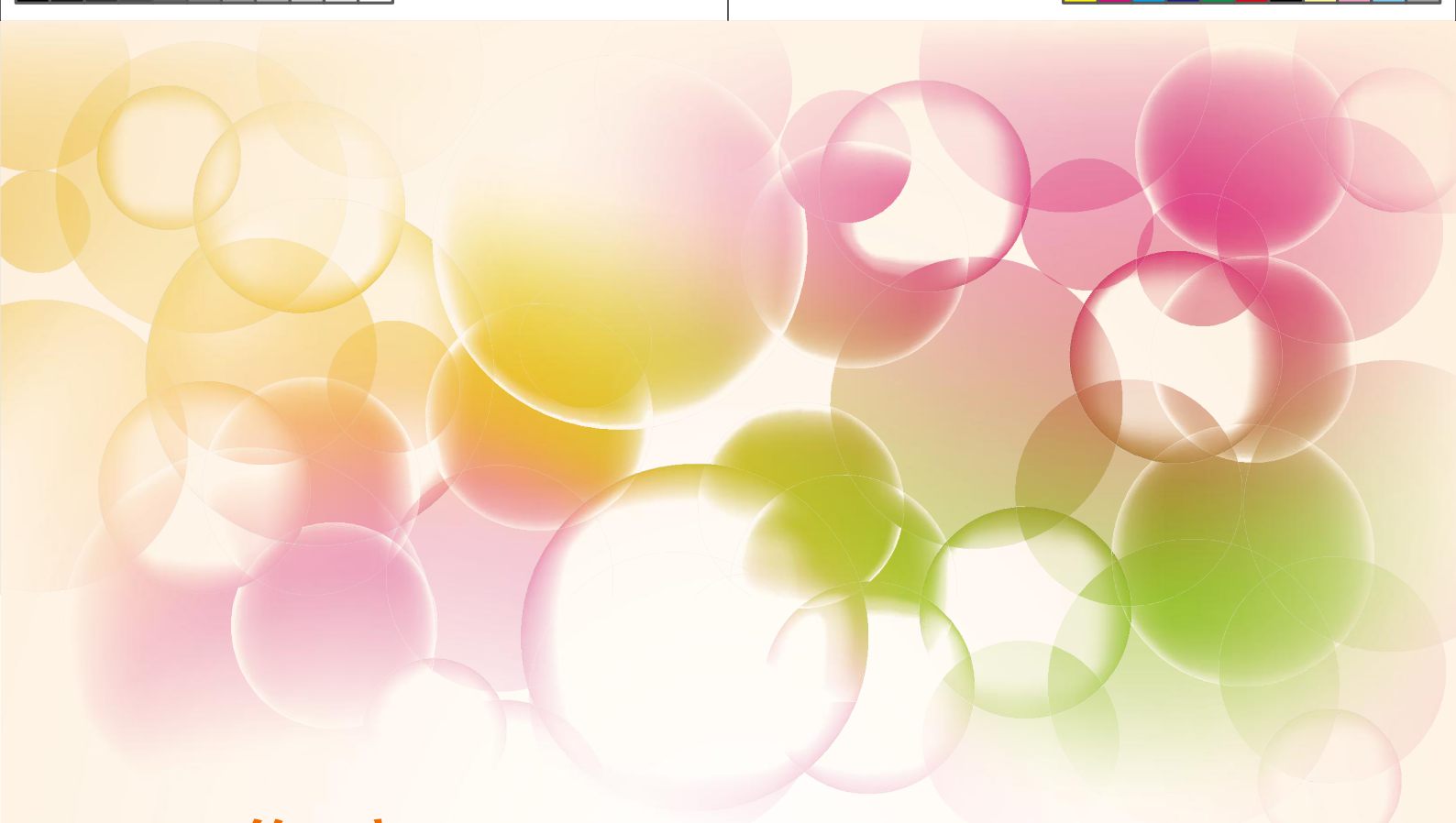




第一章 色彩产生的原理

■ 学习目标：

通过了解色彩产生的原理，对色彩有科学的认识。掌握色彩的基本属性和特征、色彩在设计中的应用。通过色彩规律的认识，培养学生对色彩的感知、理解和运用能力。

■ 重点难点：

重点：理解色彩的物理性质，掌握色彩的基本特征。

难点：色立体以及色彩体系的应用。

1.1 色彩的物理理论

1.1.1 光与色

光是色彩的重要来源，没有光就没有色彩。在原始社会时期，由于知识的局限，人们误以为世界是五彩缤纷的，与光没什么关系。然而，当黑夜降临的时候，人们发现五彩缤纷的世界在我们的视线中消失了。随着时代的发展，人们的认识能力进步了，后来发现世界本是无色的，由于有了光的照射才能显现出五彩缤纷的世界。因此，我们要从科学的角度来认识色彩，世界万物的色彩是由光的刺激所引起的，是从光→物体→眼睛→大脑的整体过程。色彩是光刺激眼睛再传入到大脑的视觉中枢产生的感觉。明确地讲，是人的眼睛起了重要作用并赋予了色彩最终的效果。色彩是人的一种感觉，是人的大脑和思想赋予了它最终的意义，没有光、物体、眼睛、大脑，就没有色彩，没有五彩缤纷的世界。所以，光，物体，正常的视觉是产生色彩的必要条件。

