

文章编号:1007-2780(2014)06-1042-08

环境照度对手机亮度最优值的影响

叶 程¹, 刘 真^{1*}, 张建青¹, 吴明光²

(1. 上海理工大学, 上海 200093;

2. 南京师范大学 虚拟地理环境教育部重点实验室, 江苏 南京 200046)

摘要:环境照度和手机屏幕亮度是影响手机显示性能的两大影响因素。本文选取 14 个不同的环境照度水平对手机的亮度自动调节功能进行测试, 根据测试结果选取 24 组有代表性的环境照度和手机亮度组合进行手机屏幕显示质量主观评测, 在主观评测的基础上选取 12 组环境照度和手机亮度组合对手机屏幕的显示质量参数进行测量, 并综合主观评测结果与质量参数测量结果分析得到最优的环境照度与手机亮度组合。主观实验结果表明: 在环境照度不变的情况下, 适当地提高手机的自动调节亮度能有效改善手机的显示效果; 不同环境照度下的手机亮度最优值不同。显示质量参数测量实验表明: 在环境照度不变的情况下, 适当地提高手机的自动调节亮度后手机屏幕的亮度对比度、色彩饱和度及色域范围均有明显提升。

关键词:视觉; 色彩与视觉科学; 环境照度; 手机亮度; 显示质量; 多项式拟合

中图分类号: TP394.1; TH691.9 **文献标识码:** A **doi:** 10.3788/YJYXS20142906.1042

Effect of environmental illumination on optimal value of mobile phone brightness

YE Cheng¹, LIU Zhen^{1*}, ZHANG Jian-qing¹, WU Ming-guang²(1. *University of Shanghai for Science and Technology, Shanghai 200093, China;*2. *Key Laboratory of Virtual Geographic Environment, Nanjing Normal University, Nanjing 200046, China*)

Abstract: Environmental illumination and mobile phone screen brightness is the two major factors which influence the effects of mobile phone display performance. This paper tests the function of brightness automatic adjustment of three different mobile phones under 14 environmental illumination levels and designs a subjective experiment of image quality assessment under 24 different environmental illumination and mobile phone luminance combination. And the paper measures the display quality parameters under 12 different environmental illumination and mobile phone luminance combination on the basis of subjective experiment. The subjective experiment results show that the rise of mobile phone brightness can improve the display effect of mobile phone, and the optimal mobile phone brightness is changing under different environmental illumination values. The test experiment results show that the rise of mobile phone brightness can improve the luminance contrast, color saturation and color gamut range of mobile phone.

收稿日期: 2014-02-20; **修订日期:** 2014-03-12.

基金项目: 国家自然科学基金 (No. 41271446); 上海市研究生创新基金 (No. JWCXSL1402)

* 通信联系人, E-mail: lunaprint@163.com

Key words: vision; color and vision optics; environmental illumination; mobile phone brightness; display quality; polynomial fitting

1 引 言

智能手机凭借着其日渐强大的功能和轻便、易随身携带的优点,已成为当今人们日常生活工作不可或缺的重要工具,手机屏幕作为一种新型的视觉显示器,其分辨率和图像再现能力不断提高,已成为显示设备领域的重要组成部分。和其他显示设备类似,手机屏幕的显示效果会受到诸多自身和环境因素的影响。根据韦伯定律的原理,周围环境的变化会对人眼对比度敏感视觉特性产生影响,不同环境照度和空间频率下人眼的敏感程度不同^[1]。M. R. Luo 等研究者指出,不同手机亮度下手机屏幕的显示特性不同、显示色域存在差异,不同环境照度下手机屏幕的显示会有不同的色貌表现^[2-3]。上海理工大学的张建青等人的研究指出,在不同手机亮度下手机屏幕的色域、色域覆盖率、通道独立性及色品稳定性均有不同^[4]。然而以往的研究往往是单一的考虑环境照度或者手机亮度的改变对手机显示效果的影响,很少综合考虑环境照度和手机亮度之间的关系,并且研究方法主要集中在相应理论模型的推导和硬件测试上,很少采取主观评价实验研究环境照度和手机亮度对显示效果的影响。

