

色度对比辨识的阈限研究

朱睿

哈尔滨工业大学 机电工程学院设计学, ruiz_official@126.com

摘要

色彩是人类文明发展史上浓墨重彩的一笔,本文主要是想通过对于色彩对比度的阈限研究,发现一种与设计常用颜色——红色对比最为强烈的色相。期望将所得到的结论应用于传播设计中,借助恰到好处的色彩搭配,调节设计中不同类型内容的辨识度。另外,可以通过本次实验总结出一种新型实验方法,用于日后测定其他色相与各色相之间的对比辨识实验的参考。各色相取色依据来源于孟赛尔色相环上的各色相原色,实验将红色与色相环中各色相原色组合设计产生测试表,在 100lx 和 400lx 两种照度条件下分别进行对比辨识实验,通过实验得出了与红色对比辨识度最强及最弱的色相原色。

关键词: 色彩搭配、孟赛尔色相环、新型实验方法、对比辨识阈限

Research on Threshold of Chroma Contrast Identification

Rui Zhu

Harbin Institute of Technology, Design Study in School of Mechanical Engineering, ruiz_official@126.com

ABSTRACT

Color is one of the most essential elements in human civilization. The research aims to find colors owning the most or least contrast with red which is a common color in design cases, expecting to put experiment conclusions into use of communication design. Also, by matching different colors together in a proper way to get fantastic effects in design output. Additionally, a new approach to measure threshold of chroma contrast identification can be generated during this research, and being used as a reference in related areas. The chromes used in the experiment were extracted from Munsell Color System, and two of them formed a visual chart. Experiment in the research was carried on under two different lighting environments of 100lx and 400lx, according to it, the research reached final three conclusions.

Keywords: Color matching, Munsell Color system, A new experimental approach, Threshold of chroma contrast identification

1 前言

自人类文明发展,色彩已然出现在人类的生产生活中,并逐渐演化为一种不可或缺的生命元素。之所以称之为生命元素,是因为它始终贯穿人类发展史,早在原始时期就被原始人类应用于人体彩绘(邵传谷,1990),涂抹于身体各处作为装饰,而后的新石器时代,色彩又被大量应用在陶器装饰上,这些都可以看作

色彩装饰作用的一种体现。几千年后的今天,人类对于色彩的应用和研究早已突破了其最基本的装饰作用,而开始向色彩所蕴含的功能性拓展。

千变万化的色彩向用户传递着不同的视觉信息,给用户以不同的心理联想。白色象征着朴素、纯洁,给人以光明、无暇之感;黑色象征着庄严、肃穆,给人以肃静之感,通常被

认为是男性的象征；红色象征着热情和警觉，给人以温暖、兴奋之感；黄色象征着轻快、明亮，给人以光明、愉悦之感；蓝色象征着纯净、稳定，给人以沉静、淳朴之感(杨春香, 2014)。这些颜色在独立使用时能够传达给用户不同的心理感受，而且搭配运用时，不同的色彩对比组合、中各个色彩可见性的差异又会提供给用户更丰富的心理感受以及更为直观的信息传递。

色彩是由明度和色度共同表示的，而色度则是不包括明度在内的颜色性质，它反映的是颜色的色调和饱和度。人类视觉能够产生色度对比，要经过视觉神经系统的一系列信息处理。首先依赖于视网膜中的外侧抑制处理，经过视觉的神经通路中的视交叉、外侧膝状体，到达视皮质。最先到达的是初级视皮质，然后到达包围初级视皮质的视觉关联区(18区的V2'、V3'、V3A'、V4和19区的V5)，最后经超复杂细胞的处理，形成色度的对比(冯俊榜等, 2012)。

本文主要研究色度对比辨识的阈限，以设计中常用的红色为基础色调，将孟赛尔色相环作为取色依据，将红色与色相环中各色相原色组合，在不同100lx和400lx两种照度下，进行对比辨识实验。通过实验，获知各色相原色与红色对比辨识的阈限。本研究的重要性在于，通过红色与其他颜色对比辨识阈限的实验，获知设计中常用的红色与其他颜色的对比辨识度，并能够将所得结论应用于日后的传播设计中。在不同的设计案例中，应用恰到好处的色彩搭配，提高产品以及平面设计主体内容的辨识度。除此之外，可通过本次实验获取一种新的实验方法，可作为测定其他色相与各色相对比辨识度实验的参考之用。

