

健康显示技术规范 第4部分： 电子显示屏幕要求和测量方法

Technical specification for healthy display — Part V:

Requirements and measuring methods of electronic display screen

2024-01-01 发布

2024-01-01 实施

深圳市半导体产业发展促进会

发布

目 录

目 录	I
前 言	II
引 言	III
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
3.1 色温	1
3.2 蓝光危害	1
3.3 有害蓝光能量限值	1
3.4 目标可见光波段	1
3.5 健康显示	1
3.6 太阳参照光谱	2
3.7 适宜屏幕相对亮度	2
4 技术要求	2
4.1 色温	2
4.2 有害蓝光能量占比限值	2
4.3 不同环境光照度下电子显示屏适宜相对亮度范围	2
5 测试方法	3
5.1 色温和有害蓝光能量占比测量	3
5.1.1 环境条件	3
5.1.2 测试场地	4
5.1.3 测量装置	4
5.1.4 测量步骤	4
5.2 环境光照度——电子显示屏相对亮度测量	5
5.2.1 环境条件	5
5.2.2 测试场地	5
5.2.3 测量装置	5
5.2.4 测量步骤	6
附录 A	9
A.1 太阳参照光谱功率相对分布	9
A.2 标准太阳光谱的蓝光能量占比限值	11
附录 B	15
环境光照度——电子显示屏适宜相对亮度分布	15
参考文献	17

前 言

本规范按照 GB/T 1.1—2020 给出的规则起草。

本标准代替 T/SZSA 029.1—2021《健康显示技术规范第 1 部分 手机屏幕要求和测量方法》、T/SZSA 029.2—2023《健康显示技术规范第 2 部分 平板电脑屏幕要求和测量方法》、T/SZSA 029.3—2023《健康显示技术规范第 3 部分 笔记本电脑屏幕要求和测量方法》。

本规范由深圳市 LED 产业标准联盟、深圳市医院管理者协会、视觉健康近视防控认证联盟联合提出。

本规范由深圳市半导体产业发展促进会归口管理。

本规范主要起草单位：深圳市计量质量检测研究院、深圳市联控智能科技有限公司、深圳市半导体产业发展促进会、深圳市光科全息技术有限公司、浙江天猫技术有限公司、深圳清华大学研究院、深圳市医院管理者协会、深圳市眼科医院、北京大学深圳研究生院、芜湖雷士照明电子商务有限公司、旭宇光电（深圳）有限公司、广东旭宇光电有限公司、深圳市帝狼光电有限公司、东莞市亿晶源光电科技有限公司、天一智能科技（东莞）有限公司、华南师范大学华南先进光电子研究院、上海小度技术有限公司。

本规范主要起草人：袁安朋、黎嘉诚、蒋婷、孙学明、蔡纯、罗震、钟浩、贾梦雅、罗静、权薇、杨宇、胡悦、刘岩、刘淮源、郭滨刚、鲍恩忠、庄俊汉、林金填、闵长伟、卢军、华路、卫智敏、刘忠祺、钱磊、周国富、李州、李本亮、靳君、余建华、金鹏、曹小兵、陈浩、邵泽渝。

本规范的发布机构提请注意，声明符合本规范时，可能涉及 3.4、4.3、5.1.4、5.2.3、附录 B 条款内容与申请专利号 202110638148.8，申请专利号 202310165778.7，申请专利号 202310513656.2 相关申请专利的使用。

本规范的发布机构对于以上系列申请专利的真实性、有效性和范围无任何立场。

该系列申请专利持有人已向本规范的发布机构承诺，他愿意同任何使用人在合理且无歧视的条款或条件下，就已申请专利进行协商谈判。该申请专利持有人的声明已在本规范的发布机构备案。相关信息可以通过以下联系方式获得：

申请专利持有人：深圳市计量质量检测研究院

地址：深圳市南山区西丽街道同发路 4 号

请注意除上述专利外，本规范的某些内容仍可能涉及专利。本规范的发布机构不承担识别专利的责任。

本规范为首次制定。

引 言

随着科技的进步，手机、台式电脑、笔记本电脑、平板电脑、儿童学习机、儿童手表、电视机等显示屏产品成为人们生活中不可或缺的信息沟通工具。不仅成年人对手机、平板电脑等电子产品有过度依赖并长时间接触，未成年人接触手机、平板电脑、儿童学习机、儿童手表等产品的时间也在增长。长时间接触这些电子产品显示屏，会给视觉健康带来潜在的伤害——视力障碍。

电子显示产品显像原理，主要可分为两类。一类如LCD屏幕，使用白光背光光源，通过扩散板、偏光板和液晶偏转控制像素点中RGB三色光的比例和强弱，实现颜色和图像显示。而另一类如OLED屏幕，无需背光源，通过控制每个像素点中RGB三色的有机半导体芯片发光强度，直接显示图像画面。这两类图像显示，都离不开有机或无机的蓝光LED。研究表明，人眼长时间接收手机、台式机、平板电脑、儿童学习机、电视机等显示屏，会产生视觉疲劳、近视^[1]，而显示屏辐射有害蓝光（指415—455 nm波段）则是引发白内障、视网膜黄斑病变的主要诱因，尤其是对于生长发育的未成年群体来说，由于他们的眼睛对短波蓝光更敏感^[2]，更易引发视力障碍等眼睛疾病。据2018年卫健委统计数据^[3]显示，未成年人的近视率已经达到了53.6%，且呈现逐年增加、低龄化的趋势^[4]，近视率防控刻不容缓。为了控制近视率，除了严格控制未成年使用手机、平板电脑、儿童学习机等电子产品的时间外，对带显示屏产品的技术指标应有特殊要求，特别是有害蓝光能量、屏幕色温和不同环境照度下的屏幕亮度均应有相应的限值要求。

