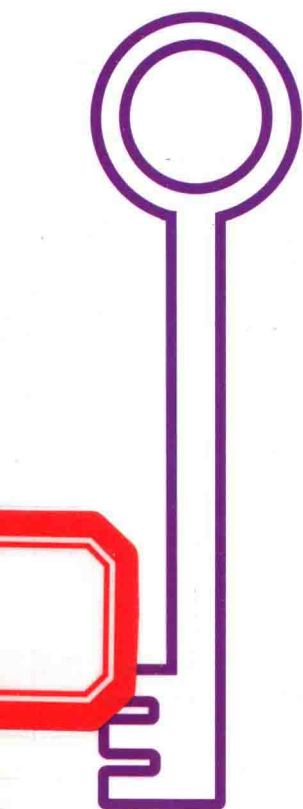


色彩理论与实务 实验指导书

编 著：王晓红 徐 敏
主 审：郑元林

SECAI LILUN YU SHIWU
SHIYAN ZHIDAOSHU



文化发展出版社
Cultural Development Press

色彩理论与实务实验指导书

编 著：王晓红 徐 敏
主 审：郑元林



文化发展出版社
Cultural Development Press

内容提要

本书是针对色彩学、印刷色彩学等课程的理论教学而系统编写的实验指导书，主要内容分为三个部分共计 23 个实验，包含了视觉颜色感知的心理物理学实验、颜色的描述与评测和颜色复制控制与检测。通过系统的实验操作与训练，学生或教材使用者可以更好地学习、理解和掌握色度学、印刷色彩学的基本原理与技术应用。

本书可供印刷工程、包装工程、数字印刷等专业的本科或专科院校学生学习印刷色彩学和艺术设计研究生学习设计色彩学的教学使用，也适合于从事与色彩相关工作的工程技术人员参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

色彩理论与实务实验指导书/王晓红, 徐敏编著. —北京: 文化发展出版社, 2016.1

ISBN 978-7-5142-1276-1

I. ①色… II. ①王… ②徐… III. ①色彩学—高等学校—教学参考资料 IV. ①J063

中国版本图书馆CIP数据核字(2015)第286680号

色彩理论与实务实验指导书

编 著: 王晓红 徐 敏

主 审: 郑元林

策划编辑: 张宇华

责任编辑: 刘淑婧

责任校对: 岳智勇

责任印制: 孙晶莹

责任设计: 侯 铮

出版发行: 文化发展出版社 (北京市翠微路 2 号 邮编: 100036)

网 址: www.printhome.com www.keyin.cn

经 销: 各地新华书店

印 刷: 北京易丰印捷科技股份有限公司

开 本: 787mm × 1092mm 1/16

字 数: 174千字

印 张: 8.5

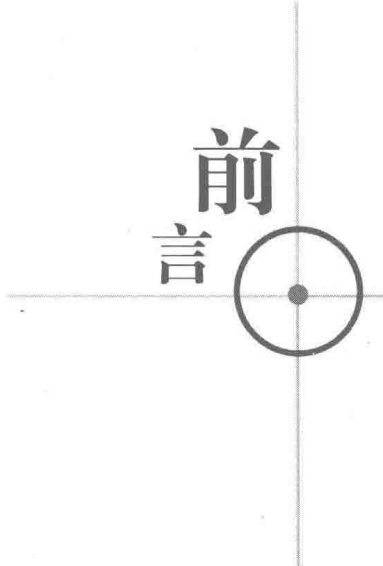
印 次: 2016年1月第1版 2016年1月第1次印刷

定 价: 32.00元

I S B N : 978-7-5142-1276-1

◆ 如发现任何质量问题请与我社发行部联系。发行部电话: 010-88275710

前言



色彩学是研究人类颜色视觉规律、颜色测量理论和技术的科学，它涉及物理光学、视觉生理、视觉心理和心理物理等学科领域，是一门综合性的科学，也是印刷色彩学、设计色彩学的基础。印刷色彩学则是色彩学的一个具体应用领域，除了要掌握色彩学的基本理论之外，还需要了解色彩在印刷复制过程中的分解、传递、合成以及影响色彩变化的原因以及控制手段。

