

微型计算机在印染配色中的应用

章崇善

张新学

董明亮

(电机系)

提 要

本文介绍了如何用计算机代替人工来进行配色计算。

在纺织印染工业生产中,长期以来是靠人工的眼睛辨色能力和配色经验来进行配色的,效率很低。我们从颜色光学理论出发,叙述了织物染料的配色原理和一系列数学模型的建立,并阐述了配色软件系统的组织和程序框图,最后还为应用本系统,简述了系统的操作说明,并列出了计算机计算打印出的配方实例,以及试染所取得的效果。

一、前 言

随着科学技术的发展,电子计算机的使用正在不断地深入到各个领域。在纺织印染工业中计算机也毫不例外的得到了广泛的应用。特别是当前,随着人民生活水平的提高,人们对衣着的要求不仅是款式新颖,丰富多样,而且还要求有艳丽多彩的色调,这就要求生产者能不断创造出美的颜色;能及时染制出新的流行色调,以满足市场的需要。

然而,在纺织印染工业生产中,染色的配色工作,长期以来是由专门从事配色的人员,靠自己眼光的辨色能力和多年积累的配色经验来进行的。通常人工配色的基本做法是:

- 1.对样品的颜色用目光观察、分析。
- 2.根据对织物和各种染料性能的了解,选择配色用染料。
- 3.按照经验初步确定几组配方(一个配方是由那几种染料相配,每种染料的用量是多少)。
- 4.用这些配方去分别染制小样。
- 5.用目光观察染好的小样,比较它们与样品间颜色的差异。
- 6.根据差异,配色人员按自己的经验修改配方中染料的用量。
- 7.用修改后的配方再重新染制小样。
- 8.再比较、再修改。这样反复进行,一直到取得的小样与样品色泽基本相同,配色人员觉得满意为止。

因此,配色过程的长短和配色质量的高低,决定于配色人员的经验丰富程度和样品色泽配制的难易程度,目前人工配色过程中,一个有经验的配色人员,配一个样品,一般需要染制十几个小样。但有时对不甚熟悉的色调,则染制小样多达数十个,花费几天时间才能找到所需要的染料配方。为了改变配色工作中这种完全依赖于人工的落后状态。我们研究了微型计算机配色软件,用计算机来代替人工进行配色染料的配方计算。

使用该配色软件进行配方计算时,整个配方过程大大缩短了,计算一个样品的配方,一般只需2—3分钟就可给出一个配方,而且对于某一样品色,计算机一次可以计算并打印出不

同染料组合的多种配方,然后从中选出综合指标最好的最佳配方。因此,用计算机配色不仅省工省时,使配色人员繁忙的打小样工作大为减少,又能取得良好的经济效益,减少染料所需费用。如果生产中出现某一染料缺货时,我们还可找到合适的染料来代替,所以这将为生产带来很大的便利。

二、配色原理及数学模型的建立

颜色是一种人的视觉感觉,我们的周围世界具有不同的光学特性,通过光的辐射作用,使我们看到既有明暗差别,又有丰富绚丽色彩的景物,这是由于来自外界物体的辐射的光谱组成不同,而人眼能对380—780nm波长范围的辐射作出选择性反应,从而看到各种颜色,那么我们怎样能得到某一特定的颜色呢?

染料的混合是属于颜色的减法原理,它与我们通常了解的彩色电视的颜色混合不同。彩色电视是靠激发管屏上规则排列的红、绿、蓝荧光粉园点,荧光粉发生相应的色光,这些色光刺激人的视网膜,它们便混合成一个颜色,红、绿、蓝三原色的光的比例不同,混合的颜色也不同,这是颜色相加的混合原理。颜色相加混合与颜色减法混合是属于不同的过程,而减法原理更为复杂。

在减法颜色混合中,我们也可以像颜色相加混合中一样,通过红、绿、蓝三原色相加来获得最多的混合色,不过减法混合中用的三原色是红、绿、蓝的补色;即青、品红和黄色,每一减法原色都控制它所吸收的光谱波段的颜色。虽然实际染料不会就是三原色,但控制吸收光谱的道理是一样的。为了确定数学模型,分述如下:

1.颜色的表示:要用计算机配色,首先必须测色,把颜色用数字的形式定量的来表示,根据颜色的光学特性,颜色可以用光谱反射率和三刺激值来表示。

光谱反射率——物体在光源光谱照射下,其颜色对不同光谱具有不同的吸收和反射特性,这种特性可用“光谱光度计”进行测量,测量是在规定的照明和观察条件下,测出可见光谱波长范围内入射光能量对反射光能量之比,此比值就称为光谱反射率。

三刺激值——物体光谱颜色相应的三原色数量被称为三刺激值。我们知道,外界光学辐射作用于人眼,使人产生颜色感觉,因而物体的颜色决定于外界物理刺激,又决定于人眼的视觉特性。所以三刺激值是综合了上述两个因素,其计算方法是颜色刺激函数 $\phi(\lambda)$ 分别乘以CIE(国际照明委员会)光谱三刺激值,并在整个可见光谱范围内对这乘积进行积分。

三刺激值计算式:

$$X = k \int_{\lambda} \varphi(\lambda) \cdot \bar{x}(\lambda) d\lambda$$

$$Y = k \int_{\lambda} \varphi(\lambda) \cdot \bar{y}(\lambda) d\lambda$$

$$Z = k \int_{\lambda} \varphi(\lambda) \cdot \bar{z}(\lambda) d\lambda$$

式中 $\varphi(\lambda)$ 为颜色刺激函数,对于物体色就是光源的相对光谱功率分布 $S(\lambda)$ 与物体的光谱反射率 $\rho(\lambda)$ 之乘积。

$$\text{即 } \phi(\lambda) = S(\lambda) \cdot \rho(\lambda)$$

实际计算中用求和来近似积分

其表达式为:

$$X = k \sum_{\lambda} \rho(\lambda) \cdot S(\lambda) \cdot \bar{x}(\lambda) \cdot \Delta\lambda$$

$$Y = k \sum_{\lambda} \rho(\lambda) \cdot S(\lambda) \cdot \bar{y}(\lambda) \cdot \Delta\lambda$$

$$Z = k \sum_{\lambda} \rho(\lambda) \cdot S(\lambda) \cdot \bar{z}(\lambda) \cdot \Delta\lambda$$

式中 k 为调整因数, 它是将光源的 Y 值调整为100时得出的常数。

式中 $\bar{x}(\lambda)$ 、 $\bar{y}(\lambda)$ 、 $\bar{z}(\lambda)$ 是CIE(国际照明委员会)标准色度观察者光谱三刺激值, 这是一组视觉实验数据, 它代表了人们的平均颜色视觉特性。

2. 配色公式

根据颜色光学理论, 染在纤维上的染料, 其光学特性可用单位浓度下的 K/S 值表示。

$$\text{即 } A = \frac{K/S}{C}$$

式中 K 为染料的吸收系数, S 为染料的漫射系数(平均的反射率), C 为染料的浓度, 几种染料混合时, 如果各染料间不起化学作用, 总的吸收与漫射系数应为各个染料的吸收与漫射系数之和。

$$\text{即有 } K = K_1 + K_2 + \dots$$

$$S = S_1 + S_2 + \dots$$

考虑到染料本身的反射作用很小, 所以在染色织物上的反射基本上由纤维织物本身决定, 因此我们可得到下面关系。

$$\frac{K}{S} = \left(\frac{K}{S}\right)_1 + \left(\frac{K}{S}\right)_2 + \dots + \left(\frac{K}{S}\right)_n = A_1 C_1 + A_2 C_2 + \dots + \left(\frac{K}{S}\right)_0$$

