

# CSA

国家半导体照明工程研发及产业联盟标准

T/CSA 050-2019

---

## 教室用 LED 照明系统 产品要求和测试方法

LED Lighting System for Classrooms

— Product Requirements and Testing Methods

版本：V01.00

2019-03-21 发布

2019-03-21 实施

---

国家半导体照明工程研发及产业联盟发布

## 目 录

前言 .....	I
1 范围 .....	1
2 规范性引用文件.....	1
3 术语和定义.....	1
4 照明系统分类.....	3
4.1 分类.....	3
4.2 不同类别照明灯具光线分布.....	4
5 基本要求.....	4
5.1 安全及电磁兼容性.....	5
5.2 桌面水平照度.....	5
5.3 桌面水平照度均匀度.....	5
5.4 桌面水平亮度.....	5
5.5 桌面水平亮度均匀度.....	5
5.6 黑板面照度及均匀度.....	5
5.7 相关色温.....	5
5.8 显色指数.....	5
5.9 频闪.....	5
5.10 眩光.....	5
5.11 初始光通量.....	5
5.12 LED 灯具效能.....	5
5.13 输入功率.....	6
5.14 功率因数.....	6
5.15 功率密度.....	6
5.16 维护系数.....	6
6 产品视觉健康舒适度（VICO 指数）要求.....	6
7 光生物安全要求.....	6
7.1 蓝光危害.....	6
7.2 蓝光防护-细胞活力指数（CVI）.....	6
8 测试方法.....	7
8.1 基本要求的测试.....	7
8.2 光生物安全的测试.....	8
8.3 视觉舒适度测试.....	8
参考文献.....	11

# 前 言

本标准由国家半导体照明工程研发及产业联盟标准化委员会（CSAS）制定发布，版权归 CSA 所有，未经 CSA 许可不得随意复制；其他机构采用本标准的技术内容制定标准需经 CSA 允许；任何单位或个人引用本标准的内容需指明本标准的标准号。

到本标准正式发布为止，CSAS 未收到任何有关本标准涉及专利的报告。CSAS 不负责确认本标准的某些内容是否还存在涉及专利的可能性。

本标准起草单位：中国标准化研究院、常州市武进区半导体照明应用技术研究院、中国科学院半导体研究所、北京阳明智道光电科技有限公司、中关村半导体照明联合创新重点实验室、天津工业大学半导体照明工程研发中心、厦门立达信照明有限公司、厦门元谷节能环保集团有限公司、深圳市超频三科技股份有限公司、河海大学常州校区、鸿利智汇集团股份有限公司、广州市莱帝亚照明科技有限公司、厦门华联电子股份有限公司、无锡华兆泓光电科技有限公司。

本标准主要起草人：蔡建奇、郭娅、杨卫桥、杨华、姚然、潘丽君、温蓉蓉、郝文涛、许建兴、董晨名、叶荣南、杜建军、吕天刚、吕鹤男、肖俊、樊嘉杰。

本标准支持单位：常州市友晟电子有限公司。



# 教室用 LED 照明系统 产品要求和测试方法

## 1 范围

本标准规定了教室用LED照明系统的产品要求和测试要求,包括术语和定义、基本要求、产品视觉健康舒适度(VICO指数)测试要求、光生物安全要求、设备的维护和测试方法。

本标准适用于室内教育场所使用的LED照明灯具和照明系统。

## 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 2900.65-2004 电工术语 照明

GB/T 5700-2008 照明测量方法

GB 7000.1 灯具 第1部分:一般要求与试验

GB 7000.201 灯具 第2-1部分:特殊要求 固定式通用灯具

GB 7000.202 灯具 第2-2部分:特殊要求 嵌入式灯具

GB 7793-2010 中小学校教室采光和照明卫生标准

GB/T 20145-2006 灯和灯系统的光生物安全性

GB/T 36005-2018 半导体照明设备和系统的光辐射安全测试方法

GB 50034-2013 建筑照明设计标准

CSA 035.3-2017 LED照明产品视觉健康舒适度测试 第3部分:测试方法-基于眼底功能的测试方法及技术要求

CSA/TR 007-2018 健康照明标准进展报告

IEC/TR 62778:2014 应用IEC 62471评估光源和灯具的蓝光危害 (Application of IEC 62471 for the assessment of blue light hazard to light sources and luminaires)

