

文章编号: 1000-6524(2004)01-0065-04

均匀色空间中绿色翡翠的色差

郭颖¹, 范静媛²

(1. 中国地质大学 珠宝学院, 北京 100083; 2. 中国珠宝首饰质量监督检验中心, 北京 100101)

摘要: 采用 MPV_III 型显微光度计测定了 32 个翡翠样品的可见光吸收光谱, 计算了部分样品的三刺激值。在此基础上引入色度学中均匀色空间及色差的概念, 通过计算样品 NBS 值定量分析了不同翡翠样品间的绿色差异。结果表明, 色差的定量计算可以反映样品间的真实颜色差别, 并且不同于同色异谱指数, 可作为绿色翡翠颜色鉴别中一种较为有效的定量方法。

关键词: 翡翠; 三刺激值; 均匀色空间; 色差(NBS)

中图分类号: P619.281

文献标识码: A

Color difference of green jadeite jade in even color space

GUO Ying¹ and FAN Jingyuan²

(1. School of Gemology, China University of Geosciences, Beijing 100083, China; 2. National Center of Jewelry Quality Supervision and Inspection, Beijing 100101, China)

Abstract: The visible absorption spectrograms of 32 jadeite jade samples were measured by MPV_III microphotometer, and their three impulse values were calculated. On such a basis, the concept of color difference in even color space is put forward. By calculating NBS values of the samples, the color differences of the samples were analyzed quantitatively. It is shown that the quantitative calculations of color differences can present true colors of different samples and are different from the metamerism indexes. Therefore, this technique is a valuable means for identification of green jadeite jade and can play a very important role in gem identification.

Key words: jadeite jade; three impulse values; even color space; color difference

颜色的三刺激值不同则颜色不同, 但是两种颜色的三刺激值差相同并不能代表人感觉到的色知觉差异相同(Montag, 1997; Qiao *et al.*, 1998; Montag and Berns, 1999)。翡翠尤其是绿色翡翠的颜色是研究的重点, 不同的绿色使翡翠的价值有几倍甚至几十倍的差异, 因此细致鉴别其颜色差别是十分必要的。但是, 目前对于翡翠颜色的描述还没有一个较为有效的定量方法, 仅从颜色的三刺激值对颜色的真实差异进行描述显然不够准确。

CIE1931 的 XY 色品图是不均匀的颜色空间, 即色品图上两个色品点的距离不能客观地反映颜色的真实差异(即色差), 因此必须选择一个均匀的颜色空间以便任意两点之间的距离能够代表两种颜色的真实差异。色度学中色差的概念早已广泛应用于印染、纺织、日用化工等诸多领域(彭桃芝等, 2002; 赵澎等, 2002; 杜华, 2003), 但目前尚未在宝玉石研

究中得到应用。本文尝试采用色度学系统知识(汤顺青, 1998)解决翡翠颜色的定量描述问题, 即引入均匀色空间(Nemcsics, 1987)及色差(Nassau, 1983)的概念, 通过计算色差(NBS)值来定量分析和描述不同绿色翡翠间的颜色差异(胡泽民, 1989), 以便为翡翠的实际鉴定工作提供帮助。

1 样品与实验

为了研究含多种矿物组分且覆盖绿色范围比较大的系列, 使结果更具代表性, 选取以硬玉、绿辉石、透辉石等为主要矿物的中高档翡翠, 质地、色调均匀, 半透明-透明, 其中硬玉的含量均在 90% 以上, 还有部分钠质闪石和钠质长石等, 产于缅甸北部, 编号为 No. 1~ No. 32, 颜色从浅绿到深绿, 色调从明亮到暗。

