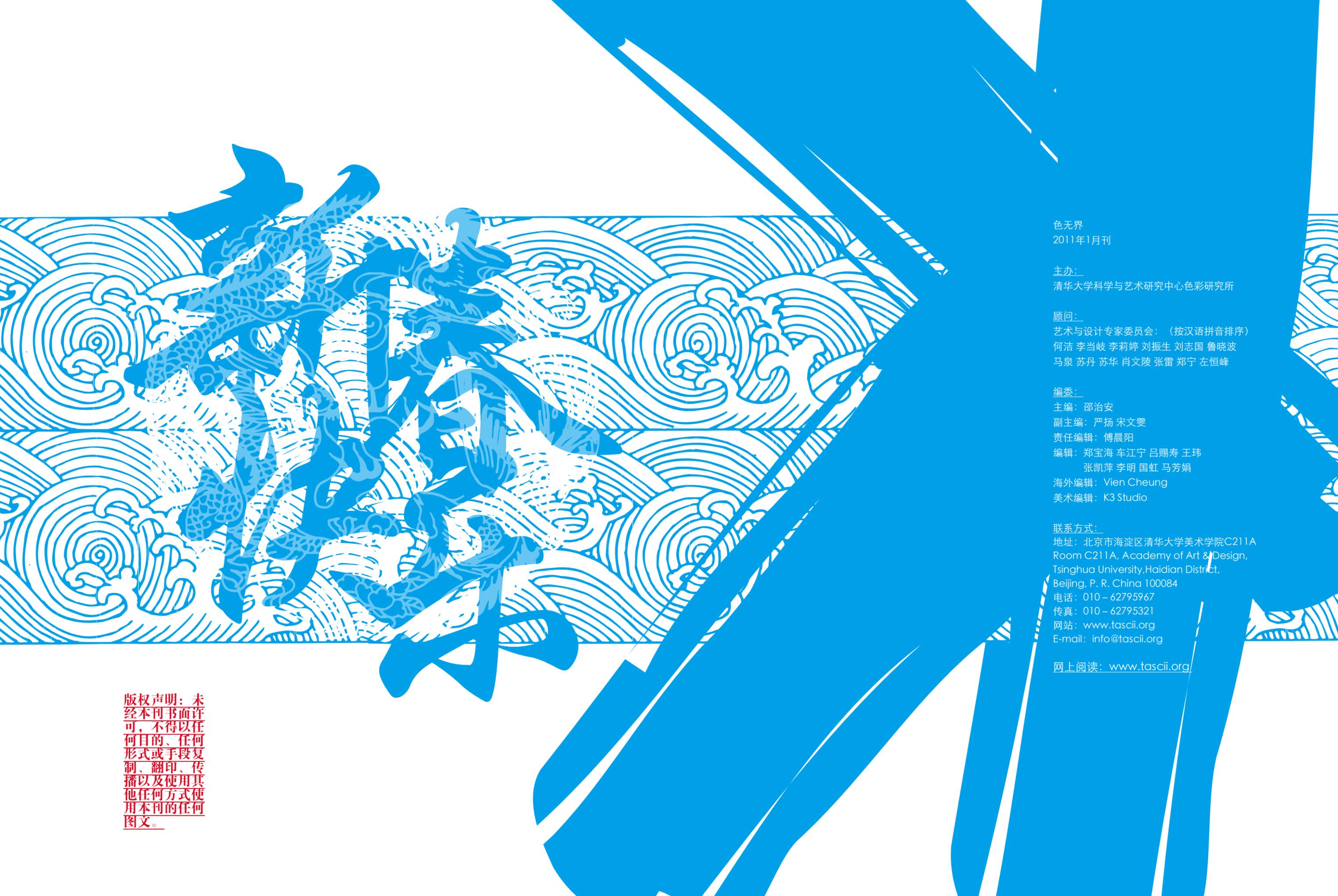


2011
1月
总第2刊
ISSUE No.2





版权声明：未经本刊书面许可，不得以任何目的、任何形式或手段复制、翻印、传播以及使用其他任何方式使用本刊的任何图文。

色无界
2011年1月刊

主办：
清华大学科学与艺术研究中心色彩研究所

顾问：
艺术与amp;设计专家委员会：（按汉语拼音排序）
何洁 李当岐 李莉婷 刘振生 刘志国 鲁晓波
马泉 苏丹 苏华 肖文陵 张雷 郑宁 左恒峰

编委：
主编：邵治安
副主编：严扬 宋文雯
责任编辑：傅晨阳
编辑：郑宝海 车江宁 吕赐寿 王玮
张凯萍 李明 国虹 马芳娟
海外编辑：Vien Cheung
美术编辑：K3 Studio

联系方式：
地址：北京市海淀区清华大学美术学院C211A
Room C211A, Academy of Art & Design,
Tsinghua University, Haidian District,
Beijing, P. R. China 100084
电话：010-62795967
传真：010-62795321
网站：www.tascii.org
E-mail：info@tascii.org

网上阅读：www.tascii.org

卷首语
FORWARD



THE SUBJECTIVE EXPERIENCE AND OBJECTIVE RATIONALE OF COLOUR

颜色的主观创造与客观实现

二十一世纪的第一个十年已经过去。在这个转瞬即逝的十年中，最为震撼的恐怕是信息革命对每个个体的影响。这是一个移动互联网时代，苹果依托iPhone+APP store战略成为产业新贵和改变商业模式的先驱。这是一个自媒体时代，社交网络改变了所有人的生活方式，任何一个人都有可能成为一个媒体，一位拥有粉丝超过30万的人，已经相当于一个中型媒体发行量。传统媒体纷纷推出电子版本，连维珍集团也推出只能在iPad上阅读的电子杂志《Project》，直接挑战传媒业老大新闻集团将推出的iPad电子报《The Daily》。

正是在这样的信息时代浪潮中，色研所在色彩研究领域和各个产业界脱颖而出，以数字化颜色和影像为利器，服务于传统的颜色的主观创造和客观实现过程，挑战以往的颜色之间的沟通速度和质量，参与到与时代对话的阵列。

一直以来，艺术设计与科学技术被视为栖居在两个不同世界的物种。我们都知道牛顿提出了色彩的光学理论，而少有人知道，早在十七世纪诗人歌德就在他的色彩理论著述中反驳牛顿，他不理会数学和物理，强调的是颜色属于心理效应。主观色彩，歌德称之为生理色彩，是他的理论重要内容。而事实上正如20世纪最伟大的理论物理学家海森堡所言，牛顿和歌德的理论纯属两个不同的范畴。我们不去深究其正确与错谬，我们只感知到，在世界绘画史上有着划时代的影响的印象派画家们除因感受与感觉获得彻底解放外，还得求助于色彩学的科学原理。而现代印刷技术的网点叠印则可以看做点彩派艺术的一种实际应用。现代光学和视觉心理学的进展催生了美国的奥普艺术，而这种艺术又被视觉心理学家当作研究的对象。因此从历史走向未来，我们不得不承认，科学技术创造着艺术的多元化，给予设计以更多的实现的可能性。

这期《色无界》中，包括三位来自英国的色彩专家和其他的作者一起，探讨的正是在设计的主观创造和最终实现的过程中，颜色是如何科学地作用于我们，作用于生产环节，以及我们每一个人对颜色的感知和心理认知同样重要地作用于颜色科学的研究，作用于最终的市场。可以看到，新的时代造就的不仅是技术上的突破，更可贵的是我们每一个人的思维的突破，理性与感性，主观与客观、科学与创意的界限的突破，取决于我们思维的突破。在David Foster教授的讲授中引用了英国物理学家麦克斯韦的话，通过查询我才知道，麦克斯韦在十四岁同时获得了数学奖和诗作奖，于是我暗自庆幸，要明白麦克斯韦的方程式我此生恐怕都无缘了，但是我可以接近他通过他的诗句。同样一个人，爱科学的人可以研究他，爱诗的人也可以研究他，就算不懂他的方程式，也可以通过他的诗句进入他的内心世界！同样，我们正在努力搭建的方法与平台，也正是让人们在色彩世界通过不同的方式表达自己，并通过对这种方式的掌握创造自己的价值。

最后，我想戏说马克吐温曾经调侃科学的一段话，他说，科学真是迷人，根据零星的事实，增添一点猜想，竟能赢得那么多收获。我改成，科学真是迷人，根据事实的需要，增添猜想和实验，就能赢得设计和市场的收获！

目录

CONTENTS
CONTENTS

学术新知 PERISCOPE (04-23)

- 04. 颜色的主观经验和客观理论 David H Foster
- 14. 颜色的主观经验和客观理论 Lindsay W. MacDonald

技术应用 MODEM (24-33)

- 24. 计算机颜色视觉在测配色系统中的应用 蔡莉
- 30. 彩色图像状态及其在颜色复制中的应用 彭丽瑞

跨界视点 PERSPECTIVE (34-41)

- 34. 颜色与设计 Stephen Westland

经验分享 INSPIRATION (42-48)

- 42. 计算机测配色技术与纺织印染（一） 李戎

新闻焦点 COLOUR NOW (49-50)

互动空间 COMMUNITY (51)

征稿启事 (52)

颜色的主观经验和客观理论

David H Foster
英国曼彻斯特大学电子工程学院

摘要:
在针对主观观察颜色的经验的研究中，一个观察者可以得到的有效视觉信息，可以通过高光谱图像，及计算可分辨颜色数目等方法进行估算。

关键词:
颜色的客观理论，颜色的主观经验、映射关系、高光谱图像

TASCII November 2010

The subjective experience and objective rationale of colour

David H. Foster
 Professor of Vision Systems
 Head Vision and Information Processing Group
 School of Electrical and Electronic Engineering
 University of Manchester, UK

<http://personalpages.manchester.ac.uk/staff/david.foster/>
d.h.foster@manchester.ac.uk

The objective rationale of colour

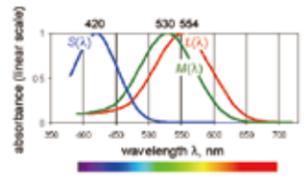


Helmholtz

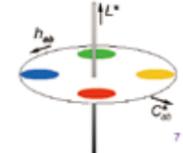
"Colours have their greatest significance ... as marks of identification of bodies." (pp 242-243)

Image from Wikimedia Commons
 von Helmholtz, H. (1867). *Handbuch der Physiologischen Optik*. Vol. II, 1st Ed.

Pigment spectral sensitivities



Subjective experience of light is therefore 3-dimensional.
 Trichromacy is basis of colour spaces, e.g. CIELAB, with lightness, chroma, hue ...



Describing surfaces



- In CIELAB cylindrical coordinates (L^* , C^*_{ab} , h_{ab}) label different surface elements:
 - (48,85,50°) "red"
 - (64,102,69°) "orange"
 - (48,37,-57°) "purple"
- Not very intuitive, but still 3-dimensional.
- Other CIE coordinate systems also 3-dimensional.
- But there are two problems ...

The objective rationale of colour



Maxwell

"All vision is colour vision ... for it is only by observing differences of colour that we distinguish the forms of objects." p. 260.

But is our subjective experience of colour veridical? ...

Maxwell, J.C. (1870-72). *On Colour Vision*. *Proc. Royal Inst.*, 6, 260-271.

Is subjective experience veridical?



For veridical colour perception, identify objects by light they reflect, not shape or position.

Colour matching not 3-dimensional

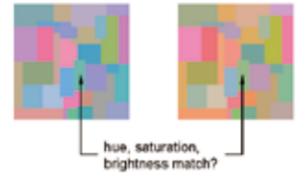


Are these two surfaces the same colour?

- If observers asked to make colour matches, then highly variable (Katz).
- Need to define perceptual criteria for match (Arend & Reeves):
 - match hue, saturation, brightness
 - match surface colour (= "paper" match)
- Used geometric Mondrian-like patterns to avoid familiarity and other cues ...

Katz, D. (1935). *The World of Colour*. London: Kegan Paul
 Arend, L., & Reeves, A. (1985). *J. Opt. Soc. Amer. A*, 3, 1743-1751.

Colour matching not 3-dimensional



hue, saturation, brightness match?

- Observers used 3-dimensional controls (e.g. red, green, and blue on colour monitor).

Reeves, A.J., Amano, K., & Foster, D.H. (2008). *Percept. Psychophys.*, 70, 219-228.

Is subjective experience veridical?



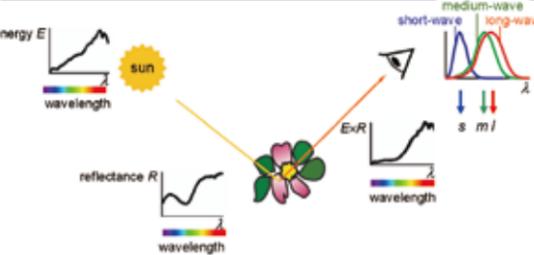
For veridical colour perception, identify objects by light they reflect, not shape or position.

But veridicality not generally possible with natural scenes.

- Why no one-to-one mapping between objects and our colour experience?
- How much information does colour provide to the eye?
- How efficiently can it be retrieved by an observer?

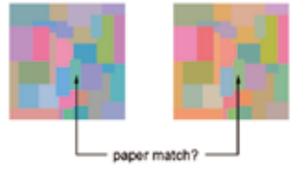
First, some basics ...

Seeing colour



Light spectrum reaching eye absorbed by cone photoreceptors. Each point (pixel) coded by three numbers, e.g. l, m, s . In more detail ...

Colour matching not 3-dimensional

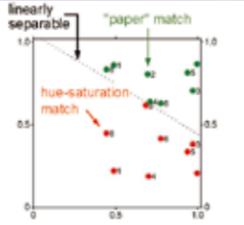


paper match?

- Observers used 3-dimensional controls (e.g. red, green, and blue on colour monitor).
- Can perform both tasks, but very different performances.
- Plot two kinds of performance in same graph, eight observers ...

Reeves, A.J., Amano, K., & Foster, D.H. (2008). *Percept. Psychophys.*, 70, 219-228.

Colour matching not 3-dimensional



linearly separable

hue-saturation match

"paper" match

- Data points from the two criteria were linearly separable.
- So maybe 6-dimensions with two or more scene illuminations?
- Tokunaga & Logvinenko suggested both illumination and surface colour.
- That is, "dual coding" of colour.
- But there are more fundamental problems, to do with complexity ...

Reeves, A.J., Amano, K., & Foster, D.H. (2008). *Percept. Psychophys.*, 70, 219-228.
 Tokunaga, R., & Logvinenko, A.D. (2010). *Vision Res.*, 50, 1740-1747.

