

团 体 标 准

T/CI 999—2025

眼健康显示产品技术规范

Technical specification for eye health display products

2025-04-30 发布

2025-04-30 实施

中国国际科技促进会 发 布
中国标准出版社 出 版

目 次

前言Ⅲ

1 范围1

2 规范性引用文件1

3 术语和定义1

4 技术要求2

5 测试方法4

附录 A(资料性) 不同色温下太阳光谱在 415 nm~455 nm 区间的能量占比15

附录 B(资料性) 视觉舒适度量表18

参考文献19

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。

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。

本文件由温州医科大学附属眼视光医院提出。

本文件由中国国际科技促进会归口。

本文件起草单位：温州医科大学附属眼视光医院、捷开通讯(深圳)有限公司、海思技术有限公司、北京京东方健康科技有限公司、温州锌芯钛晶科技有限公司、四川长虹电器股份有限公司、浙江大学光电科学与工程学院、温州眼视光国际创新中心、眼谷温州科技发展有限公司、苏州远视界商贸有限公司、星系云近视防治研发中心、上海视汇科技(集团)有限公司、北一辰健康信息南京有限公司、北京诺瞳奕目医疗科技有限公司、浙江医博生物工程有限公司、浙江艺云益瞳医疗科技有限责任公司、上海新眼光医疗器械股份有限公司、成都武侯华西利康视光诊所有限责任公司。

本文件主要起草人：瞿佳、徐良德、王宏、卢珍珍、王梓桓、陈思、王志、包志淑、罗光跃、姜峰、姜茂荣、王飞、何海平、刘海鹏、杨超、任峰伟、张承业、罗明、祝跃宸、李臻珍、徐栩、李启豪、吴金广、卢继华、徐斌、张毅、蔡啸谷、黄晓伟、肖向春、汤德林、叶子阡。

眼健康显示产品技术规范

1 范围

本文件规定了应用于眼健康电子显示产品的技术要求,并给出了相应的测试方法与指标。

本文件适用于电脑、电视、手机、平板电脑,以及虚拟现实(Virtual Reality,VR),增强现实(Augmented Reality,AR)等电子显示产品。

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 11533 标准对数视力表

GB/T 20145—2006 灯和灯系统的光生物安全性

GB/T 26397 眼科光学 术语

3 术语和定义

GB/T 26397界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

蓝光占比限值 blue light percentage limit

415 nm~455 nm 波段范围的蓝光辐照度总和与整个可见光波段(380 nm~780 nm)的辐照度总和比值的最高容许值。

3.2

闪烁指数 flicker index

在一定时间内,平均以上光通能量与总光通能量的比值。

3.3

临界闪烁频率 critical flicker frequency;CFF

闪烁刚好不能被被试者察觉时的最低频率。

3.4

视敏度 visual acuity

人眼分辨物体细微结构的最大能力。

3.5

对比敏感度 contrast sensitivity

被试者能区分特定空间频率下的视觉刺激时,需要的最低对比度数值的倒数,是检测或区分物体所需的对比度量。

3.6

泪膜破裂时间 tear break-up time

被试者完全眨眼后保持睁眼状态,到角膜表面泪膜出现第一个干燥斑的时间间隔。

3.7

调节近点 **near point of accommodation; NPA**

在眼睛的调节范围内,被试者不费力的情况下能清楚地看到物体的最近距离。

注:对于视力正常的成年人,该距离通常为25 cm。

3.8

调节幅度 **amplitude of accommodation**

被试者的眼睛运用全部调节力量时总屈光力与无调节时的总屈光力之差。

3.9

集合近点 **near point of convergence**

当被试者的眼睛视线相交且双眼最大程度会聚时,看到单个物体的最近点。

3.10

视觉舒适度指数 **visual comfortable Index; VICO**

基于眼视光学和主观认知所形成的,评价光照及光介质对于人眼视觉生理功能变化及视疲劳影响的指标。

注:级别越高说明人眼的视觉疲劳程度越高。

4 技术要求

4.1 光安全要求

4.1.1 闪烁指数

闪烁指数应小于8%。

4.1.2 临界闪烁频率

临界闪烁频率应不小于1 250 Hz。

4.1.3 屏幕反射

显示屏表面应具有低反射性,漫反射的反射率应小于2%。

4.1.4 亮度均匀性

显示屏像素中心间距应小于或等于0.30 mm。显示屏的亮度均匀性L按照5.1.4测试的亮度均匀性应大于85%。

4.1.5 蓝光占比限值

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(380 nm~780 nm)的辐照度总和比值 R_B 应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(380 nm~780 nm)的辐照度总和的比值 R_S 。具体计算方法见5.1.4。附录A中表A.1列举了3 800 K~8 000 K的蓝光能量限值(色温典型值)。

