

色度学测量技术



色度学测量 技术

在色度应用中，客观地测量色彩。因此，应通过所用色彩测量系统尽可能精确地模拟人眼色觉。

在此，“色彩”始终是指色彩规范，即眼睛因受色彩刺激而产生的感觉。测量目标不是色彩刺激（物理光谱），而是色彩规范（产生作用）。

测量仪器

两种仪器用于色彩测量：分光光度计和三色刺激值色度计。它们使用不同的设备和方法，产生不同类型的数字色彩描述。

三色刺激值色度计

色度计使用滤光片记录整个可见光谱的 3 个波长范围内反射光量。它包括通常对应于 1931 CIE 2° 色彩匹配函数 x、y 和 z 的红、绿和蓝滤光片。这些滤光片用于模拟眼内辨认器官。滤光片代表的配色取决于使用的物理光。因此，色度计只能为一种光（测量光）和一种观察条件（由仪器索引滤光片模拟）产生三色刺激值。

三色刺激值色度计具有测量时间很短、操作简单和相对便宜的优点。三色刺激值色度计主要用于质量控制，色差评估和色容差检查可靠性强。但三色刺激值色度计无法检测同色异谱，不可用于计算色彩公式。



分光光度计

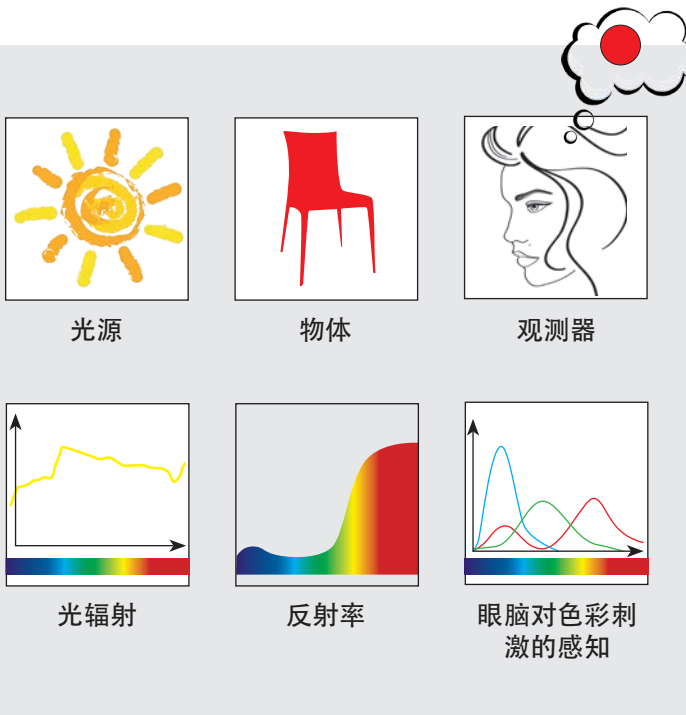
分光光度计分析可见光谱内每段波长样本反射或透射光，并与参考样本进行比较。它们装有将入射光分成各段波长的设备（通常为衍射元件）。分光光度计测量光谱内每段波长物体反射/透射光部分。此数据代表样本的光度特性。所得数据称为光谱数据。

光谱数据是代表色彩特征的独立、相对物体测量。对于物体而言，此数据保持不变，并可通过多种不同方式加以使用。

- 单独物体测量可用于计算多种光照/观察条件下色彩三色刺激值。
- 由于可为多种光照/观察条件预测三色刺激值，所以它可用于确定样本互相之间是否同色异谱。
- 数据可用于评估样本之间色差，以及为商业配色应用计算色彩配方。

分光光度计操作简单快速。由于技术发展，此类仪器重量越来越轻，使其方便携带。此外，在价格竞争力方面，工业分光光度计与传统低价位三色刺激值色度计也是不相上下。

要以数字描述色彩，需要三大组成部分：光、物体（样本）和观察者（眼脑）。



三要素 = 光源、观察者和物体

色彩测量仪器也有相同的三要素。物体保持不变。通过灯加滤光片（可能有）实现光源。眼睛和观察者由带有单色光镜和连接的辐射检测器的分光系统或设备进行模拟。通过样本座或样本架精确放置问题。测量几何指定如何从测量仪器照射和“观察”样本。在人类观察者体内，大脑将色彩刺激转换为色觉。在使用测量仪器时，由具有信号处理功能的电子设备或