收稿日期: 2003-05-23; 修订日期: 2003-07-25

作者简介: 郭颖(1973-), 男, 讲师, 主要从事矿物学、岩石学及宝石学研究。

实验设备为中国地质大学(北京)色度实验室的 Leitz 公司生产的 ORTHOPLAN MPV_III 型显微光度计,放大倍数 $20 \times 1.6 \times 10$, 电流 840 mA, 电压 830 V, 100 W 钨卤灯, 标样 1189, 光谱测试在从近紫外到近红外的 200~ 1100 nm 范围内, 实际计算范围为可见光区 400~ 700 nm。图 1 为 13 件选取用作 NBS 值计算、对比的翡翠样品的可见光吸收光谱图, 计算得到的绿色翡翠样品颜色的三刺激值见表 1。

表 1 绿色翡翠的颜色三刺激值

Table 1 Three impulse values of green jadeite jade

样品号	S(X)	三刺激值 S(Y)	S(Z)
No. 1	0.167 7	0.160 7	0.138 2
No. 2	0.563 6	0.571 4	0.491 2
No. 3	0.357 7	0.349 3	0.292 5
No. 4	0.387 7	0.376 9	0.303 7
No. 8	0.545 5	0.547 6	0.408 3
No. 9	0.378 7	0.394 9	0.354 2
No. 15	0.584 8	0.611 3	0.537 0
No. 21	0.422 3	0.411 8	0.336
No. 22	0.409 8	0.407 6	0.489 2
No. 23	0.409 0	0.407 2	0.489 2
No. 24	0.698 4	0.681 2	0.534 0
No. 25	0.487 8	0.480 6	0.398 9
No. 26	0.297 6	0.295 7	0.264 2

2 色差计算原理

一个均匀颜色空间中任意两点之间的距离可以代表两种颜色的真实差异, 因此将均匀明度标尺和均匀色品标尺组合起来形成均匀的三维色空间。CIE 推荐了两个均匀色空间, 分别称为 CIE 1976 $L^* u^* v^*$ 色空间和 CIE 1976 $L^* a^* b^*$ 色空间。本文采用 $L^* u^* v^*$ 色空间。 $L^* u^* v^*$ 由以下各式规定:

$$L^* = 116(Y/Y_n)^{1/3} - 16 \quad (Y/Y_n > 0.008 856) \quad (1)$$

$$L^* = 903.3(Y/Y_n) \quad (Y/Y_n \leq 0.008 856) \quad (2)$$

$$u^* = 13L(u' - u'_n), v^* = 13L(v' - v'_n) \quad (3)$$

其中 $u' = \frac{4X}{X + 15Y + 3Z}, v' = \frac{9X}{X + 15Y + 3Z} \quad (4)$

$$u'_n = \frac{4X_n}{X_n + 15Y_n + 3Z_n}, v'_n = \frac{9X_n}{X_n + 15Y_n + 3Z_n} \quad (5)$$

式中, L^* 称为米制明度, $u^* v^*$ 称为米制色品; $u' v'$ 为颜色样品的色品坐标, $u'_n v'_n$ 为光源的色品坐标; $X Y Z$ 为样品的三刺激值; $X_n Y_n Z_n$ 为 CIE 标准照明体照射在完全漫反射体上, 再经完全漫反射体反射到观察者眼中的白色刺激的三刺激值, $Y_n = 100$ 。 $L^* u^* v^*$ 色空间中两个颜色的色差由下式求得:

$$\Delta E_{uv}^* = [(\Delta L^*)^2 + (\Delta u^*)^2 + (\Delta v^*)^2]^{1/2} \quad (6)$$

