

团 体 标 准

T/CCSA 590.2—2024

智能显示设备的视觉健康评价体系 第2部分：主动发光式显示设备

Visual health evaluation system of intelligent display device
——Part 2: Display device based on active light emitting-type

2024 - 11 - 11 发布

2025 - 01 - 01 实施

中国通信标准化协会 发 布

版权声明

本技术文件的版权属于中国通信标准化协会，任何单位和个人未经许可，不得进行技术文件的纸质和电子等任何形式的复制、印刷、出版、翻译、传播、发行、合订和宣贯等，也不得引用其具体内容编制本协会以外各类标准和技术文件。如果有以上需要请与本协会联系。

邮箱：IPR@ccsa.org.cn

电话：62302847



目次

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

4 缩略语 2

5 技术要求 2

5.1 设置/模式要求 2

5.2 光学显示性能要求 2

5.3 环境光性能技术要求 4

5.4 光辐射安全技术要求 5

5.5 智能感知与防护评价 5

5.6 时间管理要求（适用时） 6

5.7 视觉舒适度 6

6 测试环境 8

6.1 暗室测试环境 8

6.2 亮室标准环境 8

6.3 测试设置 11

6.4 测试仪器 11

7 测试方法 12

7.1 设置/模式要求 12

7.2 光学显示性能要求 12

7.3 环境光性能 17

7.4 光辐射安全性能评价 23

7.5 智能感知与防护评价 23

7.6 时间管理 24

7.7 视觉舒适度 24

参考文献 29

前 言

本文件按照GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

本文件是T/CCSA 590《智能显示设备的视觉健康评价体系》的第2部分。T/CCSA 590已经发布了以下部分：

——第1部分：总则；

——第2部分：主动发光式显示设备。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由中国通信标准化协会提出并归口。

本文件起草单位：中国信息通信研究院、中山大学中山眼科中心、小米通讯技术有限公司、联想（北京）有限公司、华为技术有限公司、广州视睿电子科技有限公司、OPPO广东移动通信有限公司、维沃移动通信有限公司、中兴通讯股份有限公司、广东小天才科技有限公司、北京三星通信技术研究有限公司、青岛海信通信有限公司、珠海市魅族科技有限公司、荣耀终端有限公司、郑州信大捷安信息技术股份有限公司、科大讯飞股份有限公司。

本文件主要起草人：王亚军、袁进、钟菁、翟梦冉、李佳缙、于磊、孙辉、张丹、连巧珍、许景浩、耿东玉、俞刚、周广荣、黄晓霞、黄晓珊、陶炳俊、来航曼、吴春雨、高立发、仇国润、高斌、张宏伟、李瑞强、吴越、岳喜胜、龚复生、孙甲庆、胡雨润、苏国波、曾勇波、刘献伦、陶玉梅、梁乔玲、陈诚、刘琦。



引 言

为适应信息通信业发展对标准文件的需求，由中国通信标准化协会组织制定“中国通信标准化协会团体标准”，推荐有关方面采用。有关对本标准的建议和意见，向中国通信标准化协会反映。

随着新型显示技术的发展，主要应用于信息通信场景中的智能显示设备，按依靠环境光发光显示和非环境光发光显示原理，产品种类主要包括主动发光式显示设备、反射式显示设备。主动发光式显示设备通过自身的光源产生图像，而反射式显示设备则依赖于环境光来显示内容。鉴于不同显示原理及智能显示产品在多样化使用场景下的需求，“智能显示设备的视觉健康评价体系”系列标准构成如下：

- 智能显示设备的视觉健康评价体系 第1部分：总则；
- 智能显示设备的视觉健康评价体系 第2部分：主动发光式显示设备；
- 智能显示设备的视觉健康评价体系 第3部分：反射式显示设备。



智能显示设备的视觉健康评价体系

第2部分：主动发光式显示设备

1 范围

本文件规定了智能显示设备中主动发光式显示设备(激光投影不适用)的视觉健康评价的技术要求、测试环境和测试方法。其中，视觉健康评价包括设置和模式、暗室光学显示性能、亮室环境光特性、光辐射安全性能、智能感知与防护、时间管理和视觉舒适度评价。

本文件适用于主动发光显示设备（激光投影不适用），包括手机、平板电脑、桌面立式一体机、有屏音箱和智慧大屏平板显示设备（智慧大屏平板显示设备包括会议平板、电子白板、智慧屏等，适用于对角线150cm以上尺寸的智慧显示设备）。其他具有显示功能的设备可参照使用。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；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 7247.1 激光产品的安全 第1部分:设备分类、要求
- GB/T 7921 均匀色空间和色差公式
- GB/T 20145 灯和灯系统的光生物安全性
- JJG 245 光照度计
- YD/T 1607 移动终端图像及视频传输特性技术要求和测试方法
- T/CCSA 590.1-2024 智能显示设备的视觉健康评价体系 第1部分：总则
- IEC 62341-6-2有机发光二极管(OLED)显示器第6-2部分:视觉质量和环境性能的测量方法(Organic light emitting diode (OLED) displays - Part 6-2: Measuring methods of visual quality and ambient performance)
- IEC TR 62471-4灯和灯系统的光生物安全 测量方法(Photobiological safety of lamps and lamp systems. Measuring methods)
- IEC 62977-2-2 电子显示器第2-2部分：光学特性的测量-环境性能(Electronic displays part 2-2: Measurements of optical characteristics -ambient performance)

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

桌面立式一体机 all-in-one device based on desk-top

指一种立于桌面，且整合了计算单元、存储、液晶显示器、摄像头、扬声器等元件的插电式一体化终端。

3.2

色域重合度 gamut coincidence

色域重合度为三基色（R,G,B）色度点组成的三角形色域面积与标准色度点组成的标准三角形色域面积的重叠面积，占标准色域面积的比值。

3.3

反射特性 reflective characteristics

屏幕在环境光照射场景下屏幕的反光干扰程度。

3.4

亮室对比度 ambient contrast ratio

屏幕在环境光照射场景下的对比度，也称环境光对比度。

3.5

亮室颜色 ambient color

屏幕在环境光照射场景下的颜色性能。

3.6

亮室色域空间 ambient colour gamut volume

亮室色域空间表示屏幕在环境光照射场景下，在三维色彩空间（如CIE LAB中）中能够显示的颜色范围，即屏幕能显示的色域边界构成的色域体积。

3.7

亮室色域衰减 ambient colour gamut reduction

亮室色域衰减是评价屏幕在规定照明条件下其颜色性能和暗室光谱颜色性能的比值来表征其衰减特性。

4 缩略语

下列缩略语适用于本文件。

AC/A: 调节性集合与调节的比值 (accommodation convergence to accommodation ratio)

AG: 防眩光 (Anti-glare)

FBUT: 首次泪膜破裂时间 (first tear film break-up time)

IOP: 眼压 (intraocular pressure)

LMD: 光测量设备 (light measuring device)

NPC: 集合近点 (near point of convergence)

PPI: 每英寸所拥有的像素数量 (pixels per inch)

SR: 斯特列尔比 (Strehl ratio)

VA: 视力 (visual acuity)

5 技术要求

5.1 设置/模式要求

终端显示相关设置宜有默认模式和护眼模式，宜有不同模式下的设置说明指导，如不同模式对应使用场景下，其对应设置功能的开启或关闭使用操作，如使用前调节亮度至眼睛感觉舒适，避免过亮或过暗环境使用等。

——默认模式：还原成出厂设置后的状态；

——护眼模式：该模式下色温可调节，即屏幕显示可从偏冷色调至偏暖色。

5.2 光学显示性能要求

5.2.1 智能手机

5.2.1.1 亮度

按7.2.1.1测试方法进行，终端屏幕最大亮度应不低于200cd/m²。

5.2.1.2 色域重合度

终端屏幕色域重合度应符合 $G_{\text{coincide}} \geq 95\% \text{sRGB}$ ，或72%DCI-P3，或50%BT.2020。

5.2.1.3 色彩还原

终端屏幕在常规默认模式设置下和护眼模式（或视力保护模式或护眼卫士等模式）下，其显示以下灰阶（grey, grey, grey），其中grey=32, 40, 48, 56, …, 248, 255时的色品坐标误差应在 ± 0.01 以内，即色品坐标应在以其白点为中心、半径为0.01的区域内。例如：如果白点为6500K的标准白点，则各灰阶色度要求： $0.188 < u' < 0.208$, $0.458 < v' < 0.478$ 。

5.2.1.4 亮度均匀性

终端屏幕测试区域其亮度变化的技术要求应满足： $L_{\min}:L_{\max} \geq 70\%$ 。

5.2.1.5 色度均匀性

终端屏幕上测得的区域之间的最大颜色偏差要求满足： $\Delta u' v'_{\max} \leq 0.012$ 。

5.2.1.6 分辨率

终端屏幕的像素密度应至少为300PPI，同时需对其子像素排列方式进行说明，其子像素排列方式应和厂家宣称或声明一致，具体要求应满足YD/T 1607中的相关规定。

5.2.1.7 频闪

智能手机屏幕闪烁可视度应小于5。

5.2.2 平板电脑、桌面立式一体机、有屏音箱

5.2.2.1 亮度

亮面屏终端，其终端屏幕最大亮度应不低于 $200\text{cd}/\text{m}^2$ ；AG屏终端，其终端屏幕最大亮度应不低于 $150\text{cd}/\text{m}^2$ 。

5.2.2.2 色域重合度

终端屏幕色域重合度应符合 $G_{\text{coincide}} \geq 95\% \text{sRGB}$ ，或 $\geq 80\% \text{DCI-P3}$ ，或 $\geq 60\% \text{BT.2020}$ 。

5.2.2.3 色彩还原

终端屏幕在常规默认模式设置下和护眼模式（或视力保护模式或护眼卫士等模式）下，其显示以下灰阶（grey, grey, grey），其中grey=32, 40, 48, 56, …, 248, 255时的色品坐标误差应在 ± 0.01 以内，即色品坐标应在以其白点为中心、半径为0.01的区域内。例如：如果白点为6500K的标准白点，则各灰阶色度要求： $0.188 < u' < 0.208$, $0.458 < v' < 0.478$ 。

5.2.2.4 亮度均匀性

终端屏幕测试区域其亮度变化的技术要求应满足： $L_{\min}:L_{\max} \geq 75\%$ 。

5.2.2.5 色度均匀性

终端屏幕上测得的区域之间的最大颜色偏差要求应满足： $\Delta u' v'_{\max} \leq 0.01$ 。

5.2.2.6 视角相关的亮度均匀性

终端屏幕其视角相关的亮度均匀性应满足以下技术要求：

——横屏模式下，当屏幕绕通过屏幕中心的垂直轴旋转 $\pm 30^\circ$ 时，亮度最大和最小比值应 ≤ 2.50 ；

——在横屏模式下，当屏幕绕通过屏幕中心的水平轴旋转 $\pm 30^\circ$ 时，亮度最大和最小比值应 ≤ 2.50 。

5.2.2.7 视角相关的色度均匀性

终端在横屏模式下，屏幕各测试区域的最大颜色偏差要求应满足： $\Delta u' v' \leq 0.024$ 。

5.2.2.8 分辨率

平板电脑及有屏音箱屏幕的像素密度应至少为140PPI。

桌面立式一体机的像素密度应至少为140PPI（液晶显示器的像素密度应至少为90PPI）。

5.2.2.9 频闪

终端屏幕闪烁可视度应小于5。

5.2.3 智慧大屏平板显示设备

5.2.3.1 色域重合度

终端屏幕色域重合度应符合 $G_{\text{coincide}} \geq 95\% \text{sRGB}$ ，或 $G_{\text{coincide}} \geq 95\% \text{BT.709}$ ；或 $\geq 72\% \text{opRGB}$ ，或 $\geq 72\% \text{DCI-P3}$ ，或 $\geq 50\% \text{BT.2020}$ 。

