

文章编号:1007-2780(2019)01-0054-09

不同防蓝光眼镜对屏幕显示效果的影响比较

王珏敏¹, 张 林^{2*}

(1. 山西职业技术学院, 山西 太原 030006;

2. 商洛学院 电子信息与电气工程学院, 陕西 商洛 726000)

摘要:为了定量分析不同防蓝光眼镜的使用对屏幕显示画面彩色三要素的影响,分别采集 6 500K 和 5 000K 色温下的 OLED 屏幕与 LED 背光的 LCD 的光谱分布,以及当前销量较大的 5 种不同材质防蓝光眼镜透射率数据,通过 OriginPro 拟合、色度软件分析、Matlab 计算,定量比较 5 种防蓝光眼镜对不同色温下两种屏幕 1931 CIE XYZ 色坐标、主波长、饱和度及光通量的影响,结合人眼分辨率对计算结果进行分析。结果表明,5 种眼镜对屏幕色坐标 Z 值降低效果相差最大值高达 1 881 倍,相同色温同一眼镜对 LED 背光的 LCD 屏的防蓝光效果略强于 OLED 屏;5 种防蓝光眼镜对色温为 5 000 K 的 LED 背光的 LCD 屏幕主波长影响不大;能过滤掉色温 6 500 K 的 OLED 屏幕 99.626 % 蓝光的眼镜,可使其饱和度增加 22.7 倍。能过滤掉色温 6 500 K 的 LED 背光 LCD 屏幕 99.59 % 蓝光的眼镜,可使其色温下降为原来的 0.322 倍,均严重影响屏幕的显示效果。该研究方法结论可为相关产品的使用和研发提供借鉴。

关键词:显示器;光生物安全;蓝光;光谱分析;色度学

中图分类号:O432.3; TN27 **文献标识码:**A **doi:**10.3788/YJYXS20193401.0054

Comparative study of different anti-blue light glasses on the effect of display

WANG Jue-min¹, ZHANG Lin^{2*}

(1. Shanxi Polytechnic College, Taiyuan 030006, China;

2. School of Electronic Information and electrical Engineering, Shangluo University, Shangluo 726000, China)

Abstract: In order to quantitatively analyze the impact of different anti-blue light glasses on the three factors of color on screen display, the spectral distribution of OLED screen and LCD with LED back-light at 6 500 K and 5 000 K color temperature were collected separately, and the transmissivity data of current five anti-blue light glasses made by different materials in large sales volume were adopted. Through OriginPro fitting, chrominance software analysis and Matlab calculation, a quantitative comparison was conducted between the impacts of these five anti-blue light glasses on 1931 CIE XYZ color coordinate, dominant wavelength, saturation and luminous flux of two screens at different color tem-

收稿日期:2018-07-30; **修订日期:**2018-10-22.

基金项目:国家重点研发计划“战略性先进电子材料”重点专项(2017YFB0403700);商洛市科技计划(SK2017-42)

Supported by National Key Research and Development Program of China “Strategic Advanced Electronic Materials” (2017YFB0403700); Technical project of Shangluo City (SK2017-42)

* 通信联系人, E-mail:1754510624@qq.com

peratures. Also the calculated results were analyzed in combination with visual resolution. The maximum difference among the five types of glasses in reducing the Z value of color coordinate is up to 1 881 times, and the same glasses under the same color temperature exhibits slightly stronger blue-light prevention impact on LCD with LED backlight than on OLED screen. In addition, these five types of glasses pose insignificant impact on the main wavelength of LED backlight LCD screen under color temperature of 5 000 K. Moreover, the glasses which are able to filter out 99.626% blue light of OLED screen with color temperature of 6 500 K, lead to an increase in the saturation by 22.7 times. The glasses filtering out 99.59% blue light of LED backlight LCD with a color temperature of 6 500 K can reduce the color temperature by 0.322 times, which seriously damages the display effect of the screen. This research provides a reference for the use and development of related products.

Key words: displays; photobiological; blue light; spectroscopy analysis; colorimetry

1 引言

2017 年权威数据显示,中国消费者人均每天面对屏幕 8.9 h,其中使用智能手机、笔记本电脑、平板电脑、电视的时间分别为 3.0,2.2,1.6,2.1 h。《中国互联网发展报告 2018》数据:中国网民已达 7.72 亿。屏幕中的过量蓝光不仅会通过光化学作用损伤人眼视网膜,而且可通过影响褪黑素等激素分泌,调节人体生物钟^[1-5]。近年来随着 CIE(国际照明委员会)、IEC(国际电工技术委员会)、世界卫生组织等权威机构的呼吁^[6-8],光生物健康已经深入人心。降低屏幕蓝光危害及节律效应已受到广大光电产品制造商及普通消费者的高度关注,防蓝光眼镜、滤蓝光护眼屏幕贴膜等应运而生。然而,蓝光作为三基色之一,特意过滤蓝光是否会影响屏幕画面的显示效果?暂未见相关文献定量分析报道。在色度学中,任一彩色光均可利用色调、饱和度和亮度三个基本参量表示,称为彩色三要素。人眼可分辨的色调约为 128 种,平均饱和度区分等级约为 10 种,可分辨的亮度等级约有 600 种。彩色三要素各自变化得到不同颜色,可见人眼具有很强的颜色分辨能力。

