

普通高等教育包装工程专业教材

包装色彩学

(第二版)

吕新广 主编 王志伟 主审
庞冬梅 王雷 郭新华 张元标 编著



印刷工业出版社

普通高等教育包装工程专业教材

包装色彩学

(第二版)

主 编	吕新广	
编 著	庞冬梅	王 雷
	郭新华	张元标
主 审	王志伟	

印刷工业出版社

内容提要

本书共7章,从包装色彩的物理理论、生理理论、心理理论、描述理论、设计理论、复制理论等方面,系统地反映包装色彩形成与表述、设计与再现的现象与规律,是对包装色彩感性认识和理性分析的有机结合。

本书可作为高等院校包装工程、印刷技术、工业设计、美术装潢等有关专业的教学用书,亦可供从事包装、装潢、美术、印刷、广告、摄影等技术人员阅读。

图书在版编目(CIP)数据

包装色彩学 / 吕新广编; 庞冬梅等编. —2版. —北京: 印刷工业出版社, 2007.9

普通高等教育包装工程专业教材

ISBN 978-7-80000-673-9

I. 包… II. ①吕…②庞… III. 装潢包装印刷—印刷色彩学—高等学校—教材 IV. TS851

中国版本图书馆CIP数据核字(2007)第128864号

包装色彩学(第二版)

主 编: 吕新广

编 著: 庞冬梅 王 雷 郭新华 张元标

主 审: 王志伟

责任编辑: 吴 嘉

出版发行: 印刷工业出版社(北京市翠微路2号 邮编: 100036)

经 销: 各地新华书店

印 刷: 三河国新印装有限公司

开 本: 787mm×1092mm 1/16

字 数: 250千字

印 张: 9.75

彩 插: 2

印 数: 6001~9000

印 次: 2007年9月第2版 2007年9月第3次印刷

定 价: 20.00元

ISBN: 978-7-80000-673-9

如发现印装质量问题请与我社发行部联系 发行部电话: 010-88275707, 88275602

前 言

包装色彩学是研究并阐明自然色彩现象的基本规律、色彩美的规律以及色彩在人们生理和心理上所产生的视觉效果的科学。同时还是研究色彩设计方法、色彩描述理论和色彩复制技术的科学。

本书共七章，从包装色彩的物理理论、生理理论、心理理论、描述理论、设计理论、复制理论等方面，系统地反映包装色彩形成与表述、设计与再现的现象与规律，是色彩构成、色度学及印刷色彩学等有关内容的有机结合，是对包装色彩感性认识和理性分析的有机结合。

本书由吕新广主编。其中第一章、第二章、第五章由吕新广执笔；第三章由庞冬梅执笔；第四章由王雷执笔；第六章由郭新华执笔；第七章由张元标执笔。

本书在编写、出版过程中，得到暨南大学及印刷工业出版社等多方的支持和帮助。王志伟教授对本书提出了宝贵的修改意见。在此表示衷心感谢！

由于作者水平有限，书中遗漏之处在所难免，欢迎读者批评指正。

编著者

2007 年 4 月

目 录

第一章 概论	1
第一节 色彩的意义	1
第二节 色彩感觉	2
第三节 包装色彩学研究的内容	3
一、包装色彩是写实色彩与装饰色彩的有机统一	3
二、包装色彩是自然色彩、社会色彩和艺术色彩的有机统一	3
第二章 色彩的物理理论	5
第一节 光源	5
一、色与光的关系	5
二、光的本质	5
三、相对光谱能量分布	6
四、光源色温	7
五、光源显色性	8
六、光源三刺激值	9
七、标准光源	9
第二节 色彩混合	10
一、色光加色法	10
二、色料减色法	15
三、加色法与减色法的关系	18
四、设计软件中三原色的明度关系	19
第三节 彩色物体	20
一、物体对光的透射、吸收和反射	20
二、物体呈色机理及影响因素	24
第四节 密度	26
一、光密度	26
二、朗伯-比尔定律	26
三、色料(油墨)密度与厚度的关系	27
四、彩色密度	29
五、色料(油墨)颜色质量的 GATF 密度评价方法	30
第三章 色彩的生理理论	35
第一节 眼睛	35