4.1.6 角膜和结膜紫外危害

应符合GB/T 20145—2006中的4.3.2规定。

4.1.7 视网膜蓝光危害

应符合 GB/T 20145—2006 中的 4.3.3 规定。

4.2 光健康要求

4.2.1 客观体征评价要求

4.2.1.1 闪光融合频率测试

参照 5.2.1.1。

4.2.1.2 屈光度

参照 5.2.1.2。

4.2.1.3 调节幅度

参照 5.2.1.3。

4.2.1.4 对比敏感度

参照 5.2.1.4。

4.2.1.5 泪膜破裂时间

参照 5.2.1.5。

4.2.2 主观感受评价要求

视觉舒适度：

视觉舒适度指数 VICO 要求见表 1，VICO 指数评分量化见表 2，详细测试方法及公式见附录 B。

表 1 主观疲劳程度量表

等级	1 级	2 级	3 级	4 级	5 级
分数	$0 \leq VICO \leq 0.99$	$1 \leq VICO \leq 1.99$	$2 \leq VICO \leq 2.99$	$3 \leq VICO \leq 3.99$	$4 \leq VICO \leq 5$
疲劳程度	基本无疲劳感	轻微疲劳感	明显疲劳感，但在可承受范围内	疲劳感加剧，出现多种眼部不适症状	疲劳感非常严重，有损伤可能
评价	合格			不合格	

表 2 VICO 指数量化分析及表征状态说明

VICO	<1.5	1.5~1.74	1.75~1.99	2~2.24	2.25~2.49	2.5~2.74	2.75~2.99	>3
评分	S	A+	A	B+	B	C+	C	不合格

5 测试方法

5.1 光安全测试方法

5.1.1 闪烁指数

5.1.1.1 校准光电探测器

测试环境：

测量应在室温 $20^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ 及无直射阳光的条件下进行，环境光照度应低于 5 lx 。

显示屏应设置在其默认亮度和对比度下进行测量。

校准光电探测器步骤如下：

- a) 选择一款经过认证的光电探测器校准光源，确保其亮度稳定性和光谱特性满足校准要求。
- b) 启动校准程序。连接光电探测器和校准光源，按照校准设备的操作手册启动校准程序。记录校准数据。
- c) 在校准光源下，记录光电探测器的输出数据，并与标准值进行比较，调整探测器的校准系数，确保测量的准确性。

5.1.1.2 安装光电探测器

安装光电探测器步骤如下。

- a) 固定显示屏。确保待测显示屏在稳定的支架上，调整其位置使屏幕垂直于桌面。
- b) 定位光电探测器。将光电探测器放置在显示屏前方，保持探测器探头正对显示屏的中心位置，探头距离显示屏表面 $50\text{ cm} \pm 5\text{ cm}$ 。
- c) 确保光线稳定。检查测量环境，确保无外界光线干扰，环境光照度低于 5 lx 。

5.1.1.3 数据采集

数据采集步骤如下。

- a) 连接数据采集系统。将光电探测器连接到数据采集系统，确保信号传输稳定。
- b) 调整显示屏设置。将显示屏设置为默认亮度和对比度，以标准显示内容进行测量（例如：50% 灰度屏幕）。
- c) 启动数据采集。启动数据采集系统，以不低于 1 kHz 的采样频率连续记录显示屏亮度变化，数据记录时间不少于 100 ms 。

5.1.1.4 数据处理

数据处理步骤如下。

- a) 导入数据。将采集到的亮度数据导入数据处理软件中。
- b) 数据分析。通过软件对亮度数据进行分析，识别数据中的最大亮度和最小亮度值。
- c) 计算闪烁指数 F 。使用公式(1)计算：

$$F = 100\% \times \frac{(L_{\max} - L_{\min})}{(L_{\max} + L_{\min})} \dots\dots\dots (1)$$

式中：

$L_{\max}$ —— 光通量最大值；

$L_{\min}$ —— 光通量最小值。

d) 生成报告。记录计算结果,生成测量报告,包括最大亮度、最小亮度、闪烁指数等数据。

5.1.1.5 数据验证

数据验证步骤如下。

- a) 重复测量。为确保测量结果的可靠性,应至少重复测量3次,取平均值作为最终结果。
- b) 异常数据排查。检查测量数据,排除可能的异常值,确保测量结果的准确性。

5.1.2 闪烁频率测试

使用光源频闪测量仪,对显示器进行频闪参数进行检测。

5.1.3 屏幕反射

5.1.3.1 测试设备

光度计,标准光源。

5.1.3.2 测试步骤

测试步骤如下。

- a) 将光度计固定在显示屏前方,标准光以45°角度照射显示屏表面,光度计探头距离显示屏表面 $30\text{ cm} \pm 2\text{ cm}$ 。
- b) 启动测量。开启标准光源,记录光度计在无屏幕反射和有屏幕反射条件下的测量值。

计算反射率。使用公式(2)计算屏幕反射率:

$$\text{反射率} = \frac{(L_{\text{ref}} - L_{\text{no ref}})}{L_{\text{光源}}} \times 100\% \quad \dots\dots\dots (2)$$

式中:

L_{ref} ——有屏幕反射的光通量;

$L_{\text{no ref}}$ ——无屏幕反射的光通量;

$L_{\text{光源}}$ ——标准光源的光通量。

- c) 记录结果。生成测量报告,记录屏幕反射率及相关数据。

5.1.4 亮度均匀性测量

5.1.4.1 测试条件

测试条件如下:

- a) 环境照度的变化在 $\pm 10\%$ 以内;
- b) 测试仪器采集范围的单个显示单元不应少于16个相邻像素点;
- c) 测试方向应为屏幕法线方向;
- d) 测试距离应使测试仪器能分辨屏幕内单颗像素点。