## 3 术语和定义

GB/T 2900.65确定的以及下列术语、定义及缩写适用于本标准。

### 3.1

**照度 illuminance**

E

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)。

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

式中：

$d\phi$ —光通量，lm；

$dA$ —面积， $m^2$ 。

### 3.2

**亮度 luminance**

**L**

表示光源或物体明亮程度的量，单位为坎德拉每平方米（ $cd/m^2$ ）。

$$L = \frac{d\phi}{dA * \cos\theta * d\Omega}$$

式中：

$d\phi$ —由指定点的光束元在包含指定方向立体角元 $d\Omega$ 内传播的光通量，单位为流明(lm)；

$dA$ —包括给定点的光束截面积，单位为平方米（ $m^2$ ）；

$\theta$ —光束截面法线与光束方向间的夹角，单位为度（ $^\circ$ ）；

$d\Omega$ —指定方向的立体角元，单位为球面度（sr）。

### 3.3

**视觉健康舒适度指数 visual comfortable index**

**VICO**

视觉健康舒适度指数（VICO）是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：视觉舒适度指标，该指标独立于物理指标（光谱能量分布、色温、显色指数、照度、亮度、频闪、色域等），是完全从人眼视功能角度客观量化评价光照及光介质对于人眼视觉生理功能影响的指标，主要用于评价照明、显示及光学镜片产品对于人眼在视光学角度下的视疲劳影响。

### 3.4

**细胞活力指数 cell viability index**

**CVI**

细胞活力指数是表征LED光产品对人眼视网膜损伤的评价指标。

### 3.5

**眼轴长度 axial length**

**AL**

由角膜正中到视神经与视网膜黄斑中心窝之间的一条假设线——眼轴——的长度。

注：一般长22~27毫米，平均为24毫米。沿此轴可作眼球的内旋、外旋运动。

### 3.6

**角膜曲率 Kerato**

**KR**

角膜前表面的曲率半径。

### 3.7

**睫状肌调节能力 ciliaris' accommodation**

**ACC**

即在变换注视远、近物体时，眼屈光能力的改变。

### 3.8

**调节集合调节比 accommodative convergence/accommodation ratio**

**AC/A**

调节性集合（AC）对于刺激与调节（A）的比率，反映了调节性集合与调节的连带运动关系。AC指注视有限距离目标时，眼的调节将刺激两眼的视轴向内集合，这种伴随着调节而来、通过调节中枢兴奋而引起的集成分。A指在变换注视远、近物体时，眼屈光能力改变的现象。

### 3.9

**高阶像差 higher order aberrations**

**HOAs**

一个点状目标通过一个光学系统后，没有形成一个理想的成像，而是发生了光学缺陷，形成了一个模糊的弥散斑。此时其像的形状与物体很相似，但不完全相同，两者之间的差异就称为像差。级数展开式大于等于3阶的像差称为高阶像差。

### 3.10

**调制传递函数 modulation transfer function**

**MTF**

光学传递函数（Optical transfer function, OTF）是光学系统评价成像质量的一种光学函数，反映的是不同空间频率的正弦强度分布函数经过光学系统后其振幅的衰减程度，也即物象在调制度上的变化。当调制度随空间频率的变化而变化时，就称为调制传递函数。

## 4 照明系统分类

### 4.1 分类

照明系统是按照其发光方式分类的，如：上照（间接照射）或下照（直接照射）。照明系统采用间接照射、半间接照射、直接—间接照射、一般漫射、半直接照射和直接照射的方式（见图1）。光分布曲线可以在向上和向下分布的限度范围内呈现许多形式，具体取决于光源和照明设计。