一、人眼的生理构造	35
二、眼睛成像原理	37
第二节 色彩的视觉生理现象	38
一、视觉的两重功能	38
二、光谱光视效率	38
三、视觉生理现象	40
第三节 色彩视错及应用	40
一、残像性视错	41
二、膨缩性视错	42
三、同时对比视错	43
第四节 色彩的视觉理论	44
一、三色学说	44
二、四色学说	45
三、色彩视觉理论的现代发展——阶段学说	46
第四章 色彩的心理理论	48
第一节 色彩的感情	48
一、色彩的三种感情	48
二、色彩的感情效果	48
第二节 色彩的功能	50
第三节 色彩的心理感应	53
一、色彩联想	53
二、各色相的心理分析	54
三、色彩象征	56
第五章 色彩的描述理论	59
第一节 颜色立体	59
一、色彩的心理属性	59
二、色彩空间的几何模型	63
第二节 孟塞尔颜色系统表示法	64
第三节 奥斯特瓦尔德色系表示法	67
第四节 CIE 标准色度学系统	69
一、CIE 1931 RGB 真实三原色表色系统	69
二、1931 CIE - XYZ 标准色度系统	75
三、CIE 1976 $L^*a^*b^*$ 色度空间	88
第五节 同色异谱色	91
一、色彩的同色异谱现象	91
二、同色异谱程度的定量评价	92
第六节 数字图像的几种色彩模式	94
一、色彩设计及处理软件中的色彩模型	94
二、数字图像的几种色彩模式	95

第六章 色彩的设计理论	100
第一节 色彩的对比	100
一、明度对比.....	100
二、色相对比.....	101
三、饱和度对比.....	102
第二节 色彩的调和	102
一、色彩调和的概念.....	102
二、色彩调和的理论.....	103
三、色彩调和方法的分析与归纳.....	105
四、通过调和达到和谐.....	105
第三节 色调	107
一、色调的意义.....	107
二、色调形成的影响因素.....	107
三、色调的形成规律.....	108
四、色调的情绪意义.....	110
五、主观色调.....	110
六、色调的地区特性与时代特性.....	111
第四节 包装装潢色彩的应用	112
一、色彩的配合.....	112
二、包装的色彩设计.....	114
 第七章 色彩的复制理论	119
第一节 色彩复制中的网点	119
一、网点的作用.....	119
二、阶调.....	119
三、彩色复制的加网要素.....	120
四、加网技术.....	125
第二节 色彩的分解与再现	127
一、分色原理.....	127
二、色彩的再现.....	128
第三节 色彩管理	133
一、特征描述文件 ICC Profile 的建立.....	133
二、色彩匹配.....	135
第四节 配色理论	137
一、概述.....	137
二、色度配色原理.....	141
三、密度配色原理.....	143
 主要参考文献	147

第一章 概论

五光十色、绚丽缤纷的大千世界里,色彩使宇宙万物充满情感,显得生机勃勃。色彩作为一种最普遍的审美形式,存在于我们日常生活的各个方面。衣、食、住、行、用,人们几乎无所不包、无时不在地与色彩发生着密切的关系。色彩现象是一种变化万千的自然景象。没有色彩就没有花红柳绿,没有色彩就没有碧海蓝天,没有色彩就没有诗、没有音乐、没有艺术,没有色彩的世界无疑是个黑暗死寂的世界。人的一生自始至终都处在绚丽的色彩包围之中,并在这包围之中感受到时光的美好、时间的温馨、人生的愉悦。色彩现象是客观存在的,而且永恒。

包装这面时代的镜子,从其特有的角度,映照出人类社会物质及精神文明进步、发展的面貌;而包装色彩更是鲜明强烈地给人的视觉以“先色夺人”的第一印象,从而成为包装设计诸因素中的重要组成部分。在包装设计中,色彩显然要担负起至关重要的使命。

第一节 色彩的意义

色彩是一种视觉感受,客观世界通过人的视觉器官形成信息,使人们对它产生认识。所以,视觉是人类认识世界的开端。根据现代科学研究的资料表明,一个正常人从外界接受的信息,百分之九十以上是由视觉器官输入大脑的。来自外界的一切视觉形象,如物体的形状、空间、位置以及它们的界限和区别都由色彩和明暗关系来反映。因此,色彩在人们的社会活动中具有十分重要的意义。

人类长期生活在色彩环境中,逐步对色彩发生兴趣,并产生了对色彩的审美意识。因此,有史以来人们就以美术、宗教、文学、哲学、音乐以及诗歌等形式,用直接或间接的方法来赞美色彩,称颂色彩的美感以及色彩的哲理作用。在建筑、雕塑、绘画、工艺领域都能直观地表现出色彩的美感,是人们欣赏色彩美的直接手段,其中尤以美术及宗教的方法最为普遍,使色彩美学广泛流传到世界各地。色彩通过文学、哲学、音乐、诗歌等形式的传播也是相当广泛的,是人们间接欣赏色彩美感的主要方法。音韵可以促进通感作用,深入体验色彩的意境,使人们陶醉在美丽的世界里;诗文能使人产生联想,享受色彩的各种感受,沉浸在统一的感情境界中。如“日出江花红胜火,春来江水绿如蓝”、“两个黄鹂鸣翠柳,一行白鹭上青天”、“日色冷青松,空翠湿人衣”等诗句所表现的意境,都是作者运用了色彩视觉的特殊作用以及它们的审美特征,使诗句更能表达出作者的思想感情,也更有助于人们对诗意的理解和分析。