电脑（微机）完成色度计算任务。



光源

光源位于仪器内。现代色彩测量仪器通常使用 3 种光源之一，即卤素灯、氙气灯或 LED 灯。它们装有用于模拟日光谱功率输出的滤光片。

感光器

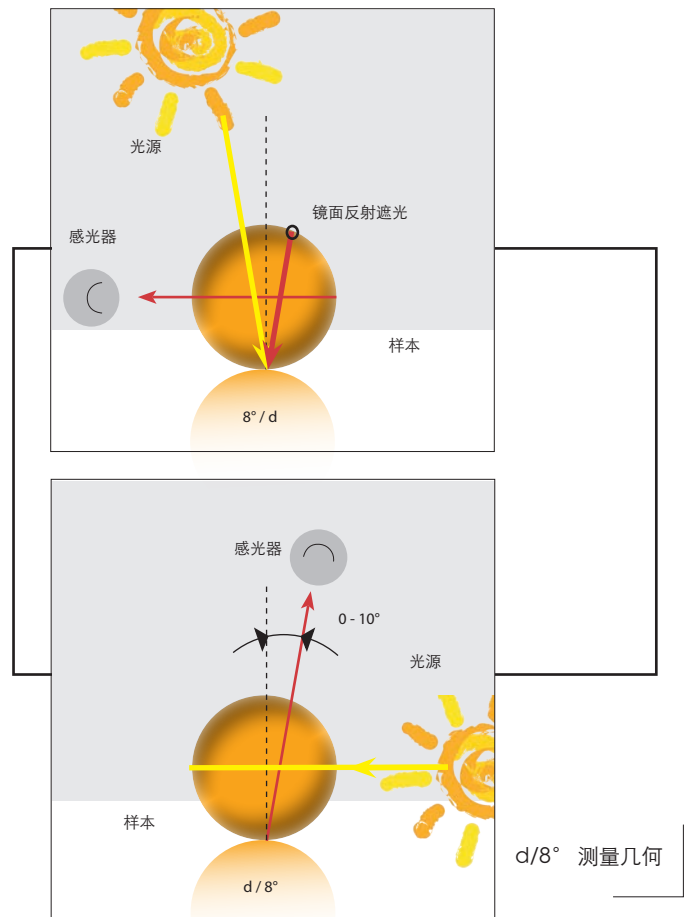
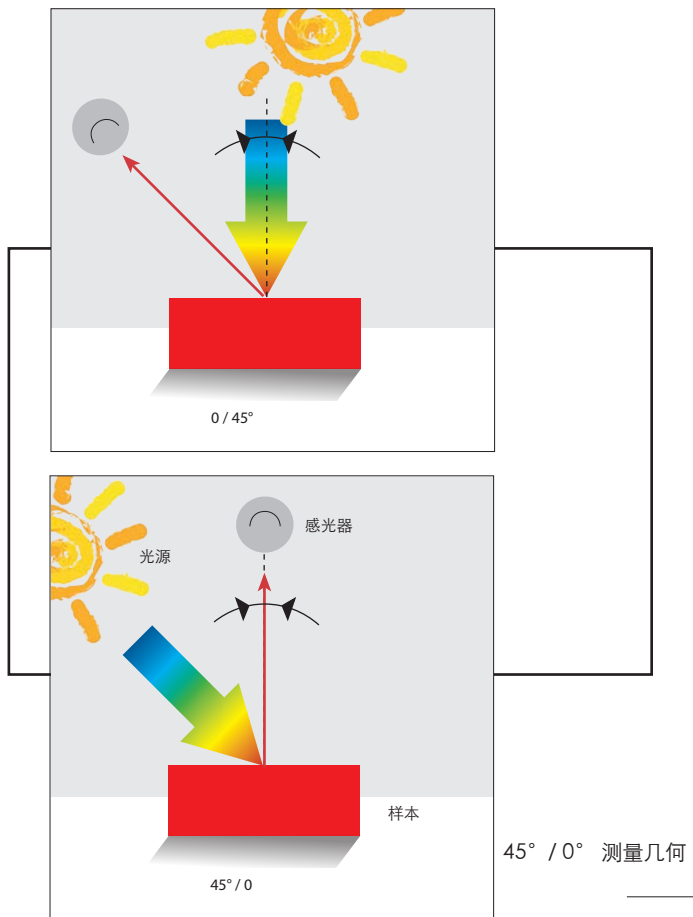
由光检测器模拟观察者。色彩测量仪器的“眼睛”视仪器类型而定。感光器配置取决于使用色度计还是分光光度计。物体（测量几何）

