

西藏丁青象牙玉的玉石学及矿物学特征

唐国成¹, 巴桑多吉²

(1. 武钢资源集团有限公司, 湖北 武汉 430080; 2. 西藏自治区地质矿产勘查开发局
第六地质大队, 西藏 拉萨 850000)

摘要:矿床产于西藏丁青县, 其质地温润细腻, 色如象牙, 故得名“象牙玉”, 矿石呈砾石状, 部分呈磨圆状、椭圆状。运用紫外可见光谱、X射线荧光光谱、红外光谱、X射线粉晶衍射及扫描电镜等技术对象牙玉进行了玉石学及矿物学特征研究。结果表明: 象牙玉摩氏硬度在4~6, 相对密度2.92~3.05, 折射率1.62~1.70, 无多色性, 无特征吸收谱带, 主要矿物成分为菱镁矿(MgCO₃), 少量石英(SiO₂), 微量方解石(CaCO₃)。丁青象牙玉的玉石学及矿物学特征可作为产地鉴定的依据。

关键词: 紫外可见光谱; X射线荧光光谱; 红外光谱; X射线粉晶衍射; 扫描电镜; 象牙玉

doi:10.3969/j.issn.1000-6532.2022.06.034

中图分类号: TD989 文献标志码: A 文章编号: 1000-6532(2022)06-0201-06

西藏丁青象牙玉是玉石市场近年来新兴的一种玉石, 其质地温润细腻, 色如象牙, 故得名“象牙玉”, 深受藏族同胞喜爱。随其影响力不断扩大, 引起了国内外越来越多爱玉人士的关注。但是, 一直以来丁青象牙玉尚未得到正式开采, 仅为少数贫困村民捡拾送至小加工作坊进行粗加工, 其玉石学及矿物学特征少有研究。珍贵的象牙玉资源在当地脱贫攻坚、扶困增收方面效果不明显。目前, 当地政府逐渐重视象牙玉产业的发展, 通过建立象牙玉地方标准, 保护地方特色玉石资源, 努力打造象牙玉扶贫产业, 逐步形成象牙玉采挖、加工、销售产业链, 使其在巩固提升、增加群众收入等方面发挥重要作用。因此, 作为中国宝武集团援藏人员, 本文作者努力发挥专业优势, 运用紫外可见光谱^[1]、X射线荧光光谱^[2]、红外光谱^[3]、X射线粉晶衍射及扫描电镜等方法对丁青象牙玉进行了玉石学及矿物学^[4-7]特征的研究, 为象牙玉地方标准的建立打下基础。

1 矿床地质特征

象牙玉矿床产于西藏丁青县热昌村一带的白垩系上统竟柱山组(K_{2j})内, 在大地构造上处于班公湖-怒江碰撞缝合带上, 紧邻丁青蛇绿岩带。

竟柱山组(K_{2j})为一套红色河湖相沉积的砂岩、粉砂岩、砾岩组成, 总体呈NWW-SEE、近EW向展布, 延伸稳定, 倾向NE, 受后期构造运动影响, 地层倾角变化较大, 挤压破碎现象明显, 对玉石品质有一定影响。象牙玉矿体呈带状赋存于竟柱山组(K_{2j})内, 与地层产状一致, 受地层控制明显。矿石呈砾石状, 部分呈磨圆状、椭圆状, 呈“离而不散”碎裂状, 并被后期玛瑙充填胶结, 砾径5.0~100 cm; 部分呈密集棱角状, 砾径0.5~10 cm。矿物呈非均质集合体, 泥晶结构, 未见解理, 未发现矿物包裹体。本次工作共采集象牙玉样品8件, 手标本见图1, 样品均采集于丁青县热昌村, 测试分析均在四川省地质矿产勘查开发局成都综合岩矿测试中心完成。

