

中国宝石学研究

宝石颜色的定量和指数化

刘玉山

(中国地质科学院矿床地质研究所, 北京 100037)

颜色是鉴定和评价宝石最主要的因素。但宝石的颜色又是一种十分复杂的物性, 它涉及到宝石的成分、结构、透明度以及人目视觉和心理诸多方面。因此判别和鉴定宝石的颜色一直是一件重要而困难的工作。

宝石学家常常凭个人的视觉和经验去定性地描述和评估宝石的颜色。这不仅不够精确, 而且带有很大的主观性。客观、定量地测量和表征宝石的颜色是当今宝石界的一项迫切任务。由于宝石颜色定量测定的复杂和困难, 这样的任务虽经长期努力也迟迟未解决。只是到了 80 年代前后, 人们才用精密的色度仪开始了宝石颜色的定量测定, 并为一些宝石提供了首批客观的颜色参数。

1 宝石颜色的色度值

根据色度学 (Colorimetry) 原理, 颜色具有三个要素: 色彩、亮度和彩度。色彩 (又叫色相) 是由光的波长决定的; 亮度则取决于光的振幅; 彩度又叫颜色的饱和度或纯度, 它是色光分量与白光分量的比值。要完整地表达颜色的全部特征就需要藉助一种三维的立体座标, 这种座标为圆锥状 (或双锥状), 圆锥之圆盘的度数 (共 360°) 表示色彩 (色相)、锥高表征亮度, 而圆盘的半径则用来代表彩度 (图 1)。为了使用方便, 颜色学家常用二维的平面座标来表征颜色。比如 Munsell 把色彩分为 R (红) YR (橙) 等 10 个色彩, 再将每一种色彩按不同的亮度和彩度排列成几十种颜色, 标以符号和数码。将这种颜色按秩序排列绘制在低板上, 做成色标, 叫做 Munsell 色标。应用时将某颜色与色标对比, 就可以定出该颜色的名称和亮度、彩度等级 (图 2)。这种定性的比色方法广泛应用于染料和油漆工业。但由于宝石颜色复杂得多, Munsell 的比色色标难于用于宝石。

国际照度委员会 (CIE) 曾制定过一种色度图, 就是用一种二维的 xy 座标来表征颜色的色度值。其原理大致如下。颜色具有加合性质, 根据这种性质, 任何一种颜色均可由不同份量的三原色合成, 即任何颜色均可由 $rR + gG + bB$ 表达。令三原色的系数总和为 1, 即 $r + g + b = 1$, 则任何颜色的色度值均可由 $rR + bB$ 两个矢量表示。这样就可以用 xy 座标图来表示颜色的色度值。这一色度图被称作 CIE 色度图 (图 3)。

1976 年国际照度委员会又将上述色度图加以改进, 形成了一新的色度图, 称 CIEAB 色度图 (图 4)。该体系采用三个参数来定量地表示颜色的色度特征。这三个参数定 a^* 、 b^* 、 L^* , 其中 a^* 是红色色度量 ($-a^*$ 为绿色色度量), b^* 为黄色色度量 ($-b^*$ 则为兰色色度量), L^* 为颜色的亮度。颜色的彩度 C^* 可由 a^* 、 b^* 值算出, $C^* = \sqrt{a^{*2} + b^{*2}}$ 。目前, 国际宝石界采用的正是这种 CIEAB 色度图, 由这种色度图可以很容易地得出宝石颜色的全部三个色度参数: 色