在制定本标准前，我们首先对市场上常见的手机、平板电脑、笔记本电脑、台式电脑、电视、学习机等电子显示屏产品的知名品牌和型号进行了广泛的调研，目前电子显示屏产品普遍具有标准和护眼两种工作模式，因此采集了不同工作模式白平衡状态下的屏幕信息如色温和色温对应的光谱参数。在认可目前产品技术现状的前提下，明确了电子显示屏产品在标准模式和护眼模式下的色温要求，在此基础上以同色温太阳光谱中相同蓝光波段能量占比作为评价屏幕蓝光波段限值的重要依据。需要特别说明的是，有害蓝光辐射剂量损伤阈值B与辐射时间T（电子显示屏使用者的使用时间）和产品的有害波段光子辐射强度N有关，其定性数学模型为： $B=T*N$ （B的单位为光子数，T的单位为秒，N的单位为有害波段光子个数/秒）。尽管使用时长由使用者掌握，但电子显示屏生产方在设计开发产品时可以对显示屏的有害光子辐射强度进行限值和控制在提升产品的安全性。

另外，显示屏亮度与使用环境照度之间有一个最佳的对应关系（范围），在此范围之外，长期观看电子显示屏会产生不舒适感，进而影响视力。目前电子显示屏产品均具有根据环境光照度自动调光功能，但是不同厂商品牌的产品内置的自动调光算法都不相同。为了规范不同光照度环境下的屏幕显示亮度，我们组织实施了不同产品的环境光照度—屏幕亮度对应感官试验，综合汇总了160个成年人（平均年龄为30周岁）的测试数据后，提出了在环境光照度（0~10000 lx）条件下的适宜屏幕亮度范围（见附录B），也将此作为评价健康显示的重要依据。

注：视力障碍是指屈光不正、白内障和眼底视网膜黄斑病变

健康显示技术规范：第4部分——电子显示屏幕要求和测量方法

1 范围

本标准规定了健康显示技术规范之电子显示屏幕的色温、光谱有害蓝光能量占比和不同环境光照度条件下亮度的要求和测量方法。

本标准适用于手机、平板电脑、笔记本电脑、台式电脑、电视机、学习机、电子手表等具有电子显示屏幕的产品；另外，环境光照度（0 lx~10000 lx）条件下的适宜屏幕亮度范围也可供户外大屏幕作参考。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件，仅所注日期的版本适用于本文件。凡是不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

GB/T 20145—2006 灯和灯系统的光生物安全性

GB/T 20146—2006 色度学用CIE标准照明体

SJ/T 11343—2015 数字电视液晶显示器通用规范

3 术语和定义

SJ/T 11343, GB/T20145, GB/T 20146界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1 色温 colour temperature

T_c

其辐射的色品与给定色刺激的色品相同时的普朗克辐射体的温度。

3.2 蓝光危害 blue light hazard

由波长主要介于415 nm与455nm之间的蓝光辐射照射眼睛后引起的光化学作用，导致视网膜损伤的潜能。

3.3 有害蓝光能量限值 energy limit of hazardous blue light

R_S

有害蓝光波段的辐照度¹总和与相应的光谱辐照度总和的比值最高值。

3.4 目标可见光波段 wavelength range of target visible light

指380nm~780nm波段范围的可见光，也是用于计算有害蓝光能量占比的可见光波段。

3.5 健康显示 healthy display

电子显示屏色温、有害蓝光能量占比和在不同环境光照度下对应显示屏亮度符合本标准规定的数值范围。

¹辐照度参见“GB/T 20145—2006 灯和灯系统的光生物安全性”中3.40定义

3.6 太阳参照光谱 sunlight spectrum reference

用来和被测屏幕白场光谱进行对比的，代表同色温²太阳光光谱的一组确定的光谱。
注：参考CIE 015: 2018^[5]中对标准太阳光源光谱的定义，附录A.1列举几个典型的标准光谱数据。

3.7 适宜屏幕相对亮度 optimal screen brightness

在某一确定的环境光照度下³，适宜人眼视觉的屏幕亮度⁴。屏幕亮度符合本标准表2的相对亮度即为适宜屏幕相对亮度。

4 技术要求

4.1 色温

由于电子显示屏普遍具有标准模式和护眼模式两种模式，目前市场主流产品标准模式最大平均色温是 9700K，护眼模式最大平均色温是 5700K，因此本标准以主流产品标准平均色温作为色温评价指标。被测电子屏幕应显示标准白场图像，在两种模式下的色温应满足如表 1 所示要求，没有护眼模式的电子屏幕应满足表 1 中标准模式下色温的要求。附录 A.1 中给出了包括这两种色温在内的 8 种典型色温对应的太阳光谱相对功率分布。