这就是说纤维上的染料其 $\frac{K}{S}$ 值, 具有线性叠加性, 当织物是由几种染料染成时, 其 $\frac{K}{S}$ 值等于所用染料的各 $\left(\frac{K}{S}\right)_1$, $\left(\frac{K}{S}\right)_2, \dots$ 与未染织物的 $\left(\frac{K}{S}\right)_0$ 之和, 此关系式是我们配色的基本公式。

3. KUBELKA——MUNK公式

根据Kubelka——Munk理论, 染色织物的吸收系数 K 和漫射系数 S 与光谱反射率 ρ 之间, 可推导出如下关系式:

$$\frac{K}{S} = \frac{(1-\rho)^2}{2\rho}$$

4. 条件等色

条件等色是指两个物体 Q_1 和 Q_2 , 具有不同的光谱反射率曲线, 但在某光源照射下, 观

察时都有相同的颜色,这种现象,称为颜色的同色异谱特性,此两物体的颜色是条件等色,又称同色异谱色。

当我们对其进行色度计算时,它们具有相同的三刺激值。

$$\text{即 } X_{Q1} = X_{Q2}, Y_{Q1} = Y_{Q2}, Z_{Q1} = Z_{Q2}$$

配色就是利用了这个条件等色的原理,才有可能用与来料不同的染料配染出与来样相同的颜色,这样配出的颜色,它们的光谱反射率曲线是不相同的。相对于条件等色,还有无条件等色,这是指两个物体,必须在任何场合(如不同光源,或不同观察条件)都有相同的颜色,要做到这点,配色的染料必须是用与来料完全相同的染料来配染,这样才能得到与来样相同的光谱反射率曲线,无条件等色又称同色同谱色,显然,按此要求配色,染料将没有选择的余地,这时,研究配色就没有什么意义了,事实上,我们对织物染色,没有必要要求无条件等色,所以我们现在的配色均是实现条件等色。

5. 色差计算

一个颜色,可看成三维均匀颜色空间的一个点,因此两个颜色的差别,可以用均匀颜色空间两点之间的距离来表示。

CIE在1976年推荐采用两个颜色均匀空间及其有关的色差公式,即CIE1976(L*, U*, V*)空间和CIE1976(L*, a*, b*)空间。现举其中一个颜色均匀空间来阐述。

若采用CIE1976(L*, a*, b*)空间的色差公式计算,其公式为:

$$\text{明度: } L^* = 116(Y/Y_0)^{1/3} - 16$$

$$\text{色度: } a^* = 500[(X/X_0)^{1/3} - (Y/Y_0)^{1/3}]$$

$$\text{色度: } b^* = 200[(Y/Y_0)^{1/3} - (Z/Z_0)^{1/3}]$$

两个按L*, a*, b*标定的颜色,其间的总色差为:

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

$$\text{式中 } \Delta L^* = L_1^* - L_2^*, \Delta a^* = a_1^* - a_2^*, \Delta b^* = b_1^* - b_2^*$$

式中X₀, Y₀, Z₀为CIE标准光源照射完全反射漫射体,观察到的白物体色刺激的三刺激值。

6. 染料浓度的修正计算:

当配出的颜色与样品间的色差较大时,需对染料浓度进行修正,以缩小色差。前述我们知道色差的计算是与三刺激值有关的,如果它们的三刺激值相等,那么色差 $\Delta E = 0$,即达到了等色。如果三刺激值很接近,则色差必然较小,因此染料浓度的修正,就按两物体三刺激值之差来考虑。

$$\Delta X = X_{\text{配}} - X_{\text{样品}}$$

$$\Delta Y = Y_{\text{配}} - Y_{\text{样品}}$$

$$\Delta Z = Z_{\text{配}} - Z_{\text{样品}}$$

修正的浓度可由下列方程决定:

$$\Delta C_1 = \frac{\partial C_1}{\partial X} \cdot \Delta X + \frac{\partial C_1}{\partial Y} \cdot \Delta Y + \frac{\partial C_1}{\partial Z} \cdot \Delta Z$$

$$\Delta C_2 = \frac{\partial C_2}{\partial X} \cdot \Delta X + \frac{\partial C_2}{\partial Y} \cdot \Delta Y + \frac{\partial C_2}{\partial Z} \cdot \Delta Z$$

$$\Delta C_3 = \frac{\partial C_3}{\partial X} \cdot \Delta X + \frac{\partial C_3}{\partial Y} \cdot \Delta Y + \frac{\partial C_3}{\partial Z} \cdot \Delta Z$$

