

翡翠颜色色度学测量的可行性研究

王蓉, 袁心强

(中国地质大学珠宝学院, 湖北 武汉 430074)

摘要: 根据色度学原理, 利用宝石颜色自动化测量系统, 量化翡翠颜色的参数指标, 包括其 1931CIE 色度坐标、主波长、彩度与明度以及相应的反射率曲线和 1931CIE 色度图。依据主波长值, 可区分翡翠颜色的主色调; 由彩度值的大小可判断翡翠绿色的浓艳程度, 同时划定高翠的量化数值概念; 对比相关参数的变化, 可以判断黑罩对翡翠颜色的负面影响。实验结果表明, 利用光纤光谱仪、适当的照明方式及光谱采集方法, 应用色度学原理, 可以客观、定量地描述翡翠的颜色, 可作为评价翡翠颜色的适用技术。

关键词: 翡翠; 色度学; 颜色测量; 评价

中图分类号: P619.28

文献标识码: A

文章编号: 1008-214X(2007)02-0020-05

Feasible Research on Colour of Jadeite Jade Measured by Colorimetry

WANG Rong YUAN Xin-qiang

(Gemological Institute China University of Geosciences Wuhan 430074, China)

Abstract: According to the principle of colorimetry, the colour parameter indexes of jadeite jade are quantitized by the gemstone colour auto-measurement system, including 1931CIE chromaticity coordinates, dominant wavelength, chroma, lightness, reflection curves and 1931CIE chromaticity diagram. Through the dominant wavelength, the main tone of the colour of jadeite jade can be distinguished. According to the chromaticity value, the thick degree of green tone can be judged, and the quantitative concept of the fancy green jadeite jade can be defined. By the contrast of the correlation parameters, the negative influence of the black tone to the colour of jadeite jade can be also judged. The results of the experiment illustrate that the gemstone colour auto-measurement system is feasible to the colour evaluation and quantitative description of jadeite jade objectively with the fiber-optic spectrometer, the appropriate method of lighting and spectrum collection and the application of colorimetry principle.

Key words: jadeite jade; colorimetry; colour measurement; evaluation

颜色是评价翡翠品质的重要指标之一。自古以来, 翡翠颜色的评定都是专业人士凭目视经验, 将其绿色描述为翠绿、艳绿、黄阳绿、豆青绿、波菜绿等, 形象地用人们熟知的事物或名词来形容, 大

致区分其颜色的优劣, 而缺少较准确的评价方法。

色度学是 20 世纪初发展起来的一门学科, 以物理光学、视觉生理、视觉心理、心理物理等学科领域为基础, 研究人的颜色视觉规律、颜色测量的

理论与技术,为客观、定量地描述颜色提供科学依据和统一标准。随着色度学日趋发展,形成了一套颜色测量的基本原理和色度参数的计算方法,把样品颜色的三刺激值(色度坐标、彩度和明度)等参数指标量化,形成色度图和颜色空间,对其进行准确地定量与定性描述。

我国宝石界的人士一直在进行相关的尝试,试图利用各种方法量化宝石颜色的参数指标。在“颜色度量方法在翡翠颜色评价中的应用”一文中,作者利用分光光度计测得样品的反射光谱,计算其色度参数,再通过 GemDialogue 和 Munsell 两种颜色表征系统描述样品的颜色,进行比对,得出了 GemDialogue 色卡对比法在一定程度上反映了翡翠样品的视觉特性的结论。然而,该文仍未量化样品颜色的参数指标。

本文实验利用 USB2000 光纤光谱仪,采用光导纤维收集样品表面的漫反射信号,再将数据读入宝石颜色自动化系统的计算程序,量化样品颜色的参数指标,评定其优劣。该实验以翡翠样品为研究对象,研究其颜色测量方法的可行性。

