

实验二十二 材料色度的测定

一、实验目的

- 1.1 了解物体颜色的基本概念及表示方法;
- 1.2 了解物体色的测量方法;
- 1.3 掌握用色彩差计测量反射物体、透射物体色度值的测量技术。

二、实验原理

2.1 物体的颜色

物质的颜色与光密切相关。按照物理学的观点,太阳辐射是一种电磁波,太阳光只是其中的一部分,它是由不同波长的光所组成。出可见光外,还有紫外光和红外光。通常物质的颜色是物质对太阳可见光(白光)选择性发射或透过的物理现象(物质本身的自发光也使物理产生颜色,限于篇幅,这里不做介绍)。可见光被物体反射或透射后的颜色,称为物体色。不透明物体表面的颜色,称为表面色。

根据三原色学说,任何一种颜色的光,都可以看成是由蓝、绿、红三种颜色的光按一定的比例组合起来的。“颜色视觉”是由于外界物体的辐射能刺激于人们眼睛内视网膜敏感的视觉神经中心末梢而引起的。光进入眼睛后,三种颜色的光分别作用于视网膜上的三种细胞上,产生激励,在视神经中,这些分别产生的激励又混合起来,产生彩色光的感觉。

物体的颜色与照射的光源和人眼对颜色的感觉有关。由于人的生理上的差别,各人对颜色的灵敏性也大不相同,因此,人对颜色的判断带有很大的主观性。人类视觉的这些缺点是难以正确测量颜色的原因。

2.2 颜色的表示方法

为了准确地描述和表示物体的颜色,新兴了一门科学—色度学。在这门科学里,物体的颜色—般用色调、色彩度和明度这三种尺度来表示。色调表示红、黄、绿、蓝、紫等颜色特性。明度表示物体表面相对明暗的特性,是在相同的照明条件下,以白板为基准,对物体表面的视觉特性给予的分度。色彩度是用等明度无彩点的视知特性来表示物体表面颜色的浓淡,并给予分度。此外,还用色差来表示物体颜色知觉的定量差异。

(1) CIE $X_{10} Y_{10} Z_{10}$ 色度系统。

使用规定的符号,按一系列规定和定义表示颜色的系统为色度系统(亦称表色系统)。

为了科学地表征颜色特征，国际照明委员会(CIE—International Commission on Illumination)创立了 CIE 系统。

人眼的视网膜有红、绿、蓝三种不同的感色细胞，它们具有不同的光谱敏感特性。每个人的感色细胞多少是有差异的。国际照明委员会对许多观察者的颜色视觉做了实验，得到人眼的平均颜色视觉特性，规定为标准观察者光谱三刺激值。

由CIE 1931 年规定的光谱三刺激值为 $\bar{x}(\lambda)$ 、 $\bar{y}(\lambda)$ 、 $\bar{z}(\lambda)$ 表示的色度系统，称为 CIE 1931 色度系统。有时称为 2° 视场 XYZ 色度系统。由CIE 1964 年规定的光谱三刺激值为 $\bar{x}_{10}(\lambda)$ 、 $\bar{y}_{10}(\lambda)$ 、 $\bar{z}_{10}(\lambda)$ 表示的色度系统，称为 CIE 1964 色度系统，有时称为 10° 视场， X_{10} 、 Y_{10} 、 Z_{10} 色度系统。

用色调和色彩度来表示颜色的特性，称为色品(度)，用色品坐标来规定。在 X_{10} 、 Y_{10} 、 Z_{10} 色度系统中，色品(度)坐标 x_{10} 、 y_{10} 、 z_{10} 按下式计算：

$$x_{10} = \frac{X_{10}}{X_{10} + Y_{10} + Z_{10}} \quad (1)$$

$$y_{10} = \frac{Y_{10}}{X_{10} + Y_{10} + Z_{10}} \quad (2)$$

$$z_{10} = \frac{Z_{10}}{X_{10} + Y_{10} + Z_{10}} \quad (3)$$

式中的 X_{10} 、 Y_{10} 、 Z_{10} 是仪器测得试样得三刺激值。其中 Y_{10} 还表示颜色的明亮程度。

表示色品坐标的平面图称为色品(度)图。在 X_{10} 、 Y_{10} 、 Z_{10} 色度系统中，以色品坐标 X_{10} 为横坐标， Y_{10} 为纵坐标。图中有波长分度的曲线，是把各单色光刺激点连接起来形成的光谱轨迹，把光谱轨迹两端连接的直线是紫轨迹，如图 1 所示。从 X_{10} 、 Y_{10} 色品图中可见，可见颜色分布在一个色品三角形中，物体的色品值可以在色品三角形中唯一的点确定。

