

LED 光环境及服装色彩对消费者行为影响分析

贺晓阳¹, 刘泽¹, 孙亮², 梁静^{1*}, 宋雪杰¹, 王彩印², 刘斌¹

1. 大连工业大学信息科学与工程学院, 辽宁 大连 116034

2. 大连工业大学轻工与化学工程学院, 辽宁 大连 116034

摘要 LED光源具有高显色性、高发光效率、寿命长、节能环保等优秀的性能,目前很多服装店已经采用LED进行照明。但服装店在选择照明方式上出现很多问题,比如灯光不能再现服装的真实原貌,消费者的氛围感知不强,消费者购买欲望差。以可调LED光源为基础,针对服装店室内照明场合,分别采用普通照明方式、重点照明方式、局部照明方式和混合照明方式,设计了四种不同物理参量的光环境,借助心理物理实验的语意差别量表法,使用了36组词对组成了主观评价问卷调查表,采用22名观察者模拟消费者(11名男性和11名女性),对相应的四种照明环境的五种颜色服装(黑色、蓝色的男装以及白色、红色和黄色的女装)进行喜好度、吸引力、舒适度和色彩真实度的主观评价。运用差异系数检验了主观评价数据的稳定性与准确性,确定了数据真实有效。采用主成分分析方法,评估了相应的照明方式效果,得到了评价服装店照明环境氛围的基本维度为活泼性(liveness)、舒适度(coziness)和商业性(commercial),通过单因素方差分析方法进一步判断得到活泼性为服装店最重要的基本维度。另外,分析了在四种LED照明光环境下,服装颜色对观察者颜色感知的影响。研究结果表明:在服装店中,普通照明方式由于与传统光源的照明效果相似,消费者的各项评价指标普遍较低,因此普通照明方式不应在服装店中单独使用;对于黑色、蓝色的男装和红色的女装,混合照明方式比其他照明方式更适合,产生的照明效果更能吸引消费者的注意;对于黄色的女装,采用局部照明方式的效果更受消费者喜爱,但是消费者对照明环境采用局部照明方式下的蓝色男装的评价指标很低,所以对于服装店的蓝色服装应该避开使用局部照明方式;对于白色的女装,利用重点照明方式,更能吸引消费者的注意。

关键词 LED光环境;服装颜色;因子分析;照明方式;色温;心理物理实验

中图分类号: TM923.01 **文献标识码:** A **DOI:** 10.3964/j.issn.1000-0593(2022)03-0884-05

引言

随着LED光源技术的逐渐成熟,服装店的照明正在由传统照明向LED照明转变。根据调查显示,照明环境会影响人类的情绪、行为、认知及偏好等。因此,对于服装店,它的照明氛围会直接影响到消费者的购买热情。翟其彦研究了照明光源亮度和色温对颜色质量存在影响,进行了美术馆照明亮度和色温的实验^[1]。Vogels认为情感和气氛是人们对于周围环境的一种体验^[2]。同时其研究表明,气氛的定义至少需要二个维度:舒适和活泼,但是他在定义这些维度的时候使用的是荧光灯和卤素灯。随着LED照明的广泛使用,传统光源逐渐被取代,现今大多数服装店也开始采用LED进行照

明^[3];Huang等研究了牛仔裤的最佳照明,得到了牛仔裤的最佳色温为5500K,在该色温下观察者表现出最大的颜色识别能力和最高的颜色偏爱等级^[4]。但服装只选择了牛仔裤,未对其他类型服装进行研究。

针对上述问题,本文通过模拟服装店的光环境,邀请了22名在校大学生(11男11女)充当消费者进行心理物理学实验,获得了22名观察者在模拟服装店的照明氛围中的心理感知数据。通过这些数据,研究了对于LED光环境及服装色彩对消费者的行为影响分析。需要说明的是,受疫情的影响,本次实验只邀请了在校大学生充当消费者,在后续的实验中将扩大人群种类,分别对性别、年龄、职业等不同产生的消费者行为影响展开进一步的研究。