1.1.2 光谱

1666年，英国物理学家牛顿利用三棱镜科学地证明了自然光包涵了所有的光谱色，而物体色是对太阳光的反射形成的。这一发现也使色彩研究走上了科学的轨道（如图1-1所示）。三棱镜实验证明白色的太阳光被分解为红、橙、黄、绿、青、蓝、紫。其中宽窄不一的颜色以固定顺序构成一条美丽的色带，这就是光谱（如图1-2和图1-3所示）。



图1-1



图1-2

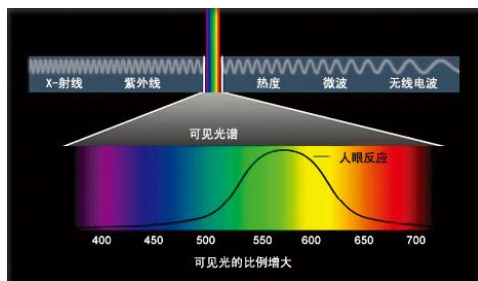


图1-3

1.1.3 色彩的可知性

我们感受到的白色光实际上是由七种色光混合而成的，当白光通过三棱镜时，各种色光由于波长不同，有着不同的折射率。其中，红色波长最长，折射率最小；而紫色波长最短，折射率最大。不同的色相表明了不同的电磁辐射工作范围，不同的电磁辐射的范围有不同的宽窄。在电磁辐射中只有波长为380nm~780nm之间的电磁辐射

能被我们视觉感受到，这就是可见光的范围，只占光谱中的很小一部分。我们看到的红（700nm~610nm），橙（610nm~590nm），黄（590nm~570nm），绿（570nm~500nm），蓝（500nm~450nm），紫（450nm~380nm）等色光都属于这一范围（如图1-4所示）。

nm=微毫米

1微毫米=1/10000微米=1/10000000毫米

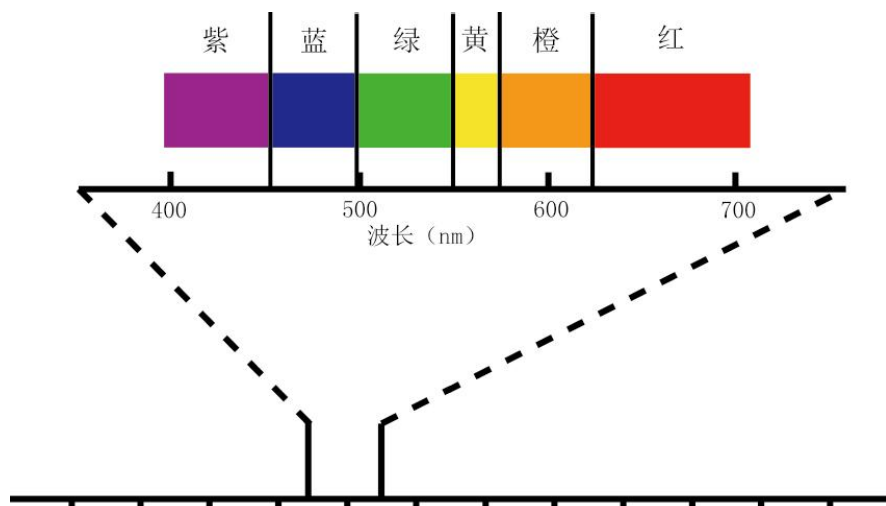


图1-4

假定一个色彩，有四个向度，分别为：加白（淡化），加黑（暗化），向冷色转移（冷化），向暖色转移（暖化）。这说明了红色的波长范围宽（170nm），所以红色调子的画或设计容易组织，它不跑调子，不论你如何变，其色性不变，丰富有变化，统一感强，容易表现。但如黄色、橙色，它们的辐射范围窄，适合于左、右转移（冷化、暖化），用以保持生动鲜活而不适合于上、下变化（淡化、暗化），即将橙色变为肉色、褐色；黄色变为粉黄、墨绿（如图1-5所示）。