Natural spectral reflectances

reflectance

wavelength, nm

multiple peaks

13

Natural spectral reflectances

reflectance

wavelength, nm

multiple peaks

different slopes

similar peaks despite different locations ($\rho = 0.91$)

Complexity consequences ...

14

Physical dimensionality of spectra

relative irradiance

wavelength, nm

blue sky

towards dusk

multiple peaks

reddish leaf

flower

green leaf

- Depends on colour probabilities.
- That is, probability of a randomly selected point (or image pixel) being e.g. red.
- Need experimental data.
- Possible with hyperspectral imaging.
- Provides spectral reflectances at each point (pixel) in scene.
- Can then calculate cone responses, (l, m, s) ...

19

Hyperspectral imaging

To record:

- Peltier-cooled digital camera, 1344x1024 pixels;
- fast tuneable liquid-crystal filter, bandwidth ~10 nm ...

<http://personaepages.manchester.ac.uk/taff/david/s/forest/>

20

Non-unique spectra

- Points 1 and 2 have different spectral reflectances.

15

Non-unique spectra

reflectance

wavelength, nm

- Points 1 and 2 have different spectral reflectances.
- Give same receptor responses under skylight.
- Give different receptor responses under sunlight (metamerism).
- But problem is not just metamerism of individual surfaces.
- Overall effects of illuminant are unpredictable ...

16



Unpredictable effects of illuminant

- Two scenes under 6500 K.
- Now under 25000 K.
- Take space-average colour for 6500 K
- Compare with space-average for 25000 K
- Problem of dimensionality ...

17

Physical dimensionality of spectra

relative irradiance

wavelength, nm

blue sky

towards dusk

multiple peaks

reddish leaf

flower

green leaf

- In principle, need large set of numbers to specify spectra (e.g. 320 at 1-nm steps).
- In practice, with natural illuminants, 3 numbers are enough, e.g. by PCA.
- With natural scenes, need 6-8 numbers to specify reflectance spectra.
- With 3 degrees of freedom l, m, s cannot compensate for illuminant changes on natural surfaces.
- So no 1:1 mapping $l, m, s \rightarrow l', m', s'$
- How much information is therefore lost? ...

18

Probabilities of cone responses

Relative frequency

L-cone response

M-cone response

S-cone response

exponential tail

exponential tail

exponential tail

small errors common

large errors rare

- Histograms based on 1000 random points from natural scene.
- Use to estimate probability density functions of colour variables l, m, s .
- Write $u = (l, m, s)$ for short ...

23

Information available

4000 K $u_1 = (l_1, m_1, s_1)$

25000 K $u_2 = (l_2, m_2, s_2)$

- Probability of cone signal $u_1 = (l_1, m_1, s_1)$ under 4000 K is proportional to $f_1(u_1)$.
- Probability of cone signal $u_2 = (l_2, m_2, s_2)$ under 25000 K is proportional to $f_2(u_2)$.
- Capture dependency between images 1 and 2 with Shannon's mutual information I

24

Information available

- 4000 K $u_1 = (l_1, m_1, s_1)$
- 25000 K $u_2 = (l_2, m_2, s_2)$
- Probability of cone signal $u_1 = (l_1, m_1, s_1)$ under 4000 K is proportional to $f_1(u_1)$.
- Probability of cone signal $u_2 = (l_2, m_2, s_2)$ under 25000 K is proportional to $f_2(u_2)$.
- Capture dependency between images 1 and 2 with Shannon's mutual information I

$$I = \iint f_{12}(u_1, u_2) \log \frac{f_{12}(u_1, u_2)}{f_1(u_1)f_2(u_2)} du_1 du_2$$

25

Information available

- 4000 K $u_1 = (l_1, m_1, s_1)$
- 25000 K $u_2 = (l_2, m_2, s_2)$
- Probability of cone signal $u_1 = (l_1, m_1, s_1)$ under 4000 K is proportional to $f_1(u_1)$.
- Probability of cone signal $u_2 = (l_2, m_2, s_2)$ under 25000 K is proportional to $f_2(u_2)$.
- Capture dependency between images 1 and 2 with Shannon's mutual information I

$$I = \iint f_{12}(u_1, u_2) \log \frac{f_{12}(u_1, u_2)}{f_1(u_1)f_2(u_2)} du_1 du_2$$

- Represents information available in image 1 about image 2.

26

Remove spatial cues

$E_1 = 6500\text{ K}$ $E_2 = 25000\text{ K}$

6500 K 25000 K

$i \longleftarrow j'$

How to measure success (and failure) in finding point i ?
Count number of errors ...

31

Identification error

$E_1 = 6500\text{ K}$ $E_2 = 25000\text{ K}$

Assume j' under E_2 matched to i under E_1 with closest post-receptorally colour code.
But other candidates ...

32

Information available

- 4000 K $u_1 = (l_1, m_1, s_1)$
- 25000 K $u_2 = (l_2, m_2, s_2)$
- Probability of cone signal $u_1 = (l_1, m_1, s_1)$ under 4000 K is proportional to $f_1(u_1)$.
- Probability of cone signal $u_2 = (l_2, m_2, s_2)$ under 25000 K is proportional to $f_2(u_2)$.
- Capture dependency between images 1 and 2 with Shannon's mutual information I

$$I = \iint f_{12}(u_1, u_2) \log \frac{f_{12}(u_1, u_2)}{f_1(u_1)f_2(u_2)} du_1 du_2$$

- Represents information available in image 1 about image 2.
- Same information available at cones and post-receptorally ...

27

Information available

- 4000 K $u_1 = (l_1, m_1, s_1)$
- 25000 K $u_2 = (l_2, m_2, s_2)$
- Fifty hyperspectral images of natural rural and urban scenes (1344x1024 pixels, 400-720 nm).

Foster et al. (2009). J. Opt. Soc. Amer. A, 26, 814-824.

28

Information retrieved

Relative frequency

Identification error

exponential tail

small errors common large errors rare

- Treat identification errors as discrete random variable K with probability p_k
- As discrete variable, different formula from information available.
- For sample of size N , information given by

$$I_K = \log N - \sum_k p_k \log p_k$$

33

Information retrieved

Relative frequency

Identification error

exponential tail

- Treat identification errors as discrete random variable K with probability p_k
- As discrete variable, different formula from information available.
- For sample of size N , information given by

$$I_K = \log N - \sum_k p_k \log p_k$$

34

Information available

- 4000 K $u_1 = (l_1, m_1, s_1)$
- 25000 K $u_2 = (l_2, m_2, s_2)$
- Fifty hyperspectral images of natural rural and urban scenes (1344x1024 pixels, 400-720 nm).
- Daylight illuminants 4000 K and 25000 K.
- Calculate information available I

$I = 17.1$ bits

- Next, how to calculate information retrieved? ...

Foster, D.H. et al. (2006). J. Opt. Soc. Amer. A, 23, 2359-2372.

29

Ideal matching task

$E_1 = 6500\text{ K}$ $E_2 = 25000\text{ K}$

6500 K 25000 K

$i \longleftarrow j'$

Point matching in the absence of spatial information ...

30

Information retrieved

Relative frequency

Identification error

exponential tail

- Treat identification errors as discrete random variable K with probability p_k
- As discrete variable, different formula from information available.
- For sample of size N , information given by

$$I_K = \log N - \sum_k p_k \log p_k$$

- Analogously post-receptorally.

35

Information retrieved

Relative frequency

Identification error

exponential tail

- Treat identification errors as discrete random variable K with probability p_k
- As discrete variable, different formula from information available.
- For sample of size N , information given by

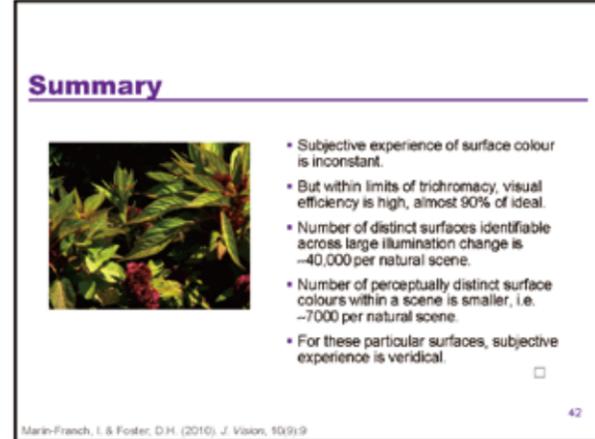
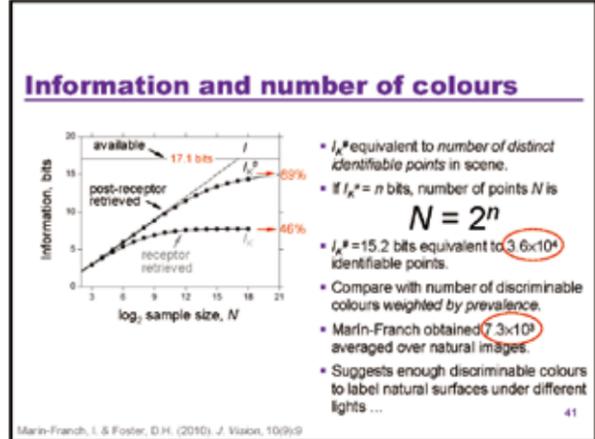
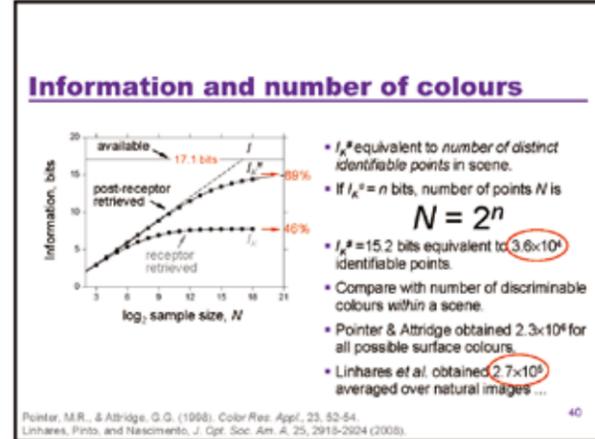
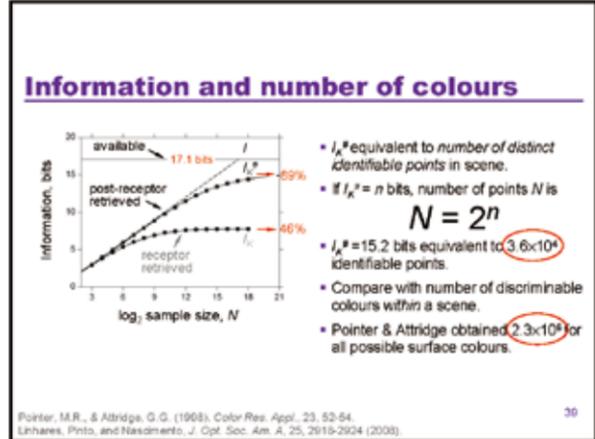
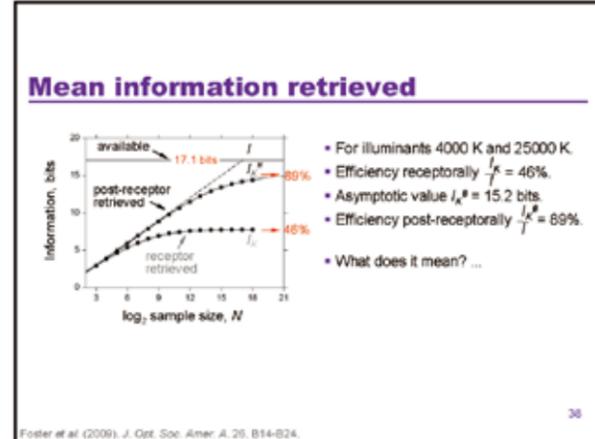
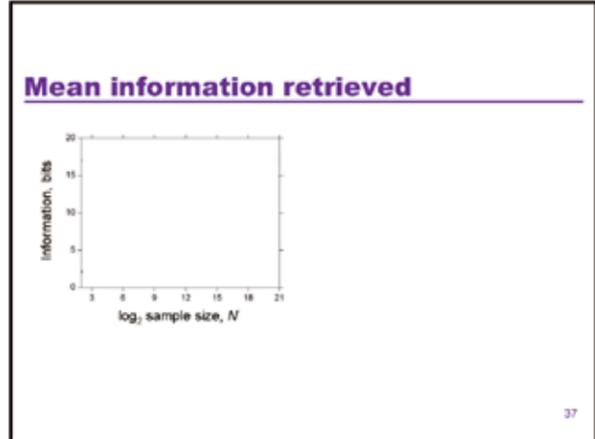
$$I_K = \log N - \sum_k p_k \log p_k$$

- Analogously post-receptorally.
- How does information retrieved I_K vary as sample size N increases? ...

