

中国颜色体系研究¹⁾*

王大珩 荆其诚 孙秀如 林志定 张家英

(中国科学院心理研究所, 北京 100012)

摘 要 概述了用颜色立体模型表示物体颜色, 并做定量表示的颜色体系研究及应用价值。介绍了国际上影响较大的颜色体系理论和编制原则的特点。中国是在对国际上其它颜色体系的理论分析和对颜色样品测试的基础上, 确立其制原则, 开展了中国人眼对明度、色调、彩度等间距排列的视觉评价实验, 色体系理论模型。同时研制出《中国颜色体系样册》。该项研究于1993年7月通过自然科学基金委员会和中国科学院联合召开的成果鉴定会, 并得到良好的评价, 12月通过国家标准审查。该项研究的完成和推广, 不仅能为我国国民经济各部门标定和交流提供科学的颜色定量手段, 同时也是对实用色度学的发展和颜色学有了有益的工作, 产生了积极的经济效益和社会效益。

关键词 中国, 颜色, 体系。

1 颜色体系和中国颜色体系的编制原则

颜色体系是依人的视觉特性把物体颜色按一定规律排列, 并做定量模型。每一种颜色在颜色体系中均可有确定的位置, 并可以定量的表示。颜色体系的研究已有较长的历史, 制定出各种颜色体系和颜色样品。表

表1 国际上广泛使用的颜色体系

颜色体系	颜色样品数量(个)
1. Munsell Color System	1268
2. Optical Society America of Uniform Color Scale (OSA-UCS)	558

上广泛使用的各种颜色体系^[1]。

表 1 所列出的各种颜色体系中, Munsell 颜色体系是目前诸多颜色体系最为广泛使用的一种颜色体系, 也是有些国家所仿制的颜色体系(如日本 Munsell 颜色体系在编排上注意到人的视觉特性, 同时又形象地将颜色的度、色调、彩度给以展示, 使颜色工作者容易理解, 便于使用^[2]。当然存在着不够理想的地方, 如在等距编排上虽经多次修订, 仍未做到完全表示颜色的知觉模型都是很难做到的。另外, Munsell 颜色体系是以 H. 的三色理论为基础的, 依据光学的颜色混合规律, 定为红(R)、黄(Y)、紫(P)五种基色, 能够用一定的量值确定各颜色之间的关系。而 Natural 是根据 E. Hering(1878)的四色理论, 按人的视知觉定为红(R)、黄(Y)、四种基色^[3], 各颜色之间的相互关系均由视觉表现(visual appearance)来定量方法表述。这也是 Munsell 颜色体系更受欢迎的另一原因。

其它一些颜色体系, 如 OSA-UCS虽然在理论设计上是成功的^[4], 原则比较深奥, 色度坐标的表示方法不够直观, 转换公式复杂, 使颜色解和运用存在不少困难, 从而限制了它的推广使用。另外一些颜色体系德国 Ostwald 颜色体系, 曾在前东德使用, 但现在很少被运用。DIN 虽用, 甚至被制定为国家工业标准, 由于它不能充分反映人的心理物理规律如 Munsell 颜色体系^[4]。一些工业发达国家, 由于工业、商业、贸易、要, 几乎都先后制定了各自的颜色体系和颜色样品。有的国家还把它制如 NCS 分别被定作瑞典 SS019100-1978和挪威 NS4797 国家标准。DIN 业标准(DIN6164)。而 Munsell 则被作为美国材料与测试学会(ASTM)标近年来, 颜色体系的研究和应用愈来愈受到重视, 并引起有关国际组织色学会(AIC)、国际标准化组织(ISO)及国际照明委员会(CIE)均曾讨论问题。但也应看到, 国际上至今还没有一个能被各国一致公认的颜色体系在这个领域中仍是一个空白。

为了适应国际交往和贸易的需要, 保证产品质量, 便于颜色信息的国在颜色管理和应用方面同样需要建立一个标准颜色体系。根据对其它分析研究, 我们认为一个能得到承认和推广运用的颜色体系必须有科, 同时还要注意人的视觉特性, 依据心理物理学实验结果进行设计, 色体系的色度样品必须建立在色度计量和合理的色差的基礎上。同时