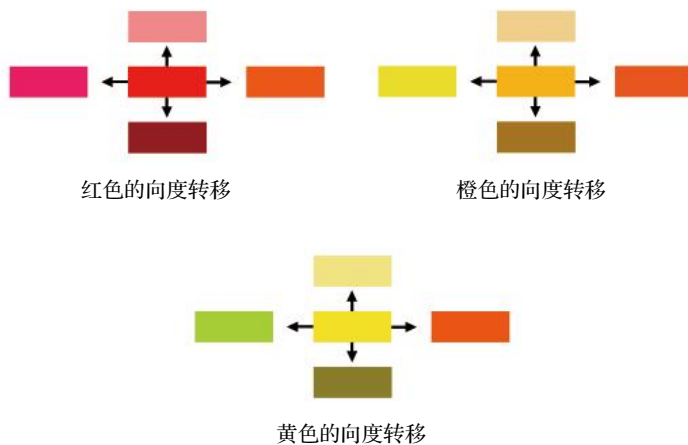


图1-5

如果任何一颜色有四个向度，那么有可能有更多的移动向度吗？回答是肯定的。我们来看看八个向度（如图1-6所示）。

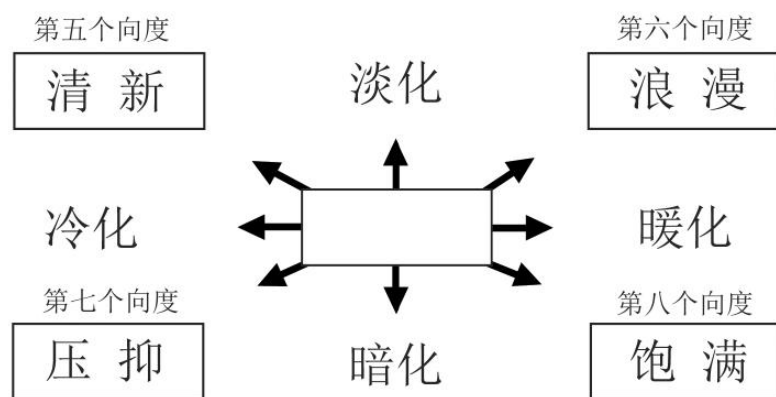


图1-6

如果将一个颜色或一组颜色明度提高的同时暖化，它就会表现出比原来的颜色或颜色组浪漫、柔和（如图1-7所示为梵高《向日葵》）。

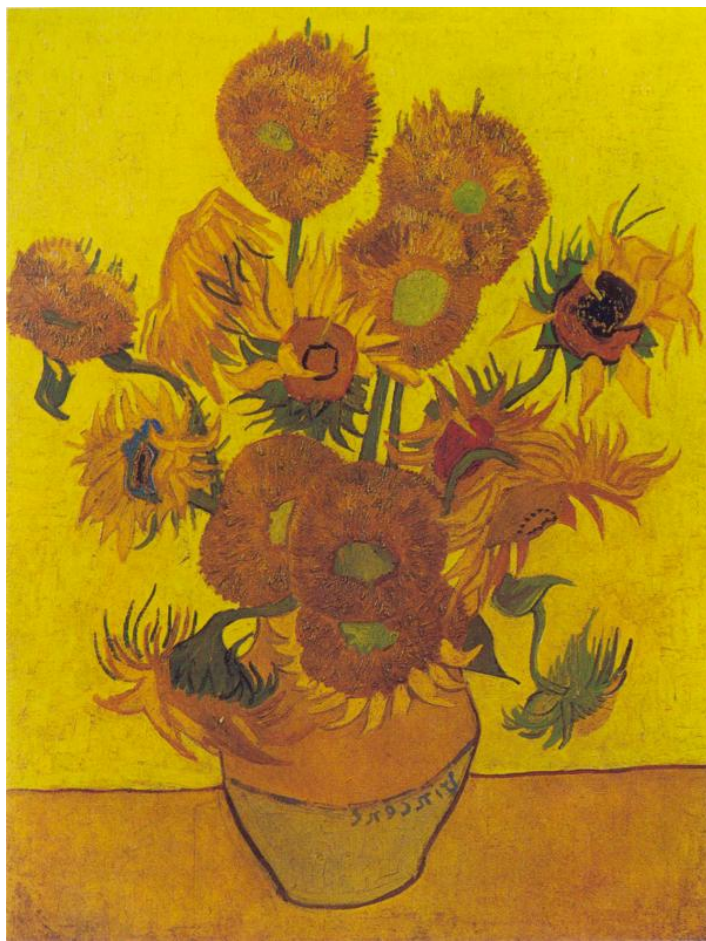


图1-7

如果将一个颜色或一组颜色明度提高的同时冷化，它就会表现出比原来的颜色或颜色组清新、明快（如图1-8所示为梵高《星空》）。



图1-8

如果将一个颜色或一组颜色明度降低的同时冷化，它就会表现出比原来的颜色或颜色组阴冷、压抑（如图1-9所示为毕加索《蓝色时期》）。

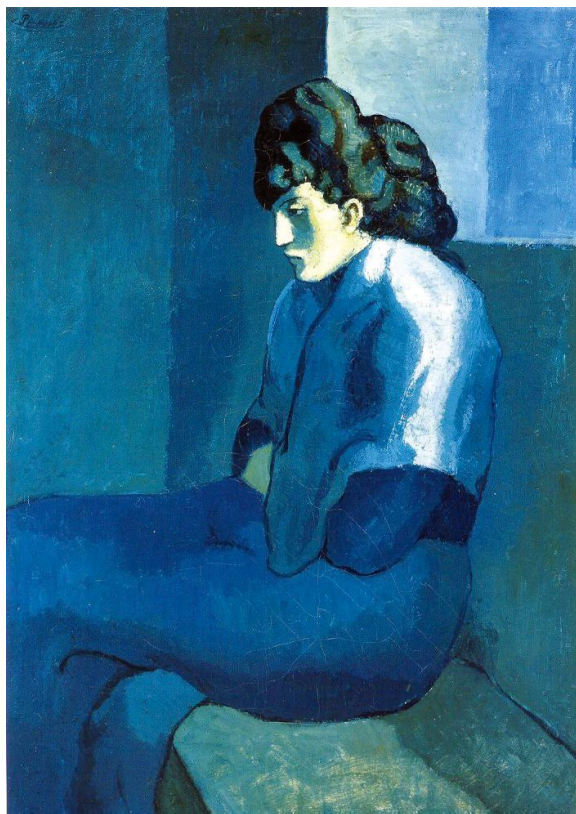


图1-9

如果将一个颜色或一组颜色明度降低的同时暖化，它就会表现出比原来的颜色或颜色组饱满、成熟（如图1-10所示为毕加索《亚维农少女》）。



图1-10

由此，我们可以看到色彩学理论经历了漫长曲折的发展过程。这其中物理学家研究了光的物理特性；化学家研究了颜料、染料的化学性质；生理学家研究了视觉生理的各种作用；心理学家研究了色彩的精神象征和个性化嗜好；艺术家则运用这些科学的理论与方法进行了大量艺术实践与探索。