表 1 显示屏幕色温要求

模式	色温要求
标准模式	显示屏色温 \leq 9700K
护眼模式	显示屏色温 \leq 5700K

4.2 有害蓝光能量占比限值

在标准白场图像条件下，蓝光危害波段的光谱辐照度总和与整个可见光波段(380nm~780nm)的辐照度总和比值 R_A 不大于相同色温的标准太阳参照光谱蓝光危害波段辐照度总和与整个可见光波段(380nm~780nm)的辐照度总和的比值 R_S 。具体计算方法见第 5.1.4 部分。附录 A.2 列举了 3800K~10000 K 的蓝光能量限值(色温典型值)。

4.3 不同环境光照度下电子显示屏适宜相对亮度范围

不同场合的环境照度对使用电子显示屏有影响，为防止视觉疲劳，在不同环境照度条件下，电子显示屏的相对亮度须符合表格 2 中适宜屏幕亮度范围。同时表 2 还给出了各个环境光条件下的电子显示屏适宜相对亮度参照值。

²色温参见“GB/T 20146—2006 色度学用 CIE 标准照明体”中 3.6 定义

³照度参见“GB/T 20145—2006 灯和灯系统的光生物安全性”中 3.13 定义

⁴亮度见“GB/T 20145—2006 灯和灯系统的光生物安全性”中 3.25 定义

表2 环境照度——电子显示屏适宜相对亮度范围

环境光照度 (lx)	电子显示屏适宜 相对亮度	电子显示屏适宜相对亮度范围
0	0.09	0.03~0.21
56	0.13	0.06~0.24
100	0.15	0.08~0.27
178	0.18	0.10~0.31
316	0.22	0.12~0.36
562	0.27	0.15~0.44
1000	0.32	0.17~0.53
1778	0.37	0.20~0.64
3161	0.43	0.23~0.75
5620	0.48	0.26~0.87
7730	0.52	0.28~0.94
8779	0.53	0.28~0.97
10000	0.54	0.29~1.00

5 测试方法

5.1 色温和有害蓝光能量占比测量

5.1.1 环境条件

在下列测量用标准条件下进行测量：

——温度：25 ± 0.1℃；

——湿度：60% RH~65% RH；

——大气压力：86 kPa~106 kPa。

5.1.2 测试场地

测量时应在暗室中进行。

5.1.3 测量装置

光谱照度计，用于测量屏幕色温及可见光波段光谱数据。

5.1.4 测量步骤

电子显示屏幕色温和有害蓝光能量占比需用光谱照度计对被测试电子显示屏幕进行多点采样，测量步骤如下：

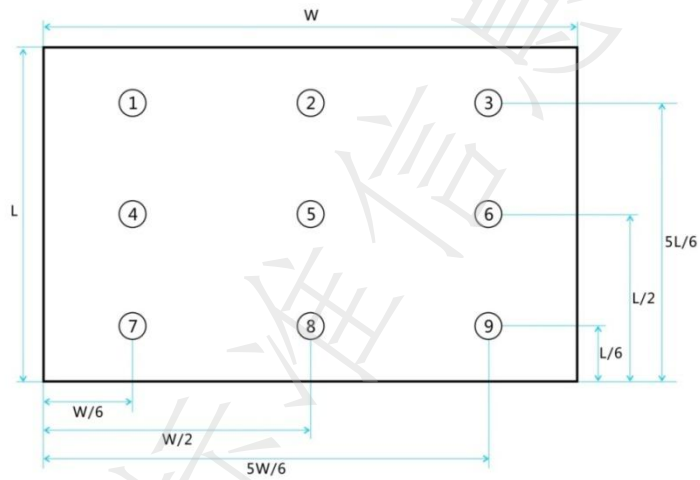


图 1

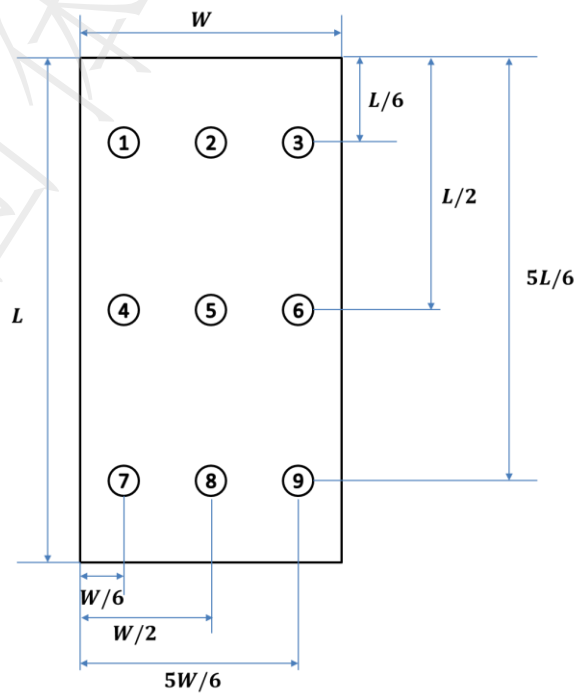


图 2

- a) 根据电子显示屏幕的使用方式可参考图 1 或图 2 的测量方式, 测量图形为全屏白场, 基于硬件 (以及软件) 分别测试九点位置在可见光波段的光谱辐照度分布以及色温, 取数据的平均值为显示屏的光谱辐照分布 $E(\lambda)$ (单位为 $W \cdot m^{-2} \cdot nm^{-1}$) 和色温 T_c (单位为 K),
- b) 根据光谱辐照度数据 $E(\lambda)$, 计算蓝光危害波段 (415 nm~455 nm) 占可见光谱的辐照度比, 之后按照公式 (1) 计算比值, 如下:

