

文章编号:1007-2780(2018)04-0285-06

软打样显示器的显色性能研究

万 勇¹, 郑元林^{1,2*}, 游伴奏^{1,2}

(1. 西安理工大学 印刷包装与数字媒体学院, 陕西 西安 710048;

2. 陕西省印刷包装工程重点实验室, 陕西 西安 710048)

摘要:显示器的显色性能会随着使用时间以及环境条件的改变而变化。本文以显示器显色性能为研究对象,设计一套系统的显示器性能测试实验,采用正交试验分析色温、亮度和 Gamma 值对 EIZO CG247 和 Dell P2714H 显示器显色能力的影响,为显示器确定合适的校准条件。此外,还对显示器的空间均匀性和时间稳定性进行了对比测试,以更好地将显示器应用于软打样。实验结果表明:对于两台显示器,在三个校准参数中,都表现为色温对显示器呈色的影响最大, Gamma 值次之,亮度最小;两显示器的最佳显色参数都为色温 6 500 K,亮度 120 cd/m², Gamma 值 2.2,但是 Dell P2714H 的平均色差 1.06 大于 EIZO CG247 显示器的 0.64;并且两显示器在空间均匀性和时间稳定性方面表现相接近。

关键词:显色性能;校准;色差;空间均匀性;时间稳定性

中图分类号:TS8; TN141 **文献标识码:**A **doi:**10.3788/YJYXS20183304.0285

Color performance of monitor used in soft proofing

WAN Yong¹, ZHENG Yuan-lin^{1,2*}, YOU Ban-zou^{1,2}(1. Faculty of Printing, Packaging Engineering and Digital Media Technology,
Xi'an University of Technology, Xi'an 710048, China;2. Key Lab of Printing and Packaging Engineering of Shaanxi Province,
Xi'an 710048, China)

Abstract: Color performance of the monitor varies with time and environmental conditions. In this paper, the color performance of the monitor is chosen as the research object, and a systematic test is designed. An orthogonal test is used to analyse that how the color temperature, brightness and Gamma value affect the color ability of EIZO ColorEdge color CG247 and Dell P2714H, and determine a best calibration conditions for them. Furthermore, we test the spatial uniformity and time stability of the monitors, which is a guidance on how to make better use of the monitors in soft proofing. Experimental results show that the color temperature has the biggest influence on both of the monitors, Gamma value is next, brightness is minimum. The best color rendering condition of the displays are equal to color temperature 6 500 K, brightness 120 cd/m² and Gamma value 2.2, but the average color differ-

收稿日期:2017-09-04;修订日期:2017-12-08.

基金项目:国家自然科学基金资助项目(No.61671376);陕西省自然科学基金资助项目(No.2016JM6022)

Supported by National Natural Science Foundation of China(No.61671376);Supported by Shaanxi Natural Science Foundation of China(No.2016JM6022)

* 通信联系人, E-mail: zhengyuanlin@xaut.edu.cn

ence of Dell P2714H is 1.06, which is higher than that of EIZO CG247. Besides, there are similar spatial homogeneity and time stability on them.

Key words: color performance; calibration; color difference; spatial uniformity; time stability

1 引言

随着显示技术的发展以及印刷技术的不断完善,屏幕软打样技术更广泛的应用于印刷行业中。刘红芳^[1]等人对屏幕软打样的颜色匹配进行了研究分析,并通过 ProfileEditor 软件对软打样颜色匹配效果进行了优化。咎贵府^[2]等人介绍了一种新的数字化软打样评测方法,为软打样测试提供依据,保证了屏幕软打样的可行性。邓云^[3]等人针对苹果 G5 和 Dell P2412H 显示器的显示均匀性、色彩真实性及显示色域范围等性能进行对比研究,确定了色温、伽马值、亮度 3 个校正参数对苹果显示器显色性能影响的主次关系,并确定色温为 6 500 K 时,显色性能最为理想。

针对显示器的色彩管理已有很多研究,但是对于不同显示器的时间稳定性和空间均匀性,由于工艺与材料特性等的差异,需要分别进行深入研究,确定显示器波动周期和显色性能差异;以及对于不同的显示器,其最佳显色参数是否一致需要进一步确认。因此有必要对显示器的色彩特性进行全面的分析,为色彩管理和实际工作提供科学的依据。