为了适应本科专业教学的需求，加强学生理论学习和技术转化的能力，促进和提高相关专业教学水平，尤其是提高学生动手实践能力，实验指导书的编写显得更为重要。本实验指导书既可以作为印刷色彩学课程和教材的配套实验指导，也可以单独使用，目的是通过一系列实验练习和实践训练使学生或教材使用者巩固所学的理论知识 and 技能技巧。

全书根据色彩学的理论以及应用实务，结合笔者多年的教学经验和教学需要，精心设计了3个部分23个实验。每一个实验都配备色彩基本理论知识，帮助使用者了解实验的理论背景和理论知识。同时翔实的实验过程可以使使用者达到自己学习、自我实践的目的。最后的实验分析确保每一个实验者都会在色彩理论学习和实践能力等方面得到提高。

本书的编写得到了上海理工大学出版印刷学院院领导和学校教务处的的大力支持，同时丁桂芝、章婷、姜继春、刘玄玄、洪建华、况盛坤、李杰、魏代海、麻祥才、郭少东、王禹琛、孙业强、刘丽丽等同学帮助完成了书中的部分文字内容和图片的整理工作，在此表示真诚的感谢。

本书的编写获得印刷工程专业“卓越工程师培养计划”项目资助。

本书可供印刷工程、包装工程、数字印刷等专业的本科或专科院校学生学习印刷色彩学和艺术设计研究生学习设计色彩学时使用，也适合于从事与色彩相关工作的工程技术人员参考。

编者
2015年10月

目 录

第一篇 视觉颜色感知的心理物理学实验

实验一 色彩感觉	2
实验二 不同刺激下人眼的色彩感知	6
实验三 人眼主观观察条件的确定	10
实验四 色貌现象	16
实验五 光源显色性评价	24
实验六 同色异谱的目视评价	28

第二篇 颜色的描述与评测

实验一 常用表色系统认知与应用	32
实验二 常见混色系统认知与应用	37
实验三 常见色谱的认知与应用	40
实验四 人眼视觉观察能力的测试	43
实验五 均匀颜色空间及色差的概念与应用	49
实验六 颜色主观观测环境与评价方法	53
实验七 颜色测量仪器的认知与应用	58

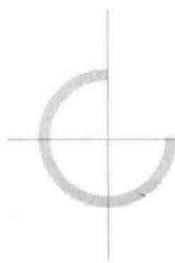
第三篇 颜色复制控制与检测

实验一 彩色图像扫描与调整实验	69
实验二 数字分色技术	76
实验三 显示器色彩再现与还原评价	80
实验四 不同软件中色彩管理的实施	84
实验五 基于密度空间的印刷品质量评测	100
实验六 基于色度空间印刷品质量评测	102
实验七 印刷测试样张质量综合评价	104
实验八 印刷品均匀性测定	106
实验九 颜色质量检测与评价	109
实验十 色表认知、评价与制作	116
参考文献	125

第一篇

视觉颜色感知的心理物理学实验

- 实验一 色彩感觉
- 实验二 不同刺激下人眼的色彩感知
- 实验三 人眼主观观察条件的确定
- 实验四 色貌现象
- 实验五 光源显色性评价
- 实验六 同色异谱的目视评价



实验一

色彩感觉

一、基本理论知识

人的心理活动是一个极为复杂的过程，它由不同的形态所组成，如感觉、知觉、思维、情绪、联想等，视觉是人的各种内在感觉的一种。当视觉形态的形和色作用于人的心理时，并非是对某物或者某个颜色个别属性的反应，而是一种综合的、整体的心理反应。色彩的嗜好和色彩的象征性也会给色彩带来某种特别的心理效应，称之为色彩心理。