$$R_A = \frac{\sum_{415 \text{ nm}}^{455 \text{ nm}} E(\lambda)}{\sum_{380 \text{ nm}}^{780 \text{ nm}} E'(\lambda)} \quad (1)$$

式中:

R_A ——电子显示屏幕在显示标准白场条件下, 有害蓝光波段的辐照度总和与全可见光波段辐照度总和的平均值的比值。

$\sum_{415 \text{ nm}}^{455 \text{ nm}} E(\lambda)$ ——有害蓝光波段 (415 nm~455 nm) 区间内的辐照度总和;

$\sum_{380 \text{ nm}}^{780 \text{ nm}} E'(\lambda)$ ——光谱全可见光波段辐照度总和平均值。

- c) 通过公式 (1) 获得屏幕显示光谱的蓝光辐射能量占比后, 查找色温 T_c 对应的标准太阳光谱辐照分布 $E_S(\lambda)$, 代入公式 (1) 后, 获得有害蓝光能量占比限值 R_S 。
- d) 通过上述方法分别测试计算出白场情况下的屏幕显示的蓝光能量占比 R_A 以及相同色温条件下标准太阳光谱的蓝光能量占比限值 R_S , 并要求:

$$R_A \leq R_S$$

5.2 环境光照度——电子显示屏相对亮度测量

5.2.1 环境条件

在下列测量用标准条件下进行测量:

——温度: $25 \pm 0.1^\circ\text{C}$;

——湿度: 60% RH~65% RH;

——大气压力: 86 kPa~106 kPa;

——测试方向: 采用垂直被测样品表面的 (或者其他指定的) 视角方向, 并保证其偏差在 $\pm 0.3^\circ$ 。

5.2.2 测试场地

测量时应在暗室中进行。

5.2.3 测量装置

在不同环境照度条件下的电子显示相对屏幕亮度测量装置包括一个特制测试箱、无极调光装置、光谱照度计和亮度计, 亮度计的光线采集镜头尺寸不得超过 5cm。特制测试箱的示例如图 3 所示, 测试箱尺寸可根据测试样品屏幕尺寸进行等比例放大或缩小 (样品周边距离测试箱大约 40 厘米左右的距离), 测试样品的位置应合理放置使屏幕正对观察窗正中水平线上。

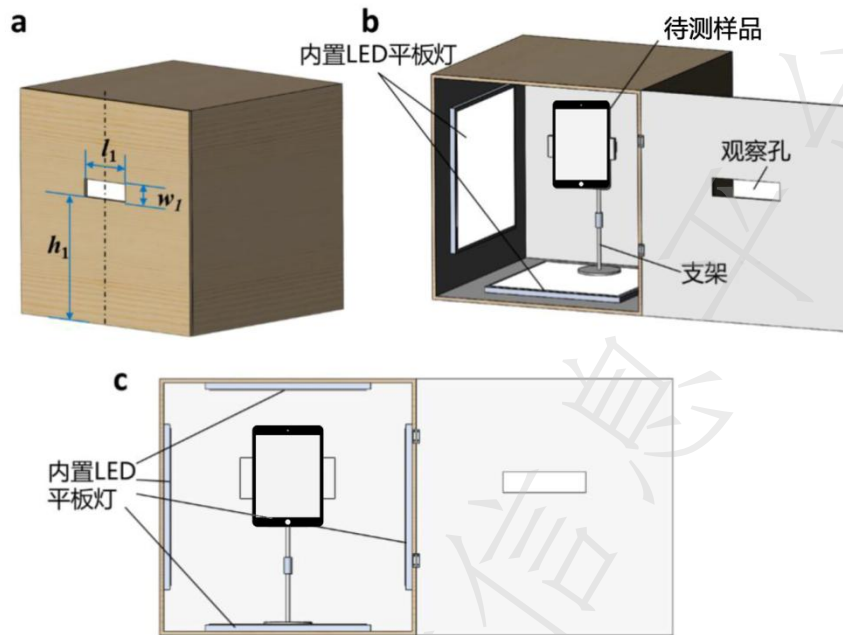


图 3

——如图 3a 所示，在测试箱门上开有测试用观察窗(即图 3 的观察孔位置)。观察窗处于箱门中线上，尺寸为长 $l_1 = 20 \text{ cm}$ ，宽 $w_1 = 7 \text{ cm}$ 。观察窗距离箱底垂直高度为 35 cm 。

——如图 3b 所示该箱内部空间尺寸为 $120 \text{ cm} \times 120 \text{ cm} \times 120 \text{ cm}$ ，内壁均用多层漫反射白色颜料（如硫酸镁，钛酸钡等）均匀涂抹。

