

# T/SIEATA

## 上海照明电器行业协会团体标准

T/SIEATA 000001—2024

代替 T/SIEATA 000001—2020

### 中小学校教室照明质量分级评价

Ranking evaluation for classroom lighting quality in primary and middle schools

2024 - 01 - 15 发布

2024 - 01 - 15 实施

## 目 次

前言 .....	II
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
4.1 概述 .....	2
4.2 无视觉显示终端的教室 .....	2
4.3 有视觉显示终端的教室 .....	3
5 测试方法 .....	3
5.1 测试条件 .....	3
5.2 测试要求 .....	4
附录 A（规范性） 标准限值测量方法及均匀度计算方法 .....	5
A.1 水平照度 .....	5
A.2 眼部垂直照度 .....	5
A.3 书写板照度 .....	6
A.4 照度均匀度 .....	7
附录 B（规范性） 统一眩光值 UGR 测量方法 .....	8
B.1 统一眩光值 UGR .....	8
B.2 测量位置及取点分布 .....	8
B.3 中小学校教室照明质量分级评价 UGR 测量要求 .....	8
B.4 测量要求和计算方法 .....	8
附录 C（规范性） 节律照明指标测量和计算方法 .....	9
C.1 视黑素等效勒克斯 EML/视黑素等效日光（D65）照度 m-EDI .....	9
C.2 测量位置与取点分布 .....	9
C.3 视黑素等效勒克斯 EML 的计算方法 .....	9
C.4 视黑素等效日光（D65）照度 m-EDI 的计算方法 .....	9
C.5 Robert J. Lucas 团队基于 excel 表格的 EML 数值计算器 .....	11
参考文献 .....	12

## 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。

本文件编制时在相关国家标准、地方标准的基础上，首次在中小学教室照明的要求中提出了与节律健康和空间视亮度相关的两项指标，并按AAA、AAAA、AAAAA三个层级对中小学教室照明质量进行分级评价。

本文件替代T/SIEATA 000001-2020《中小学校教室照明质量分级评价》，与T/SIEATA 000001-2020相比，除结构调整和编辑性改动外，主要技术变化如下：

- a) 更改了“3.2 座位区域统一眩光值”的术语名称和定义；
- b) 更改了“3.4 视黑素等效日光 (D65) 照度”的术语名称（见 3.4）；
- c) 更改了“4.2.1 普通教室、专用教室、公共教学用房等”的要求内容（见 4.2.1）；
- d) 更改了“4.2.2 美术教室、专业实验室等”的要求内容（见 4.2.2）；
- e) 更改了“表 1”和“表 2”中的术语名称和脚注内容（见 4.2.1 表 1 和 4.2.2 表 2）；
- f) 更改了“水平照度”、“照度参考平面及高度”、“视黑素等效日光 (D65) 照度 m-EDI (lx)（或 EML）”、“控制系统”的要求内容（见 4.2.1 表 1 和 4.2.2 表 2）；
- g) 删除了“百勒克斯功率密度 (W/ m<sup>2</sup>/ 100 lx)”的要求；
- h) 增加了“照明功率密度 (W/ m<sup>2</sup>)”要求（见 4.2.1 表 1 和 4.2.2 表 2）；
- i) 增加了“眼部垂直照度均匀度”、“书写板照度”、“书写板照度均匀度”、“讲台区域统一眩光值 UGR”、“书写板灯具位置要求”的要求内容（见 4.2.1 表 1 和 4.2.2 表 2）；
- j) 更改了“4.3 有视觉显示终端的教室”的引导语，并给出了具体要求；
- k) 更改了“5 测试方法”的具体要求内容（见第 5 章）；
- l) 增加了“5.1 测试条件”和“5.2 测试要求”（见第 5 章）；
- m) 更改了“附录 A”、“附录 B”、“附录 C”的内容，增加了相应指标的测试方法和内容。

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职责。

本文件由上海照明电器行业协会标准化工作委员会（SIEATA）提出并归口。

本文件的版权归SIEATA所有，未经SIEATA许可不得随意复制；其他机构采用本文件技术内容制定标准需经SIEATA允许；任何单位或个人引用本文件的内容需指明本文件的标准号。

本文件主要起草单位：复旦大学电光源研究所、上海应用技术大学、上海时代之光照明电器检测有限公司、国家电光源质量检验检测中心（上海）、杭州宇中高虹照明电器有限公司、复旦大学工程与应用技术研究院、国家灯具质量检验检测中心、上海亚明照明有限公司、昕诺飞（中国）投资有限公司、欧普照明股份有限公司、上海三思电子工程有限公司、上海子光信息科技有限公司、上海盛丽光电科技有限公司、华荣照明有限公司、佛山电器照明股份有限公司。