为了全面定量研究当前销量较大的 5 种不同材质防蓝光眼镜,对不同色温 LED 背光 LCD(液晶显示屏)及 OLED(有机发光二极管)屏彩色显示效果的影响。本文测量了两种屏幕在色温设置为 6 500 K 和 5 000 K 下的光谱分布数据,结合 5 种不同材质防蓝光眼镜透射率与人眼分辨率,通过 OriginPro 拟合、色度软件分析、Matlab 计算。比较研究了不同色温设置下两种屏幕在不同防蓝光眼镜配戴下的色调、饱和度、光通量及实际色温。该研究方法结论可为相关产品使用和研发提供借鉴。

2 实验

2.1 眼镜透射率测量及其拟合

在某世界知名购物网站按照销售量搜索防蓝光眼镜,选择 5 种销量排序靠前、镜片材质不同的防蓝光眼镜为研究对象。为了下文讨论方便,对 5 种防蓝光眼镜编号分别为 A、B、C、D 和 E,相关信息参数见表 1。由表 1 可见 5 种防蓝光眼镜,商家均声称用于电脑显示等具有过滤蓝光、降低蓝光危害及非视觉生物效应、保护眼睛的功能。且 5 种防蓝光眼镜售价不菲,如 E 单价高达 89.59 \$。

表 1 5 种防蓝光眼镜的信息参数

Tab.1 Main parameters of five kinds of anti-blue light glasses

Glasses number	Name of glasses	Lens material	Functional characteristics	Price / \$
A	Tech glasses shield	水晶	抵御有害辐射,数码视频光学眼镜	44.99
B	GUNNAR PPK	树脂	防有害蓝光及强光,缓解用电脑眼睛疲劳	56.80
C	Blu Tech	复合材料	防蓝光及炫光、电脑护目	49.95

续 表

Glasses number	Name of glasses	Lens material	Functional characteristics	Price/ \$
D	3M yellow safety glasses	塑料	过滤屏幕中有害光线,减小辐射	72.59
E	L blue blockers	聚碳酸酯	吸收 98%+蓝光,防止蓝光影响生物钟	89.59

利用上海复享光学股份有限公司的 FX2000 光纤光谱仪及 HL2000 卤素光源,扫描步长为 0.31 nm,积分时间为 5 ms,测量 5 种防蓝光眼镜镜片垂直方向 380~780 nm 波段透射率,测量原始数据见图 1 所示。为了下文的色度学定量计算分析方便,利用 OriginPro 软件的 Nonlinear curve fit 功能,采用 Boltzmann 函数对 A、B、C 透射率测量数据进行拟合,拟合公式见式(1)。采用 SGompertz 函数对 D 和 E 透射率测量数据进行拟合,拟合公式见式(2),拟合曲线见图 1。根据相关文献知,蓝光危害的峰值波长为 437 nm,节律效应的峰值波长为 464 nm,光生物安全关注的蓝光波段为 400~500 nm^[1-3]。由图 1 透射率曲线可见,5 种防蓝光眼镜均有一定的过滤蓝光作用,过滤效果大致趋势为由 A 至 E 依次增强。

$$y = \frac{A_1 - A_2}{1 + \exp[(x - x_0)/dx]} + A_2, \quad (1)$$

$$y = a \exp[-e^{-k(x-x_0)}]. \quad (2)$$

5 种防蓝光眼镜可见光波段透射率的拟合结

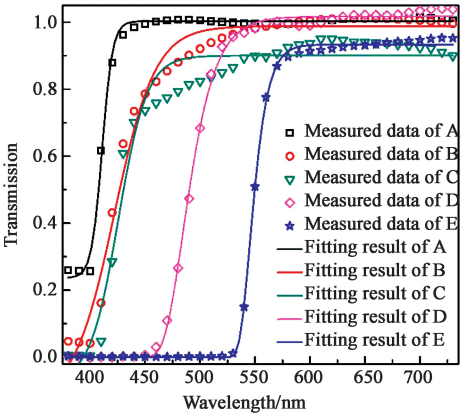


图 1 5 种防蓝光眼镜的透射率及其拟合

Fig.1 Transmissivity and fitting of five kinds of anti-blue light glasses

果见表 2,表 2 给出了拟合函数表达式中各参数数值、相关系数平方(R^2)、残差平方(Residual sum of squares)及简化卡方检验值(Reduced Chi-Sqr)。由数据可见,除过 B 和 C 拟合质量略差外,其他 3 个膜透射率拟合质量均较高,能保证下文的计算精度。