2 研究方法和阈限

研究基于孟赛尔色相环设计实验并评价不同色相原色与红色之间的对比辨识度阈限，得出结论将为日后的设计提供参考和配色依据。

阈限是对于外界刺激引起有机体感觉的最小刺激量的定义，它体现的是人体感觉的一种特性，也就是说，对人的刺激只有积累到一定程度才会引发人的感觉和反馈。阈限分为绝对阈限和差别阈限两个类型，绝对阈限指的就是刚好能够引起有机体感觉的最小刺激量，能够让有机体刚刚感觉到的刺激强度；差别阈限就是在同时对有机体施加两种刺激时，有机体刚好能够感觉出刺激差别的最小强度差，也可看

作是能够引起差别的最小刺激量。

2.1 实验环境和设备

本次实验在无干扰因素的环境下进行，实验环境的环境光可调节。实验分别在光照强度为100lx(自然光环境)和400lx(日光灯环境)两种条件下进行。

为保证实验结果准确，实验要求受试者的测试视角相同，进行测试时，全部采用站姿，受试者的测试距离均保持在3.5m。

2.2 受试者

参加本次实验的受试者共60名，均为22-26岁的在校生，矫正视力可达1.0以上，色觉正常。其中30人在照度为100lx条件下进行测试，另外30人的测试环境照度为400lx。在正式进行测试之前，实验主持人对受试者进行了培训，使其充分了解了实验内容以及实验要求。在实验过程中，还安排了休息时间，避免因为视觉疲劳而产生实验误差。

2.3 实验测试模型

色度对比辨识阈限实验采用的刺激模型是如图1所示的测试表，测试表根据视力表形式设计的色度对比测试表。

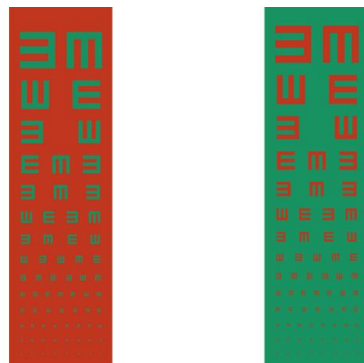


图1. 色度对比测试表

如图2所示为实验所用测试表，测试表分为两组，两组测试表分别为以红色(C=0, M=100, Y=100, K=0)为背景色度和E字色度。每组中有11个测试表，11个测试表分别根据孟赛尔色相环，选择了与色相环上红色呈30°、60°、90°，依此类推出的色相原色，分别

为白色、橙色、黑色、红紫色、黄色、黄绿色、蓝色、蓝绿色、蓝紫色、绿色、紫色作为 E 字色度或背景色度与红色进行对比辨识搭配。

CMYK 取值，根据 HSB 颜色的评判方式，各色相原色的 B 值，即明度，均取值 100，保证各色相的明度一致，避免明度对色度对比辨识实验产生影响，干扰实验结果。

如表 1 所示，为实验所用各色相原色的

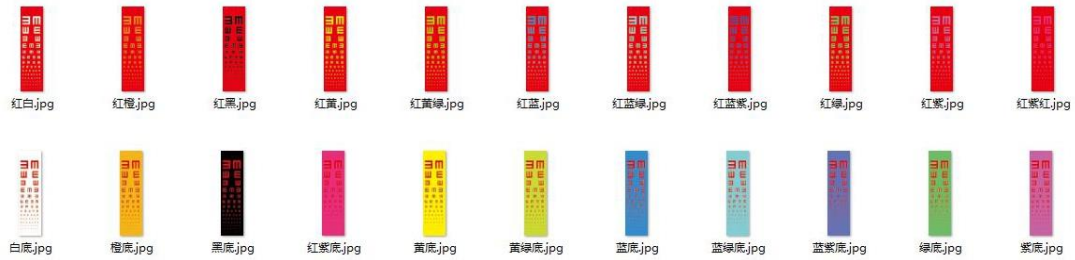


图 2. 实验所用 22 个测试表

表 1. 各色相原色 CMYK 取值

色度	C值	M值	Y值	K值
红	0	100	100	0
橙	0	35	100	0
黄	0	0	100	0
黄绿	40	0	100	0
绿	100	0	100	0
蓝绿	75	26	44	0
蓝	100	40	0	0
蓝紫	93	99	0	0
紫	38	88	0	0
红紫	23	96	36	12
黑	50	50	50	100
白	0	0	0	0

为了保证实验数据的分析结果更加直观，实验对测试表每行都制订了分数，如图3所示，测试表第一行辨识最容易，因此规定为5分，第二行为10分，以此类推，到第n行时，该行分数为 $(15-n)*5$ 分。每行分数相差5分，能够保证最后结果区别明显，以便得到更清晰的辨识对比。