在 X_{10} 、 Y_{10} 、 Z_{10} 色度系统中，采用色品坐标 X_{10} 、 Y_{10} 和刺激值 Y 来表示颜色。两种样

品(或待测样品与目标样品)之间的色差可由下式进行计算：

$$\Delta Y = (Y_{10})_2 - (Y_{10})_1 \quad (4)$$

$$\Delta x = (x_{10})_2 - (x_{10})_1 \quad (5)$$

$$\Delta y = (y_{10})_2 - (y_{10})_1 \quad (6)$$

式中, $(Y_{10})_1$ 、 $(x_{10})_1$ 、 $(y_{10})_1$ 是样品 1 测得的值(或目标色值); $(Y_{10})_2$ 、 $(x_{10})_2$ 、 $(y_{10})_2$ 是样品 2 测得的值。

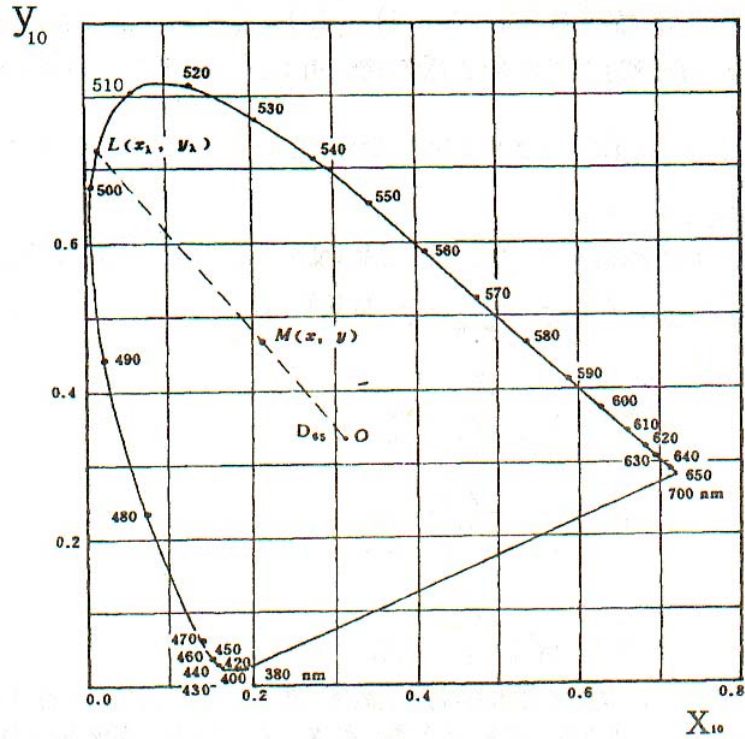


图 1 X_{10} 、 Y_{10} 、 Z_{10} 色度系统中色品图

(2) CIE $L^* a^* b^*$ 色度系统

表示颜色的三维空间称为色空间。CIE 1976 $L^* a^* b^*$ 色空间是三维指教坐标系统。该系统的坐标值 L^* 、 a^* 、 b^* 由下式计算:

$$L^* = 116(Y_{10}/Y_n)^{1/3} - 16 \quad (7)$$

$$a^* = 500[(X_{10}/X_n)^{1/3} - (Y_{10}/Y_n)^{1/3}] \quad (8)$$

$$b^* = 200[(Y_{10}/Y_n)^{1/3} - (Z_{10}/Z_n)^{1/3}] \quad (9)$$

式中 X_{10} 、 Y_{10} 、 Z_{10} 是测得试样的三刺激值。 X_n 、 Y_n 、 Z_n 是标准光源的三刺激值。

以上三个公式只使用于 X/X_n 、 Y/Y_n 和 $Z/Z_n > 0.008856$ 的情况。当 X/X_n 、 Y/Y_n 和 Z/Z_n 小于 0.008856 时，以上三个公式要进行修正。