1 实验

1.1 颜色测量技术

实验采用 USB2000 光纤光谱仪,利用半球性毛玻璃实现样品的漫反射信号,由光导纤维采集此信号,再把数据读入宝石颜色自动化测量系统的程序中,计算样品的色度参数。实验照明依据 CIE 标准照明体中的 A 光源(代表“1968 年国际实用温标”约为 2 856 K 完全辐射体的光),采用卤素灯(实际色温为 3 100K)近似替代。光源环绕半球形成一个圆形光路(实际采用两边对称的两个光源)。采集光纤置于半球底心位置,与样品法线间的夹角不超过 10° ,构成 $d/0$ 采集条件。

实验数据的波长间隔为 10 nm,采集积分时间为 63 ms 照明光源的电压为 12 V,功率为 20 W。在实验过程中,由于照明光源的亮度变化对各波段的显色指数有影响,故而采用恒定电流和电压。

1.2 样品的描述与分类

笔者采用 GemDialogue 颜色表征系统描述每个翡翠样品的颜色,然后根据不同的参数指标分类进行实验。按照“色标带 色罩强度 色罩颜色”的记录格式描述颜色。如 g_{80} ,即表示颜色为

绿色,无杂色,绿色强度带为 80;而 $g_{50}/40b$ 则表示颜色为绿色,色标强度带为 50,颜色中带有强度为 40 的黑色调。

1.3 研究方法

通过 GemDialogue 颜色表征系统对样品进行初步描述和分类后,依照颜色三要素(色调、饱和度和明度)将其结果与宝石颜色自动化测试系统测得的结果对比。其中,色调与两个系统中的色标和主波长分别对应,在自动化测试系统中彩度对应于饱和度,而在 GemDialogue 系统中饱和度与明度则用色标强度与色罩强度综合表示。以传统的颜色表征系统为依据,衡量量化的颜色参数是否能真实地反映宝石颜色的规律,并最终将量化的颜色规律与肉眼评价结果相比较。

2 实验结果

2.1 不同绿色调翡翠的色度学特征

翡翠有不同的绿色调,传统上用黄绿色、蓝绿色形容偏离了绿色的颜色。根据色度学原理,在可见光波长范围内,可依据物体主波长的数值分为红(640~780 nm)、橙(600~640 nm)、黄(550~600 nm)、绿(490~550 nm)、蓝(450~490 nm)、紫(380~450 nm)6个主要颜色。人的视觉系统不仅能看到这6种颜色,还能看到相邻颜色过渡区域的中间颜色。图版 III-1 为 490~580 nm 波段对应的光谱色块,其中正绿色的波长为 520~530 nm,蓝绿色的为 500 nm,黄绿色的为 540~570 nm。物体的主波长可根据测得的色度坐标求出。

表 1 为一组不同绿色调翡翠样品(图版 III-2)的色度学测量结果。1号样品为浅黄色(1/2为黄色,1/2为无色,实验测量黄色区域),2号样品为

表 1 不同绿色调翡翠样品的色度学测量结果

Table 1 Colorimetry measurement data of samples in tones of green

样号	色度坐标			主波长 /nm	彩度 /%	亮度纯度 /%
	x	y	z			
1	0.466 1	0.417 2	0.116 8	584.60	19.00	20.69
2	0.450 6	0.443 5	0.105 8	560.97	9.26	17.28
3	0.418 5	0.449 1	0.132 4	523.28	11.11	19.34
4	0.333 4	0.595 4	0.071 2	534.68	54.18	68.64
5	0.439 6	0.408 4	0.152 0	496.74	17.39	17.57

黄绿色, 3号、4号样品为饱和度不同的正绿色, 5号样品为蓝绿色, 位于绿蓝区。将各样品的色度点与参照点连线, 与光谱色轨迹交于一点, 正对应于各自的主波长值。样品的主波长反映的色调与人眼实际观察的视觉效果一致, 色度图见图1。可见, 由主波长值能确定翡翠颜色的主色调。