第二，对中国颜色体系色空间的明度、色调和彩度的均匀分级，应进行心理物理验证实验。提出基础色度分级。

第三，在确定中国颜色体系及编排原则、标定方法等方面应注意国际实用等因素。

第四，颜色样品的色度测量方法、照明和观察条件要符合国际颜色规定。

第五，中国颜色体系编制原则应考虑到与国内各行业现有的专用色

2 颜色样片明度、色调、彩度的视觉等距实验

为了得到中国颜色体系色空间的均匀分级，我们分别开展了中国人研究。

2.1 颜色样片明度(V)等距视觉评价^[5]

实验条件：光源用晴天北面窗口射入的自然光，照度控制在 800—1000 lx，色温接近 6500K。被试 110 人，为不同职业的男女青年，18—25 岁的色觉正常者。选用 65 块 3 厘米 × 3 厘米大小的白-黑系列颜色样片，反射比 0.3%—97.5% (97.5% 样片为黑丝绒，97.5% 样片为烟熏氧化镁外，其余为中性涂料制成)。

实验方法：用反射比 20% 中性灰作为背景，63 块灰色样片被随机放成 9 组，每组 7 块，按亮度因数由暗到亮排列。用同样方法继续等分。用同样步骤在白色与黑色之间作连续等分。被试可反复比对，直到最后得到由黑到白的 9 个等距级。

实验个别进行，要求被试在白-黑系列颜色样片中选出一块与烟熏氧化镁样片在明度上有同等差别的中灰样片。然后再在黑样片与中灰样片之间选出一块中灰样片。用同样方法继续进行等分。用同样步骤在白色与黑色之间作连续等分。被试可反复比对，直到最后得到由黑到白的 9 个等距级。

实验结果：110 名被试实验结果的平均值如表 2。

表2 中国人眼白-黑系列明度等级平均值*

V	0.00	2.50	3.00	4.00	5.00	6.00	7.00	8.00
Y(%)	0.30	4.59	6.64	11.79	20.18	30.70	43.35	59.36

* 注：实验结果是亮度因数Y=97.5%对应明度V=10.0，实际应是Y=100.0% 对应明度V=10.0

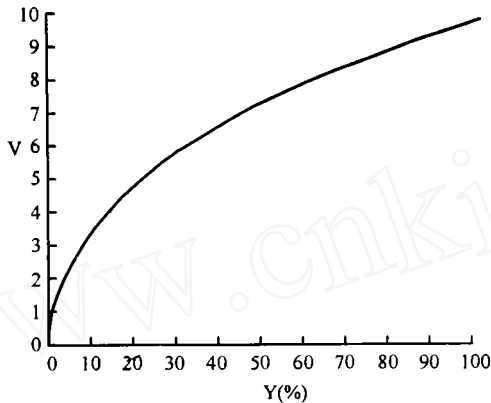


图1 中国人眼明度(V)和亮度因数(Y)的关系

1000 ± 100Lux。被试学生, 18—25岁的色样片为3厘米×3厘米, 亮度为V = 5、V = 6和C = 8的四个色调环, 即V/C = 5/6、V/C = 6/6、V/C = 6/8和V/C = 6/10的色样片, 数量分别为168块和166块。

实验方法: 在标准工模拟光源照明下, 亮度值为V=6, 同一明

表4 中国人眼对色调(H)等间距评价结果V/C=5/6

色 调	D65—10°			色 调	D65—10°	
	Y	x	y		Y	
2.5R	20.94	0.4010	0.3249	2.5BG	20.73	0.3249
5R	19.34	0.4167	0.3329	5BG	21.01	0.3329
7.5R	18.93	0.4236	0.3400	7.5BG	21.87	0.3400
10R	19.20	0.4254	0.3582	10BG	21.27	0.3582
2.5YR	18.97	0.4423	0.3684			
5YR	19.04	0.4474	0.3834	2.5B	21.95	0.3834
7.5YR	19.44	0.4528	0.3958	5B	21.44	0.3958
10YR	18.44	0.4487	0.4111	7.5B	21.98	0.4111
				10B	21.70	0.4111
2.5Y	19.55	0.4437	0.4251	2.5PB	22.39	0.4251
5Y	20.22	0.4312	0.4344	5PB	22.07	0.4344
7.5Y	19.30	0.4273	0.4495	7.5PB	22.16	0.4495
10Y	19.96	0.4105	0.4506	10PB	20.87	0.4506
2.5GY	20.51	0.4012	0.4591			