——如图 3c 所示该箱内壁装有如图所示的 LED 平板灯⁵共 4 盏，分别位于左右和上下两侧。该平板灯色温为 6500 K ，且可自由调节亮度，以模拟不同的环境光照度。

——测样品支架的位置宜使屏幕与观察窗中心距离符合普遍使用习惯。支架表面宜用漫反射白色颜料涂抹均匀。

5.2.4 测量步骤

测试在标准测试环境下的暗室中完成。

测试步骤如下：

——清洁电子显示屏幕，屏幕表面不得有贴膜或其他任何形式的保护膜；

——将显示屏产品放置于图 4 所示的测试箱内样品支架上，屏幕面保持垂直。通过样品支架调节高度，使得屏幕中心和观察窗中心对齐；

——开启样品屏幕，并开启自动调光功能；

⁵LED 平板灯应符合标准 GB 24819—2009、GB/T 34034—2017、GB/T 24823—2017、GB/T 32872—2016、GB/T 31831—2015。

- 样品屏幕显示如图 5 所示白底黑字的文字符号图片；
- 关闭测试箱门后，将光学测试仪光线采集镜头贴近观察窗,如图 4 所示；
- 通过调节测试箱内 LED 平板灯亮度，依次模拟表格 3 中的环境光照度，并测量屏幕亮度。每次调节环境光照度后，等待样品屏亮度达到稳定状态；
- 将测试屏幕亮度数据与如表格 2 所示的适宜亮度范围相对比，范围内的为合格，范围外的则不合格。

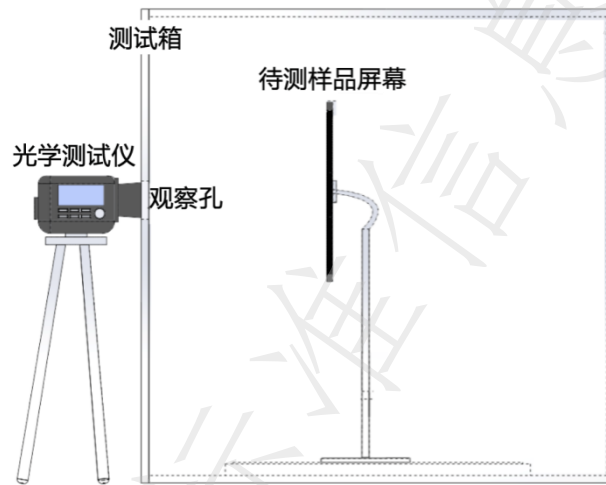


图 4

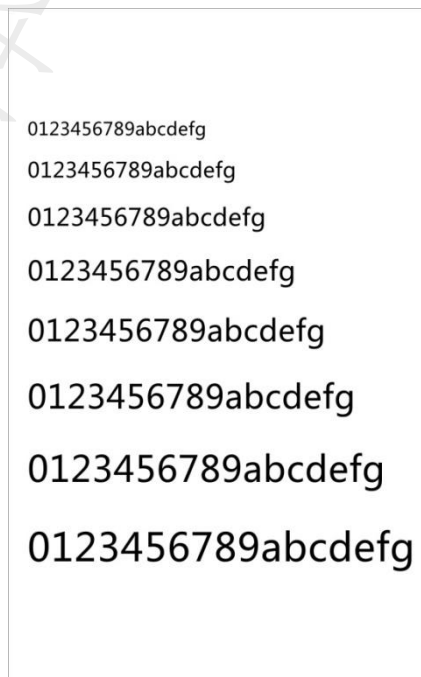


图 5

表3 环境光照度——电子显示屏相对亮度测试用表

环境照度 (lx)	0	56	100	178	316	562	1000
屏幕相对 亮度							
环境照度 (lx)	1778	3161	5620	7730	8779	10000	
屏幕相对 亮度							

附录A

A.1 太阳参照光谱功率相对分布

本标准采用同色温的太阳光谱为标准参照光谱。根据参照光谱中的蓝光辐射能量占可见光谱能量的比值为有害视网膜蓝光能量限值。表格A.1列举了对应8个色温对应的相对标准太阳光谱辐照度分布，包括4000 K、5000 K、5700 K、6000 K、7000 K、8000 K、9000 K、9700 K。