色彩既是一种感受,又是一种信息。在我们生活的这个多姿多彩的世界里,所有的物体

都具有自己的色彩,尤其树木和花草,色彩随四季变化。因此,春秋的更换及寒暑的不同,除皮肤可感觉外,自然界还会用美丽的色彩来告诉人们。

在视觉艺术中,色彩作为给人第一视觉印象的艺术魅力更为深远,常常具有先声夺人的力量。人们观察物体时,视觉神经对色彩反映最快,其次是形状,最后才是表面的质感和细节,所以在实用美术中常有“远看色彩近看花、先看颜色后看花、七分颜色三分花”的说法,生动地说明了色彩在艺术设计中的重要意义。随着时代的进步,人们的精神生活和物质生活获得不断提高之后,将越来越追求色彩的美感。色彩美已成为人们物质和精神上的一种享受。因此,艺术家总是运用色彩这一手段在设计作品中赋予特定的情感和内涵。

第二节 色彩感觉

感觉是认识的开端。客观世界的光和声作用于感觉器官,通过神经系统和大脑的活动,我们就有了感觉,就对外界事物与现象有了认识。

色彩是与人的感觉(外界的刺激)和人的知觉(记忆、联想、对比……)联系在一起的。色彩感觉总是存在于色彩知觉之中,很少有孤立的色彩感觉存在。

人的色彩感觉信息传输途径是光源、彩色物体、眼睛和大脑,也就是人们色彩感觉形成的四大要素。这四个要素不仅使人产生色彩感觉,而且也是人能正确判断色彩的条件。在这四个要素中,如果有一个不确实或者在观察中有变化,就不能正确地判断颜色及颜色产生的效果。

光源的辐射能和物体的反射是属于物理学范畴的,而大脑和眼睛却是生理学研究的内容,但是色彩永远是以物理学为基础的,而色彩感觉总包含着色彩的心理和生理作用的反映,使人产生一系列的对比与联想。

美国光学学会(Optical Society of America)的色度学委员会曾经把颜色定义为:颜色是除了空间的和时间的不均匀性以外的光的一种特性,即光的辐射能刺激视网膜而引起观察者通过视觉而获得的景象。在我国国家标准 GB5698—85 中,颜色的定义为:色是光作用于人眼引起除形象以外的视觉特性。根据这一定义,色是一种物理刺激作用于人眼的视觉特性,而人的视觉特性是受大脑支配的,也是一种心理反映。所以,色彩感觉不仅与物体本来的颜色特性有关,而且还受时间、空间、外表状态以及该物体的周围环境的影响,同时还受各人的经历、记忆力、看法和视觉灵敏度等各种因素的影响。

在人类发展的漫长岁月里,人们无时无刻不与色彩打交道。色彩作为自然界的客观存在,本身是不体现思想感情的。但是,在人类对客观世界的认识和改造过程中,自然景物的色彩却逐步给人造成了一定的心理影响,产生了冷暖、软硬、远近、轻重等感受以及由色彩所产生的种种联想。例如,从红色联想到火焰,蓝色联想到大海,这种联想便产生了明确的概念,使人对不同的色彩产生不同的感觉。总之,我们看到的色彩,是光线的一部分经有色物体反射刺激我们的眼睛,在头脑中所产生的一种反映。

第三节 包装色彩学研究的内容

包装色彩学是研究并阐明自然色彩现象的基本规律、色彩美的规律以及色彩在人们生理和心理上所产生的视觉效果的科学。同时还是研究色彩设计方法、色彩描述理论和色彩复制技术的科学。

一、包装色彩是写实色彩与装饰色彩的有机统一

把自然色彩真实地再现于画面,称为写实色彩,而装饰色彩则是根据由自然色彩所获得的深刻感受,按照设计者自己的思想感情与创造才能熔铸在作品中,运用各种艺术手法与技巧,对自然色彩进行重新组合,使色彩的艺术感染力得到充分的发挥,以达到更为理想的效果,从而更好地表现出设计作品的主题。

写实色彩与装饰色彩是由于人们生活中的不同需要而长期发展起来的色彩应用的两大分支,而它们的共同基础则是自然色彩。写实色彩要求科学地、客观地去观察和分析自然景物的光源色、环境色、物体色的相互关系和变化规律;装饰色彩则着重于发现和研究自然色彩的形式美,研究自然色调中各种色相、明度、饱和度之间的对比及调和规律。

