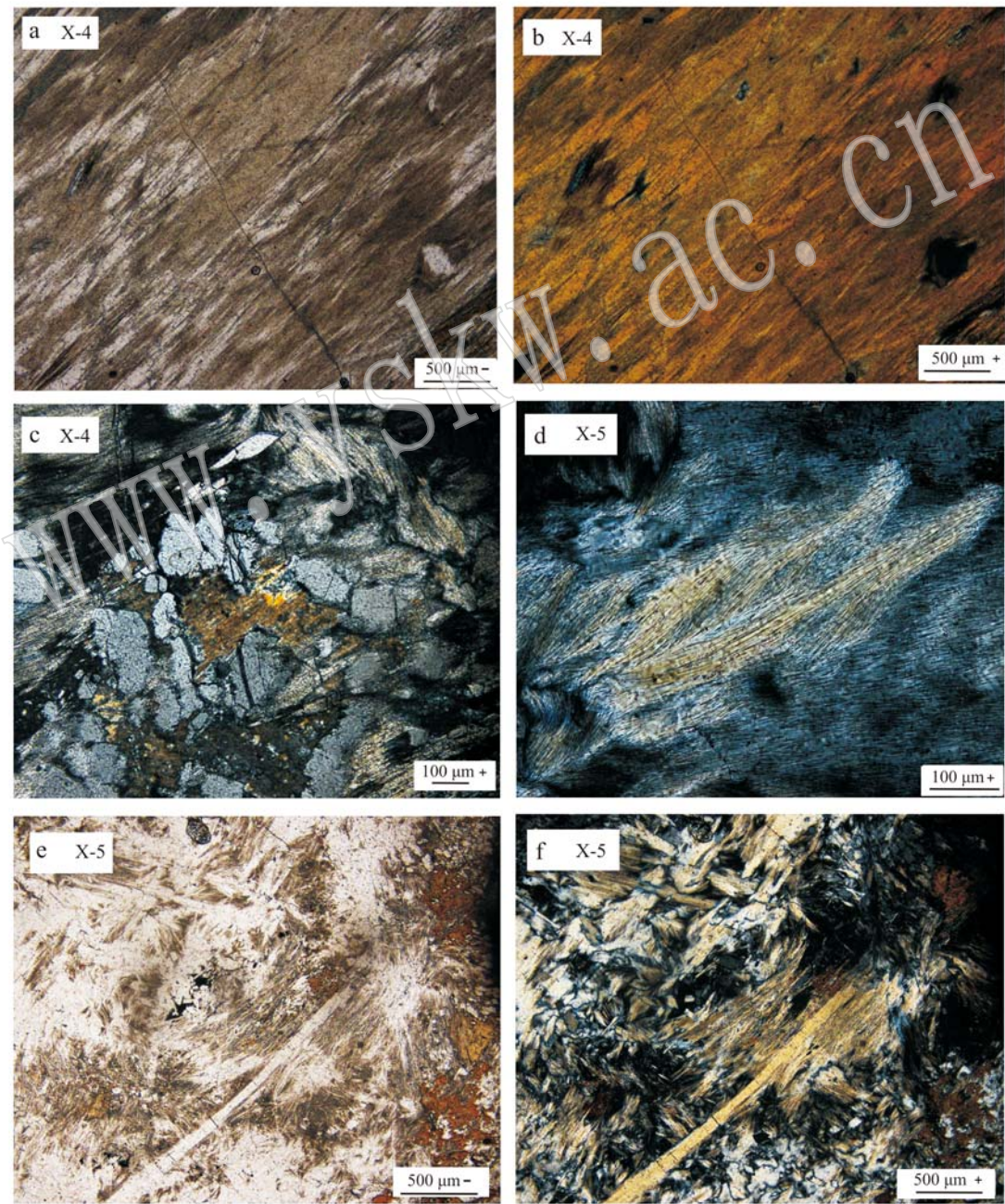


图 3 样品在偏光显微镜下特征
Fig. 3 Features of the samples seen under polarization microscope

大学地球与科学学院的造山带和地壳演化教育部重点实验室完成,测试人:杨斌,测试仪器:顺序式 X 射线荧光光谱仪,仪器型号:ARL ADVANT XP+(美国热电公司),铑靶端窗下照射,最大激发电流 120 mA,最大激发电压 70 kV,最大发射功率 4.2 kW,分析元素 F~U,分析范围 100%~0.001%,激发电流 50 mA,激发电压 50 kV,分析灵敏度 0.001%。

样品的化学全分析结果见表 2,其中主要化学成

分为 Al_2O_3 和 SiO_2 ,与夕线石矿物的理论值 Al_2O_3 62.93%、 SiO_2 37.07% (王璞等,1984)基本一致。次要化学成分为 Fe_2O_3 ,含量为 0.77%~1.40% 左右,说明晶格中有少量的 Fe^{3+} 以类质同像替代 Al^{3+} ,而样品 X-5 中 Fe_2O_3 的含量明显比样品 X-4 的含量要高,结合其颜色对比(样品 X-4 主要为灰白色,样品 X-5 主要为黑色),认为样品呈黑色的原因可能与 Fe^{3+} 的含量有关, Fe^{3+} 含量越高颜色越深。