2 象牙玉玉石学特征

象牙玉的玉石学特征见表1。丁青象牙玉的外表颜色主要呈象牙白色、浅灰白色、浅黄白色、象牙黄色。根据摩氏硬度计测试结果, 其摩氏硬度在4~6之间, 硬度适中。利用静水力学对象牙玉的密度进行了测定, 其整体相对密度在2.92~3.05之间, 而内部相对密度在2.92~2.98之间。内部抛光面总体呈玻璃光泽至亚玻璃光泽。内部

收稿日期: 2020-12-09

作者简介: 唐国成(1978-), 男, 硕士, 高级工程师, 研究方向为矿石工艺矿物学。

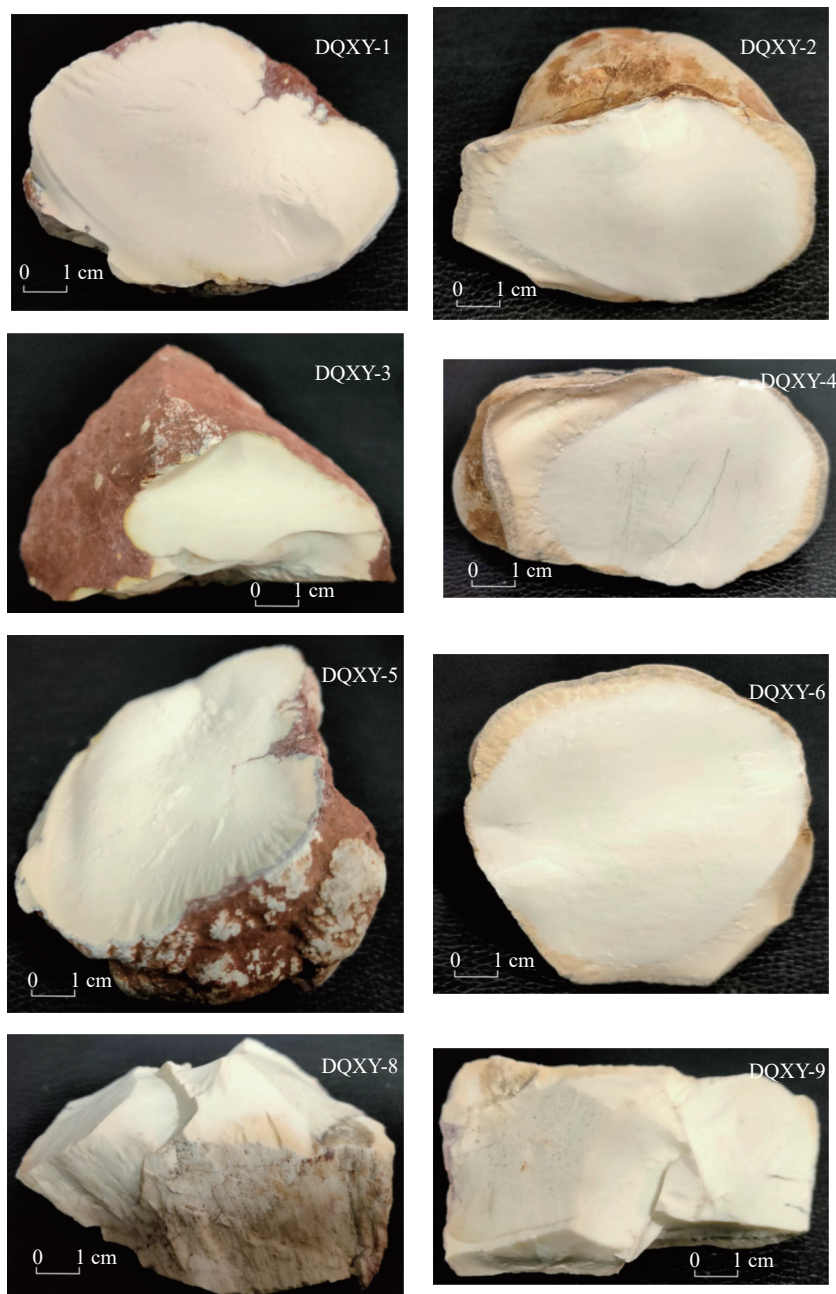


图 1 样品手标本照片
Fig.1 Photo of hand specimen

抛光面折射率点测试结果显示在 1.62~1.7 之间。无多色性，在长波紫外光下均具中等强度线条状蓝白色荧光，在短波紫外光下则具极弱蓝白色荧光，无特征吸收谱带。

3 象牙玉矿物学特征

3.1 X 射线荧光光谱半定量分析

采用 X 射线荧光光谱法对 DQXY-1、DQXY-5 样品进行了半定量分析，结果见表 2。由表 2 可

知，样品矿物元素以氧化物计主要由 CO_2 (55.53%~57.92%) 和 MgO (37.31%~40.87%) 组成，少量 SiO_2 (1.16%~5.40%)，微量 CaO (0.291%~0.880%)、 Fe_2O_3 (0.378%~0.582%)、 NiO (0.196%~0.260%) 等。

3.2 红外光谱分析

采用 Tensor27 型傅里叶变换红外光谱仪，对样品进行了红外光谱分析。将样品切片加工成厚度 3 mm 左右的薄片，用酒精擦拭样品表面，确保

表1 丁青象牙玉的玉石学特征
Table 1 Gemmological characteristics of Dingqing Ivory-jade

样品编号	摩氏硬度	密度		折射率
		相对密度（内部）	相对密度（整体）	
DQXY-1	5~6	2.98	3.05	1.63~1.68
DQXY-2	5~6	2.96	2.95	1.63~1.68
DQXY-3	4~5	2.95	2.96	1.62~1.69
DQXY-4	5~6	2.97	2.93	1.63~1.68