包装色彩是写实色彩与装饰色彩的有机统一,包装色彩必须以实际商品的色彩作为描绘的依据,但并不受商品色彩的限制和束缚,可以在商品色彩的基础上进行概括、提炼,也可以根据装饰美的需要,大胆地进行主观想象和创造,从而赋予商品包装特定的情感和内涵。

二、包装色彩是自然色彩、社会色彩和艺术色彩的有机统一

包装色彩涉及了自然色彩、社会色彩和艺术色彩。

自然色彩包括对色彩的自然美与色彩自然现象的研究、光的现象与光谱、色料的研究、色觉与生理等问题的研究。

光的现象和光谱的研究,是了解自然色彩的本质所不可缺少的关键所在。光是认识一切视觉现象的要素之一。对光与光谱方面知识的掌握,能直接影响对色彩观察的能力。这是因为光是色彩发生的原因,色只是其感觉的结果。

对色料的研究,包括对染料与颜料的深入探讨,是一项比较专门性的学科。不仅涉及色料呈色的基本原理,还包括色料的发色本质和色料的化学合成等问题。

色觉与生理是属于视觉现象方面的一项特殊的研究课题,探讨色觉的起源与特性、视觉器官的机能、结构与作用等问题。色彩美是透过眼睛而产生的。随着时代的发展,色觉与生理的研究范围还在不断扩大。

社会色彩包括色彩的文化史与色彩史,环境与色彩,设计色彩学或企业与色彩,商业色彩理论以及城市色彩学等内容。

色彩文化史包括色彩美术史、建筑史、工艺史、装饰史等。这些历史可供现代用色作借鉴,对于色彩配合、色彩和谐、色彩美感等方面的理论与实施都有很大的参考价值。

环境色彩学是研究环境与色彩问题的学科。人们在选择色彩时必须考虑周围环境与背景,在不同的环境条件下,对色彩有不同的嗜好和要求。

设计色彩学、企业色彩学以及商业色彩理论等,是有关建筑设计、工艺品、装饰品等在大量生产时如何适应人类生活需求的一门学问。包括色彩调查、色彩情报处理、拟定色彩政策以及色彩计划等。

商业色彩又称市场色彩,是重要的现代色彩学。色彩与广告、包装是商品与消费者之间重要的桥梁。商业色彩一方面具有社会色彩的性质,另一方面又带有满足人们美感的需要,即艺术色彩的特征。

艺术色彩包括色彩的组织与表述、色彩心理学、色彩的配合,色彩美学和色彩调和论,光的艺术与照明设计以及色彩的表现技术等。

色彩的组织是系统地利用色彩组合,典型的是色立体。早期利用色彩三属性,组织成第一个色彩的立体,从而开创了用代号表示色彩的方法。这对于配色思想的形成,研究色彩美学、色彩配合的秩序美等方面都有极大的指导作用。目前的孟赛尔颜色系统是使用得最为广泛的一种色彩组织。

色彩心理学是十分重要的学科,在自然欣赏、社会活动方面,色彩在客观上是对人们的一种刺激和象征,在主观上又是一种反应与行为。色彩心理透过视觉开始,从知觉、感情而到记忆、思想、意志、象征等,其反应与变化是极为复杂的。色彩的应用,很重视这种因果关系,即由对色彩的经验积累而变成对色彩的心理规范,当受到什么刺激后能产生什么反应,都是色彩心理所要探讨的内容。

色彩的配合,是研究实用色彩的题材。它主要追求色彩的和谐与色彩的美感。

纯粹色彩科学称为色彩工程学,包括表色法、测色法、色彩计划设计、色彩调节、色彩管理等。包装色彩学是色彩工程学在包装色彩设计与色彩复制等方面的具体应用,是自然色彩、社会色彩和艺术色彩的有机统一。包装色彩学从包装色彩出发,系统地反映色彩形成与表述、色彩设计与再现的现象与规律,是色彩构成、色度学及印刷色彩学等有关内容的有机结合,是对包装色彩感性认识和理性分析的有机结合。

第二章 色彩的物理理论



第一节 光源

一、色与光的关系

我们生活在一个多彩的世界里。白天，在阳光的照耀下，各种色彩争奇斗艳，并随着照射光的改变而变化无穷。但是，每当黄昏，大地上的景物，无论多么鲜艳，都将被夜幕缓缓吞没。在漆黑的夜晚，我们不但看不见物体的颜色，甚至连物体的外形也分辨不清。同样，在暗室里，我们什么色彩也感觉不到。这些事实告诉我们：没有光就没有色，光是人们感知色彩的必要条件，色来源于光。所以说：光是色的源泉，色是光的表现。