两个试样之间的总色差可由下式进行计算：

$$\Delta E^* = [(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2]^{1/2} \quad (10)$$

式中的 ΔL^* 、 Δa^* 、 Δb^* 是两试样的坐标 L^* 、 a^* 、 b^* 值之差。即：

$$\Delta L^* = L_2^* - L_1^* \quad (11)$$

$$\Delta a^* = a_2^* - a_1^* \quad (12)$$

$$\Delta b^* = b_2^* - b_1^* \quad (13)$$

式中的 L_1^* 、 a_1^* 、 b_1^* 是样品 1 测得的值(或目标色值)； L_2^* 、 a_2^* 、 b_2^* 是样品 2 测得的值。

CIE $L^* a^* b^*$ 色度系统用明度指数 L^* 、色品指数 a^* 、 b^* 来表示颜色的测量结果。

(3) CIE $L^* C^* H^0$ 色度系统

在 CIE $L^* C^* H^0$ 色度系统中， L^* 是亮度， C^* 是色饱和度， H^0 是色调度。它们的定义方程是：

$$L^* = L^* \quad (14)$$

$$C^* = [(a^*)^2 + (b^*)^2]^{1/2} \quad (15)$$

$$H^0 = \tan^{-1}(b^*/a^*) \quad \text{当 } a^* > 0 \text{ 和 } b^* \geq 0 \text{ 时}$$

$$H^0 = 180^\circ + \tan^{-1}(b^*/a^*) \quad \text{当 } a^* < 0$$

$$H^0 = 360^\circ + \tan^{-1}(b^*/a^*) \quad \text{当 } a^* > 0 \text{ 和 } b^* < 0 \text{ 时} \quad (16)$$

式中的 L^* 、 a^* 、 b^* 由(7)~(9)式计算得出。

CIE $L^* C^* H^0$ 色度系统用 $L^* C^* H^0$ 表示结果，用 ΔL^* 、 ΔC^* 、 Δh^* 来表示色差。两个样品(或待测样品与目标样品)之间的 $L^* C^* H^0$ 差值由下式进行计算：

$$\Delta L^* = L_2^* - L_1^* \quad (17)$$

$$\Delta C^* = C_2^* - C_1^* \quad (18)$$

$$\Delta h^* = H_2^0 - H_1^0 \quad (19)$$

式中的 L_1^* 、 C_1^* 、 H_1^0 是样品 1 测得的值(或目标色值)； L_2^* 、 C_2^* 、 H_2^0 是样品 2 测得的值。色调差用符号 ΔH 表示，其计算公式为：

$$\Delta H = [(\Delta E^*)^2 + (\Delta L^*)^2 + (\Delta C^*)^2]^{1/2} \quad (20)$$

式中的 ΔE^* 由(10)式进行计算，其它符号意义同前。

要精确表示物体的颜色，必须用一个色品坐标和明度因子来确定。由以上介绍可见，当仪器测得试样的三刺激值 X_{10} 、 Y_{10} 、 Z_{10} 之后，就可计算出所需的指标值。

2.3 物体色测量方法的分类

颜色测量方法一般分为光谱光度测色法和刺激值直读法两大类。

(1) 光谱光度测色法

光谱光度测色法是用光谱光度计(待积分球的分光光度计)进行测定，测量波长的范围为 380~780nm，不能小于 400~700nm。试样测量结果是单色光与透射率或者反射率的对应数据，需按公式经复杂的计算才能得出三刺激值到色品坐标值。

(2) 刺激值直读法

刺激值直读法用光电类测色仪器进行测定，这类仪器利用具有特定光谱灵敏度的光电积分元件。能直接测量物体的三刺激值或色品坐标，因而称之为光电积分仪器。光电积分仪器包括光电色度计和色差计等。

① 光电色度计

光电色度计是一种测量光源色和由仪器外部照明的物体色的光电积分测色仪器，用光电池、光电管或光电倍增管做探测器，每台仪器由 3 个或 4 个探测器将光信号变为电信号进行输出，得出待测色的三刺激值和坐标。