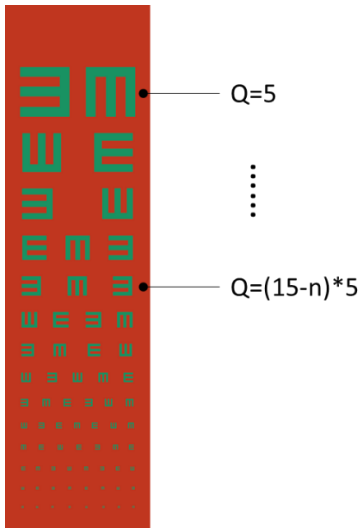


图3. 测试表打分依据

3 实验方法与指标

实验选取红色为基色，分别与橙，黄，黄绿，绿，蓝绿，蓝，蓝紫，紫，红紫，黑色，白色进行色度对比辨识的有效性实验。实验在两种照度环境下进行，分别为自然光环境，照度为100lx，选30名受试者进行实验；日光灯环境，照度为400lx，有30名受试者在此环境下进行实验。

以在100lx照度环境下，红与其互补色蓝绿为例，分别以红和蓝绿以背景和辨识对象进行第一组实验，完成实验调换后，再进行第二组以蓝绿色为背景色度，红色为E字色度的测试表对比实验。实验前召集矫正视力相近并且标准的60位受试者，在3.5m的测试距离以站姿进行红色和蓝绿色对比辨识测试。以红色为背景色，蓝绿色为辨识对象颜色，记录被试在不强迫自己辨识的条件下所能正确读出的最后一行，并进行打分；调换背景色和辨识对象的颜色，以蓝绿色为背景色，红色为辨识对象颜色，重复填表记录并打分。

完成基色红色与其他色相代表的对比辨识有效性实验，根据被试者的得分情况分析各颜色搭配的对辨识度，并形成对应的辨识度曲线。

4 实验结果和分析

4.1 测试结果

由于实验结果数据量较大，所以随机抽取四位被试的实验结果进行展示。如表2和表3所示，分别为红色作为E字色度和背景色度时，在不同照度下测试所得到的测试数据结果，表中所示的行编号均为倒数计，例如表2中100lx下的黄色背景色度测试结果4，代表在背景色都为黄色时，该被试可以在不强迫自己辨识的情况下可以正确读出倒数第4行。

表2. 红色为E字色度的实验数据

背景色度	100lx	400lx
黄	4	5
紫红	7	7
黑	5	4
紫	6	6
绿	5	5
黄绿	4	4
蓝	5	4
蓝绿	4	5
蓝紫	5	5
白	4	4
橙	5	5

4.2 实验数据分析

表 3. 红色为背景色度的实验数据

E字色度	100lx	400lx
黄	4	4
紫红	7	6
黑	5	4
紫	6	5
绿	5	4
黄绿	5	4
蓝	5	4
蓝绿	6	6
蓝紫	5	6
白	4	5
橙	6	6

为了使实验结果对比更加直观清晰,分析过程中将实验数据所对应的得分算出,并形成得分表和散点图,其中,虚线代表背景为色度 X 时得分,实线代表 E 字为色度 X 时得分。

如表 4、5 所示分别为 100lx、400lx 照度下色度对比辨识得分表,各色相原色打分结果为每位被试者打分之和的平均分。结合散点图 4、5 分析,不论是红色作 E 字色度还是作背景色度,单个色相原色与红色对比辨识度的效果基本相同,因此可以判断,两种条件下,单个色相原色与红色对比辨识度基本相同。

100lx 条件下,黄色与红色对比时得分均为最高,达 53 和 54 分;紫红色与红色对比辨识度最低,在红色为 E 字色度时,只有 41 分,红色为背景色度时,只有 43 分。另外,从红色为 E 字色度和红色作背景色度打分的差值可以看出,两种情况下,得分差值并不大,浮动在-3 到+3 之间,得分相近可以表明两种情况下红色与各色相原色对比辨识度相近。

表 4. 色度对比辨识得分表(照度 100lx)

色度X	黄	紫红	黑	紫	绿	黄绿	蓝	蓝绿	蓝紫	白	橙
背景为色度X时得分	53	41	52	44	49	52	51	49	50	52	49
E字为色度X时得分	54	43	51	47	52	53	53	48	51	53	46
差值	-1	-2	1	-3	-3	-1	-2	1	-1	-1	3