36

THE SUBJECTIVE EXPERIENCE AND OBJECTIVE RATIONALE OF COLOUR

中文译文



Professor David H Foster
英国曼彻斯特大学电子工程学院教授
颜色的主观经验和客观理论

颜色的客观理论

科学家们例如德国物理生理学家霍尔姆赫兹说，颜色就像每一个不同的人一样具有极大的不同性；发现电磁波的英国物理学家麦克斯韦说，所有的视觉都是颜色视觉，因为我们通过区分不同物体的形式观察到不同的颜色。也正是麦克斯韦，早在1861年就提出，颜色是由红、绿、蓝三基色组成的，他还是第一批彩色照片的制作者之一。然而，我们主观的观察颜色的经验是可靠的么？

颜色观察的主观经验

对于真实的颜色感知，识别物体色是靠它们反射出来的光线，而不是他们的形状和位置。但自然的场景不总是具有真实性的。那么对于颜色，我们主观的经验是否真实，客观的理论是否真实准确呢？目前我们要探讨的问题是，为什么在物体和颜色经验之间没有一对一的映射关系存在，颜色能给眼睛提供多少信息？一个观察者可以得到多少有效的信息呢？

颜色感知的过程是：光线进入人眼，被锥体细胞吸收，每一点（像素）可由三组数字表述 (l,m,s)，因而光的主观经验是三维的。颜色空间，如CIELAB，就是三维的。

对于表面颜色的描述：在CIELAB坐标系中，坐标 (L, C, h) 代表不同的平面。这并不很直观，但也属于三维空间，CIE其他坐标系也都是三维的，但这里有两个问题。

第一，颜色匹配不是三维的

如果仅仅让观察者匹配颜色，那么变数太大，这就要求为颜色匹配定义感知标准。实验中分别在彩色显示器上和对表面颜色 (纸张) 进行色相匹配，实验结果证实用不同标准判断的数据点可被线性分开，所以也许有六维或更多光源的因素要考虑。Tokunaga & Logvinenko 建议要将照明光源和表面颜色都考虑到，也就是说要对颜色有双重的解释。

第二，自然光谱反射率

自然景色中的颜色里，有的反射率具有多个峰值；有的斜率不同但是峰值接近。对于不同位置的2个颜色，它们的反射率不同，在天空的散射光下给出同样的光感受反应，在阳光下给出不同的光感受反应（同色异谱现象）。目前问题是不仅仅每个表面会发生同色异谱现象，照明的整体效果几乎是无法预测的。

原则上，需要大量光谱数据来确定光谱曲线 (1nm为间隔)。实际上，在自然景观里，3个数字就足够了。在自然景观里，需要6-8个数字来确定反射光谱。在3个自由度范围内，对于自然表面颜色，人眼对颜色的反应l,m,s对光源的变化无法进行补偿。因此没有1:1的映射关系存在，信息的损失与颜色出现的概率相关，即随机选择颜色的概率。这需要实验数据，也许需要高光谱图像。

锥体细胞的反应的概率：从自然景观里选取1000随机点，做出直方图。用来估算颜色的机率密度函数， $u=(l,m,s)$

4000K下锥体细胞的反应信号的概率 $u_1=(l_1,m_1,s_1)$ 应为 $f_1(u_1)$ 的某比例

25000K下锥体细胞的反应信号的概率 $u_2=(l_2,m_2,s_2)$ 应为 $f_2(u_2)$ 的某比例

在图1和2的Shannon交互信息为：

颜色的主观经验和客观理论

Lindsay W. MacDonald
英国伦敦传媒学院印刷与出版学校

摘要：
在颜色的认知阶段，颜色描述和命名等是很重要的内容。颜色命名的实验表明，基本的颜色名称在使用上具有一致性，文化、观察环境等对颜色命名的影响还有待进一步研究。

关键词：
外观、颜色认知、颜色命名

中文译文

THE SUBJECTIVE EXPERIENCE AND OBJECTIVE RATIONALE OF COLOUR

$$I = \iint f_{12}(u_1, u_2) \log \frac{f_{12}(u_1, u_2)}{f_1(u_1)f_2(u_2)} du_1 du_2$$

这代表了图1和图2中能得到的信息，对于锥体细胞和后感应接受器也能得到同样的信息。通过50个高光谱图像（1344×1024 pixels，400-700nm，使用Peltier-cooled数码相机，10nm宽液晶调谐滤光片），针对4000 K and 25000 K日光照明下的自然和城市景观，可得到的信息为I = 17.1 bits

检索信息量(I_k)与样本数目(N)之间的关系是，对于4000K和25000K,有效的接受是46%，有效的后感应接受是89%，渐近值 $I_k^{\#}=15.2\text{bits}$, $I_k^{\#}$ 相当于景色中可辨认出的点的数目，如果 $I_k^{\#}=n$ bits, 点的数目为 $N=2n$, $I_k^{\#}$ 相当于 3.6×10^4 , Pointer & Attridge得到的结论是所有可能的表面颜色是 2.3×10^6 , Linhares et al. 得到的的结论是自然画面中平均得到的颜色是 2.7×10^5 , 通过加权方法计算的可分辨颜色数目的研究中，Marin-Franch得到的的结论是自然画面中平均得到的颜色是 7.3×10^3 。

总之，对于表面颜色的主观观察经验是变化的，但是尽管用三维数字描述颜色具有局限性，但视觉有效性还是高达近乎90%。每个自然景色中，在照明的大幅变化下，可以分辨出的颜色数量是40000；自然景色中可以感知出的颜色数量较少，为7000。对于这些特别的表面，主观的经验是可信的。

TASCII Opening – Beijing – November 2010

The subjective experience and objective rationale of colour

Professor Lindsay MacDonald

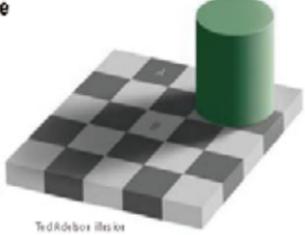


London College of Communication



Visual perception

- 1) Conscious experience of objects and object relationships.
- 2) The interpretation of sensory information to produce an internal representation of the world.



Ted A. Adelson, Illusions

Levine and Shiffrin (2000) Fundamentals of Sensation and Perception, 3rd Ed.



Probabilistic vision

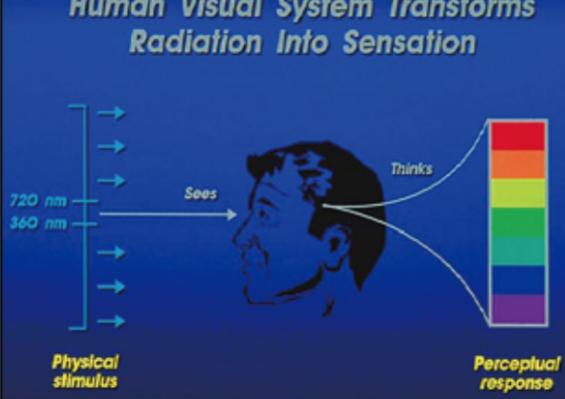
Purves and Lotto (2003) suggest that what observers experience in response to a visual stimulus is a probabilistic distribution of its possible sources.



According to this model "the visual system is not organised to generate a veridical representation of the physical world, but rather a statistical reflection of a person's visual history".




Human Visual System Transforms Radiation Into Sensation



Physical stimulus

Perceptual response



What is appearance?

Appear
'become or be visible'

Appearance
'an outward form as perceived, esp. visually'



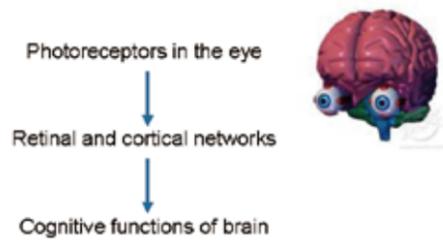
The Compact Oxford English Dictionary, OUP (1996)

'A visual sensation through which an object is perceived to have attributes such as size, shape, colour, texture, gloss, transparency, and opacity.'

M.R. Pointer (Ed.), A Framework for the Measurement of Visual Appearance, CIE TC 1-65 Visual Appearance Measurement, Draft Report D4, April 2006.



Vision as a process



Photoreceptors in the eye

Retinal and cortical networks

Cognitive functions of brain



Visual sensation

The term 'visual sensation' occurs in CIE definitions for blackness, brightness, colourfulness, hue, and whiteness.

e.g. **Brightness**: 'Attribute of a visual sensation according to which an object appears to exhibit more or less light.'

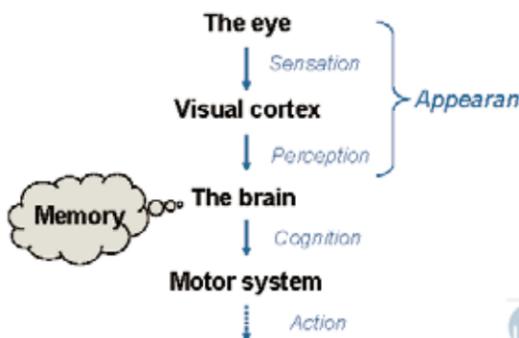


http://photo-graphen-idee.blogspot.com/

R.W.G. Hunt (1998) Measuring Colour, 3rd Ed., Fountain Press, Appendix 9, quoting from CIE Lighting Vocabulary, 4th Ed. (1987), CIE Publication No. 17.4.



Three-stage model of appearance



The eye

Visual cortex

The brain

Motor system

Appearance

Memory

Action



Stage 1 – Sensation



The eye

Visual cortex

Basic attributes

Brightness

Hue

Colourfulness

Whiteness

Blackness

Unrelated colours

Responses from the photoreceptors (rods and cones) and all neural layers within the retina.



Lindsay W. MacDonald
英国伦敦传媒学院印刷与出版学校
颜色的主观经验和客观理论

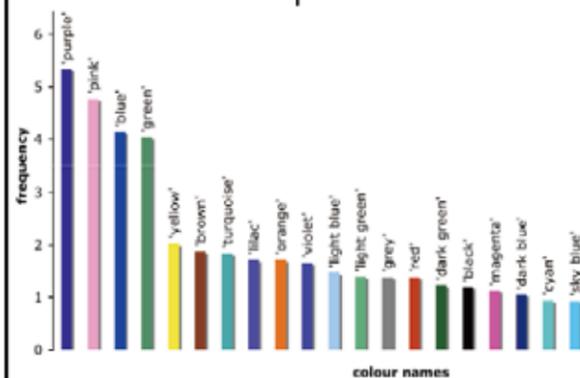
Edible colour names

- ❖ 21% of 5500 responses in English were derived from or related to food, of which 65% were single-word and 35% were multi-word.
- ❖ 443 terms were used twice or more, of which 85 (19%) were derived from food (e.g. 'cherry red') and a further 53 (12%) were related to food (e.g. 'sunflower yellow').
- ❖ Females tended to use colour names related to food more often than males, and subjects with colour experience more often than naive subjects.



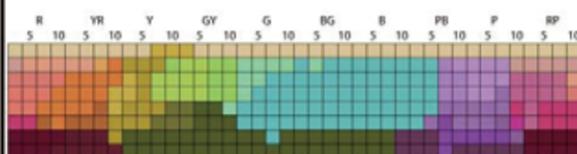
LCC

20 most frequent colours



Mapping edible names to colours

Classification of Munsell 320-colour array by 28 food-related colour names:



aqua, burgundy, cerise, cream, dark orange, flesh, fuchsia, lavender, light orange, light violet, lilac, lime, lime green, maroon, mauve, mint green, mustard, mustard yellow, olive, olive green, orange, peach, plum, rose, rose pink, salmon, salmon pink, violet

LCC

Conclusions

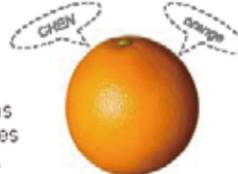
- ❖ Basic colour terms (B&K) were used more consistently and identified faster than non-basic colour names.
- ❖ Majority of responses involved secondary colour names and modifiers.
- ❖ Good agreement of online results vs rigorous psychophysical experiments.
- ❖ Excellent agreement between online experiments for 27 top listed chromatic colour names.



LCC

Future directions

- ❖ Influence of viewing conditions on the location of colour names in colour appearance spaces.
- ❖ How culture is associated with psychophysical responses and linguistic colour spaces.
- ❖ Develop a colour naming model to automate the colour naming task in web-based environments.
- ❖ More languages, more observers, more data ...



LCC



Lindsay MacDonald
Professor of Digital Media
London College of Communication

中文译文

THE SUBJECTIVE EXPERIENCE AND OBJECTIVE RATIONALE OF COLOUR

视觉是一个过程，从人眼中光感受器到神经网络，最后要靠大脑的认知功能来实现。外观是指能看到物体的特征，例如大小、形状、颜色、质地、光泽、透明度等。物体外观的形成模型分三个阶段：

第一阶段，颜色的感觉，对于不相关颜色，有明度、色相、白度和黑度。

第二阶段，颜色的感知，对于相关颜色，有亮度、彩度、饱和度、光照度、纹理和透明度

第二阶段，颜色的认知，颜色记忆，联想、鉴别、识别、分类、描述、命名等在视觉的更高阶段，颜色记忆是很重要的内容，可用于建立一个景色的模型，并提取出相关意义。

颜色命名

在1969年，Berlin and Kay发表了著名学说，颜色分类是在世界范围内是具有共同性的。颜色名称在语言间是很容易被翻译的；11个基本颜色分类（英语中存在）是全人类通用的；基本颜色名称以特有的顺序加入到语言中（黑白红绿黄蓝棕紫粉橙灰）

记忆模型

颜色名称就像测量长度，两者都需要参考来作为标准。基于人们对具体实物与其相关的颜色相连的经验，转喻存在于认知结构中。

颜色命名和文化

McNeill (1972)分析了在多种文化中颜色名称的使用，对于颜色名词的发展，在各种语言中都遵循以下规律：需要性和功能。而研究还发现，在巴布亚新几内亚的Rossel岛上的居民说的是独立的原始语言，他们拥有的与颜色关联的词语也是独特的。

对于颜色感知空间，对颜色的分类可以分为4步：一个最基本的颜色名称，有些变化的基本名称，两个基本颜色名称的组合，用第二类词汇描述。举例来说，对于基本色—绿色，有些变化的基本名称是浅绿色，两个基本颜色名称的组合是黄绿色，用第二类词汇描述是橄榄绿色。

曾有一个颜色命名的实验，在实验中共有50名英国人和40个中国人参与，我们确认了11个基本颜色名称被广泛用于这两种语言中。实验结果表明对于描述颜色的第二类词汇，存在较大的文化差异。中国人用的第二类词汇多与食物相关。图中表明了中文中常用的颜色名称。

蔡莉
东华大学化学化工与生物工程学院

计算机颜色视觉 在测配色系统中的应用

摘要：

本文阐述了计算机颜色视觉在测配色系统中应用的发展历程，及其理论的最新修正。利用计算机视觉技术，模拟人的感官系统辨别颜色、统计色差。其分辨精度比人高几十倍，不受环境光线影响，测量结果稳定。

关键词：

计算机；颜色；视觉；测色；配色；理论

前言

1931年色度学的诞生使颜色成为一门科学。二十世纪四十年代，测量物体光谱反射率的HARDY光谱光度计的发明为后来的颜色测量技术奠定了硬件基础,而Kubelka - Munk 理论则为配色确立了理论基础。然而利用Kubelka - Munk 理论和光谱光度计在初期的计算机上进行模拟计算着色配方的尝试直到五十年代才实现。六十年代一些生产着色剂的跨国公司在大型计算机上进行了大量的计算机测色配色方面的研究并取得里程碑意义的突破,确立了在一定程度上至今还在应用的计算机配色数学模型和算法。计算机测色配色技术已经由少数人的研究状态进入了工业实际应用的阶段^[1]。八十年代计算机测色配色系统经历了真正的变革,光谱光度计、软件都有了巨大的发展,特别是微机的出现和飞速发展给这项技术的真正普及应用带来了光明的前景^[2]。进入九十年代,从欧美到港台,再到国内,电脑测色配色系统已以相当普及的价格成为工厂甚至连锁店的普通工^[3]。

它使使用者在生产活动中能以科学的方法高效地进行配色或调色,节约大量的人力物力,降低原材料成本;以符合国际标准的测色方法和公式客观地评价产品的颜色质量;使得生产和商业活动中的产品颜色要求由实物传递过渡到数字传递,从而顺应信息时代的要求并可在因特网上传递。