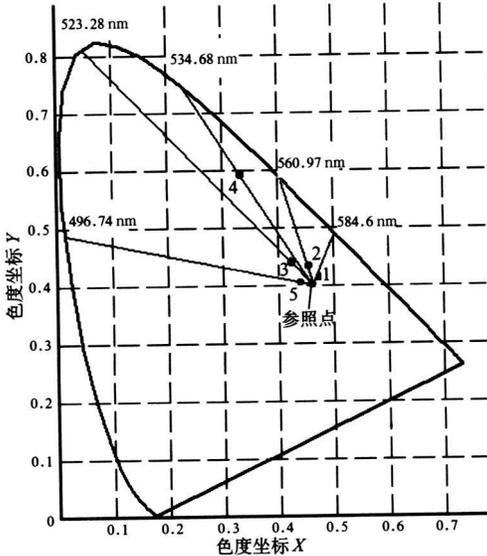


图 1 样品在 1931CIE 色度图上的坐标
Fig 1 Chromaticity coordinates of samples in 1931CIE chromaticity diagram

2.2 深浅不同的绿色翡翠样品

翡翠不仅有不同的绿色色调, 且其颜色的深浅也有很大的变化。根据色度学原理, 颜色浓度可用颜色饱和度表征。该实验采用 GemDialogue 颜色表征系统, 选取一组色调为绿色 (g), 但深浅不一的样品 (图版 III -3), 确定其绿色的浓度色度坐标值、主波长、颜色饱和度 (表 2)。从表 2 可以看出, 随着饱和度的增加, x 和 z 值逐渐减小, 而 y 值则逐渐增大, 即绿原色的比重越来越大, 而红

原色与蓝原色则不同程度地减少。

除了 1 号和 2 号样品的主波长位于 570 nm 附近外, 其余的都位于 530 nm 附近, 属于所谓的“正绿色”范围。4 号和 5 号样品的主波长偏大, 表明其色调略向黄色靠近, 与人眼对其产生阳绿色的感觉相一致。

颜色浓度的变化主要显示为样品的彩度值不同, 翡翠的彩度与绿色的浓艳程度成正比, 颜色越浓郁, 彩度值越大。根据实验结果, 翡翠的绿色深浅程度可依据彩度值划分: 10% 以下为无色—淡绿色, 10% ~ 30% 为浅绿色, 30% ~ 50% 为绿色, 大于 50% 为翠绿色。当彩度更高、大于 80% 时, 颜色接近单色光的光谱色。由于缺乏对应的样品分析, 故而对更高彩度样品的色度规律还有待进一步研究。该组各样品对应的反射率曲线与 1931CIE 色度图见图 2 和图 3。

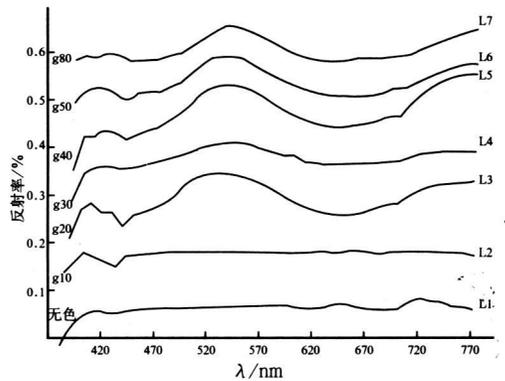


图 2 样品的反射率曲线
Fig 2 Reflection curves of samples

从图 2 可以看出, 彩度值在 10% 以下、近于无色和浅绿色样品的反射率曲线近乎直线, 即对每个波段的光线反射率相同; 随着彩度值的增加, 样品在 530 nm 附近呈现明显的峰值, 在蓝区和