表格 A.1 同色温相对太阳光谱辐照度分布

波长 (nm)	相对光谱辐照度分布							
	4000 K	5000 K	5700 K	6000 K	7000 K	8000 K	9000 K	9700 K
380	13.95	24.46	35.97	41.19	58.45	74.41	88.54	97.37
385	15.24	27.15	38.68	43.80	60.45	75.66	89.03	97.35
390	16.53	29.84	41.39	46.41	62.46	76.90	89.52	97.33
395	21.46	39.55	53.41	59.25	77.54	93.67	107.60	116.18
400	26.39	49.26	65.43	72.09	92.61	110.43	125.68	135.02
405	30.06	52.86	69.34	76.16	97.29	115.71	131.52	141.22
410	33.72	56.46	73.24	80.23	101.96	120.99	137.36	147.41
415	35.80	58.22	74.64	81.47	102.67	121.20	137.13	146.91
420	37.87	59.98	76.05	82.72	103.38	121.42	136.90	146.40
425	37.73	58.88	73.92	80.12	99.25	115.88	130.12	138.85
430	37.59	57.77	71.79	77.52	95.13	110.35	123.34	131.29
435	44.46	66.27	80.72	86.55	104.22	119.34	132.15	139.96
440	51.33	74.78	89.65	95.57	113.32	128.32	140.96	148.63
445	57.36	80.99	95.82	101.71	119.31	134.14	146.61	154.18
450	63.39	87.20	102.00	107.85	125.30	139.96	152.27	159.72
455	65.96	88.88	103.06	108.66	125.33	139.31	151.04	158.14
460	68.54	90.57	104.13	109.47	125.35	138.66	149.81	156.56
465	70.25	90.95	103.60	108.58	123.34	135.69	146.02	152.26
470	71.97	91.33	103.08	107.69	121.33	132.71	142.22	147.97
475	74.68	93.20	104.31	108.65	121.45	132.10	140.97	146.32
480	77.39	95.07	105.55	109.62	121.58	131.48	139.71	144.67
485	77.78	93.50	102.95	106.64	117.52	126.57	134.12	138.68
490	78.17	91.93	100.35	103.65	113.46	121.67	128.53	132.68
495	81.33	93.82	101.43	104.42	113.29	120.69	126.89	130.63
500	84.49	95.70	102.52	105.19	113.11	119.72	125.24	128.58
505	85.88	96.15	102.36	104.79	111.99	117.98	122.99	126.01
510	87.26	96.59	102.20	104.40	110.87	116.25	120.74	123.45
515	88.72	96.85	101.61	103.45	108.84	113.28	116.96	119.17
520	90.17	97.12	101.02	102.51	106.81	110.30	113.17	114.89
525	93.48	99.60	102.99	104.28	107.97	110.96	113.40	114.85

波长 (nm)	相对光谱辐照度分布							
	4000 K	5000 K	5700 K	6000 K	7000 K	8000 K	9000 K	9700 K
530	96.80	102.09	104.97	106.05	109.13	111.61	113.62	114.82
535	97.18	101.42	103.78	104.68	107.26	109.35	111.06	112.09
540	97.57	100.75	102.60	103.31	105.39	107.10	108.51	109.36
545	99.13	101.53	102.90	103.42	104.94	106.18	107.20	107.82
550	100.69	102.31	103.20	103.54	104.49	105.27	105.89	106.27
555	100.35	101.16	101.60	101.77	102.25	102.63	102.95	103.13
560	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
565	99.49	98.87	98.51	98.38	97.98	97.65	97.39	97.22
570	98.97	97.74	97.03	96.75	95.96	95.31	94.77	94.45
575	100.38	98.33	97.18	96.74	95.46	94.43	93.57	93.06
580	101.78	98.92	97.33	96.72	94.96	93.54	92.38	91.68
585	101.04	96.22	94.05	93.30	91.36	89.97	88.92	88.34
590	100.30	93.51	90.77	89.89	87.75	86.39	85.47	84.99
595	104.29	95.61	92.07	90.92	88.12	86.30	85.06	84.40
600	108.27	97.71	93.36	91.95	88.48	86.21	84.64	83.81
605	110.50	98.50	93.59	91.99	88.09	85.55	83.80	82.88
610	112.72	99.29	93.81	92.03	87.70	84.89	82.96	81.94
615	113.67	99.18	93.23	91.30	86.57	83.48	81.35	80.22
620	114.62	99.07	92.66	90.57	85.44	82.08	79.74	78.50
625	113.67	97.41	90.70	88.51	83.12	79.58	77.12	75.80
630	112.71	95.75	88.74	86.45	80.80	77.08	74.49	73.11
635	116.57	97.32	89.49	86.96	80.79	76.82	74.10	72.67
640	120.44	98.89	90.24	87.47	80.79	76.55	73.71	72.23
645	119.54	97.30	88.47	85.66	78.95	74.77	72.01	70.60
650	118.63	95.71	86.69	83.85	77.12	72.99	70.31	68.96
655	121.80	96.97	87.26	84.21	77.02	72.65	69.83	68.43
660	124.96	98.23	87.83	84.57	76.92	72.31	69.36	67.91
665	129.31	100.64	89.46	85.95	77.69	72.68	69.48	67.89
670	133.66	103.05	91.09	87.32	78.45	73.06	69.59	67.86
675	132.13	101.12	89.08	85.31	76.49	71.18	67.82	66.16
680	130.59	99.18	87.07	83.30	74.52	69.31	66.04	64.46
685	122.00	93.30	82.16	78.66	70.49	65.57	62.44	60.90
690	113.42	87.42	77.24	74.03	66.45	61.82	58.83	57.34
695	117.43	89.54	78.66	75.24	67.20	62.33	59.21	57.66
700	121.45	91.65	80.08	76.45	67.96	62.84	59.59	57.99
705	120.64	92.29	81.18	77.68	69.41	64.36	61.09	59.46
710	119.83	92.93	82.29	78.91	70.86	65.87	62.59	60.93
715	109.43	84.91	75.21	72.13	64.80	60.25	57.27	55.75
720	99.03	76.89	68.13	65.35	58.74	54.64	51.95	50.58