彩、彩度和亮度。

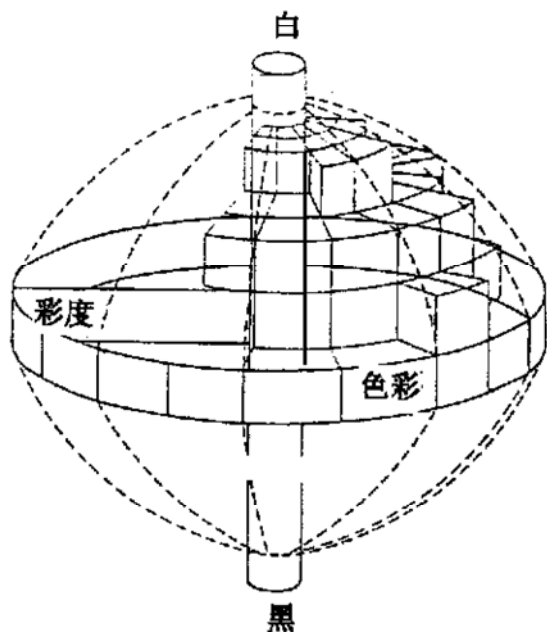


图1 表示颜色三要素的三维图形

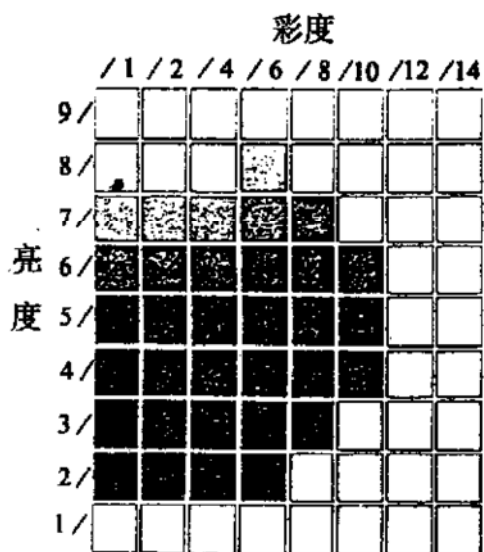


图2 Munsell 色标中的绿色色标

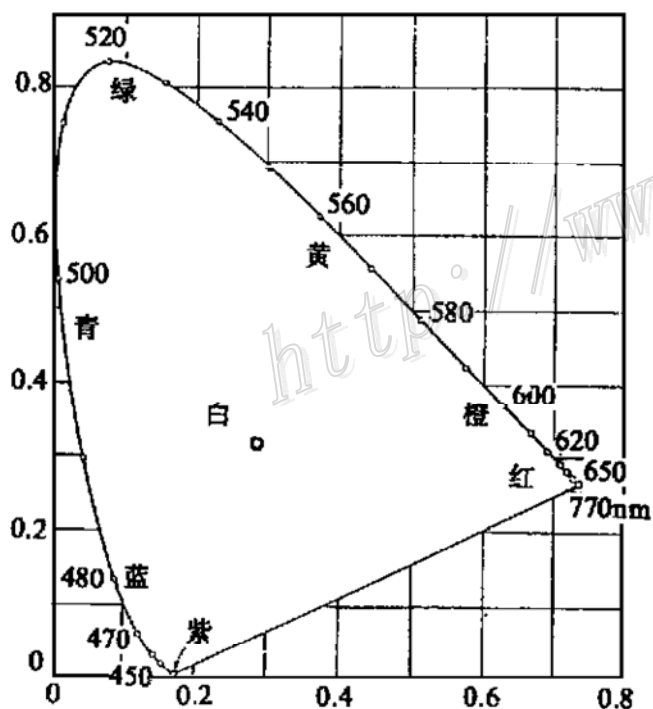


图3 CIE 色度图

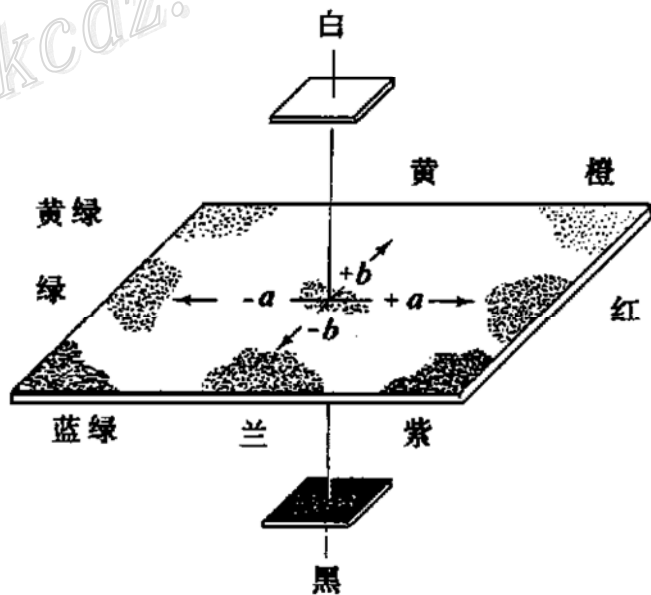


图4 CIEAB 色度图示意图

2 宝石颜色指数的测定

如果说宝石颜色指数化的理论已经建立,那么如何用现代仪器测量这些指数则困难得多。早期人们使用目测法。在目测过程中,为了减少主观偏差,人们建立了各种色标,用比色法获得宝石的正确颜色。后来,可以用分光光度计测量宝石在 400~700 nm 波长范围内的三个刺激值,计算出红绿兰三原色的分量。这些测定值可换算成 CIE 色度图上的 xy 值。从而确定

