

“水墨画”种翡翠的矿物学特征研究

袁 淼¹, 欧阳秋眉², 吴瑞华¹

(1. 中国地质大学, 北京 100083; 2. 香港珠宝学院, 香港)

摘要: “水墨画”种翡翠是市场上出现的翡翠新品种, 得名于其黑色不透明物质在无色的“地”上的不规则分布, 形似水墨画。本文运用电子探针、X射线粉晶衍射、红外光谱等分析手段对“水墨画”种翡翠进行了研究。结果表明: “水墨画”种翡翠矿物组成以硬玉和绿辉石为主, 含有少量的斜长石、磁铁矿及黑色不透明杂质。黑色杂质和磁铁矿是导致该种翡翠产生黑色和不透明的水墨画状外观的主要原因。

关键词: “水墨画”种翡翠, 硬玉, 绿辉石, 磁铁矿

中图分类号: P575

文献标识码: A

文章编号: 1000-6524(2011)S0-0008-05

A mineralogical study of “ink painting” jadeite jade

YUAN Miao¹, OUYANG Qiu-mei² and WU Rui-hua¹

(1. China University of Geosciences, Beijing 100083, China; 2. HK Institute of Gemmology, HK, China)

Abstract: “Ink painting” jadeite jade is a new variety of jade on the market. It is named after its ink painting-like appearance, which is caused by the black nontransparent material dispersed irregularly on the substrate. Based on such analytical means as EMPA, XRD and IR, the authors studied “ink painting” jadeite jade. The results show that “ink painting” jadeite jade is mainly composed of jadeite and omphacite, with a small amount of plagioclase and magnetite as well as black nontransparent impurities. Black impurities and magnetite constitute the main factors responsible for ink painting-like appearance.

Key words: ink painting; jadeite jade; jadeite; omphacite; magnetite

翡翠是亚洲市场上深受人们喜爱的玉石品种, 以其变化多端的颜色和结构在玉石市场上独占鳌头。根据翡翠的颜色以及颜色所附着的基质部分(即俗称的“地”)的质量状况, 可将翡翠分为不同的“种”, 即“地”的结构与其颜色的综合评价。

“水墨画”种翡翠是近年来出现的新品种, 其白底上似晕染状分布有黑绿色条带, 与以往的冰种飘花、乌鸡种、墨翠均有不同。乌鸡种和墨翠均为黑色翡翠, 其黑色的成因分别为有机碳质(欧阳秋眉, 1999)和含铁较高的绿辉石(严若谷等, 2009)。本文运用电子探针、X射线粉晶衍射、红外光谱等现代分析手段对“水墨画”种翡翠进行矿物学研究, 以查明

其成分和成色原因。

1 显微特征及矿物组成

1.1 样品显微观察

实验样品均呈0.20 cm厚的片状。样品OJ1主体黑-墨绿色, 不透明, 未抛光面略见矿物解理面闪光。黑色点状-团块状不透明物质不均匀地分布于整个样品, 透射光下放大观察可见聚集成松花状、团块状(图1a)。样品OJ2主体无色, 半透明, 黑点状物质疏散分布(图1b)。样品OJ3主体灰绿色, 颗粒间隙颜色偏深, 半透明-微透明, 偶有黑点分布(图1c)。

