

团 体 标 准

T/CESS ××××—20××

教室用照明灯具人类工效学技术规范

Ergonomic technical specification for classroom lighting

(草案稿)

本稿完成时间：2020-5-20

××××-××-××发布

××××-××-××实施

目 次

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.....	3
5 测试方法.....	4
附录 A（规范性附录）专家评价方法.....	7
附录 B（规范性附录）用户体验评价方法.....	8

前 言

《教室用照明灯具人类工效学技术规范》是针对教室用照明灯具类产品符合人类工效学原理的检测和认证制定的技术要求。

本技术规范起草单位：

本技术规范主要起草人：

教室用照明灯具人类工效学技术规范

1 范围

本技术规范用作教室照明灯具的LED光源的人类工效学技术要求和检测方法。
本技术规范适用于教室用照明灯具的人类工效学产品的设计、检测和认证。

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 5700-2008 照明测量方法

GB/T 36876-2018 中小学校普通教室照明设计安装卫生要求

GB 50034-2013 建筑照明设计标准

GB 50099-2011 中小学设计规范

JJG 245 光照度计检定规程

ISO 9241-210:2019 Ergonomics of human-system interaction — Part 210: Human-centred design for interactive systems

CIE 205:2013 Review of Lighting Quality Measures for Interior Lighting with LED Lighting Systems

IEEE Std 1789-2015 IEEE Recommended Practices for Modulating Current in High-Brightness LEDs for Mitigating Health Risks to Viewers

3 术语和定义

GB/T 5700-2008、GB 50034-2013、IEEE 1789-2015和ISO 9241-210以及下列术语和定义适用于本文件。为了便于使用，以下重复列出一些术语和定义。

3.1

照度 illuminance

表面上一点处的光照度是入射在包含该点的面元上的光通量($d\Phi$)除以该面元面积(dA)之商，单位为勒克斯(lx)。

$$E = \frac{d\Phi}{dA}$$

[GB/T 5700-2008，定义3.1]

3.2

显色指数 colour rendering index

光源显色性的度量。

注：以被测光源下物体颜色和参考标准光源下物体颜色的相符合程度来表示。

3.3

CIE 一般显色指数 CIE general colour rendering index

光源对 CIE 规定的八种标准颜色样品特殊显色指数的平均值。

[GB/T 5700-2008, 定义3.10]

3.4

照度均匀度 uniformity ratio of illuminance

通常指规定表面上最小照度与平均照度之比，符号为 U_0 。

[GB/T 5700-2008, 定义3.12]

3.5

色温 colour temperature

当某一光源的色品与某一温度下的完全辐射体（黑体）的色品完全相同时，该完全辐射体（黑体）的对温度为此光源的色温度，单位为开尔文（K）。

[GB/T 5700-2008, 定义3.4]

3.6

相关色温 correlated colour temperature

当光源的色品点不在完全辐射体（黑体）轨迹上时，光源的色品与某一温度下的完全辐射体（黑体）的色品最接近时，该完全辐射体（黑体）的绝对温度为此光源的相关色温，单位为开尔文（K）。

[GB 50034-2013, 定义2.0.46]

3.7

显色指数 colour rendering index

光源显色性的度量。以被测光源下物体颜色和参考标准光源下物体颜色的相符合程度来表示。

[GB 50034-2013, 定义2.0.42]

3.8

一般显色指数 general colour rendering index

光源对国际照明委员会(CIE)规定的第 1~8 种标准颜色样品显色指数的平均值。通称显色指数，符号是 R_a 。

[GB 50034-2013, 定义2.0.43]

3.9

特殊显色指数 special colour rendering index

光源对国际照明委员会(CIE)选定的第 9~15 种标准颜色样品的显色指数, 符号是 R_i 。
[GB 50034-2013, 定义2.0.44]

3.10

频闪效应 stroboscopic effect

在以一定频率变化的光照射下, 使人们观察到物体运动呈现出不同于其实际运动的现象。
[GB 50034-2013, 定义2.0.26]

3.11

波动深度 fluctuation depth

光输出一个周期的最大值和最小值的差与光输出最大值和最小值之和的比, 以百分位数表示。

[IEEE 1789-2015]

3.12

用户体验 user experience

人们对于使用或期望使用的产品、系统或者服务的感受和反应。

注1: 用户体验包括用户在使用前、使用中和使用后的所有情感反应、信任度反应、偏好反应、感觉反应、生理和心理反应, 以及行为和绩效等。

注2: 用户体验是交互系统的品牌形象、外观特点、功能特性、系统性能、交互行为和辅助功能, 用户因为以往经验、态度、技能和个性特点等形成的内在心理和生理状态, 以及使用情景等的综合作用的结果。

注3: 从用户个人目标实现的角度看, 可用性可能包括那种与用户体验非常相关的感知和情感方面的内容。可用性标准可以用来评估用户体验的所有方面。

[ISO 9241-210:2019, 定义3.15]