② 色差计

色差计是利用仪器内部的标准光源照明来测量透射色或反射色的光电积分测色仪器，一般有照明光源、探测器、放大调节、仪表读数或数字显示、数据运算处理等部分组成。通常用 3 个探测器将光电信号转变为电信号进行输出，得出待测色的三刺激值或色度坐标；还可以通过模拟计算电路或连机的电子计算机给出两个物体色的色差值。因此，这是一种操作简便实用测色仪器。

三、实验仪器设备及流程

国内生产测色度仪器的单位有许多，例如：北京康光仪器有限公司 SC-80 色彩色差计、上海光学仪器厂 WSC-S 测色色差计等，其工作原理基本相同，功能大同小异。

本实验采用北京康光仪器有限公司 SC-80 轻便色彩色差计进行测定，仪器结构如图 2

所示,仪器测试条件以及数据如表 1 所示。该仪器是带有微电脑的光电积分型颜色测量仪器,由照明光源、探测器、数字显示,数据运算处理等部分组成。可以直接得出样品的三刺激值、色度坐标以及色差值等 9 组 47 个数据。

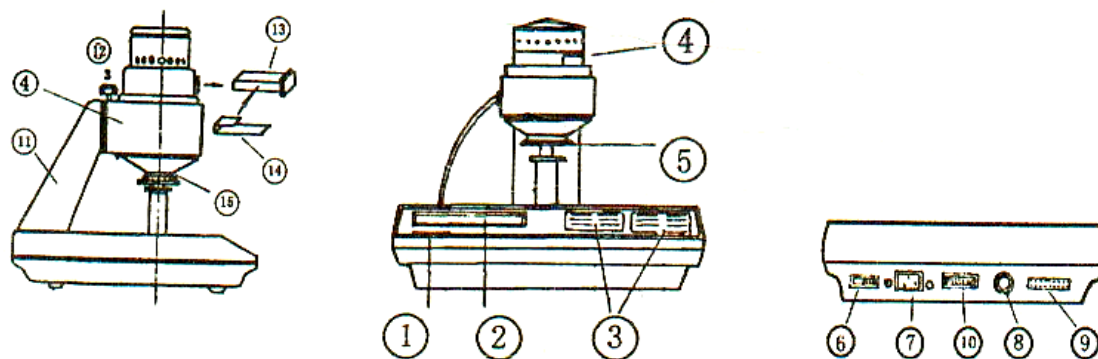


图 2 SC-80 色彩差计的一起结构

(1)主机 (2)液晶显示器 (3)操作键盘 (4)光学测试头 (5)可升降的测试台 (6)电源开关 (7)电源线插座 (8)保险管 (9)打印机插座 (10)连接电缆插座 (11)支架 (12)挡光板 (13)锁紧丁 (14)样品架 (15)光栏

表 1 S0-80 轻便彩色差计的测试条件及数据

| 照明及测试条件 | 测量方式 | 标准照明体 | 标准观察者 | 测试孔口径 |
|---------|------|-------|--------------------|----------|
| 0/d | 透/反射 | D65 | 10 ⁰ 视场 | Φ12/22mm |