5.1.4.2 测试步骤

测试步骤如下。

- a) 在测试前,将显示屏设置为100%亮度,10%灰度,目测显示屏点亮效果,选取相邻的9个显示单元。
- b) 调节方格显示状态至最高灰度级、最高亮度级,显示白场。

- c) 分别测出9个方格的亮度。
- d) 亮度均匀性 L ,使用公式(3)计算:

$$L = \frac{L_{\max}}{L_{\min}} \times 100\% \dots\dots\dots (3)$$

式中:

- L ——相邻区域的亮度均匀性;
- $L_{\max}$ ——各显示单元的亮度最低值,单位为坎德拉每平方米(cd/m^2);
- $L_{\min}$ ——各显示单元的亮度最低值,单位为坎德拉每平方米(cd/m^2)。
- e) 用同样的方法,对90%亮度,50%灰度;50%亮度,10%灰度;50%亮度,50%灰度;10%亮度,10%灰度;10%亮度,50%灰度分别测量计算。取均匀性最低值为最终结果。

5.1.5 有害蓝光能量占比测量

5.1.5.1 测试场地

测量时应在暗室中进行。亮度小于5 lx。

5.1.5.2 测量装置

光谱照度计,能测量屏幕色温及可见光波段光谱数据。

5.1.5.3 测量步骤

测量步骤如下:

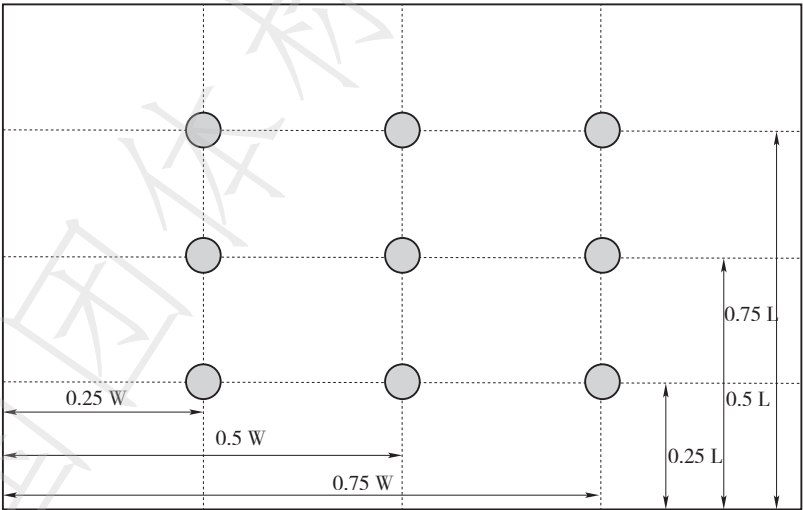


图1 测量示意图

- a) 将显示屏调为全屏白场,并如图1测试九点位置(L 为显示屏长度, W 为显示屏宽度)可见光波段的光谱辐照度分布以及色温。数据的平均值为显示屏的光谱辐照分布 $E(\lambda)$ (单位为 $\text{W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{nm}^{-1}$)和色温 T_k [单位为开尔文(K)]。
- b) 根据光谱辐照度数据 $E(\lambda)$,计算蓝光波段(415 nm~455 nm)占可见光谱总辐照度比例。

$$R_B = \frac{\int_{415\text{ nm}}^{455\text{ nm}} E(\lambda) d\lambda}{\int_{380\text{ nm}}^{780\text{ nm}} E(\lambda) d\lambda} \dots\dots\dots (4)$$

- c) 通过公式(4)获得的屏幕显示光谱的有害蓝光能量占比 R_B 和色温 T_k 。并将该比例与下述标准太阳光谱蓝光能量占比 R_S 进行比较:

$$R_S = \frac{\int_{415\text{ nm}}^{455\text{ nm}} S(\lambda) d\lambda}{\int_{380\text{ nm}}^{780\text{ nm}} S(\lambda) d\lambda} \dots\dots\dots (5)$$

- d) 通过上述方法分别测量并计算白场下屏幕显示的蓝光能量占比 R_B 以及相应色温。将上述比值和色温与标准太阳光谱蓝光能量占比 R_S 和色温进行比较(参考附录 A), 确保满足以下条件: $R_B \leq R_S$ 。

5.1.6 眼睛角膜和结膜紫外危害

依据 GB/T 20145—2006 中 5.2 的规定测试。

5.1.7 视网膜蓝光危害

依据 GB/T 20145—2006 中 5.2 的规定测试。

5.2 光健康测试方法

每位受试者在受试前应接受基础视觉健康检查如视力, 眼压测量, 后经过标准测试片源观看, 时长成年人 1 h, 未成年人 30 min。在观看前和观看后分别对受试者进行核心视觉健康指标测试, 包括: 客观体征评价(闪光融合测试/调节幅度/屈光度/对比敏感度/首次泪膜破裂时间)和主观感受评价(视觉舒适度 VICO 指数)。

5.2.1 客观体征评价

5.2.1.1 临界闪烁频率测试

5.2.1.1.1 测试设备

临界闪烁频率测试设备可选择机械式或电子式, 无论采用哪种方法, 均需符合下述规定:

- 应至少支持测试蓝色、红色、白色、黄色和绿色光源;
- 测量范围至少应覆盖 20 Hz~60 Hz;
- 临界闪烁频率测试的分辨力小于等于 0.1 Hz。

5.2.1.1.2 测试环境

测试环境应在暗室中进行, 除显示设备的亮度外, 不应有其他照明设备。此外, 其他条件应符合试验设计。

5.2.1.1.3 被试者选择

参加临界闪烁频率的被试者应除去对强光或光源闪烁敏感者, 蓝绿色盲患者以及有癫痫病病史的患者。

5.2.1.1.4 测试步骤

以闪光融合频率计设备为工具, 采用最小变化法进行测试, 具体步骤如下。

- a) 开启电源, 确保设备正常运作。

- b) 被试者需注视位于视野中央的亮点,初始的闪烁频率值需结合测试经验与环境条件进行设定。
- c) 根据试验的具体目标、历史测试经验以及当前环境状态,精心选择和设定亮点的颜色与起始频率。
- d) 初始阶段,被试者需进行递增测试,从起始频率开始,逐步增加闪烁频率,直至亮点在视觉上刚好不再闪烁(即达到融合状态),此时需立即停止调整并记录当前频率值。
- e) 随后,被试者需进行递减测试,通常从高于融合频率两倍的值开始,逐步降低频率,直至亮点在视觉上再次开始闪烁,此时同样需立即停止调整并记录当前频率值。
- f) 为确保测试结果的准确性,需对同一被试者进行多次重复测试,建议至少进行4次。在4次测试中,2次的起始频率应设定在低于临界闪烁频率(即呈现明显闪烁)的范围内,而另外两2次则应高于临界闪烁频率(即无闪烁状态)。每次测试的起始频率值应随机设定,避免固定值带来的偏差。测试次数建议为偶数,以保持对称性。
- g) 在整个测试过程中,被试者需根据自身的感知调整频率,但应尽可能保持调整速度的一致性。此外,对于具备条件的试验环境,也可采用自适应方法进行测试。该方法需连接设备与电脑,通过专门的软件程序进行。具体步骤如下:
 - 1) 将设备与电脑相连,确保通信正常。
 - 2) 打开测试软件,并设定数据保存路径。
 - 3) 在软件中打开闪光融合频率计,根据试验需求选择测试颜色。
 - 4) 告知被试者,当观察到初始亮点消失时,需及时报告“闪”或“不闪”。测试过程中,软件会根据被试者的反馈自动调整刺激参数,直至计算出准确的闪光融合频率值。

两种测试方法的选择应根据试验的具体需求与可用设备而定。最小变化法适用于传统的机械式测试设备,操作简便,无需依赖计算机,但结果可能受到用户习惯、期望、练习效应及疲劳等因素的影响。而自适应法则更适用于计算机化测试环境,参数调整更为灵活,能够提供更精确的测试结果。

5.2.1.1.5 结果计算

将渐增和渐减试验的测试结果求算术平均数,最后的值即为所求的最终闪光融合频率值 M ,按公式(6)计算:

$$M = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{M1_i + M2_i}{2} \quad \dots\dots\dots (6)$$

式中:

M —— 闪光融合频率测试的平均值,单位为赫兹(Hz);

$M1_i$ —— 从低到高调试后的最终值,单位为赫兹(Hz);

$M2_i$ —— 从高到低调试后的最终值,单位为赫兹(Hz);

n —— 测试次数。

5.2.1.1.6 结果表述

测量结果用平行测定的算术平均值标识,如,闪光融合频率均值: XHz;标准差: YHz。受试者进行视觉疲劳任务(观看电影、阅读文字等)前后各进行一次测试,以前测作为基准,后测数值减去前测数值可得闪光融合频率值变化量,以该变化量作为视觉疲劳度增长量。

5.2.1.2 屈光度

5.2.1.2.1 测试设备

在进行视力测量时,我们可以选择多种标准化的工具和方法。首先,可以依据GB/T 11533标准,使

用标准对数视力表,其视标设计需严格遵循该标准。此外,早期糖尿病视网膜病变治疗研究视力表或者其他实验室设备,如配备计算机编程功能的显示器,也是可行的选择。无论采用哪种测量方式,都应遵循以下统一标准。

- a) 测量距离:通常设定为5 m,这是视力测量的标准距离;
- b) 测量范围:应覆盖从小数记分法下的0.1~2.0的广泛范围,确保能全面评估被测者的视力状况;
- c) 视力表分辨力:视力表的分辨力需达到或低于0.10个对数单位(以10为底),确保测量的准确性;
- d) 测试设备分辨力:所使用的测试设备,其分辨力应不高于0.05个对数单位(以10为底),以确保设备性能的可靠性;
- e) 显示器分辨率:在视距为40 cm时,若使用显示器进行测量,其分辨率应至少达到219 PPI(像素每英寸)或1.0 pixel/arcmin(像素每弧分),即点距不得大于0.116 mm。这一要求保证了在近距离观察时,图像能呈现出足够的清晰度和细节。

