

ICS 29.140.40

K72

QB

中华人民共和国行业标准

QB/T 5533-2020

教室照明灯具

Luminaires for Classroom Lighting

(报批稿)

20XX-XX-XX 发布

20XX-XX-XX 实施

中华人民共和国工业和信息化部 发布

前言

本标准按照 GB/T 1.1—2009 给出的规则起草。

本标准由中国轻工业联合会提出。

本标准由全国照明电器标准化技术委员会灯具分技术委员会（SAC/TC224/SC2）归口。

本标准起草单位：上海时代之光照明电器检测有限公司、厦门立达信照明有限公司、江苏新广联光电股份有限公司、厦门通士达照明有限公司、旭宇光电（深圳）股份有限公司、晨辉光宝科技股份有限公司、中山市雷蒙照明电气有限公司、上海燦高教育设备有限公司、厦门捷能通光电科技有限公司、四川能投智慧光电有限公司、浙江凯耀照明有限责任公司、浙江阳光照明电器集团股份有限公司、上海三思电子工程有限公司、浙江永耀灯饰有限公司、广东光阳电器有限公司、青岛利恩迪电子科技有限公司、国家灯具质量监督检验中心、国家电光源质量监督检验中心（上海）、四川九洲光电科技股份有限公司。

本标准主要起草人：王晔、许建兴、施晓红、华利生、陈国林、林金填、杨加碧、张海伟、潘玮、郑进琪、何天兵、夏奇军、吕伯君、缪路平、陈剑跃、陈少藩、杨吉发、李德、庄晓波、姜丽丽、韩冰。

本标准首次发布。

教室照明灯具

1 范围

本标准规定了教室照明灯具的分类、术语与定义、一般要求、技术要求和试验方法。

本标准适用于中小学校或类似教学场所中教室、阅览室与实验室使用的教室照明灯具。

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 2900.65-2004 电工术语 照明

GB/T 5700 照明测量方法

GB 7000.1-2015 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/T 9468-2008 灯具分布光度测量的一般要求

GB/T 14044 管形荧光灯用镇流器 性能要求

GB/T 15144 管形荧光灯用交流电子镇流器 性能要求

GB 17625.1 电磁兼容 限值 谐波电流发射限值（设备每相输入电流 ≤ 16 A）

GB/T 17743 电气照明和类似设备的无线电骚扰特性的限值和测量方法

GB/T 18595 一般照明用设备电磁兼容抗扰度要求

GB 19510.4 灯的控制装置 第4部分：荧光灯用交流电子镇流器的特殊要求

GB 19510.9 灯的控制装置 第9部分：荧光灯用镇流器的特殊要求

GB 19510.14 灯的控制装置 第14部分：LED模块用直流或交流电子控制装置的特殊要求

GB 24819 普通照明用LED模块 安全要求

GB/T 24825 LED模块用直流或交流电子控制装置 性能要求

GB/Z 26212 室内照明不舒适眩光

GB/Z 26213 室内照明计算基本方法

GB/T 31897.1-2015 灯具性能 第1部分：一般要求

GB/T 31897.201-2016 灯具性能 第2-1部分：LED灯具特殊要求

GB/T 36979 LED产品空间颜色分布测量方法

GB 50034 建筑照明设计标准

GB 50099-2011 中小学校设计规范

JGJ/T 119 建筑照明术语标准

IEC TR 61547-1:2017 普通照明用设备 EMC 抗扰度要求 第1部分：光闪烁仪和电压波动抗干扰性试验方法（Equipment for general lighting purposes - EMC immunity requirements - Part 1: An objective light flickermeter and voltage fluctuation immunity test method）

IEC 62612:2013+AMD1:2015+AMD2:2018 电源电压 > 50 V 的普通照明用自镇流 LED 灯性能要求 (Self-ballasted LED lamps for general lighting services with supply voltages > 50 - Performance requirements)

IEC TR 62778 应用 IEC 62471 评价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)

IEC TR 63158 普通照明用设备—照明设备频闪效应目标测试方法 (Equipment for general lighting purposes - Objective test method for stroboscopic effects of lighting equipment)

CIE TN 001:2014 光源颜色偏差规范 (Chromaticity Difference Specification for Light Sources)

CIE TN 006-2016 随时间调制照明系统的视觉—定义和测量模式 (Visual Aspects of Time-Modulated Lighting Systems - Definitions and Measurement Models)

CIE 52-1982 室内照明计算的应用方法 (Calculations for Interior Lighting Applied Method)

ANSI/IES RP-16-17 照明工程术语和定义 (Nomenclature and Definitions for Illuminating Engineering)

IEEE Std 1789:2015 为减少观察者健康风险的高亮度 LED 调制电流的 IEEE 推荐措施 (IEEE Recommended Practices for Modulating Current in High-Brightness LEDs for Mitigating Health Risks to Viewers)

3 术语和定义

GB 7000.1-2015、GB/T 9468-2008、GB 24819、GB/T 31897.1-2015、GB/T 31897.201-2016、GB 50034、JGJ/T 119 和 GB/T 2900.65-2004 界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

直接照明 direct lighting

借助于灯具的光强度分布特性，将 90%~100% 的光通量直接照射到无假定边界的工作面上的照明。

[GB/T 2900.65-2004，定义 845-09-14]

3.2

半直接照明 semi-direct lighting

借助于灯具的光强度分布特性，将 60%~90% 的光通量直接照射到无假定边界的工作面上的照明。

[GB/T 2900.65-2004，定义 845-09-15]

3.3

普通漫射照明 general diffused lighting

借助于灯具的光强度分布特性，将 40%~60% 的光通量直接照射到无假定边界的工作面上的照明。

[GB/T 2900.65-2004，定义 845-09-16]

3.4

半间接照明 semi-indirect lighting

借助于灯具的光强度分布特性，将 10%~40%的光通量直接照射到无假定边界的工作面上的照明。

[GB/T 2900.65-2004，定义 845-09-17]

3.5

间接照明 indirect lighting

借助于灯具的光强度分布特性，将 0%~10%的光通量直接照射到无假定边界的工作面上的照明。

[GB/T 2900.65-2004，定义 845-09-18]

3.6

输入功率 input power

灯具，包括其预设功能必需的所有电器元件工作时在主电源上消耗的电功率。

[GB/T 31897.1-2015，定义 3.1]

3.7

基准面 reference surface

测量或指定照度的表面。

[GB 2900.65-2004，定义 845-09-49]