1.2 光源色、物体色和固有色

1.2.1 光源色

光源色是指照射在物体上的光线颜色，它是由各种光源（标准光源：白炽光、太阳光、有太阳时所特有的蓝天昼光）发出的光，光波长短、强弱、比例性质不同，形成不同的色光，叫做光源色。不同的光源色会让相同的物体产生不同的色彩，相同的景物在不同的光源下会呈现不同的视觉色彩。如普通灯泡的光所含黄色和橙色波长的光多而呈现暖色白光，普通荧光灯所含蓝色波长的光多则呈冷色白光。所以，从光源发出的光，由于其中所含波长的光的比例上有强弱，或者缺少一部分，从而表现成各种各样的色彩（如图1-11所示）。

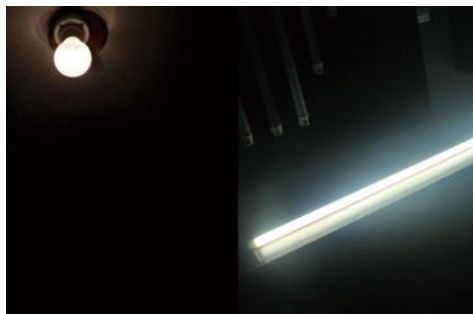


图1-11

光源的种类可以分为两种：自然光和人工光。在生活中，色相偏冷的有日光、灯光、月光、电焊弧光灯，色相偏暖的有白炽灯光、火光等。而对于太阳光而言，由于一天之中早晨、中午、傍晚这些时间上的不同，以及照射地球的角度不同，从而形成光照的强弱也有所变化，光线照射强时，物体的明度提高；光线照射弱时，物体的明度降低。在绘画时要理解这种原理才能区别不同时间环境气氛中的景物色彩。如法国印象派画家莫奈对光的变化有非凡的表现力，他能随时抓住景色在不同环境和气氛中所产生出来的美（如图1-12所示为莫奈作品）。

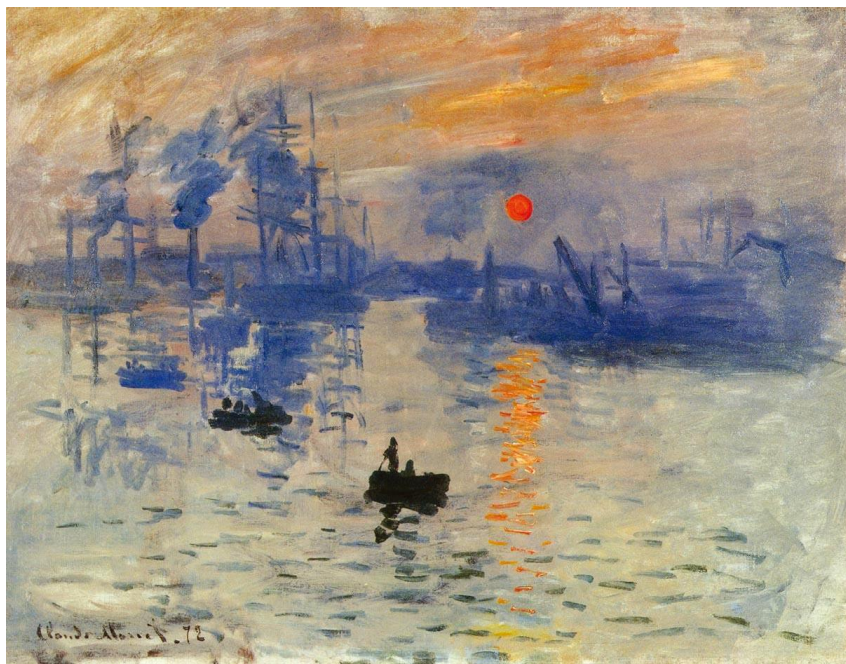


图1-12

由于光源的温差会使色彩产生差异，当色温越高时色相越偏冷；当色温越低时色相越偏暖。如日出和日落光源温度低时偏红。正午温度高时偏蓝。从事舞台美术的摄影师和灯光师利用改变光源色的原理，在相同的环境里，营造出不同的时间氛围，创造出不同的艺术效果。

1.2.2 物体色

所谓物体色是指，物体本身不发光，也不具备色彩，而是由于物体表面从被照射的光线中选择性地吸收了一部分色光，而反射剩余的色光，人们眼睛所接受的反射光被当作物体的颜色。如果物体对光全部吸收时，呈现在人们视觉感受上的是黑色；如果物体对光全部反射时，呈现在人们视觉感受上的是白色。在大自然中，千变万化、五花八门的物体，它们自己大都不会发光，但都具有选择性地吸收、反射、投射色光的特性。任何物体都不可能对色光完全吸收和反射，所以，实际上并不存在绝对黑色或白色（如图1-13，图1-14所示）。