注:分辨率是描述图像水平或垂直方向上所能分辨出的像素总数的指标,其单位包括点每英寸(dpi)、线每英寸(lpi)、像素每英寸(ppi)和像素每度(PPD)等。

5.2.1.2.2 测试环境

标准对数视力表:在使用标准对数视力表进行视力检测时,环境照度应控制在200 lx~700 lx之间。

灯箱视力表:当采用灯箱视力表进行测量时,亮度应保持在80 cd/m²~320 cd/m²的范围内。

5.2.1.2.3 测试步骤

在视力测试中,通常遵循GB/T 11533标准,使用一系列标准化的视标图案,如E字、兰道环、斯隆字母集以及专为儿童设计的简单图案。以下是一个基于视力表测试的标准化步骤。

- a) 测试距离与视线调整:测试时,被试者的观察距离通常设定为5米(用于远视力测试)或40 cm(用于近视力测试)。为确保测试的准确性,被试者的视线应与视力表上标记为“1.0”的行保持水平对齐。
- b) 字符辨认与记录:测量时遮盖对侧眼,注意不要眯眼、不要压迫被遮盖眼。一般先查右眼后查左眼。检查时,让被试者先看清最大一行视标,如能辨认,则自上而下,由大至小,逐级将较小视标指给被试者看,直至查出能清楚辨认的最小一行视标。被试者读出每个视标的时间不得超过5 s。如估计被试者视力尚佳,则不必由最大一行视标查起,可酌情由较小字行开始。记录视力时,被试者每正确辨认一个字符,主试者都应准确记录。同时,记录被试者在该行答对的字符数量(例如,如果一行有5个字母,被试者答对了4个,则记录为4/5),同时应当标注所采用的视力表类型。

对于采用计算机进行的视力测试,推荐的测试距离同样是5 m(远视力)或40 cm(近视力)。被试者通过按下计算机屏幕上的相应按键来报告所看到的视标。测试过程中,系统会自动记录被试者的报告结果,并据此计算出相应的视力值。通过遵循上述步骤,可以确保视力测试的准确性和可靠性,为眼科医生提供准确的诊断依据。

5.2.1.3 调节幅度

5.2.1.3.1 测试设备

综合验光仪,近视力卡。

5.2.1.3.2 测试环境要求

近距离阅读照明环境,具体照度通常为 200 lx~700 lx。

5.2.1.3.3 被试选择要求

非双眼视觉功能异常者、阅读障碍者或视神经通路疾病患者。

5.2.1.3.4 测试人员要求

需经过专业操作培训。要求测试人员口齿清晰,能清晰地向被试者传达试验任务指令,并准确地记录试验数据。具有眼科或眼视光学背景的人员或从事光学、心理学、社会学、生物学等相关背景的人员为佳。

5.2.1.3.5 测试方法

一般采用移近法(Near point of accommodation)与负镜法(Method of spheres),以移近法为例,测试步骤如下:

- a) 确保被试者已矫正了屈光不正,佩戴完全矫正眼镜,使眼睛的远点位于无穷远处;
- b) 使被试者注视 40cm 处近视力表,选择被试者右/左眼最佳视力的上一行视标作为固视目标;
- c) 使被试者保持头部和眼睛不动,主试者以一定的速度(如:1 cm/s)将近视力表向被试者移动,直至持续模糊后,退回到最后清晰的位置;
- d) 记录最后被试者认为清晰的位置到眼镜平面的距离,即为调节近点距离。

5.2.1.3.6 结果计算方法

调节幅度的计算公式主要用于评估眼睛在注视远点和近点时屈光力的差异,也被称为绝对调节力或最大调节力。其计算见公式(7):

$$\text{调节幅度}(D) = \frac{1}{\text{近点距离}(m)} - \frac{1}{\text{远点距离}(m)} \quad \dots\dots\dots (7)$$

公式(7)中,D代表调节幅度的屈光度单位,近点距离和远点距离分别表示眼睛能够清晰聚焦的最近点和最远点的距离,单位通常为米(m)。当远点位于无穷远时(如正视眼的情况),远点距离的倒数为零,因此公式(7)可以简化为公式(8):

$$\text{调节幅度}(D) = \frac{1}{\text{近点距离}(m)} \quad \dots\dots\dots (8)$$

为了更便捷地评估个体的调节幅度是否正常,还可以参考一些与年龄相关的经验公式,见公式(9)~公式(11):

$$\text{最小调节幅度}(D) = 15 - 0.25 \times \text{年龄} \quad \dots\dots\dots (9)$$

$$\text{平均调节幅度}(D) = 15 - 0.3 \times \text{年龄} \quad \dots\dots\dots (10)$$

$$\text{最大调节幅度}(D) = 15 - 0.4 \times \text{年龄} \quad \dots\dots\dots (11)$$

5.2.1.4 对比敏感度

5.2.1.4.1 测试设备

在视觉功能测试中,常见的测试设备包括空间对比敏感度测试图表和对比敏感度测试仪等。这些设备可以通过计算机和专用显示设备结合编程技术来搭建和实现。为确保测量的准确性和可靠性,无论采

用何种测量方式,都应遵循以下规定:

测量范围:测试设备应能够覆盖 1.5 cpd(周/度)至 18 cpd 的空间频率范围,以及 0.1%~100% 的对比度范围。这确保了设备能够全面评估被试者在不同空间频率和对比度条件下的视觉性能。