2 实验过程

2.1 实验条件

显示器: EIZO ColorEdge CG247 和 Dell P2714H;

测量仪器: Eye-One pro;

校准软件: ColorNavigator;

环境条件: 室温(25℃左右), LED 日光灯的照明环境。

2.2 显示器校准前的准备

虽然市面上的显示器都通过了生产厂家的调试与校准,但是也不能够做到每一台显示器的性能都完全一样,显示器的显示效果会随着使用时间以及环境条件的改变而变化,这就要求使用者保证显示器的使用精度。因此需要定期对显示器

进行特性化校准,以保证显示器处于良好的工作状态^[4-5]。

根据显示器类型的不同,要进行以下 3 个方面的调整工作:

(1) 调整显示器亮度,单位是坎德拉/平方米(cd/m^2);

(2) 调整显示器色温,单位是开尔文(K);

(3) 调整显示器阶调曲线,用 Gamma 值来表示。

在校正显示器时,需特别注意以下几个问题:

(1) 保证显示器工作状态稳定,即打开显示器预热半小时以上;

(2) 关闭周围强烈的光线,尽可能排除干扰光;

(3) 关闭桌面背景图案并将颜色调成灰色;

(4) 关闭系统电源管理,关闭屏幕保护程序。

2.3 校准参数分析实验

在显示器的特性化过程中,往往会涉及 Gamma 值、白场色温及亮度参数的选择,显示器显示的颜色会因为不同的参数设置出现很大的区别。

色温反映显示器上白场的颜色;显示器的亮度表现为显示白场的亮度,也就是红、绿、蓝三个单色光混合形成的白色光的亮度;Gamma 值表示显示系统的阶调曲线^[6]。

根据 ISO12646:2008 的要求,显示器的色度特征应该设为 D50,但也可以设为更高的色温 D65。Gamma 值的选择建议在 1.8 至 2.4^[7-8]。根据人眼对显示器的最佳感知,亮度调节范围介于 100 ~ 160 cd/m^2 。因此,正交试验实验包括色温、亮度、gamma 值三个因素,其中色温选择为 5 000 K、6 500 K 两个水平,亮度选择为 100 cd/m^2 、120 cd/m^2 、140 cd/m^2 、160 cd/m^2 四个水平,Gamma 值选择为 1.8、2.0、2.2、2.4 四个水平。

设置不同色温、伽玛值和亮度的参数组合,使用 ColorNavigator 和 Eye-One pro 对显示器 EIZO ColorEdge CG247 和 Dell P2714H 进行校准,并在每次校准后检测 ISO 12646 Profile

Quality 色靶中 134 个色块的显示效果,对校准后的显示器进行色差评价,根据色差大小确定最佳的参数组合。表 1 所示为显示器色差程度的鉴定标准。

表 1 色差程度的鉴定标准

Tab.1 Evaluation criteria of color difference

色差程度的鉴定	ΔE_{ab}^*
微量	0~0.5
轻量	0.5~1.5
能感觉到	1.5~3.0
明显	3.0~6.0
很大	6.0~12.0
截然不同	12.0 以上

2.4 显示器的均匀性实验

显示器显色准确后,还需要测量显示器显色的均匀性,显示器的显色均匀性是指显示器的不同区域显示同一颜色效果的一致性。根据 ISO 12646:2008 的要求:显示器的亮度差最好在 5% 以内,最大的亮度差不超过 10%^[9]。本实验在对 EIZO ColorEdge CG247 和 Dell P2714H 使用最佳校准参数组合后,根据日本电子机械工业会规定的九点测量法^[10],屏幕按 3 行×3 列分为 9 个区域,显示器背景色分别设为白色、灰色、暗灰色,利用 Eye-One pro 检测周边八个区域与中间区域的亮度差别。

2.5 显示器的稳定性实验

显示器的稳定性主要包括:显示器的开机预热稳定时长和显示颜色随时间变化的时间均匀稳定性。分析显示器的显示时间稳定性主要有两个作用:一是观察显示器在一天内色差的变化范围;二是观察显示器经过校准后,显示器特性文件维持准确性的时间。

