

## “加瓷”处理绿松石的成分及谱学特征研究

黄莉莹, 陈全莉\*, 高欣欣, 杜阳, 徐丰舜

中国地质大学(武汉)珠宝学院, 湖北 武汉 430074

**摘要** 近年来,市场上出现了一类利用新型无机结合剂处理的绿松石,经此类方法处理的绿松石与天然绿松石极为相似,普遍表现为结构细腻、呈现玻璃-蜡状光泽,行业上称之为“加瓷”处理绿松石(简称“加瓷”绿松石)。采取常规宝石学仪器、红外吸收光谱仪、紫外-可见分光光度计以及能谱色散型X射线荧光光谱仪对“加瓷”绿松石的宝石学性质、振动光谱特征以及化学成分组成特征进行了系统的研究和分析。研究结果显示:“加瓷”绿松石样品的密度大都小于 $2.200\text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$ ,与处理前密度有关,故用于“加瓷”处理的样品以密度较低的绿松石为主;“加瓷”绿松石均表现为典型的低密度、较细腻的结构外观和蜡状-玻璃光泽的组合特征,与品质相当天然绿松石特征不一致,可作为“加瓷”绿松石重要的辅助性鉴别特征。“加瓷”绿松石在长、短波紫外荧光下的发光性与天然绿松石近于一致;显微观察下铁线、裂隙凹陷处常出现白色融出物,孔道内可见毛发状结晶体。“加瓷”绿松石的主要化学成分与天然类似,以 $\text{CuO}$ 、 $\text{Al}_2\text{O}_3$ 和 $\text{P}_2\text{O}_5$ 为主,并含有一定量的 $\text{FeO}$ (铁的氧化物)、 $\text{ZnO}$ 、 $\text{SiO}_2$ 、 $\text{K}_2\text{O}$ 和 $\text{CaO}$ 。其中,“加瓷”处理绿松石样品中 $\text{SiO}_2$ 含量基本在6.40%以上,均高于天然绿松石中的 $\text{SiO}_2$ 含量(1.96%~6.25%),而 $\text{Al}_2\text{O}_3$ 和 $\text{P}_2\text{O}_5$ 含量都较天然绿松石偏低,磷铝比例基本与天然绿松石一致,为1.10左右。利用“加瓷”绿松石较高的 $\text{SiO}_2$ 含量和表面特征可将其与天然绿松石进行有效鉴别。“加瓷”绿松石与天然绿松石的红外吸收光谱特征基本一致。“加瓷”绿松石的UV-Vis光谱表现为620~750 nm处的吸收峰以及425 nm附近处较为锐利的吸收峰,因颜色不同峰位稍有偏移,但总体与天然绿松石的UV-Vis光谱特征趋于一致。

**关键词** “加瓷”绿松石;红外吸收光谱;化学成分;紫外吸收光谱;宝石学特征

**中图分类号:** P575.4 **文献标识码:** A **DOI:** 10.3964/j.issn.1000-0593(2021)07-2245-06

## 引言

绿松石的化学成分为 $\text{CuAl}_6[\text{PO}_4]_4[\text{OH}]_8\cdot 4\text{H}_2\text{O}$ ,自古以来深受人们喜爱,我国主要产地为湖北、安徽、陕西、新疆等地。高品质天然绿松石质地细腻、光洁明亮,如同瓷器釉面,精美绝伦。然而高品质绿松石产量日渐稀少,其价格持续上涨;大多数中低品质绿松石存在颜色浅、光泽差、质地疏松、裂隙发育等问题,难以满足消费者的需求。

目前,行业内主要采用在常压或加压条件下注入有机结合剂,改变此类中低品质绿松石的颜色、结构及致密度,使用此类方法处理的绿松石,可利用红外吸收光谱中有机聚合物典型的 $\nu_s(\text{CH}_2)$ 的对称、 $\nu_{as}(\text{CH}_2)$ 的反对称伸缩振动以及 $\nu(\text{C}=\text{O})$ 的伸缩振动所产生的吸收谱带进行识别<sup>[1]</sup>。2009