表 2 3 种防蓝光眼镜的透射率拟合结果

Tab.2 Fitting results of five kinds of anti-blue light glasses transmissivity

Glasses number	Fitting results of each parameter				R^2	Residual sum of squares	Reduced Chi-Sqr
A	$A_1=0.236\ 8$	$A_2=1.003\ 5$	$x_0=410.851\ 8$	$dx=4.783\ 5$	0.994\ 85	0.007\ 6	2.370×10^{-4}
B	$A_1=-0.127\ 6$	$A_2=0.988\ 3$	$x_0=422.230\ 0$	$dx=18.473\ 9$	0.980\ 34	0.056\ 7	1.77×10^{-3}
C	$A_1=-0.075\ 2$	$A_2=0.900\ 3$	$x_0=425.765$	$dx=12.872\ 7$	0.966\ 34	0.094\ 1	2.94×10^{-3}
D	$a=1.017\ 4$	$x_0=484.558\ 7$	$k=0.060\ 5$		0.998\ 93	0.007\ 1	2.139×10^{-4}
E	$a=0.933$	$x_0=545.3$	$k=0.109$		0.999\ 53	0.003\ 2	$9.656\ 3 \times 10^{-5}$

2.2 显示器光谱测量与拟合

目前各种光电显示器中,LCD 占据绝对优势地位,其中 LED 背光的 LCD 的应用最为广泛。OLED

作为 LCD 的主要竞争者,应用前景广阔^[9-10]。因此,本文以 OLED 与 LED 背光 LCD 为研究对象,选择全球知名品牌产品,主要参数见表 3。

表 3 两种显示器的主要参数

Tab.3 Main parameters of two kinds of displays

Display type	Home screen materials	Screensizes/mm	Resolution/pixels	Pixel density/ppi	Dotpitch/mm
LED LCD	TN	338	1 440×900	128	0.248
OLED	HD Super AMOLED	122	1 280×720	306	0.279

安装显示器色温调节软件,上海复享光学股份有限公司的 FX2000 光纤光谱仪,分别测量 OLED 与 LED 背光 LCD 设置色温为 6 500 K、5 000 K 白场下可见光波段光谱分布数据。对其进行归一化处理,结果分别见图 2。

不同色温下两种显示器光谱扫描步长为 0.31 nm,下文所用色度计算分析软件对扫描步长要求为 1 nm,故需知光谱分布的函数表达式。利用 OriginPro 软件的 Multi-peaks Fit 功能,采用 5 个 Gauss 函数叠加^[1,3],拟合不同色温下两种显示器的光谱分布,拟合公式见式(3)。

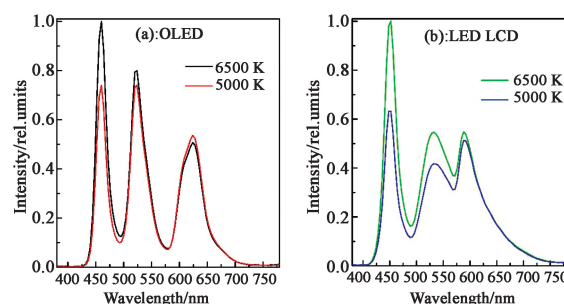


图 2 不同色温 OLED 和 LED 背光 LCD 的归一化光谱
Fig.2 Normalized spectra of LED backlight LCD under different color temperature

$$y = y_0 + \frac{A_1}{w_1 \sqrt{\pi/2}} \exp\{-2 [(x - x_{c1})/w_1]^2\} + \frac{A_2}{w_2 \sqrt{\pi/2}} \exp\{-2 [(x - x_{c2})/w_2]^2\} + \frac{A_3}{w_3 \sqrt{\pi/2}} \exp\{-2 [(x - x_{c3})/w_3]^2\} + \frac{A_4}{w_4 \sqrt{\pi/2}} \exp\{-2 [(x - x_{c4})/w_4]^2\} + \frac{A_5}{w_5 \sqrt{\pi/2}} \exp\{-2 [(x - x_{c5})/w_5]^2\} \quad (3)$$

不同色温设置下 OLED 和 LED 背光 LCD 的光谱分布函数拟合结果见表 4。由表可见 4 个拟合结果的 R^2 均大于 0.99,且卡方检验值均较小。因此,该拟合方法能够高质量拟合两种显示器的光谱分布,可保证下文的计算精度。

表 4 不同色温 LED 背光 LCD 的光谱拟合结果

Tab.4 Fitting results of LED backlight LCD spectra under different color temperature