针对手机使用环境多变的特点,目前世界上主要手机厂商生产的手机设备均具备亮度随环境照度变化的自动调节功能。然而不同品牌手机之间的屏幕亮度自动调节方法不同,并没有形成统一的标准,不同环境照度下手机自动调节的屏幕亮度是否能达到最优的显示效果还存在疑问。本文首先对常见的手机使用环境照度进行测量,在测量的基础上将三星 Galaxy S3、诺基亚 920 和 iPhone 4S 三款手机分别置于 14 组不同的环境照度水平下对其亮度自动调节功能进行测试。在测试的基础上综合三款手机的亮度自动调节效果,在 6 个有代表性的环境照度水平下分别选取 4 个手机亮度,并在这 24 个不同环境照度水平、不同手机亮度水平下进行手机屏幕显示质量主观评价实验。根据主观评价实验的结果,在上述 6 个环境照度水平下分别将手机亮度调整至主观评价得

分最高的手机亮度水平与手机自动调节的亮度水平,对手机的亮度对比度、显示颜色的饱和度以及色域范围等客观显示质量参数进行测量比较。最后结合主观评价与参数测量的结果确定不同环境照度下手机屏幕亮度的最优建议值。

2 实验方案

2.1 实验设备及环境

测试目标为三星 Galaxy S3、诺基亚 920 和 iPhone 4S。测量仪器为 CS2000 分光辐射亮度计、环境照度计。色彩管理软件为 ProfileMaker、Photoshop。数据分析软件为 Matlab、Excel。

实验环境:标准暗室、GTI 标准灯箱。

2.2 实验过程及数据采集

(1)对常见的手机使用环境的照度进行测量并记录数据。常见使用环境的照度见表 1。

表 1 手机常见使用环境的照度

Tab. 1 Environmental illumination of common used mobile phone environment

手机常见使用环境	环境照度/lx
露天操场,城市广场,人行道	800~2 000
教室走廊,林荫道	600~900
实验室,教室,机房	300~600
咖啡馆,地铁,厕所	150~300
卧室,旅馆	0~150

(2)将被测手机的各项参数调整到出厂时的预设状态,手机亮度调节方式调整至自动调节状态。打开 GTI 标准灯箱的 D65 光源,通过灯箱的光源照度调节按钮调节实验室的环境照度,选取 1 000、900、800、700、600、500、400、300、250、200、150、100、50、0 lx 共 14 个环境照度水平用于模拟手机使用环境的照度。分别将 3 款被测手机放置在这 14 个环境照度水平下并让手机全屏显示标准白色块,使用 CS2000 分光辐射亮度计测量手机所显示白色块的亮度值(Y 刺激值)并记录。

(3)将(2)中测得的数据采用多项式拟合的方

法拟合出 3 款手机的自动调节亮度随环境照度变化的关系曲线。

(4) 在 GTI 标准灯箱的 D65 光源下选取 800、600、400、300、150、0 lx 共 6 个环境照度水平作为手机屏幕显示质量主观评价实验的环境自变量。其中,照度 800 lx 用于模拟室外明亮环境,照度 600 lx 模拟室外阴暗环境,照度 400、300、150 lx 分别用于模拟室内明亮、中等和阴暗环境,照度 0 lx 则用于模拟夜晚黑暗环境。在选取的 6 个环境照度水平下再分别选取 4 个手机亮度水平作为图像质量主观评价实验的手机亮度自变量。不同环境照度下选取的手机亮度水平如表 2 所示,其中手机亮度 3 为对应环境照度下 iPhone 4S 的自动调节亮度,亮度值 1 和 2 高于亮度值 3,亮度值 4 低于亮度值 3。主观实验中环境照度为被试间变量,手机屏幕亮度为被试内变量。

表 2 主观实验环境照度及手机屏幕亮度
Tab. 2 Environment illumination and mobile phone brightness for subjective experiment

环境照度	800	600	400	300	150	0
手机亮度 1	496	470	436	308	170	105
手机亮度 2	470	436	360	239	135	65
手机亮度 3	436	360	260	191	77	30
手机亮度 4	360	282	207	148	45	14

注:环境照度单位为 lx;手机亮度单位为 cd/m²。(下同)