注：本术语的定义与 GB 50034 “参考平面”的意思相同。

3.8

工作面 working plane

规定在该平面上进行工作的基准面。

[GB 2900.65-2004，定义 845-09-50]

注：本术语与 GB 50034 “作业面”的定义相同。

3.9

维护系数 maintenance factor

MF

照明计算时用于预测灯具在一定维护计划下使用一段时间后照度状况的系数，维护系数按公式 (1) 计算：

$$MF = LLMF \cdot LMF \cdot RSMF \cdot LSF \quad \dots\dots\dots (1)$$

式中：

LLMF (Lamp Lumen Maintenance Factor)——光源光通维持系数；

LMF (Luminaire Maintenance Factor)——灯具维护系数；

RSMF (Room Surface Maintenance Factor)——室表面维护系数；

LSF (Lamp Survival Factor)——光源存活系数。

3.10

波动深度 fluctuation depth

光输出一个周期的最大值和最小值的差与最大值和最小值之和的比，以百分比表示。

注：相同的定义，在 GB/T 2900.65 使用的中文术语是“波动幅度”，对应的英文是“amplitude of fluctuation”，在 IEEE Std 1789:2015 中使用的英文术语是“modulation depth”。

3.11

闪烁 flicker

静态环境中的静止观察者对由光亮度或光谱分布随时间波动的光刺激引起的视觉不稳

定感知。

注 1: 光刺激随时间的波动包括周期波动和非周期波动, 它可能是由光源本身、电源或其他影响因素引起的。

注 2: 闪烁是瞬态光伪像 (Temporal Light Artefact) 的一种类型。

注 3: 这里给出的定义不同于 ILV 中对“闪烁”的当下定义 (CIE S 017/E:2011, 术语 17-443)。建议 ILV 的下一修订版使用这里给出的定义。

[CIE TN 006-2016, 定义 2.4.2]

3.12

频闪效应 stroboscopic effect

非静态环境中的静止观察者对光亮度或光谱随时间波动的光刺激引起的运动感知变化。

注 1: 频闪效应是瞬态光伪像 (Temporal Light Artefact) 的一种类型。

例 1: 对于方形周期性亮度波动, 移动物体被感知为离散地而不是连续地移动。

例 2: 如果周期性亮度波动的频率与旋转物体的频率一致, 旋转物体被感知为是静止的。

[CIE TN 006-2016, 定义 2.4.3]

3.13

初始值 initial value

老炼期和稳定时间结束后的光度、色度和电特性。

[IEC 62612:2013+AMD1:2015+AMD2:2018, 定义 3.4]

注: 对于 LED 灯具, 老炼时间为 0 h 或按制造商声称。对荧光灯灯具, 老炼时间为光源老炼 100 h。

3.14

距高比 spacing height ratio

相邻灯具的间距与灯具安装高度之比。

3.15

灯具平面 luminaire plane

通过一般照明用灯具光度中心的水平面。

3.16

室空间 room cavity

由灯具平面、工作面和这两个平面之间的墙面形成的空间。

[ANSI/IES RP-16-17, 定义 9.4.5.3]

3.17

室空间比 room cavity ratio

RCR

在室内照明计算中表征室内空间比例的数值, 按公式 (2) 计算得到:

$$RCR = \frac{5 \times MH \times (l + w)}{(l \times w)} \dots\dots\dots (2)$$

式中,

MH——安装高度, 指灯具平面到工作面的距离, 见图 1;

l——房间的实际长度;

w——房间的实际宽度。

[改写 ANSI/IES RP-16-17, 定义 9.4.5.3.1]

注: 越是高而狭小的房子, *MH* 越大, *RCR* 越大, 越是低而宽敞的房子, *MH* 越小, *RCR* 越小。*RCR* 取 0~10 中的正整数 (四舍五入)。*RCR*=0 描述一个无限长平行平板的情形, 可得最高的光利用率, *RCR*=10 描述

一个狭而高的房间，光利用率低。教室的室空间比一般在 2 至 4 之间。

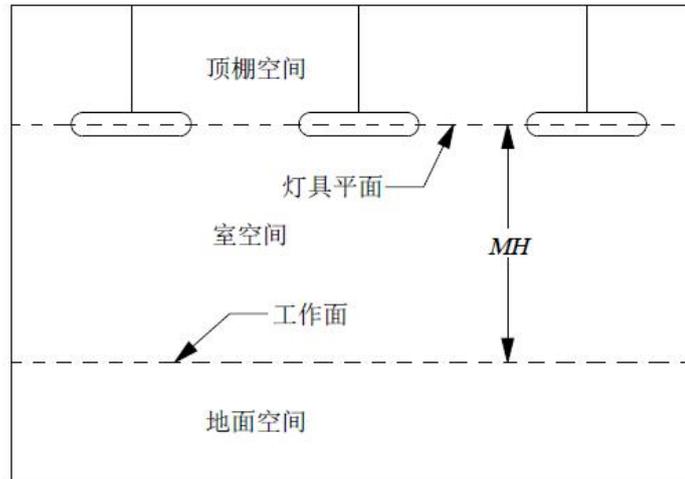


图 1 室空间和安装高度

3.18

光度中心 photometric center

灯具或光源上的一点，从这一点出发在最大光强方向上运用光度学距离法则最精确。

[GB/T 9468-2008, 定义 3.1.5]

注：根据光学结构确定灯具光度中心的位置，见 GB/T 9468-2008 附录 B.3.2。

3.19

空间颜色非均匀性 spatial non-uniformity of chromaticity

在 CIE 1976 均匀色品标度图中所有测量角度的色品坐标与空间平均色品坐标在色品图上的最大偏差。

3.20

一般照明 general lighting

为照亮整个场所而设置的均匀照明。

[GB 50034-2013, 定义 2.0.13]

3.21

无显著影响水平 no observable effect level (NOEL)