求得的 ΔC_1 , ΔC_2 , ΔC_3 为所用三种染料的修正值, 从而得到了配方染料新的用量。

$$C_1' = \Delta C_1 + C_1, C_2' = \Delta C_2 + C_2, C_3' = \Delta C_3 + C_3$$

根据新的浓度, 再计算色差是否达到要求, 实际上我们使色差足够小就可以了, 有人通过实验, 取得以下经验数据:

表1

色差单位(NBS)	人 们 的 观 察 感 觉
0~0.5	微量的色差, 刚能感觉出色差的痕迹
0.5~1.5	轻 微 的 色 差
1.5~3.0	容 易 看 出 的 色 差
3.0~6.0	明 显 的 色 差
6.0~12.0	大 的 色 差
12.0以上	非 常 大 的 色 差

当色差计算 $\Delta E = 1$ 时, 称为1个NBS色差单位, NBS是美国国家标准局的字头(National Bureall of Standards)。

三、配色计算程序框图

根据上述配色原理和一系列数学模型, 可作配色计算程序框图如图1。(见下页)

四、配 色 软 件

该应用软件主要分两部分, 一为染料基础数据的制备。二为多种配方的计算。

1. 程序结构:

该软件采用模块结构, 由七个功能块组成。

- ①主控模块(0模块)。
- ②染料名、编号检索块(1模块)。
- ③样品资料检索块(2模块)。
- ④建立文件块(3模块)。
- ⑤染料、样品扩充块(4模块)。

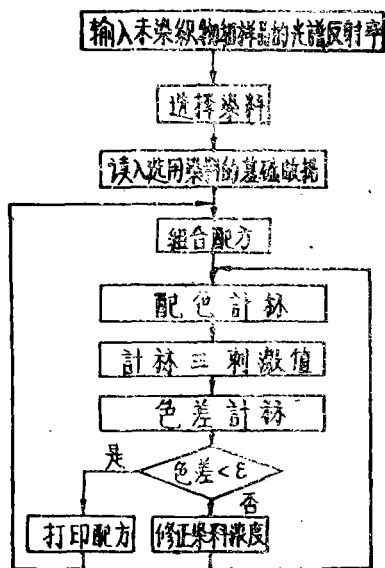


图1 配色计算程序框图

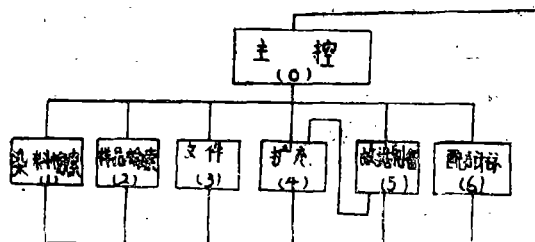


图2 系统模块连接图

⑥染料基础数据制备块(5模块)。

⑦配方计算块(6模块)。

主控模块连接所有基本功能块,其连接情况可用图2来表示。

用户可根据屏幕显示的功能块目录,任意选用其中某个功能块,当某功能块执行完毕后,会自动返回主控模块,其中5模块和6模块执行完毕后,要询问是否转去执行4模块,转或不转最终仍返回主控模块。程序采用这种模块结构,为用户操作使用带来了方便灵活性,同时又保证了软件的整体性,构成了一个完整的配色计算系统。