本文实验分别检测 EIZO ColorEdge CG247 和 Dell P2714H 开机 1 min、5 min、10 min、30 min、1 h、2 h 后,使用 Eye-One pro 测量显示器上的颜色值与 ISO 标准颜色值之间的色差;在显示器校准后 1 d、2 d、3 d 等直至显示器的呈色发生明显变化,通过 Eye-One pro 测量显示器上的颜色值与 ISO 标准颜色值之间的色差。

3 实验结果分析

3.1 不同校准参数组合分析

使用不同的校准参数组合对显示器 EIZO ColorEdge CG247 进行校准后,测量显示器显示 ISO 12646 Profile Quality 中的 134 个色块的 $L^* a^* b^*$ 值与标准值之间的平均色差 ΔE_{ab}^* 。

为了更进一步分析显示器色温、Gamma 值和亮度设置对特性文件准确度的影响程度,本文将极差的概念引入色彩理论的实验结果分析中。在科学实验中,对于某一个考察指标,影响的因素通常比较多,而各因素对考察指标的影响程度也不完全相同,可以根据极差判断数据的波动范围,进而判断出各个因素对相应指标的影响程度,进一步得到各个因素的主次要关系^[11]。正交实验结果的分析通常有两种:直观分析法和方差分析法。

对显示器影响因素主要有 Gamma 值、色温以及亮度,为此设计了一组单指标正交试验。本文对实验结果的分析采用直观分析法,对 134 个色块的色差数据进行统计分析,结果见表 2,其中 K_i 表示第 i 种实验指标之和, k_i 表示 K_i 的平均值, R_i 表示第 i 种实验指标的极差。 R_i 越大,该指标对实验结果的影响程度就越大;反之,则影响程度越小。

表 2 不同参数的正交实验结果分析

Tab.2 Analysis of orthogonal experimental results with different parameters

		K_i	k_i	R_i
亮度	100	1.64	0.82	0.055
	120	1.63	0.815	
	140	1.73	0.865	
	160	1.74	0.87	
Gamma	1.8	1.79	0.895	0.145
	2.0	1.71	0.855	
	2.2	1.50	0.75	
	2.6	1.52	0.76	
色温	D50	4.04	1.01	0.20
	D65	3.24	0.81	

$$K_i = \sum_{i=1}^n \Delta E, \tag{1}$$

$$k_i = \frac{K_i}{n}, \tag{2}$$

$$R_i = k_{i\max} - k_{i\min}. \tag{3}$$

分析正交实验结果,对于亮度、Gamma 值和色温 3 个影响显示器显色性能的因素,参数不同其平均色差均不同。仅考虑单个因素:对于亮度,设置为 100 cd/m² 和 120 cd/m² 时,其 k_i 几乎相同,且小于 140 cd/m² 时的 0.865 和 160 cd/m² 时的 0.87;对于 Gamma 值,设置为 2.2 时 k_i 最小,为 0.75,;对于色温,其 k_i 值 D65 的小于 D50 的。对于 R_i 值,色温的 0.20 大于 Gamma 值的 0.145 且大于亮度的 0.055。由此可以得出以下结论:

(1) 设置正确的亮度、Gamma 值和色温会提高显示器的显色准确性;

(2) 对 EIZO ColorEdge CG247 显色效果影响的主次关系为:色温>伽玛值>亮度;

(3) EIZO ColorEdge CG247 显示最佳参数为色温 6 500 K、亮度 120 cd/m²、Gamma 值 2.2。(设置为 100 cd/m² 和 120 cd/m² 时,显示器的平均色差几乎相等,但通常选择亮度值较高的更能发挥显示器的显色性能。)

同样,以上述正交试验方法对显示器 Dell P2714H 进行测试,测试结果表明:①对 Dell P2714H 显色效果影响的主次关系为:色温>伽玛值>亮度;②显示器 Dell P2714H 的最佳显示参数为色温 6 500 K、亮度 120 cd/m²、Gamma 值 2.2。不同的是,显示器 EIZO ColorEdge CG247 的平均色差为 0.64,小于显示器 Dell P2714H 的平均色差 1.06。