年—2010年,陈全莉等<sup>[2]</sup>选用与绿松石化学组成相近的无机 $\text{Al}(\text{H}_2\text{PO}_4)_3$ 结合剂对绿松石的次级单体料进行处理,使此类绿松石的颜色、质地得到了不同程度的改善,处理后的绿松石可加工成首饰用饰品,且利用常规宝石学测试方法、谱学测试等测试技术无法将其与天然绿松石区分开。近年来,市场上出现了一类利用新型无机结合剂处理的绿松石,经此类方法处理的绿松石颜色与天然绿松石相似,致密度较好,表面光泽较强,接近天然高品质瓷松,故俗称为“加瓷”处理绿松石。“加瓷”绿松石外观与天然绿松石极为相似,利用常规宝石学测试方法较难与天然绿松石区分,目前此类处理绿松石大部分被当做天然绿松石即“原矿”绿松石进行售卖,对绿松石销售带来了一定的冲击,同时增加了珠宝鉴定人员的工作难度。有关“加瓷”绿松石的研究较为薄弱,为了更加系统地发现“加瓷”绿松石的宝石学特征及其与天然相似品质绿

收稿日期: 2020-01-08, 修订日期: 2020-05-12

基金项目: 国家自然科学基金项目(41272053), 国家重点研发计划项目(2018YFF0215403), 中国地质大学(武汉)珠宝检测技术创新中心基金项目资助

作者简介: 黄莉莹,女,1999年生,中国地质大学(武汉)珠宝学院本科生 e-mail: 386260434@qq.com

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

松石的宝石学特征差异, 本工作重点选取了较为常规的宝石学测试方法、紫外-可见(UV-Vis)吸收光谱、红外吸收(FT-IR)光谱以及能谱色散型 X 射线荧光(XRF)光谱, 在近乎对样品无损的前提下, 对“加瓷”绿松石进行了系统的测试和研究, 旨在研究“加瓷”绿松石的宝石学特征, 从而得出“加瓷”绿松石的有效鉴别方法。

## 1 实验部分

本文测试以及研究所选用天然及“加瓷”处理绿松石的样

品共计 47 粒, 其中包括天然 14 粒, “加瓷”处理绿松石 33 粒(部分样品如图 1), 样品均购于湖北省十堰市竹山县及广东省广州市珠宝交易市场, 所有样品均已打磨成型。“加瓷”处理绿松石的颜色种类较多, 包括天蓝色、蓝白色、蓝绿色及黄蓝色, 与天然绿松石颜色品种一致。部分“加瓷”处理绿松石表面颜色分布不均匀(图 1), 如样品 G11.3 及样品 G14.1, 肉眼可见表面分布有大量白色斑点。25 粒“加瓷”处理绿松石及 7 粒天然绿松石样品均显示为蜡状-玻璃光泽, 其余为土状光泽(文中样品编号 N 指天然绿松石样品, G 指“加瓷”绿松石样品)。

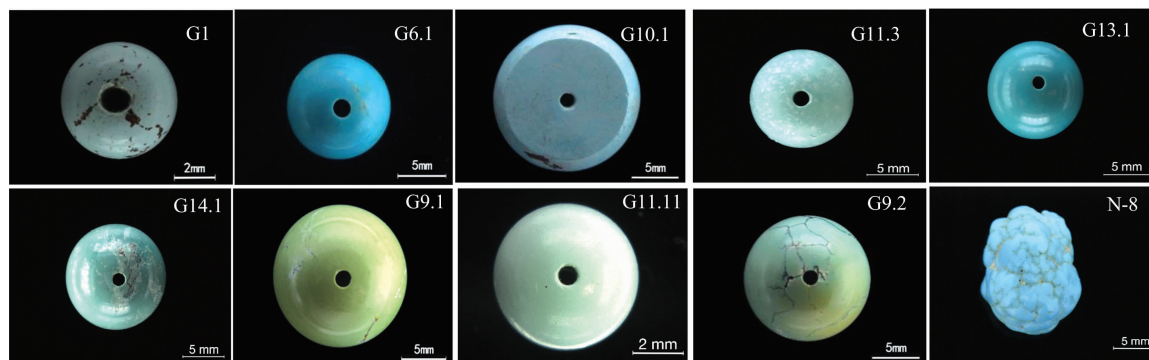


图 1 部分绿松石样品图

Fig. 1 Samples of turquoises

所有样品测试均在中国地质大学(武汉)珠宝学院实验室完成。样品 XRF 光谱分析测试使用 ThermoFisher 厂商生产出 X-RAYS 仪器完成, 其型号规格为 ARLQuant'x EDXRF Analyzer, 测试使用有关报道建立的绿松石工作曲线, 测试结果将水归一化, 其主量氧化物的含量总和近 100%。测试所用的紫外-可见分光光度计型号为 Lambda 650 S。测试条件为: 表面反射法, 分辨率 1 nm, 激发光源为钨灯源(A 光源, 色温 2 850 K), 室温约为 22 °C, 测试波长范围为 250~800 nm。