本文件主要起草人：戴奇、居家奇、杨樾、高欢忠、龚向阳、黄振帼、朱华荣、赵俊、全勇、要华、倪伟、赵冠超、张万路、胡治国、卞国权、丁淦元。

本文件及其所代替文件的历次版本发布情况为：

——2020年首次发布为 T/SIEATA 000001-2020；

——本次为第一次修订。

# 中小学校教室照明质量分级评价

## 1 范围

本文件规定了中小学教室照明质量分级评价的要求。

本文件适用于新建、改建、扩建的中小学校教室，包括普通教室、专用教室、公共教学用房、美术教室、实验室等。中等职业学校参照评价。

## 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 50034 建筑照明设计标准

JGJ/T 119 建筑照明术语标准

DB31/T 539 中小学校及幼儿园教室照明设计规范

CIE S 026/E:2018 受光敏视网膜神经节细胞影响的感光反应光辐射测量系统（CIE System for Metrology of Optical Radiation for ipRGC-Influenced Responses to Light）

WELL 建筑标准（The WELL Building Standard）

## 3 术语和定义

GB 50034、JGJ/T 119、DB31/T 539、The WELL Building Standard、CIE S 026/E:2018界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

### 3.1

**眼部垂直照度 eye-level vertical illuminance**

面向书写板方向坐视高度（1.2 m）处的垂直照度，反映了直接和间接光到达人眼的照度，单位为勒克斯（lx）。

### 3.2

**统一眩光值 unified glare rating (UGR)**

国际照明委员会（CIE）用于度量处于室内视觉环境中的照明装置发出的光对人眼引起不舒适感主观反应的心理参量。

[来源：GB 50034-2014，2.0.36]

### 3.3

**视黑素等效勒克斯 equivalent melanopic lux (EML)**

按等能光谱（CIE标准光源E）条件下五种感光细胞对应的等效照度数值与明视觉照度数值相等的原则选取各等效照度的缩放系数，由此获得的非视觉感光细胞ipRGC等效照度数值定义为视黑素等效勒克斯EML，作为节律照明设计的量化指标。EML数值计算公式如下：

$$EML = 72983.25 \int E_{e,\lambda}(\lambda) N_z(\lambda) d\lambda \dots\dots\dots (1)$$

式中：

$\lambda$  ——当单位取纳米（nm）时的波长数值（380~780）；

$E_{e,\lambda}(\lambda)$  ——当单位取瓦每平方米每纳米（W/m<sup>2</sup>/nm）时，单位面积光谱功率密度分布数值；

$N_z(\lambda)$  ——视黑素光谱光视效能函数（见附录C）。

### 3.4

**视黑素等效日光（D65）照度 melanopic equivalent daylight (D65) illuminance (m-EDI)**

由CIE标准光源D65产生相同的视黑素等效照度时，该D65标准光源的照度数值称为视黑素等效日光(D65)照度，简称为m-EDI，单位为勒克斯(lx)。m-EDI计算公式如下：