4 技术要求

4.1 照明灯具应符合其明示的质量标准、环保标准和光生物安全标准。

4.2 照明灯具生产企业在设计过程中应遵循人类工效学的设计原则和要求。

4.3 教室照明视觉工效学要求

4.3.1 照度

由照明灯具所营造的照明环境应符合表 1 中的规定。

表 1 教室照明标准值

灯具类型	场所	平均照度 lx	垂直照度 lx
教室灯	普通教室、阅览室、多媒体教室等	≥ 300	≥ 200
	美术教室、计算机教室、电子阅览室、实验室等	≥ 500	≥ 200
黑板灯	各类教室	≥ 500	—

4.3.2 照度均匀度

教室课桌面照度均匀度不低于 0.7；黑板面照度均匀度不低于 0.8。

4.3.3 显色指数

教室灯具的一般显色指数 Ra 应不低于 90，特殊显色指数 R₉ 应不大于 50。

4.3.4 相关色温

教室灯具光源色表特征为中间色，色温宜为 3300K-5300K 之间。

4.3.5 闪烁

教室灯具在其额定电压下工作时，其光输出波形的波动深度应不大于表 2 的限值。

表 2 波动深度限值要求

波动深度限值	光输出波形频率 f (Hz)			
	f≤10Hz	10Hz < f≤90Hz	90Hz < f≤3125Hz	3125Hz < f
	0.1	f×0.01	f×0.08/2.5	免除考核

4.3.6 眩光控制

教室用照明灯具不宜使用裸光源，应带有遮光装置、格栅等进行防眩光处理。

4.3.7 邻近周围照度

作业面与邻近周围区域的亮度对比度不宜过高，避免明显的阴影引起人眼的不舒适感。

4.3.8 智能照明系统

如果教室用照明灯具具有智能照明功能，则应具有模式可调、智能调光、更换提醒、维护等功能。

4.3.9 用户体验

用户体验评价总分以 100 分计时，用户体验综合得分应不低于 80 分。

5 测试方法

5.1 概述

教室用照明灯具的工效学检测采用物理量测量、专家评价以及用户体验的方法。

5.2 测试环境

5.2.1 测试环境布局

应按 GB 50099-2011 要求搭建标准普通教室环境。

5.2.2 灯具布局

应按 GB/T 36876-2018 要求进行教室灯具布局。

5.3 测试条件

- 教室用灯具测试应在额定电压下进行。
- 对教室课桌面和黑板面进行照度测量时，待光源点燃 15min 后再测量。
- 照明参数的测量应在没有天然光和其他非被测量光源影响下进行。

5.4 测试设备

5.4.1 光照度计应符合 JJG245 《光照度计》的要求。

5.4.2 测量色温、显色指数的光谱辐射计应满足以下条件：

- 波长范围为 380nm-780nm，测光重复性应在 1% 以内；
- 波长示值绝对误差： $\leq \pm 2.0 \text{ nm}$ ；
- 光谱宽度： $\leq 8 \text{ nm}$ ；
- 光谱测量间隔： $\leq 5 \text{ nm}$ ；
- 色品坐标测量误差： $|\Delta x| \leq 0.0015, |\Delta y| \leq 0.0015$ 。

5.4.3 频闪测试仪应满足以下要求：

- 采样频率不应低于 2kHz 或信号带宽不应低于 2 倍。
- 可对完整周期内的光输出值和频率进行记录。

5.4.4 闪光融合频率计

5.5 物理量测量

5.5.1 照度

a) 教室课桌面照度

采用中心布点法布置测量点。将课桌椅区域划分为 $0.5\text{m} \times 0.5\text{m}$ 的矩形网格，在矩形网格中心点用照度计测量照度，如下图 3 所示：

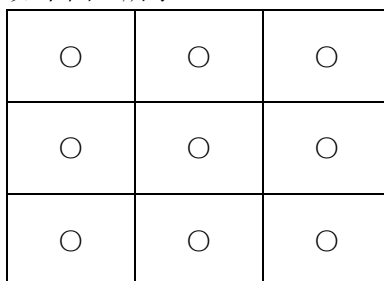


图 3 照度测量中心布点法示意图

每个测点取 2-3 次读数，取算术平均值作为本测点的实际测量数值。

b) 黑板面照度

测量黑板面照度时，同样将黑板面划分为 $0.5\text{m} \times 0.5\text{m}$ 的矩形网格，在矩形网格中心点用照度计测量照度。每个测点取 2-3 次读数，取算术平均值作为本测点的实际测量数值。

c) 垂直照度

与课桌面照度测量位置相同，测量高度为 1.1m。

5.5.2 照度均匀度

照度均匀度按下式计算：

$$U_0 = E_{\min} / E_{\text{av}}$$

式中：

U_0 ——照度均匀度

E_{\min} ——最小照度 (lx)