为了了解色彩产生的原因，首先必须对光作进一步的了解。

二、光的本质

人们对光的本质的认识，最早可以追溯到 17 世纪。从牛顿的微粒说到惠更斯的弹性波动说，从麦克斯韦的电磁理论到爱因斯坦的光量子学说，以至现代的波粒二象性理论。

光按其传播方式和具有反射、干涉、衍射和偏振等性质来看，有波的特征；但许多现象又表明它是有能量的光量子组成的，如放射、吸收等。在这两点的基础上，发展了现代的波粒二象性理论。

光的物理性质由它的波长和能量来决定。波长决定了光的颜色，能量决定了光的强度。光映射到我们的眼睛时，波长不同决定了光的色相不同。波长相同能量不同，则决定了色彩明暗的不同。

在电磁波辐射范围内，只有波长 $380 \sim 780\text{nm}$ ($1\text{nm} = 10^{-6}\text{mm}$) 的辐射能引起人们的视觉，这段光波叫做可见光，如图 2-1 所示。在这段可见光谱内，不同波长的辐射引起人们的不同色彩感觉。英国科学家牛顿在 1666 年发现，把太阳光经过三棱镜折射，然后投射到白色屏幕上，会显出一条像彩虹一样美丽的色光带谱，从红开始，依次接临的是橙、黄、绿、青、蓝、紫七色，如图 2-2 所示。这是因为日光中包含有不同波长的辐射能，在它们分别刺激我们的眼睛时，会产生不同的色光，而它们混合在一起并同时刺激我们的眼睛时，则是白光，我们感觉不出它们各自的颜色。但是，当白光经过三棱镜时，由于不同波长的折射系数不同，折射后投影在屏上的位置也不同，所以一束白光通过三棱镜便分解为上述七种不同的颜色，这种现象称为色散。从图 2-2 中可以看到红色的折射率最小，紫色最大。这条依次排列的彩色光带称为光谱。这种被分解过的色光，即使再一次通过三棱镜也不会再分解为其他的色光。我们把光谱中不能再分解的色光叫做单色光，由单色光混合而成的光叫做

复色光。自然界的太阳光、白炽灯和日光灯发出的光都是复色光。色散所产生的各种色光的波长如表 2-1 所示。

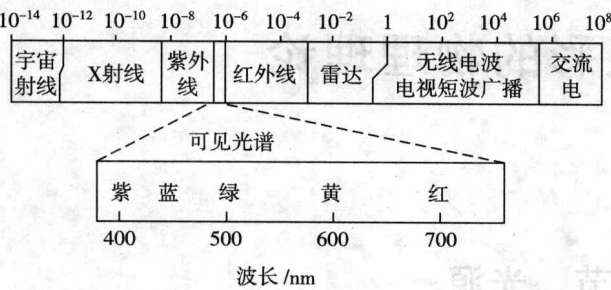


图 2-1 电磁波及可见光波长范围

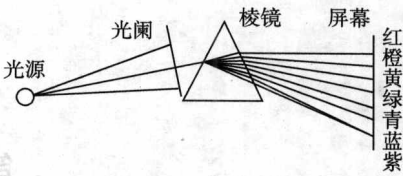


图 2-2 色散现象

表 2-1 各色光的波长

光色	波长 λ /nm	代表波长
红 (Red)	780 ~ 630	700
橙 (Orange)	630 ~ 600	620
黄 (Yellow)	600 ~ 570	580
绿 (Green)	570 ~ 500	550
青 (Cyan)	500 ~ 470	500
蓝 (Blue)	470 ~ 420	470
紫 (Violet)	420 ~ 380	420

三、相对光谱能量分布

一般的光源是不同波长的色光混合而成的复色光，如果将它的光谱中每种色光的强度用传感器测量出来，就可以获得不同波长色光的辐射能的数值。图 2-3 就是一种用来测量各波长色光的辐射能仪器的简要原理图，这种仪器称为分光辐射度计。

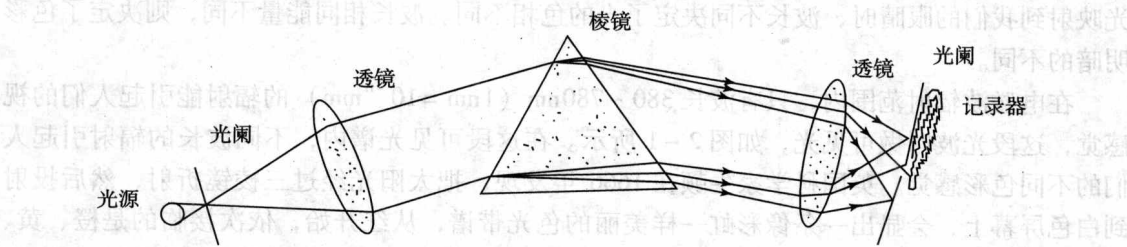


图 2-3 分光辐射度计原理图

图 2-3 表明，光源经过左边的隙缝和透镜变成平行光束，投向棱镜的入射平面，当入射光通过棱镜时，由于折射，使不同波长的色光，以不同的角度弯折，从棱镜的入射平面射出。任何一种分解后的光谱色光在离开棱镜时，仍保持为一束平行光，再由右边的透镜聚光，通过隙缝射在光电接收器上转换为电能。如果右边的隙缝是可以移动的，就可以把光谱中任意一种谱色挑选出来，所以，在光电接收器上记录的是光谱中各种不同波长色光的辐射