实验附件以及工具

1. 微型打印机;
2. 恒压粉状样品压样器;
3. 成型制品制样工具(玻璃刀、陶瓷样品切割器等);
4. 标准白板。

四、试验要求与制备

待测试样可以是陶瓷墙地砖、平板玻璃等成型制品,也可以是水泥等粉末状制品。

1. 块状样品的制备

对于成型制品,每批取样一般不少于三块(件)。

① 试样切割

对于陶瓷墙地砖，用切割机将其切成 6.5×6.5cm 的小块做试样。对于玻璃，用玻璃刀将其切成 6.5×6.5cm 的小块做试样。试样切割之后，搽净备用。

② 试样处理

在一般情况下不必烘样。如果试样受潮影响其测量结果时，应将其置于 105—110℃ 的干燥箱中烘 1 小时。取出后置于干燥器中冷却至室温备用。

2. 粉状试样板的制备

采用恒压粉体压样器，将粉体待测试样压制成粉体试样板，试样板的表面应平整、无纹理、无瑕疵和无污点。每批产品须压制三块试样板。

测试步骤如下：

测试前，将仪器放置在水平工作台上，把电源线连插在仪器和交流电源的插座上，将打印机右侧的两个开关都拨向左侧位置。

(一)反射样品的测量

对于陶瓷墙地砖、不透明的玻璃试样块以及粉体试样板，按以下程序进行测量操作。

① 仪器预热

打开电源开关，显示器出现正在预热字样，仪器开始预热，并有一时钟在进行逆计时，预热 10 分钟后，仪器发出蜂鸣音响，预热结束。

② 调零操作

当仪器的显示器上出现“调零”字样时，调零指示灯亮，把调零用的黑筒放在测试台上，对准光孔压住，按动执行键，仪器开始调零。当仪器发出蜂鸣声时，仪器调零结束。

③ 校对标准(调白)操作

当仪器显示器上出现“标准”字样时，调白指示灯亮，把调零用的黑筒取下，放在标准白板，对准光孔压住，按动执行键，仪器开始调白，当仪器发出蜂鸣声时，仪器调白结束。

④ 样品测量

当仪器的显示器上出现“样品”字样时，测量指示灯亮，把标准白板取出，将准备好的样品(块状或粉体试样板)放到测试台上，对准光孔压住，按动执行键，仪器开始测量，并显示数字 1，表明仪器在进行第一次测量，当仪器发出蜂鸣声时，仪器测量结束。

如果再次按下执行键，仪器再次进行测试，显示测量次数加 1，其测试点结果将与上(几)次的测试结果相加，取算术平均值。

⑤ 显示测量结果

当测试结束后，按一下显示键，显示器就显示一组数据，同时显示指示灯亮。再按一下

显示键，显示器又显示另一组数据。如此反复，可显示其他各组数据。

⑥ 结果打印

如果需要，可按动打印键，即可打印测试结果，打印结束后，将打印机左侧的开关拨向右侧(离开 ON)的位置，按一下打印机台面上的红色按钮，即可撕下已打印数据的打印纸。

(二)透射样品的测量

对于透明玻璃，或其他透明体，按一下程序进行测量。

1. 仪器预热

与反射样品测量的叙述相同，若已预热过，则不用再预热。

2. 测量控制命令的设定

(1)透射测量模式的选择

按下编辑键(EDIT)，仪器进入编辑状态，按动 NEXT 键，使模式为测量模式。按动 INC 键或 DES 键，选择透射式测量(Transmission)。

(2)标准值得设定

标准值应设定为(标准光源的三刺激值)，即：X=94.81，Y=100.00；Z=107.32；方法如下：

按下编辑键，仪器进入编辑状态，按动 NEXT 键，使仪器显示已记入的标准白板三刺激值。

开始，X 的十位值在闪烁，按动 INC 键或 DSC 键，使数值加 1 或减 1，直至 9 为止。然后再设定下一位数，这时按下→键，使闪烁的位右移一位，再按动 INC 键或 DES 键，使数值加 1 或减 1，直至 4 为止。如此继续操作，修改小数点后的两位数字。

依上述方法，修改 Y 和 Z 的值。数据修改完毕，核对无误后，按下编辑键，使新设定的标准白板值记入仪器内，仪器返回到准备测试状态。

3.调零操作

当仪器的显示器上出现“调零”字样时(Adjust zero)，调零指示灯亮。从测量头身上将透射用样品架水平拉出，从其侧向放入挡光板，推入测量头中，按动执行键(ENTER)，仪器开始调零。当仪器发出蜂鸣声时，调零结束。

4. 校对标准(调白)操作

当仪器的显示器上出现“样品”字样(Standard)时，测量指示灯亮。水平拉出样品架，把挡光板取下后，重新推入测量头内(即以空气为标准)。按动执行键(ENTER)，仪器开始调白。当仪器发出蜂鸣声时，仪器调白结束。

5. 样品测量

当仪器的显示器上出现“标准”字样(Sample)时，测量指示灯亮，将样品架拉出，将准备好的样品(透明块状试样或粉体试样板)放到样品架上，推入测量头内。按动执行键(ENTER)，仪器开始测量。并显示数字 1，表明仪器在进行第 1 次测量。当仪器发出蜂鸣声时，仪器测量结束。