一种不会造成明显伤害的暴露水平。

注：IEEE Std 1789:2015引用了美国环境保护局（EPA）术语，EPA术语的网址：

<https://www.epa.gov/iris>

4 分类

4.1 按灯具功能分类

按灯具应用区域分类，可分为一般照明用灯具和书写板照明用灯具。

4.2 按灯具使用光源类型分类

按灯具使用的光源类型分类，可分为荧光灯灯具和 LED 灯具。

4.3 按灯具空间光分布比例分类

按灯具光通量上下空间分配比例分类，一般照明用灯具分为直接照明灯具、半直接照明灯具、普通漫射照明灯具、半间接照明灯具和间接照明灯具。

5 一般要求

- 5.1 灯具的安全应符合 GB 7000.201 或 GB 7000.202 的要求。
- 5.2 灯具的电磁兼容应符合 GB 17625.1、GB/T 17743 的要求，并满足 GB/T 18595 中快速瞬变、注入电流和浪涌的要求。
- 5.3 灯具使用的荧光灯和 LED 光源应符合相关的安全和性能要求。荧光灯应提供按 2000 h 光通维持率数据，且每个测试光源在 2000 h 光通流明维持试验中不失效。LED 光源应提供按 6000 h 光通维持率数据，且每个测试光源在 6000 h 光通流明维持试验中不失效。
- 5.4 灯具配用的灯的控制装置的安全应符合 GB 19510.4、GB 19510.9 或 GB 19510.14 的要求，性能应符合 GB/T 14044、GB/T 15144 或 GB/T 24825 的要求。

6 技术要求

6.1 安装结构件

灯具应使用刚性结构件可靠地固定到建筑物的安装表面上，使灯具不易受外力影响而晃动。

注：非刚性结构件的例子如链条、电缆、绳索等。

6.2 防尘、防固体异物和防水

光源腔不能打开的灯具，其光源腔提供的防尘、防固体异物和防水等级分类应至少达到 IP5X。

注：不能打开意味着一旦打开灯具即损坏。

6.3 输入功率

灯具的实测输入功率不应高于 110 % 额定输入功率。

6.4 功率因数

灯具的标称功率因数不应小于 0.90，实测值不能比标称值低 0.05 及以上。

6.5 光通量

光通量初始值不应低于 90 % 额定值。

6.6 灯具效能

灯具效能不应低于标称值。

6.7 VDT 环境亮度限制

适用于多媒体教室、计算机教室和电子阅览室的一般照明用灯具在 C 平面光度学坐标系中 γ 角 65° 、 75° 和 85° 的平均亮度不应高于 $3000 \text{ cd}\cdot\text{m}^{-2}$ 。

注：VDT 是视觉显示终端 (Visual Display Terminal) 的英文缩写。

6.8 相关色温和显色性

6.8.1 一般显色指数 R_a 不应低于 80，LED 灯具的特殊显色指数 R_s 应大于 50，用于美术教室的灯具的一般显色指数 R_a 不应低于 90。

6.8.2 额定相关色温不应超过 5500 K，而且色容差不应大于 5。

6.9 空间颜色非均匀性

LED 灯具在大于峰值光强 10% 的区域内，在两个垂直面（C0 和 C90）不同方向上的空间颜色非均匀性 $\Delta u' v'$ 应在 CIE 1976 均匀色品标度图中的 0.007 以内。

6.10 瞬态光伪像

6.10.1 概述

下述 6.10.2 和 6.10.3 规定了灯具的瞬态光伪像特性，根据应用要求，灯具应至少符合其中一条规定。

6.10.2 波动深度

在额定电压下工作时，灯具光输出波形的波动深度不应高于 IEEE Std 1789:2015 中图 18 无显著影响水平 (NOEL) 对应的限值要求（见表 1）。

注：IEEE Std 1789:2015 适用于 LED 灯具。

表 1 波动深度限值要求

光输出波形频率 /Hz	$f \leq 10$	$10 < f \leq 90$	$90 < f \leq 3125$	$f > 3125$
波动深度限值 /%	0.1	$f \times 0.01$	$f \times 0.08 / 2.5$	豁免

6.10.3 闪烁和频闪效应

6.10.3.1 按 IEC TR 61547-1:2017 规定测得的 P_{st}^{LM} 不应大于 1，也不应超过制造商声称的 P_{st}^{LM} 值。

注1： P_{st} 是 IEC TR 61547-1:2017 中短期闪烁指标（short-term flicker indicator）的符号，指在相对较短的规定时间间隔内测量的闪烁量。按照 IEC 61000-4-15 标准，持续时间一般为 10 min。IEC 61000-3-3 和 IEC 61000-4-15 采用了另一术语“短时间闪烁严重度（short term flicker severity）”。

注2： P_{st}^{LM} 指用闪光计测量的照度闪烁值。

6.10.3.2 按 IEC TR 63158 规定测得的 SVM 不应大于 1，也不应超过制造商声称的 SVM 值。

注： SVM —频闪效应可见度（Stroboscopic effect Visibility Measure）的英文缩写。

6.11 照明质量和节能评价

6.11.1 照明质量评价

教室照明灯具按制造商给出的安装参数安装使用时，模拟计算的照明质量应符合 GB 50034 对教育建筑照明标准值的要求。对间接照明灯具的统一眩光值不作要求。

6.11.2 书写板照明用灯具眩光控制

书写板照明用灯具不应安装在主要视场内，灯具说明书中给出的书写板照明用灯具的安装位置尺寸 A 与 B 应满足关系式 (3)， A 与 B 的相关性见图 2。

$$B \geq (A - 0.30) \div \cos 60^\circ \times \tan 60^\circ + 1.55 \quad \dots\dots\dots (3)$$