DQXY-5	5~6	2.96	3.02	1.62~1.69
DQXY-6	5~6	2.92	2.92	1.62~1.68
DQXY-8	5~6	2.94	2.94	1.63~1.68
DQXY-9	5~6	2.92	2.92	1.62~1.70

表2 X射线荧光光谱半定量分析结果/%
Table 2 Results of semi-quantitative analysis by X-ray fluorescence spectroscopy

样品编号	CO ₂	MgO	Al ₂ O ₃	SiO ₂	P ₂ O ₅	SO ₃	K ₂ O	CaO	TiO ₂
DQXY-1	55.53	37.31	0.201	5.40	0.0071	0.0795	0.0444	0.88	0.0053
DQXY-5	57.92	40.87	0.0890	1.16	0.0034	0.0201	0.0175	0.291	0.0030

样品编号	MnO	Fe ₂ O ₃	ZnO	SrO	BaO	Er ₂ O ₃	NiO	Co ₃ O ₄
DQXY-1	0.114	0.582	0.0017	0.0018	0.0215	0.0016	0.26	0.012
DQXY-5	0.0995	0.378			0.0105		0.196	0.0052

样品无其他物质污染和外界影响。采用漫反射法分析方法，分辨率为4 cm⁻¹，测量范围分别为4000~400 cm⁻¹，扫描信号加为32次。恒温恒湿实验室条件：温度26℃，相对湿度60%。

根据图2分析可知，样品在中红外区具碳酸根离子振动所致的特征红外吸收谱带。根据红外光谱图和X射线荧光光谱半定量分析结果可知，样品主要矿物为菱镁矿（MgCO₃）。

3.3 X射线粉晶衍射分析

X射线粉晶衍射分析采用粉晶衍射仪，CuKα辐射，Ni片滤波，X光管工作电压为40 kV，电流为40 mA。样品扫描速率为0.02°（2θ/s），仪器分辨率为0.02°（2θ），扫描范围为3~65°（2θ）。通过X射线粉晶衍射分析，结果见表3。由表3可知，样品矿物成分主要为菱镁矿（93.80%~99.56%），少量石英（0.44%~5.80%），微量方解石（0.00~1.05%），与红外光谱的分析结果相一致。