2. 系统模块功能

①主控模块功能:提供配色软件总目录,供用户任意选用各功能块。

②染料名、编号检索功能块:提供存入计算机的染料名目录及其相应编号,供用户配色时查看。

③样品资料检索功能块:提供已配过的样品资料,供用户随时参考或再使用。

④建立文件功能块:将染料和样品的有关数据和资料建立成文件,供用户检索和使用。

⑤扩充功能块:当染料品种和样品增加时,将它们的有关数据和资料补入系统中。

⑥染料基础数据制备功能块:对染料一系列基本数据进行计算,并建立数据文件,供用户配色时使用。

⑦配色计算功能块:根据样品,选择染料,进行多配方的计算,并打印出计算得的全部配方。

3. 文件组织

本软件有数据文件和字符文件两种,根据配色计算使用需要,数据文件采用顺序结构的

组织形式, 字符文件采用随机结构的组织形式。

4. 本配色软件在 Apple II 微型计算机系统上实现, 程序使用 Applesoft BASIC 语言编制, 程序总量约 20K 字节, 数据文件所占存储容量将随染料品种增加而增加。该软件对机型要求不高, 通用性强, 软件移植时, 如果是同型号机器, 只要复制一张磁盘, 便可直接投入运行。不同型号的机器, 只要具有足够内存, 并带有一个软磁盘驱动器和输出打印机, 有了这样三个基本条件, 便可以进行移植。

五、系统使用简介

本系统使用很方便, 操作简单, 一般配色人员操作几次后, 均能独立进行配色。

其过程如下:

1. 用户将配色软件磁盘插入磁盘驱动器, 开机, 程序则自动运行。屏幕上显示四个彩色字“配色系统”, 接着显示彩色小样图形, 然后列出配色软件总目录。屏幕显示如下:

```

COLOR MATCHING SOFTWARE 1984.4
CHOOS ONE OF THE FOLLOWING OPTIONS
(1) SEARCH OUT DYE NAME & NUMBER
(2) SEARCH OUT SAMPLE
(3) MAKE FILE
(4) APPEND INFORMATION TO FILE
(5) MAKE BASIC DATA
(6) COLOR MATCHING
(7) END
WHICH WOULD YOU LIKE?
  
```

2. 如果现在需要配色, 则键盘输入数字 6, 程序进入配色计算。

3. 配色计算中, 计算机将提示要求用户作以下操作:

① 输入日期 (年、月、日)。

② 输入未染布和样品的数据。

③ 选择染料, 即输入配色需用几种染料, 要取那几种染料。譬如取 6 种染料来配, 则键盘打入 6, 那 6 种染料, 则你可连续用键盘打入染料相应的编号 (数字)。

4. 计算机计算配方, 所算配方, 可有两种染料配合的和三种染料配合的多个配方, 每计算出一个合格的配方, 则在打印机上打印出来。

5. 配方例: 下面是用分散性染料染涤纶织物的配方, 此例样品是银灰色, 我们用 6 种染料去配, 计算机算得 6 种合符色差要求的配方如下:

84 3 31

SAMPLE-1

```

(1) BLUE 2BLN QD
(2) BLUE HGL QD
(3) GREY S-BR DL
(4) RED 3B 150% SH
(5) GREY S-BL BJ
(6) YELLOW RGFL QD
  
```

BEST RECIPES

X0=27.444889 Y0=25.812256 Z0=12.4188072

X=27.1644948 Y=25.9104067 Z=12.8328917

1-1 GREY S-BL BJ O(1)=.188313395
 BLUE 2BLN QD O(2)=.0406532254

DEA=.600473715 SY=7.19656068

ITER=10

BEST RECIPES

X0=27.444889 Y0=25.812256 Z0=12.4188072

X=27.1742929 Y=25.872101 Z=12.7737594

1-2 GREY S-BL BJ O(1)=.159976866
 BLUE HGL QD O(2)=.0452364113

DEA=.562350122 SY=6.23440745

ITER=10

BEST RECIPES

X0=27.444889 Y0=25.812256 Z0=12.4188072

X=27.4443618 Y=25.8087444 Z=12.4149875

1-3 YELLOW RGFL QD O(1)=6.36261586E-03
 GREY S-BR DL O(2)=.142298592
 BLUE 2BLN QD O(3)=.0158598079

DEA=.0155452436 SY=5.01940706

ITER=3

BEST RECIPES

X0=27.444889 Y0=25.812256 Z0=12.4188072

X=27.3906321 Y=25.7723605 Z=12.4140621

1-4 YELLOW RGFL QD O(1)=4.74546548E-03
 GREY S-BR DL O(2)=.134883586
 BLUE HGL QD O(3)=.021660021

DEA=.0744678767 SY=4.85846228

ITER=3

BEST RECIPES

X0=27.444889 Y0=25.812256 Z0=12.4188072

X=27.4535506 Y=25.8180564 Z=12.4196576

1-5 YELLOW RGFL QD O(1)=.0358056174
 RED 3B 150% SH O(2)=.0296347189
 BLUE 2BLN QD O(3)=.114578919

DEA=.0124167801 SY=6.46050933

ITER=3

BEST RECIPES

X0=27.444889 Y0=25.812256 Z0=12.4188072

X=27.4307656 Y=25.7984454 Z=12.4136659

1-6 YELLOW RGFL QD O(1)=.0239410138
 RED 3B 150% SH O(2)=.0230016707
 BLUE HGL QD O(3)=.10438785

DEA=.0138822938 SY=4.85384684

ITER=3

这些配方经试染达到了预期目的,有的配方直接可用,有的配方只需稍作调整就可使用,且可找到染料所需费用较低的配方。本例是浅色,所用染料量较少,原样品染一百公斤织(下转78页)

(上接86页)

物,需染料费为5.21元,现配方中最便宜的染料费只需4.86元,每染一百公斤织物节约0.35元,如果染的样品是深色的,染料费用下降更多,如有一墨绿色,原染料费为160.80元,我们算的配方只需染料费用92.89元,可见经济效益十分明显。打印配方中 X_0 , Y_0 , Z_0 为样品的三刺激值, X , Y , Z 为配方的三刺激值。 $O(1)$, $O(2)$, $O(3)$ 为染料的用量(染料(公斤)/每一百公斤织物), DEA 为色差值, SY 为每一百公斤织物所需染料的总价格。

6. 配方计算完毕后,计算机将提出你是否要转入扩充功能块,如果你要把刚才计算的样品资料存入计算机,则要转,然后返回主控模块。否则直接返回主控模块。

如果你需要继续计算别的样品配方,则可重复上述过程,否则可进行其它功能块的运行。从以上操作中,我们看到整个操作过程,都是在计算机的提示下进行的,而且用户只需按动一些数字键,输入一些数字就可,如果你对染料的编号记不清了,你可预先向计算机查询一下,所以操作非常方便简单,一学就会。

最后,为了使操作更方便,我们可配上仓颉Ⅱ型中文卡,使总目录和对话以汉字显示,这样使用更方便,容易被人接受,不过增加中文卡,将增加设备投资。

微型计算机染色配方的计算是我院与郑州国棉二厂协作的研究课题,厂方主要提供原始资料和进行试染实验,他们参加本课题工作的有孟春芳、沈曼茵、李康同志。特此致谢。

(上接90页)

$$\varepsilon_1 = \frac{I_O}{I_{RS}} = \frac{R_S \cdot \beta \cdot R_F}{r_{be} (R_F + R_L')} \quad (\text{见图8})$$

$$\varepsilon_V = \frac{V_O}{V_{RS}} = \frac{\beta R_F R_L'}{R_S (R_F + R_L' + \beta R_L')} \quad (\text{见图10})$$

$$\varepsilon_G = \frac{I_O}{V_{RS}} = \frac{\beta R_F}{R_S \cdot (R_F + R_L' + \beta R_L')} \quad (\text{见图12})$$

由于我们在分析问题采用了放大器的微变等效电路,所以只有在放大器的输入信号为小信号时,推导的表达式才是精确的。

参考文献

- [1] 童诗白著 模拟电子技术
- [2] 康华光著 电子技术基础