E_{av} ——平均照度 (lx)

5.5.3 显色指数

显色指数采用光谱辐射计进行测量,每个灯具的测点数量不应少于3个。计算多个测点的算术平均值作为该被测灯具的显色指数。

5.5.4 相关色温

相关色温采用光谱辐射计进行测量,每个灯具的测点数量不应少于3个。计算多个测点的算术平均值作为该被测灯具的色温。

5.5.5 频闪

采用频闪测试仪进行测量待测试灯具的波动深度。每个灯具的测点数量不应少于3个,计算多个测点的算术平均值作为该被测灯具的频闪数值。

5.6 专家评价

专家评价采用优(100分)、良(80分)、一般(60分)、较差(40分)和差(20分)五级评分体系进行专家评价,专家评价的综合得分应在80分以上。选择不少于3名工效学专家,按照专家评价方法(见附录A)进行检测。

5.7 用户体验评价

采用目标用户在模拟环境中完成典型任务的方法进行检测,即根据目标用户群特征选用体验员,按照规范的用户体验流程进行实际使用体验评价。

附录 A
(规范性附录)
专家评价方法

A.1 专家选择原则

工效学评价专家应具有人类工效学领域的工作背景，具有相关工作经历、教育经历、知识和经验，有能力进行公正和客观的评价。对申请成为工效学评价专家的人员应进行相关任职资格的审查并进行备案管理。

应了解候选工效学专家是否具有以下个人素质，并依此决定是否选用作为正式评价专家。

- a) 有道德，即公正、可靠、忠诚、诚实和谨慎；
- b) 思想开明，愿意考虑不同意见或观点；
- c) 善于观察，能够主动地认识周围环境和活动；
- d) 有感知力，能本能地了解和理解环境；
- e) 能够根据逻辑推理和分析及时得出结论。

A.2 专家培训

对待选的工效学评价专家进行评价标准的培训，使其深入了解检测标准。

A.3 专家评价表

教室用照明灯具专家评价表见表A.1。

表A.1 教室用照明灯具专家评价表

样机编号：

专家签名：

日期：

条款	工效学指标	评价结果					备注
		优	良	一般	较差	差	
4.3.6	眩光控制						
4.3.7	邻近周围照度						
4.5	智能照明系统						

注：待检灯具未包含的工效学指标不做评价。

附录 B
(规范性附录)
用户体验评价方法

B.1 体验员选择原则

B.1.1 概述

对产品工效学性能的检测和评估，除了通过专门的测试程序进行测定外，通常还需要指定产品的目标用户作为体验员试用待检测产品（用户体验），并在使用后给出体验结果。

用户体验结果的可靠程度极大地依赖于体验员能在多大程度上代表不同的目标用户，体验员是能够对所涉及领域内的产品做出一致的、可重复的主观评价的优选目标用户。体验员的选择必须遵循一定的选用原则和程序以保证体验结果的真实性和有效性。

B.1.2 原则

在体验员选择过程中，应充分考虑以下几项：

- 用户群的年龄（所有年龄或某一特定年龄段）；
- 用户群性别（男女不限或某一性别）；
- 职业（如果相关）。

选择教室用照明灯具体验员时，应在8-16岁的青少年儿童中进行选择。被试裸视或矫正视力达到1.0，无眼部疾病(如眼部感染过敏、斜视等)。

B.1.3 筛选

B.1.3.1 目的

通过筛选淘汰那些不适宜作体验员的人，通过筛选的体验员将参加培训。

B.1.3.3 培训

对体验员进行用户体验表的使用和产品知识的培训，并在培训后进行使用体验评价训练。

B.2 用户体验表

表B.1 给出了教室用照明灯具用户体验评价量表。

表B.1 用户体验评价量表

维度	症状	程度						
		1	2	3	4	5	6	7
视觉环境整体感受	板书的清晰性							
	看书写字的舒适性							
	整体满意程度							
眼部疲劳程度	眼睛酸胀感							
	眼睛刺激感							
	眼睛干涩感							
	眼睛紧绷感							
	视物模糊/重影							

大脑疲劳程度	头痛							
	头晕							
	注意力涣散							
	疲劳困倦感							
	注：从1至7程度逐渐增强							

参考文献

- [1] GB/T 20145-2006 灯和灯系统的光生物安全性
 - [2] GB 7922-2008 照明光源颜色的测量方法
 - [3] GB/T 24823 普通照明用LED模块 性能要求
 - [4] GB/T 24824-2009 普通照明用LED模块测试方法
 - [5] GB/T 24826-2009 普通照明用LED和LED模块 术语和定义
 - [6] GB/T 26180-2010 光源显色性的表示和测量方法
 - [7] GB/T 10682-2010 双端荧光灯性能要求
 - [8] GB/T 13379-1992视觉工效学原则 室内工作系统照明
-