收稿日期:2021-02-16,修订日期:2021-04-22

基金项目:国家自然科学基金青年科学基金项目(61802041)资助

作者简介:贺晓阳,1979年生,大连工业大学信息科学与工程学院全国高级照明设计师 e-mail: hexy@dlpu.edu.cn

* 通讯作者 e-mail: ljlove426@163.com

1 实验部分

在研究人对光环境的感知时，最重要的方法是心理物理学实验。在实验开始之前，先给每一个模拟消费者的观察者发放问卷，调查其对店铺灯光环境、服装颜色、服装价格，服装面料的关注度，从调研结果图 1 可以看出，消费者对于店铺灯光环境最为关注，达到了 48%，其次是面料和颜色。可见服装的颜色不仅与本身的颜色相关，还与照明光环境密切相关^[5]。

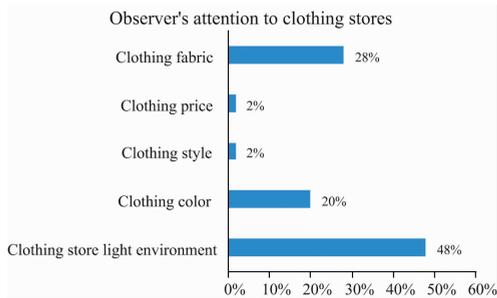


图 1 观察者对服装店的关注情况
Fig. 1 Observer's attention to clothing stores

本文采用心理物理学实验方法中的语意差别量表法^[6-7]，在四种不同照明方式营造的四种照明环境下让观察者对黑色和蓝色的男装以及白色、红色和黄色的女装进行喜好度、吸引力、舒适度和色彩真实度的心理感知评价。本次实验使用了 36 组词对组成了主观评价问卷调查表，同时对四种照明环境的氛围也进行了评分，共计 36 组评价结果。

在实验中通过四种不同的照明方式营造的四种照明环境分别为：第一种由 LED 筒灯组成的普通照明环境，第二种由 LED 射灯营造的重点照明环境，第三种由 LED T5 支架组成的局部照明环境，第四种由前面三种灯具组成的混合照明环境。四种环境的光源基本参数如表 1 所示。四种光环境的相对光谱能量分布如图 2 所示。

表 1 实验所用光源的基本参数
Table 1 Basic parameters of the light source used in the experiment

照明环境	照明方式	色温 /K	照度 /lx	色度坐标		Ra
				x	y	
I	普通照明	6 663	653	0.310 5	0.324 9	85.5
II	重点照明	3 150	2 331	0.454 5	0.3969	86.9
III	局部照明	2 886	792	0.440 8	0.409 9	92.6
IV	混合照明	3 841	1 903	0.387 0	0.379 0	86.6

2 结果与讨论

2.1 观察者主观评价稳定性分析

本次实验一共邀请了 22 位观察者，每位观察者分别在四种照明环境下，评价黑色和蓝色的男装以及白色、红色和

黄色的女装的四种心理感知(喜好度、舒适度、吸引力、色彩真实度)，以及四种照明环境下的 36 个量词的氛围感知。

在心理物理学实验中，数据是通过人的感受得到的，可能存在不稳定性，需要分析观察者之间数据的稳定性。本文采用差异系数(coefficient of variation, CV)来比较观察者之间的数据稳定性^[8]。经计算后核实，见图 3 中 CV 数据均在心理物理学实验 CV 的正常范围内，平均值为 27.04%，最大数据为 39.20%，因此 22 位观察者的视觉数据是可靠的，均可作为实验的有效数据^[9]。

