

# 辽宁岫岩玉的特征及其质量研究

张良钜

(桂林工学院,广西 桂林 541004)

**摘 要:**辽宁岫玉主要由叶蛇纹石组成,其叶片大小多为  $300\text{nm} \times 440\text{nm}$ ,沿  $a$  轴方向呈波状起伏。岫玉中的矿物生成次序为粗粒透闪石 $\rightarrow$ 细粒透闪石 $\rightarrow$ 滑石 $\rightarrow$ 叶蛇纹石。岫玉的颜色主要受 TFeO 含量及  $\text{Fe}_2\text{O}_3/\text{FeO}$  值制约,透明度也受其直接影响。绿色、油青色是岫玉的原生色;棕色、红棕色形成于氧化环境,是次生色。颜色和透明度是岫玉质量评价的两个主要指标。

**关键词:**岫玉;叶蛇纹石; $\text{Fe}_2\text{O}_3/\text{FeO}$  值;辽宁

中图分类号:P578.964

文献标识码:A

岫岩玉又称岫玉,因产于辽宁岫岩县而得名。岫玉主要由叶蛇纹石组成,是我国蛇纹石玉的著名品种之一,以其质地细腻、纯净而驰名中外,是我国用量最大的玉石。前人曾对岫岩玉做过不少工作(王实,1999;刘吉生,1994),主要是对矿床地质特征和普查评价开展工作,对玉石的质量评价多凭经验、凭感觉,而从玉的成分和宝石学特征出发,结合商业贸易情况进行系统科学的质量评价还比较薄弱。本文是前中国有色金属工业总公司的自然科学基金课题《中国几种重要玉石的质量评价》的有关研究内容。该课题利用现代测试手段如 X 射线衍射、红外光谱、差热分析、显微镜等查明岫玉的矿物成分及其成因;利用等离子光谱仪、化学分析等查明岫玉的化学成分及其含量,以探讨岫玉的颜色与成分的关系以及致色的因素;利用光学显微镜(偏光镜、宝石显微镜)并结合扫描电镜、透射电镜研究玉石的结构、构造特征;利用显微光度计、显微硬度计研究玉石对不同波长的透光性以及显微硬度、摩氏硬度;利用宝石仪器等系统测定了各种不同品质玉石的折射率和密度;还测定了玉石的抗压强度、抗拉强度以研究玉石的韧性、脆性及可雕性。笔者将上述内容中的新成果、新认识与大家探讨,以使岫岩玉的宝石学研究得到更大的发展和深化。

## 1 辽宁岫岩玉的成分特征

### 1.1 岫玉的矿物成分和形态特征

根据 30 块薄片及光片镜下观察,并结合 X 射线衍射谱、红外光谱分析、差热分析、电镜分析等现代测试技术实验结果,认为岫玉中的矿物成分较简单,主要由叶蛇纹石组成,有一

定量的滑石、透闪石、白云石、菱铁矿、少量磁黄铁矿,并偶见有斜绿泥石。<sup>①</sup>

透射电镜及偏光显微镜下观察表明,叶蛇纹石呈板条状、叶片状(图1-1)。叶片的长轴为 $c$ 轴,短轴方向为 $a$ 轴,叶片大小 $150\text{ nm}\times 50\text{ nm}\sim 440\text{ nm}\times 770\text{ nm}$ ,多数为 $330\text{ nm}\times 440\text{ nm}$ (图1-2)。叶蛇纹石电子衍射花样的衍射点呈六角形分布的一串串的衍射斑,每一串衍射斑位于一个有心矩形的四个角和矩形中心。由于 $a$ 轴方向具波状层结构(图1-2),使衍射线成为一串(图1-3),这是叶蛇纹石特有的衍射斑。

岫玉的X射线衍射数据及晶胞参数(表1)、红外光谱分析(表2,图2)、差热分析均表明其主要成分是叶蛇纹石。

叶蛇纹石在镜下为绿至浅绿色、无色。单体呈片状(图1-1),集合体呈叶片状相互交织在一起而构成毡状结构(图1-4)。有些岫玉样品中有滑石、纤维状透闪石,且叶蛇纹石与