3.4 扫描电镜分析

采用场发射扫描电镜Hitachi S-4800对样品进行了扫描电镜+能谱分析，图谱见图3。分析前取样品新鲜断面喷碳处理，电压20 kV，束斑大小3.0 μm，工作距离约为15 mm。

样品的新鲜断面在扫描电镜下可见菱镁矿颗粒（图3），矿物晶颗粒大小为1~2 μm，颗粒大小较均匀，变化不超过1 μm，结构较致密，定向性差，主要呈自形-半自形针状、针柱状。DQXY-5样品中可见不规则硅化，硅化脉边界清晰，与菱镁矿呈突变接触，与手标本中可见玛瑙沿裂隙充填观测结果一致。

能谱分析结果见表4，样品以MgO、CO₂为主，部分样品由于硅化，SiO₂含量较高。

通过扫描电镜+能谱图谱分析结果可知，样品矿物成分主要为菱镁矿（MgCO₃）。与红外光谱、X射线粉晶衍射分析结果一致。

4 结论

（1）象牙玉总体上呈象牙白色，风化色呈象牙黄色，部分由于含少量Fe₂O₃，可呈“血丝状”，其摩氏硬度在4~6之间，硬度适中，具有较好的抗刻化强度，可作为首饰品、雕刻摆件的高档玉石原料。

（2）象牙玉整体相对密度在2.92~3.05之间，而内部相对密度在2.92~2.98之间，抛光面总体呈玻璃光泽至亚玻璃光泽，内部抛光面折射率测试测试结果在1.62~1.7之间，无多色性，在