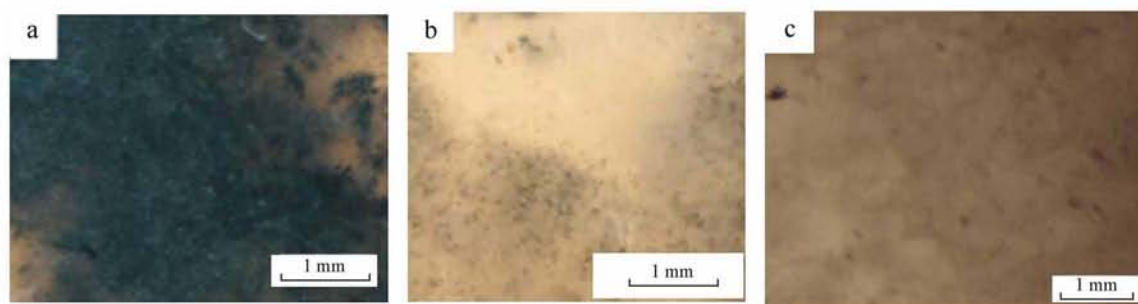


图 1 原始样品透射光下显微照片

Fig. 1 Micrographs of original samples in transmission light

1.2 薄片显微特征

样品的主要组成成分为硬玉和绿辉石,呈粒状、不等粒柱状。硬玉在透射光单偏光下为无色-浅灰绿色,正交偏光下干涉色Ⅰ级黄白到Ⅱ级中部;绿辉石在透射光单偏光下为浅绿色,正交偏光下干涉色Ⅱ级中部。绿辉石与硬玉在化学成分上成连续类质

同像,仅靠光性有时难以正确地区分,用电子探针可以较准确地将硬玉与绿辉石相区分。磁铁矿颗粒(Mt)为不规则点状,在透射光下呈黑色不透明,在反射光下由于强烈的反光呈明亮的灰-白色,较为分散的分布于整个样品,含量约为1%。如图2a和图2b。

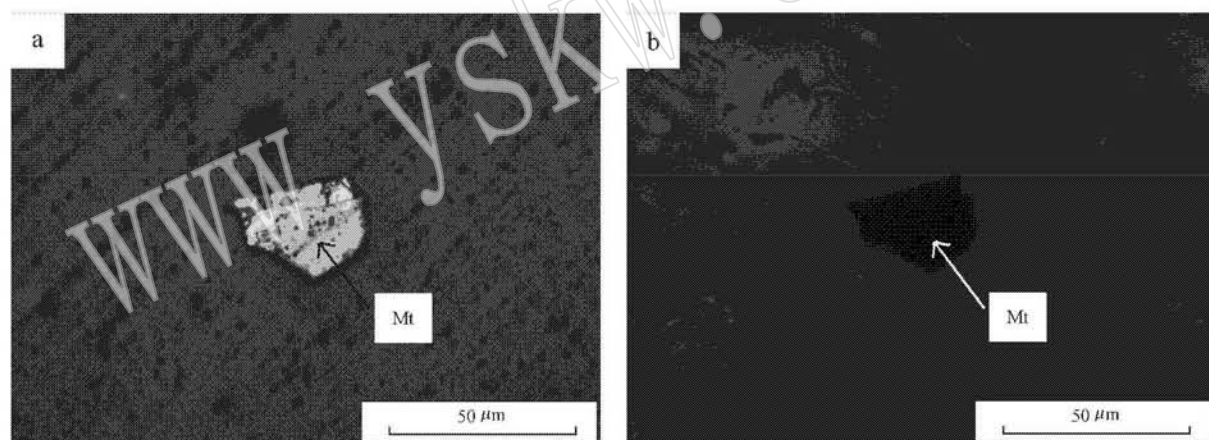


图 2 反射光(a)和透射光(b)下薄片中的磁铁矿

Fig. 2 Magnetite under reflected light (a) and transmission light (b)

2 电子探针成分分析

本文选取了样品中有代表性的6个点进行了电子探针成分分析。样品的化学成分由中国地质科学院电子探针室JXA-8230型仪器分析,分析者:陈振宇。测试样品的电子背散射图中可见硬玉和绿辉石两种物相。其中绿辉石自形程度较高,呈柱状、孤岛状分布,粒径较小,一般小于0.1 mm。见图3。

电子探针成分分析数据(表1)显示,测试结果中

点OJ1-1、OJ1-2、OJ1-3、OJ2-1均为硬玉,点OJ3-1、OJ3-2为绿辉石,与镜下观察相符。

硬玉的颜色由微量元素所致,其中Cr和Fe都是致色元素。电子探针数据显示,铁含量与硬玉的颜色有关,铁含量越低,硬玉越接近无色;铁含量越高,硬玉越接近黑绿色。对于铬和铁对硬玉绿色鲜艳程度的影响,有以下看法:施光海等(2005)认为,由Cr而致的绿色为翠绿色,Fe致色者则常为暗灰绿色;陈志强等(1996)认为,铁含量越低颜色越正,相反,铁含量越高颜色就越暗,最终成为墨绿色;高媛