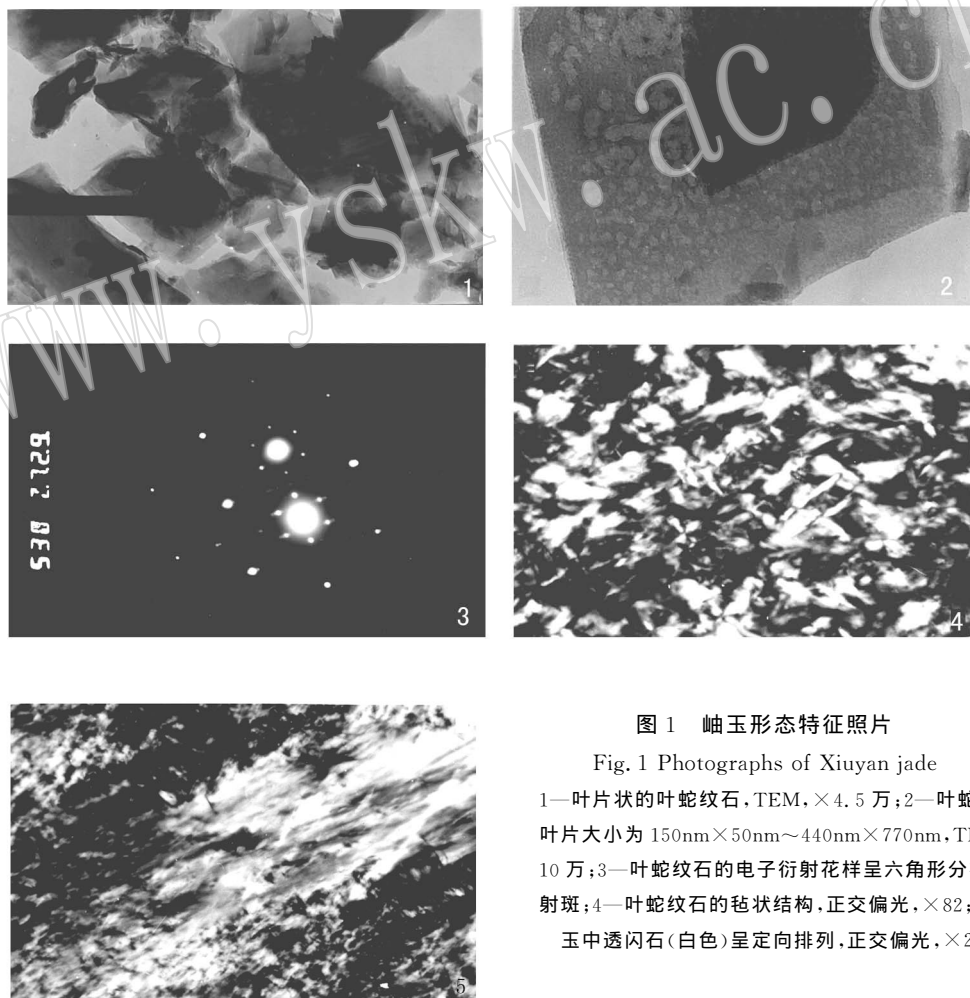


图1 岫玉形态特征照片

Fig.1 Photographs of Xiuyan jade

1—叶片状的叶蛇纹石,TEM,×4.5万;2—叶蛇纹石,叶片大小为 $150\text{ nm}\times 50\text{ nm}\sim 440\text{ nm}\times 770\text{ nm}$ ,TEM,×10万;3—叶蛇纹石的电子衍射花样呈六角形分布的衍射斑;4—叶蛇纹石的毡状结构,正交偏光,×82;5—岫玉中透闪石(白色)呈定向排列,正交偏光,×20

① 张良钜,尹宗烈,等.中国几种重要玉石的质量评价(研究报告),1995.

