

## 一种石英岩玉

——“独龙玉”的宝石学 and 光谱学特征

韦竟成<sup>1</sup>,张敏<sup>1</sup>,王子骏<sup>1</sup>

(安徽省产品质量监督检验研究院)

**摘要:**“独龙玉”外表与绿色翡翠相似,因价格远低于翡翠,具有较高的市场需求。在常规宝石学测试的基础上,利用红外光谱仪、激光拉曼光谱仪及紫外可见光谱等分析手段,对4件典型的“独龙玉”样品进行宝石学和光谱特征研究分析。结果显示,“独龙玉”样品的主要矿物成分均为石英,特征红外光谱在1180 $\text{cm}^{-1}$ 、1108 $\text{cm}^{-1}$ 处,典型拉曼位移在464.7 $\text{cm}^{-1}$ 处。紫外可见光谱显示绿色部位存在450nm、520nm、650nm、680nm吸收谱带,白色部分仅见450nm、520nm吸收谱带,说明绿色成因与铬云母中Cr元素含量有关。

**关键词:**“独龙玉”;石英岩玉;宝石学;光谱特征

## 引言

石英岩玉是一种由石英和其他矿物组成独特的宝石材料,通常是因高温高压环境下的地质活动而形成的独特宝石学特征,具有硬度和耐磨性较强的优势,被广泛应用于装饰和首饰中,吸引了宝石学界及市场的广泛关注<sup>[1]</sup>。“独龙玉”作为石英岩玉的一个特殊品种,主要产于中国西南部的独龙江地区,其名称不仅蕴含极大的地域特色,也是人们对这种玉石独特魅力的赞美。“独龙玉”具有独特的矿物成分和颜色变化,其外观与冰种飘花翡翠极为相似,具有较大的潜在经济价值<sup>[2-3]</sup>。但“独龙玉”开发时间相对较晚,且产量稀少,本文对其宝石学及光谱特征进行详细研究分析,为“独龙玉”的鉴别及品质评价提供科学依据。

## 1 样品与实验

## 1.1 样品选择

本文选取四件样品,购于云南珠宝市场。样品(图1)为4块颜色具代表性的“独龙玉”样品,依次编号为DL1、DL2、DL3、DL4。



图1 4件“独龙玉”样品照片

## 1.2 测试方法

本次研究主要使用常规宝石学测试、红外光谱测试、激光拉曼光谱测试、紫外-可见吸收光谱测试,均在安徽省地质实验研究所完成测试。

常规宝石测试:可通过镜下检查、折射率测量、密度检测等方法,识别宝石的类型,确认其是否为天然宝石或合成宝石,并且其测试方法多具有非破坏性,不容易对宝石造成损害,可在综合考虑宝石的多个特性的前提下提供全面评估。

红外光谱测试的方法:仪器为德国BRUK-ER TENSOR II型傅立叶变换红外光谱仪。分辨率设置为4 $\text{cm}^{-1}$ ,说明可以分辨的两个波数之间的最小差异是4 $\text{cm}^{-1}$ ,可提供更高的光谱细节。扫描次数设置为32次,可提高信噪比,促进数据准确性和可重复性提升。测试方法为反射法,适合研究样品的表面特性。测试范围为400-2000 $\text{cm}^{-1}$ 涵盖中红外区域的大部分频段,适用于大多数有机化合物和部分无机化合物分析。

激光拉曼光谱测试的方法:仪器为英国雷

尼绍公司Invia激光显微共聚焦拉曼光谱仪。将激光波长设置为532 nm,属于常用的绿色激光波长。测试范围控制在100-2000 $\text{cm}^{-1}$ ,能够对大部分分子振动模式进行有效覆盖。曝光时间设置为5s,是指每次采集数据的时间长度。激光能量控制在10%,是激光输出的强度相对于最大强度的百分比。累计次数控制在5次,利于提升信号信噪比。