Spectra	R^2	Reduced Chi-Sqr
6 500 K OLED	0.990 7	$6.652\ 52 \times 10^{-4}$
5 000 K OLED	0.991 45	4.672×10^{-4}
6 500 K LED LCD	0.996 81	$2.099\ 48 \times 10^{-4}$
5 000 K LED LCD	0.997 68	$8.299\ 42 \times 10^{-5}$

3 结果与讨论

根据上文拟合的 5 种防蓝光眼镜透射率计算公式、4 个光谱分布函数表达式,采用透射率乘以光谱分布,得到配戴不同防蓝光眼镜时的屏幕光谱分布函数,计算扫描步长为 1 nm 的光谱数据。根据光谱分布数据,利用色度分析软件计算比较不同色温设置下 OLED 及 LED 背光 LCD 屏幕,配戴 5 种防蓝光眼镜观看时的色调、饱和度、光通量、实际色温。

3.1 色调分析

色调作为屏幕显示图像的彩色三要素之一,可反映颜色特性。1931 CIE-XYZ 计色系统能够方便地对颜色进行计量描述。利用色度分析软件计算不同色温设置下,配戴不同防蓝光眼镜情况下,两种显示器的 1931 CIE-XYZ 色坐标。

表 5 配戴不同防蓝光眼镜 OLED 显示器的 1931 CIE-XYZ 色坐标

Tab.5 1931 CIE-XYZ chromaticity coordinates of OLED displays under different anti-blue light glasses wore

Color temperature/K	OLED		OLED through A		OLED through B		OLED through C		OLED through D		OLED through E	
6 500	0.297 5	0.327 8	0.297 6	0.327 9	0.307 6	0.346 9	0.303 4	0.339 7	0.419 6	0.524 3	0.606 3	0.392 5
5 000	0.325 4	0.354 1	0.325 5	0.354 3	0.336	0.372 8	0.331 9	0.366 3	0.436 1	0.519 1	0.607 6	0.391 2

表 6 配戴不同防蓝光眼镜 LED 背光 LCD 显示器的 1931 CIE-XYZ 色坐标

Tab.6 1931 CIE-XYZ chromaticity coordinates of LED backlight LCD under different anti-blue light glasses wore

Color temperature/K	LED LCD		LED LCD through A		LED LCD through B		LED LCD through C		LED LC D through D		LED LCD through E	
6 500	0.311	0.324	0.311 1	0.324 3	0.326	0.353 1	0.321 8	0.346	0.433 6	0.529 6	0.543 9	0.454 6
5 000	0.345 3	0.350 8	0.345 4	0.35 1	0.360 3	0.376 5	0.356 2	0.370 3	0.455	0.514 7	0.552 7	0.446

OLED 及 LED 背光 LCD 屏幕 1931 CIE-XYZ 色坐标分别见表 5 和表 6。

X、Y 值分别表示红基色、绿基色比例,由 $X+Y+Z=1$ 可计算蓝基色比例。由表 5 和表 6 可见,配戴防蓝光眼镜后色坐标数据的 X、Y 均有所增加,即蓝基色比例下降,可由 Z 值变化量化防蓝光效果。计算配戴不同防蓝光眼镜后色坐标 Z 的下降幅度,

结果见表 7 所示。由表 7 可见对于上述 5 种防蓝光眼镜,同一屏幕相同防蓝光眼镜下,随着屏幕色温的下降,眼镜防蓝光效果增强,例如:配戴防蓝光眼镜 A 观看 OLED 屏幕,色温由 6 500 K 调至 5 000 K,防蓝光效果提高了 77.358%。5 种眼镜防蓝光效果相差较大,例如:对于色温为 6 500 K 的 OLED 屏,眼镜 E 的防蓝光比 A 强 1 881 倍。

表 7 不同防蓝光眼镜配戴情况下屏幕色坐标 Z 下降幅度

Tab.7 Color coordinate Z decrease of displays under different anti-blue light glasses wore (%)

Color temperature/K	OLED A	OLED B	OLED C	OLED D	OLED E	LED LCD A	LED LCD B	LED LCD C	LED LCD D	LED LCD E
6 500	0.053	7.793	4.75	85.028	99.68	0.11	12.082	8.986	89.918	99.59
5 000	0.094	9.142	5.835	86.022	99.626	0.164	13.45	10.062	90.036	99.573

根据色坐标,在色度图中标出配戴不同防蓝光眼镜情况下的 OLED 与 LED 背光 LCD 对应点,可直观比较分析不同眼镜情况下色坐标的变化,由于防蓝光眼镜 A 配戴前后对色坐标影响不大,两点在色度图中几乎完全重合,故在色度图中未单独标出不配戴眼镜时 OLED 及 LED 背光 LCD 屏幕对应点,结果见图 3 所示。由图 3 可直观看到防蓝光眼镜 D、E 对不同色温下 OLED 及 LED 背光 LCD 屏幕显示的色调影响较大,会影响观影效果。结合图 1,可见防蓝光眼镜 D、E 能过滤掉大部分蓝光,特别是 E 几