表 1 不同品质岫玉中的叶蛇纹石 X 射线衍射数据

Table 1 X-ray diffraction data of antigorite in Xiuyan jade of different qualities

编号	(hkl)	d(nm)	I	晶胞参数(nm)	样品特征
U-1	(001)	0.721	100	$a_0=0.525$	淡绿色,半透明至透明,厚度为 2cm 玉块对光观察可见背后物体移动,几乎全由叶蛇纹石组成。
	(002)	0.361	76	$b_0=0.947$	
	(16.0,1)	0.252	35	$c_0=0.727$	
	(020)	0.461	9	$\beta=91^{\circ}36'$	
U-2	(001)	0.724	100	$a_0=0.529$	淡绿色,半透明至微透明,厚度为 2cm 玉块对光观察隐约可见其背后物体移动,局部可见渣渣状滑石团块,致使透明度降低。
	(002)	0.361	61	$b_0=0.949$	
	(16.0,1)	0.252	30	$c_0=1.447$	
	(020)	0.459	3	$\beta=91^{\circ}63'$	
U-7	(001)	0.724	100	$a_0=0.531$	浅色,半透明,厚度为 2cm 玉块对光观察时,清晰可见背后物体移动,由纯叶蛇纹石组成。
	(002)	0.361	61	$b_0=0.931$	
	(16.0,1)	0.252	30	$c_0=0.726$	
	(020)	0.459	3	$\beta=91^{\circ}13'$	

测试单位:中南工业大学测试中心。

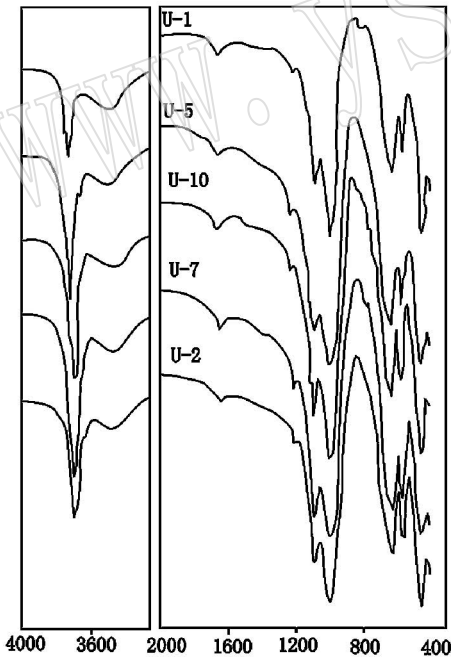


图 2 岫玉红外光谱图

Fig. 2 IR spectra of Xiuyan jade

与滑石或毛发状透闪石相间平行排列(图 1-5)。根据镜下特征,初步认为叶蛇纹石可能是交代滑石、透闪石的产物。透闪石有两个世代,第一世代是粗粒结晶的透闪石,具有明显的角闪石式解理夹角及菱形切面;第二世代为毛发状透闪石,与叶蛇纹石相间排列。根据镜下观察,其生成顺序为粗粒状透闪石→毛发状透闪石→滑石→叶蛇纹石。玉石的结构为典型的磷片变晶结构。

## 1.2 岫岩玉的化学成分

按岫玉不同品质分别做化学分析和等离子光谱分析,其结果如下(表 3)。

从表 3 可见,多数样品玉石的 MgO 含量稍高于蛇纹石的理论数值,平均高出 1%~2%,少量可高出 3%±,但 CaO<0.5%,这可能与样品中含菱镁矿、白云石等矿物有关。岫玉中 MnO(<0.05%),Cr(<40×10<sup>-6</sup>)含量甚微。对岫玉的颜色和透明度起主导作用的是 Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、FeO 的含量及 Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/FeO 值。岫玉的

TFeO 含量为 1%±,Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/FeO 值在 0.25~2 之间变化,不同样品的 Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/FeO 值有明显差异,这种差异与玉石的性质有明显的关系。

表2 不同品质岫玉中的叶蛇纹石红外光谱特征

Table 2 IR spectra data of antigorite in Xiuyan jade of various qualities

样品	(OH)振动吸收	Si—O 伸缩振动	Mg—O 振动、OH 平动、Si—O 弯曲振动	样品特征
	带( $\text{cm}^{-1}$ )	带( $\text{cm}^{-1}$ )	吸收带( $\text{cm}^{-1}$ )	
U-1	3674(强带)	990(强带) 1076(次强带)	620,560(锐带),450	同表1
U-2	3674(强带)	990(强带) 1076(次强带)	622,560,450	同表1
U-7	3674	989(强带) 1075(次强带)	619(强),563(次强),450(强)	同表1
U-5	3675(强)	988(强) 1075(次强)	621(强),560(次强),450(强)	含少量定向排列棉 绉
U-10	3674(强)	991(强) 1075(次强)	621(强),5629(次强),450(强)	微透明、含许多定向 排列蔗渣状透闪石