对绿松石样品进行分析的红外光谱仪为 BRUKER VERTEX80, 采用溴化钾压片法, 并使用透射法, 扫描样品 32 次, 扫描背景的次数为 32, 分辨率 4  $\text{cm}^{-1}$ , 光阑设置 8 mm, 扫描范围 400~4 000  $\text{cm}^{-1}$ , 曝光时间 10 s, 重复 3 次, 室温约 22 °C。基于测试结果进行 TR→AB 谱图转换及基线调整, 归纳出相应红外吸收光谱图。

## 2 结果与讨论

### 2.1 “加瓷”绿松石的密度特征、发光性特征及显微特征

将所有绿松石样品进行静水称重测试, 每粒测试 1~2 次取平均值。测试结果显示(图 2), 天然绿松石的密度范围为 2.089~2.697  $\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$ , 平均值为 2.400  $\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$ , 质地较差绿松石密度较小, 一般在 2.500  $\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$  以下, 致密度高的绿松石密度较大, 大部分在 2.500  $\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$  以上。“加瓷”处理绿松石的密度在 1.890~2.559  $\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$  范围内, 平均值是 2.086  $\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$ 。

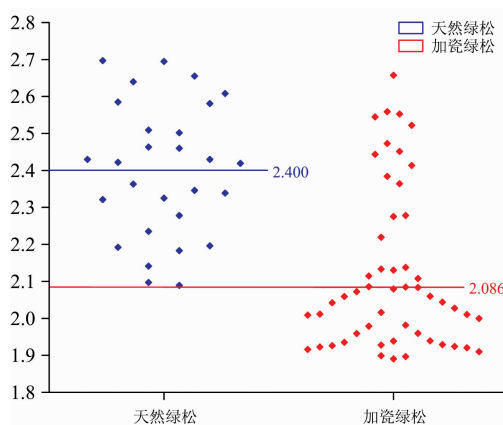


图 2 绿松石样品相对密度投点图

Fig. 2 Relative density plot of Turquoise samples

天然绿松石的颜色、光泽、硬度、密度与其致密度有关, 结构致密的绿松石硬度、密度均较大, 抛光后光泽较强, 呈典型的蜡状-玻璃光泽。而“加瓷”处理绿松石样品表现为典型的低密度(大部分样品密度小于 2.200  $\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$ )、较细腻的结构和较强的玻璃光泽的特征, 与天然绿松石的特征不符。“加瓷”处理绿松石样品的密度与处理前绿松石的密度有关, “加瓷”处理绿松石样品的密度范围差别较大, 但大多数小于 2.200  $\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$ , 说明处理前绿松石的密度范围较大, 以密度较低的绿松石材料为主。因此, “加瓷”绿松石较小的密度与其表面蜡状-玻璃光泽和较细腻的结构组合可作为“加瓷”绿松石的一项辅助性鉴别特征。

在 365 nm 长波紫外灯下, 天然蓝白色绿松石发出弱蓝

白色荧光、天然绿色及黄色绿松石基本无荧光, 在 254 nm 短波下均显惰性。“加瓷”绿松石的发光性与天然绿松石的发光特征近于一致。

显微观察发现“加瓷”绿松石样品孔道、凹陷处可见明显

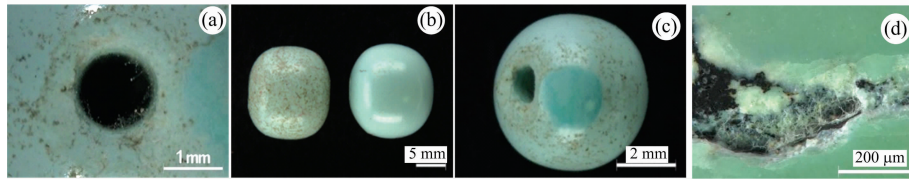


图 3 “加瓷”处理绿松石表面特征

(a, d): 粒状透明晶体及毛发状细丝; (b): 光泽变化; (c): 局部团状蓝色色斑

Fig. 3 Surface characteristics of turquoise treated by “Porcelain-Added”