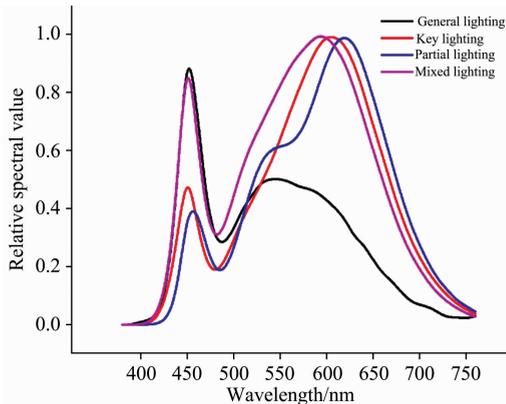


图 2 照明环境的光谱分布

Fig. 2 Spectral distribution of the lighting environment

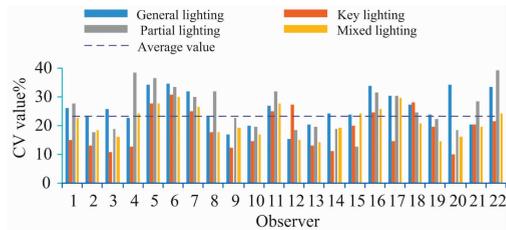


图 3 观察者的稳定性 CV

Fig. 3 Stability of the observer CV

2.2 服装店光环境氛围基本感知维度的确立

使用的是语意差别量表法，采用 IBM SPSS Statistics 20 软件的主成分分析法对量表进行数据处理，最后得到 3 个有代表性的 LED 光环境气氛维度(活泼性、舒适度和商业性)。从主成分分析的结果来看一共提取了四个主要因素，总提取方差总和为 52.237%。根据每个因素的载荷选择大于或者等于 0.5 的量词对^[10]，从量词词对的对应载荷来看，其中因素一中压抑的一活跃的占载荷最大为 0.820，故因素一所代表的基本维度为活泼性(liveness)，因素二中难受的一舒适的占载荷比较大为 0.599，故因素二的基本维度命名为舒适度(coziness)。因素三中女性的-男性的载荷小于 0.5，说明关联性很小，不具有基本维度的代表性。因素四中商业性-文艺性的词对占载荷比较大为 0.652，故命名因素四的基本维度为商业性(commercial)。

根据 PJM Custers MSc 的确认基本维度的理论^[1]，可以得出评价服装店照明环境氛围的基本感知维度是活泼性、舒适度、商业性。

针对采用的四种照明方式对服装店光环境氛围感知的影响,使用单因素方差分析法(ANOVA)进一步分析,分析结果如表 2 所示。

表 2 照明方式对基本维度的影响

Table 2 Effect of lighting methods on basic dimensions

条件	基本维度	F 值	显著性 Sig
四种照明方式	活泼性	5.112	0.003
	舒适度	2.066	0.111
	商业性	1.680	0.177

从表 2 中可以看出,照明方式对于舒适度和商业性这两个维度的影响不显著,而对于活泼性非常显著。因此可以看出服装店最重要的基本维度为活泼性,同时也说明照明方式的不同会直接影响人们对于服装店氛围活跃性(活泼性)的感知。

2.3 不同照明方式对观察者颜色感知的影响分析

本次实验中,选择的服装均为服装店受众畅销的男女服装,为了避免服装的质地和面料的纹样不同产生的视觉效果影响。此次的服装风格一致,材质均为纯棉。在四种照明方式下,观察者对于黑色、蓝色的男装以及白色、红色和黄色的女装进行喜欢-不喜欢,吸引人-不吸引人,舒适-不舒适,色彩真实-色彩不真实四个词对的心理感知评价。

在四种照明方式下,对于喜欢-不喜欢这一词对的评价结果将它称之为喜好度,观察者对于五种不同颜色的男女服装进行评价的喜好度均值如图 4(a)所示。在普通照明方式下,观察者对于黑、蓝色男装和白色、红色的女装喜好度比较低,对于黄色的女装在此照明环境下的喜好度最差。在重点照明方式下,观察者对黑色、蓝色的男装,红色、白色的女装喜好度相对一致,比普通照明环境下的喜好度有所增强。在局部照明方式下,观察者对黑色、蓝色的男装以及白色的女装的喜好度与其他三种照明方式相比相差比较大,但是对于红色的女装的照明喜好度大于普通照明。在混合照明方式下,观察者对黑色、蓝色的男装,红色、白色的女装表现出较高的喜欢度。对于黄色女装的在以上四种 LED 照明方式下,观察者喜好度的都比较低。