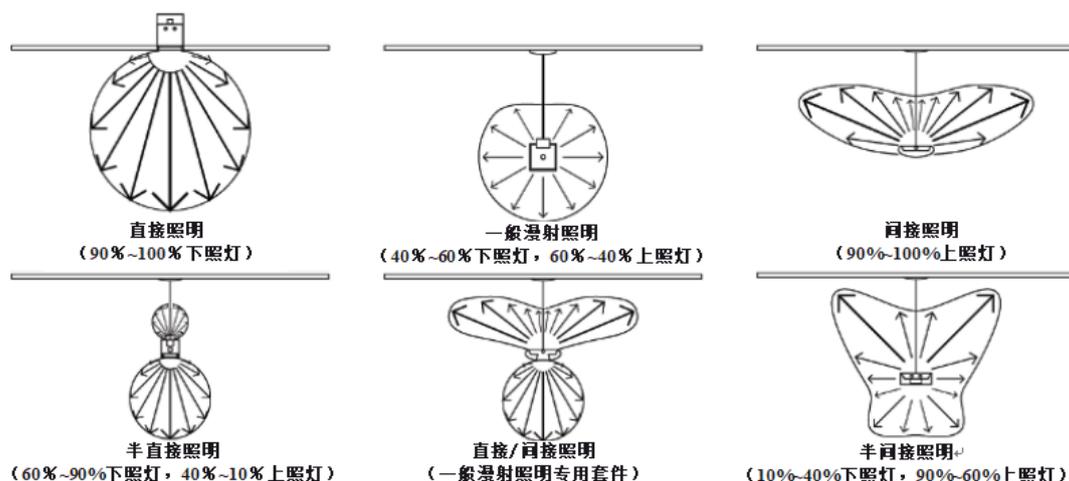


图1 国际照明委员会将一般照明灯具按照水平线上线下的总亮度输出比例进行分类

## 4.2 不同类别照明灯具光线分布

### 4.2.1 间接照明

采用间接照明系统时，来自灯具的90%至100%的光线被引到灯上方的天花板或上部墙壁等反射面，再通过这些反射面，被反射到房间的各个部分。

### 4.2.2 半间接照明

使用半间接照明系统时，来自灯具的60-90%的光向上照射，其余的向下照射。

在采用直接-间接照明系统时，上照光线与下照光线大致相等（每个方向都是总灯光输出量的40%到60%）。任务照度的较大部分将来自下照灯的光。直接-间接灯具在靠近水平线的方向上产生很少的光线，以减少直接眩光。然而，与间接或半间接照明相比，更容易发生反射眩光和光幕反射，而且阴影可能更加明显。

### 4.2.3 一般漫射照明

采用一般漫射照明系统时，上照/下照的光线分布与直接-间接照明系统相同，但水平方向附近的光线输出是不受限制的。

### 4.2.4 半直接照明

采用半直接照明系统时，60%-90%的光线朝向水平工作面向下照射，以便使照明系统得到更有效地利用，而10%~40%的光线向上照亮天花板，增加了漫射同时降低了灯具与天花板之间的亮度比。

### 4.2.5 直接照明

带有一个直接照明系统，几乎所有的光线都是向下照射的（用于嵌装隐藏式灯具，向下的比例为100%）。

## 5 基本要求

### 5.1 安全及电磁兼容性

本标准所适用的产品，其安全应符合GB 7000.1、GB 7000.201或GB 7000.202的要求，其电磁兼容性应符合GB 17625.1、GB/T 18595和GB/T 17743的要求。

### 5.2 桌面水平照度

按照8.1的方法测试，教室内课桌水平面上的维持平均照度值应在500lx-600lx，课桌水平面参考高度为0.75m（下同）。

### 5.3 桌面水平照度均匀度

按照8.1.2的方法测试，教室内课桌水平面上的照度均匀度不应低于0.8。

### 5.4 桌面水平亮度

按照8.1.3的9点法测试，教室内9个点课桌面中心区域的维持平均亮度值应不小于80cd/m<sup>2</sup>，测试高度为1.2m。

### 5.5 桌面水平亮度均匀度

按照8.1.3的9点法测试，教室内9个点的亮度均匀度不应低于0.8。

### 5.6 黑板面照度及均匀度

黑板面维持平均照度在500lx-1000lx之间，照度均匀度不低于0.8。

### 5.7 相关色温

按照8.1.2的方法测试，教室照明灯具的相关色温应为4500K -5200K，色容差小于5。

注：非文化课教室可根据其视觉作业特点，调整色温要求。

### 5.8 显色指数

按照8.1.2的方法测试，教室照明灯具的显色指数不低于80。

### 5.9 频闪

参照CSA/TR 007-2018中3.3相关内容。

### 5.10 眩光

采用直接照明的教室，统一眩光值UGR不宜大于16，计算方法按GB/T 50034-2013附录A计算。

采用非直接照明的教室不采用该指标。

### 5.11 初始光通量

LED灯具初始光通量不应低于额定值的90%。

### 5.12 LED 灯具效能

黑板灯效能不应低于70lm/W，教室灯效能不应低于80lm/W，且不应低于标称值。

### 5.13 输入功率

在额定电压和额定频率下工作时，灯具的实测输入功率与额定输入功率偏差不应超过10%。

### 5.14 功率因数

灯具的标称功率因数不应小于0.70，若灯具宣称高功率因数，则应不小于0.90；实测功率因数不应比标称功率因数低0.05。

### 5.15 功率密度

功率密度参照GB 50034-2013中6.3.7的要求。

### 5.16 维护系数

维护系数参照GB 50034-2013中4.1.6的要求。

## 6 产品视觉健康舒适度（VICO 指数）要求

VICO指数共分为5级，级数越高说明人眼的视觉疲劳程度越大，即所测试的产品对人眼视觉健康舒适度影响程度越大，产品合格性评判如表1所示。

按照8.3的方法测量教室照明灯具的VICO指数，测量值应小于3。基于VICO指数的产品健康分级如表2所示。

表1 产品合格性评判表

等级	1级	2级	3级	4级	5级
测试值	$0 \leq \text{VICO} < 1$	$1 \leq \text{VICO} < 2$	$2 \leq \text{VICO} < 3$	$3 \leq \text{VICO} < 4$	$4 \leq \text{VICO} \leq 5$
视觉状态	基本无疲劳感	有轻微疲劳感	有明显疲劳感，但在可耐受范围内	疲劳感加剧，出现多种眼部不适症候	疲劳非常严重，有损伤可能
产品合格评判	合格			不合格	