感知到的物体色彩取决于使用的光照和观察条件。根据物体光照或观察角度的不同，同一物体可能产生不同的色觉体验。色彩测量仪器配置为模拟固定、具体的样本光照和观察角度。测量几何定义仪器模拟的光照和观察角度。

测量几何使用两个角度确定条件，例如 $d/8^\circ$ 。第一个角度确定光照角度，第二个角度定义观察角度。

在分光光度计中通常使用三种测量几何：

- 球体几何 ($d/8^\circ$)。在球体内采集物体反射/透射光。在此仪器中，物体被漫反射光 (d) 照亮。此光发自球体多处不同位置。检测器位置与物体法线成 8° 角。有些仪器采用与此相反的配置，即 $8^\circ/d$ 。这种配置下，光源处于 8° 角位置，围绕球体放置多个检测器。
- 角度几何。光源和检测器固定在与物体成特定角度的位置。光照和观察目标成固定角度。最常用的几何是 $0^\circ/45^\circ$ 或 $45^\circ/0^\circ$ 仪器。
- 使用这种几何的测量仪器模拟人类自然观察条件。在样本之间存在光泽度差异时，这种配置很有用。它将光泽度分量排除在外，通常产生与视觉评估更加一致的仪器评估。这种几何常用于检查并非使用相同工艺或材料制成的两种产品之间色差。
- 多角度几何。有一种分光光度计从可变角度观测样本。光照角度固定，但在多个角度放置检测器。在用于评估金属和珠光染色剂等效应颜料的过程中，这种测量几何正在占据一席之地。



使用何种测量几何由应用领域确定。

角度几何测量仪器 ($45^\circ / 0^\circ$) 使用成 45° 角的样本光照目标, 从 0° 单向测量样本反射光 (或相反地使用 $0^\circ / 45^\circ$) 。

采用这种测量几何的测量系统在与人类自然观察条件类似的条件下观察样本。这意味着, 角度几何测量 ($45^\circ / 0^\circ$ 或 $0^\circ / 45^\circ$) 始终将光泽度排除在外, 进而产生与眼睛视觉印象更接近的效果。这种几何主要用于成品色彩控制。

如果在测量物体时镜面反射分量包括在内, 无论角度如何, 都包括所有反射光。只有表面存在差异的一对样本会产生相等的 SCI 测量。

与粗糙表面相比, 光滑表面以镜面反射角对光反射更强。与将镜面反射分量排除在粗糙表面之外相比, 将镜面反射分量排除在光滑样本测量之外就会排除更多光。由于排除在外的光量不同, 所以样本测量也不相同。然而, 表面还可对光进行正反射或漫反射, 所以将镜面反射排除在外并不将所有表面反射都排除在外。

$d/8^\circ$ 几何几乎专用于需要色彩公式计算的应用。大多数 $d/8^\circ$ 几何仪器还可测量透明或半透明样本的透射行为。

球体几何测量仪器 ($d/8^\circ$) 以漫反射形式照亮样本, 与样本垂直位置成 8° 角单向测量样本反射光。

在使用球体仪器时, 镜面反射分量既可包括在测量之内, 也可排除在测量之外。顾名思义, 镜面就是“像镜子一样”。镜面反射遵循定律, 即反射角等于入射角。所选测量条件取决于您对样本表面差异的目标要求。镜面反射分量包括在内 (SCI) 的光照条件使表面差异模糊不清。镜面反射分量排除在外 (SCE) 的光照条件使表面差异清晰明显。



样本制备 和送检

综述

色彩测量仪器是提供高精度可重复结果的科学仪器。在使用此类仪器时，必须确保样本制备正确并处于原始状态。如果无法控制样本制备和送检程序，就不会实现使用仪器的色彩系统优势。

样本制备

样本制备必须一致。通过仪器评估色彩样本的假设条件是，除色彩外，要评估的样本其他各方面完全相同。必须使用标准程序和设备制备样本。需要确定流程中的所有变量并竭尽全力控制每个变量。幸运的是，可使用色彩测量仪器评估流程一致性。第一步是定义系统的可重复性和可再现性极限。