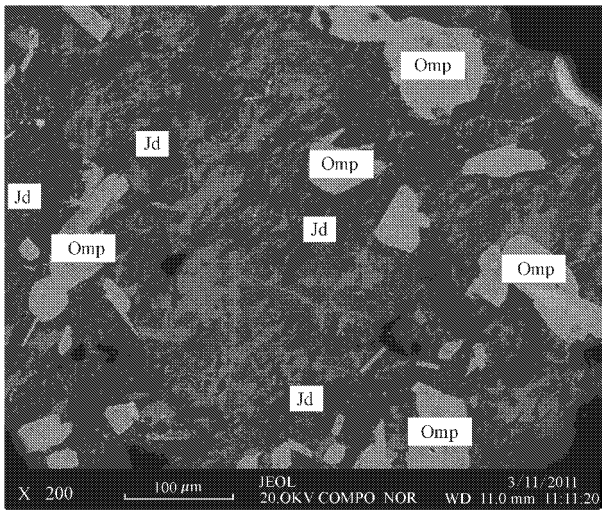


图 3 样品电子背散射图

Fig. 3 BSE image of jadeite sample

Jd—硬玉;Omp—绿辉石

Jd—jadeite;Omp—omphacite

(2008)指出,FeO 可以使翡翠呈现灰绿色色调,FeO 含量在 1%~2% 时会使翡翠的透明度降低。本文与以上观点相符,黑-墨绿色部分铁含量高于无色部分,且铁含量高处透明度很低;由于铁为主要致色元素,整体色调显暗淡的灰绿,而不是铬致色者常有的鲜艳绿色调。

3 X 射线衍射分析

本文对样品进行 X 射线衍射物相分析。实验在北京北达燕园微构分析测试中心进行,仪器型号为 D/max-rA 12 kW X 射线衍射仪。实验条件:管电压 40 kV,管电流 100 mA,扫描速度 $8^{\circ}(2\theta)/\text{min}$,采数步宽 0.02° ,环境温度 15.0°C ,湿度 20.0%,分析者薛雍。

依据标准SY/T5163~2010《沉积岩粘土矿物和

表 1 实验样品中 6 个点的电子探针成分分析结果 $w_B/\%$

Table 1 EMP analyses of 6 points in experimental samples

样号	OJ1-1	OJ1-2	OJ1-3	OJ2-1	OJ3-1	OJ3-2
样品颜色	黑-墨绿色	黑-墨绿色	黑-墨绿色	无色	灰绿色	灰绿色
Na ₂ O	15.64	14.58	14	14.75	8.91	7.88
MgO	0.5	1.21	0.76	0.02	8.08	9.51
Al ₂ O ₃	25.26	24.06	24.09	26.37	13.4	9.75
SiO ₂	59.35	58.9	60.2	60.11	56.93	56.32
CaO	0.69	1.72	0.68	0.1	11.41	12.83
P ₂ O ₅	0	0.04	0	0.04	0.05	0.02
K ₂ O	0.01	0.02	0.01	0	0.01	0
TiO ₂	0.01	0	0.27	0.06	0.09	0.48
NiO	0.02	0	0.01	0.04	0	0
FeO	0.14	1.19	0.29	0.08	1.68	3.67
MnO	0	0.03	0.01	0	0.01	0.03
Cr ₂ O ₃	0	0.04	0.03	0	0.01	0.05
Total	101.62	101.81	100.36	101.57	100.58	100.53
定名	硬玉	硬玉	硬玉	硬玉	绿辉石	绿辉石

常见非粘土矿物 X 射线衍射分析方法》和 PDF2 粉末衍射数据库,得到 X 射线粉晶衍射图谱(图 4)。

实验样品矿物组成定量分析结果为:硬玉 97%,斜长石 2%,磁铁矿 1%。由分析报告可见,分析样品中主要组分为硬玉。斜长石和磁铁矿占微量组分。由于绿辉石与硬玉衍射吸收峰极为接近,几乎重合(如图),分析报告中并没有单独给出绿辉石的含量。