3.2 空间均匀性分析

通过 Eye-One pro 分别检测显示器背景色为白色、灰色、暗灰色三种颜色时,屏幕上周边 8 个区域与中间区域的亮度差别。如表 3 所示,根据检测结果分析,屏幕显示三种颜色时,显示器周边亮度相对于中间亮度有微小差异,且周边 8 个区域的亮度不超过中间区域的亮度。根据统计得出最大亮度差为 4%,低于 ISO 12646 中 10% 的标准要求,这也说明了 EIZO ColorEdge CG247 显示器空间均匀性良好。

表 3 屏幕 9 个区域(3×3)亮度比较

Tab.3 Brightness comparison between nine regions of the monitor

背景色	亮度		
白(255,255,255)	118	117	117
	119	119	117
	118	117	116
灰(127,127,127)	24	24	23
	24	24	23
	24	24	23
暗灰(63,63,63)	5	5	5
	5	5	5
	5	5	5

3.3 时间稳定性分析

从表 4 中可以看出,在开机 30 min 以内,EIZO ColorEdge CG247 显示器呈色有较大的变化,表现为平均色差从开机第 1 min 的 1.17 变为第 5 min 的 0.97,再经第 10 min 的 0.78 缩小到第 30 min 的 0.71;开机 30 min 后,第 60 min 和第 120 min 的平均色差依次为 0.69、0.65,与第 30 min 测量的平均色差 0.71 非常接近,其平均色差变化曲线如图 1 所示。重复多组实验得出:EIZO ColorEdge CG247 在开机 30 min 后各个时间点的平均色差较小且波动很小,其显色性能趋于稳定,可投入实际应用。

由表 5 可知,EIZO ColorEdge CG247 在实施校准 7 d 后,第 10 d 显示器的平均色差从 0.87 突

表 4 开机后显示器的色差变化情况

Tab.4 Color difference of the monitor after boot

测量时间/min	平均色差
1	1.17
5	0.97
10	0.78
30	0.71
60	0.69
120	0.65

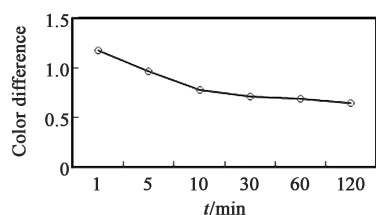


图1 显示器的时间稳定性曲线

Fig.1 Time stability curve of the monitor

变为 1.09,显示器的显色性能明显下降,如图 2 所示,需重新对显示器进行校准。

表 5 校准后显示器的色差变化

Tab.5 Color difference of the monitor after calibration

测量时间/d	平均色差
1	0.67
2	0.69
3	0.78
5	0.75
7	0.87
10	1.09
15	1.18

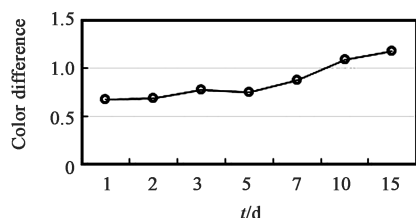


图2 显示器色差随时间变化曲线

Fig.2 Color difference curve of the monitor with time-varying

以同样的试验方法对显示器 Dell P2714H 进行空间均匀性和时间稳定性分析,分析表明:相较于 EIZO ColorEdge CG247 显示器,Dell P2714H 显示器的空间均匀性虽然稍差,但是显示器周边区域与中间区域的最大亮度差在 ISO 12646 中的标准要求范围内,说明其均匀性可以接受;在时间稳定性方面,平均色差与时间变化曲线与 EIZO 显示器有类似的变化趋势,在达到一定的时间同样需要进行重新校正。