色调不一的颜色样片随机放置在背景上。被试者评价时双眼与样片之采用 0/45 的照明和观察条件。

实验个别进行, 首先要求被试从放置在灯箱里的样片中选取正红、蓝、正紫五个主色调, 即为 5R、5Y、5G、5B、5P。再要求他排出相邻间的中间色调, 即 5YR、5GY、5BG、5PB、5RP 共十种基本色调。再十进制的分级, 得到 2.5、5.0、7.5、10.0 的 40 个色调。被试可反复比意的均匀排列。V=5、C=6 时的实验结果列在表 4 中。

2.3 颜色样片彩度(C)等距视觉评价

实验条件: 实验用美国 ACS 公司标准光源灯箱的 D₆₅ 人工模 1000 ± 100Lux。被试 75 人, 为男女大学生, 18—25 岁的色觉正常者。

表5 中国人眼对彩度等间距排列评价结果V=5时

实验样片 色调及序号		D65—10°			实验样片 色调及序号		D65—10°		
		Y	x	y			Y	x	
5R	5/1	19.57	0.3294	0.3292	5BG	5/1	20.07	0.3292	
	5/2	19.88	0.3467	0.3306		5/2	20.16	0.3306	
	5/4	18.96	0.3800	0.3306		5/4	20.38	0.3306	
	5/6	19.17	0.4199	0.3337		5/6	20.64	0.3337	
	5/8	19.85	0.4443	0.3358		5/8	20.07	0.3358	
	5/10	19.73	0.4798	0.3340		5PB	5/1	21.24	0.3340
	5/12	15.87	0.51.0	0.3299			5/2	21.13	0.3299
	5YR	5/1	19.52	0.3404			0.3407	5/4	22.44
5/2		19.62	0.3638	0.3517	5/6		22.05	0.3517	
5/4		19.34	0.4109	0.3706	5/8	22.62	0.3706		
5/6		18.96	0.4540	0.3854	5/10	22.97	0.3854		
5/8		18.14	0.4936	0.3973	5/12	23.05	0.3973		
5Y	5/1	18.91	0.3327	0.3485	5P	5/1	19.08	0.3485	
	5/2	19.03	0.3514	0.3668		5/2	19.89	0.3668	
5GY	5/1	20.26	0.3279	0.3554	5/4	19.42	0.3554		
	5/6	19.66	0.3668	0.3668	5/6	19.66	0.3668		

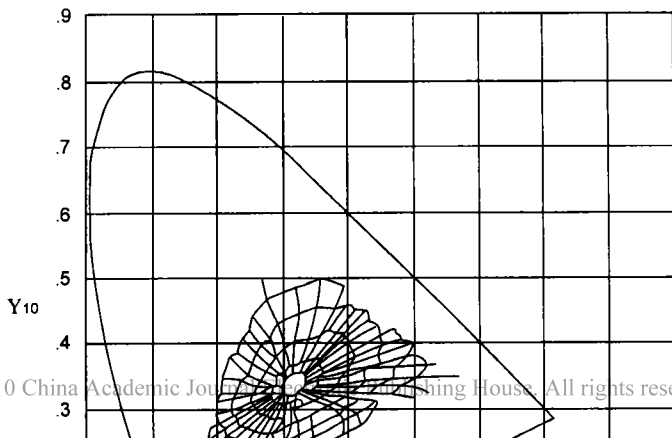
米 × 3 厘米大小的明度值为 $V = 5$ 、 $V = 6$ 的十个基本色调 (5R、5Y、5YR、5GY、5BG、5PB、5RP)，计 20 个系列的等明度、等色调、不同彩度颜色样片。