表 2 样品的化学成分

$w_B/\%$

Table 2 Chemical compositions of samples

样号	Al_2O_3	SiO_2	Fe_2O_3	K_2O	CaO	MgO	Na_2O	TiO_2	P_2O_5
X-4	61.56	35.54	0.77	0.75	0.16	0.12	0.14	0.02	0.10
X-5	61.00	35.96	1.40	0.57	0.08	0.52	0.06	0.12	0.02

3 光谱学特征

3.1 红外光谱分析

采用粉末透射法对样品 X-4、X-5 样品进行红外光谱测试,实验在北京北大宝石鉴定中心完成。所用仪器是德国布鲁克斯光谱仪器公司的 Tensor27 型傅里叶变换红外光谱仪,仪器的工作条件:温度 18~20℃,湿度 34%~36%,电压 220 V,分辨率 8 cm^{-1} ,扫描范围 $4000\sim400\text{ cm}^{-1}$,扫描 16 s。透射法采用 KBr 压片法,取样品 0.8~1.0 mg, KBr 200 mg,压片条件为抽真空后加压到 8 t,加压时间为 5 min。分析结果如图 4。

测试结果显示,该样品在 $1200\sim400\text{ cm}^{-1}$ 具有 1181、962、899、822、746、693、630、483 和 450 cm^{-1} 吸收峰,与矿物红外光谱集(彭文世,1982)中夕线石的吸收峰 1195、1175、960、900、820、743、690、634、487、440 cm^{-1} 对比,可以看出该样品的谱带数目、位置、形状等特征都和标准的夕线石谱带基本一致,这说明该样品的主要矿物成分为夕线石。

3.2 X 射线粉晶衍射分析

选取样品 X-4、X-5,在北京北达燕园微构分析测试中心进行 X 射线粉晶衍射分析实验,实验设备型号 D/max-rA,粉末状样品,铜靶,管电压为 40 kV,管电流为 40 mA,发散缝 1° ,接受狭缝 0.3 mm,防散射狭缝 1° ,连续扫描模式,扫描速度 $8^\circ/\text{min}$ 。

通过分析样品的 X 射线粉晶衍射图谱(图 5),可以看出,样品 X-4 的衍射峰值主要位于 3.37、2.54、

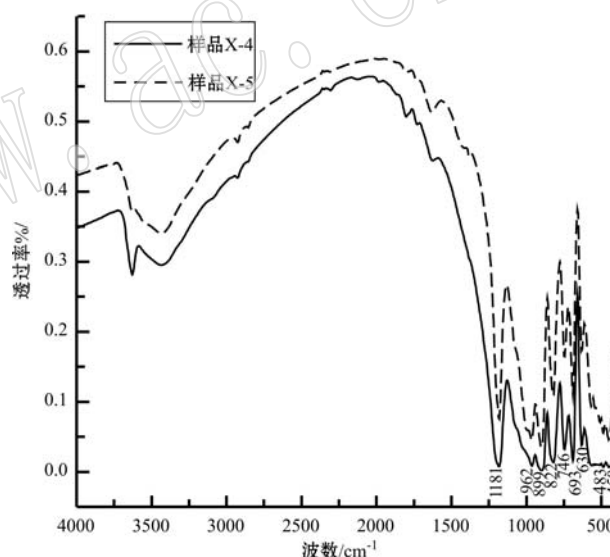


图 4 样品的红外光谱图(KBr)

Fig.4 Infrared spectra of the samples(KBr)

2.20、1.54、1.52 $\text{\AA}$,样品 X-5 的衍射峰值主要位于 7.15、3.38、2.55、2.21、1.54 和 1.52 $\text{\AA}$ 。 d 值 3.38、2.54、2.18 和 1.52 $\text{\AA}$ 为夕线石的吸收峰,1.54 $\text{\AA}$ 为云母的吸收峰,7.15 $\text{\AA}$ 为高岭石的吸收峰(王璞等,1984),与此对比得出结论:样品 X-4、X-5 的 X 射线粉晶衍射谱线与标准的夕线石粉晶谱线基本一致,其中样品 X-4 含少量云母,样品 X-5 含少量云母及高岭石。

3.3 拉曼光谱分析

实验选取样品 X-4、X-5 进行拉曼光谱分析,实验采用英国 Renishaw 公司 RM-1000 型显微激光拉曼光谱仪。激光源为美国光谱物理公司生产的 Ar^+