出宝石颜色的色彩 (以波长表示) 及颜色的饱和度 (详见李兆聪, 1991)。这种仪器的精度尚不能满足宝石界的要求。

80 年代, 日本的美能达公司设计生产了一种专门用于测定宝石颜色的色度仪 (Minolta Colorimeter)。这种仪器后来又经过了 Dr. Richard Pettijohn 及 W. N. Hale & J. J. Rennilson 两度改进。改进主要集中在使光束变细以及使白光光源标准化上。经过 W. N. Hale & J. J. Rennilson 改进的美能达色度仪能够测定出宝石的所有颜色参数, 并能直接读出 CIEAB 色度图中的 a^* 、 b^* 和 L^* (从 a^* 、 b^* 即可计算出颜色的饱和度值 C^*)。据说经实际使用证明这种色度仪精度很高, 重复性良好。表 1 中列出了若干典型宝石的颜色指数值, 这些指数是在 80 年代末使用由 Dr. Richard Pettijohn 改进的美能达色度仪测定的。

从宝石的颜色指数我们可以获得某一宝石的全部颜色信息, 而且是定量的资料。由此, 我们就有可能对两种和两种以上宝石颜色的质量和特征进行定量地评价和对比了。例如表 1 中泰国红宝石的颜色指数为 $L^* = 24$, $a^* = 45.9$, $b^* = 0.2$ 。经计算它的颜色饱和度为 45.90。我们可以说, 这一宝石颜色为纯红 (偏色很微), 颜色饱和度好, 色彩艳丽。再如, 可以从颜色指数来比较一种澳大利亚兰宝石和斯里兰卡兰宝石在颜色方面的优劣。它们的颜色指数对应为 $L^* = 18$, $a^* = -7.1$, $b^* = -7.3$ (澳), $L^* = 38$, $a^* = 21.7$, $b^* = -40.7$ (斯)。颜色饱和度 C^* 则应分别为 10.18 和 46.12。色度学参数表示, 澳大利亚兰宝石为深兰绿色, 色彩晦暗 (亮度和色饱和度均低), 而斯里兰卡的兰宝石则为紫兰色 (矢车菊兰), 色彩艳丽 (亮度和色饱和度都高), 无疑是上成兰宝石。

目前, 宝石颜色指数的测定尚未普及。1987 年出版的宝石颜色百科全书已经发表了近 400 个不同宝石的颜色指数。可以预料, 宝石颜色的定量化和指数化已是必然的趋势。

表 1 某些天然宝石的颜色指数

宝石名称	颜色	形状	重量 (Ct)	产地	L^*	a^*	b^*
海蓝宝石	深蓝	素面	2.40	巴西	61	- 2.7	- 17.5
海蓝宝石	蓝	珠状	21.80	非洲	65	- 3.5	- 18.0
祖母绿	绿	刻面	0.88	哥伦比亚	70	- 41.7	2.5
祖母绿	蓝绿	刻面	1.33	哥伦比亚	46	- 73.2	9.1
金绿宝石	棕黄	素面	7.51	斯里兰卡	54	2.6	27.7
金绿宝石	黄绿	素面	12.02	斯里兰卡	50	- 7.1	41.3
红宝石	中红	古玩	2.07	泰国	24	45.9	0.2
红宝石	紫红	古玩	3.56	泰国	18	42.5	- 7.2
蓝宝石	紫蓝	古玩	3.76	斯里兰卡	38	21.7	- 40.7
蓝宝石	蓝	珠状	6.05	斯里兰卡	47	9.7	- 30.9
蓝宝石	蓝绿	刻面	5.75	澳大利亚	18	- 7.1	- 7.3
紫晶	浅紫	素面	9.18	巴西	37	18.5	- 14.5
紫晶	深紫	素面	8.52	赞比亚	6	25.5	- 26.5
碧玺	绿色	刻面	10.05	非洲	30	- 30.7	23.9
欧泊	淡黄	刻面	11.74	美国	49	5.5	59.3

注: 颜色指数摘自 Color encyclopedia of gem stones, 1987