乎过滤掉了所有的蓝光。蓝光作为三基色之一,要找到防蓝光重视光生物安全与兼顾显示效果的平衡点。

人眼对屏幕发出的复色光颜色感知可用主波长描述,根据色坐标计算不同色温设置下,不同防蓝光眼镜情况下,两种显示器的主波长。不配戴眼镜时,6 500 K 及 5 000 K 下 OLED 的主波长分别为 490 nm 和 530 nm;6 500 K 及 5 000 K 下 LED 背光 LCD 屏幕的主波长分别为 486 nm 和 574 nm。计算不同眼镜配戴情况下,屏幕主波长的漂移,结果见表 8。由表 8 数据可见,5 种防蓝

光眼镜对色温为 5 000 K 的 LED 背光 LCD 屏幕主波长影响不大,防蓝光眼镜 A 对不同色温下两

种屏幕的主波长几乎无影响。其他情况下,主波长漂移幅度均较大。

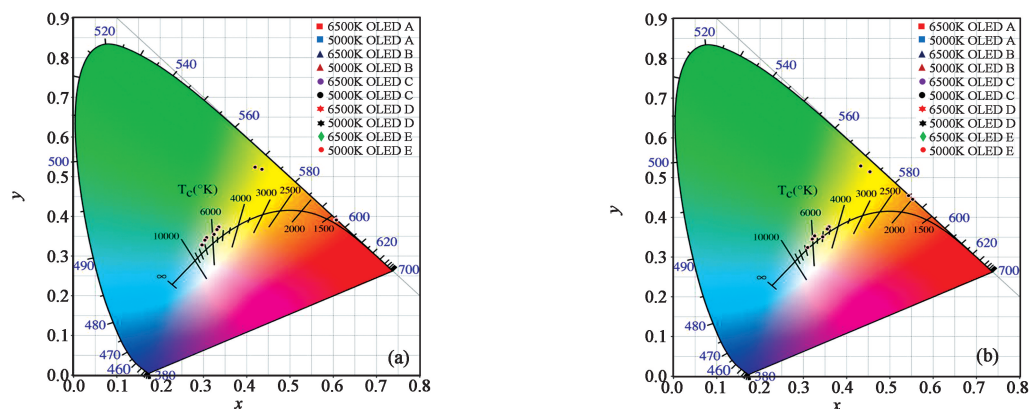


图 3 不同防蓝光眼镜配戴情况下屏幕 1931 CIE-XYZ 色度图

Fig.3 1931 CIE-XYZ chromaticity diagram of two displays under different anti-blue light glasses wore

表 8 不同眼镜配戴情况下两种显示器主波长的漂移

Tab.8 Deviation of dominant wavelength of two displays under different anti-blue light glasses wore (nm)

Color temperature/K	OLED A	OLED B	OLED C	OLED D	OLED E	LED LCD A	LED LCD B	LED LCD C	LED LCD D	LED LCD E
6500	0	+9	+4	+79	+106	0	+45	+21	+84	+99
5000	+1	+27	+22	+41	+66	-1	-2	-2	-1	+12

配戴不同防蓝光眼镜引起屏幕显示主波长的漂移,人眼能否辨别,需要根据人眼对不同波长的辨别能力曲线判断。图 4 给出了人眼对可见光的波长分辨力^[11]。

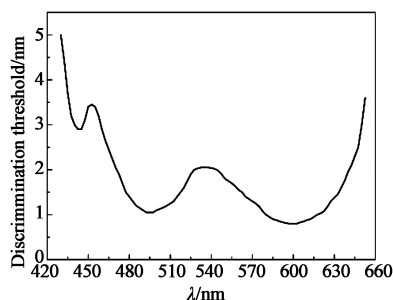


图 4 人眼对可见光的波长分辨力

Fig.4 Wavelength resolution of the human eye to visible light

由图 4 可得,486,490,530,574 nm 人眼分辨力分别为 1.2,1.1,2,1.2 nm。可见防蓝光眼镜 A 引起不同色温下两种屏幕显示主波长的漂移,以

及配戴防蓝光眼镜 D 观影 5 000 K 色温下 LED 背光 LCD 屏幕显示主波长的漂移,人眼无法辨别,其他情况均会引起较大的主波长漂移,特别是配戴防蓝光眼镜 E 观影 6 500 K 色温下 OLED 屏幕显示主波长的漂移高达 106 nm,以严重改变了观影颜色效果。