波长 (nm)	相对光谱辐照度分布							
	4000 K	5000 K	5700 K	6000 K	7000 K	8000 K	9000 K	9700 K
725	104.83	81.72	72.57	69.66	62.75	58.45	55.63	54.19
730	110.63	86.55	77.01	73.98	66.75	62.26	59.31	57.81
735	114.30	89.59	79.79	76.68	69.27	64.67	61.64	60.10
740	117.97	92.62	82.58	79.39	71.79	67.07	63.96	62.38
745	108.73	85.44	76.22	73.29	66.31	61.98	59.13	57.68
750	99.48	78.27	69.86	67.19	60.84	56.89	54.29	52.98
755	86.81	67.99	60.55	58.19	52.57	49.09	46.81	45.65
760	74.13	57.72	51.24	49.18	44.31	41.29	39.32	38.32
765	90.25	70.34	62.47	59.98	54.04	50.37	47.96	46.74
770	106.37	82.96	73.70	70.77	63.78	59.44	56.60	55.16
775	103.12	80.64	71.73	68.91	62.18	58.00	55.25	53.85
780	99.87	78.31	69.76	67.05	60.58	56.55	53.90	52.55

A.2 标准太阳光谱的蓝光能量占比限值

根据公式 (1)，可计算确定特定色温 T_c 对应的同色温标准太阳光谱在有害蓝光波段 (415 nm~455 nm) 的能量占比 R_S ，如表格 A.2 所示。

表格 A.2 有害蓝光辐照度能量占比限值

T_c (K)	R_S %
3800	4.99%
3850	5.14%
3900	5.29%
3950	5.45%
4000	5.60%
4050	5.75%
4100	5.90%
4150	6.05%
4200	6.21%
4250	6.35%
4300	6.51%
4350	6.66%
4400	6.80%
4450	6.95%
4500	7.09%
4550	7.24%
4600	7.38%
4650	7.52%

T_c (K)	R_S %
4700	7.66%
4750	7.80%
4800	7.94%
4850	8.08%
4900	8.21%
4950	8.35%
5000	8.48%
5050	8.61%
5100	8.74%
5150	8.86%
5200	8.99%
5250	9.11%
5300	9.23%
5350	9.36%
5400	9.48%
5450	9.60%
5500	9.71%
5550	9.83%
5600	9.94%
5650	10.05%
5700	10.17%
5750	10.27%
5800	10.38%
5850	10.49%
5900	10.59%
5950	10.70%
6000	10.80%
6050	10.90%
6100	11.00%
6150	11.10%
6200	11.19%
6250	11.29%
6300	11.38%
6350	11.47%
6400	11.57%
6450	11.66%
6500	11.74%
6550	11.83%
6600	11.91%
6650	12.00%

T_c (K)	R_S %
6700	12.09%
6750	12.17%
6800	12.25%
6850	12.33%
6900	12.41%
6950	12.49%
7000	12.56%
7050	12.64%
7100	12.71%
7150	12.78%
7200	12.86%
7250	12.93%
7300	13.00%
7350	13.07%
7400	13.14%
7450	13.21%
7500	13.27%
7550	13.34%
7600	13.40%
7650	13.47%
7700	13.53%
7750	13.59%
7800	13.65%
7850	13.72%
7900	13.78%
7950	13.83%
8000	13.89%
8050	13.95%
8100	14.00%
8150	14.06%
8200	14.12%
8250	14.17%
8300	14.23%
8350	14.28%
8400	14.33%
8450	14.38%
8500	14.43%
8550	14.48%
8600	14.53%
8650	14.58%

T_c (K)	R_S %
8700	14.63%
8750	14.68%
8800	14.72%
8850	14.77%
8900	14.81%
8950	14.86%
9000	14.91%
9050	14.95%
9100	15.00%
9150	15.04%
9200	15.08%
9250	15.12%
9300	15.16%
9350	15.20%
9400	15.24%
9450	15.28%
9500	15.32%
9550	15.36%
9600	15.40%
9650	15.44%
9700	15.48%
9750	15.51%
9800	15.55%
9850	15.59%
9900	15.62%
9950	15.66%
10000	15.69%