能。若以 ϕ_e 表示光的辐射能, λ 表示光谱色的波长, 则定义: 在以波长 λ 为中心的微小波长范围内的辐射能与该波长的宽度之比称为光谱密度。

$$\phi_e(\lambda) = d\phi_e / d\lambda \text{ (W/nm)}$$

光谱密度表示了单位波长区间内辐射能的大小。通常光源中不同波长色光的辐射能是随波长的变化而变化的, 因此, 光谱密度是波长的函数。光谱密度与波长之间的函数关系称为光谱分布。

在实用上更多的是以光谱密度的相对值与波长之间的函数关系来描述光谱分布, 称为相对光谱能量(功率)分布, 记为 $S(\lambda)$ 。相对光谱能量分布可用任意值来表示, 但通常是取波长 $\lambda = 555\text{nm}$ 处的辐射能量为 100, 作为参考点, 与之进行比较而得出的。若以光谱波长 λ 为横坐标, 相对光谱能量分布 $S(\lambda)$ 为纵坐标, 就可以绘制出光源相对光谱能量分布曲线。

知道了光源的相对光谱能量分布, 就知道了光源的颜色特性。反过来说, 光源的颜色特性, 取决于在发出的光线中, 不同波长上的相对能量比例, 而与光谱密度的绝对值无关。绝对值的大小只反映光的强弱, 不会引起光源颜色的变化。从图 2-4 中可以看到: 正午的日光有较高的辐射能, 它除在蓝紫色波段能量较低外, 在其余波段能量分布较均匀, 基本上是无色或白色的。荧光灯光源在 405nm、430nm、540nm 和 580nm 出现四个线状带谱, 峰值在 615nm, 而后在长波段(深红)处能量下降, 这表明荧光光源在绿色波段(550~560nm)有较高的辐射能, 而在红色波段(650~700nm)辐射能减弱。对比之下, 白炽灯光源, 它在短波蓝色波段, 辐射能比荧光光源低, 而在长波红色区间, 有相对高的能量。因此, 白炽灯光源, 总带有黄红色。红宝石激光器发出的光, 其能量完全集中在一个很窄的波段内, 大约为 694nm, 看起来是典型的深红色。在颜色测量计算中, 为了使其测量结果标准化, 就要采用 CIE 标准光源(如 A、B、C、D₆₅等)。CIE 标准光源将在第 9 页介绍。

根据对图 2-4 各曲线的分析表明, 没有一种实际光源的能量分布是完全均匀一致的, 也没有一种完全的白光; 然而, 尽管这些光源(自然光或人造光)在光谱分布上有很大的不同, 在视觉上也有差别, 但由于人眼有很强的适应性, 因此, 习惯上这些光都称为“白光”。但是在色彩的定量研究中, 1931 年国际照明委员会(缩写 CIE)建议, 以等能量光谱作为白光的定义, 等能白光的意义是: 以辐射能作纵坐标, 光谱波长为横坐标, 则它的光谱能量分布曲线是一条平行横轴的直线。即: $S(\lambda) = C$ (常数)。等能白光分解后得到的光谱称为等能光谱, 每一波长为 λ 的等能光谱色光的能量均相等。

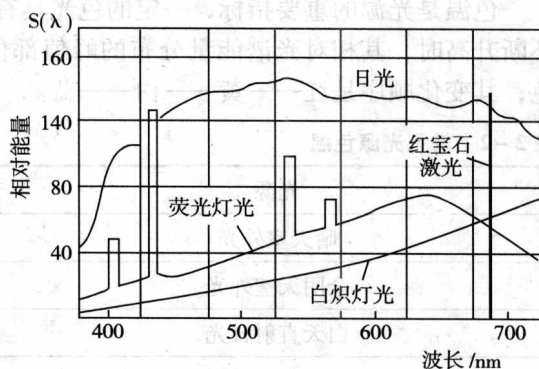


图 2-4

四、光源色温

能自行发光的物体叫做光源。光源的种类繁多, 形状千差万别, 但大体上可分为自然光源和人造光源。自然光源受自然气候条件的限制, 光色瞬息万变, 不易稳定, 如最大的自然光源——太阳。人造光源有各种电光源和热辐射光源, 如电灯光源等。