其中：

A ——灯具出光面边沿距离书写板最远水平距离；

B ——灯具出光面边沿距离地台平面的最低垂直距离。

注 1：60° 是人眼中心视线与主要视场边界视线的最大夹角。

注 2：1.55 m 是考虑成人平均身高 1.65 m 时的眼睛高度。

注 3：0.30 m 是一个设定值，它考虑了背对书写板站立时人眼到书写板的距离。

单位：米

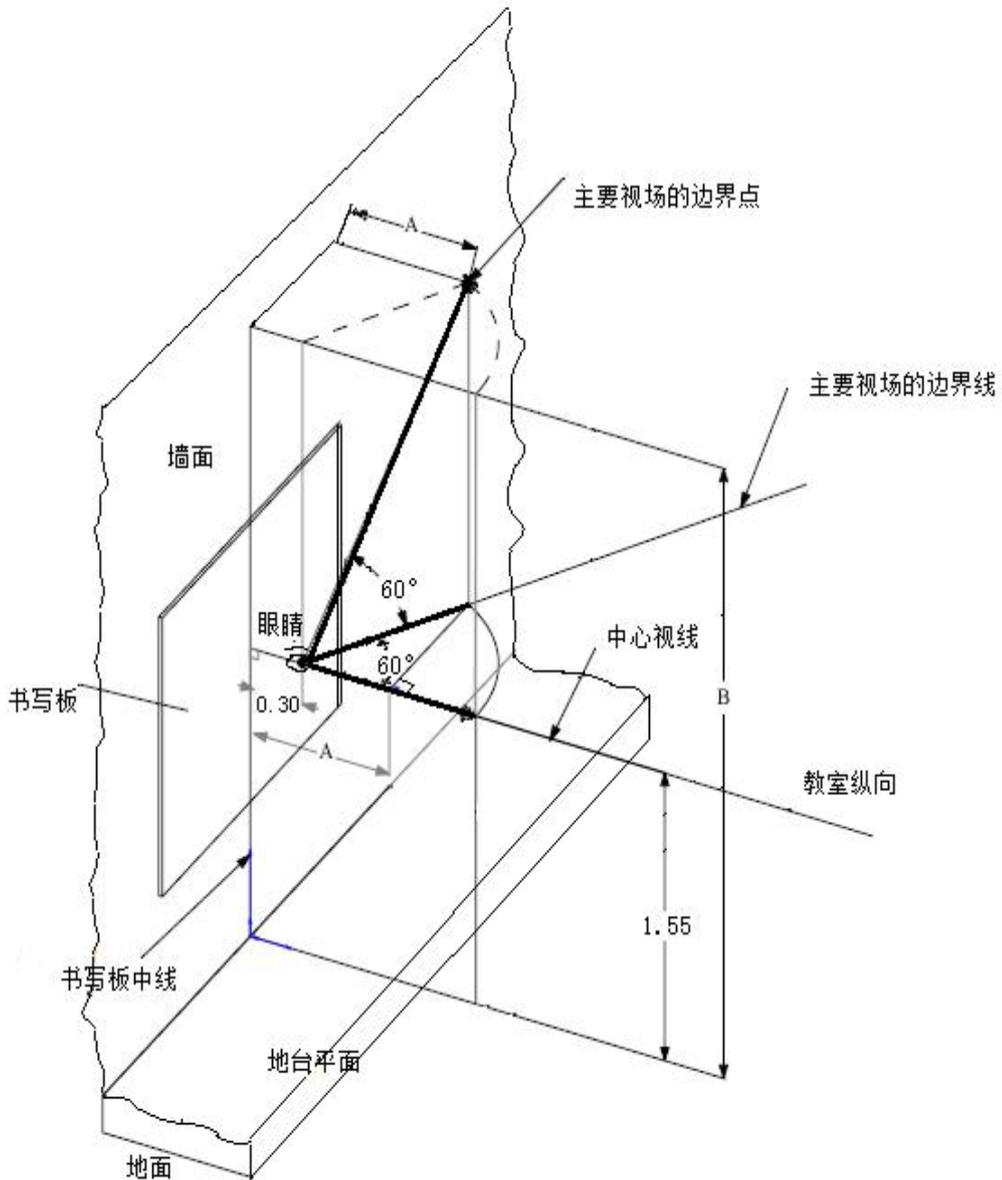


图 2 书写板照明用灯具安装位置示意图

6.11.3 节能评价

教室照明功率密度应符合 GB 50034 对教育建筑照明功率密度限值的要求。

6.12 视网膜蓝光危害

按照 IEC TR 62778 评估, LED 一般照明用灯具的视网膜蓝光危害不应超过 RG0, LED 书写板照明用灯具的视网膜蓝光危害不应超过 RG1。

6.13 LED 灯具可靠性

LED 灯具应满足 GB/T 31897.201-2016 中 10.3 电源电压开关和加速工作寿命试验的要求。

6.14 标记

6.14.1 灯具上的标记

6.14.1.1 使用可替换光源灯具的光源型号、规格、制造商等光源信息。

6.14.1.2 额定光通量, 单位: lm。

6.14.1.3 额定相关色温, 单位: K。

6.14.1.4 额定一般显色指数 R_a 。

6.14.1.5 灯具效能, 单位: lm/W。对于色温可调灯具, 若效能随色温变化, 应注明最低效能对应的相关色温。

6.14.1.6 额定输入功率, 单位: W。

6.14.1.7 C0-C180 平面的位置, 旋转对称配光的灯具除外。

6.14.2 附加内容

6.14.2.1 下述 6.14.2.2 到 6.14.2.9 规定的内容应在灯具说明书中给出。

6.14.2.2 一般照明用灯具或书写板照明用灯具。

6.14.2.3 灯具适用的教室类型, 如 GB 50034 中的普通教室、阅览室、实验室、美术教室、多媒体教室、计算机教室和电子阅览室等, 如需要进行类型切换, 应提供相应的切换方法。

6.14.2.4 灯具应声称下述一个或一个以上瞬态光伪像的特性:

— LED 灯具波动深度为无显著影响水平, 和/或

— “频闪效应和闪烁可能被观察到的阈限水平为 $SVM \leq x$ ”, “ $P_{st}^{LM} \leq y$, 灯具不会产生高于 60W 白炽灯的闪烁” 的要求。

注: x 和 y 为不大于1的数值。

6.14.2.5 一般照明用灯具应按附录 A 表 A.1 所示给出安装参数。

6.14.2.6 一般照明用灯具应有“安装时灯具出光口面的位置应低于风扇”或等效的说明。

6.14.2.7 书写板照明用灯具, 应给出下述安装信息:

a) 灯具安装间距;

b) 适用时, 灯具倾角;

c) 减少书写板灯具直接眩光时灯具的安装位置。如: 安装时灯具出光面任何边缘到书写板表面(不含边框)的距离不要超过 A m, 灯具出光面最低边缘离地面的高度至少达到 B m。

注: A 和 B 代表说明书中的具体数值。

6.14.2.8 为保持教室的照明水平，灯具应给出如下用户维护说明：

- “灯具光学部件的清洁周期为 6 个月”和“顶棚和墙面的粉刷或洁净周期为 12 个月”；
- “初装后，荧光灯具应不超过 12 个月、LED 灯具应不超过 36 个月进行照明质量符合性验证”。

注：教室照明质量现场测试方法参考附录B。

6.14.2.9 光源腔不能打开的灯具，应给出“光源腔不能打开，一旦打开灯具即损坏”的警告。

7 试验方法

7.1 一般试验方法

7.1.1 适用二个及其以上教室类型的灯具，应满足下述要求：

- a) 灯具制造商应提供切换方式；
- b) 在进行 7.4~7.12 检测时，应在各个教室类型下对灯具进行检测和评价。

7.1.2 对荧光灯具，1 个试验样品应满足各项要求，为了缩短测试时间，生产者(制造商)或责任销售商可以另外提交与受试灯具材料相同、设计相同的灯具或灯具部件，前提是试验结果与在同样的灯具上进行的试验结果相同。