3.2 饱和度分析

饱和度表示颜色的纯度或浓淡程度,为彩色三要素之一^[12]。由透过不同防蓝光眼镜的光谱分布数据计算对应饱和度,结果见表 9。由表 9 可见,5 种防蓝光眼镜均可使色温设置为 5 000 K 的 OLED 及 LED 背光 LCD 屏幕饱和度增加,特别是防蓝光眼镜 D 和 E,可使饱和度大幅度增加。色温设置为 6 500 K 时,5 种防蓝光眼镜对饱和度影响变化较为复杂,防蓝光眼镜 A、B、C 可使色温设置为 6 500 K 的 OLED 及 LED 背光 LCD 屏幕饱和度减小,而防蓝光眼镜 D 和 E 使饱和度增加幅度较大。

表 9 不同眼镜配戴情况下屏幕的饱和度

Tab.9 Saturation two displays under different anti-blue light glasses wore (%)

Color temperature/K	OLED	OLED A	OLED B	OLED C	OLED D	OLED E	LED LCD	LED LCD A	LED LCD B	LED LCD C	LED LCD D	LED LCD E
6 500	12.47	12.43	7.88	9.85	83.56	99.57	8.27	8.20	4.24	3.53	89.04	99.72
5 000	4.40	4.50	12.67	9.54	86.78	99.92	8.91	8.93	21.04	17.97	91.01	99.98

防蓝光眼镜引起饱和度的变化,是否影响显示效果,人眼能否辨别,需要根据人眼对饱和度的辨别能力曲线判断。图 5 给出了人眼对饱和度的辨别能力谱,纵坐标为从白光起等级数目。纯白光的色彩饱和度为 0,单色光饱和度为 100%。由图可见,主波长 490,530,486,574 nm 对应的可辨别饱和度等级分别为 19.4,18.6,19.6,6.8。人眼只能区别 19 级与 7 级饱和度,即饱和度变化大于 5.26%与 14.29%左右时人眼能辨别。由此可

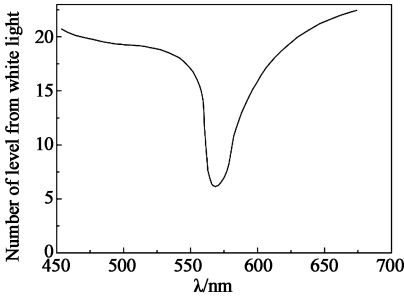


图 5 人眼对饱和度的分辨力
Fig.5 Saturation resolution of the human eye

以判断:防蓝光眼镜 D 和 E 引起 OLED 及 LED 背光 LCD 屏幕饱和度变化人眼可以辨别,影响观影效果,其他情况人眼均较难辨别,对屏幕饱和度显示效果影响不大。

3.3 光通量分析

亮度为单位立体角、单位投影面积上的光通量,为彩色三要素之一^[13]。此处为了计算分析方便,仅比较研究光通量。光通量计算公式见式(4)。P(λ)为单位时间内光源的辐射能量分布曲线,不同眼镜配戴情况的 P(λ)可由上文对应的光谱分布函数及透射率拟合结果相乘得到;V(λ)为明视觉光谱光效函数,1924 年 CIE (国际照明委员会)给出了不同波长对应的数值,多篇文章对其函数表达式进行了高质量拟合,本文采用式(5)。K_m=683 lm/W,为明视觉最大光谱光效能。式(4)光通量计算采用 Matlab7.0 中 trapz 函数完成。

$$\Phi_v = K_m \int_{380}^{780} P(\lambda)V(\lambda)d\lambda . \tag{4}$$

$$V(\lambda) = 3.659 \times 10^{-4} + \frac{1.182}{1 + \exp(32.651 - \lambda/15.731)} \times \left[1 - \frac{1}{1 + \exp(24.558 - \lambda/20.915)} \right] . \tag{5}$$

计算裸眼时 6 500 K 及 5 000 K 下 OLED 的光通量分别为 23 304 lm 和 22 350 lm;6 500 K 及 5 000 K 下 LED 背光 LCD 屏幕的光通量分别为 30 686 lm 和 25 771 lm。为了更加直观地反映配戴防蓝光眼镜后,光通量的变化情况,利用式

(6)计算不同眼镜配戴情况光通量的相对偏差:

$$D_{flux} = \frac{|\Phi_v - \Phi_{v(g)}|}{\Phi_v} \times 100\% , \tag{6}$$

Φ_v为裸眼时对应屏幕的光通量,Φ_{vg}为配戴不同眼镜时的光通量,计算结果如表 10 所示。

表 10 不同防蓝光眼镜配戴情况下屏幕光通量的相对偏差

Tab.10 Deviation of Luminous flux of two displays under different anti-blue light glasses wore (%)