如果再次按下执行键，仪器再次进行测试，显示的测量次数加 1，其测试的结果将与上(几)次的测试结果相加，取算术平均值。

6. 显示测量结果

与测试反射样品相同。

7. 结果打印

与测量反射样品相同

(三). 物体色差的测量

测量反射物体或透射物体的色差有来各种方法。一是测量两个样品之间的色差；二是测量样品和已记入仪器内部的目标样品值之间的色差。

1. 两个样品之间的色差测量

① 测量模式的检查与设定

首先，通过编辑键(EDIT)和 NEXT 键，检查仪器内部是否已设定为“待测样品色差方式”。若不是，按下 NEXT 键。将模式转换为比较色差模式。按动 INC 键或 DEC 键，选择“两个样品间比较色差”(Sample)的模式。

② 测量

在测量提示状态下，首先测量第 1 个样品。测试完成后，按下显示键(DISPLAY)或打印键(PRINT)，得到第 1 个样品的数据。

换上第 2 个样品，按下测试键(SAMPLE)，再按执行键(ENTER)，进行测试。也可以按下复位键(RESET)，在按下执行键进行测量。

第 2 个样品测试完毕后，按下显示键或打印键，即可得到第 2 个样品的测试数据，同时也可以得到第 1 个与第 2 个样品间的色差数据。

2. 被测试样品与目标样品之间的色差测量

① 测量模式的检查与设定

首先，通过编辑键(EDIT)和 NEXT 键。检查仪器内部是否已设定为“待测样品色差方式”。若不是，按下 NEXT 键。将模式转换为比较色差模式。按动 INC 键或 DEC 键，选择“目标

样品与被测试样品间比较色差”(Target)的模式。

然后，按下编辑键，仪器进入编辑状态。按动 NEXT 键，使仪器显示已记入的标准白板三刺激值。再按下列顺序，输入目标样品的参数值。

开始，X 的十位值在闪烁，按动 INC 键或 DEC 键，使数值加 1 或减 1，直至目标样品的参数值为止。然后再设定下一位数，这时按下→键，使闪烁的位右移一位，再按动 INC 键或 DEC 键，使数值加 1 或减 1，直至目标样品的参数值为止。如此继续操作，修改小数点后的两位数字。

依上述方法，修改 Y 和 Z 的值。数据修改完毕，核对无误后，按下编辑键(EDIT)，使新设定的目标样品的参数值记入仪器内，仪器返回到准备测试状态。

② 测量

在测量提示状态下，将待测量的样品进行测试。测试完成后，按下显示键(DISPLAY)或打印键(PRINT)，即可得到待测样品的测试数据，同时也可得到待测样品与目标样品之间的色差数据。

五、数据处理

国家标准GB 11942—89 指出：“本标准采用国际照明委员会(CIE)1964 和 1931 标准色度系统的三刺激值和色品坐标表示结果。也可用CIE 1976 L^* 、 a^* 、 b^* 色度空间或主波长(补色波长)和兴奋纯度表示结果”。因此，测定记录与数据处理应包括这些内容。

1. 测定结果的记录和形式

测定结果可由打印机打出，但打印结果不直观，而且是每个样品打印一次，可按 49—2 表将几个样品的数据进行整理记录。

2. 主波长 λ_D (或补色波长 λ_C)的确定

主波长是把单色光和特定的白光以适当的比列相加时，能够达到与试验色刺激相匹配时的单色光刺激的波长。颜色的主波长大致相当于日常生活中观察到的颜色的色调。利用仪器测得的样品的色度坐标和光源的色度坐标，就可以通过这两种方法定出样品的主波长。

(1) 作图法

在色品图(图 49—1)上将试样的色品坐标值 X_{10} 、 Y_{10} 标在图上，这个点称为试样色品点(如图中的M)。经标准照明体色品点O和试样色品点M作一直线，并使之与光谱轨迹相交(如图中的L)，则该点在光谱轨迹上的波长就是主波长。