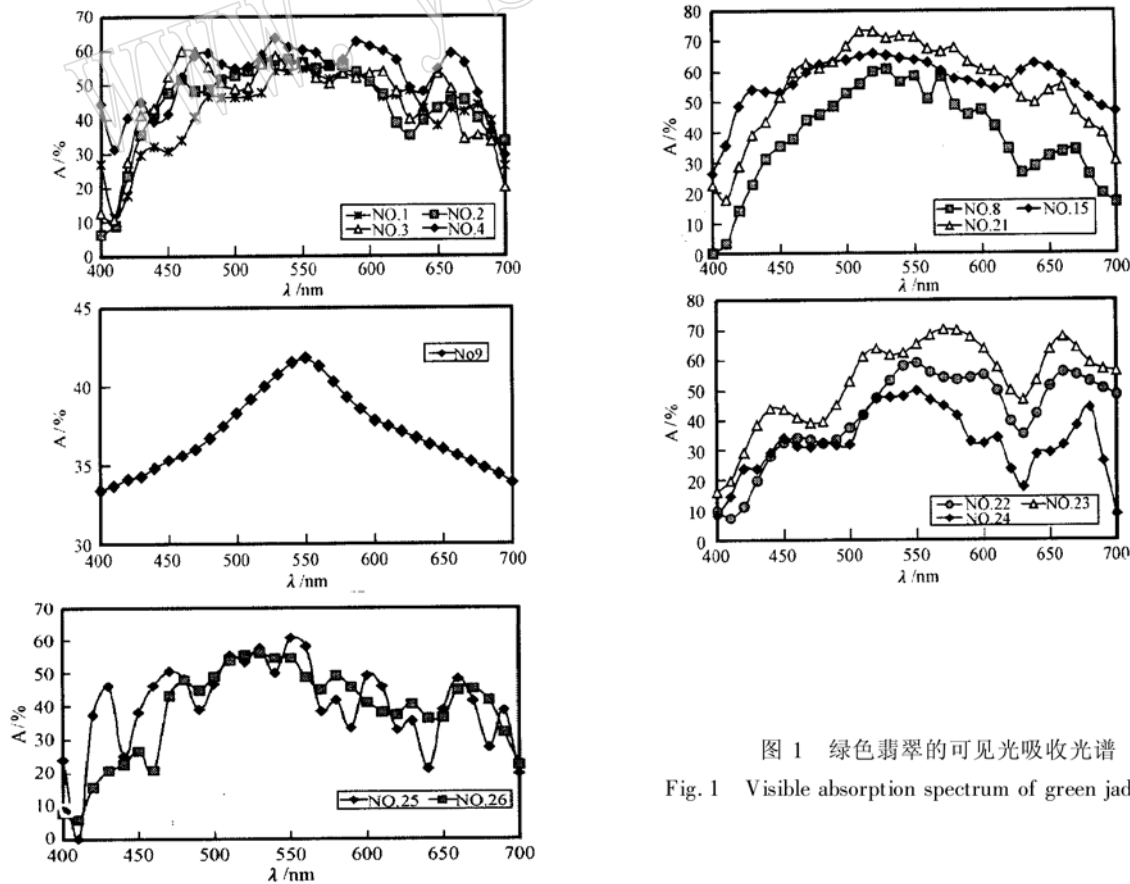


图 1 绿色翡翠的可见光吸收光谱

Fig. 1 Visible absorption spectrum of green jadeite jade

式中色差 $\Delta E=1$ 时称为 1 个 NBS 色差单位。在 CIE 的 $x-y$ 色品图的中心, 一个 NBS 色差单位相当于 $0.0015 \sim 0.0025x$ 或 y 的色品坐标变化。

3 结果讨论

实验中被测样品的色差计算结果见表 2。通过分析表 2 中数据可以得到以下结论:

(1) 不同翡翠样品间的 NBS 值不同。

色度学中 NBS 单位的色差感觉一般分为 6 档: 0~ 0.5 痕迹, 0.5~ 1.5 轻微, 1.5~ 3 可察觉, 3.0~ 6.0 可识别, 6.0~ 12 大, 12 以上非常大。对于翡翠来说, 颜色的细微差异即可反映在其价值上, 因此色差可以定为小于一个 NBS 单位。由表 2 可以看出, 大部分样品间的色差均在 0~ 10 范围内, 即绿色翡翠颜色的整体差异并不是很大, 但可以明显识别出来。