(a, d): Granular transparent crystals and hairy filaments; (b): The change of luster; (c): Local blue spots appear

## 2.2 UV-Vis 光谱特征

绿松石是一种自色矿物,  $\text{Fe}^{3+}$  可以完全类质同象替代本身成分中的  $\text{Al}^{3+}$ 。有研究表明,  $\text{Fe}^{3+}$   $d-d$  电子跃迁可以导致紫区 425 nm 附近的吸收带, 使绿松石形成黄和绿色的色调<sup>[1]</sup>; 620~750 nm 附近的宽缓吸收带由  $[\text{Cu}(\text{H}_2\text{O})_4]^{2+}$  中  $\text{Cu}^{2+}$  的  $d-d$  电子跃迁产生,  $[\text{Cu}(\text{H}_2\text{O})_4]^{2+}$  吸收红光和橙光, 使绿松石呈现为蓝色调。绿松石的黄绿色调由  $\text{Fe}^{3+}$  的含量决定, 而绿松石最终呈现的颜色则取决于  $\text{Fe}^{3+}$  和  $[\text{Cu}(\text{H}_2\text{O})_4]^{2+}$  的相对含量。

测试选取 16 颗不同瓷度的“加瓷”绿松石及 4 颗与之瓷度相当天然样品进行紫外~可见吸收光谱测试, 分别选取不同位置进行 2~3 次测试。测试结果显示, 在“加瓷”处理绿松石样品的 UV-Vis 吸收光谱中, 普遍可见 620~750 nm 吸收峰以及 425 nm 附近处较为锐利的吸收峰, 因颜色不同峰位稍有差异, 但总体与天然绿松石的 UV-Vis 光谱特征一致(如图 4 所示)。

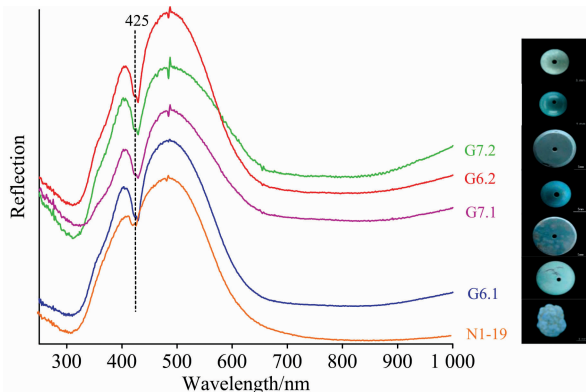


图 4 部分绿松石样品紫外-可见吸收光谱

Fig. 4 UV-Vis absorption spectra of some turquoise samples

## 2.3 红外吸收光谱特征

测试样品共计 24 颗, 包括天然绿松石 4 颗, “加瓷”绿松石 20 颗。刮取“加瓷”处理绿松石表面的出融物以及所收集的竹山县某“加瓷”绿松石工厂中残余结合剂样液烘干制成粉末并分别制成 KBr 压片, 进行 FTIR 光谱测试。将测试所得 FTIR 谱图分两区进行分析: 4 000~1 300  $\text{cm}^{-1}$  (I 区) 和

的粒状透明晶体及毛发状细丝[图 3(a, d)], 遇水受潮阴干后或佩戴后出现明显的浑圆状深色斑块和光泽变弱的现象[图 3(b, c)]。

1 300~400  $\text{cm}^{-1}$  (II 区)。

### 2.3.1 天然绿松石振动光谱特征

图 5 显示, 天然绿松石谱图 I 区呈现为: 3 500~3 400  $\text{cm}^{-1}$  附近出现  $\nu(\text{OH})$  伸缩振动吸收峰, 3 300~3 000  $\text{cm}^{-1}$  附近吸收峰由  $\nu(\text{H}_2\text{O})$  振动引起, 1 640  $\text{cm}^{-1}$  附近为  $\delta(\text{H}_2\text{O})$  吸收峰, 与熊燕等研究结果一致<sup>[3-5]</sup>。II 区显示 1 200~1 000  $\text{cm}^{-1}$  为  $\nu(\text{PO}_4^{3-})$  非对称伸缩振动吸收峰, 呈“四指状”, 900  $\text{cm}^{-1}$  附近为  $\nu(\text{PO}_4^{3-})$  对称伸缩振动,  $\delta(\text{OH})$  面外弯曲振动位于 840 和 786  $\text{cm}^{-1}$  处,  $\delta(\text{PO}_4^{3-})$  非对称弯曲振动频率位于 646, 595, 549, 476  $\text{cm}^{-1}$  附近, 主峰在 1 100  $\text{cm}^{-1}$  附近。