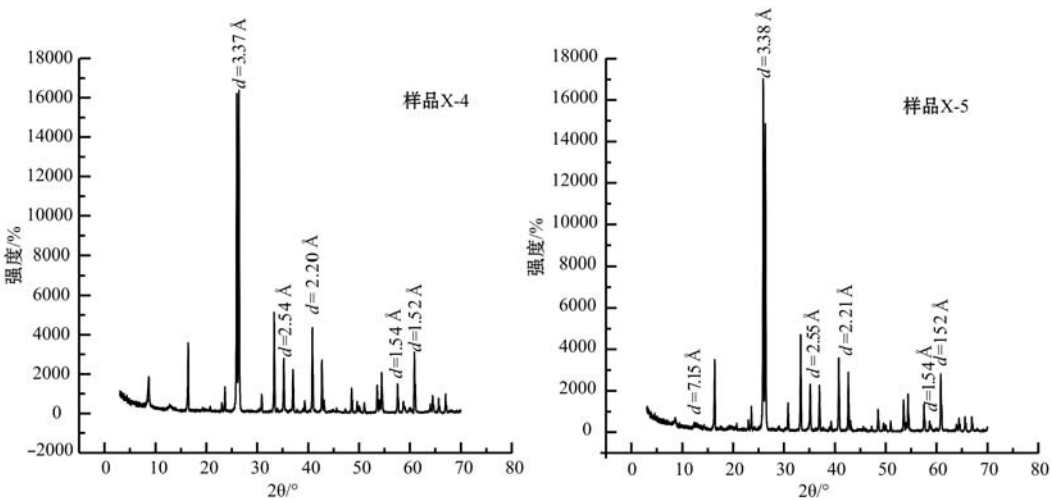


图 5 样品的粉晶衍射图
Fig. 5 X-ray diffraction pattern of the samples

激光器, 波长为 514.5 nm, 功率为 4 mW, 分辨率为 0.5 cm⁻¹, 拉曼位移的波数范围为 1 200~100 cm⁻¹。

对样品 X-4、X-5 进行拉曼光谱测试, 测试结果如图 6。拉曼光谱分析测试显示样品 X-4、X-5 的拉曼光谱特征谱带基本相同, 具有 966、909、875、708、599、459、312、238 cm⁻¹的吸收峰, 与夕线石的拉曼光谱特征吸收峰 964.5、907.5、874.25、710.37、596.37、456.25、311.37 和 235.37 cm⁻¹(数据来源 RRUFF ID: R050601)基本一致, 表明样品 X-4、X-5 的主要矿物成分为夕线石, 与 XRD 测试结果一致。

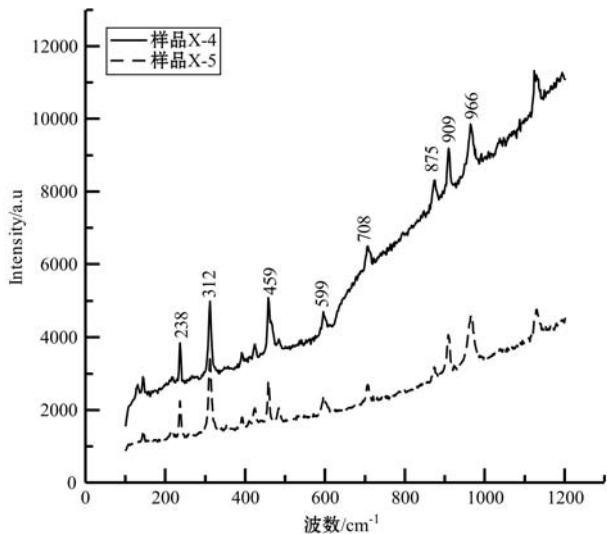


图 6 样品的拉曼光谱图
Fig.6 The Raman spectra of the samples

4 结论

辽宁桓仁以集合体形式产出的夕线石虽然外观与和田玉比较相似, 但是可以通过观察其颜色、光泽、结构等特征来肉眼鉴别该样品, 也可以通过密度测试、红外光谱等方法来准确辨别。

通过本文测试可以得出以下结论: 辽宁桓仁夕线石玉的颜色以灰白色、黑色为主, 黄色、褐色斑杂分布, 夕线石玉结构细腻的呈毛发状、纤维状分布, 结构较粗的呈柱状分布, 整体以柱状纤维交织结构为主。通过红外光谱分析、X 射线粉晶衍射和拉曼光谱分析表明, 样品的主要矿物成分为夕线石, 且含量在 96% 以上, 次要矿物为云母和高岭石。夕线石玉呈黑色的原因可能与 Fe³⁺ 的含量有关, Fe³⁺ 含量越高颜色越深。

致谢 本论文所有样品由邹永春客户提供, 在此表示感谢。

References

Peng Wenshi and Liu Gaokui. 1984. Systemetic Mineralogy[M]. Beijing: Geological Publishing House, 308(in Chinese).
Wang Pu, Pan Zhaolu, Weng lingbao, et al. 1984. Systematic Mineralogy [M]. Beijing: Geological Publishing House, 370~371(in Chinese).

附中文参考文献

彭文世, 刘高魁. 1982. 矿物红外光谱图集[M]. 北京: 科学出版社, 308.
王 濮, 潘兆麟, 翁玲宝, 等. 1984. 系统矿物学(中册)[M]. 北京: 地质出版社, 370~371.