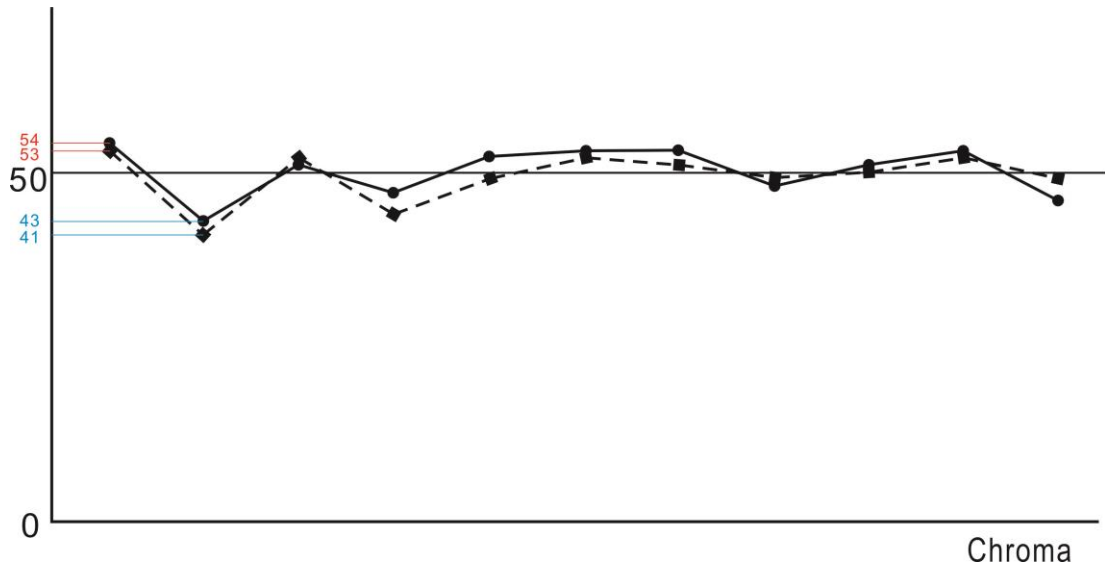


图 4. 色度对比辨识得分散点图 (照度 100lx)

表 5. 色度对比辨识得分表 (照度 400lx)

色度X	黄	紫红	黑	紫	绿	黄绿	蓝	蓝绿	蓝紫	白	橙
背景为色度X时得分	54	42	53	46	48	52	52	48	51	52	46
E字为色度X时得分	53	41	50	47	50	51	51	47	50	53	47
差值	1	1	3	-1	-2	1	1	1	1	-1	-1

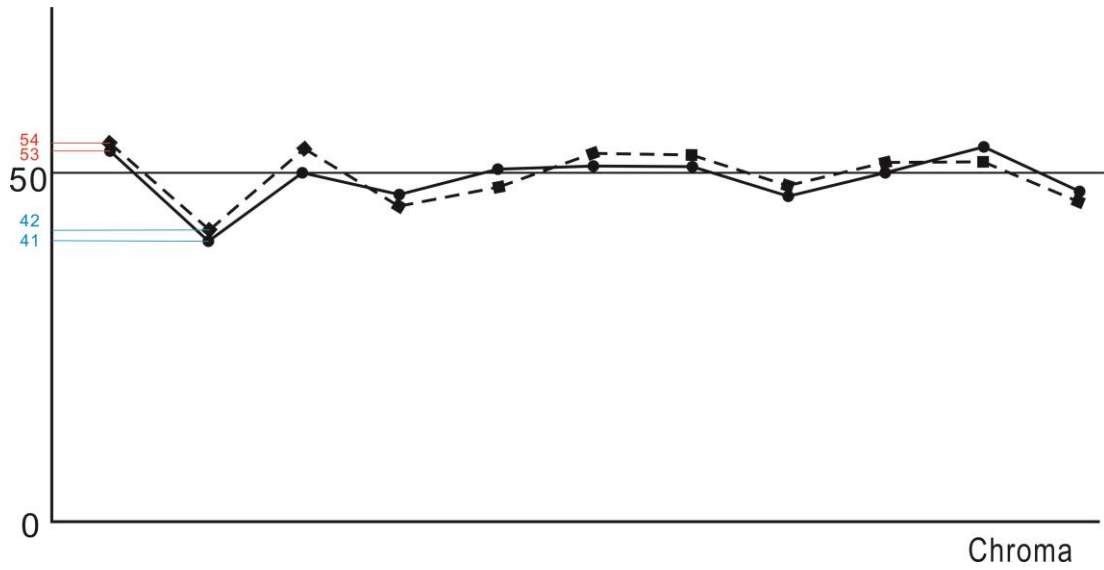


图 5. 色度对比辨识得分散点图 (照度 400lx)

另外, 由于两组数据分别是在不同照度环境下测得的, 利用 SPSS 分别对 11 个色相原色在 100lx 和 400lx 照度下的得分进行相关性分析, 所得 p 值大于 0.05, 不能拒绝零假设, 因此不相关, 也就是说, 色度对比辨识阈限不