可重复性是指，在使用相同原料、相同设备和相同人员时达到的样本一致性。开展可重复性研究非常简单。只需使用相同的原料、设备和人员多次制备同一样本即可。然后测量并比较为研究制备的样本。根据这些样本计算出的最大色差代表可对流程预期的最佳性能。如果可重复性不尽如人意，必须分析样本制备程序中的每一步。例如，可能需要提高所用批量，每批过后清洁设备以及定期校准所用机器等。

还必须确定流程可再现性。这是指，在更换样本处理元素时达到的样本一致性。习惯做法是更换各批原料、处理设备或人员。在可再现性研究中，使用同一公式制备一系列样本。为每个样本制备一个替代样本，然后评估两个样本之间色差。也可替代不同的原料、不同的设备或不同的技术人员。由于体现日常工作条件，所以这是实践评估。与可重复性研究相同，也可能需要更改程序来提高各批色彩一致性。在此评估的两个阶段，均可使用色彩测量仪器评估所做任何更改如何提高流程效率。

样本送检

样本必须均匀送至仪器检验，以确保质量和一致性。理想情况下，样本应该平坦并有均匀的色彩和纹理。务必仔细检查将由仪器观测的样本区域。变异来源可包括：

- 样本表面杂质：表面必须不受任何污染。样本必须洁净，没有任何灰尘、油脂或薄膜。指纹印记通常使测量失准，特别是在处理有光泽的样本时。
- 温度和湿度：仪器应置于有气候控制的室内。温度和湿度通常影响测量质量。有些颜料和染料（特别是黄色、橙色和红色）具有热变色性。随着表面温度变化，此类样本变色。在测量此类样本时，温度必须一致。湿度也影响测量结果，特别是对纺织样。



- 压力、厚度、应变和机械因素等：精确送样对测量粉末（例如碳酸钙和滑石粉等）特别重要。对于在压缩此类材料时产生的颜色，水分和压力具有重大影响。

以下建议有助于更加严密地控制样本制备和送检变量：

- 采用既可重复，又可再现的样本制备方法。
- 制定仪器送样程序。
- 选择具有代表性的样本。拒绝使用视觉外观异常的样本。
- 在处理非均匀表面时，可进行多次扫描，得出平均测量。大多数色彩测量仪器均可轻松配置为多次测量单个样本。
- 为样本制备和样本送检记录质量保证程序。供应链各方均应采纳并参照此类程序。

结语

基于机器的色彩评估系统广泛用于设计、制造和检验产品色彩。此类系统遵循色度学基本原理。但由于色觉是一种身心体验，所以此类系统有一些实践局限性。就构成色觉的所有数据处理和解释而言，眼脑结合远远胜过任何基于计算机的系统。色彩学家需要了解科学的细微差别，以及仪器/机器的应用限制，才能评估色彩可接受性。

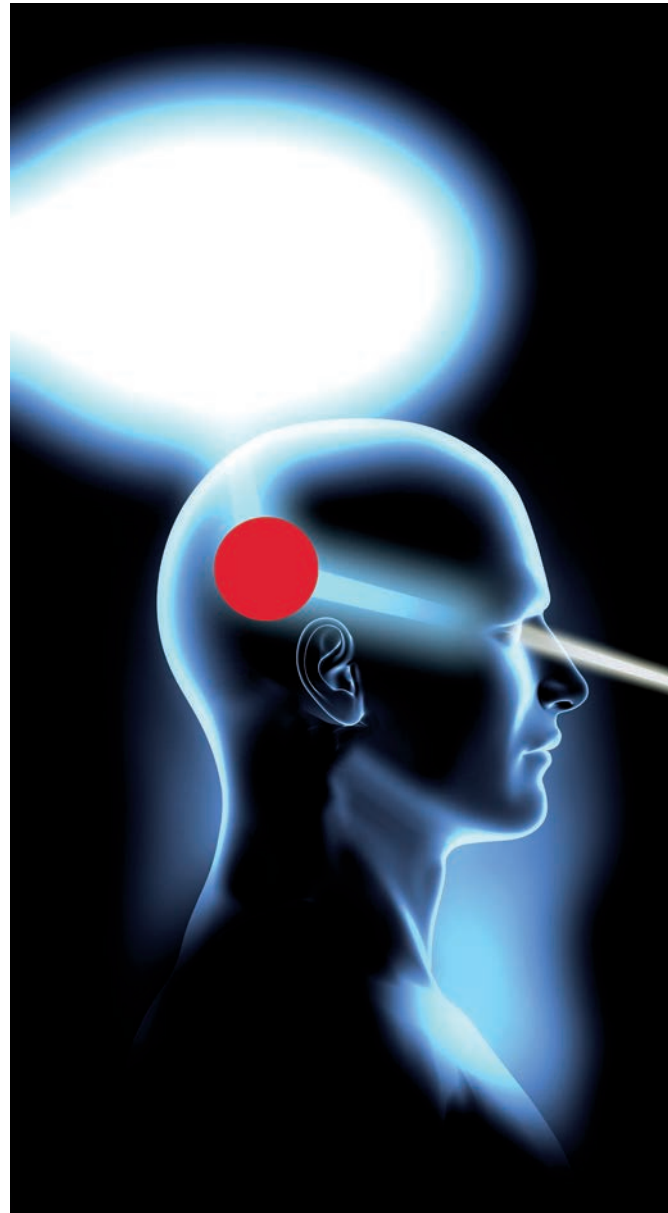
仪器色彩控制系统成功运行，需要紧密控制用于制备和评估样本的流程。直到实现工具、处理和测量方法标准化，才能取得圆满成功