测试单位:中南工业大学测试中心。

表3 不同品质岫玉的化学组成分析结果

Table 3 Chemical components of Xiuyan jade of various qualities

样品	化学分析( $W_B/\%$ )				等离子光谱分析		
	MgO	$\text{Fe}_2\text{O}_3$	FeO	$\text{Fe}_2\text{O}_3/\text{FeO}$	CaO(%)	MnO(%)	Cr( $10^{-6}$ )
U-1	45.95	0.47	0.30	1.56	0.342	0.008	34
U-2	46.20	0.54	0.52	1.04	0.044	0.029	31.93
U-3	44.66	0.35	0.18	0.90	0.190	0.020	39.41
U-5	44.66	0.33	0.24	1.30	0.074	0.043	30.59
U-7	44.04	0.04	0.16	0.25	0.099	0.009	33.72
U-10	44.15	0.52	0.90	0.57	0.04	0.046	29.57
U-11	44.92	0.28	0.04	7	0.444	0.017	30.86
U-13	47.23	0.46	0.28	1.6	0.226	0.031	32.54
U-14*	38.50	1.91	2.02	0.95	0.050	0.016	27.99

化学分析由桂林工学院测试中心测试,等离子光谱由中南工业大学测试中心测试;\*样品的矿物成分为斜绿泥石。

## 2 岫玉的物理性质

### 2.1 岫玉的颜色

岫玉的矿物成分主要为叶蛇纹石,有时有少量滑石、透闪石、菱镁矿、绿泥石(王实,1999)、磁黄铁矿、黄铁矿等杂质,颜色主要有深绿色、绿色、油青色、浅绿色、淡绿色、浅黄色、棕色、红棕色、古铜色、无色、瓷白色以及相应的各种过渡色。

绿色、油青色是由成分中的 FeO 所致,FeO 含量越高,绿色越浓。红色、棕色主要由  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  所致, $\text{Fe}_2\text{O}_3$  含量越高,颜色越红棕,反之,则浅。沿裂隙或不同矿物成分分界处向两侧颜色浓度变淡,这种现象显然是由于颜色向两侧渗透的结果,是氧化或风化作用造成的,或者是含  $\text{Fe}^{3+}$  溶液沿裂隙充填扩散所致。总之,红色、红棕色是岫玉形成后在氧化环境下造成的,属后生成因,这种颜色的岫玉常称为花玉。

斑点状古铜色岫玉是由于玉石中分布有浸染状、网状、斑点状的磁黄铁矿所致,抛光后

玉石中的磁黄铁矿呈古铜色闪烁,非常漂亮,未抛光部位或抛光面以下的磁黄铁矿由于不透光而呈黑色。

星点状金黄色岫玉是由黄铁矿所致。黄铁矿在玉石中呈浸染状分布,抛光面上呈淡的金黄色,以与磁黄铁矿相区别。不过,在玉石标本上多数黄铁矿被氧化成褐铁矿,它们常围绕黄铁矿颗粒向四周扩散,而显现出团块状、斑块状,对玉石的颜色质量影响极大。局部黄铁矿风化后流失而留下许多麻点状空洞,也影响了玉石的质量。

灰白色岫玉是由于含蔗渣状透闪石或滑石所致,它们往往呈大致平行排列或有一定方向夹于玉石中,也有的呈斑杂状、团块状、棉絮状分布在玉石中,在透射光下呈混浊不清的棉絮状灰白色或蔗渣状白色,从而大大降低了玉石的颜色质量。