翡翠的矿物组成较为复杂,普遍认为其中以辉石族的硬玉为主,也有少部分绿辉石和钠铬辉石;其次为角闪石、长石族矿物,以及原生的铬铁矿和表生

的赤铁矿、褐铁矿。

分析样品中含有 1% 的磁铁矿。翡翠中原生矿物有铬铁矿,未见磁铁矿的报道。而含铬铁矿的翡翠中,铬铁矿晶体化学式为 $(\text{Fe}_2\text{Mg}_{1.3})_{3.3}(\text{Cr}_{2.5}\text{Al}_{2.5}\text{Fe}_{1.8})_{3.8}\text{O}_{12}$ (欧阳秋眉,1999),故磁铁矿的形成可能是原生矿物铬铁矿(FeCr_2O_4)中的 Cr 与 Fe 发生类质同像替换,形成磁铁矿。磁铁矿呈点状分布于硬玉颗粒之间,使翡翠颜色发黑,并降低翡翠的透明度。

斜长石(主要为钠长石)为翡翠中的次要矿物。作为无色的矿物,钠长石本身与翡翠的颜色没有直接的联系。张正(2008)认为,长石矿物的出现会降

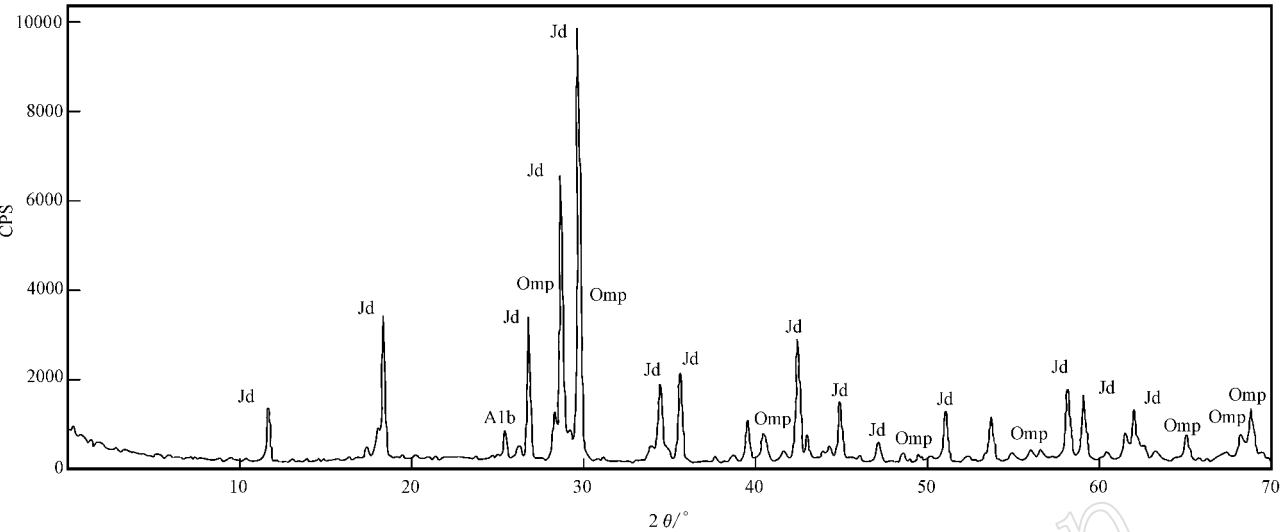


图 4 实验样品 X 射线衍射图

Fig. 4 X-ray diffraction patterns of experimental samples

低翡翠的透明度,本实验结论与之相符。

4 红外光谱分析

对样品进行了透射与反射红外光谱测试。实验在中国地质大学(北京)宝石检测中心完成,仪器为傅立叶变换红外光谱仪,型号 V33,分辨率 4 cm^{-1} ,扫描范围: $4\,000\sim400\text{ cm}^{-1}$ (透射法), $2\,000\sim400\text{ cm}^{-1}$ (反射法),电压 $220\sim240\text{ V}$,频率 $50\sim60\text{ Hz}$,功率 250 W 。其中测透射光谱采用 KBr 压片法,取样品 $0.8\sim1.0\text{ mg}$,KBr 200 mg ,压片条件为抽真空后加压到 8 t ,加压时间为 5 min 。