不同的光源，由于发光物质不同，其光谱能量分布也不相同。一定的光谱能量分布表现为一定的光色，对光源的光色变化，我们用色温来描述。

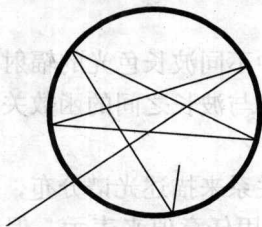


图 2-5 绝对黑体示意图

根据能量守恒定律：物体吸收的能量越多，加热时它辐射的本领越大。黑色物体对光能具有较大的吸收能力。如果一个物体能够在任何温度下全部吸收任何波长的辐射，那么这个物体称为绝对黑体。绝对黑体的吸收本领是一切物体中最大的，加热时它辐射本领也最大。天然的、理想的绝对黑体是不存在的。人造黑体是用耐火金属制成的具有小孔的空心容器，如图 2-5 所示，进入小孔的光，将在空腔内发生多次反射，每次反射都被容器的内表面吸收一部分能量，直到全部能量被吸收为止，这种容器的小孔就是绝对黑体。

黑体辐射的发射本领只与温度有关。严格地说，一个黑体若被加热，其表面按单位面积辐射光谱能量的大小及其分布完全决定于它的温度。因此我们把任一光源发出的光的颜色与黑体加热到一定温度下发出的光的颜色相比较，来描述光源的光色。所以色温可以定义为：“当某一种光源的色度与某一温度下的绝对黑体的色度相同时绝对黑体的温度。”因此，色温是以温度的数值来表示光源颜色的特征。在人工光源中，只有白炽灯灯丝通电加热与黑体加热的情况相似。对白炽灯以外的其他人工光源的光色，其色度不一定准确地与黑体加热时的色度相同。所以只能用光源的色度与最相接近的黑体的色度的色温来确定光源的色温，这样确定的色温叫相对色温。

色温用绝对温度“K”表示，绝对温度等于摄氏温度加 273。如正午的日光具有色温为 6500K，就是说黑体加热到 6500K 时发出的光的颜色与正午的颜色相同。其他如白炽灯色温约为 2600K。表 2-2 列出了一些常见的光源色温。

色温是光源的重要指标，一定的色光具有一定的相对能量分布：当黑体连续加热，温度不断升高时，其相对光谱能量分布的峰值部位将向短波方向变化，所发的光带有一定的颜色，其变化顺序是红——黄——白——蓝。

表 2-2 常见光源色温

光源	色温/K
晴天室外光	13000
全阴天室外光	6500
白天直射日光	5550
45°斜射日光	4800
昼光色、荧光灯	6500
氙灯	5600
炭精灯	5500 ~ 6500

五、光源显色性

人类在长期的生产生活实践中，习惯于在日光下辨认颜色。尽管日光的色温和光谱能量分布随着自然条件的变化有很大的差异，但人眼的辨认能力依然是准确的。这是人们在自然光下长期实践对颜色形成了记忆的结果。

随着照明技术的发展,许多新光源的开发利用,人们经常在不同的环境下辨认颜色。有些灯光的颜色与日光很相似,如荧光灯、汞灯等,但其光谱能量分布与日光却有很大的差别。这些光谱中缺少某些波长的单色光成分。人们在光源下观察到的颜色与日光下看到的颜色是不同的,这就涉及光源的显色性问题。

什么是光源的显色性?由于同一个颜色样品在不同的光源下可能使人眼产生不同的色彩感觉,而在日光下物体显现的颜色是最准确的。因此,可以用日光标准(参照光源),将白炽灯、荧光灯、钠灯等人工光源(待测光源)与其比较,显示同色能力的强弱叫做该人工光源的显色性。我国国家标准 GB5702—85《光源显色性评价方法》中规定用普朗克辐射体(色温低于 5000K)和组合日光(色温高于 5000K)作参照光源。为了检验物体在待测光源下所显现的颜色与在参照光源下所显现的颜色相符的程度,采用“一般显色性指数”作为定量评价指标,显色性指数最高为 100。显色性指数的高低,就表示物体在待测光源下“变色”和“失真”的程度。例如,在日光下观察一幅画,然后拿到高压汞灯下观察,就会发现,某些颜色已变了色。如粉色变成了紫色,蓝色变成了蓝紫色。因此,在高压汞灯下,物体失去了“真实”颜色。如果在黄色光的低压钠灯底下来观察,则蓝色会变成黑色,颜色失真更厉害,显色指数更低。光源的显色性是由光源的光谱能量分布决定的。日光、白炽灯具有连续光谱,连续光谱的光源均有较好的显色性。

通过对新光源的研究发现,除连续光谱的光源具有较好的显色性外,由几个特定波长色光组成的混合光源也有很好的显色效果。如 450nm 的蓝光、540nm 的绿光、610nm 的橘红光以适当比例混合所产生的白光,虽然为高度不连续光谱,但却具有良好的显色性。用这样的白光去照明各色物体,都能得到很好的显色效果。