瓷白色的岫玉是碳酸盐矿物所致,是残留在玉石中未变质的矿物。含量越多,瓷白色越明显,瓷状断口也越明显。

## 2.2 岫玉的透明度(水头)

岫玉的水头与矿物种类及纯度有关,同时也与玉石中  $\text{TFeO}$  含量及结构、构造有关。由纯叶蛇纹石组成的玉石水头好。玉石中含其他杂质时,水头明显减弱,特别是当玉石中含滑石、透闪石、磁黄铁矿、黄铁矿等杂质富集呈团块状、不规则状,其透明度明显减弱,甚至不透明,即玉石中上述杂质越多,透明度越差。玉石中全铁含量越高,玉石水头越差;反之,则水头越好,即随铁含量增加而透明度降低,颜色相应变深。这主要是由于铁离子( $\text{Fe}^{2+}$ 、 $\text{Fe}^{3+}$ )是过渡型金属离子,当受到光照后,离子中的电子就要吸收可见光的能量作为电子跃迁的能量,显然当玉石中铁离子含量越多,对光的吸收也就越多,从玉石中透出的光就越少,玉石的透光性也就越差,相应玉石水头越差。浅色、无色的玉石(指几乎由纯叶蛇纹石构成的玉石),由于  $\text{TFeO}$  含量低,其水头(透明度)要比绿色、红棕色、油青色、暗绿色玉石的水头相应要好些。

玉石的水头还与玉石的结构粗细有关,结晶越细小,光洁度越好,越细腻,水头越好。反之,水头越差。当肉眼能辨认颗粒界线时,玉石变得几乎不透明。同一玉石的不同部位透射率见表 4。从表 4 可见,浅色、无色、光滑细腻透光性好的玉石,且  $\text{TFeO} \approx 0.5\% \pm$  或  $< 0.5\%$  时,对各波长的透光率大致相同,即大致均匀吸收,水头(透光性)最好,透射率最高,其黄绿色光波透射率稍大于蓝紫色,因此,玉石稍稍带淡的绿色。 $\text{TFeO}$  含量  $\geq 1\%$  时,玉石呈现出淡绿色、浅绿色、红棕色,其透光性低于浅色、无色玉石。

同一块玉石中,灰白色包裹体阴影处的透光率远低于其周围无包裹体的部位,即玉石中的棉缙、包裹体、杂质等对玉石的透光性影响极大。玉石中出现糖粒状白色包裹体(为残留的碳酸盐矿物),其透光性也明显降低甚至根本不透明。

## 2.3 玉石的其他性质

用日本和英国转盘式折射仪测得岫玉的折射率为  $1.55 \sim 1.56$ 。用静水称重法测定岫玉密度为  $2.59 \sim 2.62 \text{ g/cm}^3$ ,多数为  $2.60 \text{ g/cm}^3$ ,若玉石中含磁黄铁矿或黄铁矿时,其密度相应增加。

岫玉的显微硬度多在  $550 \sim 600 \text{ kg/mm}^2$ (表 5),即相当于摩氏硬度  $5.5 \sim 5.6$ 。其硬度与玉石中矿物成分及结构、构造有关。岫玉的抗压强度通常为  $15 \sim 30 \text{ kg/mm}^2$ (表 5),但多数为  $22 \sim 25 \text{ kg/mm}^2$ 。纯叶蛇纹石所形成的毡状结构的岫玉,抗压强度相对较大。当岫玉

表 4 岫玉透射率表

Table 4 Transmission ratios of Xiuyan jade

样品	测点序号	透射率(%)				样品特征	TFeO
		650 mm	590 mm	550 mm	470 mm		
U-1	1	2.8	1.8	2.5	3.2	均匀透明浅绿色	0.77
	2	2.2	1.0	3.0	3.0	裂隙处	
U-2	1	0.8	2.8	2.6	3.4	灰白色包裹体	1.06
	2	0.4	2.3	2.4	3.0	均匀的淡绿色	
U-3	1	2.7	1.9	3.4	3.6	透明淡淡的绿色	0.53
	2	3.0	1.4	3.0	3.3	裂隙处	
	3	0.8	1.2	0.6	1.0	灰白色包裹体	
	4	1.2	1.5	1.0	1.3	淡绿色	
U-5	1	2.2	1.0	2.6	3.5	偏黄色半透明	0.57
	2	2.4	0.8	2.4	3.3	灰白色包裹体	
U-6	1	4.4	4.6	4.0	3.8	浅色均匀透明	
	2	2.4	2.8	2.6	3.6	灰白色包裹体	
U-7	1	7.5	7.4	4.6	3.9	浅色均匀透明	0.2
	2	4.6	4.7	3.2	3.7	裂隙处	
	3	3.2	3.5	2.6	3.4	灰白色包裹体	
U-8	1	1.3	2.1	0.9	1.3	半透明奶白色	
	2	1.0	2.0	0.8	1.1	灰白色包裹体	
U-10	1	2.5	2.5	2.0	2.7	灰绿色半透明	1.42
	2	2.3	2.3	1.8	2.6	灰白色纤维状	
	3	0.4	2.0	1.6	2.4	包裹体	
U-11	1	1.3	0.8	0.8	1.2	磁铁矿包体	0.32
U-16	1	1.5	1.5	0.9	1.3	微透明瓷白色	
	2	0.8	1.0	0.6	0.9	微透明浅色	
U-13	1	2.0	2.4	2.2	3.0	不透明瓷白色	0.47
	2	2.2	2.5	2.0	3.5	偏黄色半透明	
	3	1.5	2.2	1.9	2.8	红棕色半透明	