表 2 绿色翡翠样品的色度学测量结果

Table 2 Colorimetry measurement data of green samples

样号	GemDialogue 色标	色度坐标			主波长 /nm	彩度 /%	亮度纯度 /%
		x	y	z			
L1	无色	0.450 5	0.411 8	0.137 7	578.96	5.45	6.44
L2	g10	0.448 3	0.418 6	0.133 1	571.67	7.57	10.03
L3	g20	0.418 5	0.449 1	0.132 4	523.28	11.11	19.34
L4	g30	0.402 1	0.484 6	0.113 3	543.51	24.33	36.37
L5	g40	0.401 7	0.494 1	0.104 2	545.80	30.41	42.61
L6	g50	0.324 4	0.558 0	0.117 6	532.36	35.94	53.22
L7	g80	0.333 4	0.595 4	0.071 2	534.68	54.18	68.64

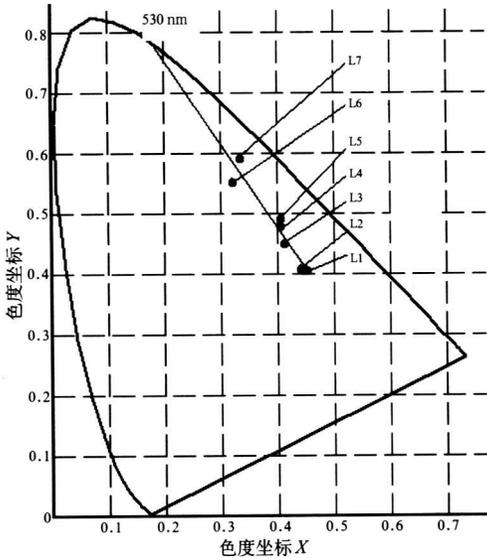


图 3 样品在 1931CIE 色度图上的坐标

Fig 3 Chromaticity coordinates of sample dotting in 1931CIE chromaticity diagram

红区出现明显的吸收,峰值基本上都达到 10%,但并未随彩度值的增加呈线性增长。笔者认为,由于样品表面的反射率受其颜色浓淡、透明度、表面抛磨程度以及琢型等多因素的影响,故而不能用反射率曲线的峰值来表征其彩度的规律,只能确定反射率大于 10%的翡翠样品,其颜色的彩度值应该大于 20%。

从图 3 中可以看到,样品的色度坐标点几乎位于同一直线上,即主波长都位于 530 nm 附近,且随着彩度值的增加,其坐标点依次向光谱色靠近。

2.3 翠绿色翡翠样品

翠绿色是翡翠颜色中的极品。为了检验测量结果的可靠性,挑选了 4 块翠绿色翡翠样品(图版 III-4),在 GemDialogue 体系中都表征为 g80,所测数据见表 3。结果表明,人眼感觉为翠绿色翡

翠(俗称高翠)的色度坐标 x 值约为 0.35, y 值约为 0.55, z 值约为 0.09;主波长集中于 530 nm 附近,彩度均在 50% 以上,亮度纯度相应地集中在 60% 左右。

图 4 和图 5 分别为翠绿色翡翠样品的光谱反射率曲线和 1931CIE 色度坐标图。由图 4 可以看出,样品的反射率值基本都位于 15% 左右,曲率较大,峰型较尖锐。可以认为,当样品(除 3 号样品外)的波峰与波谷的差值大于 0.15 时,绿色的彩度可达到 50% 以上。由于 3 号样品的反射率受其琢型的影响,其反射率值较低。从图 5 可以看到,该组样品的色度坐标位于高翠区域。

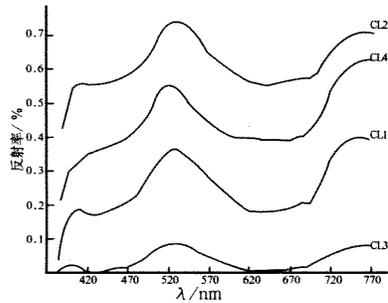


图 4 翠绿色翡翠样品的反射率曲线

Fig 4 Reflection curves of fancy green samples

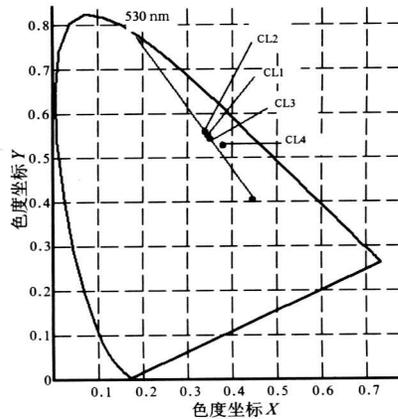


图 5 翠绿色翡翠样品在 1931CIE 色度图上的色度坐标

Fig 5 Chromaticity coordinates of fancy green samples in 1931CIE chromaticity diagram