(5) 在 ISO 标准图像库中选取 ISO300 N3、N4、N5、N6、N7 共 5 幅标准图像,这 5 幅图涵盖了人眼基本记忆色并能用于评价各项图像质量指标。选取 iPhone 4S 作为手机屏幕显示质量主观评价实验的手机屏幕显示器,相比于其他两款被测手机,iPhone 4S 的手机亮度可变范围更大并且能够方便地手动调节屏幕亮度。主观实验所选用标准测试图如图 1 所示。

(6) 选取 8 名年龄在 20 岁到 25 岁之间、男女各半、颜色视觉正常的观察者进行手机屏幕显示质量主观评价实验。观察者在选取的不同环境照度、不同手机亮度下观看 iPhone 4S 显示的 5 幅标准图像,并对屏幕显示图像的阶调层次、色彩饱和度、图像清晰度和人眼舒适度进行评分,评价采用 5 级评分,5 分表示优秀、4 分表示良好、3 分表示中等、2 分表示不良、1 分表示极差。



图 1 主观实验所用 ISO300 标准测试图像
Fig. 1 ISO300 standard test image for subjective experiment

(7) 将主观实验所得的数据使用 Excel 和 Matlab 软件进行处理,分别统计 5 幅标准图像在不同环境照度、不同手机亮度下的阶调层次、色彩饱和度、图像清晰度和人眼舒适度得分。在数据统计时,依据 3 个标准差原则将异常数据删除以保证数据准确度。

(8) 根据手机屏幕显示质量主观评价实验的评分结果,在(4)中所述的 6 个不同环境照度下分别将 iPhone 4S 的亮度调整至主观评价实验中综合得分最高的亮度与手机自动调节的亮度,共得到 12 组不同的环境照度与手机亮度组合,并在这 12 组环境照度与手机亮度组合下分别显示 ProfileMaker 色彩管理软件内置的 99 个 LCD 显示器特征化色块,使用 CS2000 分光辐射亮度计测量各色块的色度数据,利用测得的数据计算 iPhone 4S 在这两个手机亮度下的亮度对比度、颜色饱和度。亮度对比度计算公式为:

C = (Y_w - Y_K)/Y_K, (1)

式中:C 表示亮度对比度,Y_w 与 Y_K 分别为白色块与黑色块的 Y 刺激值。颜色饱和度的计算公式为:

S = (a*² + b*²)^{1/2}, (2)

式中:S 表示颜色饱和度,a* 与 b* 分别为所测色块的 CIE 1976 LAB 色度值。此外,将所测各色块的色度数据读入 ProfileMaker 中,并比较这两个手机亮度下的色域范围。

3 实验结果与分析

3.1 手机常见使用环境照度测量

从表 1 的数据可以看到,除了某些特殊室外环境下的环境照度过高之外,手机常见的使用环境照度集中在 0~1 000 lx,无阳光直射的室外环境下的照度在 600~1 000 lx,室内环境的照度则在 0~600 lx 变化。

3.2 手机自动亮度调节功能测试

将 CS2000 分光辐射亮度计所测得的手机在 14 组不同环境照度下的自动调节亮度数据进行多项式拟合处理,得到被测 3 款手机屏幕自动调节亮度随环境照度变化的关系见图 2。

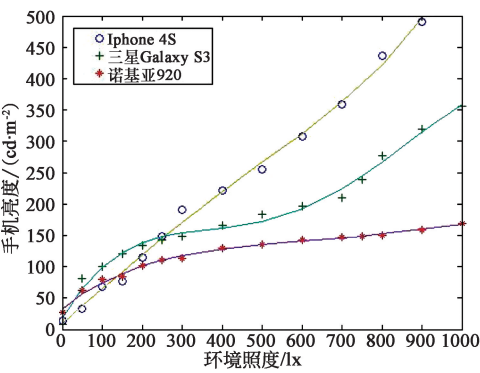


图 2 手机自动调节亮度随环境照度变化曲线
Fig. 2 Changing curves of mobile phone brightness with environmental illumination