- 工具：精心选择要使用的硬件（仪器/计算机系统）、色彩空间和色容差系统。可能需要针对不同的产品和/或不同的客户做出不同的选择。
- 处理：必须确定样本量、混合、处理和固化方法以及设备维护。流程必须可再现
- 测量：样本表面必须均匀且不含任何污染物

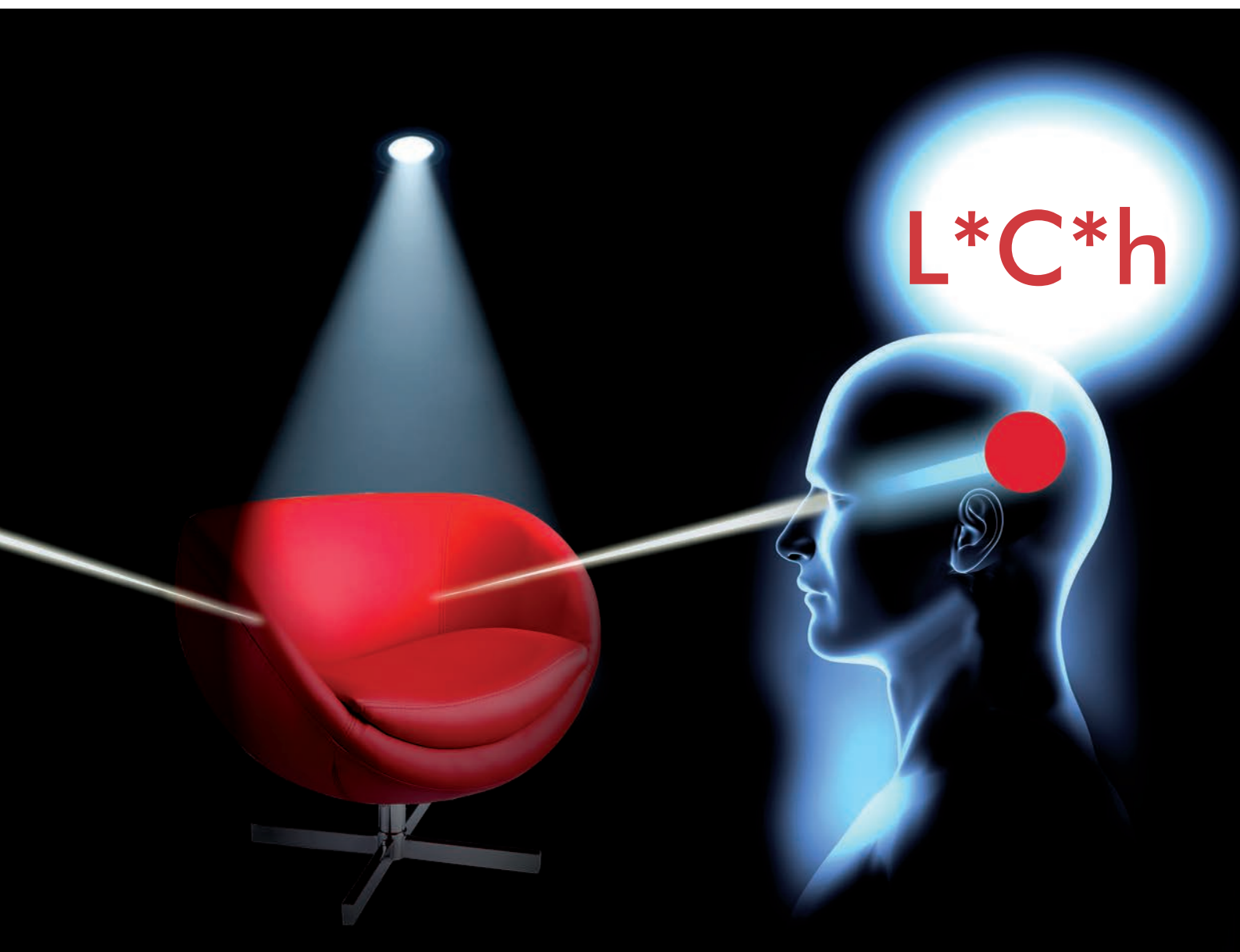
确立这些标准后，必须一致使用。

最后，还必须了解此项技术的局限性。机器可以测量和计算，但与眼脑结合评估色彩相距甚远。在定量评估有色样本时，牢记以下指导原则：

- 始终注意观察样本。
- 如果数字与视觉评估不符，不要完全拘泥于 DE，尝试在其他方面找到答案。仔细研究数字评估的组成部分，可能发现造成不符的原因。
- 在数字评估与视觉评估不符时，以视觉评估为准。最终用户并不根据一组数字接受/拒绝有色产品。在最终分析中，他们根据样品决定是否可以接受。



虽然色度学已将色彩规范、产生和评估从艺术转变为科学，但最成功的色彩学家也不断努力加深了解科学的细微差别和应用限制。我们希望本文为色度学基本工具提供有用的介绍，并为此项技术在有色产品评估领域内的应用提供更多见解。



色彩 测量意味着沟通

虽然色度学已将色彩规范、产生和评估从艺术转变为科学，但最成功的色彩学家也不断努力加深了解科学的细微差别和应用限制。我们希望本文为色度学基本工具提供有用的介绍，并为此项技术在有色产品评估领域内的应用提供更多见解。

List of references

- Farbe sehen, Corinna Watschke, 01.2009 [www.planet-wissen.de],
- Farbmanagement in der Digitalfotografie (ISBN 3-8266-1645-6), 2006, Redline GmbH, Heidelberg
- Beschreibung und Ordnung von Farben, Farbmeterik, Farbmodelle, DMA Digital Media for Artists – Archiv 2006-2011, Kunstuniversität Linz, Gerhard Funk
- Messen – Kontrollieren – Rezeptieren, Dr. Ludwig Gall [www.farbmeterik-gall.de]