色彩心理是人对所看到的色彩的视觉刺激和心理暗示产生的系列联想。鲜亮的红色、橙色和黄色能够令人精神振奋，而蓝色和绿色则能平静我们的情绪；高纯度的色彩会给人们华丽、气派的感觉，而低纯度的色彩给人一种朴实、素雅质感，混入黑色和灰色的冷色调，其沉闷、压抑的色彩环境令人意志消沉和绝望的感觉。色彩感觉的直感性心理效应与多种因素有关，但是其中共性的感觉还是很多，如色彩的冷暖感、空间感、大小感、轻重感、柔软感、明暗感、强弱感、兴奋与沉静感、明快与忧郁感、华丽与朴实感等。不管是色彩的冷与暖、湿与干、远与近、轻与重、弱与强、柔软与坚硬、华丽与朴素都同我们的视觉经验与心理联想有关，这些感觉偏向于物理感觉的印象，而不是物理的真实物象，是我们的心理作用产生的主观印象。图 1.1.1（彩图 1）所示为不同颜色的心理感知。

接下来，我们将围绕色彩的前进与后退感具体讲解一下颜色是如何影响心理感知的。首先让我们来看几个例子。

例 1：在黑暗的舞厅中心旋转的玻璃反色球反射出红、黄、蓝、紫四色光点好像是在太空中运行的星际，我们可以发现，在这些四色光点中，红、黄光点似乎近些，而蓝、紫光点似乎远一些。

例 2：清晨，太阳只照在雪山顶上，其他山林均处于冷灰色的迷雾中，此时橙黄色的雪山顶显得格外近，结构清晰可辨。此时写生，万不可被这种前进感所迷惑，否则，雪山

就无法推远。待太阳完全升上天空，所有的山林大地均被太阳所普照，此时再看雪山，一下子被推得很远很远，此时的远近才是正确的感觉。

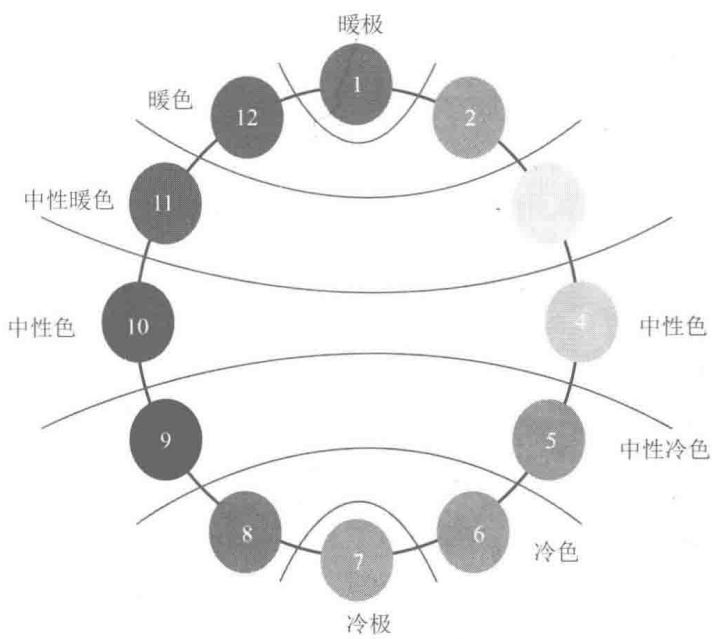


图 1.1.1 不同颜色的心理感知

即便是中午看雪山，雪显得十分明亮，洁白明净，但在写生时也不可用纯白去写生，需加冷色，因为雪山离我们很远很远，在这之间有大量的空气和水分子，只要与其他景物比较即可发现，这就是色彩的透视。

原因剖析：

从生理学上讲，人眼的晶状体的调节，对于距离的变化是非常敏感的。但它也是有限度的，对于长波微小的差异无法正确精准地进行调节，这就造成波长长的颜色是暖色，如红、橙等颜色在视网膜上形成内侧影像。而波长短的颜色则通常称之为冷色，如蓝、紫等色在视网膜上形成的外侧影像，从而使人产生暖色具有前进感、冷色具有后退感等颜色心理感觉。如图 1.1.2 所示。