红外光谱测试结果显示为硬玉(图 5)。根据矿

物红外光谱集(曹颖春等,1982)与矿物红外光谱学(闻轲,1988)对吸收峰区段的划分,可知本文实验结果中 $3\,673.10\text{ cm}^{-1}$ 和 $3\,442.06\text{ cm}^{-1}$ 吸收峰由 H_2O 的 $\text{H}-\text{O}$ 键伸缩振动引起, $1\,626.05\text{ cm}^{-1}$ 吸收峰由 H_2O 的弯曲振动引起; $3\,200\sim2\,800\text{ cm}^{-1}$ 范围内无尖锐双吸收峰,说明翡翠没有经过浸蜡,无饱和脂肪炔(烷烃); $1\,100\sim850\text{ cm}^{-1}$ 为 $\text{Si}-\text{O}$ 振动最强吸收区, $1\,074.05$ 、 $1\,048.12$ 、 945.59 、 862.79 cm^{-1} 为 $\text{Si}-\text{O}-\text{Si}$ 的伸缩振动; 744.16 、 664.26 cm^{-1} 的两个锐峰为 $\text{Si}-\text{O}-\text{Si}$ 振动,强度中等到弱; $600\sim300\text{ cm}^{-1}$ 强吸收区,属 $\text{Si}-\text{O}$ 弯曲振动与 $\text{M}-\text{O}$ 伸缩振动,频率为 585.66 、 531.19 、 474.38 、 435.25 cm^{-1} 。

现对其吸收峰作如下指派,见表 2。

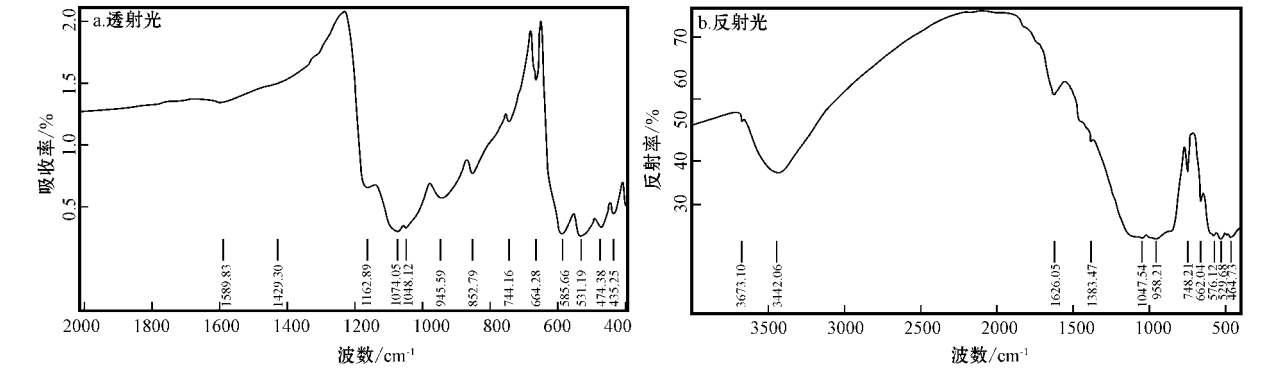


图 5 样品的红外吸收光谱曲线

Fig. 5 Infrared absorption spectra of the samples

表 2 样品红外光谱的吸收峰指派

Table 2 IR absorption peaks assignment of experimental samples		
所属吸收带/ cm^{-1}	实测峰值/ cm^{-1}	指派
3 700~3 500	3 673.10	H—O 键伸缩振动
	3 442.06	
1 200~600	1 626.05	H_2O 弯曲振动
1 100~850	1 074.05	Si—O—Si 非对称伸缩振动
	1 048.12	
	945.59	O—Si—O 对称伸缩振动
	862.79	
750~550	744.16	Si—O—Si 对称伸缩振动
	664.26	
600 以下	585.66	Si—O 弯曲振动
	531.19	
	474.38	M—O 伸缩振动
	435.25	