计算机视觉学是自本世纪六十年代中期迅速发展起来的一门新学科^[4]。由于计算机视觉学在工农业生产、地质

现在正在进行的是在网上的颜色命名实验，目前已经包括7种语言。实验中要求观察者用词汇描述所看到的20个颜色样本，其方法的优点是：各种文化背景的观察者参与，多个观察者可以同时进行实验，在熟悉的空间进行实验。缺点是颜色的再现是无法控制的，在观察环境中无法进行准确的测量，观察者的同色异谱率和中途退出率比较高。

实验目的是要找到颜色命名在多种语言中的广义集合，在颜色空间中找出相应的区域，对其观测环境进行研究，探究语言对颜色命名的影响，并建立一个在线颜色命名模型。

实验中首先在Munsell表色体系数据库中随机选取600个颜色，并在sRGB颜色空间中找到对应位置。实验结果显示，在CIELAB a*-b*面上有47个颜色被观察者命名了20多次，出现最多的27个颜色也经统计分析进行了验证，参与实验的人中使用英语的约占60%，其余的语种有希腊语，西班牙语和中文普通话等。

在使用英语语言的实验中所获得的5500个数据里，有21%的颜色命名与食物有关，65%使用一个词，35%用多个词描述颜色。其中443个词被使用两次以上，这中间约19%由食物派生而来，例如樱桃红色，另外12%直接与食物相关。这里女性比男性，专业人士比非专业人士，更多地将颜色名词与食物相联系。实验结果还显示出20个最常用的颜色，根据实验结果可以将Munsell体系中320个颜色与28个与食物相关的颜色名词相对应。

结论：

基本的颜色名称在使用上具有一致性，并且比非基本名称更容易被确定；绝大多数人会使用到第二类颜色词汇和有变化的基本名称。严格的心理物理实验结果和网上的调查结果趋势一致，对于前27个颜色名称，心理物理实验结果和网上的调查结果非常吻合。

今后的研究方向

在颜色外观空间中，观察环境对颜色命名的影响

文化是如何与心理物理反应相互影响的？如何在多种语言的颜色空间里发生作用的

建立颜色命名模型，以便在网络基础上自动进行颜色命名

需要更多的语言，观察者和数据

中文译文

THE SUBJECTIVE EXPERIENCE AND
OBJECTIVE RATIONALE OF COLOUR

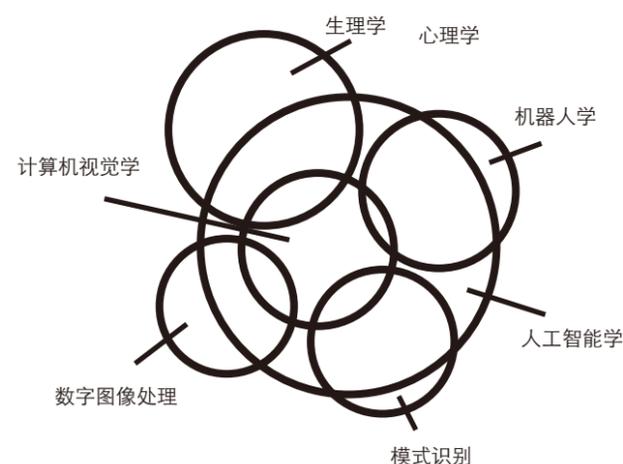


图1 计算机视觉学和其它学科之间的关系

学、天文学、气象学、医学及军事学等领域有着极大的潜在应用价值，所以它在国际上越来越受人重视。计算机视觉学是人工智能科学，数字图象处理，生命科学，模式识别及机器人学相互交错而成的一门新的学科。它和这些学科之间的关系可以用图1来表示。

运用计算机进行辅助设计在目前已普遍采用，其具有更高的精度、灵活性及表现力，与外界接轨也更方便快捷^[9]。利用计算机视觉技术，采用先进的辨色传感器，检测物料表面色，并配有标准光源。可模拟人的感官系统辨别颜色、统计色差。其分辨精度比人高几十倍，不受环境光线影响，测量结果稳定。

计算机颜色视觉理论

颜色视觉与听觉、味觉、嗅觉等一样是外界刺激使人感觉器官产生的感觉。可见光经过物体的反射和透射后进入人眼，使其产生了对此物体的光亮度和颜色的感觉信息，并将此信息传达到大脑中枢，由大脑将信息进行处理，形成颜色视觉。颜色视觉是人对于物体性质的一种感性认识，不同的人对同一颜色的视觉认知度不一致，为解决这一问题，人们试图以理性的颜色理论来解释颜色，并在各种颜色理论的基础上建立了不同的颜色模型，这些颜色模型用颜色数据值来描述颜色并构成了计算机的颜色视觉。

现代颜色视觉理论认为人眼具有种不同类型的感光细胞，它们分别对红色、绿色、蓝色具有颜色视觉，可见光作用于人眼时能引起这种感光细胞神经纤维的兴奋，但光的波长不同，引起种纤维的兴奋程度不同，人眼就产生不同的颜色感觉。当光刺激引起种纤维强烈兴奋且兴奋程度相同时，人眼就会产生白色感觉。因此人的颜色视觉形成过程是一种加色混合过程，人眼接收到的R、G、B三色色光越多，得到的颜色感觉就越明亮，反之则越暗淡。RGB因此被称为色光三原色，在此基础上构建了RGB颜色模型。图2为RGB三原色的混合效果示意图：

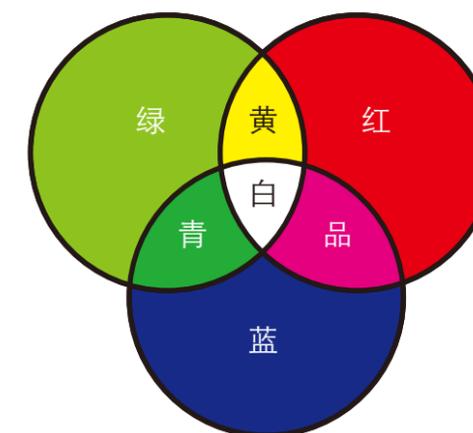


图2 RGB三原色的混合效果示意图

RGB颜色模型在计算机中是很重要的，绝大部分的可见光谱可以用RGB三色光按不同比例和强度的混合来表示。人眼在计算机显示屏幕上看到的色彩就是采用的RGB颜色模型，计算机显示屏通过3个与三原色对应的电子枪扫描荧光屏而产生千变万化的颜色。在计算机上，通常将RGB颜色模型作为缺省的颜色模型，视频动画、幻灯片、彩色图象文件缺省设置都是RGB颜色模式。

RGB三原色就是指可以等量混合出指定白场的白色的RGB三原色，以颜色空间里的三坐标值来表示。

在计算机上，采用RGB颜色模式的图象是使用“位深度”来描述色彩的精度的，“位深度”——又叫象素深度或颜色深度，用来度量在图象中有多少颜色信息来显示或打印象素。较大的位深度每象素信息的位数更多意味着数字图象中有更多的颜色和更精确的颜色表示。由于计算机采用二进制，因此X位的图象在色彩上具有2的X次方级色彩精度：1位深度的象素有两个可能的值，黑和白，8位深度的象素有个可能的值，256位深度的象素有大约1670万个可能的值。常用的位深度值范围为1到64位象素。通常对于RGB中每一个颜色分量采用8位深度，也就是说RGB三个颜色通道中的每一个通道都具有256级色彩，对于图象中的三个通道，就具有64位深度(8位×3通道)约1670万种能调和出的颜色，这已足够描述绝大部分的可见光光色。

事实表明有带黄光的红色，而无带绿光的红色，因而认为绿和红是一对对抗色；同理，黄和蓝、白和黑也分别是对抗性。这便产生了赫林(Hering)的对抗色学说。其主要观点是在视网膜上存在着响应红-绿、黄-蓝、白-黑等对抗颜色的三种光接收器，所有的颜色特性都由这些光接收器的响应量的比例来表示。

三色学说和对抗色学说曾经长期处于对立状态，然而近代色觉理论的发展，使上述两种学说有趋于统一的迹象。根据心理学实验和显微光谱—电生理学测定的结果，由锥体细胞的三色响应和其后的对抗色响应所组成的一种被称为阶段学说(stage theory)的视觉模型，逐渐得到认可和发展。阶段学说的颜色视觉模型见图3。

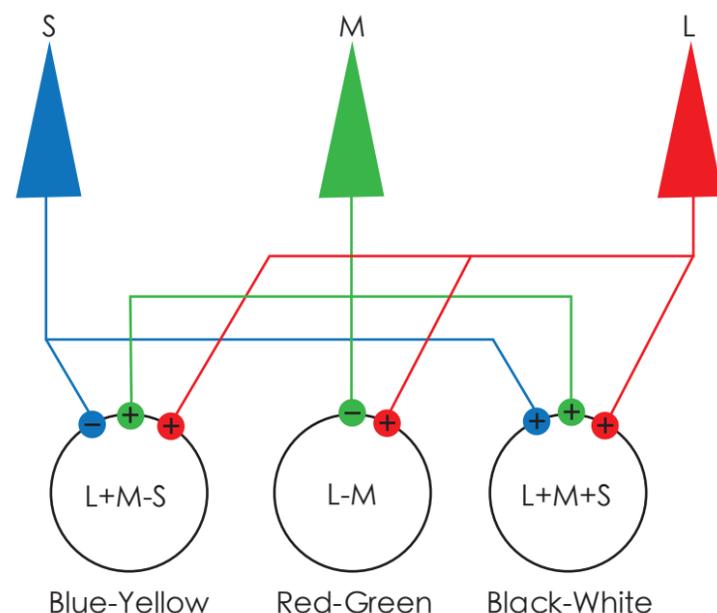


图3 阶段学说的颜色视觉模型

计算机测配色的理论研究

现代测色技术是建立在基本色度学和高等色度学的基础之上。基本色度学在1931年和1964年分别确立了 2° 和 10° “CIE标准色度观察者”，规定了CIE标准照明体D65、D75、D55、C、A等，规定了测量物体表面光谱反射率的几何光学照明条件等等，建立了CIE X、Y、Z表色系统^[6]。所有这些都是在国际照明协会CIE主持下建立起来的。长期以来，虽不断有人加以验证，但基本上未有改动，成为国际公认的标准。

1. 计算机配色理论

就配色而言，除了色度学基础以外，目前国际上绝大多数的商业配色软件均是以传统的Kubelka-Munk理论为其光学理论基础，但是实际上采用的仅仅是其简化形式^[7,8]。只有原CIBA-GEIGY公司的颜料部在其颜料配色软件CGREC中采用了完全不同的理论基础ChandrsSekhar's辐射传输方程。这是一种所谓的3光通理论(3-flux)^[9]，从理论上讲3-flux理论要比2-flux理论(Kubelka-Munk)更准确，CGREC配色软件的优良使用效果，已得到充分的证明，在世界各地，成功地使用CGREC系统的例证亦不在少数^[10]。对采用以2-flux Kubelka-Munk理论为基础的配色计算方法是否能满足工业实际应用的要求，历来存在不同看法。然而，目前的市场上的商业软件在编制过程中，均采用各种数学的或物理的方法对Kubelka-Munk理论进行了这样或那样的修正，这样在很大程度上弥补了理论上的不足，使得算得的配方准确度与基于3-flux的CGREC软件的结果并无明显的优劣。这一点通过笔者对两种Kubelka-Munk配色软件与CGREC软件的实际配色试验对比已经得到证实^[11]。另一方面，尽管Kubelka-Munk理论的假设与实际情况有差异，但由此而造成的计算配方的误差比起工业加工过程中其它因素所带来的误差还是比较小的^[12]。而如果采用更为复杂的3-flux或multi-flux理论来配色，其复杂性大大增加，势必需要功能更为强大的计算机和更为复杂的软件，这无疑会增加配色系统的软硬件成本，而只能带来有限的准确度上的改进。因而，时至今日，以2-flux Kubelka-Munk理论为基础的配色软件在这一领域的国际市场上和实际应用中仍然占主导地位。

2. 对Kubelka-Munk理论的修正

Kubelka-Munk理论有3个假设：样品界面上的折射率无变化；光线在介质内被充分地散射，以致成完全扩散状态；光线在介质内的运动方向即所谓的通道只考虑两个，一个朝上，一个朝下，并垂直于界面。由于纺织品并不完全满足Kubelka-Munk理论的假设，K/S值对浓度作图并不总成线性关系，需要根据每一种染料在不同浓度时的实际K/S值进行修正计算。这方面Saunderson等做了一些工作。也有人报道了用数学方法修正K/S值与浓度的非线性关系：如马仁汀在其学位论文中指出了用和染料浓度曲线进行分段拟合的效果^[13]；王大溪等介绍了他们在对混纺织物进行配色过程中使用分段3次样条插值的原因及好处^[14]，指出用分段样条插值可模拟混纺织物实际染色过程。

3. 计算机配色方式

计算机配色虽然经过几十年发展但算法原理变化不大。电子配色方式大致分为色号归档检索、反射光谱匹配和三刺激值匹配三种方法，而适用于数值计算的是后两种方法。

反射光谱匹配法又称无条件配色，目的是配色结果的光谱反射率与标样的反射率完全相同，实现光谱匹配。对纺织品来说，最终决定其颜色的是反射光谱，因此反射光谱匹配是最完美的配色，对任何光源、观察者都能保持颜色匹配。这种方法有Mc Ginnis等提出的近似算法。

三刺激值匹配法又称条件配色，其原理是只要三刺激值相等的两个颜色给人的颜色感觉就相同，即能达到颜色匹配。这种配色方式达到等色的前提是影响三刺激值的照明体、观察者和测色仪器都相同，否则就会引起色差。三刺激值配色方式是应用最普遍和最有实用意义的配色方法。这种配色方式最早和最基本的方法是Park和Sterns提出的，以后虽然有很多人发展了这种算法，但大同小异，其中以E. Allen的矩阵算法因其便于编制计算机程序而广为应用。

结论

运用计算机进行辅助设计在目前已普遍采用，其具有更高的精度、灵活性及表现力，与外界接轨也更方便快捷。利用计算机视觉技术，采用先进的辨色传感器，检测物料表面色，并配有标准光源。可模拟人的感官系统辨别颜色、统计色差。其分辨精度比人高几十倍，不受环境光线影响，测量结果稳定。

参考文献:

- [1] 潘新慰,孙志平.电脑测配色应用及其经济分析[J],针织工业,1995 ,41
- [2] 尹世同等.国产SRICI 测色配色系统应用技术研究[J].染整技术.1996 ,31
- [3] 王汩.关于国产电子计算机测色配色软件研制的探讨[J].纺织学报.1994 ,71
- [4] 侯承.计算机的色彩环境[J].艺术学与艺术文献,1999,1.
- [5] 染色一体化为整个染色控制提供了前景[J].International Dyer.1996 ,11
- [6] 徐海松,叶关荣.计算机自动配色预测算法研究[J].光学学报,1996 ,16 .
- [7] 徐海松. Kubelka2Munk 理论在纺织印染自动配色中的应用研究[J] .光子学报,1998 ,27.
- [8] 徐海松. 计算机测色与配色新技术[M] . 北京:中国纺织出版社,1999.
- [9] Karamant scheva. I. Smart Match of Data Color International.Textiles Horizons , 1994 ,41
- [10] E. Atherton.The Relation of the Reflectance of Dyed Fabrics to Dye Concentra- tion and the Inst rumental Approach to Colour Matching. J . S. D. S. 1995
- [11] R McDonald ,KJ Smith.A new color difference formula J SDC,1995 ,121
- [12] Hamps peter Hermann .以新的配色技术处理废染料[J],国际纺织导报,1997 ,11
- [13] 马仁汀.中国纺织大学硕士学位论文[J].1997.
- [14] 王大溪.模拟染色过程的混纺织物配色算法[J].印染,1998 ,3.