实际工作中, 区分绿色翡翠颜色等级时可以依据色差感

表 2 翡翠的色差(NBS)值
Table 2 NBS values of color difference of jadeite jade

	No. 1	No. 2	No. 3	No. 4	No. 8	No. 9	No. 15	No. 21	No. 22	No. 23	No. 24	No. 25	No. 26
No. 1	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
No. 2	14.91	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
No. 3	8.29	6.68	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
No. 4	9.28	5.72	0.98	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
No. 8	14.65	0.76	6.34	5.36	/	/	/	/	/	/	/	/	/
No. 9	9.86	5.10	1.60	0.72	4.85	/	/	/	/	/	/	/	/
No. 15	32.03	17.08	23.74	22.77	17.4	22.14	/	/	/	/	/	/	/
No. 21	10.40	4.60	2.10	1.11	4.30	0.81	21.85	/	/	/	/	/	/
No. 22	7.24	7.73	1.07	2.05	7.45	2.68	24.97	3.18	/	/	/	/	/
No. 23	28.38	13.46	20.11	19.14	13.81	18.51	3.87	18.02	21.33	/	/	/	/
No. 24	17.67	2.89	9.37	8.38	3.02	7.85	14.73	7.26	10.43	11.19	/	/	/
No. 25	12.46	2.57	4.15	3.16	2.24	2.63	19.80	2.03	5.20	16.18	5.27	/	/
No. 26	6.30	8.67	2.01	3.00	8.39	3.61	25.91	4.13	22.62	22.26	11.43	6.19	/

觉的 6 档依次划分: 痕迹档指不同样品间绿色的细微差异, 只有专家才能识别出, 对其价值影响甚微; 轻微档指不同样品间的绿色有轻微差别, 专家较易识别, 对样品价值略有影响; 可察觉档指普通人即可识别不同样品间的绿色, 对其价值有一定的影响; 可识别档指普通人可以明显识别不同样品的绿色差异, 明显影响其价值; 最后两档对于高价值的绿色翡翠来说意义不是很大, 因为当不同样品间的绿色差异达到如此之大时是很容易被识别出的, 而对价值的影响视具体情况而定。此种方法将绿色翡翠的颜色定量测量与价值的评估结合起来, 具有一定的实际意义。

(2) NBS 值可以直观地反映不同翡翠颜色在色空间上的真实差异, 而且是均匀的。

不同样品间的 NBS 值可以很大, 例如 No. 1(主波长为 523 nm) 和 No. 23(主波长为 515 nm) 样品的 NBS 值达到 28.38, 主波长差为 8 nm, 大大超出了人眼在此范围内近 1 nm 的分辨力, 可以容易地将其颜色鉴别出; No. 15(主波长为 515 nm) 和 No. 26(主波长为 516 nm) NBS 值为 25.91, 虽然主波长差仅为 1 nm, 且色调也非常接近, 但由于光亮度及色纯度等条件的作用, 使其颜色差异非常明显, 这种现象是由于明度标尺与色品标尺的共同作用, 即色品相同但明度值不同也可以使两颜色的色差可识别, 这就是说颜色的决定因素不仅是色品, 并从另一个角度验证了颜色是色度、明度、饱和度三大要素共同作用的结果。

对于 NBS 值达到痕迹或轻微级别的样品, 肉眼鉴定十分困难。例如 No. 2(主波长为 515nm) 与 No. 8(主波长为 515 nm) 的 NBS 值为 0.76, 即在相同主波长下表现出细微的颜色差异; No. 3(主波长为 518 nm) 与 No. 4(主波长为 519 nm) 的 NBS 值为 0.98。色差值小于 1, 说明这些样品在三维色空间的空间距离非常小, 即颜色视觉差异很小, 几乎超出了人眼的分辨能力, 反映了两样品颜色的真实差异。实际上, 当 NBS 值小于 1.5 时人眼已经很难分辨。