从图 2 中可以看出,随着外界环境照度的增加,手机自动调节亮度总体呈上升趋势,但 3 款手机的亮度变化趋势又有不同。iPhone 4S 的自动亮度可调节范围大,在 0~1 000 lx 的环境照度范围下,自动调节亮度范围在 14~496 cd/m²,随着环境照度的增加,iPhone 4S 的手机亮度上升趋势明显,并且总体表现出线性上升的态势。诺基亚 920 的自动亮度调节范围较小,在 0~1 000 lx 的环境照度范围下,自动调节亮度范围在 27~169 cd/m²,在环境照度大于 400 lx 后,其自动调节亮度上升缓慢。三星 Galaxy S3 则介于前两者之间,在 0~1 000 lx 的环境照度范围下,自动调节亮度范围在 8~356 cd/m²,环境照度在 300 lx 以下时屏幕亮度上升趋势明显,环境照度在 300~600 lx 时亮度上升趋势趋缓,在环境照度高于

600 lx 之后手机亮度的上升趋势再一次加强。

3.3 手机屏幕显示质量主观评价实验

在表 2 所示的不同环境照度和手机亮度水平下使用 iPhone 4S 分别显示选取的 5 幅 ISO 标准图像,由测试者观察图像并对手机的显示效果从阶调层次、色彩饱和度、图像清晰度和人眼舒适度 4 个方面进行评分。通过分析数据发现,在所选取的 6 个环境照度水平下,iPhone 4S 在手机亮度 1 和 2 下的各项质量指标得分高于亮度 3 和 4 下的得分,在亮度 1 和亮度 2 下除了人眼舒适度得分大致相同外,亮度 1 的其他 3 项得分均高于亮度 2 下的对应得分。由于篇幅所限,下面以 ISO300 N5 标准图的得分情况为例进行具体说明,其它标准图的得分情况类似。

表 3 是不同环境照度、不同手机亮度下被试图像 ISO300 N5 所得的阶调层次平均分及数据标准差。从表中可以看出,在环境照度不变的情况下手机亮度 4 至亮度 1 的阶调层次得分依次上升,可见随着手机亮度的升高,手机屏幕的阶调层次再现能力增强。被试手机在所测环境照度下自动调节的亮度值偏暗,并非再现图像阶调层次的最优亮度值。

表 3 不同环境照度、手机亮度下 ISO300 N5 的阶调层次得分

Tab. 3 Scores of tone under different environmental illumination and different mobile phone brightness

环境照度	800	600	400	300	150	0
手机亮度 1	4.56 0.34	4.51 0.29	4.46 0.27	4.24 0.30	4.18 0.25	4.01 0.27
手机亮度 2	4.39 0.33	4.41 0.34	4.28 0.26	4.11 0.38	4.03 0.18	3.95 0.24
手机亮度 3	4.24 0.26	4.16 0.25	4.06 0.24	3.90 0.21	3.83 0.20	3.68 0.23
手机亮度 4	4.03 0.40	3.95 0.23	3.68 0.26	3.66 0.29	3.49 0.18	3.28 0.31

注:表中上行数据为平均分,下行数据为标准差(下同)。

表 4 是不同环境照度、不同手机亮度下被试图像 ISO300 N5 所得的色彩饱和度平均分及数据标准差。从表中可以看出,在环境照度不变的

情况下手机亮度 4 至亮度 1 的色彩饱和度得分依次上升,可见随着手机亮度的升高,手机屏幕的色彩再现能力增强。被试手机在所测环境照度下自动调节的亮度值偏暗,并非再现图像色彩的最优亮度值。

表 4 不同环境照度、手机亮度下 ISO300 N5 的色彩饱和得分

Tab. 4 Scores of color saturation under different environmental illumination and different mobile phone brightness

环境照度	800	600	400	300	150	0
手机亮度 1	4.48	4.55	4.45	4.34	4.23	4.06
	0.35	0.29	0.27	0.27	0.25	0.19
手机亮度 2	4.33	4.34	4.21	4.08	4.08	3.85
	0.30	0.30	0.22	0.24	0.21	0.16
手机亮度 3	4.06	4.11	3.98	3.98	3.83	3.66
	0.24	0.19	0.19	0.20	0.23	0.22
手机亮度 4	3.85	3.91	3.68	3.66	3.50	3.31
	0.38	0.20	0.23	0.30	0.25	0.31