彩色图像状态及其在颜色复制中的应用

彭丽瑞
英国伦敦艺术大学传媒学院

摘要:

在颜色复制和彩色成像流程中，数字图像可在不同图像状态下被输出以优化在特定观察环境或者输出条件下的输出效果。本文以加入心理学度量的“令人满意”的彩色图像复制作为检测标准，将介绍图像状态的基本概念及创建方法，并就其在颜色复制流程中得到满意的复制品这一应用进行讨论。

关键词:

图像状态, ROMM/RIMM

导论

获得“更好的”彩色复制品是颜色复制工艺流程的目标之一，它不考虑复制品与原稿外观是否一致，以输出“令人满意”的彩色复制品为判断标准^[1]。在颜色复制流程中，原始彩色图像数据首先被处理以获得有适宜的白平衡、正确曝光以及经过镜头校正的彩色数字图像然后根据不同的输出目的进行渲染。颜色渲染在颜色成像或颜色复制流程中决定着彩色图像的外观。颜色渲染过程有两种情况，如果最终输出方式及观察环境已知则只需将图像数据转换成与设备相关的数据编码；如果最终输出方式及观察环境未定，一个以优化图像外观为目标的跨媒体或多设备的颜色转换需要将一种图像状态转换到另一种图像状态^[2]。

图像状态作为图像属性的一种分类方式，可将数字图像分为两大类：未经渲染的图像和已经渲染的图像。未经渲染的图像状态与真实或虚拟景象中的色度估值有直接关联，已经渲染的图像代表着成像设备如显示器或打印机的色度值。未经渲染的图像保留了原始的图像数据文件因而当最终输出方式决定时便可根据既定输出条件渲染出与之相匹配的图像状态，实现不同的颜色复制需求。

图像状态被国际标准组织ISO定义为“关联彩色图像编码与既有图像颜色值的一种彩色图像数据属性”，ISO同时还定义了三种标准图像状态，即景象相关，原稿相关和输出相关的图像状态^[3]。

景象相关的图像状态描述了场景中元素的色度估值，是未经渲染的图像状态，一般由数码相机所生成的原始图像数据获得，景象即“在一个指定的时间和空间里从一个指定的角度获取到的自然光线的光谱辐射”。原稿相关图像状态代表了由扫描照相胶片或印品及其它工艺生成的二维硬拷贝的色度估值。输出相关图像状态代表的是为指定的虚拟或真实的输出设备或观察环境所适度渲染后的色度估值。原稿相关及输出相关图像状态是已经渲染的图像状态，又被称为图片相关的图像状态。图像状态架构如图 1所示：

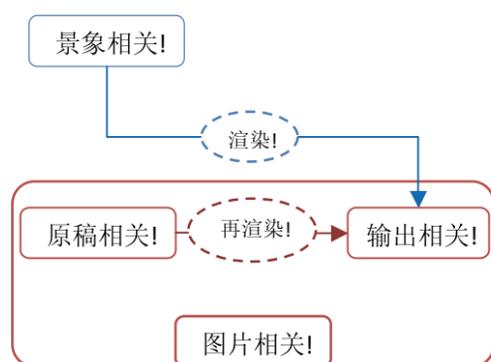


图 1 图像状态架构

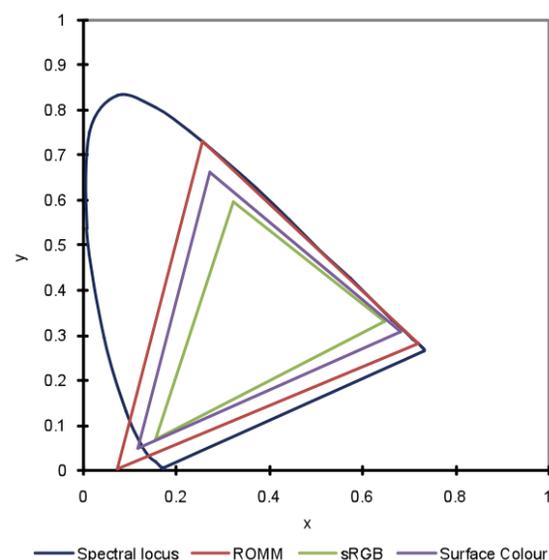


图 2 几种色彩空间的色度值坐标

这三种标准图像状态包含由不同工艺生成的与之相关的图像形式，如景象相关的图像包含由数码相机原始数据文件和由计算机生成的图像文件等；原稿相关图像包含硬拷贝及反转片扫描文件等；输出相关文件包含在显示相关图像文件和打印/印刷相关图像文件等。图像状态不明确或未定义表现在图像状态转换过程中无法明确渲染起源和目的，可能导致出现不理想的颜色复制结果。

景象相关图像文件可以被渲染成输出相关图像文件，由于输出设备的动态密度再现范围、白点定标等参数与获取该场景文件时的设备参数不一致，输入设备的动态密度再现范围在通常情况下远大于输出设备，因此会产生动态密度及颜色值等信息的损失以致转换过程不可逆。景象相关图像状态能最大限度地保留原始图像数据信息，在向其它图像状态转换或经渲染时能根据输出目的进行颜色值转换。

被嵌入景象相关图像状态的数字彩色图像在转换为输出相关或显示相关的图像状态时能根据最终输出目的进行优化。Spaulding等人提出的参考输入媒介度量 (RIMM) 特性曲线为原始彩色图像数据转换为景象图像状态提供了方法并将景象图像状态标签嵌入图像头文件中。他们同时提出了以一个名为参考输出媒介度量 (ROMM RGB) 的颜色空间作为颜色值储存、转换的操作空间^[4]。图 2比较了几个颜色空间在CIE色度图中的大小。

由上图所示，ROMM RGB包含了所有能被显示的颜色，其容积远大于作为目前标准的sRGB色彩空间，与之相近的还有PRMG, PhotoRGB等。

图像状态创建方法及实践

国际色彩联盟为图像状态的创建及转换提供了指引，并提供了RIMM和ROMM RGB特性曲线文件下载^[5]。本文以Photoshop CS3为操作平台创建了景象相关图像状态文件并比较了景象相关图像状态嵌入与否的颜色数字图像复制效果。

首先用Photoshop插件Adobe Camera Raw中打开一个原始数码相机文件，调节其白平衡、曝光和色调等参数并将sRGB作为其色彩空间，调整后的图像文件如图 3所示。然后将ISO 22028-3 RIMM RGB特性曲线嵌入进图像文件，这一操作将图像状态转换为景象相关图像状态并将此图像状态标签嵌入图像头文件中。

根据前文所述，在颜色复制过程中存在两种情况，一种是已知输出设备及观察条件，第二种是输出条件未定。如果已知输出条件，可将输出特性曲线文件嵌入原始图像文件，直接实现从景象相关图像状态到输出相关图像状态的转换。根据“令人满意”的输出要求选择可感知映射方式，如图 4所示。

假定输出设备不明确，此图像刚被转换到ROMM RGB颜色空间。采用相同的色域映射方式所得图像效果如图 5所示。如果是未进行图像状态定义直接进行分色预览，在同样的预览设定下可得到如图 6所示效果。



图 3 原始图像文件

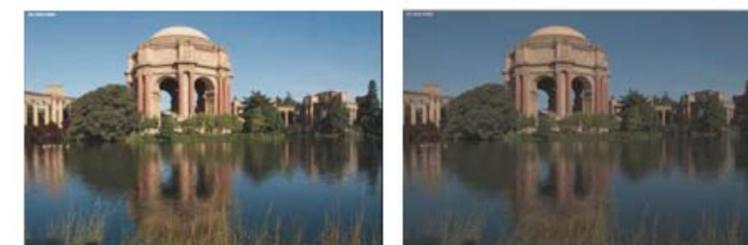


图 4 直接转换最终输出文件效果预览



图 5 景象相关图像状态文件预览



图 6 未定义图像状态文件预览

在输出条件确定后将输出特性曲线嵌入到上述两图像文件中得到最终输出的效果预览，如图 7所示。



图 7 ROMM转换最终输出文件效果预览

综上所述，图像状态能代表数字图像在颜色成像及颜色复制中的形态，使图像中的颜色信息更准确地转换成输出目标设备的颜色值。由原始图像数据文件可生成景象相关的图像状态，该状态最大限度地保留了图像的数据信息并可根据输出目的进行颜色转换。在最终输出目的不明确时，一个大容积的颜色空间可作为转换媒介空间，对原有的颜色值进行保留，直到输出目的确定后再进行颜色转换。最终输出的结果相比较，明确图像状态轮换的复制品更符合“令人满意”的复制要求。

结论

本文对图像状态及其在颜色复制中的应用进行了简单的探讨，并对将图像文件转换成景象相关图像状态图像文件与其在颜色复制流程中的得到的效果进行了比较。结果显示：景象相关到输出相关图像状态转换的数字图像复制品，比图像状态未定义的数字图像复制品更符合“令人满意”的彩色图像文件复制需求。

参考文献

- [1] Hunt R.W.G., (1995), The Colour Reproduction of Photography, Print and Television, UK: Fountain Press
- [2] Green P. J., (2010a), Color Management: Understanding and Using ICC Profiles, UK: Wiley
- [3] ISO/CD, (2004), ISO 22028-1 Photography and graphic technology -Extended colour encodings for digital image storage, manipulation and interchange -Part 1: Architecture and requirements, ISO
- [4] Spaulding K. E., Woolfe G. J., and Giorgianni E. J., (2000), Image States and Standard Color Encodings (RIMM/ROMM RGB), proceedings in the 8th IS&T/SID Color Imaging Conference
- [5] ICC, <http://color.org/scene-referred.xalter>, [下载于2010-12-22]

颜色与设计

Stephen Westland
英国利兹大学设计学院

摘要：

色彩在设计中占有不可替代的重要作用，我们在设计过程中可以通过颜色调和，流行色预测、颜色喜好和颜色语义学这几个方面进行研究，从而更加充实而有效地在设计领域里使用颜色。

关键词：

颜色调和，流行色预测、颜色喜好、颜色语义学

TASCII UNIVERSITY OF LEEDS

Colour and the Design Process

Stephen Westland
Head of School
Professor of Colour Science and Technology

December 2010

Rationale

My interests

- Computational methods – camera colour characterization, spectral recovery
- Understanding colour vision – transparency perception
- Colour vision deficiency – correcting lenses
- Applied colour imaging – using cameras to measure colour, colour imaging in dental and medical applications
- Colour design – colour harmony, colour preference, colour semiotics**

Colour Harmony

Colour harmony: two or more colours seen in neighbouring areas that produce a pleasing effect (Judd & Wysocki, 1975)

Many theories of colour harmony are more ideological than empirical

'One essential foundation of any aesthetic color theory is the color circle, because that will determine the classification of colors' Itten (1888-1967)

Contemporary Ideas about Colour Harmony

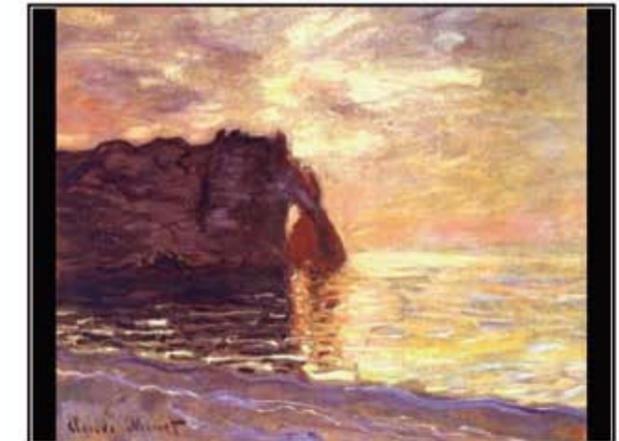
triadic complementary split complementary

tetradic monochromatic analagous



(RED) DESIGNED TO HELP ELIMINATE AIDS IN AFRICA

THE LATEST (RED) RESULTS WATCH LAZARUS EFFECT ACT BUY (RED) JOIN DONATE



GO GREEN

Colour and the Design Process

How can we use colour more efficiently and effectively in the design process?

- Colour harmony
- Colour preference
- Colour forecasting
- Colour semiotics

Design issues

Colour Harmony

(a) Pigment wheel (b) Process wheel (c) Light wheel

Based on how pigments mix and based on the artists' primaries red, yellow and blue

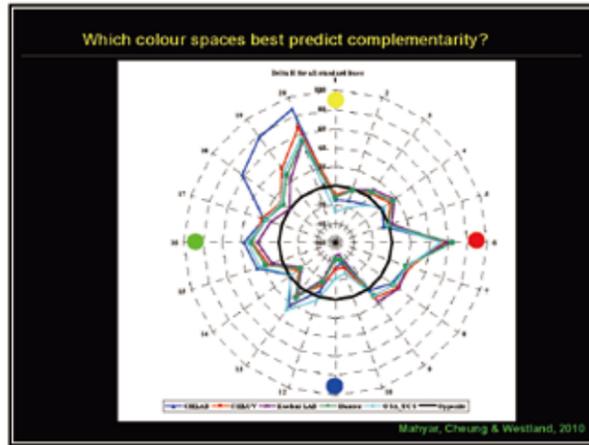
Based on how pigments mix and based on the CMYK primaries cyan, magenta and yellow

Based on how lights mix and based on the additive primaries red, green and blue

Which colour spaces best predict complementarity?