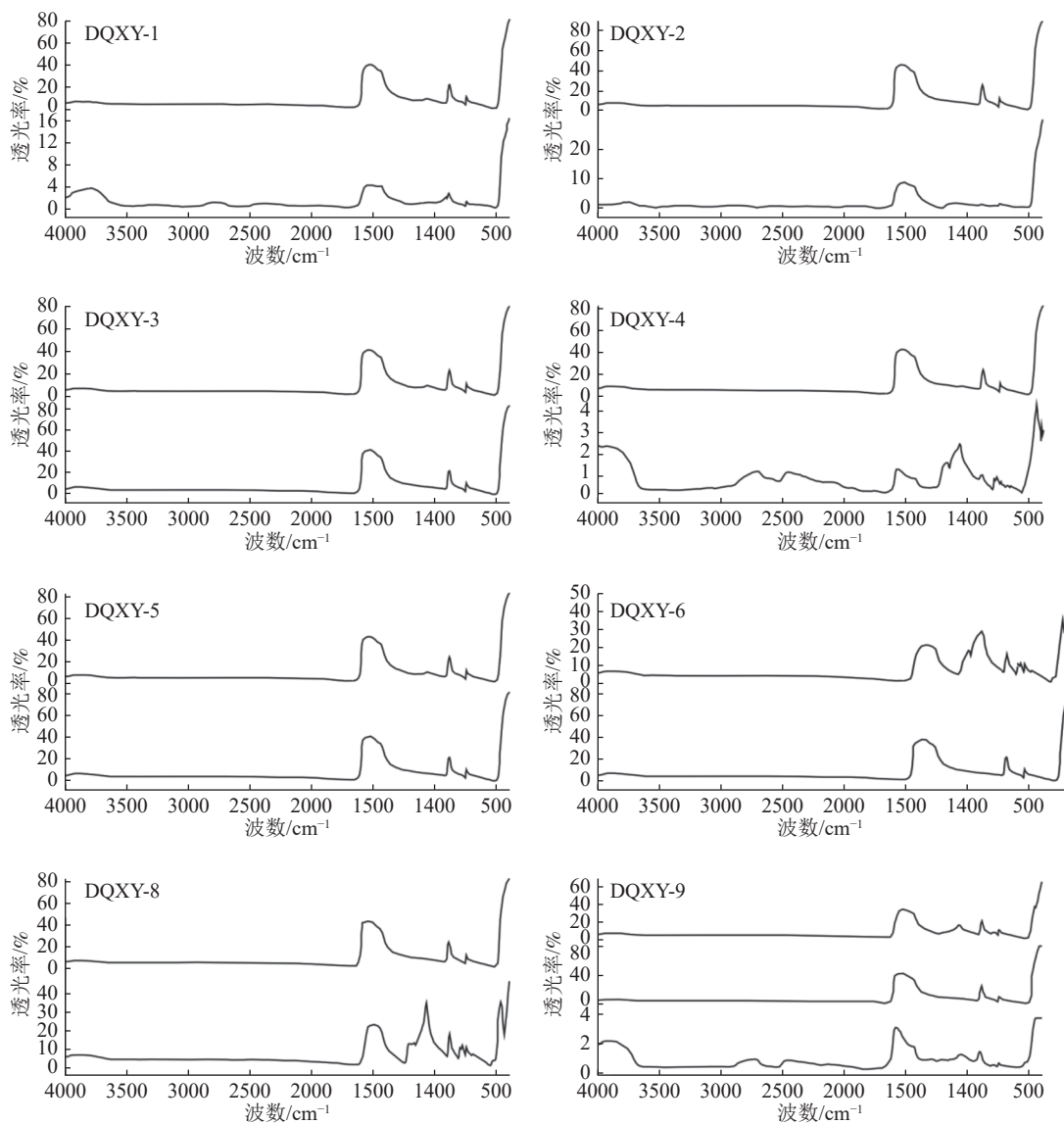


图 2 样品红外光谱

Fig.2 Infrared spectroscopy of the sample

表 3 X-射线粉晶衍射分析

Table 3 X-ray powder diffraction analysis

样品编号	矿物含量/%			总含量/%
	石英	方解石	菱镁矿	
DQXY-1	5.15	1.05	93.80	100.00
DQXY-2	0.80	0.83	98.37	100.00
DQXY-3	5.80	0.35	93.85	100.00
DQXY-4	0.71	0.41	98.88	100.00
DQXY-5	1.13	0.34	98.53	100.00
DQXY-6	5.05		94.95	100.00
DQXY-8	0.75		99.25	100.00
DQXY-9	0.44		99.56	100.00