实验方法：在标准光源灯箱 D_{65} 人工模拟光源照明下，背景中性灰的明度为 6，实验用的同一明度、色调的、彩度不一的颜色样片随机放置在背景上，被试双眼保持 10° 视场。采用 0/45 的照明和观察条件。

实验个别进行，要求被试将颜色样片在中性灰色样片与彩度最大颜色样片之间选一个中间彩度样片，并在此二者彩度之间再进行等分，被试可反复对比，直到达到等明度、色调下的等彩度排列系列。表 5 是 $V = 5$ 时 9 个色调的彩度等距排列系列。

3 颜色体系色度坐标理论值的确定

将中国人眼对颜色样片的色调、彩度的视觉等距基础色度分级的实验结果，按明度等级分别标在 CIE1964 色度图上。图 2 是 $V=5.0$ 的实验结果。由图 2 可见，等色调线和等彩度线是不光滑的曲线，这是由于心理物理的实验结果与理论等距所造成的。我们采用多项式曲线拟合法，计算等色调线和等彩度线，经人工修正，使各等色调线之间的距离依次渐变，其曲线为近似直线，等彩度线最终得到了中国颜色体系色空间的色度坐标理论值。图 3 是 $V=5.0$ 的理论值颜色体系包括了 9 张明度值的理论值曲线图。



CIE1976Lab 图。图 4 是 $V=5.0$ 时的 Lab 图。

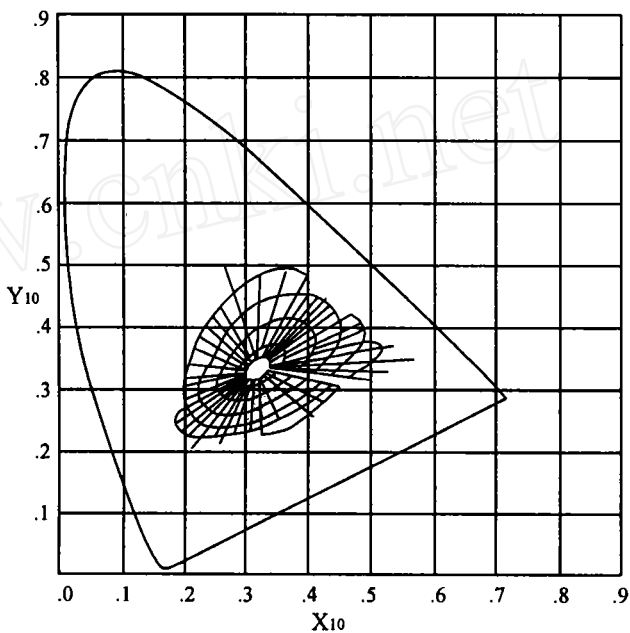
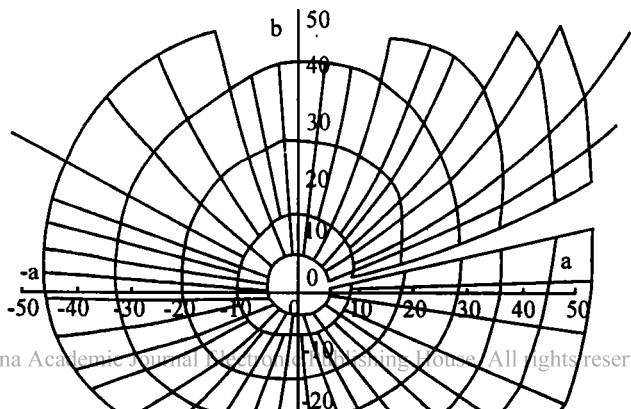


图 3 中国颜色体系样品 CIE1964 色度坐标理论值 ($V=5.0$)