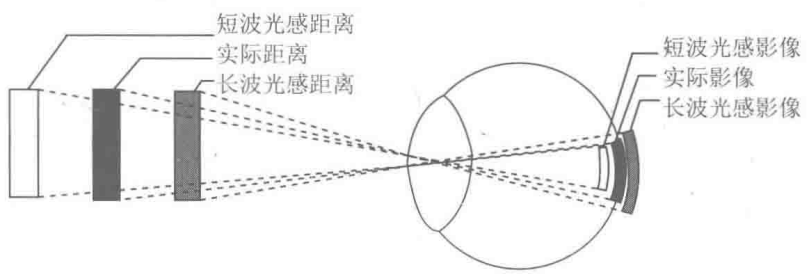


图 1.1.2 长、短波型光在人眼视网膜上所成影像示意图

综合起来，色彩的前进感与后退感、膨胀感与收缩感有如表 1.1.1 所示的规律。

表 1.1.1 色彩心理感觉规律

膨胀前进	暖	高彩度	大面积	亮色(暗底中)	对比色	集聚色	明度对比强
收缩后退	冷	低彩度	小面积	暗色(亮底中)	调和色	分散色	明度对比弱

二、实验目的

1. 了解不同颜色的色性和调性的各自特征。
2. 了解色彩直感性心理效应的特征。

三、实验要求

1. 在对心理物理学实验原理、方法了解的基础上，能够自行设计色彩变化对人所产生的直感性心理效应实验，并完整地完成实验过程。
2. 总结和分析颜色的色性和调性的心理色彩感觉。

四、实验设备与材料

数字印刷机，纸张，标准光源，显示器。

五、实验步骤

1. 根据色彩的不同感觉特性，设计出能够表达色彩直感性心理效应特征的图案。

如图 1.1.3 所示，就是一个简要的颜色对心理感知物体大小产生影响的简单设计。这种简易的设计图可以在 Photoshop 软件中通过简单的绘制而得到。根据我们上面所说，亮色会让人心理上觉得更加膨胀，在该图中，左半边图黑色背景中的白色方框给人的感觉就比右半边图中白色背景中的黑色方框要大，但实际上在设计时这两个方框的大小是一致的。类似的，可设计一些其他能够表达心理效应的图案。

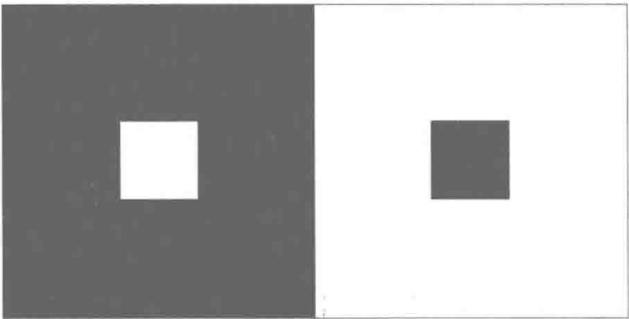


图 1.1.3 颜色影响心理感知物体大小示意图

2. 选用 2 种不同的纸张，将设计的图案在数字印刷机上进行输出，获取纸质印刷图案。
3. 在相对统一的观察环境下，逐次观察纸质印刷图案，并记录色彩的直感性心理效应，包括色彩的冷暖感、空间感、大小感、轻重感、柔软感、明暗感、强弱感、兴奋与沉静感、

明快与忧郁感、华丽与朴实感等。

颜色空间感示意图如 1.1.4 所示。该图中每个方格都是正方形，而且横竖都是直线，由于颜色空间感的影响，我们看起来会感觉图片中央有凸起，而且直线给人的感觉像是曲线。