7.1.3 对 LED 灯具，在进行 7.14 的试验时，样品数量见 GB/T 31897.201-2016 的规定。除 7.14 以外的其他试验，应用本标准 7.1.2 的规定。

7.2 安装结构件

由目视检验。

7.3 防尘、防固体异物和防水

按照 GB 7000.1-2015 第 9 章的规定进行试验。

7.4 输入功率

按照 GB/T 31897.1-2015 附录 C 规定的方法测量灯具的输入功率。

7.5 功率因数

按照 GB/T 31897.1-2015 附录 C 规定的试验条件使用功率计测量灯具功率因数。

7.6 光通量

按照 GB/T 9468-2008 的规定的测量。

7.7 灯具效能

根据测得的灯具光通量初始值 (lm) 和灯具在额定电压下的输入功率 (W)，计算灯具的效能，不包括应急照明充电功率。

注：灯具效能单位为流明每瓦 (lm/W)。

7.8 VDT 环境亮度限制

7.8.1 荧光灯灯具和带漫透射罩的灯具

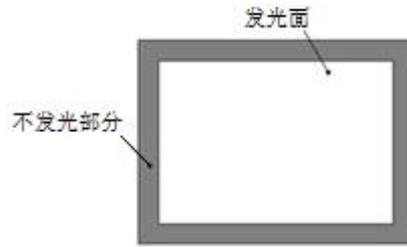


图3 荧光灯的灯具或装有漫透射罩LED灯具发光面示意图

a) 测量并计算图3所示的灯具发光面的正交投影面积。

b) 按照 GB/T 9468-2008 的规定测量灯具的光强分布并计算平均亮度

—测量灯具的光强分布得到 $\gamma=65^\circ$ 、 75° 和 85° 的光强值；

—在图4所示的横向 ($C=0^\circ$ 和 180°)、纵向 ($C=90^\circ$ 和 270°) 和 45° 方向 ($C=45^\circ$ 、 135° 、 225° 和 315°) 分别计算 $\gamma=65^\circ$ 、 75° 和 85° 的9个光强算术平均值 $I(\gamma)_{av}$ ，均应符合6.7的规定。

注：横向 ($C0$ 和 $C180$) 的3个 γ 角平均亮度为 $L_{横}(65)_{av}$ 、 $L_{横}(75)_{av}$ 和 $L_{横}(85)_{av}$ ；纵向 ($C90$ 和 $C270$) 的3个 γ 角平均亮度为 $L_{纵}(65)_{av}$ 、 $L_{纵}(75)_{av}$ 和 $L_{纵}(85)_{av}$ ； 45° 方向 ($C45$ 、 $C135$ 、 $C225$ 、 $C315$) 的3个 γ 角平均亮度为 $L_{45}(65)_{av}$ 、 $L_{45}(75)_{av}$ 和 $L_{45}(85)_{av}$ 。

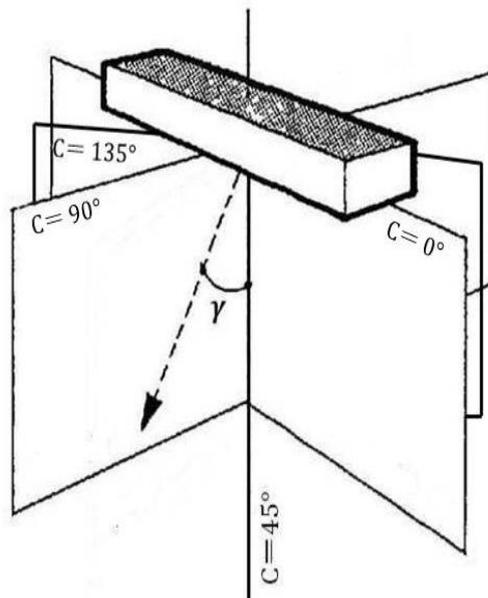


图4 VDT 亮度控制的角度

7.8.2 无罩或透明罩LED带有漫透射器件的灯具

测量方法正在考虑中。无罩或透明罩LED带有漫透射器件的灯具的示意图5。

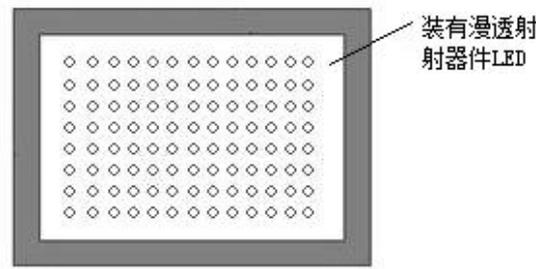


图5 无罩或透明罩LED带有漫透射器件的灯具示意图

7.9 相关色温和显色性

7.9.1 关于一般显色指数, 荧光灯具直接采用光源的数据并判断合格性; LED 灯具可以直接采用光源数据, 或按 GB/T 36979 的规定测量显色指数。

7.9.2 关于额定相关色温和色容差, 荧光灯具直接采用光源数据并判断合格性; LED 灯具可以直接采用光源数据, 也可以按下述规定测量。

—按照 GB/T 36979 的规定测量色度坐标 (u', v') (CIE 1976 均匀色品标度图)。

—根据测得的色度坐标 (u', v') (CIE 1976 均匀色品标度图)和表 2 给出的相关色温对应的色度坐标目标值 (u'_c, v'_c) (CIE 1976 均匀色品标度图), 按公式 (4) 计算色容差 n 。

$$(u' - u'_c)^2 + (v' - v'_c)^2 = (0.0011 \cdot n)^2 \quad \dots\dots\dots (4)$$

注: 公式 (4) 来自于 CIE TN 001:2014 公式 (2)。

表 2 色度坐标

额定相关色温 T K	色度坐标目标值	
	u'_c	v'_c
2700	0.2603	0.5313
3000	0.2530	0.5214
3500	0.2385	0.5131
4000	0.2235	0.5029
5000	0.2092	0.4884
灵活相关色温 T_f^a	按照附录 C 计算	