图1-13



图1-14

同一个物体在不同的光源下显现的是不同的色彩，所以光源的性质也直接影响物体的色彩。由于物体表面的分子构造不同，吸收和反射光呈现在人们视觉感受上的色彩也就不同。因此，一个物体的色彩是由它表面的特性和透射光的颜色两个因素所决定。

1.2.3 固有色

所谓固有色实际上就是人们在正常的日光下时物体的固有色彩印象。按照我们长期以来对物体的色彩都有一个固定的概念，比如：蓝色的天空、绿色的树叶、红色的花朵等，这都是人们在正常的白色日光下所辨认出来的色彩，给人们的认识最稳定，最具有代表性，因此，我们把它称之为固有色。例如，一组静物在正常的日光下所显现出来固有的色彩（如图1-15所示）。



图1-15

1.3 色彩的视觉理论

1.3.1 人体的视觉构造

人的眼球近似球体，位于眼眶内。眼球壁主要由外、中、内三层组成。外层由角膜、巩膜组成；中层由虹膜、睫状体、脉络膜组成；内层就是视网膜了。当反射光从物体进入人的眼睛时，在视网膜形成影像，这些信号被传输到大脑，然后就会生成色彩、动态、形状等感觉（如图1-16所示）。

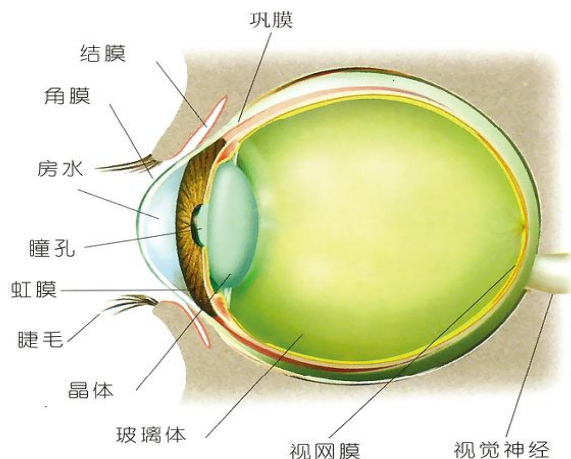


图1-16

有些神经细胞对光和阴影比较敏感，有些对波长为红色、蓝色和绿色的光比较敏感。当接受到这些信息时，大脑便会感觉到色彩，如果这些神经功能发生障碍则会造成色盲或者色弱。

赫尔姆霍兹的三色学说认为人眼视网膜的视锥细胞含有红、绿、蓝三种感光色素。当单色光或各种混合色光投射到视网膜上时，三种感光色素的视锥细胞不用程度地受到刺激，经过大脑综合而产生色彩感觉。眼睛的感觉还会受生理或心理变化的影响，因为人的视网膜实为大脑的一个组成部分。人的视觉和大脑一样，兴奋与抑制，工作与休息均交替进行。尽管光照与反射的情况相同，眼睛处于兴奋状态时，会觉得色彩明亮、鲜艳和丰富些；眼睛疲劳时，会觉得色彩灰暗、简单些。人又是有思想和感情的，处于喜怒哀乐不同精神状态时，或形成某种审美观念时，对眼睛感觉色彩时的兴奋与抑制也会产生明显的影响。

因此，色彩的含义主要取决于人的视觉。光的运动和色光的反射是造成色彩现象的外界因素，是客观存在。而形成色彩概念的是人的视觉思维，既有生理的也有心理的作用，是人的内在因素。

1.3.2 色彩的视觉过程

人眼的视网膜就像一个感光屏幕，上面有两种感光细胞：锥体细胞和杆体细胞。锥体细胞中根据人眼所含视色素的不同可分为三类细胞：蓝视锥细胞，绿视锥细胞，红视锥细胞。每种锥体细胞包含一种色素，三种细胞吸收的光谱峰值不同，它们在视网膜上的分布也不均衡。色彩的产生主要是因为人眼接受外来物体表面或内部对于光源的反射或投射。通过三种细胞兴奋度的比例感觉各种色彩，产生各种色觉。例如，用照相机对CD光盘照相所拍出来的效果（如图1-17所示）。而杆体细胞只能识别物的形体，空间等。锥体细胞和杆体细胞的机能差别在于锥体细胞能分辨色彩，而杆体细胞不能，然而

杆体细胞能在暗视觉中起作用，所以在黎明或黄昏时看景物色彩减弱，但轮廓空间仍依稀可见。人的视觉对色彩明度的分辨范围大于色相，据美国色彩学家鲁道夫·阿恩海姆（R. Arnheim）统计，人眼能分辨200多种左右的明度差，而分辨色相差、只有160种左右。



图1-17

当然明视觉和暗视觉没有截然的界限，两种细胞的生理活动是同步进行的，只是在不同的视觉条件下以一种细胞为主另一种细胞为辅，最后形成统一的视觉。另外，两种细胞对于光刺激适应也有一定的限度，人眼在强光下只感到白花花一片而睁不开眼睛，在弱光下只能感到黑漆漆的深浅层次而看不清色彩。