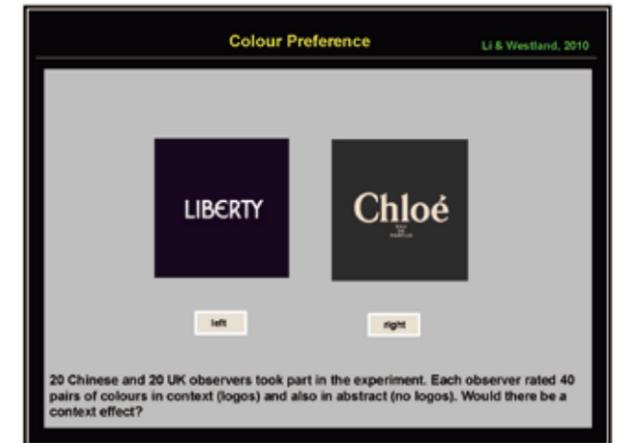
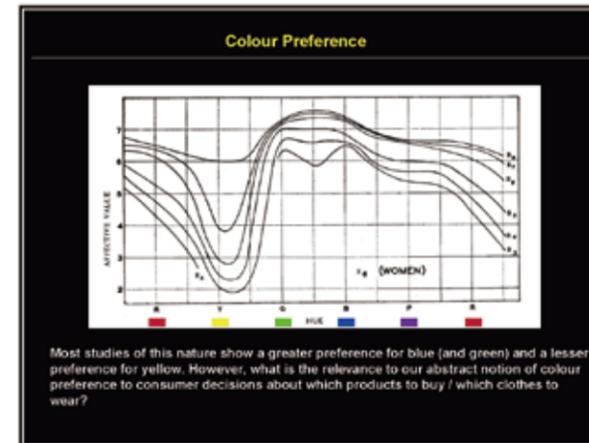
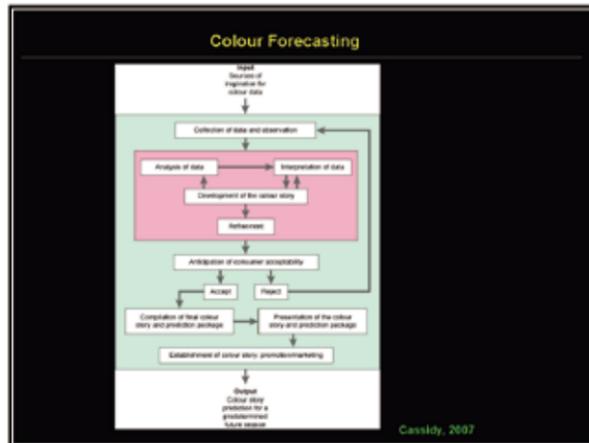
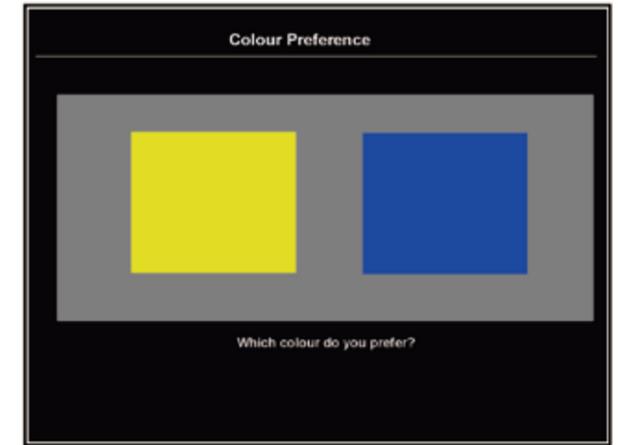
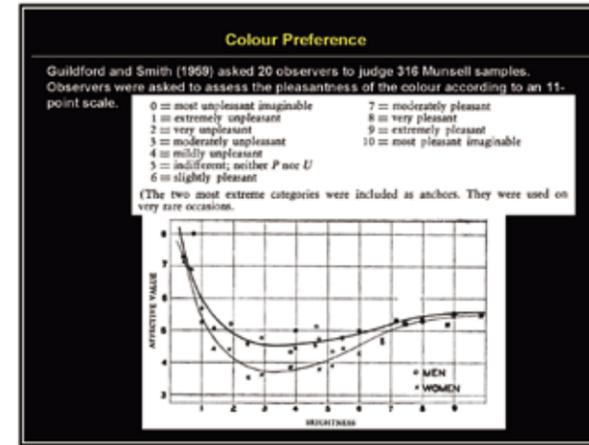
Observers were presented with a fixed colour (left) and were asked to adjust the variable colour (right) to achieve maximum hue contrast – at iso-luminance and iso-chroma. The null hypothesis is that geometrically opposite colours in some space are complementary.

Mahyar, Cheung & Westland 2010



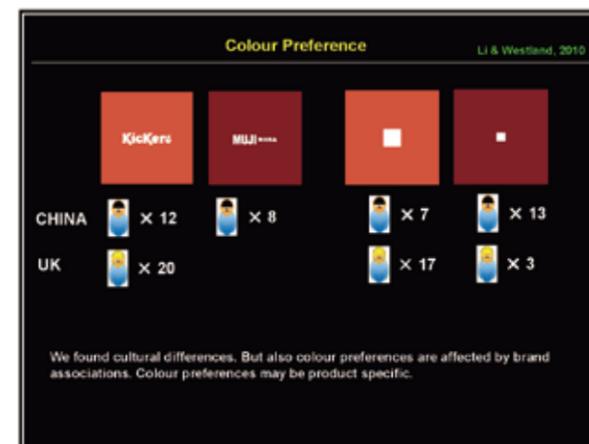
Take Home Message 1

Colour harmony is only crudely understood by science. However, many artists and designers are able to generate aesthetically pleasing colour combinations intuitively.



Take Home Message 2

Colour forecasting may be more about marketing and consumer manipulation than about prediction in the scientific sense. It is a black art.



Take Home Message 3

Most colour preference data is for colours considered in an abstract sense. It may be difficult to apply these data to any real or product-based situation. There is a need for more colour-preference studies in complex / real environments.

Colour Semiotics

Colours evoke meanings and emotions

White



Health
Weddings
Clean
Innocence

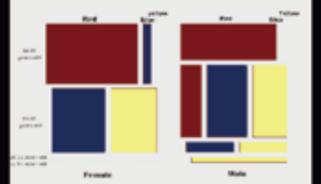
Colour Semiotics Mohammadzadeh & Westland, 2010



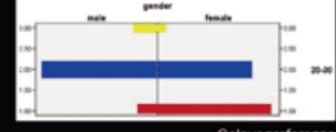
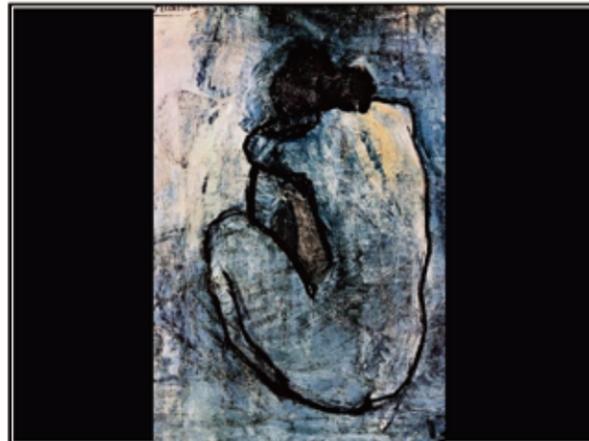
1	Light/heavy
2	Dark/lighter
3	Easy to use / hard to use
4	Formal / informal
5	Classy / basic
6	Long-lasting / fragile
7	Willpower - using less

Colour Semiotics Mohammadzadeh & Westland, 2010

Mosaic plot for "Expensive"



Colour preference for tooth brush

Colour Semiotics



Fast / stimulating Conservative / trustworthy



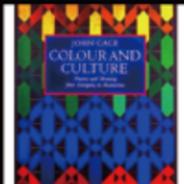
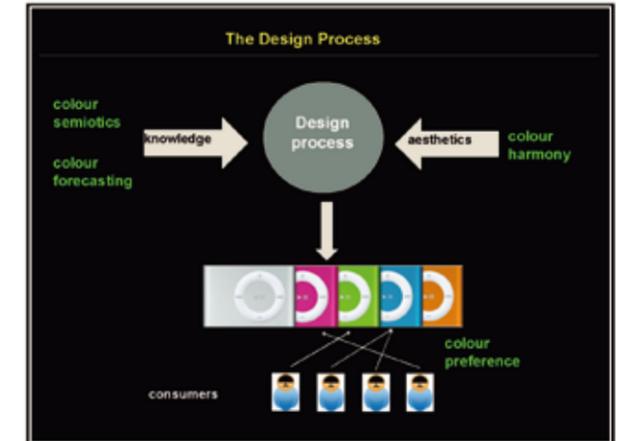
Trustworthy and energetic

These colour combinations are not just aesthetically pleasing – they also communicate.

What is the origin of colour semiotics?

Take Home Message 4

Colour semiotics are extremely powerful. However, they are certainly culture-specific, possibly gender, age, and socio-economic specific. Most textbooks provide only a very basic coverage. There is an urgent need for robust and comprehensive studies.

Colour Semiotics - origins

	danger	Innate
	expensive / royalty	Socio-economic
	feminine	Cultural

Colour Semiotics



"There has been a great diversity of opinion on the subject, but the generally accepted rule is pink for the boy and blue for the girl. The reason is that pink being a more decided and stronger colour is more suitable for the boy, while blue, which is more delicate and dainty, is prettier for the girl." Ladies' Home Journal (1918)

Take Home Message 5

Please do more work on colour semiotics!! ☺

Questions / Comments

Professor Stephen Westland
英国利兹大学设计学院院长，教授
颜色与设计

色彩在设计中占有不可替代的重要作用，我们在设计过程中可以通过颜色调和，流行色预测、颜色喜好和颜色语义学这四个方面进行研究，从而更加充实而有效地在设计领域里使用颜色。

1. 颜色调和

颜色调和是指当两种或两种以上的颜色相邻时，所产生的令人愉快的效果。但是许多颜色调和理论缺乏实践性。Itten曾讲过：色相环是所有颜色理论的根基之一，因为色相环可以决定颜色的分类。当代的颜色调和的概念是：色彩可分为三等分色，互补色，分离互补色，四阶分色和单色等。在三原色的设定中，基于色料混合法和艺术家观念的三原色是红色、黄色和蓝色。基于色料混合法和基于CMYK的三原色是青色、品红色和黄色。基于色光加色混合法的三原色是红色、绿色和蓝色。基于假设，在一些颜色空间里呈现几何位置相反的颜色存在互补性。在实验中，针对相同的明度和彩度，要求观察者调节色样，使之与固定的色样达到最大的色相差异。

结论一：尽管从科学的角度来看，颜色调和仅仅被大致理解，但是许多艺术家和设计师却能够凭借直觉，将色彩组合出美感来。

2. 流行色预测

从引发流行色的灵感资源开始，进行素材的观察和收集，进行分析、解释和描述，发展成一个流行色故事，经过提炼，预测消费者的接受程度，如果无法接受需再次进行分析，如果能够接受，则开始编写最终的流行色故事和流行色预测板，进行展示和市场推广，最终实现下一个季节的色彩预测。

结论二：流行色预测可能对于市场和消费者更起作用，而并不是真正科学意义上的预测，它属于“魔法”。

3. 颜色喜好

1959年进行的一个颜色喜好实验中，Guildford and Smith要求20位观察者判断316个孟塞尔色样，观察者根据11个级别将颜色按照喜好顺序进行排列。

许多研究表明人们更喜欢蓝色或绿色，而对黄色则不然。那么如何将我们抽象的颜色偏爱的概念与消费者决定去购买什么产品联系上呢？这个实验由20个中国人和20个英国人参与，每个观察者要将40对颜色进行排列，其中一组为颜色标志（颜色和內容），另一组为单纯的颜色（抽象概念），那么带内容的颜色（例如标志）会对颜色的喜好产生影响吗？实验结果表现出文化差异，同时品牌对颜色喜好存在影响，颜色喜好可能与特定的产品相关联。

结论三：绝大多数颜色喜好的数据都从抽象意义上来看颜色，这样可能很难把这些数据与实际的产品挂钩，这就需要在复杂和真实的环境下进行更多的颜色喜好的研究。

4. 颜色语义学

颜色可以唤起人类的情感并且由此产生特定的意义，例如白色象征着健康、婚礼、干净和纯洁，蓝色象征着忧郁，红色与黄色组合象征着快速和刺激，蓝色白色和红色意味着保守和值得信赖。这些颜色组合不仅仅带来美学意义上的美感—他们也沟通着，传达着信息。

最初的颜色语义学中，红色代表危险，社会经济的因素使得紫色代表高贵，文化的因素使得粉色代表女性。在这个主题上已经发生了很大的变化，最初粉色代表男孩，蓝色代表女孩，因为粉色是个较强的颜色更适合男孩，蓝色更精致细巧，更漂亮些所以给女孩。

结论四：颜色语义学非常重要，不仅和文化相关，也和性别、年龄和社会经济有关联。目前的研究只包含最基本的概念，急需进行广泛深入的综合研究。

由此，再来看颜色在产品的设计过程中所扮演的角色：从理论依据上，颜色语义学和流行色预测给予设计以支持，颜色的协调从美学角度帮助设计实现，最终，通过对消费者颜色喜好的充分调研，完成了产品的颜色设计。

中文译文 COLOUR AND THE DESIGN PROCESS

计算机测配色技术与纺织印染（一）

李戎
国家染整工程技术研究中心

一、计算机测配色的历史

纺织品染色需依赖配色这一环节把染料的品种、数量与产品的色深联系起来。长期以来，均由专门的配色人员担任这一工作，即先凭经验估算染色处方，打小样，目测核样，然后逐次逼近，直到同标样相比，目测色差按灰卡达四级以上为止。这一过程工作量大、费时、费料、还受配色人员的心理、生理因素变化的影响，配色重现性差^[1]。随着新染料、染料助剂不断涌现，纤维原料的变化，流行色周期的渐趋缩短，人造光源日益丰富，再加上产品的多品种、小批量，使配色问题变得非常复杂。如果继续依赖经验，无疑很难适应日益激烈的商业竞争。为此，人们希望能有仪器协助配色。随色度学、测色仪和计算机的发展，使这一愿望逐步实现。