度作为颜色立体的三维坐标和颜色标号系统,任何颜色均用立体上的色进行标定,并给予一定标号。标定方法是先写出色调H,然后写出明度彩度C: $HV/C = \text{色调} / \text{明度} / \text{彩度}$ 例如: 2.5R 5 / 10。对无彩色系的具有色调和彩度的属性,其标定方法为: N_x 如: N_5 。采用此颜色标定方法符合国际上常见的颜色标定方式,易和国际交流,增加通用性和可比性。

4 《中国颜色体系样册》

在得到了中国颜色体系颜色样品的理论值和色差宽容度以后^[6,7],涂料工艺制作。通过计算机配色系统和人工调整颜色样品光谱曲线的方法样品的明度、色调、彩度尽量符合色度坐标的理论值。共计研制出《中国颜色体系样册》中的1368块颜色样品。经中国计量科学研究院测量,在D₆₅标准照明体,2°视场条件下,按CIE1964补充标准色度观察者光谱三刺激值(10°视场)和色度坐标

《中国颜色体系样册》还包括GB5702—85《光源显色性评价方法》中规定的15块颜色样品,以及GB12983—91《国旗颜色标准样品》中的三种(涤纶、棉布)的红色样品。

为考核《中国颜色体系样册》颜色样品的色度精确度,我们计算了样品测量值与对应的理论值之间的色差(ΔE),并与Smith等人^[8]对瑞典NCS体系、德国DIN6164体系样册及美国OSA-UCS体系样册的颜色样品测试结果进行比较,见表6。

表6 中国颜色体系、NCS、DIN6164及OSA-UCS体系颜色样品的色差

颜色体系	颜色样品 总 数	$\Delta E < 1.0$		$1.0 < \Delta E < 3.0$	
		个数	百分比	个数	百分比
中国颜色体系	1322	262	19.81%	850	64.29%
NCS	1378	17	1.24%	279	20.25%
DIN6164	581	103	17.72%	442	76.08%
OSA-UCS	558	249	44.62%	255	45.69%

由结果可见,中国颜色体系颜色样品的平均色差小于瑞典NCS体系、德国DIN 6164体系的色差相当,略低于美国OSA-UCS体系的色差。

参 考 文 献

- 1 董太和, 金文英. 论颜色标准化兼介绍瑞典 SIS 颜色体系及实物样. 标准样品专集 1989:
- 2 荆其诚, 焦书兰, 喻柏林, 胡维生. 色度学. 科学出版社, 1981: P193—216.
- 3 荆其诚, 焦书兰, 纪桂萍. 人类的视觉. 科学出版社, 1987: P51—52.
- 4 Agoston, G. A. COLOR THEORY AND ITS APPLICATION IN ART AND DESIGN Berlin, 1979: P82—117.
- 5 孙秀如, 林仲贤, 荆其诚. 中国人眼白-黑系列明度等级的实验研究. 心理学报 1990: (2)
- 6 孙秀如, 林志定, 张家英 中国人眼对表色色差的实验研究. 心理学报, 1995: (3) P231—
- 7 孙秀如, 林志定, 张家英 中国人眼对表色色差的实验研究. 心理学报, 1996: (1) P9—1
- 8 Smith N S., T. W. A. Whitfield & T. O. Wiltshite, The Accuracy of the NCS, D Colour Atlases, Color Research and Application, 1990, 15(2): 111—116.

THE CHINESE COLOR SYSTEM

Wang Daheng Jing Qicheng Sun Xiuru Lin Zhiding Z

(Institute of Psychology, Chinese Academy of Sciences, Beijing, 100012)

Abstract

The paper gives an overview of the theoretical and practical implications of constructing a color model to represent object color and quantitative descriptions. Some of the most commonly used color systems. To construct the Chinese Color System an analysis of these color measurements of color samples were made. Experiments were conducted uniform scales for the perception of brightness, hue and chroma of the. The results formed the basis for the model of Chinese Color System, in constructing the Album of the Chinese Color System. The results were approved by the Chinese Natural Science Foundation and Academic joint review committee in 1993, and passed the National Technical Supervise review as national color standards. The completion and popularisation results provided industrial departments with scientific methods for color