紫外-可见吸收光谱测试方法:仪器为广州标旗公司GEM-3000紫外-可见吸收光谱仪,积分时间设置为200ms,可为每次测量的时间长度提供依据。平均次数控制在20次,主要是降低噪声并促进数据准确性提升。测量范围设置为250-1000nm,对光谱仪能够检测的光波长范围进行定义,适合开展高精度的光谱分析。

## 2 结果与分析

## 2.1 常规宝石学特征

对样品DL1进行镜下观察,其颜色表现为绿色,呈现出半透明的玻璃光泽。结构特征为粒状,矿物颗粒均匀分布在岩石当中,并且含有铬云母,呈现为绿色,表现为片状、团块状分布。样品用点测法测定折射率,并对其测量3次,并取平均值1.54作为该样本折射率,与石英岩玉相同。样品借助静水力法实施密度测试,记3次有效读数,取平均值2.66/ $\text{cm}^3$ ,该样品密度与石英岩玉相同<sup>[1]</sup>。

对样品DL2展开镜下观察,颜色为绿、白,呈现为透明-半透明的玻璃光泽。结构为粒状,铬云母呈薄片状,未完全按照某个特定方向排列,但仍然有一定的方向性趋势。使用点测法测量3次折射率,取平均值1.54为样本折射率,与石英岩玉相同。利用静水力法实施密度测试,测试3次取平均值2.65/ $\text{cm}^3$ ,该样品密度与石英岩玉相同。

对样品DL3展开镜下观察,颜色呈现为绿、白,表现出透明-半透明的玻璃光泽。结构为粒状,矿物颗粒均匀分布且的大小和形状具有一致性。内部含有黄色金属光泽的黄铁矿,沿着岩石的某些区域或边界不均匀地分布,形成一些富集或斑点状的区域。绿色铬云母以薄片状或团块状形式分布。用点测法开展3次折射率测定试验,取平均值1.54为折射率,与石英岩玉相同。借助静水力法开展3次密度测试,取平均值2.66/ $\text{cm}^3$ ,该样品密度与石英岩玉相同。

对样品DL4展开镜下观察,颜色为浅灰绿,呈现出半透明的玻璃光泽。结构为粒状,内部黄铁矿分布与液体的渗透效应类似。局部可观察到褐色或红褐色的褐铁矿,主要在石的裂隙或孔隙中沉淀形成,呈现出局部矿物富集的表现。点测法开展3次折射率测定试验,取平均值1.54为折射率,与石英岩玉相同。样品含绳未测密度值。

## 2.2 样品红外光谱特征

将“独龙玉”的样品切割成适当的尺寸,对其进行红外光谱测试。利用标准样品校准红外光谱仪,消除环境噪音和背景干扰,以保证其测试数据的准确性。将制备好的“独龙玉”样品置于仪器中扫描,并对获得红外光谱数据进行详细记录。