灰阶分辨力:视觉刺激呈现时,设备的灰阶分辨力应达到或超过 10 bit 的灰阶数。这意味着设备能够精细地呈现不同灰阶之间的差异,从而更准确地反映被试者的视觉感知能力。

对比敏感度测量范围:对比敏感度的测量范围应设定在 1~1 000 之间。这个范围允许设备对不同级别的对比敏感度进行精确测量,为医生和研究人员提供更全面的视觉功能评估数据。

5.2.1.4.2 测试环境要求

在运用空间对比敏感度测试图表时,环境照度的调整应当参照特定设备的操作指南,或者基于试验的具体目标进行设置。当通过显示设备来展示视觉目标时,为确保测试的准确性和可靠性,测试环境应在光线控制良好的暗室环境中进行,以避免外部光线对测试结果产生干扰。

5.2.1.4.3 被试选择要求

同 5.2.1.3.3。

5.2.1.4.4 测试人员要求

同 5.2.1.3.4。

5.2.1.4.5 测试方法

在进行视标图案测试时,确保图案中包含至少一个完整的明暗周期变化,这对于准确评估视觉功能是至关重要的。以对比敏感度仪为例,以下是测试步骤。

- a) 在测试期间,确保被试者的眼睛与视标或屏幕之间的距离维持恒定,如 5 m 或根据测试要求设定的其他距离。同时,要求被试者的视线与视标或屏幕保持水平对齐。
- b) 当使用空间对比敏感度图表进行测试时,被试者需从上至下逐一辨识图表上的字符,并在无法辨认时停止。此时,记录下被试者无法辨认的视标所对应的数值。
- c) 若采用计算机化测试方式,被试者将通过按键来回应屏幕上的视标。测试人员应记录被试者的所有回应,并据此计算空间对比敏感度函数,以评估被试者的视觉性能。

5.2.1.4.6 结果计算方法

在多数情况下,空间对比敏感度的测量是通过特定的图表或配备计算机的测试设备来完成,该数值的范围为 0~1 000。

5.2.1.5 泪膜破裂时间

5.2.1.5.1 测试设备及试剂

所需测试设备及试剂如下:

- a) 选择合适的荧光素溶液(如 0.125% 荧光素溶液);
- b) 准备无菌荧光素钠试纸条,预先用生理盐水蘸湿;
- c) 准备精确的秒表,确保能够记录到 0.01 s 的精度;
- d) 裂隙灯显微镜及钴蓝色滤光片,用于观察泪膜破裂过程。

5.2.1.5.2 测试步骤

测试步骤如下：

- a) 让被试者坐在裂隙灯显微镜下,眼睛平视前方。
- b) 使用无菌荧光素钠试纸条轻柔接触患者下睑结膜,确保荧光素溶液进入结膜囊。
- c) 嘱被试者眨眼数次,然后保持睁眼状态,不再瞬目。
- d) 使用钴蓝色滤光片,通过裂隙灯显微镜观察角膜。
- e) 用圆形光斑覆盖全角膜观察,同时开始用秒表计时。
- f) 持续观察角膜,直到角膜表面出现第一个干燥斑(即泪膜缺损形成的黑斑)为止。
- g) 记录从被试者最后一次眨眼到角膜出现干燥斑的时间,即为泪膜破裂时间。

5.2.1.5.3 结果表述

结果表述如下：

- a) 正常泪膜破裂时间应为 15 s~45 s,平均值为 30 s。
- b) 女性泪膜破裂时间通常短于男性。
- c) 干眼程度诊断分级标准见表 3。

表 3 基于荧光素染色泪膜破裂时间的干眼分级标准

干眼程度	无干眼	轻度干眼	中度干眼	重度干眼
荧光素染色泪膜破裂时间	>10 s	5 s~10 s	2 s~5 s	<2 s

5.2.2 主观感受评价指标(视觉舒适度)

5.2.2.1 视觉舒适度预测模型

公式(12)规定了显示产品的视觉舒适度预测模型,本方法客观量化指标的测量综合考虑使用显示屏的各年龄群体、环境照度以及显示屏比对,可高度预测视觉舒适度。

$$\begin{aligned} VC_p = & -6.69 \times 10^{-4} \times \Delta L^{*2} - 1.35 \times 10^{-4} \times L_b^{*2} - 3.41 \times 10^{-4} \times A^2 + \\ & 1.74 \times 10^{-4} \times |\Delta L^*| \times L_b^* + 5.34 \times 10^{-4} \times |\Delta L^*| \times A + \dots\dots\dots(12) \\ & 1.12 \times 10^{-5} \times |\Delta L^*| \times E + 6.09 \times 10^{-2} \times |\Delta L^*| - 3.81 \times 10^{-4} \times E + 2.65 \end{aligned}$$

式中：

- VC_p —— 预估视觉舒适值；
- L_b —— 统一白点后的显示器背景明度；
- ΔL —— 统一白点后的对比度；
- E —— 环境照度,单位为勒克斯(lx)；
- $A(\text{age})$ —— 被试年龄,单位为岁。