表 5 不同环境照度、手机亮度下 ISO300 N5 的清晰度得分

Tab. 5 Scores of color clarity under different environmental illumination and different mobile phone brightness

环境照度	800	600	400	300	150	0
手机亮度 1	4.74	4.56	4.48	4.38	4.19	4.19
	0.29	0.32	0.29	0.27	0.23	0.24
手机亮度 2	4.55	4.43	4.28	4.18	4.04	3.98
	0.30	0.30	0.29	0.26	0.24	0.21
手机亮度 3	4.19	4.21	4.05	3.93	3.88	3.70
	0.41	0.29	0.26	0.25	0.2	0.21
手机亮度 4	3.99	3.98	3.78	3.73	3.58	3.35
	0.43	0.25	0.26	0.33	0.21	0.21

表 5 是不同环境照度、不同手机亮度下被试图像 ISO300 N5 所得的图像清晰度平均分及数据标准差。从表中可以看出,在环境照度不变的情况下手机亮度 4 至亮度 1 的图像清晰度得分依次上升,可见随着手机亮度的升高,手机屏幕显示

图像的清晰度增强。被试手机在所测环境照度下自动调节的亮度值偏暗,并非获得优秀图像清晰度的最优亮度值。

表 6 是不同环境照度、不同手机亮度下被试图像 ISO300 N5 所得的人眼舒适度平均分及数据标准差。从表中可以看出,在环境照度不变的情况下手机亮度 1 和 2 的人眼舒适度得分大致相当,均高于亮度 3 和 4 下的得分。可见在外界环境照度不变的情况下,在一定亮度范围内随着手机屏幕亮度的增加,被试者的人眼舒适度增加。但手机亮度并非越高越好,手机亮度增加到一定值后,人眼舒适度的改善趋势变缓,甚至会出现人眼舒适度降低的情况。被试手机在所测环境照度下自动调节的亮度值偏暗,并非获得良好人眼舒适感受的最优亮度值。

表 6 不同环境照度、手机亮度下 ISO300 N5 的人眼舒适得分

Tab. 6 Scores of color clarity under different environmental illumination and different mobile phone brightness

环境照度	800	600	400	300	150	0
手机亮度 1	4.59	4.66	4.41	4.38	4.23	4.10
	0.30	0.28	0.27	0.26	0.27	0.20
手机亮度 2	4.61	4.63	4.45	4.42	4.17	4.06
	0.26	0.30	0.23	0.22	0.19	0.15
手机亮度 3	4.3	4.2	4.0	3.9	3.9	3.7
	0.26	0.22	0.20	0.22	0.21	0.22
手机亮度 4	4.1	3.9	3.7	3.7	3.5	3.2
	0.41	0.19	0.24	0.31	0.21	0.31

3.4 手机屏幕显示质量参数测量

在主观实验所用的 6 个环境照度下将 iPhone 4S 的屏幕亮度分别调整至主观实验中综合得分最高的手机亮度值(以下简称主观亮度)与手机自动调整的亮度值(见表 2,以下简称自动亮度)并对手机在这两种亮度下的亮度对比度、颜色饱和度和色域范围进行测量。测量结果表明,相比于手机在自动亮度下的显示效果,不同环境照度下 iPhone 4S 的屏幕亮度为主观亮度时的亮度对比度、颜色饱和度和色域范围均有明显的改善。

下面对 iPhone 4S 在两个不同手机亮度下的亮度对比度变化做具体说明;以红、青色块为例对 iPhone 4S 在两个不同手机亮度下的颜色饱和度变化做具体说明,其他被测的颜色饱和度变化情况类似;以 800 lx 的环境照度下手机的色域范围为例对两个不同手机亮度下的色域范围变化做具体说明,其他环境照度下的色域变化情况类似。不同环境照度下的主观亮度如表 7 所示。

表 7 主观实验中综合得分最高的屏幕亮度值

Tab. 7 Optimal values of mobile phone screen brightness in subjective experiments

环境照度	800	600	400	300	150	0
主观亮度	496	470	436	308	170	55

图 3 所示为 iPhone 4S 在 6 个环境照度下手机屏幕亮度分别为主观亮度与自动亮度时亮度对比度数值,图中数据显示手机在主观亮度下的亮度对比度均高于自动亮度下的亮度对比度数值,可见当手机亮度调整至主观亮度时将会获得更好的图像清晰度与更大的阶调变化范围。