类似的我们也可以设计冷暖色调影响下的颜色心理效应。

图 1.1.5（彩图 2）所示则是颜色的运动感示意图。持续看一下这幅图片，我们可以清晰地感觉到图中央的小圆在转动。

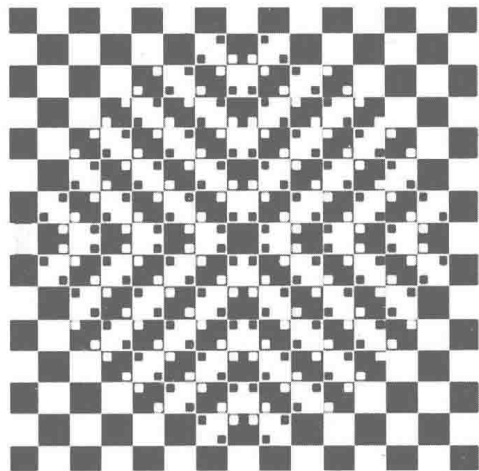


图 1.1.4 颜色空间感示意图

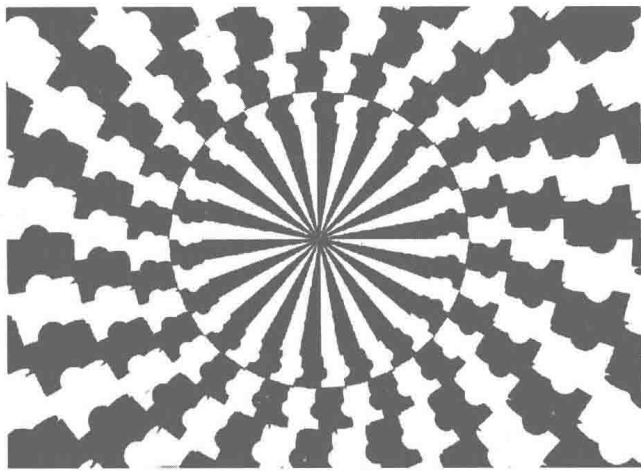


图 1.1.5 颜色的运动感示意图

4. 将设计图案显示在显示器上，在同一观察环境下同时对比纸质印刷图案和电子图案，并对两幅图案所引发的直感性心理效应进行测试。

六、实验结果分析

1. 记录并统计不同观察者对不同色彩的直感性心理效应特征，并从颜色的本质光谱属性以及心理三属性对这些色彩进行分析和归类。

2. 比对相同色彩图案在不同载体上，即反射物体和自发光物体上色彩直感性心理效应的不同。

实验二

不同刺激下人眼的色彩感知

一、基本理论知识

人眼产生色彩的四大要素包括：眼睛、大脑、物体和外界光源，如图 1.2.1 所示。对于同一个观察者来说，前两个要素是相对稳定的，因此不同的物体在不同的外界环境下会产生不同的色彩感知。在日常的生活中，由于观察条件，即作用在物体上的外界刺激的变化而导致人眼色彩感知变化的情况是最多的。