附录B

环境光照度——电子显示屏适宜相对亮度分布

可获得在不同环境照度条件（0 lx~10000lx）下，屏幕相对亮度的最佳屏幕亮度和适宜屏幕亮度区域分布，如图B.1所示。

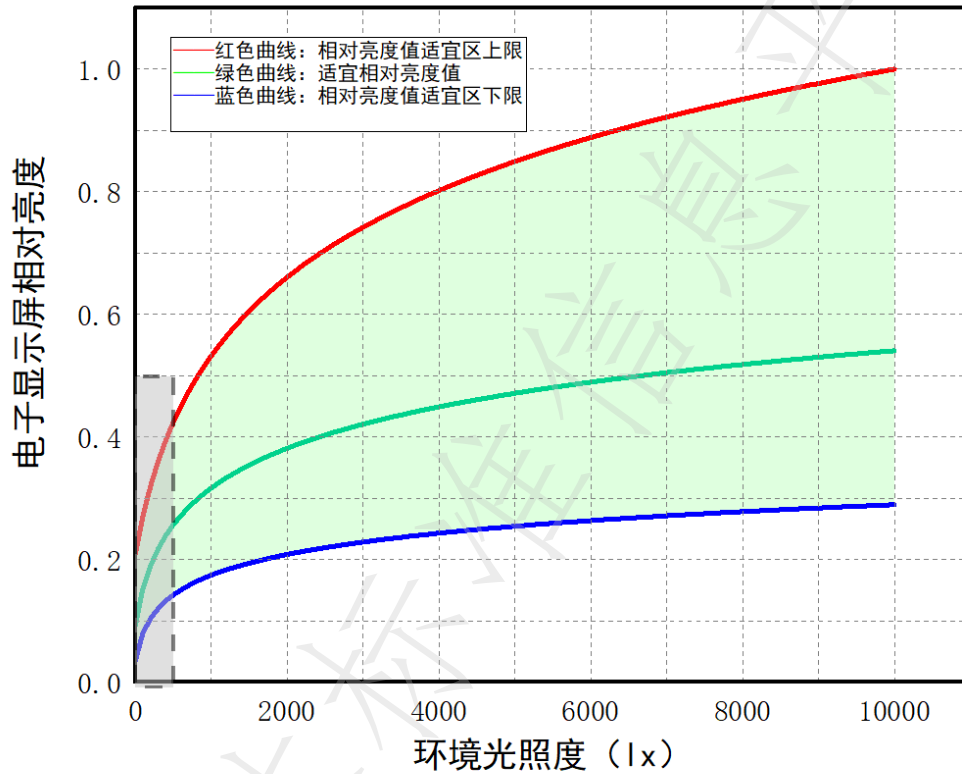


图 B.1 环境光照度——电子显示屏相对亮度适宜范围（环境照度0 lx~10000 lx）

对图 B.1 中方形虚线框部分曲线放大，可得到如图 B.2 所示，环境照度0 lx~500 lx范围对应的最佳屏幕相对亮度和适宜屏幕相对亮度区域。

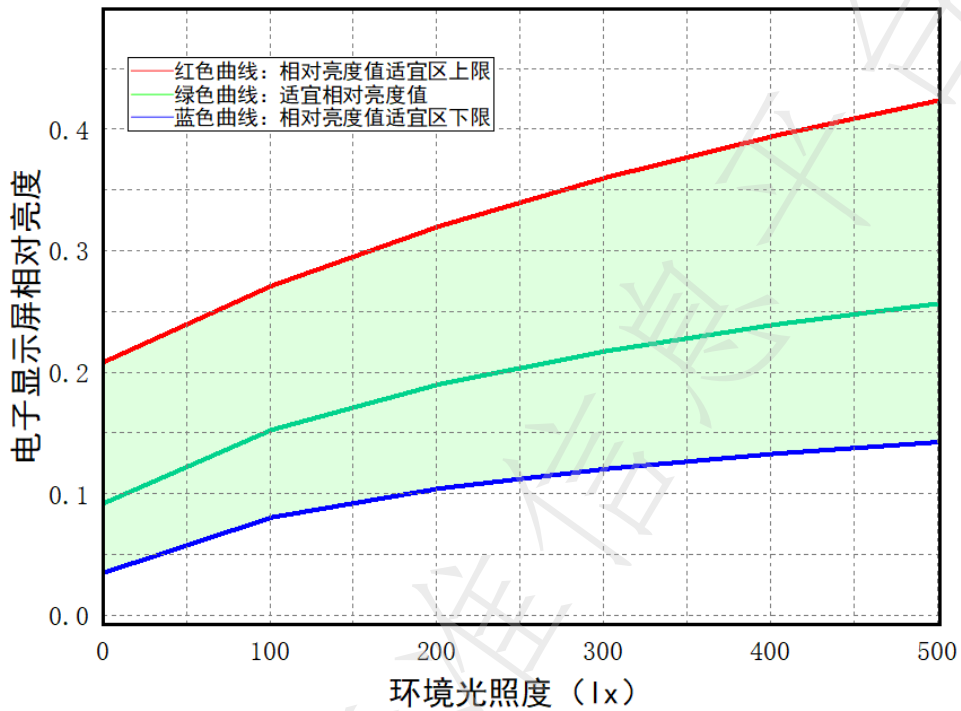


图 B.2 环境光照度——电子显示屏相对亮度适宜范围（环境照度0 lx~500 lx）

参考文献

1. Bullough, J. D. The blue-light hazard: A review. *J. Illum. Eng. Soc.* 29, 6–14 (2000).
 2. Behar-Cohen, F. *et al.* Light-emitting diodes (LED) for domestic lighting: Any risks for the eye? *Prog. Retin. Eye Res.* 30, 239–257 (2011).
 3. 王秉阳. 国家卫健委调查: 全国儿童青少年一半以上近视. 新华网 (2019).
 4. 人民网舆情数据中心&中南大学爱尔眼科学院. 2020中国青少年近视防控大数据报告. (2020).
 5. CIE 015:2018 《色度学第四版(Colorimetry, 4th Edition)》.
-