在四种照明方式下,对于吸引-不吸引人这一词对的评价结果将它称之为吸引度,观察者对于五种不同颜色的男女服装的吸引度的评价如图 4(b)所示。在普通照明方式下,各种颜色的男女服装的吸引度都非常低。黑色的男装与红色、白色的女装在此照明方式下对消费者的吸引度基本一样。黄色的女装对消费者的吸引度最低。在重点照明方式下,观察者对于白色女装的吸引度最高,而对黑色,蓝色的男装以及黄色的女装吸引度都比较差。在局部照明方式下,观察者对蓝色男装和黄色女装的吸引度均表现的差,黑色的男装,白色、红色女装的吸引度评价也表现的一般。在混合照明方式下,观察者对于黑、蓝色的男装以及白色的女装的吸引度表现一致性。对红色的女装吸引度最高,而对于黄色的女装吸引度比较低。在以上四种 LED 照明方式下,黄色的女装仍然对消费者表现出最低的吸引度。

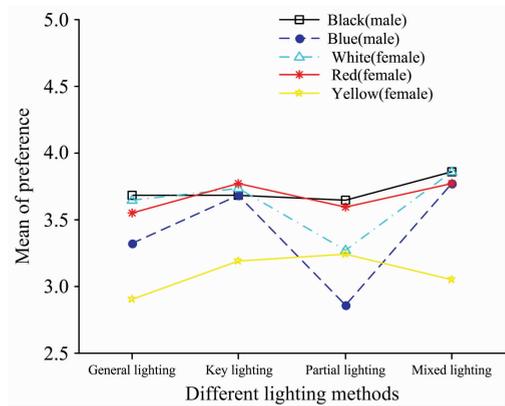


图 4(a) 不同照明方式下: 观察者喜好度均值比较

Fig. 4(a) Mean comparison of observer preference in different lighting methods

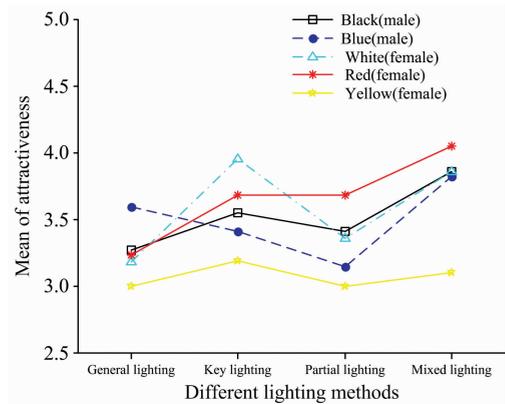


图 4 (b)不同照明方式下: 观察者吸引度均值比较

Fig. 4(b) Mean comparison of observer attractiveness in different lighting methods

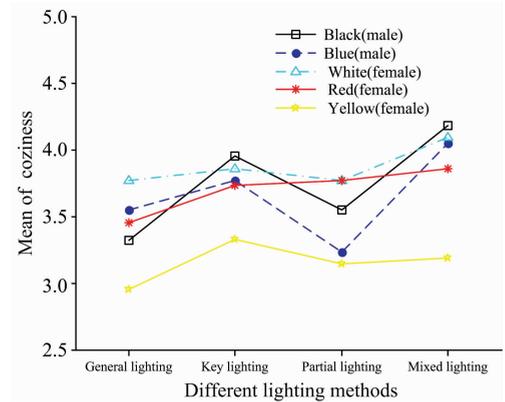


图 4(c) 不同照明方式下: 观察者舒适度均值比较

Fig. 4(c) Mean comparison of observer coziness in different lighting methods

在四种照明方式下,对于舒适-不舒适这一词对的评价结果将其称之为舒适度,观察者对于五种不同颜色的男女服装的舒适度的评价如图 4(c)所示。在普通照明方式下,观察者对于黑色男装、红色女装以及黄色女装感觉最不舒适,对