表2 产品视觉健康舒适度分级表

VICO	<1.5	1.5-1.75	1.75-2	2-2.25	2.25-2.5	2.5-2.75	2.75-3	>3
评分	S	A+	A	B+	B	C+	C	不合格

## 7 光生物安全要求

### 7.1 蓝光危害

使用LED教室照明系统的蓝光危害要求应符合GB/T 20145中4.3.3和4.3.4的规定，应按照IEC/TR 62778进行评估，蓝光危害不应超过RG1低风险。

### 7.2 蓝光防护-细胞活力指数（CVI）

如产品注明具有蓝光防护的功能，可使用细胞活力指数评价其蓝光防护能力。

细胞活力指数共分为4级，级数越高说明LED产品对人眼的视网膜损伤程度越高，具体量化分级如表3所示。

表3 细胞活力指数 (CVI 指数) 量化分级

等级	1级	2级	3级	4级
CVI (%)	$100 > CVI \geq 90$	$90 > CVI \geq 80$	$80 > CVI \geq 60$	$60 > CVI$
光损伤风险	无风险	低风险	中度风险	高风险
生理影响	对人眼无影响	轻微影响，可恢复	可耐受影响，可部分恢复	明显损伤
合格评判	合格		不合格	

## 8 测试方法

### 8.1 基本要求的测试

#### 8.1.1 测试环境

测试教室用LED照明系统时，教室内各个表面的反射比应符合GB 7793-2010中表2的规定，桌面的反射比需符合GB 7793-2010中表2的规定。并通过遮光的方式排除自然光影响。

#### 8.1.2 桌面水平照度、桌面水平照度均匀度、色温、显色指数的测试

桌面水平照度、桌面水平照度均匀度应按照GB/T 5700中6.1的规定进行测试。

色温、显色指数应按照GB/T 5700中6.4的规定进行测试。

#### 8.1.3 桌面水平亮度及均匀度的测试

将去除讲台以外的教室空间水平分为9等份，在每个区域的中心点放置课桌，课桌参考高度为0.75m，如图2所示。

在距课桌边缘0.05m，高度为1.2m的位置放置亮度计，测试课桌中心点亮度，如图3所示。

分别对9个区域进行亮度测试，计算亮度均匀度 $L_u$ 。

$$L_u = \frac{L_{min}}{L_{平均}}$$

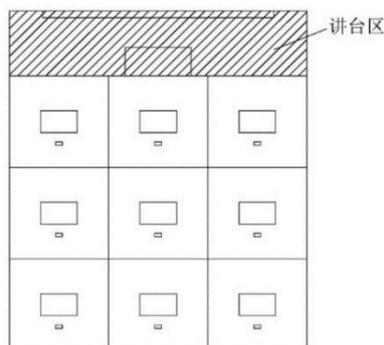


图2 教室空间分割示意图

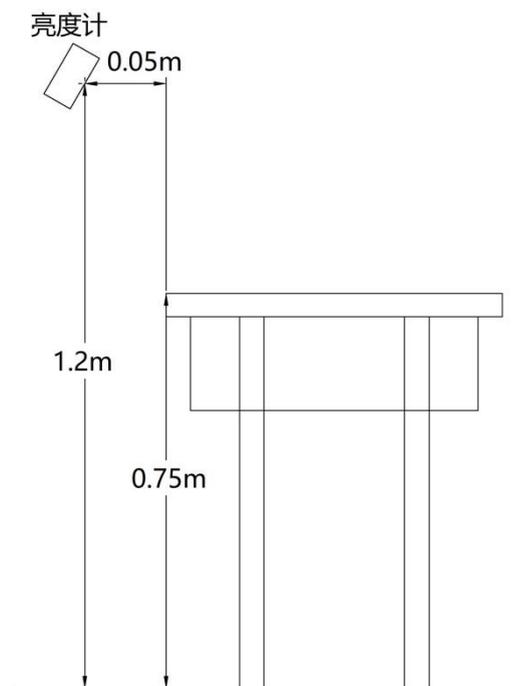


图3 亮度计放置位置

## 8.2 光生物安全的测试

### 8.2.1 蓝光危害

蓝光危害应按照GB/T 20145和IEC/TR 62778中的规定进行测试。

### 8.2.2 细胞活力指数

细胞活力指数应按照CSA 035.3-2017中条款5的规定进行测试。

## 8.3 视觉舒适度测试

### 8.3.1 被试要求

视觉舒适度的测试样本量应保证大于或等于20人,且被试样本无眼部疾病,无屈光参差。被试的屈光梯度可参考以下比例:

表4 被试屈光梯度

屈光范围	人群比例
0.50 m <sup>-1</sup> ~-1.00m <sup>-1</sup>	40%
-1.00 m <sup>-1</sup> ~-2.00m <sup>-1</sup>	25%
-2.00 m <sup>-1</sup> ~-4.00m <sup>-1</sup>	25%
-4.00 m <sup>-1</sup> ~-6.00m <sup>-1</sup>	10%

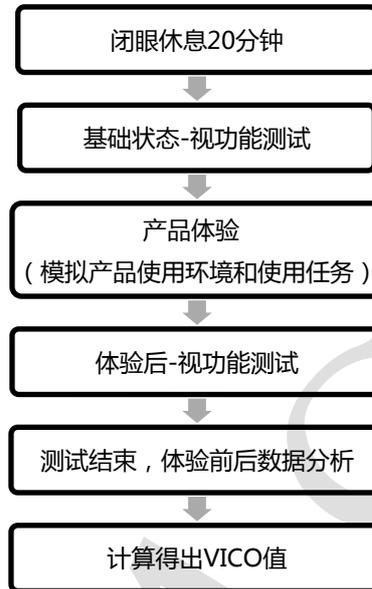
### 8.3.2 测试环境

测试环境的设定应参考5.2、5.3的要求,并应避免其他产品和光源对测试产品的交叉影响。

### 8.3.3 人眼生理功能测试

#### 8.3.3.1 测试流程

人眼生理功能测试的简要流程如下：



#### 8.3.3.2 视功能测试方法

在被试进行测试光源环境下的负荷任务之前和之后分别进行双眼各类视功能数据采集，具体项目如下：

##### a) 基础视生理功能测试

使用光干涉式眼轴测量仪测量眼轴长度AL、角膜曲率KR；  
使用验光仪测量人眼屈光度。

##### b) 人眼睫状肌调节能力测试

使用验光组合台测量调节集合调节比AC/A；  
使用多功能验光机测量睫状肌调节能力ACC。

##### c) 人眼视觉成像质量测试

使用波前像差仪或自适应眼底成像仪测试被试双眼高阶像差HOAs及调制传递函数MTF。

#### 8.3.3.3 产品体验

在测试环境下，每个被试进行45min的视觉作业任务，分为纸面阅读和黑板信息检索。纸面阅读类任务应使用蓝道环等视觉检索内容。黑板信息检索类任务应使用网格法将黑板均匀分为 $3 \times 8$ 个方格，每个方格分别填写3-4行数字/字母，并进行任务检索。

任务内容应符合被试的文化能力及工作习惯，保证每个被试在测试过程中工作强度相对维持恒定水平，无明显差异。

#### 8.3.4 结果计算

将所有被试视功能测试前后数据代入专用计算软件进行运算,最终得出该被试单次测试的VICO值 $V_x$ 。

测试产品的VICO值 $V_y$ 由所有被试(个数为 $n$ )的测试结果依照以下公式计算得出:

$$V_y = \frac{\sum_{x=1}^n V_x}{n}$$

CSA

## 参 考 文 献

- [1] GB/T 2900.65-2004 电工术语 照明
- [2] GB/T 5700-2008 照明测量方法
- [3] GB 7793-2010 中小学校教室采光和照明卫生标准
- [4] GB/T 13379-2008 视觉工效学原则 室内工作场所照明
- [5] GB/T 20145-2006 灯和灯系统的光生物学安全性
- [6] GB/T 31831-2015 LED室内照明应用技术要求
- [7] GB/T 36005-2018 半导体照明设备和系统的光辐射安全测试方法
- [8] GB/T 50033-2001 建筑采光设计标准
- [9] GB 50034-2013 建筑照明设计标准
- [10] CSA 035.1-2016 LED照明产品视觉健康舒适度测试 第1部分：概述
- [11] CSA TR 007-2018 健康照明标准进展报告
- [12] ANSI/IES RP-3 American national standard practice on lighting for education facilities
- [13] IEC 62471 灯和灯系统的光生物学安全性