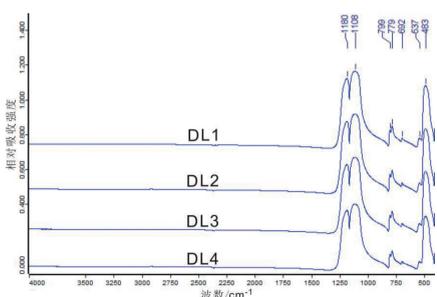


图2 4件样品的典型红外光谱

对样品DL1、DL2、DL3、DL4的红外反射图谱特征峰进行采集,主要红外特征峰位于1180 $\text{cm}^{-1}$ 、1108 $\text{cm}^{-1}$ 、799 $\text{cm}^{-1}$ 、779 $\text{cm}^{-1}$ 、692 $\text{cm}^{-1}$ 、537 $\text{cm}^{-1}$ 、483 $\text{cm}^{-1}$ 附近(图2所示)。其中1180 $\text{cm}^{-1}$ 、1108 $\text{cm}^{-1}$ 对应的是Si-O非对称伸缩振动的特征,在石英等硅酸盐矿物中通常表现为较强的吸收带,说明样品中含有Si-O键。此种特征峰通常较宽且强度较大,表明样品含有丰富的硅氧四面体结构,属于石英矿物;799 $\text{cm}^{-1}$ 、779 $\text{cm}^{-1}$ 、692 $\text{cm}^{-1}$ 对应的是Si-O-Si对称伸缩振动特征,其中799 $\text{cm}^{-1}$ 、779 $\text{cm}^{-1}$ 属于中等强度峰,是石英族矿物的特征吸收峰,692 $\text{cm}^{-1}$ 也属于石英矿物的特征峰,表明样品中含有石英。由此可看出,Si-O-Si对称伸缩振动在石英中具有特定的峰值位置;537 $\text{cm}^{-1}$ 、483 $\text{cm}^{-1}$ 对应的是Si-O弯曲振动,说明样品中存在硅氧四面体结构,属于石英矿物,因为石英中常见此种振动模式<sup>[4-5]</sup>。将石英的标准矿物光谱特征作为依据,对比样品的红外光谱整体谱形、吸收峰位以及强度,可确定“独龙玉”具体成分,尤其是石英特征峰的存在,进一步确认了样品的主要矿物成分为石英。

## 2.3 样品激光拉曼光谱分析

对“独龙玉”进行清洁,让其表面保持干净无污染,由此获得准确的拉曼光谱。选好激光拉曼光谱测量仪器后,将激光束对准样品表面,确保激光聚焦在需要测量的区域。然后对光谱数据进行采集,每个样品通常需要多点测量为数据的代表性提供一定保证,接着做好拉曼散射信号的有效记录。若存在荧光干扰问题,需根据实际情况调整仪器设置或使用适当的背景扣除方法。

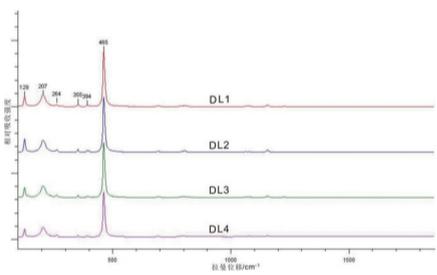


图3 4件样品的典型拉曼光谱

对样品DL1、DL2、DL3、DL4的拉曼光谱测试结果(图3)展开分析可以获得206.8 $\text{cm}^{-1}$ 、264 $\text{cm}^{-1}$ 、355 $\text{cm}^{-1}$ 、394.3 $\text{cm}^{-1}$ 和464.7 $\text{cm}^{-1}$ 特征拉曼峰。其中,206.8 $\text{cm}^{-1}$ 、264 $\text{cm}^{-1}$ 、355 $\text{cm}^{-1}$ 的特征拉曼峰与SiO<sub>2</sub>的平移和旋转振动存在密切关系。464.7 $\text{cm}^{-1}$ 的峰为Si-O-Si弯曲振动,属于石英中的典型特征峰,说明含有石英矿物<sup>[6]</sup>。

## 2.4 样品的紫外-可见吸收光谱

样品DL2具有明显的绿色部分和白色部分,分别对绿色和白色部分进行紫外-可见光谱测试,结果见图4。

对样品DL2绿色和白色部分紫外-可见吸收光谱进行对比,发现绿色部分呈现出Cr、Fe联合特征,主要因绿色部分含较多铬云母。对于Cr<sup>3+</sup>的光谱特征来说,其表现与Cr<sup>3+</sup>的d-d电子跃迁有关。因为Cr<sup>3+</sup>的3d电子组态跃迁与晶体场及分子轨道理论相关,可在不同能级之间发生跃迁,产生特定的吸收特征,主要涉及到<sup>4</sup>A<sub>g</sub>、<sup>4</sup>T<sub>1</sub>和<sup>4</sup>T<sub>2</sub>这几个能级。当Cr<sup>3+</sup>的<sup>4</sup>A<sub>g</sub>跃迁到<sup>4</sup>T<sub>1</sub>,会吸收橙黄光,在光谱中表现为宽吸收带,其中心即650 nm处。而Cr<sup>3+</sup>从<sup>4</sup>A<sub>g</sub>跃迁到<sup>4</sup>T<sub>2</sub>,则吸收蓝紫光,其光谱中心为450 nm处。由此可看出,通常会在蓝紫光(约450 nm)和橙黄光(约650 nm)区域表现出明显的吸收特征;对于