因此，不管自然界存在多少种色彩，它必须通过人的视觉器官的感受才能展现它的美感。这就是人类感觉色彩的主观生理基础。

1.4 关于色彩与工具

1.4.1 印刷工艺的色彩运用

在数字化信息时代，设计师们经常会遇到数码色彩的模式转换。通常情况下，RGB模式与CMYK模式的转换是我们在数码色彩设计中最常遇到的情况。RGB是位图颜色的一种常见编码方法，用红（R）、绿（G）、蓝（B）三原色的光学强度来表示一种颜色。一般的扫描仪、数码相机、电视屏幕或电脑显示器也都是通过RGB色彩模式来显示的，也就是我们通常所说的显示色。而CMYK也是位图颜色的一种常见编码方法，用青（C），品红（M），黄（Y），黑（K）四种颜料来表示一种颜色（如图1-18所示）。色彩和印刷的关系极端密切，通常最易出问题的是印刷品的印刷色彩，出现失误的原因很多，而其中最可能的原因是印刷物料和印刷方法。同样的油墨用质量、肌理、厚薄不同的纸张印刷，所得的色彩效果肯定不同；质量、肌理相同，但用不同的印刷方法去印刷，油墨的厚度也会不同。我们设计时应该尽可能配合客观条件，同时多了解印刷工艺的知识，才可以达到预期的效果。



图1-18

几乎所有的颜色都可以采用CMYK四色印刷的色料印刷而成。所以如果设计师的作品需要印刷的话，则需要把电脑里的RGB显示色彩模式转换成CMYK印刷色彩模式。

1.4.2 人工合成材料

人工合成材料有青铜、玻璃、陶瓷、塑料等。青铜是铜与锡或铅的合金，是人类最早发现的合金。在春秋时期青铜的色彩怪异，造型诡异。青铜的色彩由于氧化的自然过程，产生了微妙的色彩对比变化和自然色彩的过度。玻璃艺术最早运用于教堂建筑，许多哥特式教堂采光系统全部依赖玻璃窗上的彩画玻璃。陶瓷独特的釉色配方是产生独特色彩面貌的基础，不同的烘烤方式也会产生不同的色彩。塑料是现代工业普遍应用的材料。它的成色艳丽，纯度高，透光性容易控制，在工业设计中广泛应用（如图1-19，图1-20，图1-21，图1-22所示）。



图1-19

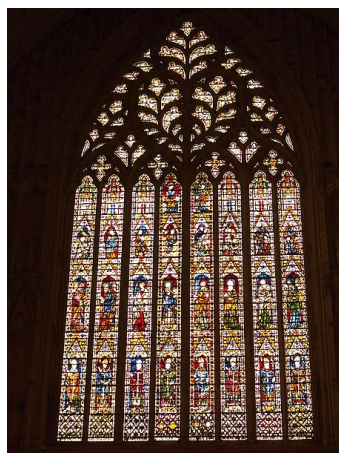


图1-20



图1-21



图1-22

1.4.3 颜料

颜料是利用天然或人工合成的原料制成的一种物质材料，是能使物体染上颜色的化学原料。它可以显出各种不同的色彩。通常使用的颜料，是指可以溶于水或油、树脂之中的微细的彩色粉末。它和染料不同，染料必须而且只能溶于水，它的溶解性还具有渗透的特点，并且缺乏覆盖力和体积感，如果下面涂上染料，不论上面涂上什么颜料，底下的色彩都会由于渗透作用而浮到上面来，所以染料不能当绘画颜料使用。由于绘画颜料的合成方式不同，在使用时就有不同的特点，能产生不同的视觉效果。丙烯颜料色泽光艳，干燥快，抗水性强，是绘制大型壁画的理想材料。油画颜料耐光性好，色彩鲜艳，干燥程度好，油画创作后，保持时间久。水彩画颜料色泽鲜艳，可以与任意水混合，并能使颜料很好地粘在纸上。中国画颜料色彩沉着，耐光性好，色彩艳而不俗（如图1-23所示）。



图1-23

1.5 色彩的表色体系——色立体

色立体是指将色彩按照三属性，有秩序地进行整理、分类而组成有系统的色彩体系，借助于三维空间形式来同时体现色彩的明度、色相、纯度之间的关系。色立体可以使人们更清楚、更标准地理解色彩，更确切地把握色彩的分类和组织。色立体的示意模型使人们更容易理解色彩三属性的相互关系。国际上流行的色立体众多，主要介绍的色立体是：孟塞尔色立体、奥斯特瓦尔德体系、日本P.C.C.S色立体。

1.5.1 孟塞尔色立体

孟塞尔色立体（孟塞尔色彩系统Munsell Color System）是由美国教育家、色彩学家、美术家阿尔伯·孟塞尔（Albert H.Munsell）创立的色彩表示法。该表示法是以色彩的三要素即色相、明度、纯度为基础。用颜色立体模型表示颜色的方法。它是一个类似三维球体的空间模型，把物体各种表面色的三种基本属性色相、明度、纯度全部表示出来。以颜色的视觉特性来制定颜色分类和标定系统，以按目视色彩感觉等间隔的方式，把各种表面色的特征表示出来。现在所用的图像编辑软件颜色处理部分大多源自孟塞尔色立体的标准。目前国际上已广泛采用孟塞尔色彩系统作为分类和标定表面色的方法。（如图1-24和图1-25所示）。