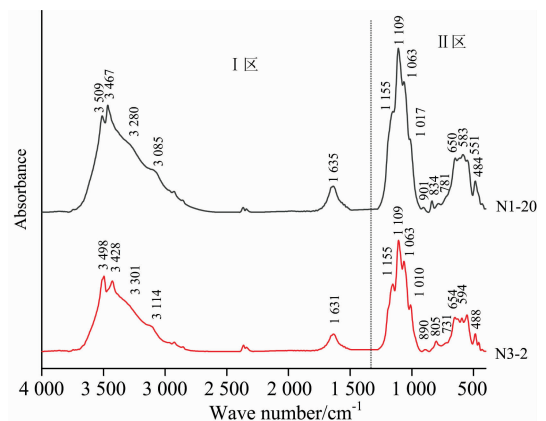


图 5 天然绿松石红外光谱图

Fig. 5 Infrared spectra of natural turquoise

### 2.3.2 “加瓷”处理绿松石振动光谱特征

“加瓷”处理绿松石谱图(如图 6 所示) I 区显示 3 509 和 3 463  $\text{cm}^{-1}$  附近  $\nu(\text{OH})$  伸缩振动吸收, 3 300 和 3087  $\text{cm}^{-1}$  附近为  $\nu(\text{H}_2\text{O})$  伸缩振动所致吸收峰, 1 640  $\text{cm}^{-1}$  附近为  $\delta(\text{H}_2\text{O})$  弯曲振动吸收峰, 与天然绿松石样品 FTIR 光谱特征显示一致。同时, “加瓷”处理绿松石多在 2 975 和 2 925  $\text{cm}^{-1}$  出现非常微弱的吸收峰, 可能为  $\text{CH}_2$  伸缩振动所致<sup>[3]</sup>。此外, 部分样品在 1 400  $\text{cm}^{-1}$  附近的吸收峰相较于天然绿松石显著, 可能为  $\nu(\text{CO}_3^{2-})$  伸缩振动<sup>[6]</sup> 或  $\nu(\text{NO}_3^-)$  反对称伸缩振动引起。II 区显示 1 160, 1 108, 1 060 和 1 020  $\text{cm}^{-1}$  为  $\nu(\text{PO}_4^{3-})$  非对称伸缩振动或  $\nu(\text{Si-O-Si})$  反对称伸缩振动,

900  $\text{cm}^{-1}$  附近  $\nu(\text{PO}_4^{3-})$  对称伸缩振动频率,  $\delta(\text{OH})$  面外弯曲振动频率位于 840 和 786  $\text{cm}^{-1}$ ,  $\delta(\text{PO}_4^{3-})$  非对称弯曲振动频率位于 649, 609, 580 和 476  $\text{cm}^{-1}$  附近, 大部分样品主峰为 1 108  $\text{cm}^{-1}$ , 与天然绿松石振动频率一致<sup>[5,7]</sup>。

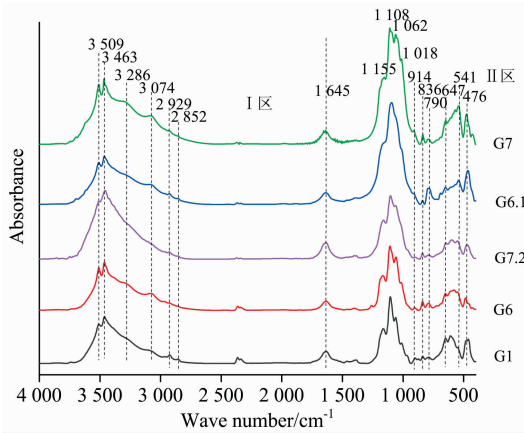


图 6 “加瓷”处理绿松石红外光谱图

Fig. 6 Infrared spectra of turquoise treated by “Porcelain-Added”