一般情况下，作用在物体上的外界刺激包括光源、光源照度、观察背景以及周围观察环境，这些要素的改变都会带来人眼色彩感知的变化。

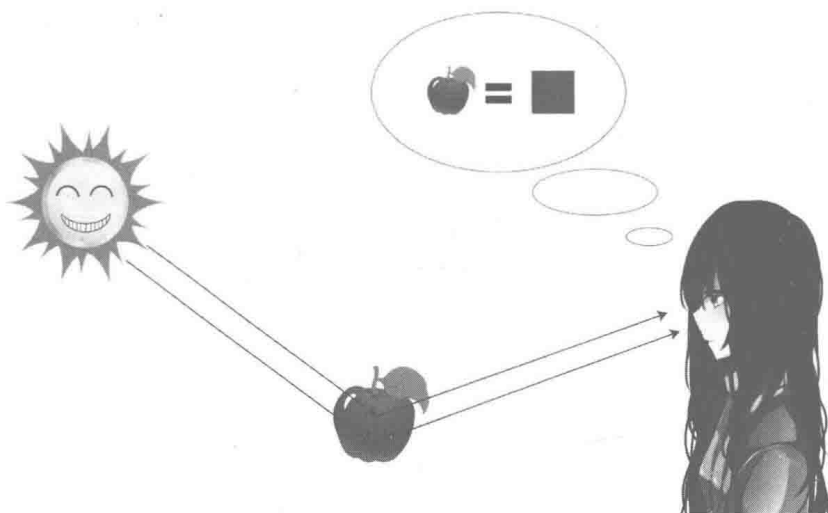


图 1.2.1 色彩形成要素

色彩感知是由人眼在观察物体时产生的，人眼视觉感知过程中的生理器官主要由眼球、角膜、虹膜、晶状体、玻璃体液、视网膜、成像元等组成，如图 1.2.2 所示。

然而人们对于色彩的感知不仅取决于人眼提取的视觉图像的各方面信息，还取决于中枢神经系统对这些信息的分析和诠释。因此，视觉的感知过程不仅是一种生理上的感应更是一种心理上的感知，到目前为止尚未发现一种数学模型可以模拟人类的这种视觉感知现

象。比如图 1.2.3 是明度相同、大小相同的两个立方体，饱和度高的感觉轻，饱和度低感觉重，这是一种视觉心理现象，很难用准确的模型进行描述。

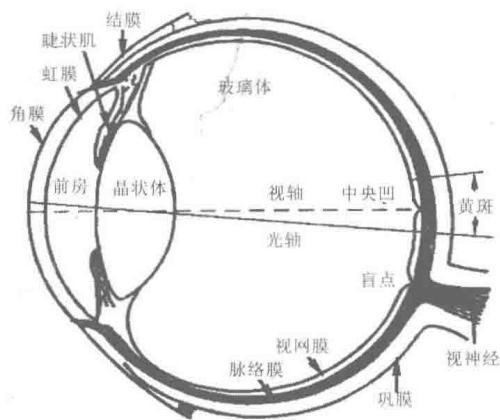


图 1.2.2 人眼结构

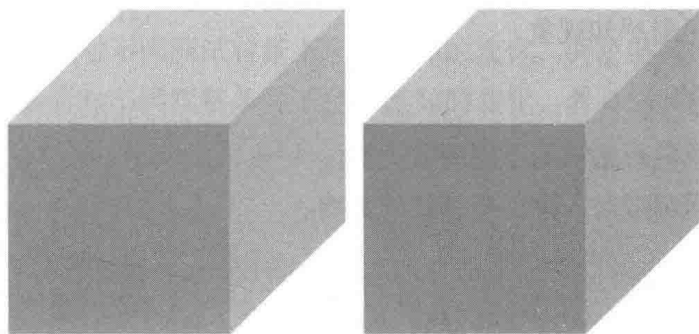


图 1.2.3 颜色的心理感知

一般情况下，作用在物体上的外界刺激包括光源、光源照度、观察背景以及周围观察环境，这些要素的改变都会带来人眼色彩感知的变化。图 1.2.4（彩图 3）是不同背景下的色彩感知现象。

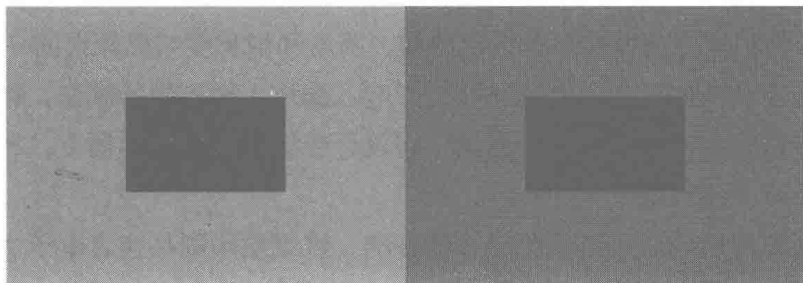


图 1.2.4 不同背景下的色彩感知

众所周知，观察颜色离不开观察光源，没有光就没有色彩。物理学的知识告诉我们，可见光也是一种电磁波，它的波长范围是 $380 \sim 760\text{nm}$ 。目前标准光源中常使用的几种光