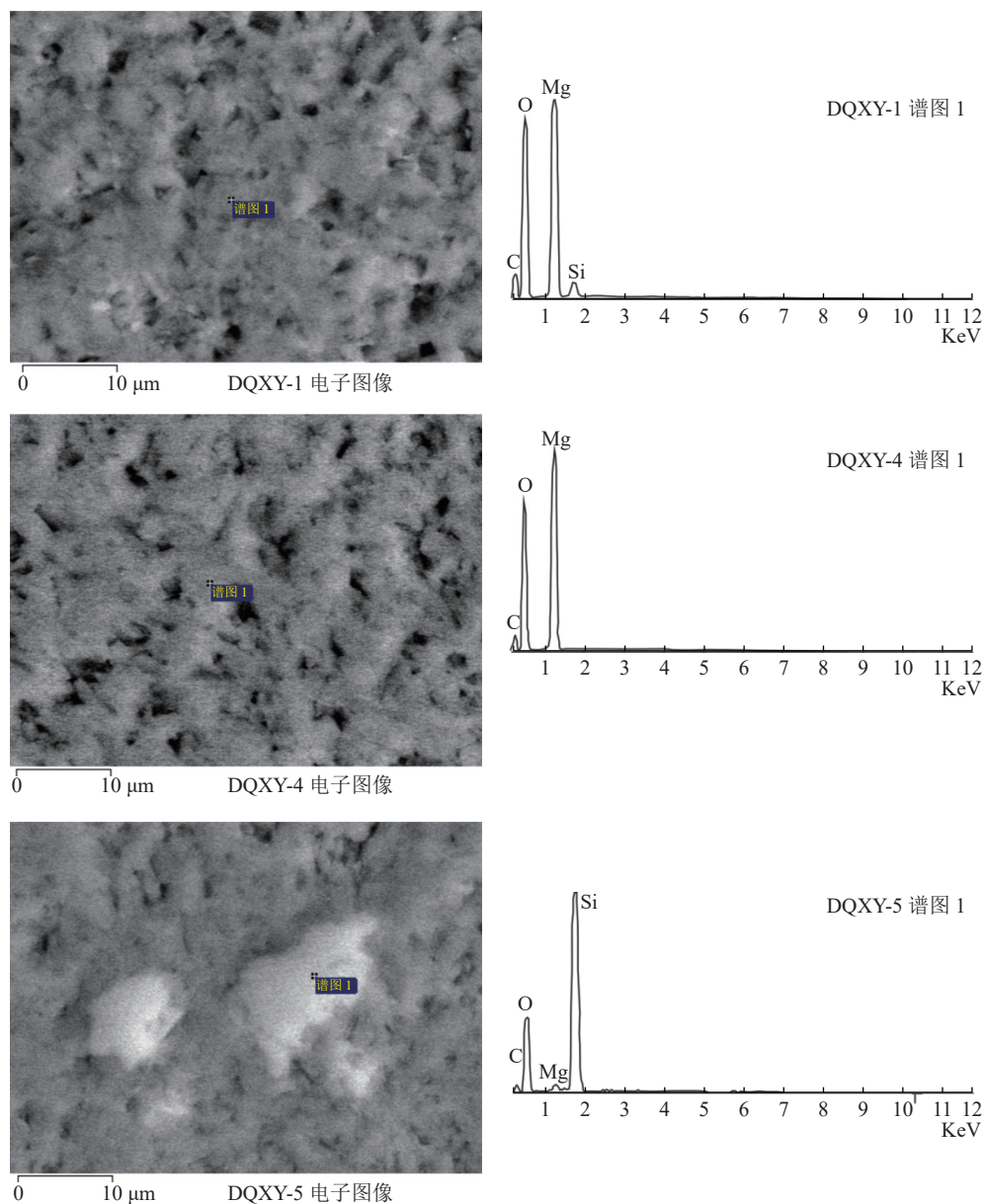


图3 样品电镜扫描图像及能谱

Fig.3 Scanning electron microscope images and energy spectra of the samples

表4 样品能谱分析结果

Table 4 Results of sample energy spectrum analysis

样品编号	C				Mg				Si				O	
	重量/%	原子/%	化合物/%	化学式	重量/%	原子/%	化合物/%	化学式	重量/%	原子/%	化合物/%	化学式	重量/%	原子/%
DQXY-1	15.64	21.61	57.30	CO ₂	24.15	16.49	40.04	MgO	1.24	0.74	2.66	SiO ₂	58.97	61.17
DQXY-4	14.84	20.69	54.36	CO ₂	27.52	18.96	45.64	MgO					57.64	60.35
DQXY-5	10.48	15.33	38.41	CO ₂	1.00	0.73	1.67	MgO	28.01	17.52	59.92	SiO ₂	60.50	66.42

长波紫外光下均具中等强度线条状蓝白色荧光，在短波紫外光下则具极弱蓝白色荧光，无特征吸收谱带。

(3) 通过 X 射线荧光光谱、红外光谱、X 射

线粉晶衍射及扫描电镜等测试，象牙玉主要矿物成分为菱镁矿 (MgCO₃)，少量石英 (SiO₂)，微量方解石 (CaCO₃)。其玉石学及矿物学特征可作为产地鉴定的依据。