文献显示<sup>[8]</sup>:  $\nu(\text{Si—O—Si})$  伸缩振动在 1 100~1 000  $\text{cm}^{-1}$  处表现为强吸收,  $\nu(\text{Si—O—Si})$  反对称伸缩振动频率在 1 089  $\text{cm}^{-1}$  强吸收,  $\nu(\text{Si—O—Si})$  对称伸缩振动频率分裂于 800 和 781  $\text{cm}^{-1}$ , 不对称变形和对称变形振动分别位于 696 和 464  $\text{cm}^{-1}$ 。磷酸盐  $\nu(\text{PO}_4^{3-})$  反对称伸缩振动位于 1 100~1 050  $\text{cm}^{-1}$  强吸收,  $\nu(\text{PO}_4^{3-})$  对称伸缩振动位于 970~940  $\text{cm}^{-1}$ , 非常弱,  $\nu(\text{PO}_4^{3-})$  不变形振动于 630~540  $\text{cm}^{-1}$  弱吸收,  $\nu(\text{PO}_4^{3-})$  变形振动于 470~410  $\text{cm}^{-1}$  弱吸收。

Si—O—Si 反对称伸缩振动与  $\nu(\text{PO}_4^{3-})$  非对称伸缩振动相近,  $\nu(\text{Si—O—Si})$  对称伸缩振动与  $\delta(\text{OH})$  面外弯曲振动相近,  $\nu(\text{Si—O—Si})$  对称伸缩振动  $\nu(\text{PO}_4^{3-})$  非对称弯曲振动吸收峰相近, 若不细致对比, 较难分辨。测试所得谱图更倾向于它们的叠加, 推测用于“加瓷”处理绿松石结合剂的成分以磷酸盐和硅酸盐为主。

#### 2.4 化学成分分析

对样品中抛光较好的绿松石通过 X 射线荧光光谱仪对其主要元素进行测试, 每粒样品取 3~5 个不同位置进行测试打点分析。结果表明(图 7, 表 1), “加瓷”处理绿松石主要的化学组成成分与天然绿松石类似, 均以  $\text{CuO}$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  与  $\text{P}_2\text{O}_5$  为主, 并含有一定量的  $\text{FeOT}$ ,  $\text{ZnO}$ ,  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{K}_2\text{O}$  和  $\text{CaO}$ 。

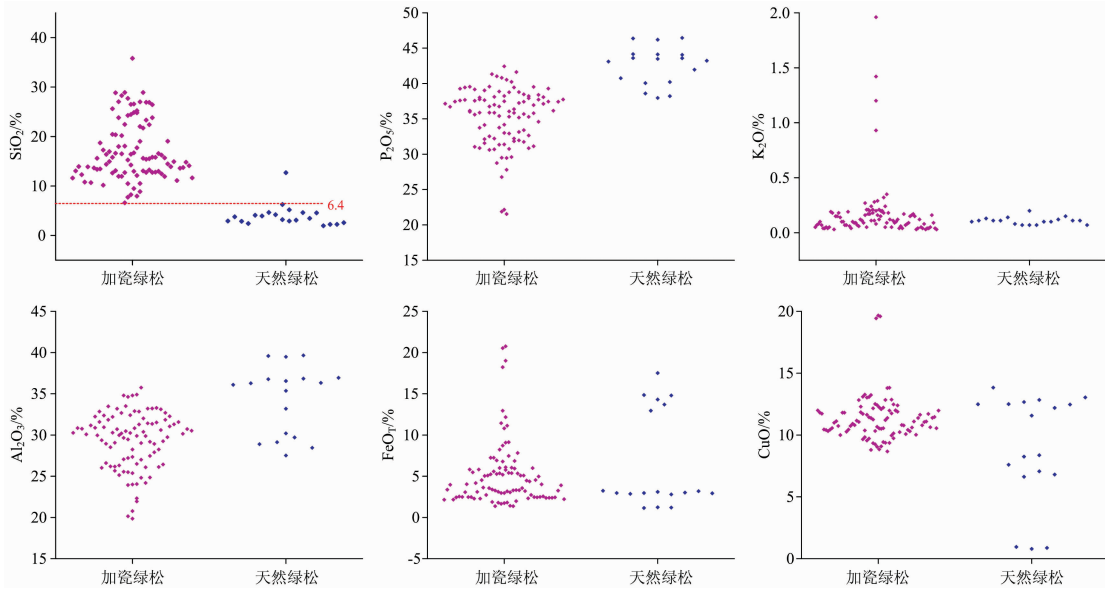


图 7 样品主要元素含量的投点图

Fig. 7 Plot of main element content of samples

表 1 绿松石样品主要元素的化学成分

Table 1 Chemical composition of dominant elements in turquoise samples

主要元素	$\text{Al}_2\text{O}_3/\%$	$\text{P}_2\text{O}_5/\%$	$\text{CuO}/\%$	$\text{FeOT}/\%$	$\text{SiO}_2/\%$	$\text{K}_2\text{O}/\%$
“加瓷”绿松石	19.85~35.74	21.53~42.43	8.67~19.66	1.36~20.75	6.40~35.79	0.03~2.29
天然绿松石	27.52~39.65	37.95~46.45	0.79~13.83	1.15~17.52	1.96~6.25	0.07~0.20