5.2.2.2 视觉舒适度测试方法

5.2.2.2.1 视疲劳诱发任务要求

通常视疲劳的诱发应以不会对被试者造成不可逆的视觉损害为标准。通常对成人被试者单次连续观看或使用时间不宜超过 2h,对于 6 岁以上儿童被试者单次连续观看或使用时间不宜超过 1 小时。视疲劳诱发时间可根据产品特点,刺激类型以及试验目的和需求来确定。

本文件中的视疲劳评价量表主要针对进行视觉疲劳诱发作业任务后的视疲劳主观评价。附录B中列出经专家认可的视疲劳主观测量表B.1,建议采用。

5.2.2.2.2 测试环境要求

测试环境依据试验设计及测试需求而定,下列因素可供参考:

- a) 为保障用户观看显示屏内容的舒适性,通常控制背景亮度与屏幕亮度的亮度比不大于1:3。
- b) 不同样品间的对比应保持测试环境一致;
- c) 测试过程中应控制杂散光的照度小于或等于5 lx;
- d) 环境温度:20℃~26℃。
- e) 相对湿度:25%~75%。

5.2.2.2.3 被试者选择要求

年龄宜根据试验目的以及试验设计而定,除非试验研究对象为具有某类倾向的特殊群体,试验需剔除重度屈光参差,视功能障碍,斜视,弱视以及其他眼科疾病的被试人员,如青光眼,白内障等。如果涉及文字阅读类视觉疲劳诱发任务,要求非文盲,无功能性阅读障碍。为保证试验结果的统计学意义,建议对照组与试验组受试者人数大于或等于15人。

5.2.2.2.4 基本信息采集

通常应采集被试人口统计学参数,如性别、年龄等,同时应对日常使用各种电子显示终端产品的情况进行调研。应对被试者的基础眼科数据进行采集,如视力、主视眼、屈光状态、眼压等方面对被试进行基础信息采集和筛选,记录被试是否做过眼科手术。

5.2.2.2.5 被试者知情

参加测试的被试者需知情同意。试验前主试应向被试者说明研究目的、试验的安全性、隐私、保密以及试验可能带来的风险、受益等。在被试者同意的情况下,请其签署《知情同意书》,以尊重被试者,不违背被试的真实意愿,维护其知情权。

5.2.2.2.6 被试准备

为避免视力疲劳干扰,所有被试者在测试前一天均需要保证充足的睡眠,且测试前应安排被试者进行适当休息,以保证被试者测试前处于良好的状态。

5.2.2.2.7 测试时间

为保证测试的准确性和有效性,应根据试验设计及产品的使用条件安排被试的测试时间。如为前后对照性测试,在视疲劳诱发后宜在15 min内完成测试。具体执行时,可根据产品特点、测试指标以及任务类型等安排测试时间。

5.2.2.2.8 测试方法

本文件中视疲劳的测量通常采用前后测方法来进行,测试步骤如下。

- a) 前测:被试者签完知情同意书,表示愿意做试验后,进行短暂休息,然后由主试讲解试验流程。主试应确认被试者是否有不明白的地方,如有,应给予适当的解释说明。
- b) 视疲劳诱发任务:请被试进行试验设计的视疲劳诱发任务,如观看电影、阅读或其他视觉工作任务等,时间长短应根据试验目的设定,执行试验设计要求。

- c) 后测,被试者完成视疲劳诱发任务后,应立即进行视疲劳主观量表测评,主试应检查被试问卷填写的完整性和有效性,如发现问题,应当从询问被试,予以解决。

注:视疲劳主观测量量表也能在电脑、手机或平板 Pad 上展示。

5.2.2.2.9 结果计算方法

在进行数据统计分析之前,需剔除不合格数据。对同一条件的前后对照测试,可利用公式(13)对数据进行初步处理:

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n} \dots\dots\dots (13)$$

式中:

x ——样本数据;

N ——表示被试数目(每组中用户的数量)。

5.2.2.2.10 结果报告

试验记录应完整,应尽可能保留完整的原始数据资料以备考证。测试报告需包含测试目的、方法、详细的视疲劳诱发任务、测试环境、实施程序、被试人口统计学信息、眼疾患病史以及被试的选择依据、样本量等。测试结果部分应报告每一项测评结果,也可以使用表格或雷达图等形式展示各项测评结果。

附 录 A

(资料性)

不同色温下太阳光谱在 415 nm~455 nm 区间的能量占比

特定色温 T_c 标准太阳光谱在有害蓝光波段(415 nm~455 nm)的能量占比 R_s , 见表 A. 1。

表 A. 1 不同色温下标准太阳光谱在 415 nm~455 nm 区间的能量占比 R_s

T_c/K	$R_s, \%$
3 800	5.29
3 850	5.45
3 900	5.61
3 950	5.77
4 000	5.60
4 050	5.75
4 100	5.90
4 150	6.05
4 200	6.21
4 250	6.35
4 300	6.51
4 350	6.66
4 400	6.80
4 450	6.95
4 500	7.09
4 550	7.24
4 600	7.38
4 650	7.52
4 700	7.66
4 750	7.80
4 800	7.94
4 850	8.08
4 900	8.21
4 950	8.35
5 000	8.48
5 050	8.61
5 100	8.74
5 150	8.86
5 200	8.99