a T_f 的选择以 100K 为步幅 (比如, 3600, 3700, …), 表 2 中列出的 5 个 CCT 除外。

7.10 空间颜色非均匀性

按照 GB/T 36979 的规定进行测量。

7.11 瞬态光伪像

7.11.1 波动深度

按照 IEEE Std 1789:2015 的要求测量波动深度。

7.11.2 闪烁和频闪效应

7.11.2.1 按照 IEC TR 61547-1:2017 的规定测量 P_{st}^{LM} 。

7.11.2.2 按照 IEC TR 63158 的规定测量 SVM 。

7.12 照明质量和节能评价

7.12.1 照明质量评价

7.12.1.1 一般照明用灯具

a) 确定照明区域的计算边长

设模拟照明区域为正方形，按公式 (5) 得到该正方形区域的计算边长 L ，结果按四舍五入取整。

$$L = \frac{10 \times MH}{RCR} \dots\dots\dots (5)$$

其中，

MH ——灯具平面距工作面的高度，单位：m。

RCR ——室空间比。

b) 确定计算点

照度计算采用边长为 1 米的网格，模拟 GB/T 5700 规定的中心布点法，计算点设置于网格中心，见图 6。

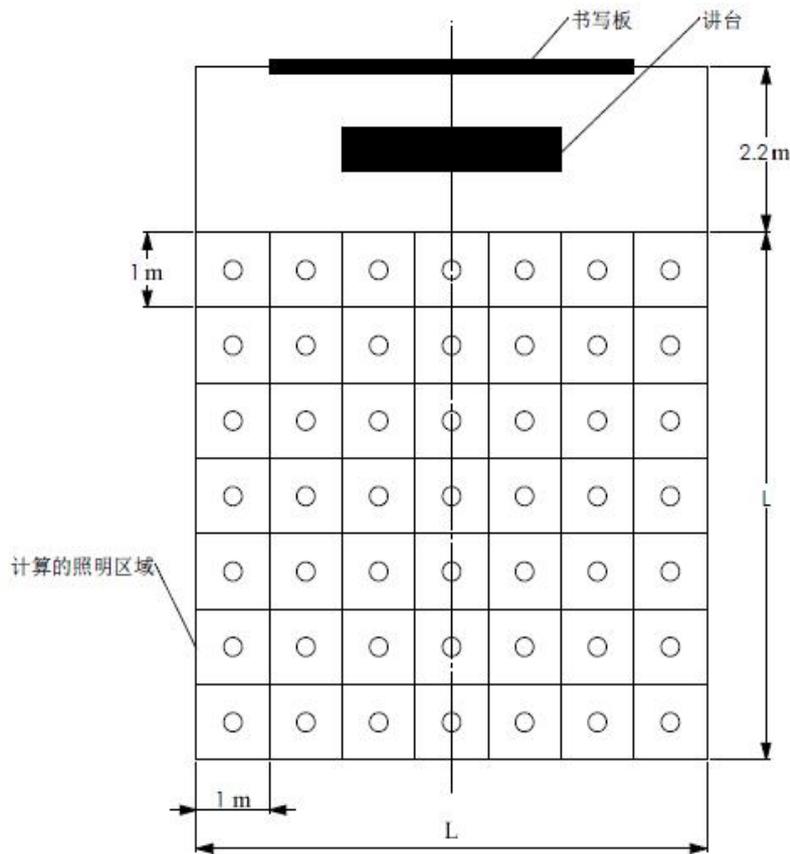


图 6 一般照明用灯具照明区域照度计算点（以 L=7 米为例）

c) 设定表面反射率

按表 3 设定模拟照明区域的表面反射率。

表 3 教室照明灯具照明质量计算的反射率

教室各个表面	反射率 %
顶棚	70 ^a
墙面	50 ^a
书写板	10 ^b 、40 ^b 、70 ^b
桌面	50 ^c
^a 考虑一般教室环境中最不利的墙面反射率条件，将顶棚反射系数设为 0.70、墙面反射系数设为 0.50。 ^b 10%、40%、70% 为黑色、墨绿和白色书写板反射率的一般水平。 ^c 50%的桌面反射率基于目前教室中普遍使用的课桌面。	

d) 确定维护系数

维护系数 MF 按公式 (1) 计算，计算结果按四舍五入法保留两位小数。

— $LLMF$ 取值为 5.3 中荧光灯或 LED 光源的光通维持率；

—满足 6.14.2.8 的要求时，仅出光面敞开的灯具的 LMF 为 0.93，出光面封闭的灯具的 LMF 为 0.92，光源腔不能打开 LMF 为 1，除光源自带的以外无其他附加光学部件的灯具 LMF 为 1；

—教室墙面维护系数 $RSMF$ ：直接照明和半直接照明教室 0.96；普通漫射照明 0.91；间接和半间接照明 0.86；

注： $RSMF$ 数据来自 CIE 97:2005 的表 3.6、表 3.7 和表 3.8。

— LSF 为光源的存活系数，设为 1。

e) 模拟计算照明参数

根据制造商按附录 A 表 A.1 提供的灯具安装参数、以及 7.12.1.1a)~7.12.1.1d) 确定的参数，按 GB/Z 26213 和 CIE 52-1982 的规定，计算图 6 所示教室区域中的维持平均照度、照度均匀度，按 GB/Z 26212 计算眩光值 UGR 。

7.12.1.2 书写板照明用灯具

a) 确定计算的照明区域的尺寸

计算照明区域为长 4.0 m、宽 1.2 m 的矩形。

b) 确定计算点

计算的照明区域内的单元格边长为 0.4 m，计算点设置于网格中心，见图 7。

单位：毫米

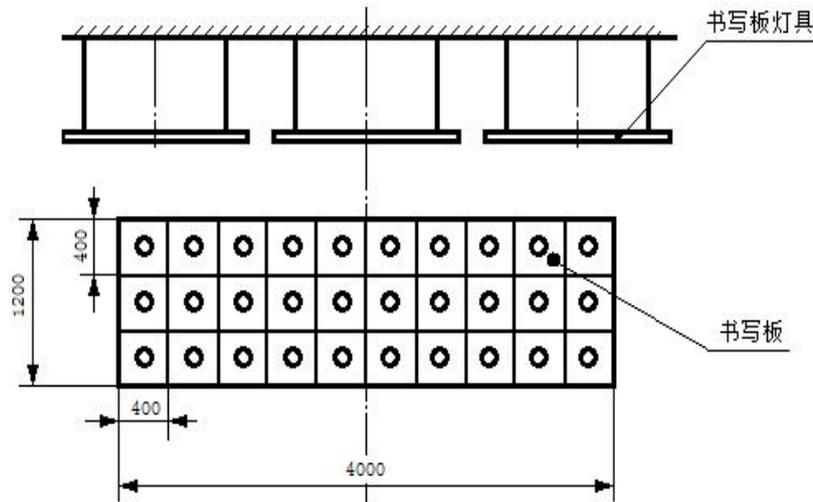


图 7 书写板照度布点

c) 确定维护系数

维护系数 MF 按公式 (1) 计算, 计算结果按四舍五入法保留两位小数。

—满足 6.14.2.8 的要求时, 仅出光面敞开的灯具的 LMF 为 0.93, 出光面封闭的灯具的 LMF 为 0.92, 光源腔不能打开 LMF 为 1, 除光源自带的以外无其他附加光学部件的灯具 LMF 为 1。