于蓝色男装以及白色女装舒适度评价也比较低。在重点照明方式下,观察者对于黑、蓝色的男装以及白、红色的女装舒适度评价比较高,黄色女装给人感觉最不舒适。在局部照明环境下,观察者对于蓝色男装的舒适度评价最低,对于黑色的男装以及白、红、黄色的女装的舒适度表现效果一般。在混合照明环境下,观察者对于黑、蓝色的男装以及白色的女装舒适度评价较高,且舒适度表现基本一致。在以上四种LED照明方式下,黄色的女装对消费者的舒适度表现也最低。

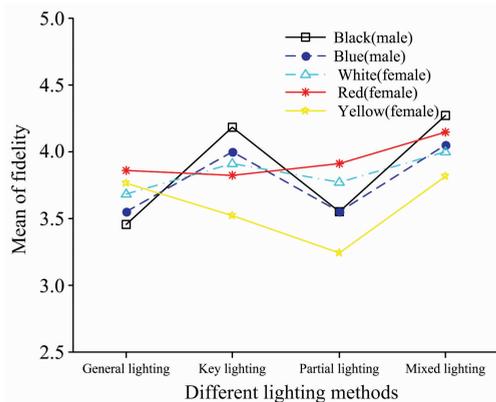


图 4(d) 不同照明方式下: 观察者色彩真实度均值比较
Fig. 4(d) Mean comparison of observer color fidelity in different lighting methods

在四种照明方式下,对于色彩真实—色彩不真实这一词对的评价结果称为色彩真实度,观察者对于五种不同颜色的男女服装的色彩真实度的评价如图 4(d)所示。在普通照明方式下,观察者对黑、蓝色的男装色彩真实度评价都很低,但对红色女装的色彩真实度评价优于其他色彩的真实度评价。在重点照明方式下,观察者认为黄色的女装看起来最不真实,

黑、蓝色的男装以及白色的女装的色彩比较真实。在局部照明方式下,观察者认为五种颜色的男女装评价都比较低,其中黄色女装的颜色最不真实。在混合照明方式下,观察者认为黑色的男装和红色的女装色彩更真实。

3 结论

通过心理物理学实验得到了在四种照明方式下,观察者对于服装店 LED 照明光环境氛围以及对陈列的五种不同颜色男女装的喜好度、舒适度、吸引度和色彩真实度的主观评价数据。

经研究发现,用于评价服装店 LED 照明光环境的基本氛围感知维度为活泼性(liveness)和舒适度(coziness)以及商业性(commercial)。其中服装店铺最重要的基本维度为活泼性,说明照明方式的不同会直接影响人们对于服装店铺氛围活泼性的感知。同时还发现对于黑色、蓝色的男装和红色的女装,采用混合照明方式更能吸引消费者。重点照明方式可以吸引消费者并且使消费者觉得舒适,使观察者对五种颜色的服装喜好度都比较强,其中对于白色的女装,当用来吸引消费者进店时,建议使用重点照明方式。对于黄色的女装,局部照明方式能使它更受到消费者的喜爱,但局部照明方式对蓝色男装的照明效果最差,因此服装店对于蓝色服装的照明应避免局部照明的方式。本次实验所用光源的基本参数,其中普通照明的照度为 653 lx,大大低于重点照明和混合照明的情况。服装店光环境照度过低,从色彩心理学的角度上来说,会对消费者的刺激和兴奋度降低。在后续的研究中笔者将增加相同照度情况下的实验数据及其分析结果。