光源的显色性以一般显色性指数 Ra 值区分:

Ra 值为 100 ~ 75	显色优良
75 ~ 50	显色一般
50 以下	显色性差

光源显色性和色温是光源的两个重要的颜色指标。色温是衡量光源色的指标,而显色性是衡量光源视觉质量的指标。假若光源色处于人们所习惯的色温范围内,则显色性应是光源质量的更为重要的指标。这是因为显色性直接影响着人们所观察到的物体的颜色。

六、光源三刺激值

在定量研究中我们发现,某种光源所发出的光,可以通过红、绿、蓝三种单色光按不同比例混合匹配产生。这种用来匹配某一特定光源所需要的红、绿、蓝三原色的量叫做该光源的三刺激值。光源的红、绿、蓝三刺激值分别用 X_0 、 Y_0 、 Z_0 来表示。关于三刺激值的相关内容,可参看第五章。

七、标准光源

我们知道,照明光源对物体的颜色影响很大。不同的光源,有着各自的光谱能量分布及颜色,在它们的照射下物体表面呈现的颜色也随之变化。为了统一对颜色的认识,首先必须要规定标准的照明光源。因为光源的颜色与光源的色温密切相关,所以 CIE 规定了五种标准照明体的色温标准:

标准照明体 A:代表完全辐射体在 2856K 发出的光 ($X_0 = 109.87$, $Y_0 = 100.00$, $Z_0 = 35.59$);

标准照明体 B：代表相关色温约为 4874K 的直射阳光 ($X_0 = 99.09$, $Y_0 = 100.00$, $Z_0 = 85.32$)；

标准照明体 C：代表相关色温大约为 6774K 的平均日光，光色近似阴天天空的日光 ($X_0 = 98.07$, $Y_0 = 100.00$, $Z_0 = 118.18$)；

标准照明体 D_{65} ：代表相关色温大约为 6504K 的日光 ($X_0 = 95.05$, $Y_0 = 100.00$, $Z_0 = 108.91$)；

标准照明体 D：代表标准照明体 D_{65} 以外的其他日光。

CIE 规定的标准照明体是指特定的光谱能量分布，是规定的光源颜色标准。它并不是必须由一个光源直接提供，也并不一定用某一光源来实现。为了实现 CIE 规定的标准照明体的要求，还必须规定标准光源，以具体实现标准照明体所要求的光谱能量分布。CIE 推荐下列人造光源来实现标准照明体的规定：

标准光源 A：色温为 2856K 的充气螺旋钨丝灯，其光色偏黄。

标准光源 B：色温为 4874K，由 A 光源加罩 B 型 D-G 液体滤光器组成，光色相当于中午日光。

标准光源 C：色温为 6774K，由 A 光源加罩 C 型 D-G 液体滤光器组成，光色相当于有云的天空光。

CIE 标准光源 A、B、C 的相对光谱能量分布曲线如图 2-6 所示。

CIE 标准照明体 A、B、C 由标准光源 A、B、C 实现，但对于模拟典型日光的标准照明体 D_{65} ，目前 CIE 还没有推荐相应的标准光源。因为它的光谱能量分布在目前还不能由真实的光源准确地实现。当前国际上正在进行着与标准照明体 D_{65} 相对应的标准光源的研制工作。

现在研制的三种模拟 D_{65} 人造光源分别为：带滤光器的高压氙弧灯、带滤光器的白炽灯和荧光灯。它们的相对光谱能量分布与 D_{65} 有所符合，带滤光器的高压氙弧灯提供了最好的模拟，带滤光器的白炽灯在紫外区的模拟尚不太理想，荧光灯的模拟较差。为了满足精细辨色生产活动的需要，还有采用荧光灯和带滤器的白炽灯组成的混光光源，称为 D_{75} 光源。其色温可达 7500K，主要运用在原棉评级等精细辨色工作中。

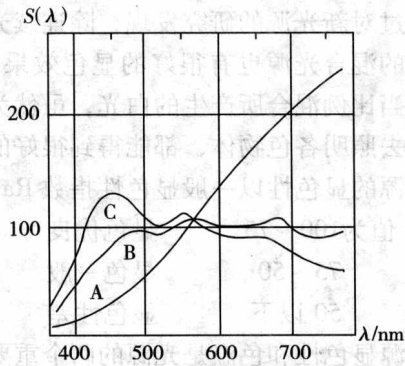


图 2-6 标准光源相对光谱能量分布

第二节 色彩混合

一、色光加法

(一) 色光三原色的确定

三原色的本质是三原色具有独立性，三原色中任何一色都不能用其余两种色彩合成。另