应当注意，不是所有的试样都有主波长，在色品图上光谱两端与照明体色品点所形成的

三角区域就没有主波长。出现这种情况时，可通过这一试样的色品点和标准照明体色品点作一直线，直线的一端与紫红区轨迹上的波长就是补色波长。可用负数表示，以示与主波长的区别。

作图法比较简单，但求出的结果不太精确。

(2) 计算法

主波长可以用手工计算。根据色度图上连接光源点和样品点的直线的斜率，查表读出直线与光谱轨迹的交点就可以定出主波长。这种方法的计算精度可达 1 纳米，但所要查的表很长，这里不引用，也不要求做这种计算。感兴趣的读者可查阅文献[4]。

此外，主波长也可以通过编写计算程序后由计算机计算求出。由于篇幅的限制，这里不做介绍，感兴趣的读者可参阅文献。

测试原始数据记录表

| 试样编号 | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|------|--------------|---|---|---|---|---|
| 三刺激值 | X_{10} | | | | | |
| | Y_{10} | | | | | |
| | Z_{10} | | | | | |
| 色品坐标 | x_{10} | | | | | |
| | y_{10} | | | | | |
| | a^* | | | | | |
| | b^* | | | | | |
| | C^* | | | | | |
| | H^0 | | | | | |
| 明亮度 | Y | | | | | |
| | L^* | | | | | |
| 色差值 | ΔY | | | | | |
| | Δx | | | | | |
| | Δy | | | | | |
| | ΔE | | | | | |
| | ΔL^* | | | | | |
| | Δa^* | | | | | |

| | | | | | | |
|----|--------------|--|--|--|--|--|
| | Δb^* | | | | | |
| | ΔC^* | | | | | |
| | Δh^* | | | | | |
| | ΔH | | | | | |
| 备注 | | | | | | |

3. 兴奋纯度 P_e 的计算

在 CIE x 、 y 色品图(图 49—1)上, 从白点 O 到试样色品点 M 的距离, 与从白点到试样主波长点的距离之比称为兴奋度。在使用补色波长的情况下, 兴奋度就是从白点 O 到试样色品点 M 的距离与从白点通过试样点到紫红轨迹上的交点距离之比。

$$P_e = \frac{x - x_0}{x_d - x_0} = \frac{OM}{OL} \text{ 或 } P_e = \frac{y - y_0}{y_d - y_0} = \frac{OM}{OL} \quad (49-21)$$

式中, x_0 、 y_0 —特定白点的色品坐标(标准照明体 10^0D65 , $x_0=0.3138$, $y_0=0.3310$);

x 、 y —试验色刺激的色品坐标;

x_d 、 y_d —相当于主波长的光谱轨迹上的点的坐标, 或相当于补色波长的紫、红轨迹上的色品坐标。

在理论上, 用(49—21)式的两个方程计算兴奋纯度应得到相同的结果。但是, 如果主波长(或补色波长)的线趋向平行于色度图 X 轴时, 也就是 y 、 y_d 和 y_0 值接近时, y 式的误差较大。当 y 、 y_d 和 y_0 值相同时, y 式便失效, 在这种情况下要用 x 式子。反之亦然, 如果主波长(或色补波长)的线趋向平行于色度图 y 轴时, 要用 y 式。在这两种情况下, 光源点的兴奋纯度都是 0, 而光谱色的兴奋纯度是 100%。

4. 测量报告

根据 GB/T 11942—89 彩色建筑材料色度测定方法的规定, 测量报告至少应包括下列内容:

- ① 试样的名称、标志、编号、厂家或送样单位;
- ② 仪器的型号、标准照明体的类型、照明观测几何条件及测孔面积;
- ③ 按要求报告颜色测量结果, 并说明表色系统;

六、思考题

1. 用分光光度计能测量物体的色度吗？为什么？
2. 在反射样品的测量之前，为什么要用标准白板校准仪器？
3. 在透射样品的测量之前，为什么要设定 X、Y、Z 的值？
4. 在透射样品的测量之前，为什么要以空气为标准校准仪器？
5. 测量色差有两种方法，各自的特点是什么？有何实用意义？
6. 本实验测量色度所用仪器的几何光学条件是什么？

(执笔人：徐玲玲)