服装店在设计光环境时应该充分考虑到空间内的氛围营造,提高消费者的购买欲望和热情。本文给出以上可行性建议,以期提高服装店的效益。

References

- [1] ZHAI Qi-yan(翟其彦). Chromatic Adaptations and Color Qualities of Lightings(照明色适应与颜色质量). Hangzhou: Zhejiang University(杭州:浙江大学), 2018.
- [2] Vogels. International Symposium Creating an Atmosphere. Grenoble, France, 2008.
- [3] Gordon G. Interior Lighting for Designers, 5th Edition. NEW Jersey: John Wiley & Sons, Inc, 2015.
- [4] Huang Z, Liu Q, Liu Y, et al. Lighting Research & Technology, 2018; 1477153518816125.
- [5] LIU Qiang, TANG Mei-hua(刘 强, 唐美华). Spectroscopy and Spectral Analysis(光谱学与光谱分析), 2016, 36(11): 3664.
- [6] LIANG Jing, NING Si-yu, LIAN Yu-sheng, et al(梁 静, 宁思宇, 廉玉生, 等). Spectroscopy and Spectral Analysis(光谱学与光谱分析). 2018, 38(10): 3199.
- [7] Li H, Luo MR, Liu X Y, et al. Lighting Research & Technology, 2016, 48(4): 412.
- [8] Ma S, Wei M, Liang J. Lighting Research & Technology, 2016, 0: 1.
- [9] Luo M R, Cui G, Georgoula M. Lighting Research & Technology, 2015, 47: 360.
- [10] Liu X Y, Luo MR, Li H. Lighting Research & Technology, 2014, 47(5): 1.

The Effect Analysis of LED Light Environments and Clothing Colors on Consumers' Behavior

HE Xiao-yang¹, LIU Ze¹, SUN Liang², LIANG Jing^{1*}, SONG Xue-jie¹, WANG Cai-yin², LIU Yan¹

1. School of Information Science and Engineering, Dalian Polytechnic University, Dalian 116034, China

2. School of Light Industry and Chemical Engineering, Dalian Polytechnic University, Dalian 116034, China

Abstract LED light source has many outstanding performances, including high color rendering, high luminous efficiency, long life and energy saving. It had been widely adopted LEDs lighting for clothing stores. However, there were many problems when choosing a lighting method for a clothing store. For example, the lighting cannot restore the original appearance of the clothing. This can cause consumers to have a weaker perception of the atmosphere and make consumers lose their desire for purchase. This paper was based on the adjustable LED light sources. For the indoor lighting occasions of clothing stores, four types of lighting environments with different physical parameters were designed using general lighting, key lighting, partial lighting and mixed lighting, respectively. With the help of the semantic differential scale of psychophysical experiments, subjective evaluation questionnaires were formed using 36 sets of word pairs. It was using 22 observers (11 males, 11 females) to simulate consumer's subjective evaluation of preference, attractiveness, coziness and color fidelity of five colors of clothing (black, blue male's clothing and white, red and yellow female's clothing) corresponding to the every lighting environment. The difference coefficient was used to verify the stability and accuracy of the subjective evaluation data, and all the data was confirmed to be reliable and valid. The principal component analysis method was used to evaluate the effects of corresponding lighting methods. The basic dimensions of the lighting environment atmosphere of the clothing store had been evaluated as liveness, coziness and commercial. One-factor analysis of variance was used to determine further that liveness was the most important basic dimension of clothing stores. Moreover, this paper analyzed the effects of clothing color on observers' color perception under the four LED lighting environments. The research results showed that the general lighting method was similar to the traditional light source in terms of lighting effects, and the consumer evaluation indicators were generally lower in clothing stores. Therefore, the general lighting method should not be used alone in clothing stores; the mixed lighting method was more suitable for illuminating black and blue male's clothing and red females' clothing than other lighting methods. The lighting effect produced was more attractive to consumers; Consumers preferred to illuminate yellow female's clothing with the particle lighting method. However, the evaluation index of blue male's clothing was very low under the particle lighting method by consumers. Blue male's clothing should avoid using partial lighting method in clothing stores. The use of key lighting illuminated white females' clothing that attracted consumers' attention.

Keywords LED lighting environment; Clothing color; Factor analysis; Lighting method; Color temperature; psychophysical experiment

(Received Feb. 16, 2021; accepted Apr. 22, 2021)

* Corresponding author