5.2.3.2 色准

标准X-rite ColorChecker图卡均值的 $\Delta E_{2000} \leq 3.0$ 。

5.2.3.3 亮度均匀性

终端屏幕测试区域其亮度变化的技术要求应满足： $L_{\text{min}}:L_{\text{max}} \geq 70\%$ 。

5.2.3.4 色度均匀性

终端屏幕上测得的区域之间的最大颜色偏差要求应满足： $\Delta u'v' \leq 0.015$ 。

5.2.3.5 亮度可视角

智慧大屏屏幕1/3亮度视角，水平亮度可视角 $\geq 70^\circ$ ，垂直亮度可视角 $\geq 60^\circ$ 。

5.2.3.6 色度可视角

水平方向 $\pm 30^\circ$ 和正交时，中心点的色度偏差 $\Delta u'v' \leq \pm 0.015$ 。

5.2.3.7 视角相关的亮度均匀性

终端屏幕其视角相关的亮度均匀性应满足以下技术要求：

——横屏模式下，当屏幕绕通过屏幕中心的垂直轴旋转 $\pm 30^\circ$ 时，亮度最大和最小比值应 ≤ 3.00 ；

——在横屏模式下，当屏幕绕通过屏幕中心的水平轴旋转 $\pm 30^\circ$ 时，亮度最大和最小比值应 ≤ 3.00 。

5.2.3.8 视角相关的色度均匀性

终端在横屏模式下，屏幕各测试区域最大颜色偏差要求应满足： $\Delta u'v' \leq 0.024$ 。

5.2.3.9 分辨率

智慧大屏分辨率应 $\geq 3840 \times 2160$ (4K)；屏幕的像素密度应 $\geq 40\text{PPI}$ 。

5.2.3.10 频闪

终端屏幕闪烁可视度应小于5。

5.3 环境光性能技术要求

5.3.1 智能手机

5.3.1.1 反射特性

终端屏幕反射系数技术要求应满足：

——半球漫反射系数 $\rho_q \leq 13\%$ ；

——定向光源反射比 $R_q \leq 5\%$ 。

5.3.1.2 亮室对比度

终端屏幕亮室对比度技术要求应满足： $ACR \geq 15:1$ 。

5.3.1.3 亮室色域衰减

终端屏幕亮室色域衰减技术要求应满足 $R_{\text{Gamut}} \leq 30\%$ 。

5.3.2 平板电脑、桌面立式一体机、有屏音箱

5.3.2.1 反射特性

终端屏幕反射系数技术要求应满足：

——半球漫反射系数 $\rho \leq 10\%$ ；

——定向光源反射比 $R_0 \leq 5\%$ 。

5.3.2.2 亮室对比度

终端屏幕亮室对比度技术要求应满足： $ACR \geq 30:1$ 。

5.3.2.3 亮室色域衰减

终端屏幕亮室色域衰减技术要求应满足 $R_{\text{Gamut}} \leq 30\%$ 。

5.3.3 智慧大屏平板显示

5.3.3.1 反射特性

终端屏幕反射系数技术要求应满足：

半球漫反射系数 $\rho_0 \leq 13\%$ ；

定向光源反射比 $R_0 \leq 3\%$ 。

5.3.3.2 亮室对比度

终端屏幕亮室对比度技术要求应满足： $ACR \geq 15:1$ 。

5.3.3.3 亮室色域衰减

终端屏幕亮室色域衰减技术要求应满足 $R_{\text{Gamut}} \leq 30\%$ 。

5.4 光辐射安全技术要求

5.4.1 光生物安全

终端屏幕的蓝光加权辐亮度均应满足 GB/T 20145 的相关要求，即蓝光防护等级要求为 RG0。

终端屏幕的有害蓝光能量占比 $\leq 20\%$ 。

5.4.2 光辐射安全等级

采用3D激光传感器等智能组件及其他激光附件的终端，其非相干光光辐射安全等级要求应符合GB/T 7247.1中class1 1类。

5.5 智能感知与防护评价

5.5.1 环境光感知能力

终端（设备配置有环境光传感器，且可移动场景使用，如智能手机、平板电脑等）应支持如下环境光感知能力：

终端应支持亮度自适应调节，以适应环境照度变化。

终端宜支持色温自动调节，以适应环境色温变化。

终端（设备未配置有环境光传感器，且在非移动场景使用，如桌面立式一体机（液晶显示器）或智能大屏平板显示设备等）的环境光感知能力不做要求。

5.5.2 环境光感光调节和提醒（适用时）

应支持感光调节，宜支持感光提醒。

感光调节：应在户外强光/低照下进行感光自适应调节。

感光提醒：宜在户外强光/低照/眩光下进行感光使用提醒，并在眩光下建议使用者进行使用环境调整。

5.5.3 距离感知（适用时）

终端宜支持使用者距离感知，进行使用距离提醒和建议。当使用者使用终端的距离低于25cm时，进行使用距离提醒和使用距离建议。

5.5.4 姿势/运动感知（适用时）

终端宜支持使用者姿势感知，进行坐姿等提醒和建议。当使用者使用终端坐姿不正确（如倾斜、躺姿）等，进行使用姿势提醒和建议。

终端宜支持使用者运动感知，进行运动场景等提醒和建议。当使用者使用手机、平板电脑等移动式终端在移动/抖动场景下，应进行使用场景提醒和建议；使用桌面立式一体机、有屏音箱或大屏等不作要求。

5.6 时间管理要求（适用时）

终端宜支持屏幕使用时间管理功能及使时长统计功能。

屏幕使用时间管理功能：可支持用户设定屏幕使用时间，也可有相应提醒功能，如每单次连续使用X分钟屏幕提醒已单次连续使用时长及总使用时长提醒，宜建议使用者远望休息至少20s。

屏幕使用时长统计功能：以天或周为单位，统计屏幕使用总时长。

注：使用时长提醒功能：终端可根据使用者年龄段建议其单次连续使用时长提醒功能对应的时长，最高权限使用者也可自主选择是否开启该项功能，或更改单次连续使用时长提醒功能对应的时长设置。

5.7 视觉舒适度

5.7.1 评价/分级原则

主客观舒适度整体评价/分级的总则为不同等级对应不同的检查项目，且在对应等级上，其设备对应的全部检查项目的结果均应为合格（未有不合格项），即判定为符合该等级。其中，每个检查项目不合格判定规则见表3。

厂家宣称或声明时，终端屏幕技术要求应与视疲劳舒适度等级保持一致。

一级（视力、眼压、对比敏感度）：均合格（未有不合格项）；

二级（视力、眼压、对比敏感度、调节辐辏、聚散功能、视觉质量、视疲劳）：均合格（未有不合格项）；

三级（视力、眼压、对比敏感度、调节辐辏、聚散功能、视觉质量、视疲劳、泪膜）：均合格（未有不合格项）；

四级（视力、眼压、对比敏感度、调节辐辏、聚散功能、视觉质量、视疲劳、泪膜、脑电指标（alpha波段能量、左右半球功能连接强度）、眼动指标（首次注视时间、瞳孔大小）：均合格（未有不合格项）。

表1 检查项目结果判定表（不合格判定规则）

视觉健康指标	眼别	——	临床界值正常范围	不合格判定规则
视力	单眼	——	≥ 0.8	观看前后 $P \leq 0.05$ ，且观看后视力下降 2 行以上
眼压	单眼	——	10-21mmHg	观看前后 $P \leq 0.05$ ，且观看后眼压升高至 21mmHg 以上

表 1（续）

视觉健康指标	眼别	——	临床界值正常范围	不合格判定规则
对比敏感度	单眼	AUL CSF	>1.2	观看前后 $P \leq 0.05$ ，或观看前后 AUL CSF ≤ 1.2
	单眼	CSF Acuity	>16	观看前后 $P \leq 0.05$ ，或观看后 CFS Acuity ≤ 16
双眼调节辐辏功能指标（调节性集合与调节的比值）	双眼	AC/A	3~5	观看前后 $P \leq 0.05$ ，且观看后 AC/A ≤ 3 或 ≥ 5
双眼调节辐辏功能指标(调节反应)	双眼	——	+0.25~+0.75	观看前后 $P \leq 0.05$ ，且观看后调节反应 $\leq +0.25$ 或 $\geq +0.75$
视觉质量	单眼	SR	<2	观看前后 $P \leq 0.05$ ，或观看后 SR ≥ 2
	单眼	MTF cutoff	≥ 30	观看前后 $P \leq 0.05$ ，或观看后 MTF cutoff <30
首次泪膜破裂时间	单眼		$\geq 10s$	观看前后 $P \leq 0.05$ ，或观看后首次泪膜破裂时间 <10s
脑电指标	双眼	alpha 波段能量	——	观看前后 $P \leq 0.05$
	双眼	左右半球功能连接强度	——	观看前后 $P \leq 0.05$
眼动指标	双眼	首次注视时间	——	观看前后 $P \leq 0.05$
	双眼	瞳孔大小		观看前后 $P \leq 0.05$
主观舒适度评分	双眼	——	<4 级	观看前后 $P \leq 0.05$ ，或观看后主观舒适度评分 ≥ 4 级
调节灵敏度	单眼	——	>11cpm/min	观看前后 $P \leq 0.05$ ，或观看后单眼调节灵敏度 $\leq 11cpm/min$
	双眼	——	>8cpm/min	观看前后 $P \leq 0.05$ ，或观看后双眼调节灵敏度 $\leq 8cpm/min$
双眼聚散功能（集合近点）	双眼	破裂点	6~10cm	观看前后 $P \leq 0.05$ ，且观看后破裂点 ≤ 6 或 ≥ 10
		恢复点		观看前后 $P \leq 0.05$ ，且观看后恢复点 ≤ 6 或 ≥ 10

注：P值定义为当原假设为真时所得到的样本观察结果或更极端结果出现的概率，以上检查项目当P值小于或等于0.05且/或在临床界值以外，对应检查项目的结果判定为不合格。具体不合格判定规则见表3。

5.7.2 智能手机

评价流程根据T/CCSA 590.1-2024中6.8视觉舒适度评价小节的规定进行，智能手机检查项目及对应测试方法见7.7.1，且每个检查项目不合格判定规则见表3。

厂家宣称或声明时，智能手机终端屏幕技术要求应与视疲劳舒适度等级保持一致。

5.7.3 平板电脑、桌面立式一体机、有屏音箱

评价流程根据T/CCSA 590.1-2024《智能显示设备的视觉健康评价体系 第1部分：总则》中6.8视觉舒适度评价小节的规定进行，平板电脑、桌面立式一体机、有屏音箱检查项目及对应测试方法见7.7.2，且每个检查项目不合格判定规则见表3。