表 A.1 不同色温下标准太阳光谱在 415 nm~455 nm 区间的能量占比 R_s (续)

T_c/K	$R_s, \%$
5 250	9.11
5 300	9.23
5 350	9.36
5 400	9.48
5 450	9.60
5 500	9.71
5 550	9.83
5 600	9.94
5 650	10.05
5 700	10.17
5 750	10.27
5 800	10.38
5 850	10.49
5 900	10.59
5 950	10.70
6 000	10.80
6 050	10.90
6 100	11.00
6 150	11.10
6 200	11.19
6 250	11.29
6 300	11.38
6 350	11.47
6 400	11.57
6 450	11.66
6 500	11.74
6 550	11.83
6 600	11.91
6 650	12.00
6 700	12.09
6 750	12.17
6 800	12.25

表 A.1 不同色温下标准太阳光谱在 415 nm~455 nm 区间的能量占比 R_s (续)

T_c/K	$R_s, \%$
6 850	12.33
6 900	12.41
6 950	12.49
7 000	12.56
7 050	12.64
7 100	12.71
7 150	12.78
7 200	12.86
7 250	12.93
7 300	13.00
7 350	13.07
7 400	13.14
7 450	13.21
7 500	13.27
7 550	13.34
7 600	13.40
7 650	13.47
7 700	13.53
7 750	13.59
7 800	13.65
7 850	13.72
7 900	13.78
7 950	13.83
8 000	13.89

附 录 B
(资料性)
视觉舒适度量表

视觉舒适度的评价度见表 B.1。

表 B.1 视觉舒适度量表

序号	视疲劳症状评价	打分					
		舒适 没有出现 所述症状	出现 不适感 不明显的不适感	轻微不适 小部分症状符合	中度不适 症状明显 但能接受	明显不适 大部分 症状符合	非常 不适 症状完全 符合
1	眼周不适	0	1	2	3	4	5
2	眼干	0	1	2	3	4	5
3	眼部疼痛,如刺痛、胀痛等	0	1	2	3	4	5
4	眼睑(眼皮)沉重感	0	1	2	3	4	5
5	眼酸	0	1	2	3	4	5
6	眼部紧绷感	0	1	2	3	4	5
7	光线敏感(如怕光、怕暗)	0	1	2	3	4	5
8	当使用手机/电脑等电子产品时,屏幕亮度让你产生眼部不适	0	1	2	3	4	5
9	眯眼视物	0	1	2	3	4	5
10	近距离用时,觉得阅读费力	0	1	2	3	4	5
11	看远或看近时,视物模糊	0	1	2	3	4	5
12	看远或看近时,视物重影	0	1	2	3	4	5
13	颈部酸痛	0	1	2	3	4	5
14	肩部沉重	0	1	2	3	4	5
15	由于眼部症状,感觉阅读速度减慢	0	1	2	3	4	5
16	看运动物体时眼部不适	0	1	2	3	4	5
17	用眼时,注意力不集中	0	1	2	3	4	5
18	由于眼部症状,难以记住刚刚阅读的内容	0	1	2	3	4	5
19	用眼时,有头晕或头痛	0	1	2	3	4	5
20	眼部不适让你感到焦虑	0	1	2	3	4	5
21	文字跳动或串行	0	1	2	3	4	5
22	眼睛有异物感	0	1	2	3	4	5
23	有流泪和泪溢(眼泪分泌过多)现象	0	1	2	3	4	5
24	视力波动	0	1	2	3	4	5
是否有其他症状:							

参 考 文 献

- [1] GB/T 40230.1 视疲劳测试与评价方法 第1部分:眼视光学
 - [2] GB/T 40230.2 视疲劳测试与评价方法 第2部分:视知觉功能
 - [3] GB/T 41265 可穿戴设备的光辐射安全要求
 - [4] GB/T 43770 室内LED显示屏规范
 - [5] GB/T 43978 室内LED显示屏光舒适度评价要求
 - [6] T/CVIA 02健康显示器件 第2部分:显示器用低蓝光显示器件技术要求与测试方法
 - [7] T/CVIA 09显示终端视觉疲劳测试与评价方法 第1部分:眼视功能测试方法
 - [8] T/CVIA 73视觉疲劳测试与评价方法 第2部分:量表评价方法
-

中国国际科技促进会
团 体 标 准
眼健康显示产品技术规范
T/CI 999—2025

*

中国标准出版社出版发行
北京市朝阳区和平里西街甲2号(100029)

网址 www.spc.net.cn

总编室:(010)68533533 发行中心:(010)51780238

读者服务部:(010)68523946

中国标准出版社秦皇岛印刷厂印刷
各地新华书店经销

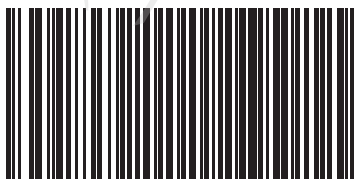
*

开本 880×1230 1/16 印张 1.75 字数 38 千字
2025年8月第1版 2025年8月第1次印刷

*

书号:155066·5-16369 定价 54.00 元

如有印装差错 由本社发行中心调换
版权专有 侵权必究
举报电话:(010)68510107



T/CI 999—2025