4 结 论

本文以 EIZO ColorEdge CG247 和 Dell P2714H 显示器为例,对软打样显示器的显色性能进行了深入的研究,通过实验分析了不同参数对显示器显色准确性的影响,得出两显示器的最佳显色参数都为色温 6 500 K、亮度 120 cd/m²、Gamma 值 2.2,但是在平均色差方面大小有差异。并对显示器的空间均匀性和时间稳定性进行了检测,通过连续检测不同时间点显示器的呈色效果,分析了显示器的显色性能。研究表明:在三个校准参数中,色温对显示器呈色的影响最大,Gamma 值次之,亮度最小。且显示器空间均匀性良好,屏幕的各个区域显色性能几乎一致。在开机 30 min 后显示器的显色性能趋于稳定,色彩管理周期只能维持约 10 d。因此,在进行软打样前,应根据显示器的显色准确性确定色温、Gamma 值及亮度的最佳校准目标值。与此同时,显示器的空间一致性以及时间稳定性也是其重要的呈色性能指标,可通过九点亮度测量法对显示器的空间均匀性进行检测,在开机后和校准后通过多次检测其显示典型色块的准确性以确定显示器的开机预热时间和校准周期。

参 考 文 献:

- [1] 刘红芳.屏幕软打样的研究与实现[D].天津:天津科技大学,2009.
LIUH F. Research and realization of soft proofing [D]. Tianjin: Tianjin University of Science & Technology, 2009. (in Chinese)
- [2] 咎贵府,戴俊萍.屏幕软打样数字化评价方法及其实现[J].印刷质量与标准化,2013(3):21-25.
ZANG F, DAI J P. Digital evaluation method and its implementation of soft proofing [J]. *Printing Quality & Standardization*, 2013(3): 21-25. (in Chinese)
- [3] 邝云,穆东明.液晶显示器显示性能的对比分析[J].信息记录材料,2015,16(3):22-26,43.
ZHIY, MU D M. Comparative analysis of performance of LCD display [J]. *Information Recording Materials*,

- 2015, 16(3): 22-26, 43. (in Chinese)
- [4] MENG L L, ZHANG J L, LIU H X. The research on effect of ambient light on the impact of the soft proofing [J]. *Advanced Materials Research*, 2011, 174: 60-63.
- [5] HUANG M, LIU H X, WU Z, *et al.* The impact of different viewing field on soft-proofing [J]. *Advanced Materials Research*, 2012, 403-408: 2485-2489.
- [6] 田全慧.印刷色彩管理[M].3 版.北京:印刷工业出版社,2011:94.
TIANQ H. *Printing Color Management* [M]. 3rd ed. Beijing: Printing Industry Press, 2011: 94. (in Chinese)
- [7] 全国印刷标准化技术委员会.常用印刷标准解读[M].2 版.北京:印刷工业出版社,2011:1-13.
National Technical Committee for Printing Standardization. *Interpretation of Commonly Used Printing Standards* [M]. 2nd ed. Beijing: Printing Industry Press, 2011: 1-13. (in Chinese)
- [8] 许宝卉.伽玛值、白场色温及亮度对显示效果的影响[J].液晶与显示,2012,27(1):51-55.
XUB H. Influence of gamma, color temperature and brightness on display effect [J]. *Chinese Journal of Liquid Crystals and Displays*, 2012, 27(1): 51-55. (in Chinese)
- [9] ISO. ISO 12646 Graphic technology-displays for color proofing-characteristics and viewing conditions [S]. Switzerland: ISO, 2010.
- [10] 王志宏,唐正宁,李婧伟,等.LCD 显示器显示特性分析[J].包装工程,2008,29(4):37-39.
WANGZ H, TANG Z N, LI J W, *et al.* Analysis of LCD display characteristic [J]. *Packaging Engineering*, 2008, 29(4): 37-39. (in Chinese)
- [11] 李云雁,胡传荣.试验设计与数据处理[M].2 版.北京:化学工业出版社,2009.
LIY Y, HU C R. *Experiment Design and Data Processing* [M]. 2nd ed. Beijing: Chemical Industry Press, 2009. (in Chinese)

作者简介:万勇(1989—),男,河南信阳人,2017 年于西安理工大学获得硕士学位,主要从事色彩管理方面的研究。E-mail:357537129@qq.com

郑元林(1976—),男,山东宁阳人,博士、副教授,西安理工大学印刷包装与数字媒体学院教师,研究方向为色彩管理、印刷图像质量评价。E-mail: zhengyuanlin@xaut.edu.cn