表 3 翠绿色翡翠样品的色度学测量结果

Table 3 Colorimetry measurement data of fancy green samples

样号	色度坐标			主波长 /nm	彩度 /%	亮度纯度 /%
	x	y	z			
CL1	0.341 2	0.561 6	0.097 2	534.06	51.20	57.33
CL2	0.334 1	0.574 3	0.091 6	535.03	54.58	60.68
CL3	0.354 9	0.552 3	0.092 7	534.68	54.18	68.64
CL4	0.382 5	0.534 7	0.082 8	532.06	54.65	57.82

2.4 带黑色调的绿色翡翠样品

该组样品的颜色为绿色,带黑色调(图版 III-5)。绿色翡翠如果受到褐色或黑色次生色的叠加,其颜色就会变暗,形成所谓的瓜青色和油青色。利用 GemDialogue 颜色系统可确定其黑罩强度(表 4)。

表 4 带黑色调绿色翡翠样品的色度学测量结果及对比

Table 4 Colorimetry measurement data and contrast between green samples with black tone and green samples

样号	Gem Dialogue 色 标	色 度 坐 标			主波长 /nm	彩度 /%	亮度纯度 /%
		x	y	z			
HL1	g10/40b	0.437 7	0.437 0	0.125 2	558.82	11.34	16.39
L2	g10	0.448 3	0.418 6	0.133 1	571.67	7.57	10.03
HL2	g30/40b	0.398 8	0.467 2	0.134 0	523.54	14.26	25.21
L4	g30	0.402 1	0.484 6	0.113 3	543.51	24.33	36.37
HL3	g50/40b	0.403 7	0.455 9	0.140 4	518.61	11.36	20.78
L6	g50	0.324 4	0.558 0	0.117 6	532.36	35.94	53.22
HL4	g50/10b	0.386 9	0.506 8	0.106 3	541.59	28.64	42.62
L5	g40	0.401 7	0.494 1	0.104 2	545.80	30.41	42.61
HL5	g50/20b	0.384 0	0.490 3	0.125 7	527.20	19.76	33.31
L4	g30	0.402 1	0.484 6	0.113 3	543.51	24.33	36.37
HL3	g50/40b	0.403 7	0.455 9	0.140 4	518.61	11.36	20.78
L3	g20	0.418 5	0.449 1	0.132 4	523.28	11.11	19.34

从饱和度逐渐增加的角度看,该组翡翠样品的色度学测量数据(表4)总体遵循绿色翡翠样品的规律,但与相同色标强度的绿色翡翠样品相比,显示出黑罩对其颜色存在一定程度的影响:

(1)主波长 黑色调导致样品代表蓝色光三刺激值的 x 值增大,主波长随着黑色调的增加而变小,向蓝色调移动,与人眼的感观相一致;(2)彩度 黑罩冲淡了绿色的浓艳感觉,同时,随着黑色调的增加,其彩度和明度也越来越低,与人眼的感观相一致;(3)油青色 HL1号样品由于绿色饱和度很小(低于10%),褐色或黑色加入后,其彩度提高至11.34%,大于相同色标强度L2样品的,与绿色饱和度高的样品的变化趋势相反,人眼也感到其饱和度提高了,为油青色;(4)影响程度的评定 可通过比较纯正绿色样品的颜色彩度来判断黑色调对绿色的影响程度,如绿色浓度达到50、但黑色调强度达到40的样品的颜色彩度只有11.36%,比同等绿色浓度、但不带黑色调的(35.94%)低很多,只相当于绿色浓度为20的。