—教室墙表面维护系数 $RSMF$ 为 1。

— LSF 为光源的存活系数, 设为 1。

d) 模拟计算照明质量

根据制造商按 6.14.2.7 给出的灯具安装参数, 按 GB/Z 26213 和 CIE 52 计算书写板区域的维持平均照度和照度均匀度。

7.12.2 书写板照明用灯具眩光控制

验证灯具按 6.14.2.7 给出的 A 和 B 的数值符合式 (3) 的规定。

7.12.3 节能评价

按公式 (6) 计算得到照明功率密度 (LPD), 单位为瓦特每平方米 (W/m^2)。

$$LPD = \frac{P_{\text{总}}}{L \times (L + 2.2)} \dots\dots\dots (6)$$

其中:

L ——按公式 (5) 确定的照明区域的计算边长, 单位为米 (m);

$P_{\text{总}}$ ——教室中一般照明用灯具总数与单个灯具实测功率的乘积, 单位: W。

7.13 视网膜蓝光危害

按照 IEC TR 62778 的规定进行测量。

7.14 LED 灯具可靠性

按照 GB/T 31897.201-2016 的规定进行试验。

7.15 标记

目视检查灯具上和说明书上的标记内容，并用下述方法检验灯具上标记的耐久性。

用浸水的布轻擦 15 s，试图擦去标记，待晾干后，再用浸过汽油的布轻擦 15 s，试验后，标记应字迹清晰，标贴不易脱落和不卷曲。

附录 A

(规范性附录)

一般照明用灯具安装参数

一般照明用灯具应按表A.1提供灯具的安装参数。

表 A.1 一般照明用灯具安装参数

灯具类型 ^a	<input type="checkbox"/> 直接照明； <input type="checkbox"/> 半直接照明； <input type="checkbox"/> 普通漫射照明； <input type="checkbox"/> 半间接照明； <input type="checkbox"/> 间接照明	
教室类型(或场所) ^a	<input type="checkbox"/> 普通教室、阅览室、实验室、多媒体教室； <input type="checkbox"/> 美术教室； <input type="checkbox"/> 计算机教室、电子阅览室	
书写板反射率 ^a	<input type="checkbox"/> 10 %； <input type="checkbox"/> 40 %； <input type="checkbox"/> 70 %	
保留小数点后 1 位的距高比数值 ^b	<input type="checkbox"/> 旋转对称配光： _____ <input type="checkbox"/> C=0° 和 180° 平面： _____ C=90° 和 270° 平面： _____	
灯具方位 ^a	灯具 C=0° 和 C=180° 平面 <input type="checkbox"/> 平行于书写板 <input type="checkbox"/> 垂直于书写板	
室空间比 <i>RCR</i>	2、3 或 4	
安装高度 <i>MH</i> (m)		
工作面高度 ^c (m)		
<p>a. 在合适的方格中打勾，即“<input checked="" type="checkbox"/>”。</p> <p>b. 在合适的方格中打勾，即“<input checked="" type="checkbox"/>”，在横线上填写数值。</p> <p>c. 保留小数点后 1 位的高度数值，例如 2.4。</p>		

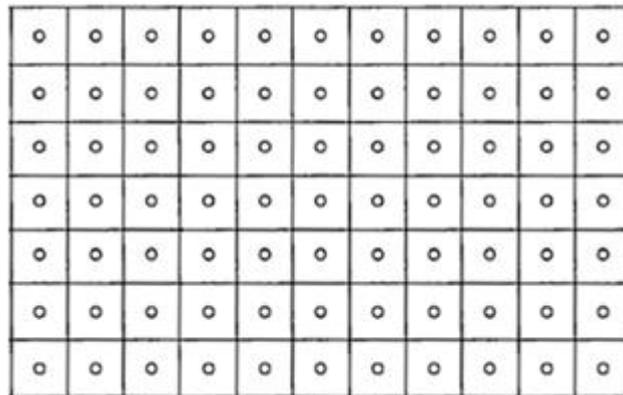
附录 B
(资料性附录)
教室照明质量现场测试方法

B.1 测量条件

- B.1.1 在额定电压下进行照明测量。在测量时，应监测电源电压，若实测电压偏差超过±5%时，应对测量结果做相应的修正。
- B.1.2 照明测量应避免天然光和其他非被测光源的干扰。
- B.1.2.1 当所有灯具或光源处于熄灭状态时，使用照度计在室内测得的最大照度不得高于1 lx。
- B.1.2.2 测试期间，仅被测灯具处于燃点状态，其他光源或灯具处于熄灭状态。
- B.1.3 应防止人员、物体及其阴影对光度探头造成遮挡。
- B.1.4 在现场进行照明测试前，荧光灯具的光源累计燃点时间应在100 h以上。
- B.1.5 在现场进行照明测试时，荧光灯具应在连续燃点40 min后进行；LED灯具应在连续燃点15 min后进行。

B.2 教室一般照明照度测点布置

a) 教室一般照明照度测试应按照 GB/T 5700 规定的中心布点法和下列要求布置测量点：
横线以平行于书写板、距离书写板水平距离 2.2 m 处画第一条直线，以此直线为基准线向后每间距 1 m 划一条直线，直到不足 1 m 为止；竖线第一条线为教室的纵向中心线，即平行于教室纵向、距侧边墙面的距离为教室的宽度去整数后除以 2，然后每间隔 1 m 画一条平行纵向平行线，直到不足 1 m 为止，这样划出 1 m×1 m 的正方形后，正方形中心为测量点。当教室最后一排课桌与教室后墙留有符合 GB 50099-2011 中 5.2.2 规定的疏散走道时，距后墙不足 1.1 米的正方形中心除外。