本世纪三十年代，是电脑配色的奠基阶段。当时，CIE（国际照明协会）创建了三刺激值的表色体系，哈代制成了自动记录式反射率分光光度计，库贝尔卡—芒克（Kubelka—Munk）发表了光线在不透明介质中被吸收和散射的理论。四十年代是电脑配色的萌芽阶段。一九四三年美国氰胺公司的派克（Park）和斯坦恩（Stearns）提出他们的著名论文，指出各种染料吸收光学性能能够独立地带进这几种染料拼染的结果中去。五十年代是电脑配色的初创时期。一九五八年，在美国Sherwin—Williams安装了第一台由戴维逊和海门丁哲开发的COMIC。六十年代是电脑配色兴起时期。一九六三年两家大染料厂即美国的氰胺和英国的I.C.I相继宣布可用数学计算机代客户作配色服务，为电脑配色史的里程碑。日本住友公司经六十年代后期的努力，也推出了自己的配色系统。

二、色彩理论和计算机测配色原理

<一>色彩理论

1. 颜色的形成与属性

颜色，是通过光—眼—神经的过程而产生的。光是一种电磁波，在真空中传播速度是 $3 \times 10^8 \text{km/s}$ 。电磁波的波长范围很广，通常只有从380nm到780nm的电磁波才能引起人的视觉，这段波长叫做可见光谱。由于接近两端的光，人眼的敏感性差，通常只考虑400~700nm的范围。当照明光照射到物体表面时，除一小部分形成表面反射光以外，大部分进入物体表层内部，被物体选择性吸收，散射后反射或透射。这部分光射入人眼发生化学作用而引起生理的兴奋。当这种兴奋的刺激传递到大脑，与整体思维相融合，则形成的颜色刺激。表面反射光，因为光谱组成与入射光相同，仅形成光泽，与物体的真实颜色无关。

颜色是人的一种感觉，客观上依附物体而存在，物体本身的大小、形状、性质都会对颜色产生影响。颜色可分为彩色和消色两类。消色又称为无彩色，如黑、白、灰等。红、黄、蓝、绿等称为彩色。根据研究发现颜色有三个基本属性：

色相，又称色调，表示颜色的分类；如红、橙、黄、绿、蓝等。如上所述，光谱色的色相由波长决定，其它颜色由光谱分布决定。

明度，表示物体表面色的明亮程度。凡是物体吸收的光线越少，反射光的比率越多时，看起来比较明亮，就是明度高。在各种彩色中，黄色明度较高，蓝色明度较低。一般认为，明度越高，颜色越浅，反之越深。

彩度也就是纯度或饱和度，表示色彩本身的强弱。在某色相的颜色中，消色的成分越少，则该颜色的彩度越高，即越艳丽。

2. 混色

使不同色的光同时进入人眼，以产生新的颜色，这种方法叫混色。红、绿、蓝三束色光叠加在一起，比例适当可以混成各种颜色，这就是加法混色中的三原色。每个原色本身不能用另两个原色得到。

如果两种色光混合后得到白光，则两种色光的颜色互为补色。两种颜色混合后，所得新色的色相介于两种颜色的色相之间，更靠近比例大的那种颜色，即可以产生两种颜色之间的中间色。两种颜色差距越大，新色的纯度越低。亮度则是两色的亮度之和。

3. 加法三原色和减法三原色

上面提到的混色是光的混合，光的三原色是红（ $\lambda = 700\text{nm}$ ）、绿（ $\lambda = 546.1\text{nm}$ ）、蓝（ $\lambda = 435.8\text{nm}$ ）。但印染工业中的三原色指品红（ $\lambda > 610\text{nm}$ ）、黄（ $\lambda = 580\text{nm}$ ）和青（ $\lambda = 490\text{nm}$ ），这是因为印染中是色料的混合而不是色光的混合。染色纺织品之所以呈现出颜色，比如红色，是因为染料吸收了照明白光中的大部分蓝、黄、绿光，反射出来的主要是红光。这种混合被称为减法混色。减法三原色与加法三原色互为补色：即红与青互补，绿与品红互补，蓝与黄互补。

4. 色觉

人眼中的锥体细胞可以感觉颜色。由于任何一种颜色可以用三原色红、绿、蓝混合得到，由此联想对颜色敏感的锥体细胞可分为三类，分别对红、绿、蓝三色敏感。把几种颜色加在一起，眼睛看到的只是一种颜

色，研究发现这种综合的性质是发生在大脑中。我们会有各种颜色刺激，是因为三种锥体细胞受到不同程度的刺激而在大脑中综合的结果。三原色混色的过程可称作配色。用不同比例的三原色混合在一起，得到不同颜色时使用的比例系数就是配色系数。因色觉是由于所谓红、绿、蓝三种锥体受到不同刺激的结果，故配色系数也表示对三种锥体的刺激值。这也就是CIE(国际照明委员会)推荐使用三刺激值表示颜色属性的原因。在可见光谱范围内，不同波长的辐射引起人的不同颜色感觉，大于610nm为红色；580nm为黄色；470nm为蓝色。物体颜色决定于进入人眼的在可见光谱不同波长上的光谱反射率因数。因此为了用数值表示物体的色度值，首先需对物体的光谱反射因数进行测定，然后根据照明的光谱功率分布计算颜色的三刺激值，再由三刺激值转换为色度坐标。所以颜色的三刺激值和色度坐标是表示一个物体颜色的基本属性。

5. 标准施照态

前面简单介绍过非光源的物体之所以能够显示颜色，是对光的选择性吸收的结果。可见，对于非光源的物体色，照明光的颜色无疑会影响物体的颜色。为了明确地表示物体色，CIE规定了标准的光谱分布，叫做“标准施照态”。如果光源的光谱分布符合标准施照态，就是标准光源。CIE规定的标准施照态有A、B、C、D(包括D55、D65、D75等)和E。现在用来代表日光的主要是D65。D65是经过数学处理后形成的一种理论上的施照态。迄今为止，并未做出严格符合这种光谱分布的实际光源。即有D65标准施照态，没有D65标准光源。许多标准光源灯箱厂商宣称自己拥有D65光源，实际上是由白炽灯与滤光片组成，发出的光线只是近似D65标准施照态。日常生活中广泛使用荧光灯。常用的荧光灯光谱分布有冷白荧光（CWF），三基色荧光（TL84）等。

6. 颜色的三刺激值和色度坐标的计算

测量物体的颜色，实质上就是测量反射光的能量分布，即测物体的光谱反射率 $R(\lambda)$ 。反射率等于反射辐通量与入射辐通量之比。一个物体的反射光因入射光不同而不同，但分光反射率对一种物体表面是不变的，与入射光无关。所以知道物体的光谱反射率后，就能计算出在任何光源下物体所呈现颜色的三刺激值。但在实际测色时，一般用“比反射率”代替 $R(\lambda)$ ，即某物体的反射率与标准白板反射率之比。颜色的三刺激值由CIE推荐，计算物体色的三刺激值通常有等间隔波长法和等间隔刺激值法两种方法，但仪器测色中通常采用等间隔波长法。等间隔波长法的计算方法如（1）所示。

$$\left. \begin{aligned} X &= k \cdot \Delta\lambda \cdot \sum_{\lambda=400}^{700} \bar{x}_{\lambda} \cdot R_{\lambda} \cdot E_{\lambda} \\ Y &= k \cdot \Delta\lambda \cdot \sum_{\lambda=400}^{700} \bar{y}_{\lambda} \cdot R_{\lambda} \cdot E_{\lambda} \\ Z &= k \cdot \Delta\lambda \cdot \sum_{\lambda=400}^{700} \bar{z}_{\lambda} \cdot R_{\lambda} \cdot E_{\lambda} \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

其中：k—常数
 $\bar{x}_{\lambda}, \bar{y}_{\lambda}, \bar{z}_{\lambda}$ —标准色度观察者
 λ —波长，nm
 R_{λ} —物体分光反射率
 E_{λ} —标准光源能量分布

颜色的色品坐标由三刺激值导出：

$$\left. \begin{aligned} x &= X / (X + Y + Z) \\ y &= Y / (X + Y + Z) \\ z &= Z / (X + Y + Z) \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

因为 $x + y + z = 1$ ，所以只应用x、y就可以了。

7. 色差

测定纺织品之间的色差在生产实践中有着相当重要的意义。例如：生产有色样品，客户会提出一些颜色要求，有时会拿出一些样品作为比较依据。为了实现这一颜色要求，印染厂就需试制一些样品来满足要求，这时就会出现试制的样品与来样之间的颜色差别问题即原样色差。印染厂质量管理的重要指标是生产样品与来样之间的色差，以前由有丰富辨色经验的人员靠视觉进行。通过人眼在一定光源条件下对色而给出合格与否的评价。在纺织行业通常通过灰色样卡作为评定标准，试样与标样达到灰色样卡的约定色差，就可视为合格，否则为不合格继续打样，直至满足要求。辨色结果与人的心理状态、年龄、环境有很大的关系，带有较大的主观性。因此，用仪器代替人的眼睛来评价颜色之间的差异，用仪器测定试验前后样品的色差，从而代替人眼来判断染色样品的牢度成为急需解决的问题。国外很多色度学家在色差公式和色空间的均匀性上进行了深入的研究。目前色差公式有近五十个，应用最广泛的是CMC(1:c)和CIE色差公式，但还并不完善。以 ΔE 表示总色差，列出三个常用色差公式如下：

I. CIELAB1976色差公式：

$$\begin{aligned} L^* &= 116(Y/Y_0)^{1/3} - 16 \\ a^* &= 500[(X/X_0)^{1/3} - (Y/Y_0)^{1/3}] \\ b^* &= 200[(Y/Y_0)^{1/3} - (Z/Z_0)^{1/3}] \end{aligned} \quad (3)$$

X_0 、 Y_0 、 Z_0 为理想白色物体的三刺激值。

X/X_0 、 Y/Y_0 、 Z/Z_0 任何一个都不能小于0.008856，否则按下式计算 L^* 、 a^* 、 b^* 值：

$$\begin{aligned} L^* &= 903.3Y/Y_0 \\ a^* &= 3893.5(X/X_0 - Y/Y_0) \\ b^* &= 1557.4(Y/Y_0 - Z/Z_0) \\ \Delta E_{ab} &= [(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2]^{1/2} \end{aligned} \quad (4)$$

$$\begin{aligned} \text{亮度差: } \Delta L &= L_{sp} - L_{std} \\ \text{饱和度差: } \Delta C_s &= C_{sp} - C_{std} \\ \text{色相差: } \Delta H &= [\Delta E^2 - (\Delta L)^2 - (\Delta C_s)^2]^{1/2} \end{aligned} \quad (5)$$

II. CMC(1:c) 色差公式：

$$\Delta E_{CMC} = \{[\Delta L^*/(1 \cdot S_L)]^2 + [\Delta C^*/(C \cdot S_C)]^2 + (\Delta H^*/S_H)^2\}^{1/2}$$

$$S_L = 0.040975 L_{std}^* / (1 + 0.01765 L_{std}^*) \quad \text{当 } L_{std}^* < 16, S_L = 0.511$$

$$S_C = \frac{0.0638 C_{std}^*}{1 + 0.0131 C_{std}^*} + 0.638 \quad (6)$$

$$S_H = S_C (tf + 1 - f), \quad \text{其中 } f = \left[\frac{(C_{std}^*)^4}{(C_{std}^*)^4 + 1900} \right]^{1/2}$$

ΔL^* 、 ΔC^* 、 ΔH^* 是CIELAB色差公式计算得到的标样与样品之间的亮度差、饱和度差、色相差。L、C为调节明度与饱和度相对宽容量的两个系数。

L=C=1时，为CMC(1:1)公式；L=2,C=1,时，为CMC(2:1)公式。

8. 同色异谱和同谱同色

由式(1)可知，给出了物体的反射率，就能知道任何光源照明下物体呈现的颜色。不同光源照射下，物体呈现的颜色不同，由式(1)算出的三刺激值大小不同，人眼的感觉也不同。在实际生产中，一个试样在不同的光源下，会呈现不同的颜色，此种现象俗称“跳灯”。

有时候，会出现在某一光源，例如A光源下，来样和试样颜色基本相同，在另外一个光源下，比如TL84，颜色差异很大的现象。这是因为，来样和试样的反射光谱不是完全符合，虽然在A光源下，来样和试样的三刺激值相同，给人的颜色感觉相同；但由于两种光源能量分布不同，TL84光源下，来样和试样的三刺激值不同，人所感觉到的颜色自然也不同。这种两块样品虽然反射光谱不完全相同，但在某一光源下，特定的观察者条件下，三刺激值相同，因而达到等色的现象叫做同色异谱现象。两块样品仅仅是三刺激值相同即可认为达到了条件等色。若两块样品的反射光谱完全一样，则无论在何种光源，无论哪一个色觉正常的观察者观察，这两块样品的颜色都相同，也就是达到了无条件配色，这也就是同谱同色。

一般染色物只要求在某种或某两、三种约定光源下的条件等色，（如第一光源D65，第二光源TL84等），允许跳灯现象。但一些高档染色物越来越多地提出了无条件等色，如：高档晚礼服、汽车内饰面料、高档车船、飞机宾馆内饰面料。这不仅给颜色观察同时给染料、印染工作者提出了更高的要求。

<二>计算机测配色原理

1. 测色原理

随着科技的发展，目前测色一般采用分光光度计。其原理是测量物体的反射率。反射率是试样上的反射光和入射光的辐通量的比率。实际上物体对光的反射呈扩散性不会集中于一个方向，很难用一只安装在固定角度上的光电检测器测定全部反射光的辐通量，所以CIE用“比反射率”替代反射率。即用一束来自标准物体表面的反射光代替射向试样的入射光，而试样反射光与标准物体表面反射光的比率即为比反射率。测定这两束反射光时，仪器内的几何条件必须严格一致。