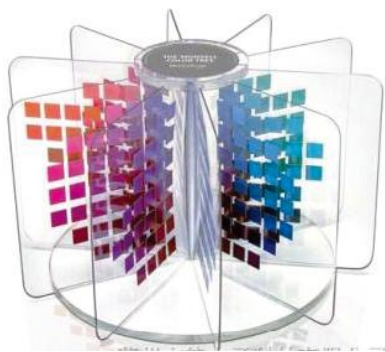


图1-24



图1-25

孟塞尔色彩体系由色相、明度、纯度表示，它的中央轴代表无彩色黑白系列中性色的明度等级，黑色在底部，白色在顶部，称为孟塞尔明度值。它将理想白色定为10，将理想黑色定为0。孟塞尔明度值由0~10，共分为11个在视觉上等距离的等级。在孟塞尔系统中，颜色样品离开中央轴的水平距离代表纯度的变化，称之为孟塞尔彩度。彩度也是分成许多视觉上相等的等级。中央轴上的中性色彩度为0，离开中央轴愈远，彩度数值愈大。他的色彩表示法，分别以红（R）、黄（Y）、绿（G）、蓝（B）、紫（P）五原色为基础，加上它们之间的中间色橙（YR）、黄绿（YG）、蓝绿（BG）、蓝紫（BP）、红紫（RP），共10种基本色相（如图1-26所示）。

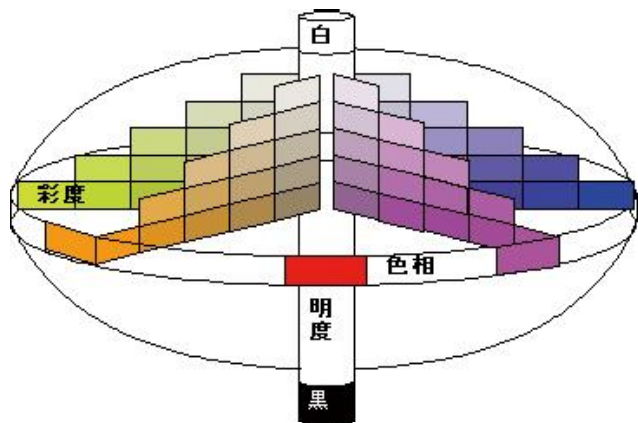


图1-26

由于孟塞尔色立体在应用领域非常便利，加之孟塞尔本身是个画家、教育家，与美术工作者的思路比较契合，所以他的三属性表示方法便于理解，较为实用。

1.5.2 奥斯特瓦尔德体系

奥斯特瓦尔德 (Wilhelm Ostward, 1853–1932)，德国物理化学家，1909年诺贝尔化学奖获得者，1921年出版了《奥斯特瓦尔德色谱》。奥斯特瓦尔德色相环以黄 (Y)、橙 (O)、红 (R)、紫 (P)、群青 (UB)、绿蓝 (T)、海绿 (SG)、叶绿 (LG) 为8个基本色相，每一基本色相三等分 (C1、2、3、为标志)，代表色相为2，组成24色相环，色相以逆时针方式排序，但按顺时针方向自黄至绿将各色相以1~24的编号标定。(如图1-27所示)



图1-27

奥斯特瓦尔德于1920年制定的色彩体系，亦称奥斯特瓦尔德色彩体系。是以三角形回转而成的复圆锥体。每个三角形片称为三角色立体表。垂直轴为明度系列，共分8个阶段，从顶部的白到基部的黑分别以字母a、c、e、g、i、l、n、p表示。每个字母表示该色的白色与黑色含有量。作为色标的白 (a) 比理论上的白多含11%的黑，黑色标 (p) 比理论的黑多含3.5%的白 (如图1-28和图1-29所示)。

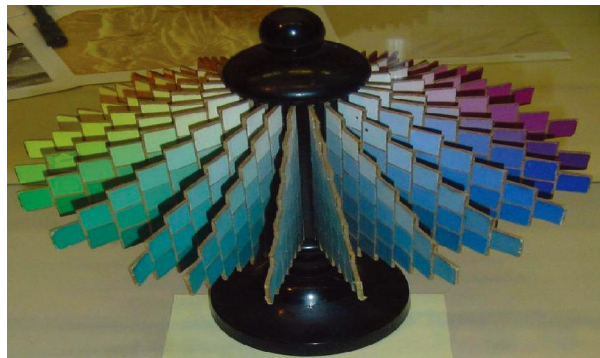


图1-28

记号	a	c	e	g	i	l	n	p
白量	89	56	35	22	14	8.9	5.6	3.5
黑量	11	44	65	78	86	91.9	94.4	96.5

图1-29

奥斯特瓦尔德色系通俗易懂，它给调配使用色彩的人提供了有益的指示。在做色彩构成练习中的纯度推移时，奥斯特瓦尔德色系的色相三角形不啻为一种配方的指导，此外，色相三角形的统一性也为色彩搭配特性显示了清晰的规律性变化。

1.5.3 日本P.C.C.S色立体

P.C.C.S (Practical Color Co-ordinate System)，是由日本色彩研究所对上述两种色立体综合研究，于1964年发表的色立体的色彩设计应用体系。

P.C.C.S色相环以视觉心理补色的红、黄、绿、蓝4原色为基本色相，再插入橙、黄绿、蓝绿、紫4色，形成8色，然后在橙、蓝色区分别插入两对心理补色以求得色相的视觉等差感，成为12色相，在此相邻色中又分别插入一色，即构成24色相环，并以1~24编号标定，其中偶数的12色相是色彩教育用标准色相（如图1-30所示）。