测试单位:中南工业大学测试中心。

表 5 岫玉的抗压、抗拉强度和硬度表

Table 5 The tensile strength, compressive strength and hardness of Xiuyan jade

样品	抗压强度	抗拉强度	显微硬度*	摩氏硬度
	(kg/mm <sup>2</sup> )	(kg/mm <sup>2</sup> )	NHV100(kg/mm <sup>2</sup> )	(H)
U-1		2.3		
U-2	29.87	1.32		
U-5		1.69	585	5.6
U-7	16.69	1.71	572	5.6
U-10	33.19	1.72	627	5.7
U-13	14.51	2.21	478	5.2
U-17	23.3		592	5.6

测试单位:桂林工学院土木系; \* 由中南工业大学测试中心测试。

中残留有较多碳酸盐矿物或滑石时,其硬度和抗压强度要低些。岫玉的抗拉强度极低(表5),变化范围为 $1.3\sim 2.3\text{ kg/mm}^2$ ,多数低于 $2\text{ kg/mm}^2$ ,其主要原因岫玉是由叶蛇纹石组成。

综上所述,岫玉的硬度中等( $5.5\sim 5.6$ ),抗压强度 $22\sim 25\text{ kg/mm}^2$ ,因此其光洁度、抛光性相对较好(相对其他产地的蛇纹石玉而言),由于抗拉强度低,故韧性差,并影响玉石的可雕性。

### 3 岫玉质量的研究

#### 3.1 岫玉的颜色

颜色是评价岫玉质量最关键的因素。前人对岫玉颜色及成因的研究(曹俊臣等,1994;邱兆明,1992)指出,岫玉的颜色是由叶蛇纹石晶格中的镁氧八面体晶位中的 $\text{Fe}^{2+}$ 、 $\text{Fe}^{3+}$ 以及它们的含量所致,并认为岫玉的绿色取决于蛇纹石结构中的 $\text{Fe}^{2+}$ ,而黄色与 $\text{Fe}^{3+}$ 有关(曹俊臣,1994)。笔者认为岫玉中的 $\text{TFeO}$ 含量及 $\text{Fe}_2\text{O}_3/\text{FeO}$ 既包括叶蛇纹石晶格中的 $\text{Fe}^{2+}$ 、 $\text{Fe}^{3+}$ ,而且还包括岫玉中含铁矿物的包裹体,如磁铁矿、磁黄铁矿、黄铁矿、褐铁矿及次生风化所产生的铁与外来含铁溶液。据成分分析,玉石中 $\text{TFeO}=0.3\%\pm$ 时,玉石为浅色、无色; $\text{TFeO}=0.5\%\sim 0.8\%$ 时,玉石为极淡的绿色或偏黄色;若 $\text{TFeO}\geq 1.0\%$ 时,玉石表现为明显的绿色或棕色, $\text{TFeO}$ 含量越高,颜色越深。玉石的具体颜色种类和浓度由 $\text{Fe}_2\text{O}_3/\text{FeO}$ 值决定: $\text{Fe}_2\text{O}_3/\text{FeO}\leq 1$ 时,玉石为深绿、绿、浅绿,且 $\text{FeO}$ 含量越高,绿色越浓; $\text{Fe}_2\text{O}_3\approx 1$ 时,岫玉显淡绿色; $\text{Fe}_2\text{O}_3/\text{FeO}\gg 1$ 时,岫玉呈现红、红棕色,且 $\text{Fe}_2\text{O}_3$ 含量越高,颜色越红; $\text{Fe}_2\text{O}_3/\text{FeO}>1$ 时,岫玉则表现为黄绿的过渡色或绿色中泛黄。绿色、黄绿色、浅色、无色等是岫玉中最常见的颜色,可能是在岫玉形成过程中产生的。棕色、红棕色、褐棕色大多在岫玉中呈条带状、细脉状、网脉状,多受岫玉中的裂隙所控制,可能是次生色。评价岫玉颜色的质量依次为:深绿、绿、油青、浅绿、淡绿、棕红、黄绿、浅色、无色。岫玉颜色质量初步可分为五级:

一级色:深绿、绿、油青色, $\text{TFeO}>1\%$ ,且 $\text{FeO}\gg\text{Fe}_2\text{O}_3$ 。颜色越深、越均匀,质量越好,如果这种颜色的岫玉中不含或几乎不含蔗渣状滑石、透闪石白色团块棉络,则为上等色的岫玉。

二级色:浅绿色, $\text{TFeO}<1\%$ 。如果颜色均匀,水头较好,玉石质量也好。

三级色:棕红色, $\text{TFeO}>1\%$ ,且 $\text{Fe}_2\text{O}_3\gg\text{FeO}$ 。这种颜色多沿裂隙呈条带状、细脉状、网状分布。如果分布形态好,岫玉的质量也不差。前人所述的“花玉”,由于红棕色的形态分布较好,一些年纪较大的人较喜欢这种红色的玉,称之为“血玉”,认为是“老玉”、“古玉”而受到青睐。当岫玉中因黄铁矿、磁黄铁矿氧化而出现黄褐色、棕色,并围绕这些矿物向四周围浸染扩散而分布不均,颜色不清亮而发闷,会大大降低玉石的颜色质量。

四级色:黄绿色, $\text{Fe}_2\text{O}_3$ 含量稍大于 $\text{FeO}$ 。这种颜色因混浊而发闷,其质量远不如上述几种颜色的岫玉。

级外色:浅色、无色、瓷白色、干白色等, $\text{TFeO}<0.5\%\pm$ 。

岫玉以上颜色的分级仅从 $\text{TFeO}$ 及 $\text{Fe}_2\text{O}_3$ 、 $\text{FeO}$ 含量考虑,显然并不能代表玉石的全

面质量评价。要正确评价岫玉的质量,还必须结合岫玉的透明度(水头)。事实上,相似颜色的岫玉,由于水头的差异,其质量相应也有些差异。

### 3.2 岫玉的透明度(水头)

岫玉的水头质量是指 2 mm 厚的玉石迎光观察时,背面物体移动时的清晰度,可划分透明至半透明、半透明至微透明、微透明至不透明。

(1)透明至半透明:自然光下,迎光肉眼观察清晰可见背后物体移动情况。这些岫玉多为浅色、无色,TFeO 含量低( $\leq 0.5\%$ ),几乎由纯叶蛇纹石组成,有时可含极少量滑石、透闪石杂质包裹体,玉石质地细腻、光洁度好。

(2)半透明至微透明:自然光下,迎光肉眼观察玉石背面物体隐约可见。颜色随 TFeO 含量及  $Fe_2O_3/FeO$  值而变化,一般 TFeO 含量越高,颜色越浓,则透光性越差。玉石中的杂质(滑石、透闪石、黄铁矿、磁黄铁矿)含量越多,其透光性也相应减弱。光洁度视杂质包裹体的粗细、分布方式和含量而定。

(3)微透明至不透明:在自然光下,迎光肉眼观察见不到背面物体移动情况,只有光感透过。这些岫玉多为瓷白色、干白色。透光性差主要是由于玉石中含较多碳酸盐矿物或变质程度浅所致,是质量最差的玉石。

综上所述,评价岫玉质量时,首先考虑其颜色,同时结合玉石的水头质量进行综合评价。质量较好的岫玉,应该是颜色好,如深绿、绿、油青等色,水头也好,如透明至半透明。在颜色质量十分相近的情况下,水头越好,则玉石的质量也越好。