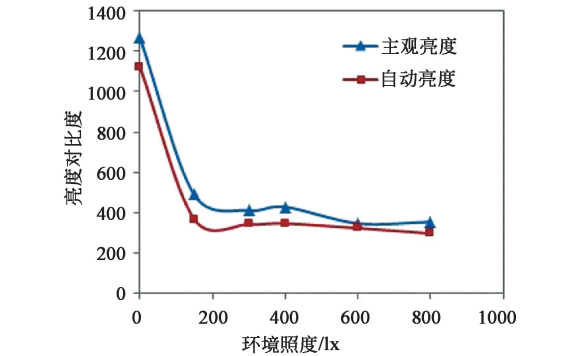


图 3 不同环境照度、手机亮度下的屏幕亮度对比度

Fig. 3 Contrast value of mobile phone under different environmental illumination and mobile phone brightness

图 4 中上、下方两组数据分别为 iPhone 4S 在 6 个环境照度下手机屏幕亮度分别为主观亮度和自动亮度时所显示红、青色块的颜色饱和度,可以看出红、青色块在主观亮度下的颜色饱和度高于自动亮度下的颜色饱和度数值,可见当手机亮度调整至主观亮度时将会获得更好的色彩再现效果。

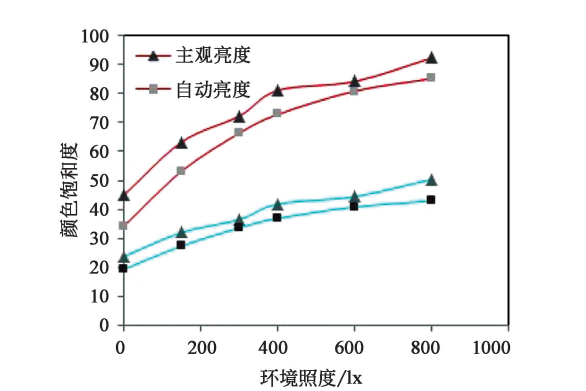


图 4 不同环境照度、手机亮度下的红、青色块颜色饱和度

Fig. 4 Saturation values of red and cyan under different environmental illumination and mobile phone brightness

图 5 所示为 iPhone 4S 在 800 lx 的环境照度下亮度调整至主观亮度与自动亮度时的色域范围,为了直观地比较二者的差异,图中主观亮度下的色域采用散点进行表示,自动亮度下的色域范围则采用深灰色多面体进行表示,可以看出手机在主观亮度下的色域基本包含了自动亮度下的色域,可见当手机亮度调整至主观亮度时能显示更多的颜色。

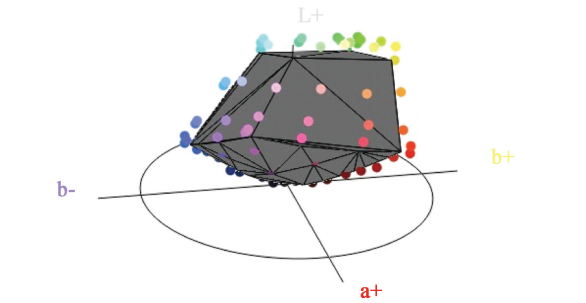


图 5 800 lx 环境照度下两种手机亮度对应的色域范围

Fig. 5 Gamut range of two different mobile phone brightness corresponding to the 800 lx environment illumination

综合不同环境照度与手机亮度组合下手机屏幕显示质量主观评价实验中 iPhone 4S 所显示 5 幅标准图像的阶调层次、色彩饱和度、图像清晰度、人眼舒适度的得分以及测得的亮度对比度、颜色饱和度、色域范围等客观显示质量参数,分析得出不同环境照度下的手机亮度最优值。将得到的最优值数据进行多项式拟合,并与 iPhone 4S 在