说明：○—测量点

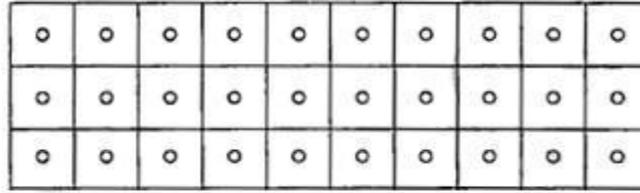
图 B.1 教室一般照明照度测量网格中心布点示意图

b) 测量时参考平面见 GB 50034。

B.3 书写板照度测量点布置

书写板照度测试应按照 GB/T 5700 规定的中心布点法和下列要求布置测量点：

a) 书写板测试区域为长 4 m、宽 1.2 m。测试网格尺寸 0.4 m×0.4 m，取网格中心位置为测量点，如图 B.2 所示。当书写板和电子白板（荧幕、电视）等视觉显示终端相邻时，取实际书写板的长度，宽度为 1.2 m。



说明：○——测量点

图 B.2 书写板照度网格中心布点示意图

b) 书写板书写表面为参考平面。

B.4 照度测量和平均照度计算

按照 GB/T 5700 和以下要求测量照度和计算平均照度：

a) 根据 B.2 和 B.3 所述的测点布置，使用照度计分别测量并逐点记录教室照度 E_i 、书写板照度 E_i ；

b) 测量时，照度计先用大量程档数，然后根据指示值的大小逐渐找到合适的档数，读取读数时，读数不低于采用量程的 1/10。照度示值稳定后再读数。数字式照度计显示的读数，最后一位有时不稳定，应该记录出现次数较多的数字。

根据公式 (B.1) 分别计算教室平均照度和书写板平均照度 E_{av} ：

$$E_{av} = \frac{\sum_{i=1}^n E_i}{n} \quad \dots\dots\dots (B.1)$$

B.5 照度均匀度的计算

分别计算教室工作面和书写板的照度均匀度。

通过 B.4 所述的照度测量及计算结果，根据公式 (B.2) 计算照度均匀度 U_E ：

$$U_E = \frac{E_{\min} \in (E_1 \dots E_n)}{E_{av}} \quad \dots\dots\dots (B.2)$$

B.6 照明功率密度的测量和计算

使用电能质量分析仪测量教室内所有一般教室用灯具的安装功率，并记录为 P 。应在仪器稳定后再读数，最后一位有时不稳定，应该记录出现次数较多的数字。根据业主方提供的平面图纸或现场丈量计算出教室实际面积 S ，并依据 GB/T 5700 要求，以及公式 (B.3) 计算出照明功率密度 LPD ：

$$LPD = \frac{P}{S} \quad \dots\dots\dots (B.3)$$

式中：

LPD ——照明功率密度，单位为瓦特每平方米 (W/m^2)；

P ——教室内所有一般照明用灯具（书写板照明用灯具除外）的安装功率，单位： W ；

S ——被测教室的面积，单位为平方米 (m^2)。

B.7 统一眩光值 (UGR) 的测量和计算

B.7.1 观察位置：坐姿，眼睛高度 1.2 m，位于距后墙面中点的垂直距离 0.5m 处，视线水平朝前观测。

B.7.2 具体的测试和计算方法参照 GB 50034。

B.8 相关色温及显色指数（包括特殊显色指数 R_s ）的测量和计算

测试区域为整个教室，取 9 个均匀分布的点作为测量点，测量高度同照度测量的参考平面。使用便携式现场光谱光色综合分析系统逐点测量，分别计算 9 个相关色温和显色指数的平均值，作为该教室的相关色温和显色指数。

附录 C

(规范性附录)

灵活相关色温 T_f 的色度坐标目标值的计算C.1 计算 D_{uv}

按下述关系式, 由灵活相关色温 T_f 计算 D_{uv} 。

$$-T_f \geq 2870\text{K 时, } D_{uv}(T_f) = 57700 \cdot \left(\frac{1}{T_f}\right)^2 - 44.6 \cdot \left(\frac{1}{T_f}\right) + 0.00854$$

$$-T_f < 2870\text{K 时, } D_{uv}(T_f) = 0。$$

C.2 将 T_f 、 D_{uv} 换算至色度坐标目标值 (u'_c, v'_c)C.2.1 计算 T_f 的普朗克辐射的色度坐标 (u_B, v_B)

普朗克辐射相对光谱分布中相关色温 T_f 的黑体光谱辐射 $S_B(\lambda)$ 由如下公式得到,

$$S_B(\lambda) = \lambda^{-5} \left[\exp\left(\frac{c_2}{\lambda T_f}\right) - 1 \right]^{-1} \dots\dots\dots (C.1)$$

其中, $c_2 = 0.014388\text{m} \cdot \text{K}$ 。普朗克辐射的三刺激值由下式得到,

$$X_B = k \int_{\lambda} S_B(\lambda) \bar{x}(\lambda) d\lambda$$

$$Y_B = k \int_{\lambda} S_B(\lambda) \bar{y}(\lambda) d\lambda$$

$$Z_B = k \int_{\lambda} S_B(\lambda) \bar{z}(\lambda) d\lambda$$

其中, $\bar{x}(\lambda)$ 、 $\bar{y}(\lambda)$ 、 $\bar{z}(\lambda)$ 是 CIE 1931 颜色匹配函数, k 是归一化常数。一般而言, 波长间隔 5nm 满足大多数的实际应用。缜密计算应使用 1nm 的间隔。

普朗克辐射的色度坐标 (u_B, v_B) 由下式给出:

$$u_B = 4X_B / (X_B + 15Y_B + 3Z_B)$$

$$v_B = 6Y_B / (X_B + 15Y_B + 3Z_B)$$

注 1: CIE 1960 色度坐标 (u, v) 已淘汰, 在这里仅用作计算的中间过程数据。

C.2.2 计算色度坐标目标值 (u'_c, v'_c)

当相关色温为 T_f+1 (K) 时, 变化的色度坐标 (u_{B1}, v_{B1}) 同样用 B.2.1 给出的公式计算, 得到这个 T_f 点普朗克轨迹的切线角度。

根据 T_f 和 D_{uv} , 通过如下公式得到 (u, v) 坐标,

$$u = u_B + D_{uv} \cdot \frac{v_{B1} - v_B}{\sqrt{(u_{B1} - u_B)^2 + (v_{B1} - v_B)^2}}$$

$$v = v_B - D_{uv} \cdot \frac{u_{B1} - u_B}{\sqrt{(u_{B1} - u_B)^2 + (v_{B1} - v_B)^2}}$$

(u'_c, v'_c) 坐标由下式给出:

$$u'_c = u$$

$$v'_c = 1.5v$$

参考文献

[1]CIE 97:2005 室内电气照明维护指南 (GUIDE ON THE MAINTENANCE OF INDOOR ELECTRIC LIGHTING SYSTEMS)