Color temperature/K	OLED A	OLED B	OLED C	OLED D	OLED E	LED LCD A	LED LCD B	LED LCD C	LED LCD D	LED LCD E
6 500	0.000 15	1.802 8	10.174 1	7.583 8	61.835 4	0.001 5	1.675 7	10.166 5	5.18	47.046
5 000	0.001 3	1.703 2	10.135 5	6.41 7	59.08	0.001 2	1.583 5	10.122 8	4.313 3	43.229

人眼能感受的亮度范围约为 $10^{-3} \sim 10^6$ cd/m²,能分辨的最大和最小亮度比为 1 000 : 1。当亮度为 1 000 cd/m² 时,最小可识别黑度差 $\Delta D_{\min} \approx 0.08$ 。光通量与亮度相互对应,人眼对亮度有较高灵敏度,即对光通量变化也有较大分辨力。整体分析表 10 数据可见,防蓝光眼镜 C、E 对光通量影响比较大,特别是 E 使色温为 6 500 K 的 OLED 屏幕光通量下降 61.8%,严重影响了观影效果。

3.4 色温分析

色温的变化直接影响光谱分布特征,进而影

响人眼的视觉感受。本文在采集两种显示器光谱分布数据过程中,利用色温调节软件设置了不同色温。究竟色温设置是否准确,配戴不同防蓝光对色温有何影响? 可根据光谱分布数据,利用相关分析软件进行计算,结果如表 11 所示。可见该软件在设置调节 OLED 色温时,实际色温高于设置色温 8 00 K 左右,设置调节 LED 背光 LCD 色温时,实际色温与设置色温差距不大,如设置色温为 5 000 K 时,实际色温仅减少了 10 K。故该软件在设置调节 LED 背光 LCD 色温时,总体精度高于 OLED,且差距明显。

表 11 不同防蓝光眼镜配戴情况下屏幕的实际色温

Tab.11 Actual color temperature of two displays under different anti-blue light glasses wore (K)

Color temperature/K	OLED	OLED A	OLED B	OLED C	OLED D	OLED E	LED LCD	LED LCD A	LED LCD B	LED LCD C	LED LCD D	LED LCD E
6 500	7 396	7 388	6 636	6 914	3 982	1 688	6 640	6 631	5 767	5 967	3 801	2 138
5 000	5 790	5 786	5 373	5 521	3 720	1 692	4 990	4 986	4 581	4 682	3 441	2 025

比较分析表 11 数据,知 5 种防蓝光眼镜 A 至 E,随着防蓝光效果的增加,色温依次下降,两种屏幕设置色温为 6 500 K 时色温下降速度略大于 5 000 K。防蓝光眼镜 D 与 E,对色温影响较大。尽管人眼受色觉守恒和视觉心理特性的作用,对色温较小幅度的变化,引起视觉效果的差异不敏感。但防蓝光眼镜 D 与 E 对两种屏幕色温的改变,一定会影响显示效果。

4 结 论

为了全面定量研究当前销量较大的 5 种不同材质防蓝光眼镜,对不同色温 LED 背光 LCD 及 OLED 彩色显示效果的影响。本文测量了两种屏幕在色温设置为 6 500 K 和 5 000 K 下的光谱分布数据,结合 5 种不同材质防蓝光眼镜透射率与人眼分辨率,通过 OriginPro 拟合、色度软件分析、Matlab 计算。比较研究了不同色温下两种屏幕在不同防蓝光眼镜配戴状态下的色调、饱和度以及光通量,得到以下结论:

(1)5 种不同材质防蓝光眼镜均具有一定的过滤蓝光效果,随着屏幕色温的下降,眼镜防蓝光

效果增强。对相同色温同一眼镜对 LED 背光 LCD 屏的防蓝光效果略强于 OLED 屏。

(2)5 种防蓝光眼镜对色温为 5 000 K 的 LED 背光 LCD 屏幕主波长影响不大,配戴防蓝光眼镜 E 观影 6 500 K 色温下 OLED 屏幕显示主波长的漂移高达 106 nm,以严重改变了观影颜色效果。

(3)5 种防蓝光眼镜均可使色温设置为 5 000 K 的 OLED 及 LED 背光 LCD 屏幕饱和度增加。防蓝光效果太强的眼镜严重影响饱和度,如:过滤掉色温 6 500 K 的 OLED 屏幕 99.626% 蓝光的眼镜,可使饱和度增加 22.7 倍。

(4)过滤蓝光会使屏幕色温下降,如:能过滤掉色温 6 500 K 的 LED 背光 LCD 屏幕 99.59% 蓝光的眼镜,可使色温下降为原来的 0.322 倍。

综上所述,各种防蓝光眼镜均有一定防蓝光效果,但差距较大。很多防蓝光眼镜已严重影响了屏幕画面的色调、饱和度及亮度,我们应该找到防蓝光重视光生物安全与兼顾显示效果的平衡点。以上结论可为防蓝光眼镜的选择与使用提供依据,分析研究方法可为相关产品的研发提供借鉴。