厂家宣称或声明时，智能手机终端屏幕技术要求应与视疲劳舒适度等级保持一致。

5.7.4 智慧大屏平板显示

评价流程根据T/CCSA 590.1-2024《智能显示设备的视觉健康评价体系 第1部分：总则》中6.8视觉舒适度评价小节的规定进行，智慧大屏平板显示检查项目及对应测试方法见7.7.3，且每个检查项目不合格判定规则见表3。

厂家宣称或声明时，智能手机终端屏幕技术要求应与视疲劳舒适度等级保持一致。

6 测试环境

6.1 暗室测试环境

智能显示设备的视觉健康相关特性应在如下测试环境中进行：

——暗室要求：测试的环境照度应小于 1lx；

——环境要求：温度 20℃～25℃，相对湿度 25%RH～75%RH，气压 86kPa～106kPa。

6.2 亮室标准环境

6.2.1 标准环境照明条件

6.2.1.1 概述

本文件标准环境照明模拟室内照明条件和室外照明条件：通过积分球漫反射照明用于模拟定向光源非直射条件下的室内背景照明，例如室内灯具，或模拟太阳光漫射照明在显示屏；通过准直光源照明模拟室内灯具或阳光直射定向照明在显示屏上。

6.2.1.2 室内照明条件

积分球反漫反射照明：在光度上接近CIE15中定义的CIE 标准照明体A，D65或D50，且光谱平滑的宽带光源，进行光谱测试。对于光谱平滑的宽带光源，如接近CIE标准照明体A，对于屏幕所选择的参考光源谱没有表现出明显的光致发光（PL）（ $<1\%PL$ ，见IEC 62341-6-2规定的方法），可用于光谱反射率测试。对于指定的参考光谱，如CIE标准照明体D65，使用宽带光源进行光谱反射率测试。光源信息应在报告中注明。

室内漫反射照明光环境条件宜参照以下条件设置：典型的观看电视照明光环境，入射至被测屏幕表面的典型照度值为60lx；典型的办公室光环境，入射至被测屏幕表面的典型照度值为300lx；典型的教室照明光环境，入射至被测屏幕表面的典型照度值为500lx。

准直光源照明：在光度上使用与积分球漫反射照明相同的光源光谱。光源信息应在报告中注明。

室内准直光源照明光环境条件宜参照以下条件设置：典型的观看电视照明光环境，入射至被测屏幕表面的典型照度值应为40lx；典型的办公室光环境，入射至被测屏幕表面的典型照度值应为200lx；典型的教室照明光环境，入射至被测屏幕表面的典型照度值应至少为300lx。

除以上定义的照度水平外，若实际的反射率系数测试需要更高的照度水平，还可使用其他照度水平来计算室内照明条件下的显示性能。

6.2.1.3 日光照明条件

积分球漫反射照明：在光度上符合CIE 标准照明体A、D65或D75，且光谱平滑的宽带光源，进行光谱测试。对于指定的参考光谱，如CIE 标准照明体A，使用宽带光源进行光谱反射系数测试。光源信息应在报告中注明。

室外漫反射照明光环境条件可参照以下条件设置：典型的室外漫反射照明光环境，入射至被测屏幕表面的典型照度值应为15000lx，模拟日光环境。

准直光源照明：在光度上符合CIE 标准照明体D65或D75，且光谱平滑的宽带光源，进行光谱测试。

对于光谱平滑的宽带光源，如接近CIE标准照明体的光源，可用于反射系数的测试。光源信息应在报告中注明。

室外准直光源照明光环境条件宜参照以下条件设置：典型的室外准直照明光环境，入射至被测屏幕表面的典型照度值为65000lx，模拟日光环境。

除以上定义的照度水平外，若实际的反射率系数测试可在较低的照度水平进行，然后将结果缩小到所需的照度水平，具体方法可参见 IEC 62977-2-2 章节。

标准环境照明光源应注意：

- a) 紫外线区域（<380nm）应通过紫外截止滤光片进行阻隔。
- b) 当使用高照度水平光源时，推荐使用红外截止滤光片来减小样品因光源照射产生的热量。
- c) 根据测试的光谱反射因数计算亮室环境显示性能时，参见 CIE 15 中列出的 CIE 照明体 A、D50、D65 和 D75 的相对光谱分布，其他的 CIE 日光照明体应使用适当的特征函数来确定。

6.2.2 标准照明几何条件

6.2.2.1 漫反射照明几何条件

本文件中通过积分球、采样积分球来实现近似理想的漫反射照明几何条件，在球内其恒定亮度的入射光线在测试区域所有角度内都是均匀分布的，两种几何条件应实现8° 到10° 偏置测量。

两种几何条件分别如图1和图2，当积分球直径大于或等于显示屏对角线7倍或以上，建议使用图1装置A；否则建议使用图2装置B；

漫反射照明其几何条件的构建步骤如下：

- a) 将被测屏幕置于积分球/半球的中心或紧靠采样球的采样口；
- b) 调整 LMD 或积分球，使 LMD 与屏幕法线的夹角为 8° ~10° ，且使 LMD 正确聚焦于显示区域中心位置；
- c) 测试端口直径应比 LMD 透镜的有效孔径大 20%到 30%，且 LMD 的测试位置应与厂商推荐的最佳视觉观看位置一致；
- d) 注意检查是否有来自光源的直射光或除显示屏本身的其他表面反射的亮光进入 LMD 的透镜，以避免反射亮度测试的眩光干扰；
- e) 漫反射标准白板应在积分球中均匀的半球漫射照明下进行校准。当使用装置 A 时，应将漫反射标准白板放置在显示屏表面。当使用装置 B 时，显示屏测试区域应至少包含 500 个像素，且装置 B 的直径至少是采样口直径的 3 倍；
- f) 被测屏幕测试区域上的照度均匀性应超过 95%。

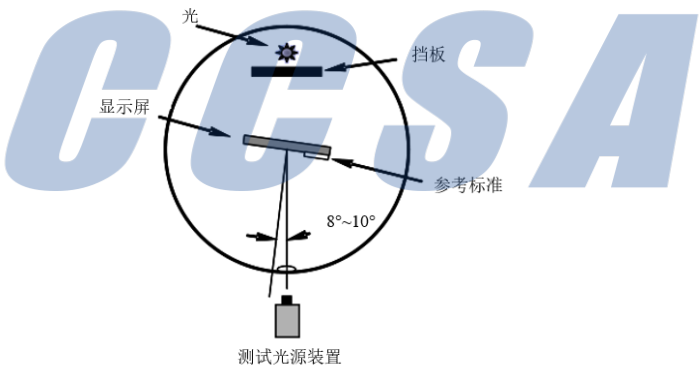


图1 使用积分球的照明测试几何条件（装置 A）

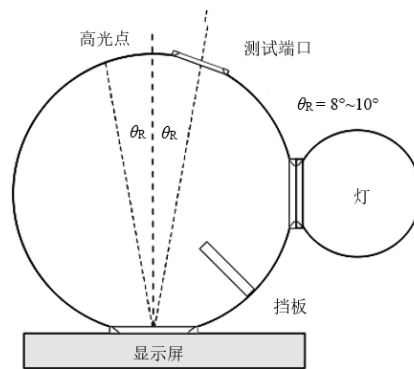


图2 使用采样积分球的照明测试几何条件（装置 B）

6.2.2.2 定向照明几何条件

定向照明几何条件应使用准直光源设置实现，几何条件示意图见图3和图4。准直光源是被测屏幕法线成一定倾角的独立定向直射光源。被测屏幕存在严重的不规则散射，则应使用环形光源。LMD视场范围内应实现均匀定向照明。

定向照明几何条件的构建步骤如下：

- a) 准直光源发散角应小于 5° ，设置距离应大于出光口直径 6 倍以上，应避免明显的镜面反射光干扰；
- b) 将准直光源放置在与被测屏幕法线成一定倾角 S 的位置；LMD 放置在与被测屏幕法线成一定倾角 θ_R 的位置。如在其他角度下测试应在报告中注明；
- c) LMD 的测试位置应与被测设备推荐的最佳视觉观看位置一致；设置位置应避免反射对测试的影响；
- d) LMD 聚焦于被测屏幕显示区域中心位置，且显示屏测试区域应至少包含 500 个像素。

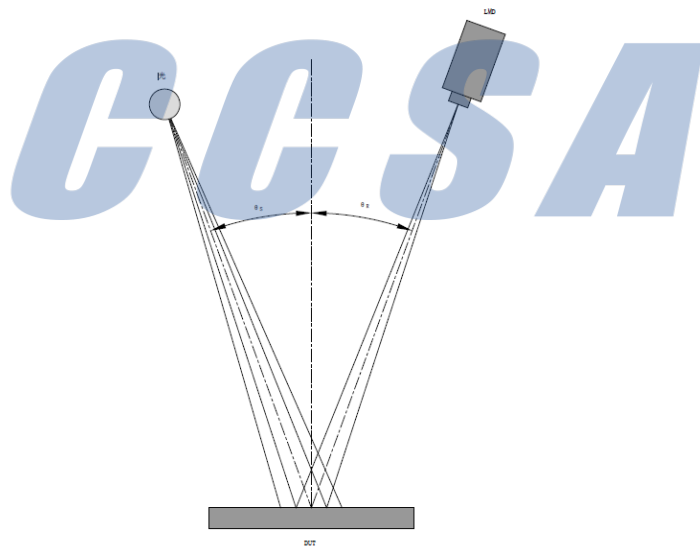


图3 使用定向照明的测试几何条件（ $S = 30^\circ$ ） 侧面视图

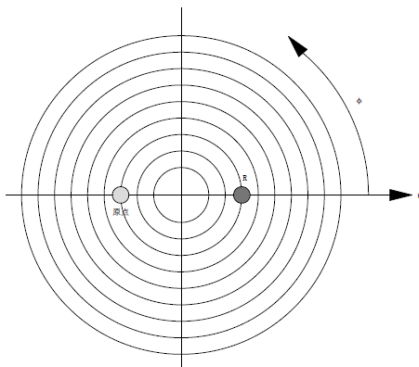


图4 使用定向照明的测试几何条件（ $S = 30^\circ$ ）俯视图

6.3 测试设置

在本文件的测试中，除非另有规定，调整分光式色度计到显示设备的垂直距离（智慧大屏平板显示设备，其测试距离为屏幕高度的3倍处），使分光式色度计正确聚焦到屏幕上。

智能显示设备设置模式包括多种：常规默认模式（或标准工作状态）、护眼模式（或视力保护模式或护眼卫士等模式）或其他模式等。除非本文件另有规定，智能显示设备在常规默认模式（或标准工作状态）下进行测试，若在设备推荐模式下进行测试，则需在报告中注明。其中，智慧大屏平板显示设备在预热30分钟后进行测试。

6.4 测试仪器

6.4.1 一般要求

智能显示设备的视觉健康评价测试可能用到下列测试设备：

- 照度计；
- 色温计；
- 分光式亮色度计；
- 瞬态光度计；
- 光谱辐射计；
- 积分球或采样球；
- 准直光源；
- 光功率计和能量测量仪；
- 图形信号发生器；
- 示波器；
- 光生物安全测试设备。