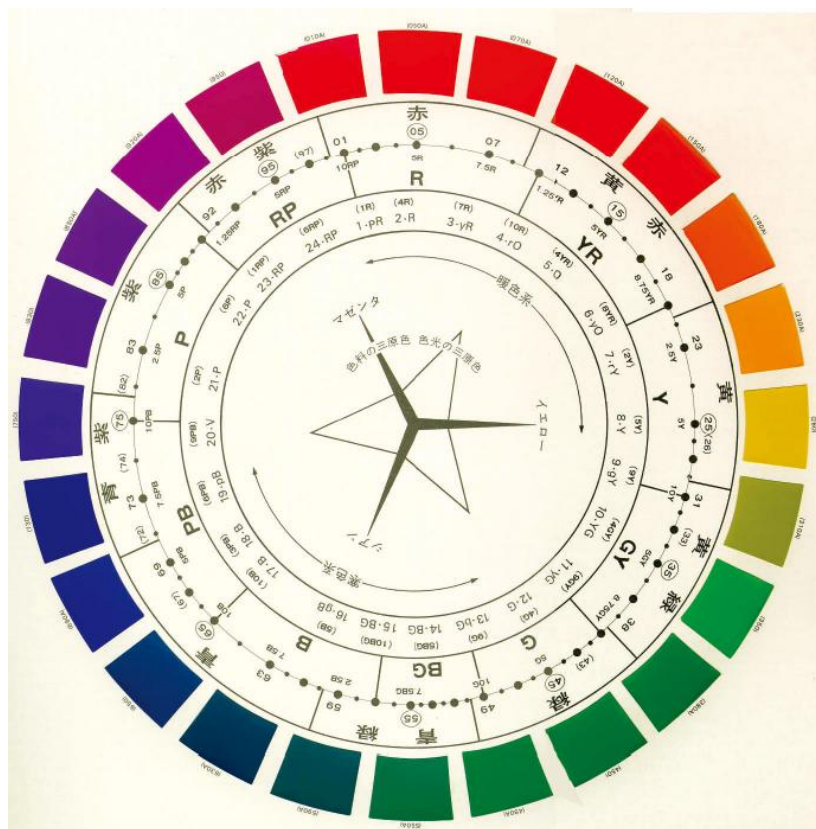


图1-30

P.C.C.S明度细分为18个阶段，把明度最高的白设为9.5，把明度最低的黑设为1.0。因为色标不能印刷1.0，所以明度阶段是1.5~9.5。

P.C.C.S纯度是以S来标示。它吸取了奥斯特瓦尔德色系的各纯色的纯度等价性的特点，将24个纯色相均定在第9级纯度，并将从灰到艳各色加以等差分割，以1S-3S为低纯度区，4S-6S为中纯度区，7S-9S为高纯度区，便于色彩设计应用。

P.C.C.S将彩色系划定为11个色调，每一色调包括该区域的全部色相，而同一色调的各色并不在明度上很一致，如鲜色就囊括了有明差的24个纯色，而亮色相调和中间色调两大类，清色调是纯色加白（明清色调）或加黑（暗清色调），中间色调是纯色加灰（如图1-31所示）。

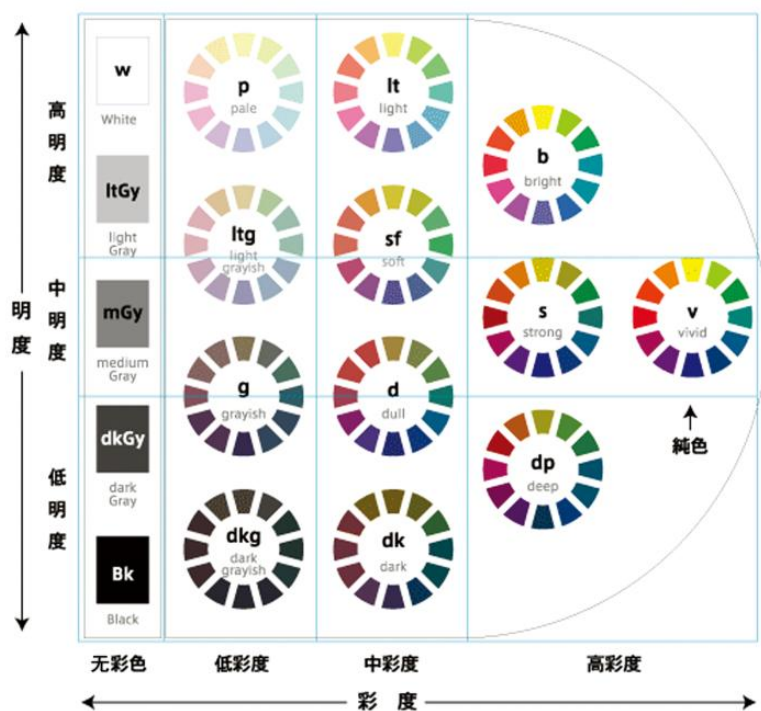


图1-31

思考与练习

1. 浅谈光与色的关系。
2. 用数码相机对CD光盘拍照，观察其能产生什么样的色彩效果？
3. 什么是色立体？常用到的色立体有哪几种？