受 100lx 和 400lx 这两种照度的影响。表 6 所示为以黄红对比辨识为例的相关性分析结果。从以“背景为色度 X 时得分”为例的图 6 也可直观地看出, 两种照度下的得分散点图差别并不大。

表 6. 对称度量

		值	渐进标准误差 ^a	近似值 T^b	近似值 Sig.
按区间	Pearson 的 R	.929	.046	7.508	.000 ^c
按顺序	Spearman 相关性	.967	.021	11.413	.000 ^c

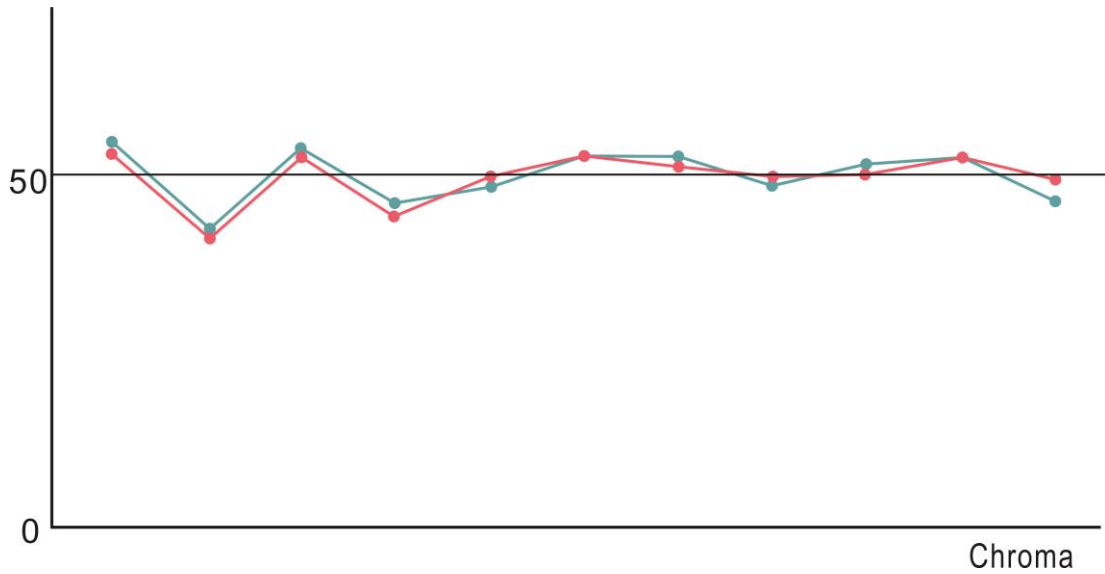


图 6. 两种照度下得分对比

5 结论

研究主要针对色度对比辨识的阈限,通过红色与色相环中各色相原色组合进行对比辨识实验,获知各色相原色与红色对比辨识的阈限。实验最初假设,不同色相原色与红色搭配对比辨识的阈限各有差别,并期待从实验中发现与红色对比辨识度最强与最弱的两种配色。

实验结果表明,最初的假设成立,通过整理得到以下结论:

(1)色度对比辨识的差别阈限实验结果显示,在红色与各色相原色对比辨识结果中,红色与黄色搭配对比辨识度打分最高,即辨识度最强;红色与紫红色搭配辨识度打分最低,即辨识度最弱。

(2)红色作背景色度与红色作 E 字色度对比辨识度相差不大,两种情况下打分差值只在 -3 到+3 之间浮动。

(3)数据显示, 100lx 和 400lx 两种照度下测得结果相差不大,这一现象表明光照并不影响色度对比的辨识,但可能会对辨识效率产生影响,即得到相同的辨识效果,在照度较低条件下测试的受试者可能需要更长的时间完成辨识。

誌謝

首先,感谢在研究实验进行过程中给予我帮助的 60 位被试人员,借助他们提供的实验

数据,研究才能得出具有意义的结论。

其次,感谢在本研究进行过程中给予我方向及理论指导的导师,使我的研究得以朝着正确的方向进行。

最后,感谢研究室同学在我困惑时为我提供建议和鼓励,在实验过程中帮助我搬运器械等。

参考文献

冯俊榜等(2012)。彩色背景下人类视觉对比度的测量。《中国医学物理学杂志》, 01, 3129-3132+3153。

邵传谷(1990)。绘画色彩学研究。《新美术》, 3, 30-36。

杨春香(2014)。色彩对比在信息教学中的应用。《天津职业院校联合学报》, 10, 89-91。