Fe<sup>2+</sup>和Fe<sup>3+</sup>的光谱特征来说,会在不同的配位环境下(八面体和四面体)显示出差异化的吸收特征,尤其是蓝紫光区域,因为两个配位共棱相接,Fe<sup>2+</sup>到Fe<sup>3+</sup>的电荷迁移会在蓝紫光区产生吸收带,强化了蓝紫光区的吸收。因样品中的Cr<sup>3+</sup>和Fe<sup>2+</sup>和Fe<sup>3+</sup>对不同光波长的吸收形成了混合颜色的视觉效果,在橙黄光和蓝紫光的吸收导致剩余光主要集中在绿色区域,使得样品看起来均呈现出绿色外观<sup>[7]</sup>。

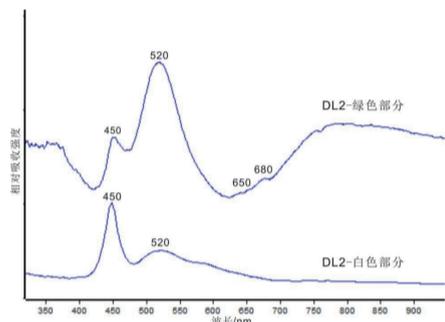


图4 样品DL2的紫外可见光谱

## 3 结论与讨论

“独龙玉”作为石英质玉石,呈细粒状结构。借助镜下观察可看出,样品内部矿物颗粒均呈现出均匀分布的表现,并且包含着点状分布的黄褐色金属包体和片状定向分布的绿色包体。经过点测法获得折射率1.54的数值,经过静水力法测定密度2.65-2.66/ $\text{cm}^3$ ,与石英矿物的折射率与密度具有一致性。

经过红外光谱测试,“独龙玉”与石英矿物成分相同,说明其为天然石英岩玉。红外光谱透射法未检测到树脂胶,说明样品未使用树脂胶进行处理。拉曼光谱测试结果显示典型拉曼位移在464.7  $\text{cm}^{-1}$ 处,与石英岩玉拉曼位移一致。

“独龙玉”的主要成分为石英,可含有Cr、Fe、K、Ca等微量元素,会对样品颜色和特性产生重要影响。结合紫外-可见光谱测试可看出,样品体色与石英晶粒间分布的绿色铬云母中的致色元素Cr相关,经常呈现出游丝状或鳞片状分布,导致样品呈现绿色的体色。而Fe作为微量元素,亦会对绿色的深浅程度产生一定影响。Cr、Fe含量越高,其绿色的深度和饱和度也会更高,有助于鉴别“独龙玉”真假和评价其品质优劣。

## 参考文献

- [1] 张蓓莉,系统宝石学(第二版)[M].北京:地质出版社,2006:374-379.
- [2] 余炼钢.独龙玉的特色及营销开发策略探讨[J].轻工科技,2024,40(3):190-193.
- [3] 张学艳,周景冬,龚昌杰.石英岩玉(独龙玉)及其处理品的无损鉴别[J].超硬材料工程,2024,36(3):64-68.
- [4] 阎铭,梁婉雪,章正刚,等.矿物红外光谱学(第一版)[M].重庆:重庆大学出版社,1989.
- [5] 余炼钢,郑金宇.“非洲独龙玉”的矿物成分及谱学特征[J].光谱学与光谱分析,2024,44(6):1676-1683.
- [6] 余炼钢.石英岩玉(“独龙玉”)的宝石学及光谱特征[J].宝石和宝石学杂志(中英文),2022,24(3):20-30.
- [7] 宋娇,徐晓蔚.“独龙玉”的宝石学鉴定特征探究[J].中国宝石,2022(6):212-215.

第一作者:韦竟成(1990-),女,主要从事珠宝玉石检测工作。