## 4 结论

(1)根据镜下特征,初步认为叶蛇纹石是交代滑石、透闪石的最终产物,透闪石有两个世代。矿物生成顺序为:粗粒透闪石 $\rightarrow$ 毛发状透闪石 $\rightarrow$ 滑石 $\rightarrow$ 叶蛇纹石。

(2)透射电镜研究表明,岫玉中的叶蛇纹石的波状结构是叶片沿  $a$  轴方向波状起伏所致。

(3)根据岫玉中  $Fe^{3+}/Fe^{2+}$  值,岫玉中的深绿、油青、浅绿、黄绿色是原生色。岫玉中的“花玉”品种的颜色(红棕、棕色)是次生色,是岫玉形成后在氧化环境下含  $Fe^{3+}$  溶液或岫玉中的  $Fe^{2+}$  氧化成  $Fe^{3+}$  沿玉石裂隙渗透扩散所致。岫玉中的黄褐色、杂斑色、团块色是岫玉中浸染状黄铁矿或磁黄铁矿风化所致,其特征是颜色围绕金属硫化物颗粒向四周浸染扩散。

(4)岫玉的透明度与颜色呈反消长关系,即透明度好的岫玉一般为浅色、无色,随颜色变深,浓度增加,其透明度相应减弱。颜色越深、浓度越大,其 TFeO 含量越高。一般情况下,岫玉中 TFeO $<0.5\%$ 时,为浅色、无色;TFeO $\geq 1\%$ 时,则呈现出深绿、油青、浅绿、淡绿、黄绿、红棕色;当  $FeO \gg Fe_2O_3$  时,岫玉则呈深绿、油青、浅绿色; $FeO \approx Fe_2O_3$  时岫玉呈现出黄绿色或淡绿色; $Fe_2O_3 \gg FeO$  时,岫玉则为红棕或棕褐色。

(5)岫玉随棉绺含量增多,透光性减弱。滑石、透闪石是影响颜色和透光性最主要的杂质包裹体。透光性较差的岫玉中常见这两种矿物集合体呈团块状、带状、不规则状,并且颜色类似蔗渣状的灰白色,大大降低了玉石颜色的质量和透光性。质量好的岫玉则极少含这



两种矿物(滑石、透闪石)杂质包裹体。岫玉中的磁黄铁矿、黄铁矿也是影响岫玉颜色和透光性的杂质包裹体,由于磁黄铁矿、黄铁矿在岫玉中只局部范围可见,它们对玉石质量的影响远不及滑石、透闪石杂质包裹体对玉石质量的影响,因为透闪石、滑石在岫玉中分布极为普遍且较均一。

### 参考文献

- 曹俊臣, 阚学敏, 等. 1994. 岫玉的穆斯鲍尔谱、电子顺磁共振谱和红外光谱特征[J]. 矿物学报, (3): 292~295.
- 刘吉生. 1994. 玉石中的岫玉和玉枕[J]. 珠宝·科技, 15(4): 19~20.
- 邱兆明. 1992. 岫玉的穆斯鲍尔谱学研究[J]. 矿物岩石, (3): 27~30.
- 王实总编. 1999. 中国宝玉石资源大全[M]. 北京: 科学技术文献出版社, 61~63.

## Characteristics and quality of Xiuyan jade in Liaoning Province

ZHANG Liang-ju

(Guilin Institute of Technology, Guilin, 541004, China)

**Abstract:** The Xiuyan jade almost consists of pure antigorite, its grain size is  $330\text{nm} \times 440\text{nm}$ , the grains distribute in the shape of wave along  $a$  axis. The sequence of mineral crystallization is coarse tremolite-fine tremolite-talc-antigorite. The colors are controlled by the content of TFeO and  $\text{Fe}_2\text{O}_3/\text{FeO}$  ratio, which are also related with transparency. Green and glossy-green are original colors. Brown and red-brown, which are secondary colors, were formed under oxidation conditions. Colors and transparency are main quality parameters of Xiuyan jade.

**Key words:** Xiuyan jade; antigorite;  $\text{Fe}_2\text{O}_3/\text{FeO}$  ratio; Liaoning