源是 D50、D65、D75、A 光源、F 光源、UV 等。D50（色温 5000K）光源是一种发光体的颜色略为偏暖色调的光源，D65 色温（6500K）光源是一种发光体的颜色略为偏冷色调的光源。在美国 D65 光源逐步被 D50 光源取而代之，但在中国 D65 目前仍然是大量使用的标准色温之一。A 光源是一种色温为 2856K 的白炽灯光源，F 光源是一种色温为 2700K 的白炽灯光源，以上光源都不是标准色温的光源，只是模拟在某些特殊场合（例如商店、家庭）观察物品时所使用的照明光源的色温。在不同的光源下人眼感知的颜色也是不同的，如图 1.2.5（彩图 4）所示。

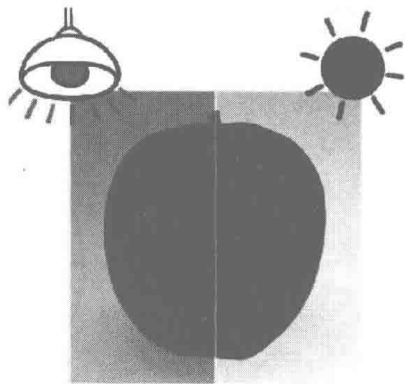


图 1.2.5 不同光源下的色彩感知

不同的纸张具有不同的特性，比如平滑度、白度、吸收性等，这些特性都会对色彩感知产生一定的影响，另外不同的电子设备具有不同的呈色特性，同一种颜色在不同的设备上也会产生不同的色彩感知现象。

二、实验目的

1. 了解影响人眼色彩感知的不同刺激类型。
2. 基本掌握不同刺激对人眼色彩感知的影响。

三、实验要求

1. 设计影响人眼感知的不同刺激试验。
2. 能够变换各种不同外界刺激，获取人眼色彩感知的不同感受。

四、实验设备与材料

数字印刷机、纸张、标准光源、显示器。

五、实验步骤

1. 根据色彩的不同感觉特性，设计出色相、明度和饱和度差异较大的一组色块。
2. 测试色彩显示载体对人眼颜色感知的影响。选用 2 种不同的纸张，将设计的图案在数字印刷机上进行输出，获取纸质印刷品，将设计色块显示在显示器上，在同一观察环境下同时对纸质印刷品和电子文件。
3. 测试不同光源照射对人眼颜色感知的影响。将纸质印刷品或者电子文件置于两种不同的标准光源下，双目同时比较或者采用记忆法对颜色的变化进行感知，并描述颜色变化的规律。
4. 测试同一光源不同亮度照射对人眼颜色感知的影响。将纸质印刷品或者电子文件置于同一个标准光源下，改变光源照射的强度，双目同时比较或者采用记忆法对颜色的变化

进行感知，并描述颜色变化的规律。

5. 测试不同背景对于人眼色彩感知的影响。常规情况下，背景分为灰度背景和彩色背景，灰度背景的变化主要是明暗的变化，彩色背景的变化则包括颜色三属性，即色相、明度和饱和度三个维度的变化。测试不同灰色背景和彩色背景对于人眼色彩感知的影响。

6. 测试不同观察环境对于人眼色彩感知的影响。在很多情况下，尤其是在工业测试环境中，一般都尽可能把颜色观察环境设置为简单环境，而现实生活中人眼则需要在很多的复杂环境或场景感知色彩。因此，设计不同的复杂环境采用双目比较或者采用记忆法对颜色的变化进行感知，并描述颜色变化的规律。

六、实验结果分析

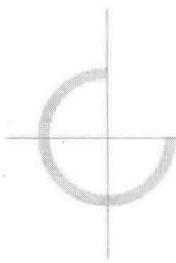
1. 记录和分析观察者对不同色彩形成机理载体所传达的色彩感知变化，并总结其中的规律。