参考文献:

- [1] 韩冬, 刘喜锋, 刘琰, 等. 新疆和田地区大理岩型和田玉的形成及致色因素探讨[J]. *岩石矿物学杂志*, 2018, 37(6):1011-1026.
- HAN D, LIU X F, LIU Y, et al. Genesis of dolomite-related nephrite from Hetian and color-forming factors of typical nephrite in Hetian, Xinjiang[J]. *Acta Petrologica et Mineralogica*, 2018, 37(6):1011-1026.
- [2] 高静, 巫翔, 秦善. X射线吸收谱在宝石学研究中的应用[J]. *岩石矿物学杂志*, 2014, 33(S2):155-160.
- GAO J, WU X, QIN S. The application of X-ray absorption spectroscopy to gemology[J]. *Acta Petrologica et Mineralogica*, 2014, 33(S2):155-160.
- [3] 郭立鹤, 韩景仪. 和田玉、玛纳斯碧玉和岫岩老玉中M1、M3阳离子占位的红外光谱分析[J]. *岩石矿物学杂志*, 2002, 21(S1):68-71.
- GUO L H, HAN J Y. The IR analyses of M1 and M3 cation occupation of Hetian jade, Manasi green jade and Xiuyan old jade[J]. *Acta Petrologica et Mineralogica*, 2002, 21(S1):68-71.
- [4] 刘飞, 余晓艳. 中国软玉矿床类型及其矿物学特征[J]. *矿产与地质*, 2009, 23(4):375-380.
- LIU F, YU X Y. Classification and mineralogical characteristics of nephrite deposits in China[J]. *Mineral Resources and Geology*, 2009, 23(4):375-380.
- [5] 潘兆橧. 结晶学及矿物学(上册)[M]. 北京: 地质出版社, 1993.
- PAN Z L. Crystallography and Mineralogy(the first volume)[M]. Beijing: Geological Publishing House, 1993.
- [6] 汤惠民. 行家这样买宝石[M]. 南昌: 江西科学技术出版社, 2011: 233-240.
- TANG H M. Connoisseur buy gemstones like this[M]. Jiangxi Science and Technology Press, 2011, 233-240.
- [7] 许雅婷, 陈涛. 老挝北部黄色图章石的矿物成分及微量元素特征[J]. *岩石矿物学杂志*, 2019, 38(3):399-409.
- XU Y T, CHENG T. Mineral composition and trace element characteristics of Laos Northern Yellow Stone[J]. *Acta Petrologica et Mineralogica*, 2019, 38(3):399-409.

Gemmological and Mineralogical Characteristics of Dingqing Ivory-jade in Tibet

Tang Guocheng¹, Basang Duoji²

(1. WISCO Resources Group Co., Ltd., Wuhan, Hubei, China; 2. The Sixth Geological Brigade of Tibet Bureau of Geology and Mineral Resources, Lhasa, Tibet, China)

Abstract: This deposit is located in Dingqing county, Tibet. Its texture is warm and delicate, and its color is like ivory, so it is named "Ivory jade". The ore is gravel-shaped, and some of it is round and oval. The gemmological and mineralogical characteristics of Dingqing Ivory-jade from Tibet are studied by means of UV-Vis Spectroscopy, X-ray Fluorescence Spectroscopy, Infrared Spectroscopy, XRD and SEM. The results show that: the Mohs hardness of Ivory-jade is 4~6, the relative density is 2.92~3.05, the refractive index is 1.62~1.70, no polychromism nor characteristic absorption band, the main mineral composition is magnesite (MgCO₃), with a small amount of quartz (SiO₂), trace calcite (CaCO₃). The gemmological and mineralogical characteristics of Dingqing Ivory-jade can be used as the basis of its origin identification.

Keywords: UV-Vis spectroscopy; X-ray fluorescence spectroscopy; Infrared spectroscopy; XRD; SEM; Ivory-jade