亮度自动调节状态下的亮度曲线进行比较。拟合后的手机最优亮度曲线见图 6。

4 结 论

本文研究结果表明,外界环境照度的改变和手机亮度的变化均会影响到手机屏幕的显示质量,在环境照度不变的情况下,适当提高手机屏幕的显示亮度能有效地改善手机屏幕的阶调层次、色彩饱和度和清晰度的再现能力,获得更好的显示质量,并能提高人眼观看的舒适度。在 800 lx 的环境照度下,手机屏幕最优亮度值为 496 cd/m²,在 600 lx 的环境照度下,手机屏幕最优亮度值为 470 cd/m²,在 400 lx 的环境照度下,手机屏幕最优亮度值为 436 cd/m²,在 300 lx 的环境照度下,手机屏幕最优亮度值为 308 cd/m²,在 150 lx 的环境照度下,手机屏幕最优亮度值为 170 cd/m²,在 0 lx 的环境照度下,手机屏幕最优亮度值为 55 cd/m²。

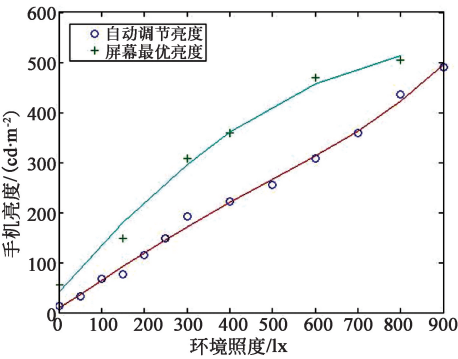


图 6 不同环境照度下手机亮度最优值

Fig. 6 Optimal values of mobile phone brightness under different environm illumination brightness

参 考 文 献:

[1] Margaret H P, Stephen W. A new standardized method for objectively measuring video quality [J]. *IEEE Transactions on Broadcasting*, 2004, 50(3): 312-322.

[2] Park Y K, Luo M R, Li C J, et al. Correcting veiling glare of refined CIECAM02 for mobile display [J]. *Color Research and Application*, 2013, 38(1): 14-21.

[3] Park Y K, Li C J, Luo M R, et al. Applying CIECAM02 for mobile display viewing conditions [C]. *Fifteenth Color Imaging Conference*, 2007: 189-173.

[4] 常锋, 孙志远, 王瑞光, 等. LED 显示图像的非均匀度校正改进方法[J]. *光学精密工程*, 2011, 19(4): 929-937. Chang F, Sun Z Y, Wang R G, et al. Improvement of non-uniformity correction of LED display images [J]. *Opt. Precision Eng.*, 2011, 19(4): 929-937. (in Chinese)

[5] 朱明, 刘真, 陈广学. 基于分区组阶堡方程的 6 色印刷分色模型研究[J]. *光学学报*, 2011, 31(7): 868-871. Zhu M, Liu Z, Chen G X. Research on six-color separation model based on subarea neugebauer equations [J]. *Acta Optica Sinica*, 2011, 31(7): 868-871. (in Chinese)

[6] 张建青, 刘真, 卢智平, 等. IPAD IPHONE 显示性能测试研究[J]. *液晶与显示*, 2014, 29 (1): 40-47. Zhang J Q, Liu Z, Lu Z P, et al. Study on display performance test of iPad and iPhone [J]. *Chinese Journal of Liquid Crystals and Displays*, 2014, 29 (1): 40-47. (in Chinese)

[7] 张茜, 刘真, 张建青, 等. iPhone 4S 手机屏幕显色特性研究[J]. *包装工程*, 2013, 34(17): 88-91. Zhang X, Liu Z, Zhang J Q, et al. Color characteristics of iPhone 4S [J]. *Packaging Engineering*, 2013, 34(17): 88-91. (in Chinese)

[8] 宋超, 王瑞光, 陈宇, 等. LED 显示屏色域边界的快速计算[J]. *发光学报*, 2013, 34(7): 924-929. Zhang X, Liu Z, Zhang J Q, et al. Color Characteristics of iPhone 4S [J]. *Packaging Engineering*, 2013, 34(17): 88-91. (in Chinese)

[9] 张显斗, 徐海松, 王勇. 彩色显示器亮度和对比度的最优化设置[J]. *光电子·激光*, 2007, 18(4): 407-410. Zhang X D, Xu H S, Wang Y. Optimal brightness and contrast settings for color displays [J]. *Journal of Optoelectronics · Laser*, 2007, 18(4): 407-410. (in Chinese)