实际工作中, 评价不同样品绿色时必须考虑到环境对观察效果的影响, 对样品在不同环境中进行比较、评价, 才能获得准确的结果。行业内部所谓的翡翠的“阳看”与“阴看”即是指绿色翡翠在阳光充足与无阳光照射条件下颜色的不同效果。因此, 对不同样品的绿色进行非仪器评价时务必在不同的照明条件下进行, 而且外界条件(如照明体)变化越大越利于判断样品间绿色的真实差异, 这一原则更加适于高档绿色翡翠的评估与鉴别。

(3) 翡翠颜色的实际鉴定工作中, 色差 NBS 值不同于同色异谱指数。

翡翠的同色异谱现象描述的是一块翡翠在不同环境下(照明体或观察者)颜色的变化, 或不同样品在某一特定环境下颜色匹配相同但谱形相异的现象, 是相对的。而色差是在均匀三维颜色空间中计算得到的, 是一个绝对值, 即在不同条件下(照明体与观察者)对样品比较时其值不变, 加之包含明

度指数和色品指数的意义,因此是评估不同翡翠间颜色差异的有效、客观的手段。

References

- Du Hua. 2002. Photo_activity and sun_protecting ability of TiO₂ for cosmetics use [J]. *China Surfactant Detergent & Cosmetics*, 32(1): 72~ 74 (in Chinese with English abstract).
- Hu Zemin. 1989. Computation of color_difference in XY chromatic diagram [J]. *Acta Metrologica Sinica*, 10(3): 212~ 216 (in Chinese).
- Montag E D. 1997. The influence of boundary information on the perception of color [J]. *J. Opt. Soc. Am.*, 14(5): 997~ 1006.
- Montag E D and Berns R S. 1999. Visual determination of hue suprathreshold color_difference tolerances using CRT_generated stimuli[J]. *Colo. Res.*, 24(3): 164~ 176.
- Nassau K. 1983. *The Physics and Chemistry of Color*[M]. John Wiley & Sons Inc., 85~ 93.
- Nemesics. 1987. Color space of the colored color system[J]. *Color Research and Application*, 12(2): 135~ 146.
- Peng Taozhi, Zhu Yawei and Chen Fuzhi. 2002. Study on dyeability and homochromatic properties of Tencel/ Polyester mixture[J]. *Silk*

Monthly, (1): 12~ 14(in Chinese with English abstract).

- Qiao Y, Berns R S, Reniff L, *et al.* 1998. Visual determination of hue suprathreshold color_difference tolerances[J]. *Colo. Res.*, 23(5): 302~ 313.
- Tang Shunqing. 1998. Influence of wavelength range for the colorimetric computations[J]. *Optical Technique*, (2): 58~ 60 (in Chinese with English abstract).
- Zhao Shu, Wang Xueyan and Wu Hailiang. 2002. Color - difference of wool and silk fabrics by shrinkproof plasma treatment[J]. *Fangzhi Kexue Yanjiu*, 13(2): 43~ 45(in Chinese).

附中文参考文献

- 杜 华. 2002. 二氧化钛光敏性及防晒能力探讨——光敏性的色差测定值与防晒能力的关系[J]. *日用化学工业*, 32(1): 72~ 74.
- 胡泽民. 1989. XY 色品图中的色差计算[J]. *计量学报*, 10(3): 212~ 216.
- 彭桃芝, 朱亚伟, 陈福志. 2002. Tencel 涤纶交织物染色性和同色性研究[J]. *丝绸*, (1): 12~ 14.
- 汤顺青. 1998. 波长范围对色度学计算精度的影响[J]. *光学技术*, (2): 58~ 60.
- 赵 澍, 王雪燕, 武海良. 2002. 毛针织物在等离子体防缩处理中的色差现象[J]. *纺织科学研究*, 13(2): 43~ 45.