- Farbabstandsformeln, 2012, Fogra Forschungsgesellschaft Druck e.V. [www.fogra.org]
- Wikipedia, various articles about color and color measurement [<http://de.wikipedia.org/wiki/Farbe>]
- Various representations of color models and color spaces [http://www.chemie-schule.de/chemieWiki_120]
- Praktische Farbmessung, Anni Berger-Schunn, 2. überarbeitete Auflage, 1994, Muster-Schmidt Verlag, Göttingen – Zürich
- Farbabstandsformeln in der Praxis, SIP 01.2011
- Schläpfer, K.: Farbmeterik in der grafischen Industrie, 3. Aufl. St. Gallen; UGRA 2002 (Tabelle S. 48)

Publication data

发布者:

Datacolor, Inc. 5 Princess Road, Lawrenceville, NJ 08648, USA

电话: 1-800-982-6497 | 传真: 609-895-7472 | marketing@datacolor.com | www.datacolor.com

正文:

Gabriele Hiller, Hiller Direct Marketing, Stühren 41, 27211 Bassum, Germany

www.hiller-direct-marketing.de

2019年8月

© 版权 Datacolor。保留所有权利。

欧洲

Datacolor AG Europe
6343 Rotkreuz
电话: +41 44.835.3800

美国

Datacolor 总部
Lawrenceville, NJ
电话: +1 609.924.2189

亚洲

Datacolor Asia Pacific Limited
Hong Kong
电话: +852 24208283