图6为带黑罩样品与绿色样品的反射率曲线对比图,从中可直观地看到,带黑罩样品的反射率曲线平缓,而无黑罩影响、但纯度相同的样品其反射率曲线峰型略尖锐,说明了黑罩对翡翠颜色品质的负面影响。

3 结果讨论

实验结果表明,利用USB2000光纤光谱仪、适当的照明方式及光谱采集方法,应用色度学原

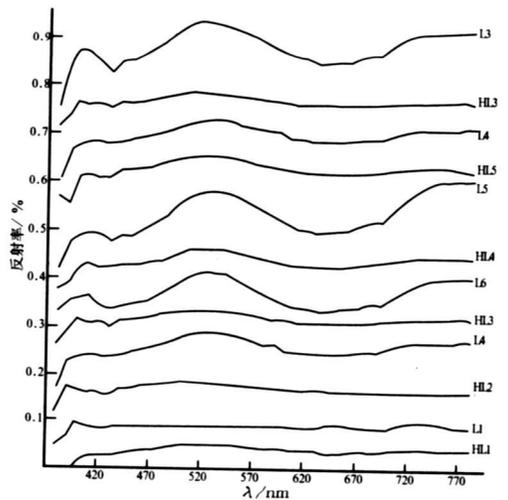


图 6 样品的反射率曲线

Fig 6 Reflection curves of samples

理,可以客观、定量地描述翡翠的颜色,并可作为评价翡翠颜色的适用技术。色度学测量具有以下作用:

1 区分和确定翡翠的绿色调

由样品的主波长值可以确定颜色色调,正绿色的波长为510~530 nm,510 nm以下的为绿色带蓝色调,540 nm附近的为亮绿色,即阳绿色,略带黄色调;

2 划分绿色的浓度

由彩度值可确定绿色的浓艳程度,彩度值低于10%的,基本上为无色—浅绿色翡翠;当彩度值为10%~35%时,为中等绿色品种;当彩度值达到35%以上时,绿色较浓艳;当达到50%时,即为俗称的高翠翡翠,绿色浓艳欲滴;

表 6 样品颜色的参数值及评定结果

Table 6 Colour parameters and appraisal results of samples

样品	参 数 值			H			S+B	定量 评定
	H/°	S/%	B/%	分 类	级 别	定 量 命 名	级 别	
501	339	90	51	偏紫红色	三	6分偏紫红色	—	2
502	351	96	37	微紫红色	—	4分微紫红色	四	3
503	314	52	60	粉红色	七	1分粉红色	三	6

为四级,综合评定为 3级;其价格为 200元 /ct。503号样品的颜色偏粉色,分布均匀,透明度较高,净度和切工较好,其 H为七级, S和 B为三级,综合评定为 6级;其价格为 100元 /ct。结果显示,定量评定与其价值基本吻合,因此,笔者认为,该红宝石颜色的定量评定方案基本合理、可行。

4 结语

以色度学为理论基础,以 Photoshop软件为工具,根据颜色三要素 H、S和 B,采用量化方式对红宝石样品的颜色进行研究,初步建立了红宝石颜色的定量分级评定方案。根据软件中的 H、S、B参数值分别确定了红宝石颜色的 H的分类和级别、S与 B的定量评定以及综合定量评定方案。同时选取部分红宝石样品对该评定方案进行了有效的检验,其结果表明与传统分类基本一致,与样

品的价格相符合,说明该定量评定方案合理、可行。

参考文献:

- [1] Miller A M. Gem and Jewelry Appraising——Techniques of Professional Practice [M] (Ed II). Woodstock Vermont: Gemstone Press, 1999. 56—57.
- [2] Richard H Cartier Professional Jewellery Appraising [M] (Ed II). Canada: Fischer Press, 2004. 95—96.
- [3] 汤顺青. 色度学 [M]. 北京:理工大学出版社, 1991.
- [4] 格林伯格. Photoshop 5/5.5 详解 [M]. 希望图书创作室译. 北京:希望电子出版社, 1999.
- [5] 郭涛. AIGS的红蓝宝石分级与评价 [J]. 中国宝玉石, 1995, (2): 48—49.
- [6] 欧阳秋眉. 如何评价红蓝宝石 [J]. 中国宝石, 1995, (2): 16—21.
- [7] 陈延芳, 潘峰, 任进. 翡翠绿色的定量评定 [J]. 矿物岩石地球化学通报, 1999, 18(4): 412—415.