分光光度计以测量固体的表面反射光谱为主，有的兼可测量液体或透明体的吸收光谱(透过光谱)。在结构上由光源、单色器、积分球、光电检测器和数据检测处理装置组成。

2. 配色原理

Kubelka-Munk定律

照射光投射于不透明纺织品时，除少量表面反射外，大部分光线进入内部，发生吸收和散射。光的吸收主要系染料所致，不同染料选择吸收的光谱不同，导致纺织品形成各种色泽。而且，染料数量越多，吸收越强烈，反射出来的光越少。可见在染料浓度和该纺织品反射率之间存在某种关系，1931年Kubelka和Munk分析了“无限厚”的平面介质被照明光照射后，光线在介质中被所含染料颗粒吸收和散射的情况，并且对于纺织品等无限厚的介质做了简化，得到如下方程：

$$(K/S)_\lambda = \frac{(1 - R_\lambda)^2}{2R_\lambda} \quad (7)$$

其中：
 K—单元厚度对光的吸收系数
 S—单元厚度对光的散射系数
 R—反射率
 λ —波长

上染织物上的各染料微粒对光的吸收系数K和散射系数S与染料浓度皆成正比。纺织品上的染料颗粒数目相对纤维数较少，染料以分子状态分布，可认为散射作用由纺织材料所致，染料颗粒的散射可不考虑，散射均由纤维决定，与染料浓度无关。即：

$$(K/S)_\lambda = \phi_\lambda C \quad (8)$$

ϕ_λ —单位浓度染色纺织品的K/S值

K/S值的加和性

1943年11月美国氰胺公司的PARK和STERNS提出染料吸收光线的光学性能可以独立地带进几种染料的拼染结果中去，也即对任意组合的染料，对光的吸收和散射具有加和性，K/S具有加和性。由此可得出n只染料混合时的公式：

$$\left(\frac{K}{S}\right)_{m,\lambda} = \left(\frac{K}{S}\right)_{w,\lambda} + \left(\frac{K}{S}\right)_{1,\lambda} + \left(\frac{K}{S}\right)_{2,\lambda} + \dots \quad (9)$$

由(8)与(9)，可得：

$$\left(\frac{K}{S}\right)_{m,\lambda} = \left(\frac{K}{S}\right)_{w,\lambda} + \sum_{i=1}^n \phi_{i,\lambda} C_i \quad (10)$$

其中：
 m—混合；
 w—底物；
 C_i—浓度，i=1,2,……；
 ϕ_λ —染料单位浓度染色织物的K/S值

上式是颜色混合计算的基础。这样K/S值在染料浓度与反射率之间起过渡作用，而且K/S值具有加和性。对于特定的染料和织物是恒定的，使得可以根据染料浓度计算K/S值，进而计算反射率数据，得到染色纺织品的颜色值；反之根据目标色的反射率数据也可以推出颜色样品的K/S值，计算相混配各染料的浓度，使电子计算机配色在理论上具有可行性。

基本算法

电子计算机配色虽然经过几十年发展但算法原理变化不大。电子配色方式大致分色号归档检索、反射光谱匹配和三刺激值匹配三种方法，而适用于数值计算的是后两种方法。

反射光谱匹配法又称无条件配色，目的是配色结果的光谱反射率与标样的反射率完全相同，实现光谱匹配。对纺织品来说，最终决定其颜色的是反射光谱，因此反射光谱匹配是最完美的配色，对任何光源、观察者都能保持颜色匹配。这种方法有Mc Ginnis等提出的近似算法。

三刺激值匹配法又称条件配色，其原理是只要三刺激值相等的两个颜色给人的颜色感觉就相同，即能达到颜色匹配。这种配色方式达到等色的前提是影响三刺激值的照明体、观察者和测色仪器都相同，否则就会引起色差。三刺激值配色方式是应用最普遍和最有实用意义的配色方法。

这种配色方式最早和最基本的方法是Park和Sterms提出的，以后虽然有很多人发展了这种算法，但大同小异，其中以E. Allen的矩阵算法因其便于编制计算机程序而广为应用。他首先求出概略处方：

$$C_0 = (TED\phi)^{-1} TED[f^{(s)} - f^{(w)}] \quad (11)$$

其中：

$$T = \begin{bmatrix} \bar{x}_{400} & \bar{x}_{420} & \dots & \bar{x}_{700} \\ \bar{y}_{400} & \bar{y}_{420} & \dots & \bar{y}_{700} \\ \bar{z}_{400} & \bar{z}_{420} & \dots & \bar{z}_{700} \end{bmatrix}, \quad \text{CIE标准色度观察者}$$

$$E = \begin{bmatrix} E_{400} & 0 & \dots & 0 \\ 0 & E_{420} & \dots & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & 0 & \dots & E_{700} \end{bmatrix}, \quad \text{CIE标准光源的能量分布}$$

D——标样各波长下微分[dR/d(K/S)]置于对角线上，其余数据为0的方阵

$$\phi = \begin{bmatrix} \phi_{a,400} & \phi_{b,400} & \phi_{c,400} \\ \phi_{a,420} & \phi_{b,420} & \phi_{c,420} \\ \dots & \dots & \dots \\ \phi_{a,700} & \phi_{b,700} & \phi_{c,700} \end{bmatrix}, \quad \phi_{a,\lambda} = \frac{\partial (K/S)_\lambda}{\partial C_a}, \quad \text{单位浓度的K/S值}$$

f——K/S值的矩阵，上标s表示标样，w表示底物，即未染色的坯布

在配色计算中只进行概略处方计算往往只能得到近似的结果，达不到准确配色要求，需要进行进一步的逼近运算。E. Allen用渐进法进一步求更精确的解，从而得出浓度的修正量。

$$\Delta C = (TED\phi)^{-1} \cdot \Delta t$$

其中 Δt 为三刺激值之差

求得修正后的染料浓度，用与概略处方计算相同的方法求预测处方的三刺激值，比较与标样的色差，如果仍不满足要求继续迭代运算，直至达到最小色差为止。

1. 第二十七届CIE会议将于2011年7月10-15日在南非举行



国际照明委员会CIE (Commission International De Eclairage) 第二十七届会议将于2011年7月10-15日在南非的太阳城举行。本届会议的主题为：推进理论研究、提供标准——改善照明环境。

CIE致力于全世界范围内有关于光线和视觉照明、颜色和影像、光生物学和图像技术等的相关科学与艺术的合作及信息交流。CIE有着雄厚的技术，科学和文化基础，它是一个独立的，非盈利性组织，为会员国提供志愿服务。自1913年成立以来，CIE已经成长成为一个专业组织，它被认为是相关领域最具权威的机构，同时也是取得了ISO认证的国际标准化机构。

CIE每四年在其成员国之一举行一期会议。这个四年一度的会议，除了董事会会议以外，还包括大会会议，技术部门会议，同时还有东道主国家全国委员会举办的世界会议。

南非照明行业曾由三个协会所代表，2002年期间，这三个协会的一些成员组成了一个委员会，对三个协会联合的可行性进行调查。这个新概念很快得到了照明行业的热烈反响，该调查委员会多次收到协会联合的建议。因此，南非照明工业协会IESSA (Illumination Engineering Society of South Africa)于2004年1月正式成立。

IESSA支持国际公认的照明措施的实际执行，使人们直接或间接地收益。IESSA的另一个目标就是作为其成员国际水平的代表，确保最新的流行趋势和研究新成果及时地在其成员间交流。

2. 柯尼卡美能达将推出能正确评价含荧光增白剂纸张的分光密度计

柯尼卡美能达 (Konica Minolta Sensing) 针对印刷行业，将于2011年1月推出世界首款能正确评价含荧光增白剂纸张的分光密度计。这两款轻便的手持式仪器采用了 VFS (虚拟荧光标准) 技术，使印刷行业标准D50光源下包含荧光的色彩评价变为可能，可以在测量和分析色彩的过程中考虑到荧光增白剂的影响。

进行白色校正是分光密度计日常工作的一部分，它可以校正光谱反射系数。全新分光密度计带有行业首创的“自动波长补偿”功能，可以在进行白色校正时，自动校正波长方向。这样，之前只能在制造商维护时进行的波长补偿就成为日常工作的一部分，大大提高了测量值的可靠度。除了单点测量密度值和色度值外，还可将仪器与电脑连接，进行手动扫描测量。此款分光密度计还可以测量评估样本时的环境照明，并显示该光源下样本的色度值，这为各种照明条件下对印刷品的数值评估提供了十足的灵活性。



3. 可拆卸可旋转的模块化插座—Rotating 360°

最近，由1997-2008艺术与出版联盟介绍了设计师们打造的乐高模块化插座 (Rotating 360°)，这是一种可以自由增减插头个数的插座，每个插座模块都可以以360度旋转，大大小小的插头将各自有足够的空间，插座颜色可以随意选择搭配，使用方便，而炫目的颜色更使其个性凸显。

(copyright © 1997-2008 Art & Design Publishing United)



4. 诠释颜色理论的Lichtscheibe

由瑞士Tät Tat公司设计的Lichtscheibe是对颜色理论的一个直观的诠释，只需旋转红色，蓝色和黄色三原色的圆盘，颜色即可互相结合，呈现出二次色 (橙色，紫色和绿色)，甚至还能有更多的微妙色调出现。人们还可以使用吸盘将圆盘固定在窗口，这样就能够捕捉到来自外部的光线，在旋转中理解混色颜色理论。



Production: Heimstätten Wil, Switzerland
© by: Heimstätten Wil and tät-tat 2007
Design: Brigitta and Benedikt Martig-Imhof

5. 药物的颜色影响疗效 (Evad著)

根据最新研究，药片或药丸的颜色、形状、口味甚至名称，都会影响患者对药物的感受。选择一个恰当的药物组合，这种安慰剂效应将增大药物的威力，改善疗效，甚至减少副作用。现在，印度新孟买，孟买大学的研究人员，已经对非处方药物 (OTC-- over-the-counter) 的用户进行了调查，目的是要了解药片的颜色将在多大程度上影响患者的选择。

R.K. Srivastava和他的同事，在国际生物技术杂志上做的报道称，红色和粉色的药片比其他颜色的更受青睐。他们对600人进行了调查，四分之三的人对药片的颜色和形状都有固定遵循的选择标准，就像记忆标签一样。奇怪的是，他们同时发现，不论药片的实际成分是什么，有14%的人认为粉色药片比红色的更甜，而黄色的则要咸一些；11%的人认为白色或蓝色药片更苦；10%的人认为橘色药片是酸的。

患者可能会相信他们的医生或者药剂师，但这并不意味着他们会接受极其苦涩的药品。调查组称，“患者每一次自行吃药，都代表积累了一次感官体验，不管他是吞咽药片/胶囊、咀嚼药片，喝液体药物，还是应用霜剂/软膏。而这些过程的感受都会强烈影响患者对该药物治疗成效的看法。”所以研究人员认为，非常有可能通过药物带来的感官因素，共同给患者创造一种积极的感受，作为一种医疗特性的补充作用。然而他们也指出，目前这方面的药剂配方还没有多少人关注，这是很令人惊讶的。

此项研究成果给非处方药品 (OTC) 的市场营销提供了一些暗示，比如对于不同年龄、不同性别群体应该采取什么样的营销手段。不过，鉴于是否遵医嘱强烈取决于患者对该药的感知，所以药物颜色的研究对于改善药物效果的作用，也是具有重要意义的。如果病人认为药片苦、酸或仅仅不喜欢其颜色而拒绝服药的话，那么对药物进行一些颜色外观方面的变化将是非常必要的。



图片提供 Higlu



1. 请问什么是Hering对立色彩学说?

答：德国的著名科学家Hering（赫林）于1892年提出了对立色彩学说 (Opponent-Color Theory)，也称四色学说。Hering（赫林）认为在所有颜色当中，红色、黄色、绿色和蓝色是很特殊的。他发现尽管根据RGB颜色理论，黄色是红色光和绿色光的混合，人们可以观察到黄绿色和橙色，但是却从未有人看到过红绿色（含绿色的红色）或绿红色（含红色的绿色）。

Hering（赫林）还观察到许多色彩现象总是成对发生的，例如绿刺激可以抵消红刺激，黄刺激也可以抵消蓝刺激的作用，即等量的红光和绿光混合，能产生白色或灰色的中性明度感觉，而且，红和绿以及黄和蓝相混合是得不到其他颜色的。于是，赫林提出人的视觉系统是建立在对立色彩体系上的，在视觉系统里存在着三个对立关系，红—绿，黄—蓝和白—黑(red versus green, blue versus yellow, and black versus white)，在光刺激下各对视素相互作用，从而引起神经活动，最终产生各种色彩感觉。

Hering（赫林）的对立色彩学说可以解释补色残像和色盲等现象。补色残像现象是指当人一直看着某一个颜色，一段时间后移开视线，再去看别的地方，这时就会看到刚才看着的那个颜色的补色。色盲现象通常是红—绿色盲或者是黄—蓝色盲，可以解释为是因为人眼的某一对（红—绿或黄—蓝）或两对的对立色关系无法进行所造成，而两对的对立色关系过程无法起作用时，则产生全色盲现象。但是Hering学说无法对红、绿、蓝三原色能够产生所有光谱色彩的现象做出满意的解释。

Hering的对立色学说在近年来的色度学理论中是相当重要的基础理论，和三原色理论一起成为阶段视觉色彩学说的重要组成部分。

2. 请问红酒的颜色能进行较准确的测量吗?

答：红酒一般情况下属于半透明液体，在特定的环境和测量条件下可以进行测量。在测量仪器中有一种非接触式测色仪器DigiEye数慧眼，就可以在标定的深度条件下测量红酒的颜色，并可以此作为质量检验的重要依据之一。



征稿启事

《色无界》由清华大学艺术与科学研究中心色彩研究所主办，是一本颜色领域的综合性的内部期刊。《色无界》跨越科学与艺术两大领域，架构颜色产业界技术互动平台，在国内首次实现颜色科学、艺术创意与产业应用的有机结合。

《色无界》关注颜色科学界的最新研究成果，关注艺术界色彩创意设计最新动向，关注颜色产业链的有机衔接与高效运行。报道由多学科交融形成的颜色新概念，新技术，新动态，促进颜色产业在技术创新，标准体系，环境保护等方面的观念与技术进步，促进与国内外学术交流，促进实现科技向生产力的转化。

《色无界》现设有学术新知，技术应用，跨界视点，经验分享，互动空间及新闻聚焦等栏目。内容涉及颜色科学界的研究成果，理论探索，方法展示，新技术，新设备；涉及颜色应用整体解决方案，产业界的科研合作项目介绍；涉及艺术设计中的色彩研究，色彩与市场营销，艺术品的数字化典藏等内容。

《色无界》现向各界征稿，稿件要求如下：

1. 紧跟国内外颜色领域的发展态势，推介研究成果，先进技术，设备，标准等；
2. 内容要求论点明确，论据可靠，内容具体实用，数据准确，文字精炼易懂；
3. 综述性文章一般不超过6000字，其他文章不超过3000字；
4. 文稿包括，题目，作者姓名，摘要，作者单位，正文，参考文献；
5. 图表清晰，注明图序，图题等，图像以jpg格式发送；
6. 请在稿件中注明第一作者或通讯作者的联系信息；
7. 请作者自留底稿。

来稿请寄 E-mail: c.fu@tascii.org 或 info@tascii.org



清华大学
艺术与科学研究中心
色彩研究所贺