“加瓷”绿松石较天然绿松石普遍具有较高的  $\text{SiO}_2$  含量, 所测天然绿松石的  $\text{SiO}_2$  含量基本低于 6.25%, “加瓷”绿松石样品的  $\text{SiO}_2$  含量均高于 6.40%, 推测“加瓷”处理使用的

结合剂中含有硅酸盐物质。此外, 其  $\text{Al}_2\text{O}_3$  与  $\text{P}_2\text{O}_5$  含量都较天然绿松石偏低, 磷、铝比例基本一致, 为 1.10 左右。所测样品中, 天然绿松石样品 N3-2 在不同点位上  $\text{SiO}_2$  含量的

差异较大,分别为12.68%,6.25%和5.19%,根据所测天然绿松石样品中SiO<sub>2</sub>含量综合测定,局部点位SiO<sub>2</sub>含量异常高的部位(SiO<sub>2</sub>含量为12.68%)可能是由于其中含有含二氧化硅成分的伴生矿物所致,可通过拉曼光谱测试结果综合判断。

### 3 结 论

(1)“加瓷”绿松石样品密度大都小于2.2 g·cm<sup>-3</sup>;同时,表现为典型的低密度、较细腻的结构外观和蜡状-玻璃光泽的组合特征,同天然绿松石的特性表现不一致;显微观察下孔道、凹陷处可见明显的粒状透明结晶体及毛发状细丝,佩戴后或遇水受潮阴干后出现光泽暗淡等现象,与天然绿松石表现不同。密度与显微观察结果可作为“加瓷”绿松石的重要辅助性鉴别特征。

(2)XRF测试结果显示,“加瓷”处理绿松石的主要化学成分与天然绿松石类似。“加瓷”绿松石样品的SiO<sub>2</sub>含量均高于天然绿松石,且其Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>和P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>含量较天然绿松石偏

低,元素P和Al的比例与天然绿松石近于一致。故利用“加瓷”绿松石中高含量的SiO<sub>2</sub>将其与天然绿松石进行区分。

(3)“加瓷”绿松石与天然绿松石的FTIR谱图表现出基本一致的特征,较难区分。主要表现为:红外光谱的主要特征振动峰位为第一组位于1200~1000 cm<sup>-1</sup>,呈“四指峰”状分布,最强吸收峰位于1100~1050 cm<sup>-1</sup>;第二组吸收峰位于900 cm<sup>-1</sup>附近,弱吸收;第三组峰位于836~788 cm<sup>-1</sup>,836 cm<sup>-1</sup>吸收峰较突出;第四组峰位于647,592,545及480 cm<sup>-1</sup>附近,峰位较聚集且峰形宽缓。

(4)“加瓷”绿松石的UV-Vis光谱表现为:普遍可见620~750 nm吸收峰以及425 nm附近处较为锐利的吸收峰,因颜色不同峰位稍有偏差,但总体与天然绿松石的UV-Vis光谱特征趋于一致;“加瓷”绿松石在长、短波紫外荧光下的发光特征与天然绿松石近于一致。其均不可作为鉴别依据。