(上接第 24页)

3. 黑色调的识别与评定

黑罩对翡翠颜色的影响较大,当黑罩强度小于 10%时,对其颜色影响较小;当大于 10%时,翡翠的饱和度和亮度降低,严重影响翡翠的品质。根据色度学数值,可以评价黑色调的影响程度;

4. 划分高翠的范围

人眼感受为高翠的其色度坐标 x值集中于 0.35左右, y值约位于 0.55,而 z值则位于 0.09左右;主波长集中于 530 nm 附近时,彩度均在 50%以上,明度相应地集中在 60%左右,这可作为划定高翠的一个量化数值概念。

由于标本收集的局限性,有些实验并不全面,如对近同一色调、但透明度与结构不同的翡翠缺少其色度学参数的变化规律;对更高饱和度(80%甚至更高的彩度值)的翡翠在实验中没有

得到相关的数据,因此,还有待进一步实验来完善。文中有关翡翠颜色量化的评定指标只作为一种探索,为其分级标准的制定提供一定的参考。

参考文献:

- [1] 荆其诚. 色度学 [M]. 北京:科学出版社, 1991.
- [2] 牟凌刚. 用 CCD实现照明光源颜色的快速测量 [J]. 浙江工业大学学报, 2000, (3): 202—205.
- [3] 郭颖. 八三玉的色度学研究 [J]. 西安科技学院学报, 2002, (2): 188—191.
- [4] 李宏光. 几种颜色测量方法的比较 [J]. 应用光学, 2005, (3): 60—63.
- [5] 徐海松. 颜色技术原理及在印染中的应用(三) [J]. 印染, 2005, (20): 32—36.
- [6] Howard Rubin, Gail Brett Levine. Gem Dialogue Colour Tool Box [M]. New York: Gem Dialogue System, Inc. 2002.
- [7] Howard Rubin. Gem Dialogue Manual [M]. New York: Gem Dialogue System, Inc. 2002.

图版 I

殷小玲等：翡翠中钠铬辉石的矿物学特征研究

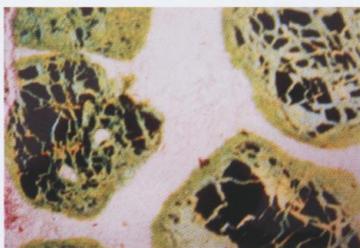


图1 翡翠样品中的黑色矿物、钠铬辉石和硬玉 (—,40 ×)
Fig.1 Black mineral, ureyite and jadeite in jadeite jade samples

图版 II

许如彭等：翡翠品质分级的定量方法



图1 翡翠样品在白、黑两种背景下的颜色变化
Fig.1 Colour changes of jadeite jade samples under white and black background

图版 III

王蓉等：翡翠颜色色度学测量的可行性研究



图1 主波长为490~580 nm的光谱色
Fig.1 Spectrum colours of dominant wavelength from 490 to 580 nm

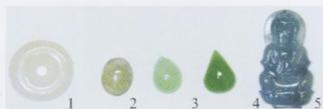


图2 不同绿色调的翡翠样品
Fig.2 Samples in tones of green



图3 饱和度从低到高的绿色翡翠样品
Fig.3 Green samples with saturation from low to high



图4 翠绿色翡翠样品
Fig.4 Fancy green samples



图5 带黑色调的绿色翡翠样品
Fig.5 Green samples with black