测量设备应符合以下规定：

- 具有足够的灵敏度和动态范围满足测量要求；
- 光学测量设备的波长范围应至少覆盖 380nm~780 nm；
- 光度和色度测得数据应使用 CIE 2° 标准观察者进行计算，参见 CIE 15 规定。

6.4.2 照度计

照度测量设备通常包括照度计或光谱照度计等，应符合JJG 245一级照度计性能要求。

6.4.3 色度计

色度测量设备通常包括色度计、光谱仪或带色度测量功能的照度计、亮度计等，这些设备应符合下列要求：

- 色品坐标不准确度应小于 ± 0.0015 （CIE A光源条件下）；
- 色品坐标重复性应小于 ± 0.0005 ；
- 波长误差应小于 0.3nm ；
- 光谱带宽应不大于 5nm 。

6.4.4 亮度计

亮度计或光谱辐亮度计能够测量固定视场角内的亮度平均值，应符合下列要求：

- 线性误差小于 1.0% ；
- 稳定性应优于 1.5% ；
- 亮度不准确度应小于 5% 。

光谱辐亮度计色度部分应符合6.4.3要求。

6.4.5 瞬态光度计

瞬态光度计应符合下列要求：

- 光谱响应符合CIE明视觉光谱光视效率函数，误差（CIE-f1）小于 5% ；
- 频率响应（3dB）不小于 30kHz ；
- 线性误差小于 0.5% ；
- 采样速率应大于 100 kS/s ；
- 具有频谱分析和人眼响应滤波功能。

6.4.6 图形信号发生器

图形信号发生器或同等能力的信号生成软件应具备标准测试图案、视频的生成和发送功能，并具备适配不同显示器分辨率的图案和视频信号生成功能。

6.4.7 示波器

示波器应具备高速采集电信号的能力，采样频率至少应为被测信号的4倍以上。

6.4.8 光生物安全测试设备

光生物安全测试设备应能测试显示器蓝光辐射危害等有效辐射量，分析光生物安全风险等级。设备应符合IEC TR 62471-4的相关要求。

7 测试方法

7.1 设置/模式要求

检查终端默认模式和护眼模式，并记录。

检查终端不同使用模式及其对应设置的指导说明并操作，如是否有不同使用场景下其对应模式和设置功能的开启或关闭使用操作等，并在测试报告中注明。

7.2 光学显示性能要求

7.2.1 智能手机

7.2.1.1 亮度

测试方法按YD/T 1607中亮度测试方法的相关规定进行。

7.2.1.2 色域重合度

测试步骤如下：

- a) 按6.3测试设置准备；

- b) 屏幕分别显示全红 (255, 0, 0)、全绿 (0, 255, 0) 和全蓝 (0, 0, 255) 信号, 用色度计依次测量中心点的色品坐标 (u' R, v' R)、(u' G, v' G) 和 (u' B, v' B) ;
- c) 各标准色域坐标见下表 2;
- d) 计算与标准色域形成三角形的重叠面积 S_{coincide} ;
- e) 用式 (1) 计算色域重合度 G_{coincide} ;

$$G_{\text{coincide}} = \frac{S_{\text{coincide}}}{S_{\text{std}}} \times 100\%$$

..... (1)

式中:

S_{std} ——各标准色域标准三角形面积;

S_{coincide} ——重叠面积。

- f) 重复步骤 a) ~e) 完成其他色域空间下色域重合度测试及计算;
- g) 测量结果用百分数 (%) 表示。

表2 各标准色域坐标

标准	原色	x	y	u'	v'
sRGB	R	0.64	0.33	0.4507	0.5229
	G	0.3	0.6	0.1250	0.5625
	B	0.15	0.06	0.1754	0.1579
DCI-P3	R	0.68	0.32	0.4964	0.5255
	G	0.265	0.69	0.0986	0.5777
	B	0.15	0.06	0.1754	0.1579
BT2020	R	0.708	0.292	0.5566	0.5165
	G	0.17	0.797	0.0556	0.5868
	B	0.131	0.046	0.1593	0.1258

7.2.1.3 色彩还原

智能手机屏幕分别在常规默认模式设置下和护眼模式（或视力保护模式或护眼卫士等模式）下，其色彩还原测试方法按YD/T 1607中的相关规定进行。

7.2.1.4 亮度均匀性

测试方法按YD/T 1607中亮度均匀性测试方法的相关规定进行。

7.2.1.5 色度均匀性

测试方法按YD/T 1607中色度均匀性测试方法的相关规定进行。

7.2.1.6 分辨率

智能手机屏幕分辨率通过PPI和子像素排列来整体反应其性能，其测试方法按YD/T 1607中清晰度和子像素排列测试方法的相关规定进行。

7.2.1.7 频闪

在被测智能手机分别输入YD/T 1607中频闪测试信号（测试信号分辨率为屏幕分辨率），持续显示，使用高速光度计和示波器，或相应功能仪器测其时间——亮度变化曲线（仪器每秒亮度采样次数需超过240Hz），其余测试步骤如下：

- a) 将时间-亮度信号 $L(t)$ 使用傅里叶变换进行频谱分析，得到频率功率谱 $P(F)$;
- b) 去除频率功率谱 $P(F)$ 的零频分量（即平均值），得到功率谱 $P'(F)$;
- c) 查找功率谱 $P'(F)$ 波形内最大值所对应的闪烁主频率 f_m ，确定对应的亮度值 $\tilde{K}$;
- d) 计算 $L(t)$ 在一个周期内的亮度平均值；
- e) 按公式（2）计算基频亮度对比度：

$$C_R = 2|\tilde{K}|/\bar{K} \dots\dots\dots (2)$$

式中:

$\tilde{K}$ ——闪烁主频率对应的亮度值;

$\bar{K}$ ——亮度平均值。

f) 查找闪烁主频率 f_m 对应的归一化人眼视觉敏感度函数值 S_{fm} (见图 5, 部分示例数据见表 3);

注: 时间对比度敏感函数的数学模型见Watson推导和解释。

g) 按下式 (3) 计算闪烁可视程度 $J_{flicker}$ 。

$$J_{flicker} = S_{fm} C_R \dots\dots\dots (3)$$

式中:

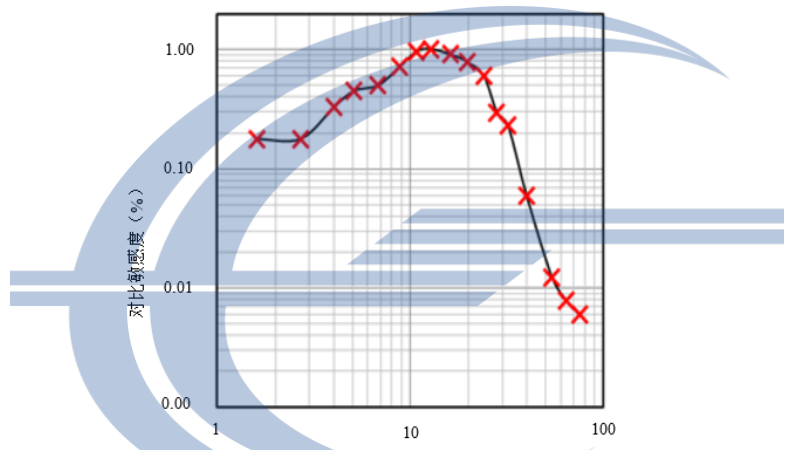


图5 人眼视觉敏感度函数

表3 人眼视觉敏感度函数数据

频率 (Hz)	对比敏感度	频率 (Hz)	对比敏感度
1.6	17.8	19.8	78.8
2.7	17.9	24.0	59.8
4.0	32.9	28.0	29.9
5.1	45.3	32.0	23.0
6.8	50.3	40.0	5.89
8.8	72.5	54.0	1.23
10.7	96.7	64.0	0.79
12.7	101.5	75.0	0.60
16.2	91.3	—	—

7.2.2 平板电脑、桌面立式一体机、有屏音箱

7.2.2.1 概述

平板电脑、桌面立式一体机及有屏音箱的光学显示性能测试项目包括: 亮度、色域重合度、色彩还原、亮度均匀性、色度均匀性、分辨率、频闪、视角相关的亮度均匀性和视角相关的色度均匀性。除视角相关的亮度均匀性和视角相关的色度均匀性测试项目外, 其余测试项目的测试方法按7.2.1的相关规定进行。

测试方法按YD/T 1607中亮度均匀性测试方法的相关规定进行。

测试方法按YD/T 1607中色度均匀性测试方法的相关规定进行。

7.2.2.2 视角相关的亮度均匀性

被测终端屏幕显示如图6测试信号，其构成包括背景测试信号和全白窗口测试信号，背景测试信号为RGB（102,102,102），全白窗口测试信号为RGB（255,255,255），且每个全白测试窗口占屏幕发光区域面积大小的4%，其选取位置如图6。

在横屏模式下，被测终端屏幕绕垂直轴旋转+30度，使用亮度计测量 P_L 和 P_R 处的亮度并记录；被测终端屏幕绕垂直轴旋转-30度，使用亮度计测量 P_L 和 P_R 处的亮度并记录。

在横屏模式下，被测终端屏幕绕水平轴旋转+30度，使用亮度计测量 P_T 和 P_B 处的亮度并记录；被测终端屏幕绕垂直轴旋转-30度，使用亮度计测量 P_T 和 P_B 处的亮度并记录。

分别计算以上4种情况下亮度最大和最小值的比值。

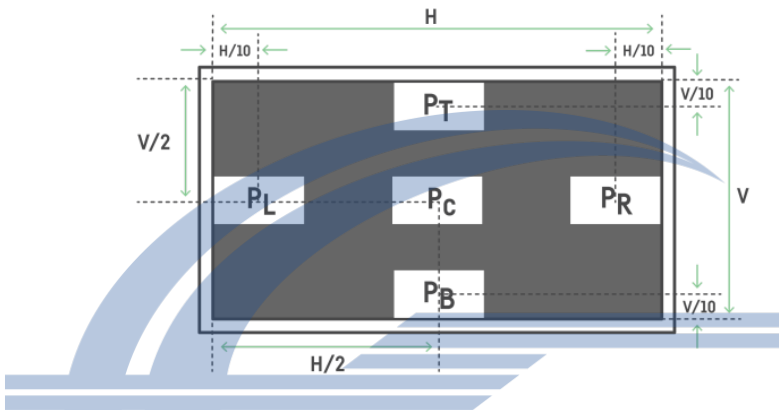


图6 视角相关的亮度均匀性测试信号

7.2.2.3 视角相关的色度均匀性

被测终端屏幕显示如图7测试信号，其构成包括背景测试信号和全白窗口测试信号，背景测试信号为RGB（102,102,102），全白窗口测试信号为RGB（255,255,255），且每个全白测试窗口占屏幕发光区域面积大小的4%，其选取位置如图7。

在横屏模式下，被测终端屏幕绕垂直轴旋转+30度，使用分光色度计测量 P_L 和 P_R 处的色品坐标并记录；被测终端屏幕绕垂直轴旋转-30度，使用分光色度计测量 P_L 和 P_R 处的色品坐标并记录。分别考察+30度和-30度时， P_L 和 P_R 处白窗口信号点色品坐标的色度差，最后取其最大值作为测试结果。