参 考 文 献:

- [1] 杨超普, 方文卿, 刘明宝, 等. 不同色温 LED 背光屏的蓝光危害和非视觉生物效应[J]. 激光与光电子学进展, 2017, 54(10):101701.
YANG C P, FANG W Q, LIU M B, *et al.* Blue light hazard and non-visual biological effect of LED backlight display at different color temperatures [J]. *Laser & Optoelectronics Progress*, 2017, 54(10):101701. (in Chinese)
- [2] 饶 丰, 徐安成, 朱锡芳. LED 照明节律效应随年龄的变化[J]. 发光学报, 2016, 37(2):250-255.
RAO F, XU A C, ZHU X F. Change of the circadian effect of LED lighting with age [J]. *Chin. J. Lumin.*, 2016, 37(2):250-255. (in Chinese)
- [3] 杨超普, 方文卿, 王昭, 等. 不同显示器的蓝光危害及节律效应比较 [J]. 激光与光电子学进展, 2017, 54(10):121701.
YANG C P, FANG W Q, WANG Z, *et al.* Comparison on blue light hazard and circadian effect of different displays [J]. *Laser & Optoelectronics Progress*, 2017, 54(12):101701. (in Chinese)
- [4] 鲁玉红, 王毓蓉, 金尚忠, 等. 不同波长蓝光 LED 对人体光生物节律效应的影响[J]. 发光学报, 2013, 34(8):1061-1065.
LU Y H, WANG Y R, JIN S Z, *et al.* Influence of different wavelength blue LED on human optical biorhythm effect [J]. *Chin. J. Lumin.*, 2013, 34(8):1061-1065. (in Chinese)
- [5] QI D, SHAN Q F, LAM H, *et al.* Circadian-effect engineering of solid-state lighting spectra for beneficial and tunable lighting [J]. *Optics Express*, 2016, 24(18):20049-20059.
- [6] BERGMAN R S, BARLING L, BOUMAN A, *et al.* Photobiological safety of lamps and lamp systems [S]. Vienna: CIE Central Bureau, 2002.
- [7] 国际半导体照明联盟; 中国照明协会. 普通照明 LED 与蓝光(白皮书)[R]. 国际半导体照明联盟, 2013.
ISA CIES. General Lighting LED and blue light(White Paper) [R]. The international union of semiconductor lighting(ISA), 2013.
- [8] 罗秉, 詹长安. CRT 与 LCD 技术的视觉刺激显示性能评价 [J]. 液晶与显示, 2017, 32(11):934-942.
LUO S, ZHAN C A. Assessment of CRT and LCD technologies for the presentation of visual stimuli [J]. *Chinese Journal of Liquid Crystals and Displays*, 2017, 32(11):934-942. (in Chinese)
- [9] ELZE T, TANNER T. Dangerous liquids: temporal properties of modern LCD monitors and implications for vision science experiments [J]. *Perception*, 2011, 40(40):175-181.
- [10] COOPER E A, JIANG H M, VILDAVSKI V, *et al.* Assessment of OLED displays for vision research [J]. *Journal of Vision*, 2013, 13(12):16.
- [11] 胡威捷, 汤顺青, 朱正芳. 现代颜色技术原理及应用 [M]. 北京: 北京理工大学出版社, 2007.
HU W J, TANG S Q, ZHU Z F. Modern Color Science and Application [M]. Beijing: Beijing Institute of Technology Press, 2007. (in Chinese)
- [12] 姚其, 胡艳鹏, 衡涛, 等. 光源蓝光波长效应的综合分析 [J]. 光源与照明, 2013(1):10-11, 20.
YAO Q, HU Y P, HENG T, *et al.* Comprehensive analysis of the effect of blue-light wavelength [J]. *Lamps & Lighting*, 2013(1):10-11, 20. (in Chinese)
- [13] 杨勇, 关丽, 朱传征, 等. 中间视觉条件下光源光谱对人眼视亮度的影响[J]. 光谱学与光谱分析, 2012, 32(10):2628-2631.
YANG Y, GUAN L, ZHU C Z, *et al.* Influence of lighting sources spectra on the human visual brightness identification under the mesopic vision[J]. *Spectroscopy and Spectral Analysis*, 2012, 32(10):2628-2631.

作者简介:



王珏敏(1985—), 女, 山西太原人, 硕士, 讲师, 2013 年于山西财经大学获得硕士学位, 主要研究方向为光电显示及通信系统仿真。E-mail: 298836058@qq.com



张 林(1986—), 男, 黑龙江讷河人, 硕士, 讲师, 2014 年于中北大学获得硕士学位, 主要研究方向为光谱分析及光电信号处理。E-mail: 1754510624@qq.com