[10] 李宏汀, 张艳霞, 徐伟丹, 等. 不同环境照度下手机屏幕亮度最优参数研究——以三星某手机为例[J]. *心理科学*,

2013,36(5):1110-1116.
Li H T, Zhang Y X, Xu W D, *et al.* Study on the optimal parameters of mobile phone screen brightness of different environment illumination [J]. *Psychological Science*, 2013,36(5):1110-1116. (in Chinese)

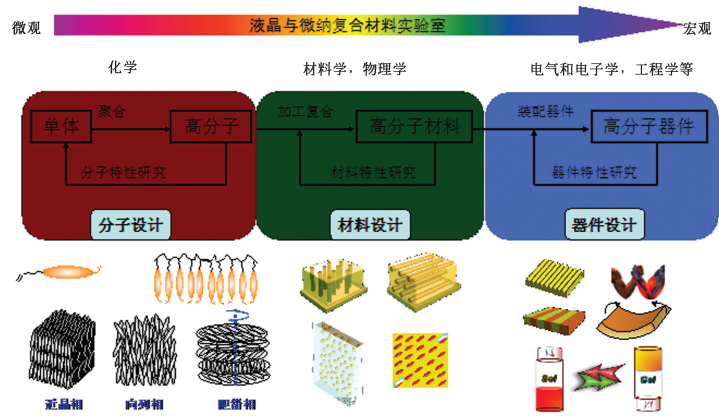
作者简介:叶程(1991—),男,福建南平人,硕士研究生,主要研究方向为色彩管理与数字图像处理。E-mail:printyecheng@163.com
刘真(1953—),女,教授,博士生导师,主要从事印刷光学工程、色彩再现理论与应用等方面的研究。E-mail:lunaprint@163.com

北京大学液晶与微纳复合材料实验室

北京大学液晶与微纳复合材料实验室由 2011 年中组部首批“青年千人计划”引进的人才于海峰研究员组建。目前有研究员 1 人,高工 1 人,博士后研究员 3 人,在读博士生 7 名,访问学者 4 人。每年招收博士生 1 人,博士后研究人员与科研助理若干。

实验室以光功能性液晶与微纳米复合材料为研究对象,围绕着材料的分子结构或微观相分离结构与其液晶性能的关系,在液晶材料在有机纳米科技、光控取向、全息光栅存储、光驱动器件和智能软物质等领域进行了系统而深入的研究,旨在揭示液晶与微纳米复合材料的分子结构、微观结构对其性能影响的机理与作用规律。通过对材料的分子结构或微观结构的调控,利用光化学、光物理过程以及光热效应等实现对纳米结构、光学性质、液晶取向状态的精确控制,为相关材料与器件的制备提供系统的理论依据,为未来信息处理过程中器件的小型化、轻量化、高密度等奠定材料方面的基础。

在中组部“青年千人计划”、自然科学基金委“优秀青年基金”、教育部“留学回国人员基金”和“博士点基金”、北京大学“985 工程”以及北京市科委的资助下,实验室具备比较完善的液晶与微纳米复合材料的制备及其相关器件的表征手段,包含可精密控温的偏光显微镜,紫外—可见—近红外吸收光谱,荧光激发与发射光谱仪,傅里叶红外光谱仪,热重分析,差示扫描量热分析,凝胶渗透色谱仪,旋涂仪,摩擦配向机,真空手套箱,椭偏仪,原子力显微镜,可控温的万能试验机,激光平台与紫外—可见—近红外激光光源与相关的光学元件,紫外—可见光源等。同时利用北大的平台,实验室与国内外的科研机构、业界建立了密切的交流及合作关系,争取为国家的科技发展作出应有的贡献。欢迎业界同行与科研单位到本实验室作短期和长期访问和合作,更多信息请参考实验室的主页 <http://www2.coe.pku.edu.cn/faculty/yuhafeng>。



地址:北京市海淀区成府路 207 号 北京大学工学院 1 号楼 614
邮编:100871
电话:010-62764244(于海峰)
邮箱:yuhafeng@pku.edu.cn