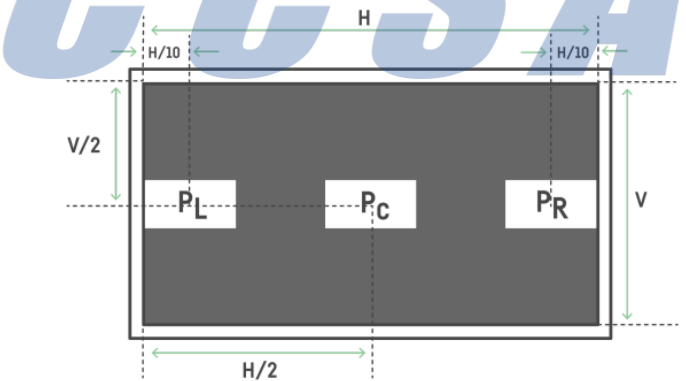


图7 视角相关的色度均匀性测试信号

7.2.3 智慧大屏平板显示

7.2.3.1 色域重合度

测试步骤如下：

- a) 按 6.3 测试设置准备，并将终端屏幕调整到规定的标准工作状态；
- b) 除步骤 a) 规定外，按 7.2.1.2 测试方法进行测试和计算。

7.2.3.2 色准

测试步骤如下：

- a) 按 6.3 测试设置准备，并将终端屏幕调整到规定的标准工作状态；
- b) 推送标准 X-rite ColorChecker 图卡简称：24 ColorChecker 色卡）测试信号（见下表 4），使用仪器分别测量屏幕中心点显示每种颜色的色品坐标并做记录；
- c) 计算各颜色在标称色域的 ΔE_{2000} 值，再计算其均值（计算公式见 GB/T 7921）。

表4 GretagMacbeth ColorChecker 图卡

Dark Skin (115, 82, 68)	Light Skin (194, 150, 130)	Blue Sky (98, 122, 157)	Foliage (87, 108, 67)	Blue Flower (133, 128, 177)	Bluish Green (103, 189, 170)
Orange (214, 126, 44)	Purplish Blue (80, 91, 166)	Moderate Red (193, 90, 99)	Purple (94, 60, 108)	Yellow Green (157, 188, 64)	Orange Yellow (224, 163, 46)
Blue (51, 61, 150)	Green (70, 148, 73)	Red (175, 54, 60)	Yellow (231, 199, 31)	Magenta (187, 86, 149)	Cyan (8, 133, 161)
White (243, 243, 242)	Neutral 8 (200, 200, 200)	Neutral 6.5 (160, 160, 160)	Neutral 5 (122, 122, 121)	Neutral 3.5 (85, 85, 85)	Black (52, 52, 52)

7.2.3.3 亮度均匀性

测试步骤如下：

- a) 按 6.3 测试设置准备，并将终端屏幕调整到规定的标准工作状态；
- b) 推送全白测试信号按下图 8 测试点测试屏幕 13 点亮度数据并记录；
- c) 计算除中心点外其他所有点的最小亮度值和中心点的亮度值的比值：获得亮度均匀性，检查是否满足指标要求。

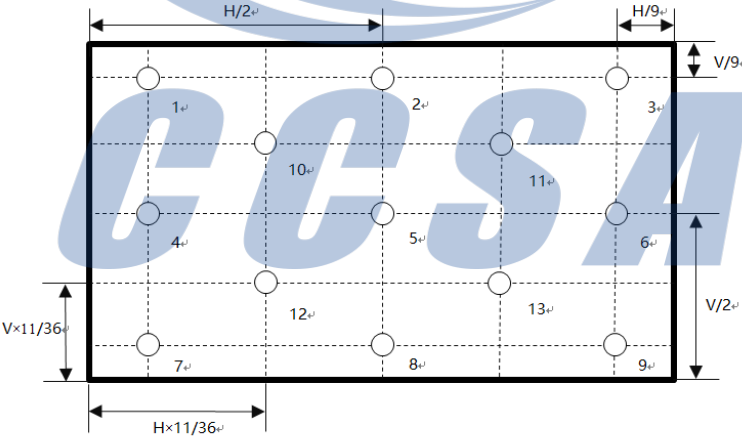


图8 13 点测试均匀性位置示意图

7.2.3.4 色度均匀性

测试步骤如下：

按6.3测试设置准备，并将终端屏幕调整到规定的标准工作状态；
分别推送全白测试信号和50%灰阶测试信号；

按下图8测试点位置所规定的P1~P13点，分别测试屏幕13点色品坐标并记录(u1', v1') ~ (u13', v13')；

计算各点与中心点的 $\Delta u' v'$ 色品坐标偏差，结果取最大值。

7.2.3.5 亮度可视角

测试步骤如下：

- 按 6.3 测试设置准备，并将终端屏幕调整到规定的标准工作状态；
- 推送全白测试信号，测量观测角 $\theta = 0^\circ$ 时屏幕中心点亮度，并记录 $L_v(0^\circ)$ ；
- 将 LMD 仪表或被测屏幕分别向左右上下绕仪表光轴或被测屏幕法线转向 θ° ，直到 $L_v(\theta^\circ) = 1/3 L_v(0^\circ)$ ，记录此时 θ_L 和 θ_R 即为屏幕可视角度，检查是否满足要求。

7.2.3.6 色度可视角

测试步骤如下：

按 6.3 测试设置准备，并将终端屏幕调整到规定的标准工作状态；

分别推送全白测试信号和肤色测试信号 (R:179, G:140, B:102)；

分别测试水平方向 $\pm 30^\circ$ 度和被测屏幕法线方向中心点的 u' 和 v' ，并计算其与中心点的色度偏差 $\Delta u', v'$ 。

7.2.3.7 视角相关的亮度均匀性

测试步骤如下：

- 按 6.3 测试设置准备，并将终端屏幕调整到规定的标准工作状态；
- 除步骤 a) 规定外，按 7.2.2.2 测试方法进行。

7.2.3.8 视角相关的色度均匀性

测试步骤如下：

- 按 5.3 测试设置准备，并将终端屏幕调整到规定的标准工作状态；
- 除步骤 a) 规定外，按 7.2.2.3 测试方法进行。

7.2.3.9 分辨率

屏幕分辨率测试方法同 7.2.1.6。

7.2.3.10 频闪

测试步骤如下：

- 按 6.3 测试设置准备，并将终端屏幕调整到规定的标准工作状态；
- 除步骤 a) 规定外，按 7.2.1.7 测试方法进行。

7.3 环境光性能

7.3.1 反射特性

7.3.1.1 反射特性概述

以下规定如何测试显示屏的光谱反射率系数和光反射率系数。本文件推荐进行光谱反射率系数测试。如果使用光度方法来测试光反射系数，则测试的光反射系数仅对测试期间使用的照明光谱有效。

对于光谱测试，已知漫反射系数和特定几何条件下标定的定向光谱反射系数的标准漫反射白板。测试前准备工作：

- 照明条件：使用室内和晴天日光下标准亮室照明条件，具体见 6.2.1。根据实际情况，其它照明条件也适用。如果使用其他照明条件，则应在报告中注明；
- 测试信号 Q：显示屏输入 0% 灰阶等级中含 4% 白色窗口信号，4% 窗口大小应为有效显示区域宽和高的 1/5，并位于显示屏中心。

7.3.1.2 半球漫反射系数测试

测试步骤如下：

- a) 按图 1 或图 2 的几何位置条件, 使样品中心与积分球中心或采样球采集窗口中心重合, 且使 LMD 与屏幕法线的夹角为 $8^{\circ} \sim 10^{\circ}$, 使 LMD 正确聚焦于显示屏中心。
- b) 调节漫反射照明光源至预期相关色温和照度, 使光源达到稳定。
- c) 半球照明开启状态下: 测得白场中心的光谱辐亮度 $L_{Q, \text{hemi-ON}}(\lambda)$ 或亮度 $L_{Q, \text{hemi-ON}}$ 。对于光谱测试, 可用以下公式 (4) 计算得到显示屏亮度 $L_{Q, \text{hemi-ON}}$:

$$L = 683 \int_{\lambda} S(\lambda) V(\lambda) d\lambda \quad \dots\dots\dots (4)$$

式中:

$V(\lambda)$ ——参见 CIE 15 中定义的光谱光视效率。

- d) 半球照明开启状态下: 将 LMD 与标准漫反射白板中心对齐, 并测试光谱辐射亮度 $S_{Q, \text{hemi-ON}}(\lambda)$ 或亮度 $S_{Q, \text{hemi-ON}}$ 。对于采样球的情况, $S_{Q, \text{hemi-ON}}(\lambda)$ 或 $S_{Q, \text{hemi-ON}}$ 分别是临近采样口球壁的光谱辐射亮度或亮度。
- e) 关闭积分球或采样球半球漫射照明: 测试标准漫反射白板或采样球球壁光谱辐射亮度 $S_{Q, \text{hemi-OFF}}(\lambda)$ 或亮度 $S_{Q, \text{hemi-OFF}}$ 。
- f) 关闭积分球或采样球半球漫射照明: 将 LMD 与显示屏中心对齐, 并测试显示屏光谱辐射亮度 $L_{Q, \text{hemi-OFF}}(\lambda)$ 或亮度 $L_{Q, \text{hemi-OFF}}$ 。
- g) 计算显示屏在显示以上信号时, 照明/探测几何条件下的半球漫射光谱反射率 $\rho_Q(\lambda)$ 或半球漫射反射率 ρ_Q , 对于光谱测试, 分别按以下公式 (5) 进行。

$$\rho_Q(\lambda) = \rho_{\text{std}}(\lambda) \frac{[L_{Q, \text{hemi-ON}}(\lambda) - L_{Q, \text{hemi-OFF}}(\lambda)]}{[S_{Q, \text{hemi-ON}}(\lambda) - S_{Q, \text{hemi-OFF}}(\lambda)]} \quad \dots\dots\dots (5)$$

式中:

$\rho_{\text{std}}(\lambda)$ ——标准白板或采样球壁在与测试相同几何条件下的光谱反射率。

半球漫射反射率 ρ_Q 通过以下公式 (6) 及光谱反射率 $\rho_Q(\lambda)$ 测得:

$$\rho_Q = \frac{\int_{\lambda} \rho_Q(\lambda) E_{\text{CIE}}(\lambda) V(\lambda) d\lambda}{\int_{\lambda} E_{\text{CIE}}(\lambda) V(\lambda) d\lambda} \quad \dots\dots\dots (6)$$

式中:

$E_{\text{CIE}}(\lambda)$ ——预期照明条件的相对光谱分布。

其具体要求和测试方法按 IEC 62977-2-2 Electronic displays part 2-2: Measurements of optical characteristics -ambient performance 中的相关规定进行。

对于光度测试, 具体要求和测试方法按 IEC 62977-2-2 Electronic displays part 2-2: Measurements of optical characteristics -ambient performance 中的相关规定进行。

7.3.1.3 定向照明反射系数测试

测试步骤如下:

- a) 按图 3 和图 4, 调整定向照明光源和 LMD 的几何位置条件;
- b) 调节准直光源至预期相关色温和照度, 使光源达到稳定;
- c) 定向照明光源开启状态下: 测量显示发光中心的光谱辐亮度 $L_{Q, \text{dir}}(\lambda)$ 或亮度 $L_{Q, \text{dir}}$;
- d) 定向照明光源开启状态下: 移除显示屏, 并将标准漫反射白板放置在 LMD 测量的相同平面位置。测量已校准标准漫反射白板的光谱辐亮度 $S_{Q, \text{dir}}(\lambda)$ 或亮度 $S_{Q, \text{dir}}$;
- e) 暗室条件下: 测试标准漫反射白板的光谱辐亮度 $S_Q(\lambda)$ 或亮度 S_Q ;
- f) 暗室条件下: 测试显示屏显示以上信号时, 其中心处的光谱辐亮度 $L_Q(\lambda)$ 或亮度 L_Q ;

- g) 用以下公式 (7) 和 (8) 计算标准漫反射白板的光谱辐照度 $E_{\text{dir}}(\lambda)$ 和照度 E_v ，对于定向照明光源，可从 $E(\lambda)=E_{\text{dir}}(\lambda)$ 推算出 $E=E_{\text{dir}}$ 。

$$E(\lambda) = \frac{\pi L(\lambda)}{R(\lambda)} \dots\dots\dots (7)$$

$$E_v = 683 \int_{\lambda} E(\lambda) V(\lambda) d\lambda \dots\dots\dots (8)$$

- h) 计算显示屏在显示以上信号时，照明/探测几何条件下的定向照明光谱反射比 $R_Q(\lambda)$ 和亮度反射比 R_Q ，对于光谱测试，分别按以下公式 (9) 进行，

$$R_Q(\lambda) = \pi \frac{L_{Q,\text{dir}}(\lambda) - L_Q(\lambda)}{E_{\text{dir}}(\lambda)} = R_{\text{std}}(\lambda) \frac{L_{Q,\text{dir}}(\lambda) - L_Q(\lambda)}{S_{\text{dir}}(\lambda)} \dots\dots\dots (9)$$

亮度反射比 R_Q 通过以下公式 (10) 及光谱反射比 $R_Q(\lambda)$ 测得：

$$R_Q = \frac{\int_{\lambda} R_Q(\lambda) E_{\text{CIE}}(\lambda) V(\lambda) d\lambda}{\int_{\lambda} E_{\text{CIE}}(\lambda) V(\lambda) d\lambda} \dots\dots\dots (10)$$

式中：

$E_{\text{CIE}}(\lambda)$ ——指定的CIE照明体的相对光谱分布。

其具体要求和测试方法按IEC 62977-2-2 Electronic displays part 2-2:Measurements of optical characteristics -ambient performance中的相关规定进行。

对于光度测试，具体要求和测试方法按IEC 62977-2-2 Electronic displays part 2-2:Measurements of optical characteristics -ambient performance中的相关规定进行。

7.3.2 亮室对比度

亮室对比度是由显示屏在半球漫反射和定向光源照明条件下的反射测量确定的，是组合的白场亮度与组合的黑场亮度的比率。

测试前准备工作：

- 照明条件：使用室内和晴天日光下标准亮室照明条件，具体见 6.2.1。根据实际情况，其它照明条件也适用；
- 测试信号 Q：显示屏输入 0%灰阶等级中含 4%白色窗口信号，4%窗口大小应为有效显示区域宽和高的 1/5，并位于显示屏中心；全黑画面。

测试步骤如下：

- 按照 7.4.1.1 半球漫反射系数测试步骤及公式 (6) 分别测试和计算白场和黑场信号下的 ρ_w 和 ρ_k ；
- 按照 7.4.1.2 定向照明反射系数测试步骤及公式 (10) 分别测试和计算白场和黑场信号下的 R_w 和 R_k ；
- 暗室条件下：分别测试屏幕显示全黑画面时，中心点亮度 L_k ；屏幕显示白场测试信号时，中心点亮度 L_w ；
- 使用以下公式 (11) 计算亮室对比度：

$$ACR = \frac{\left(L_w + \frac{\rho_w E_{\text{hemi}}}{\pi} + \frac{R_w E_{\text{dir}} \cos \theta_s}{\pi} \right)}{\left(L_k + \frac{\rho_k E_{\text{hemi}}}{\pi} + \frac{R_k E_{\text{dir}} \cos \theta_s}{\pi} \right)} \dots\dots\dots (11)$$

式中:

L_w, L_k ——屏幕显示白场/黑场中心点亮度。

ρ_w, ρ_k ——白场/黑场半球漫反射系数。

R_w, R_k ——白场/黑场定向照明反射系数。

其中, 在观看电视的室内环境为 $E_{\text{hemi}}=60 \text{ lx}$, $\theta_s=30^\circ$ 和 $E_{\text{dir}} \cos \theta_s=40 \text{ lx}$;

室内办公室环境为 $E_{\text{hemi}}=300 \text{ lx}$, $\theta_s=30^\circ$ 和 $E_{\text{dir}} \cos \theta_s=200 \text{ lx}$;

室内教室环境为 $E_{\text{hemi}}=500 \text{ lx}$, $\theta_s=30^\circ$ 和 $E_{\text{dir}} \cos \theta_s=300 \text{ lx}$;

室外日光环境为 $E_{\text{hemi}}=15000 \text{ lx}$, $\theta_s=30^\circ$ 和 $E_{\text{dir}} \cos \theta_s=65000 \text{ lx}$ 。

如果使用其他照明条件或几何条件, 则应在报告中注明。

7.3.3 亮室颜色

显示屏的色品坐标在半球漫射和定向光源照明条件下, 是显示屏发射的光和反射光的组合, 由显示屏在给定白色画面状态下的色品坐标由等效三色值确定。

测试前准备工作:

- 照明条件: 使用室内和晴天日光下标准亮室照明条件, 具体见 6.2.1。根据实际情况, 其它照明条件也适用;
- 测试信号 Q: 显示屏输入 0% 灰阶等级中含 4% 白色窗口信号, 4% 窗口大小应为有效显示区域宽和高的 1/5, 并位于显示屏中心。

测试步骤如下:

- 按 6.2.2 设置标准照明几何条件;
- 调节标准漫反射和准直光源至预期色温和照度, 使光源达到稳定;
- 半球漫射和定向光源照明条件下, 探测器测得显示屏法线方向总的光谱辐亮度见公式(12) (显示屏输入以上白场测试信号):

$$L_{Q,\text{amb}}(\lambda) = L_Q(\lambda) + \frac{\rho_Q(\lambda) E_{\text{hemi}}(\lambda)}{\pi} + \frac{R_Q(\lambda) E_{\text{dir}}(\lambda) \cos \theta_s}{\pi} \dots\dots\dots (12)$$

式中:

$E_{\text{hemi}}(\lambda)$ 和 $E_{\text{dir}}(\lambda)$ ——分别为标准半球漫射和定向照明光源的光谱辐照度。

- 在规定照明条件下, 显示屏在显示给定颜色状态下环境色度三刺激值, 可以根据式(13)至(15)确定的总光谱辐亮度计算:

$$X_{Q,\text{amb}} = 683 \int_{\lambda} L_{Q,\text{amb}}(\lambda) \bar{x}(\lambda) d\lambda \dots\dots\dots (13)$$

$$Y_{Q,\text{amb}} = 683 \int_{\lambda} L_{Q,\text{amb}}(\lambda) \bar{y}(\lambda) d\lambda \dots\dots\dots (14)$$

$$Z_{Q,\text{amb}} = 683 \int_{\lambda} L_{Q,\text{amb}}(\lambda) \bar{z}(\lambda) d\lambda \dots\dots\dots (15)$$

式中:

$\bar{x}$, $\bar{y}$, $\bar{z}$ ——颜色匹配函数（参见CIE 15）

e) 根据以下公式（16）和（17）计算显示屏在显示指定颜色 Q 处的色品坐标 x , y :

$$x_Q = \frac{X_{Q,amb}}{X_{Q,amb} + Y_{Q,amb} + Z_{Q,amb}} \dots\dots\dots (16)$$

$$y_Q = \frac{Y_{Q,amb}}{X_{Q,amb} + Y_{Q,amb} + Z_{Q,amb}} \dots\dots\dots (17)$$

其中, $L_{Q,amb}(\lambda)$ 和有效三刺激值 $X_{Q,amb}$ 、 $Y_{Q,amb}$ 、 $Z_{Q,amb}$ 的具体定义和规定详见 IEC 62977-2-2 Electronic displays part 2-2: Measurements of optical characteristics -ambient performance 对应小节。如果使用其他照明条件或几何条件, 则应在报告中注明。

7.3.4 亮室色域衰减

测试前准备工作:

- 照明条件: 使用室内和晴天日光下标准亮室照明条件, 具体见 6.2.1。根据实际情况, 其它照明条件也适用;
- 测试信号 Q: 显示屏输入 0% 灰阶等级中含 4% 某种颜色窗口信号 (全红 (255, 0, 0), 全绿 (0, 255, 0) 或全蓝 (0, 0, 255)), 4% 窗口大小应为有效显示区域宽和高的 1/5, 并位于显示屏中心。

测试步骤如下:

- 按 6.2.2 设置标准照明几何条件;
- 调节标准漫反射和准直光源至预期色温和照度, 使光源达到稳定;
- 暗室条件下: 根据 7.3.3 步骤 c) 至步骤 e) (分别输入以上测试信号), 测试并计算屏幕显示红绿蓝窗口信号时的光谱辐亮度 S_{Dark-R} , S_{Dark-G} , S_{Dark-B} , 再计算三刺激值得到对应色品坐标 u'_{Dark-R} , v'_{Dark-G} , u'_{Dark-B} 和 v'_{Dark-R} , u'_{Dark-G} , v'_{Dark-B} ;
- 根据以下公式 (18) 计算暗室光谱颜色性能值 S_{Dark} :

$$S_{Dark} = \frac{1}{2} [(u'_{Dark-R} - u'_{Dark-B})(v'_{Dark-G} - v'_{Dark-B}) - (u'_{Dark-G} - u'_{Dark-B})(v'_{Dark-R} - v'_{Dark-B})] \dots\dots\dots (18)$$

式中:

u'_{Dark-Q} , v'_{Dark-Q} ——暗室条件下, 显示给定颜色 Q 处的色品坐标。

- 在规定照明条件下, 同步骤 c) 测试并计算以上给定颜色状态下环境色度的色品坐标 u' , v' 。并根据以下公式 (19) 计算规定照明条件下颜色性能值 S_{amb} :

$$S_{amb} = \frac{1}{2} [(u'_{Ramb} - u'_{Bamb})(v'_{Gamb} - v'_{Bamb}) - (u'_{Gamb} - u'_{Bamb})(v'_{Ramb} - v'_{Bamb})] \dots\dots\dots (19)$$

式中:

u'_{Qamb} , v'_{Qamb} ——给定照明条件下, 显示给定颜色 Q 处的环境色品坐标。

- 计算得到以上色品坐标值后, 通过以下公式 (20) 计算色域衰减比例值 R_{Gamut} :

$$R_{Gamut} = 1 - \frac{S_{amb}}{S_{Dark}} \times 100\% \dots\dots\dots (20)$$

式中:

S_{amb} ——规定照明条件下颜色性能值。

S_{Dark} ——暗室光谱颜色性能值。

如果使用其他照明条件或几何条件，则应在报告中注明。

7.3.5 亮室色域空间

显示屏的亮室色域空间指在半球漫射和定向光源照明条件下，其色域体积以D65为参考白点的IEC sRGB标准色域体积进行比较。

测试前准备工作：

- 照明条件：使用室内和晴天日光下标准亮室照明条件，具体见 6.2.1。根据实际情况，其它照明条件也适用；
- 显示信号：显示屏分别输入 0%灰阶等级背景中含 4%窗口颜色信号；4%窗口颜色应加载至少 8 种规定的颜色（纯红、纯绿、纯蓝、纯青、纯黄、纯品红、纯黑和纯白色）；4%窗口大小应为有效显示区域宽和高的 1/5，并位于显示屏中心。

测试步骤如下：

- 按 6.2.2 设置标准照明几何条件；
- 调节标准漫反射和准直光源至预期色温和照度，使光源达到稳定；
- 测试每种显示颜色的光谱辐亮度和光谱反射系数（方法见 7.3.1）。如果显色颜色处于最大信号时的光谱反射系数不变，则普通半球漫射或直射光谱反射系数可用于所有处于最大信号时的颜色；
- 标准照明条件下：计算每种显示颜色的亮室三刺激值（方法见 7.3.3）；
- CIE LAB 色度空间坐标值转换：将每种显示颜色的亮室三刺激值转换到三维 CIE LAB 色度空间的 L^* , a^* 和 b^* 轴对应的坐标值，按以下公式进行；
- 计算 CIE LAB 色空间对应的色域体积，按 IEC 62977-2-2 附录 C 的方法和代码进行；

$$L^* = 116 \times f(Y_{Q,\text{day}} / Y_{W,\text{day}}) - 16 \quad \dots\dots\dots (21)$$

$$a^* = 500 \times [f(X_{Q,\text{day}} / X_{W,\text{day}}) - f(Y_{Q,\text{day}} / Y_{W,\text{day}})] \quad \dots\dots\dots (22)$$

$$b^* = 200 \times [f(Y_{Q,\text{day}} / Y_{W,\text{day}}) - f(Z_{Q,\text{day}} / Z_{W,\text{day}})] \quad \dots\dots\dots (23)$$

$$f(t) = \begin{cases} t^{1/3} & t > (6/29)^3 \\ \frac{1}{3} \left(\frac{29}{6}\right)^2 t + \frac{16}{116} & \text{其他} \end{cases} \quad \dots\dots\dots (24)$$

式中：

$X_{Q,\text{day}}$, $Y_{Q,\text{day}}$ 和 $Z_{Q,\text{day}}$ ——日光环境下显示屏显示某颜色 Q 的三刺激值；

$X_{W,\text{day}}$, $Y_{W,\text{day}}$ 和 $Z_{W,\text{day}}$ ——日光环境下显示屏显示白信号的三刺激值。

- 图 9 示例 CIE LAB 颜色空间下 L^* , a^* 和 b^* 轴对应的立体色域空间图。

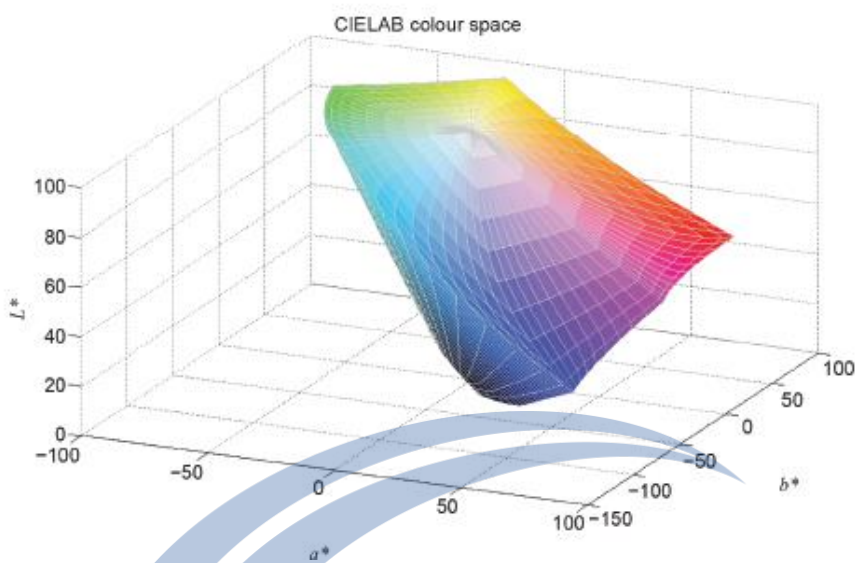


图9 CIE LAB 颜色空间下某显示屏产生的颜色范围示意图

7.4 光辐射安全性能评价

7.4.1 光生物安全

终端屏幕的蓝光加权辐亮度均及蓝光防护等级的测试方法见GB/T 20145对应小节。

终端屏幕的有害蓝光能量占比指有害蓝光波段（415–455nm）能量与可见光波段能量的比值。即测量被测设备中心点380nm~780nm波段的光谱辐亮度值，波长间隔为1nm。按下列公式（25）计算有害蓝光能量占比。

$$R_{HB} = \frac{\sum_{415}^{455} L_{\lambda} \cdot \Delta\lambda}{\sum_{380}^{780} L_{\lambda} \cdot \Delta\lambda} \dots\dots\dots (25)$$

式中：

L_{λ} ——光谱辐亮度，单位为 $W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}$ ；
 $\Delta\lambda$ ——波长带宽。

7.4.2 光辐射安全

采用3D激光传感器等智能组件及其他激光附件的终端，其激光光辐射能量及激光防护等级的测试方法见GB/T 7247.1对应小节。测试应根据标准要求评价最大可达发射方向 100 mm 处的相干光辐射安全等级，且应在被测设备正常使用最大光辐射输出状态下进行评价。如有可预见的单一故障条件，如电压过载、光源裸露、控制失效，则应单独在故障条件下进行评价。

7.5 智能感知与防护评价

7.5.1 环境光感知能力

检查终端是否支持色温自动调节能力。
检查终端是否支持亮度自适应调节能力。

7.5.2 环境光感知调节和提醒

模拟户外强光环境，从D65 6500K 500lx的光源使用环境下切换至100000lx的强光使用环境下，检查终端是否支持户外强光自适应调节，是否对其强光使用环境作出提醒。

模拟低照环境，从TL84 4000K 500lx的光源使用环境下切换至A 2800K 25lx光源使用环境下，检查终端是否支持低照环境光感光自适应调节，是否对其低照使用环境作出提醒。

模拟眩光环境，检查终端是否在眩光环境下进行使用提醒，是否对其使用者进行环境调整建议。

7.5.3 距离感知

检查终端在低于25cm和高于25cm两种不同使用距离下的感知提醒和建议，并记录。

7.5.4 姿势/运动感知

通过模拟使用者坐姿不正确（如倾斜、躺姿）等，检查终端是否支持使用者姿势感知，是否进行使用姿势提醒和建议。

通过模拟使用者移动/抖动场景，检查终端是否支持使用者运动感知，是否进行使用场景提醒和建议。

7.6 时间管理

检查终端支持屏幕使用时间管理及时长统计功能，涉及使用时长提醒时，在测试报告中注明具体提醒形式及提醒内容等信息。

7.7 视觉舒适度

7.7.1 智能手机

7.7.1.1 概述

每位受试者在距离屏幕40厘米处进行标准测试片源观看，时长为 30 分钟。在观看前和观看后分别对受试者进行核心眼科指标测量，包括：泪膜功能（首次泪膜破裂时间）、主观症状（视觉疲劳评分）、视觉质量（SR、MTF cutoff）、基础视觉健康指标测量（视力、眼压）、双眼辐辏功能、调节功能（调节反应）、对比敏感度、脑电指标（alpha波段能量、左右半球功能连接强度）以及眼动指标（首次注视时间、瞳孔大小）。

舒适度评价流程见T/CCSA 590.1《智能显示设备的视觉健康评价体系 第1部分：总则》6.8.1。

7.7.1.2 基础视功能指标

7.7.1.2.1 视力

视力检查方法如下：

- 首先观察受试者眼部情况及其合作程度，采用标准对数远视力表，先测右眼，患者手持遮眼板先轻轻遮盖左眼，注意不要眯眼，受试者坐位，调整合适高度，其视线与视标等高；
- 受试者的眼睛应严密遮盖，一般先查右眼再查左眼，辨认每个视标时间不超过 5 秒为准，测出被检眼所能辨认的最小行视标（辨认正确的视标数应超过该行视标总数的一半），记下该行视标的视力记录值，即为该眼的视力；
- 后测左眼：遮盖右眼重复以上步骤；
- 根据视力表读取测试结果。操作者可判断是否在正常范围内，正常值范围： ≤ 1.0 ；
- 根据观看前与观看后的测量数值是否具有统计学差异。

7.7.1.2.2 眼压

眼压检查方法如下：

- 首先观察受试者眼部情况及其合作程度，采用非接触式眼压计（NCT），检测开始前，打开检测喷嘴上的保护盖，然后打开电源开关和 NCT 工作键，使 NCT 进入预备状态；
- 指导患者面向眼压计坐好，两眼自然平视，将下颚固定于下支架上，前额紧贴上支架板，调整支架高度，使眼睛与 NCT 喷嘴在同一高度上，同时调试被检眼的焦距，根据需要进行 NCT 自动或手动功能键开关，嘱患者精神集中，尽量睁大眼睛注视检测喷嘴内的红色亮点。试验人员转动操纵杆，当眼压计的焦距与瞳孔的亮点重叠且清晰时，NCT 自动喷气，显示屏上就显示所测数值，连测 3 次，取平均值。然后按以上程序完成对另一眼的检测。全部测试结束，在操作界面显示测试结果；

- c) 操作者可判断是否在正常范围内, 正常值范围: 10-21mmHg;
- d) 根据观看前与观看后的测量数值是否具有统计学差异。

7.7.1.3 对比敏感度

对比敏感度检查方法如下:

- a) 首先观察受试者眼部情况及其合作程度, 评估设备性能完好, 受试者坐位, 调整合适高度, 其视线与视标等高;
- b) 调整患者坐姿头位, 调节视角旋钮, 使其可以尽量保持自然、舒适的状态进行检查;
- c) 患者状态良好, 无其他严重眼部疾病干扰; (包括严重干眼、角膜损伤、影响视野的胬肉、青光眼等);
- d) 粗测: 依次降低对比度, 询问受检者“是否看到视标”, 直到患者报告看不清; 精测: 当患者报告看不清, 则在该对比度下精确测量, 询问患者“能看清几个视标”被测眼能够正确地辨认出一组 5 个视标中至少 3 个视标时, 表明达到了该视力水平; 系统将以有标记的最低对比度 (最好) 作为结果保存 (正常参考值: 0.4 视标, 3 米: $\leq 15\%$);
- e) 根据观看前与观看后的测量数值是否具有统计学差异。

7.7.1.4 双眼调节辐辏功能指标

7.7.1.4.1 调节性集合与调节的比值 (Accommodation convergence/accommodation, AC/A)

AC/A通过马氏杆测量远近隐斜方法计算得出, 检查方法如下:

- a) 首先观察受试者眼部情况及其合作程度, 并完全矫正患者的屈光不正;
- b) 评估马氏杆性能完好, 受试者坐位, 调整合适高度, 其视线与点光源等高;
- c) 将马氏杆放水平置于受试者右眼前, 左眼前不加马氏杆, 在 5m 处投放光源, 右眼通过马氏杆会将点状光看成一条竖条状光带, 而左眼仍然看到的是点状光源; 根据患者双眼所观察到的点线位置关系, 判断远隐斜类型, 询问受试者观察到的图案, 在其右眼前增加棱镜, 记录竖条状光带与点状光重合时棱镜度数; 同理, 在 40cm 投放点光源, 判断近隐斜类型及度数;
- d) 观察的结果有三种可能:
 - 1) 点状光和竖光带重合, 无水平隐斜;
 - 2) 点状光位于竖光带鼻侧, 内隐斜;
 - 3) 点状光位于竖光带颞侧, 外隐斜;

$AC/A = PD + NFD(H_n - H_f)$, 其中, PD: 远用瞳距, NFD: 视近距离, H_n : 近距隐斜量, H_f : 远距隐斜量;

- e) 操作者可判断是否在正常范围内, AC/A 正常值范围: 3-5;
- f) 根据观看前与观看后的测量数值是否具有统计学差异。

7.7.1.4.2 调节反应

调节反应通过开窗式电脑验光仪获得, 检查方法如下:

- a) 首先观察受试者眼部情况及其合作程度, 并完全矫正患者的屈光不正;
- b) 选择合适的注视视标, 将其固定于近用视力杆上, 调整照度为患者习惯使用的亮度以及坐位, 调整合适高度, 使患者和检查者的位置舒适为止;
- c) 视标距离为 40cm, 指导患者正视前方验光仪上的注视视标, 双眼睁开, 通过仪器检测来观察双眼的位置, 并使用操纵杆前后调焦使图像清晰, 上下左右移动操纵杆使角膜反光点光标位于瞳孔中心, 机器自动测量三次;
- d) 结果解读: 以放置在眼前某近距离的注视视标至眼镜平面的距离 (m) 的倒数来表达调节刺激的量, 以调节反应大于调节刺激或低于调节刺激来说明被检者对同一调节刺激所做出的反应;
 - 1) 调节反应低于调节刺激就称调节滞后;
 - 2) 调节反应高于调节刺激就称调节超前;
- e) 操作者可判断是否在正常范围内, 正常值范围: +0.25 - +0.75D;
- f) 根据观看前与观看后的测量数值是否具有统计学差异。

7.7.1.5 视觉质量

视觉质量的检查方法如下：

- 患者准备：调整升降台高度，嘱患者下颌置于下颌托上，前额抵住额靠，位置舒适自然并在整个检查过程中，患者应尽量保持头部固定不动，以免影响对焦，从而影响检查结果；
- 调整仪器操作杆，使患者瞳孔能清晰聚焦到屏幕上进行验光、视觉质量及散射检查时，嘱患者注视仪器里的视标，尽量放松；
- 进入检查界面后，首先选择眼别（OD 右眼/OS 左眼），输入患者球性屈光不正度数、散光度数和轴向；
- 当确定客观验光结果后，点击“optical quality”即可开始进行视觉质量的检查并记录观看前后检查结果。
- 根据观看前与观看后的测量数值是否具有统计学差异。

7.7.1.6 首次泪膜破裂时间

首次泪膜破裂时间检查方法如下：

- 首先观察受试者眼部情况及其合作程度，评估眼表综合分析仪性能完好，受试者坐位，调整合适高度，其视线与视标等高；
- 暗室下采用 Keratograph 5M 行首次泪膜破裂时间检查，嘱患者下颌置于颌托上，前额紧靠额带，双眼自然睁开，将 Placido 盘投影至角膜表面，成功对焦后嘱患者充分眨眼 2 次并注视中心红色固视点，尽可能保持睁眼状态，直至下一次眨眼为止，仪器自动计算出首次泪膜破裂时间，每眼检查三次，取平均值记录；
- 操作者可判断是否在正常范围内，正常值范围： $\geq 10s$ ；
- 根据观看前与观看后的测量数值是否具有统计学差异。

7.7.1.7 脑电指标

脑电指标检查方法如下：

- 采用脑电采集系统，记录受试者在黑暗、安静环境中，双眼闭合、保持清醒的状态下，5 分钟连续的静息态脑电电位脑电信号。
- 记录采集通道。
- 进行信号滤波、去噪、预处理：在脑电信号中低于 0.5Hz 的信号通常是基线漂移导致的伪迹，而高于 45Hz 的大多数是肌电成分，所以选取 0.5–45Hz 的频带作为目标频段进行带通滤波，由于脑电信号是非平稳随机信号，容易受到心电、眼电、肌电信号的干扰，另外也受到受试者情绪、心态的影响，这种影响反映在脑电信号中就是各种伪迹。利用独立成分分析法 (independent component analysis, ICA) 将眼电、心电、肌电成分从脑电信号中去除，采样率 100Hz，参考电极选择双侧乳突处的平均电极，使用坏导插值去除坏电极。
- 预处理信号的特征向量提取：利用小波变换法分离节律波， θ 波频率在 4–7Hz， α 波频率在 8–13Hz， β 波频率在 13–30Hz， γ 波频率在 30–40Hz，通过离散傅里叶变换函数分别计算各电极在所述预处理信号各波段的功率，并将获得的功率矩阵转换为一维向量作为提取的特征向量，对于 N 点序列 $\{x[n]\}_{0 \leq n \leq N}$ ，其离散傅里叶变换 (DFT) 为公式 (26)：

$$x[k] = \sum_{n=0}^{N-1} e^{-i \frac{2\pi}{N} nk} x[n], k = 0, 1, \dots, N-1 \quad (26)$$

- e 计算枕叶脑区电极 θ 波、 α 波、 β 波、 γ 波各频带平均相对能量（变异率、振幅）进行统计分析。计算枕叶脑区电极的 θ 波、 α 波、 β 波、 γ 波各频带平均皮尔逊相关系数（脑功能连接强度）进行统计分析，根据观看前与观看后的测量数值是否具有统计学差异。

7.7.1.8 眼动指标

眼动指标检查方法如下：

- a) 调整位置,对眼动仪进行矫正,并使每位受试者在距离屏幕一定距离处进行标准中文文本材料阅读。
- b) 在阅读时,对受试者的眼动和瞳孔数据进行采样记录,采样率为1000Hz。
- c) 阅读结束对原始数据进行特征提取,包括首次注视时间、平均注视时间和瞳孔大小等指标。
- d) 数据分析:将各指标的数值作为个体指标,进行正态检验判别视觉健康指标的正态性。如果满足正态分布,推荐采用配对样本t检验,认为 $P(\text{Probability}) \leq 0.05$ 有统计学意义;若不满足正态分布,推荐采用Wilcoxon符号秩检验,认为 $P(\text{Probability}) \leq 0.05$ 有统计学意义。

7.7.1.9 主观舒适度

主观舒适度按视疲劳主观量表检查方法进行,其评价流程和方法见T/CCSA 590.1《智能显示设备的视觉健康评价体系 第1部分:总则》附录B和5.8.2。

7.7.2 平板电脑、桌面立式一体机、有屏音箱

每位受试者在距离屏幕70厘米处进行标准测试片源观看,时长为30分钟。在观看前和观看后分别对受试者进行核心眼科指标测量,包括:泪膜功能(首次泪膜破裂时间)、主观症状(视觉疲劳评分)、视觉质量(SR、MTF cutoff)、基础视觉健康指标测量(视力、眼压)、双眼辐辏功能、调节功能(调节反应)、对比敏感度、脑电指标(alpha波段能量、左右半球功能连接强度)以及眼动指标(首次注视时间、瞳孔大小)。

舒适度评价流程见T/CCSA 590.1《智能显示设备的视觉健康评价体系 第1部分:总则》6.8.1。

上述舒适度检查项目的检查方法同7.7.1.2至7.7.1.9。

7.7.3 智慧大屏平板显示

7.7.3.1 概述

每位受试者在距离屏幕3-4米处进行标准测试片源观看,时长为30分钟。在观看前和观看后分别对受试者进行核心眼科指标测量,包括:泪膜功能(首次泪膜破裂时间)、主观症状(视觉疲劳评分)、视觉质量(SR、MTF cutoff)、基础视觉健康指标测量(视力、眼压)、双眼辐辏功能、调节功能(调节反应、调节灵敏度)、对比敏感度、以及双眼聚散功能(集合近点)、脑电指标(alpha波段能量、左右半球功能连接强度)以及眼动指标(首次注视时间、瞳孔大小)。

舒适度评价流程见T/CCSA 590.1《智能显示设备的视觉健康评价体系 第1部分:总则》6.8.1。

上述舒适度检查项目除调节灵敏度、双眼聚散功能(集合近点)的检查方法见以下小节外,其余检查项目的检查方法同7.7.1.2至7.7.1.9。

7.7.3.2 调节灵敏度

调节灵敏度检查方法如下:

- a) 检者戴屈光不正全矫眼镜,右眼处于打开状态,左眼关闭,注视40cm处的0.6(20/30)近视标检查卡;
- b) 检查者将±2.00D 翻转拍镜片的正镜片置于被检者右眼前,嘱被检者注视40cm 近视标检查卡字母,当被检者报告视标变清晰时,检查者立即将负镜片反转至被检者眼前,待被检者报告视标变清晰时再立即反转镜片;
- c) 记录一分钟被检者看清视标的循环次数(看清+2.00D 和-2.00D 为一个周期);
- d) 左眼调节灵活度的检查与右眼相同,而后进行双眼调节灵活度的检查,双眼调节灵活度的检查与单眼调节灵活度的检查方法基本相同,只需将两眼都打开即可,正常值最小参考值为单眼11cpm,双眼8cpm;
- e) 根据观看前与观看后的测量数值是否具有统计学差异。

7.7.3.3 双眼聚散功能(集合近点)

双眼聚散功能(集合近点)检查方法如下:

- a) 被检者戴上屈光不正矫正眼镜，舒适地坐在座椅上，房间照明良好，瞳距零位与被检者眼外眦部对齐；
- b) 将一小的调节视标（通常使用近用视标 0.8 行大小的视标）置于被检者两眼正前方 40cm 处并以 3~5cm/s 的速度逐渐移近被检者，告诉被检者努力注视视标，并报告何时视标变成两个，即何时发生复视，记录此时视标至两眼旋转中心连线的中点的距离即为集合近点距离（破裂点值）；再将视标逐渐移远，问被检者何时视标又恢复成一个，记录此时视标至两眼回旋点连线中点的距离，即为恢复点值；
- c) 记录结果：集合近点通常记录破裂点/恢复点值，测三次取平均值；
- d) 操作者可判断是否在正常范围内集合近点的期望值：6~10cm；
- e) 根据观看前与观看后的测量数值是否具有统计学差异。



参 考 文 献

- [1] IDMS v1.03 Information Display Measurements Standard
- [2] TCO-certified-generation-9 TCO Certified – Generation 9, for smartphones
- [3] TCO-certified-generation-9 TCO Certified – Generation 9, for tablets
- [4] IEC 61966-2-5 Multimedia systems and equipment – Colour measurement and management –Part 2-5: Colour management – Optional RGB colour space –opRGB
- [5] CIE 15 Colorimetry