5 激光拉曼光谱分析

对样品 OJ1 进行了激光拉曼光谱测试。测试在北京大学激光拉曼实验室完成。实验采用 RM-1000 型激光拉曼光谱仪,用 514 cm^{-1} 氩离子激光器激发样品,实验功率为 50 mW , $2\,000\text{ cm}^{-1}$ 以下波段一次取峰,扫描时间 30 s ,分辨率为 $1\sim2\text{ cm}^{-1}$ 。测试结果显示,对样品 OJ1 中黑色部分所取的 5 个点,一致表现为前 4 特征强峰为 $1\,037$ 、 989 、 696 、 374 cm^{-1} ,与硬玉的吸收峰相符。磁铁矿颗粒未显示出特征峰。

6 讨论与结论

对于硬玉质翡翠中的黑色成分,一般认为是非晶质的有机碳质物、铁质矿物充填在解理缝和颗粒间,呈网络状分布(严若谷,2009)。本文认为,“水墨画”种翡翠样品中的黑色为含铁高的硬玉和黑色杂质共同导致。铁含量升高可使硬玉的颜色加深,透明度降低。黑色杂质中的磁铁矿粒径细小,镜下观察呈不规则形状,在 X 射线粉晶衍射中显示含量为 1%。故本文认为含铁高的硬玉和磁铁矿是“水墨画”种翡翠中黑色的成因。

References

Cao Yingchun , *et al.* 1982. Set of IR Spectrum of Mineral [M]. Beijing : Science Press , 3~10 (in Chinese).

Chen Zhiqiang and Cui Kuirong. 1996. On The Lithology of Jade [J]. Journal of Guilin Institute of Technology , 16 (1): 14~17 (in Chinese with English abstract).

Gao Yuan. 2008. The impact of trace elements on Green Jade [J]. Guangdong Science of Microelement , 15 (7): 68~70 (in Chinese with English abstract).

Ouyang Qiumei. 1999. Mineral Component Of Jadeite Jade [J]. Journal of Gems and Gemmology , 1 (1): 18~24 (in Chinese with English abstract).

Shi Guanghai and Cui Wenyuan. 2005. Desalinization of chromium with-in Myanmar Jadeite Jade and implications [J]. Journal of Gems and Gemmology , 7 (4): 7~12 (in Chinese with English abstract).

Wen Luo. 1988. Mineral IR Spectroscopy [M]. Chongqing : Chongqing University Press , 81~89 (in Chinese).

Yan Ruogu , Qiu Zhili and Dong Chuanwan , *et al.* 2009. A preliminary study of typomorphic characteristics of different kinds of black jadeite jades in the world [J]. Acta Petrologica et Mineralogica , 28 (3): 292~298 (in Chinese with English abstract).

Zhang Zheng. 2008. The Feldspar in Feicui from Myanmar and the Influence on the Quality of Feicui [D]. Beijing : China University of Geosciences (in Chinese with English abstract).

附中文参考文献

曹颖春,等. 1982. 矿物红外光谱集 [M]. 北京 : 科学出版社 , 3~10.

陈志强,袁荣奎. 1996. 翡翠岩性论 [J]. 桂林工学院学报 , 16 (1): 14~17.

高媛. 2008. 微量元素对绿色翡翠的影响 [J]. 广东微量元素科学 , 15 (7): 68~70.

欧阳秋眉. 1999. 翡翠的矿物组成 [J]. 宝石和宝石学杂志 , 1 (1): 18~24.

施光海,崔文元. 2005. 缅甸翡翠中“Cr 的淡化”及意义 [J]. 宝石和宝石学杂志 , 7 (4): 7~12.

闻铭. 1988. 矿物红外光谱学 [M]. 重庆 : 重庆大学出版社 , 81~89.

严若谷,丘志力,董传万,等. 2009. 世界几个主要翡翠产地墨翠标型特征初探 [J]. 岩石矿物学杂志 , 28 (3): 292~298.

张正. 2008. 缅甸翡翠中的长石矿物及其对翡翠质量的影响 [D]. 北京 : 中国地质大学.