(5)综合考虑“加瓷”绿松石的密度、表面特征、化学成分特征,可将其与天然绿松石进行有效鉴别,红外光谱特征存在细微差别,但并不可作为鉴别依据。

### References

- [1] XU Ya-fen, DI Jing-ru(徐娅芬,狄敬如). Acta Petrologica et Mineralogica(岩石矿物学杂志), 2018, 37(4): 646.
- [2] CHEN Quan-li, YUAN Xin-qiang, CHEN Jing-zhong, et al(陈全莉,袁心强,陈敬中,等). Journal of China University of Geosciences • Earth Science(中国地质大学学报·地球科学), 2010, 35(6): 1023.
- [3] XIONG Yan, CHEN Quan-li, QI Li-jian, et al(熊燕,陈全莉,齐利剑,等). Infrared Technology(红外技术), 2011, 33(10): 610.
- [4] CHEN Quan-li, QI Li-jian(陈全莉,齐利剑). Journal of Mineralogy and Petrology(矿物岩石), 2007, (1): 30.
- [5] PENG Wen-shi, LIU Gao-kui(彭文世,刘高魁). Infrared Spectrum Atlas of Minerals(矿物红外光谱图集). Beijing: Science Press(北京:科学出版社), 1982.
- [6] CHEN Quan-li, LIU Xian-yu, JIN Wen-jing, et al(陈全莉,刘衍宇,金文靖,等). Spectroscopy and Spectral Analysis(光谱学与光谱分析), 2018, 38(10): 3084.
- [7] Farmer V C(法默 V C). Translated by YING Yu-pu, WANG Shou-song, LI Chun-geng, et al(应育浦,汪寿松,李春庚,等译). Infrared Spectroscopy of Mineral(矿物的红外光谱). Beijing: Science Press(北京:科学出版社), 1982.
- [8] WENG Shi-fu, XU Yi-zhuang(翁诗甫,徐怡庄). Fourier Transform Infrared Spectrum Analysis(傅里叶变换红外光谱分析). Beijing: Chemical Industry Press(北京:化学工业出版社), 2016. 4.

# Study on Composition and Spectral Characteristics of Turquoise Treated by “Porcelain-Added”

HUANG Li-ying, CHEN Quan-li\*, GAO Xin-xin, DU Yang, XU Feng-shun  
Gemological Institute, China University of Geosciences, Wuhan 430074, China

**Abstract** In recent years, a kind of turquoise treated with a new type of inorganic binder has appeared on the market. The turquoise treated by this method is very similar to the natural turquoise, which is generally characterized by a fine structure, glassy luster or greasy luster. It is called “porcelain-added” turquoise in markets. Conventional gemological testing instruments, infrared absorption spectrometers, UV-Vis spectrometers and energy dispersive X-ray fluorescence spectrometers were used to systematically study and analyze the gemological properties, vibration spectrum characteristics and chemical composition characteristics of “porcelain-added” turquoise. The results show that the density of turquoise samples treated with “porcelain” is mostly less than  $2.2 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$ , and its density is related to the density of turquoise before treatment. The samples treated with “porcelain” are mainly turquoise with a lower density. The turquoise treated by “porcelain” is characterized by typical low density, delicate structural appearance and strong wax-glass luster combination, which is inconsistent with the characteristics of natural turquoise and can be used as an important auxiliary identification feature of turquoise treated by “porcelain”. The luminescence of turquoise treated by “porcelain” under long-wave and short-wave UV fluorescence is nearly consistent with natural turquoise. Under microscopic observation, the white melting matter often appears in the iron wire and crevasses, and hair-like crystals can be seen in the pores. The main chemical composition of “porcelain-added” turquoise is similar to the natural turquoise, with  $\text{CuO}$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  and  $\text{P}_2\text{O}_5$  as the main components, and containing a certain amount of  $\text{FeO}$ ,  $\text{ZnO}$ ,  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{K}_2\text{O}$  and  $\text{CaO}$ . Among them, the  $\text{SiO}_2$  content of the “porcelain-added” turquoise sample is basically above 6.40%, which is higher than that of the natural turquoise (1.96%~6.25%), and its  $\text{Al}_2\text{O}_3$  and  $\text{P}_2\text{O}_5$  contents are lower than those of the natural turquoise, and the proportion of phosphorus and aluminum is basically the same as that of the natural turquoise, about 1.10. The high content of  $\text{SiO}_2$  and surface feature in turquoise can be effectively distinguished from natural turquoise by “adding porcelain”. The infrared absorption spectrum of turquoise treated by “adding porcelain” is basically the same as that of natural turquoise, which is difficult to distinguish. The Ultraviolet absorption spectrum of turquoise treated by “porcelain addition” shows the absorption peak at 620~750 nm and the relatively sharp absorption peak near 425 nm. The peak positions are slightly shifted due to different colors, but the overall UV absorption spectrum characteristics are consistent with those of natural turquoise.

**Keywords** “Porcelain-added” treatment of turquoise; Infrared absorption spectrum; Chemical composition; Ultraviolet absorption spectrum; Gemological characteristic

(Received Jan. 8, 2020; accepted May 12, 2020)

\* Corresponding author