2. 记录和分析观察者对不同光源照射下色彩感知的变化，并总结其中的规律。

3. 记录和分析观察者对同一光源不同亮度照射下色彩感知的变化，并总结其中的规律。

4. 记录和分析观察者对不同测试背景下色彩感知的变化，并总结其中的规律。

5. 记录和分析观察者对不同观察条件下色彩感知的变化，并总结其中的规律。



实验三

人眼主观观察条件的确定

一、基本理论知识

色彩在显示器上的显示效果是经过观察者的视觉感知后形成的对色彩、饱和度、明度的整体评价。经 CIE 测试证明，人眼在不同视场时，对于外界刺激所产生的颜色感知是不同的，因此，在对色彩进行观察、评价时，要保证色彩感知数据获得的可靠性、精准性和重复性。对于彩色显示器而言，由于周围环境影响显示器直观评价结果，因此在进行彩色显示器的主观评价实验时为保证实验结果的准确性必须在标准观察条件下进行。目前，针对各类反射物体、电视以及彩色显示器主观观察条件的标准有很多，如 ISO-3664（2009）、ITU-RBT.500-11（2002）以及 ISO-12646（2008）等，这些标准明确规定了显示器进行视频主观评价时外界环境照度、显示器参数、观察角度和观察距离等。

1. ISO-3664（2009）显示器主观观察条件

（1）彩色显示器照明条件分析

ISO-3664（2009）分别从照明体、亮度 / 照度、显色性、同色异谱、照度均匀性和环境照明 6 个方面规定了彩色显示器的照明条件，如表 1.3.1 所示。

表 1.3.1 ISO-3664（2009）彩色显示器主观观察照明条件

观察条件	参考照明体		亮度 / 照度		显色性 指数	同色异谱 指数	照明均 匀性	环境照明的反射率 / 照度 / 亮度
	照明体	色度容差	照度 lx	亮度 cd/m ²				
彩色显示器	D65	0.025	—	>80(>160)	不适用	不适用	不适用	中性灰、暗灰或黑

该标准表不适用于硬打样和软打样直接比较的观察条件。

（2）彩色显示器主观观察条件分析

- ①色度。彩色显示器的白点色度要与 D65（6500K）接近一致。
- ②亮度。显示器白点亮度应 $\geq 80 \text{ cd/m}^2$ ，超过 160 cd/m^2 最佳。
- ③环境照度。外界环境光照度尽可能低，当关闭显示器时不能超过显示器白的亮度的 1/4，不超过 1/8 时最佳。

④周围场条件。ISO-3664（2009）规定彩色显示器所处的周围环境必须为中性灰，无杂散光。在视觉范围内无强烈颜色和视觉干扰的区域（包括观察者服饰），避免在显示器屏幕上产生反射。

2. 显示器尺寸与观察距离

ITU-R BT.500-11（2002）对 CRT 显示器尺寸与观察距离之间的关系进行了规定，如表 1.3.2 所示。

表 1.3.2 ITU-RBT.500-11（2002）主观评价观察距离

屏幕比例		屏幕高度	观察距离
4/3	16/9	H	S
12	15	0.18	9
15	18	0.23	8
20	24	0.30	7
29	36	0.35	6
60	73	0.91	5
>100	>120	>1.53	3 ~ 4

二、实验目的

- 1. 了解不同观察条件对人眼色彩感知的影响。
- 2. 掌握人眼主观观察条件确定的要素和基本方法。

三、实验要求

- 1. 能够利用心理物理学实验原理、方法，变换多种外界观察条件，获取人眼对移动终端色彩感知。
- 2. 借鉴国内外相关标准，总结移动终端主观观察条件。

四、实验设备与材料

标准光源、显示器、移动终端、照度计、屏幕测色计、尺子。

五、实验步骤

参考 ISO-3664（2009）、ITU-RBT.500-11（2002）以及 ISO-12646（2008）中对彩色显示器观察条件的不同要求，结合环境光、移动终端显示器自身特点和观察者的使用习惯，设计相应的心理物理学实验以确定适用于移动终端显示器的主观观察条件。

1. 实验条件与环境的测试与确定

（1）设备与环境。表 1.3.3 列出了移动终端显示器心理物理学实验需要的实验设备与环境光，实验在标准暗室中进行，环境光控制通过 GTI Cmalite 标准灯箱实现。