$$m - EDI = EML \times \gamma \dots\dots\dots (2)$$

式中：

EML ——视黑素等效勒克斯（见3.3）；

$\gamma$  ——常数，数值为0.9063，为EML和m-EDI的数值换算系数。

#### 4 技术要求

##### 4.1 概述

符合相关验收标准的中小学教室照明质量按本文件进行三个层级的评价：AAA级、AAAA级和AAAAA级，其中AAAAA级最高。

##### 4.2 无视觉显示终端的教室

###### 4.2.1 普通教室、专用教室、公共教学用房等

教室照明质量分级评价时各层级应符合表1规定的要求。

表1 中小学校普通教室、专用教室、公共教学用房等照明质量分级评价

评价级别		AAA级	AAAA级	AAAAA级
视觉需求 指标	水平照度 <sup>a</sup> lx	白天时段：≥300 夜间时段：≥300	白天时段：≥500 夜间时段：≥300	白天时段：≥500 夜间时段：≥300
	眼部垂直照度 lx	白天时段：≥150	白天时段：≥200	白天时段：≥200
	照度参考平面及高度	详见 <sup>b</sup>		
	座位区域UGR <sup>c</sup>	≤16		
	一般显色指数R <sub>a</sub>	≥90		
	特殊显色指数R <sub>9</sub>	≥50		
	水平照度均匀度	≥0.70		
	眼部垂直照度均匀度	≥0.60		
	书写板照度 lx	≥500		
	书写板照度均匀度	≥0.80		
	讲台区域UGR <sup>d</sup>	≤19		
	书写板灯具位置要求	详见附录A.3		
节律照明 指标	m-EDI（或EML） lx	白天时段：≥135 （或EML≥150）	白天时段：≥135 （或EML≥150）	白天时段：≥180 （或EML≥200）
		-	-	夜间时段：≤120 （或EML≤130）
照明系统 要求	控制系统	a) 应具有机械开关控制，宜结合智能照明控制系统； b) 宜采用控制面板形式，宜具有智能调光、建立场景、节能统计、更换提醒、维护巡检、与自然采光联动等功能，条件允许下可统一接入学校现有数字校园网络； c) 每个照明开关所控制的灯具数不宜多于3个； d) 教室灯具宜采取分区分组控制措施； e) 书写板灯具应采用单独控制措施。	a) 应满足AAA级要求； b) 应具备分模式调光功能，包括一般模式和投影模式。以投影模式教学时，由人工照明在多媒体垂直面产生的平均照度应≤100lx，课桌面水平照度应≥200lx，眼部垂直照度应≥100lx； c) 应具备分时段调光功能，包括但不限于以下模式： 1) 白天模式 2) 夜间模式	a) 应满足AAAA级要求； b) 应具有可调色温功能，建议： 1) 白天时段采用中等色温(3800K—5300K) 2) 夜间时段（晚自习）模式下，采用低色温(3300K—3800K)

表1 (续)

评价级别		AAA 级	AAAA 级	AAAAA 级
节能要求	照明功率密度 $W/m^2$	$\leq 9$		
注1: 表中“—”表示不作要求。				
注2: 办公室、会议室、卫生保健室等可参照普通教室对应要求。				
<sup>a</sup> 本文件规定的照度除标明外均为维持平均照度, 维护系数取值为0.8。 <sup>b</sup> 水平照度以课桌面为参考平面, 在无法确定参考平面情况下, 采用0.75 m高度作为参考平面高度; 眼部垂直照度以坐姿视线高度1.2 m的水平面为参考平面, 方向为垂直于书写板; 书写板照度以书写板表面为参考平面。 <sup>c</sup> 学生座位区域距教室地面高度1.2 m处(即坐姿视线高度)面向书写板方向的UGR, 具体测量参照附录B。 <sup>d</sup> 教师讲台区域距讲台地面高度1.5 m处(即站姿视线高度)背对书写板方向由教室灯所产生的UGR, 具体测量参照附录B。				

#### 4.2.1.1 美术教室、专业实验室等

教室照明质量分级评价时各层级应符合表2规定的要求。

表2 中小学校美术教室、专业实验室等照明质量分级评价

评价级别		AAA 级	AAAA 级	AAAAA 级
视觉需求 指标	水平照度 <sup>a</sup> $lx$	$\geq 500$	$\geq 750$	$\geq 750$
	座位区域 UGR <sup>b</sup>	$\leq 16$	$\leq 16$	$\leq 13$
	照度参考平面及高度	详见 <sup>c</sup>		
	一般显色指数 $R_a$	$\geq 90$		
	特殊显色指数 $R_9$	$\geq 50$		
	水平照度均匀度	$\geq 0.70$		
	眼部垂直照度 $lx$	$\geq 200$		
	眼部垂直照度均匀度	$\geq 0.60$		
	书写板照度 $lx$	$\geq 500$		
	书写板照度均匀度	$\geq 0.80$		
	讲台区域 UGR <sup>d</sup>	$\leq 19$		
	书写板灯具位置要求	详见附录A.3		
节能要求	照明功率密度 $W/m^2$	$\leq 9$	$\leq 13.5$	$\leq 13.5$
<sup>a</sup> 本文件规定的照度除标明外均为维持平均照度, 维护系数取值为0.8。 <sup>b</sup> 学生座位区域距教室地面高度1.2 m处(即坐姿视线高度)面向书写板方向的UGR, 具体测量参照附录B。 <sup>c</sup> 美术教室的作业面一般情况下为水平课桌面, 在无法确定参考平面情况下, 采用0.75 m高度作为参考平面高度, 专业实验室的作业面为实验桌面, 眼部垂直照度以坐姿视线高度1.2 m的水平面为参考平面, 方向为垂直于书写板。 <sup>d</sup> 教师讲台区域距讲台地面高度1.5 m处(即站姿视线高度)背对书写板方向由教室灯所产生的UGR, 具体测量参照附录B。				

#### 4.3 有视觉显示终端的教室

讲台区域配备电脑或(和)电视显示终端的教室应满足表1和表2的要求, 应选用合适的灯具安装位置及亮度控制装置, 避免电脑和电视屏幕等视觉终端反射光线影响视觉舒适。

### 5 测试方法

#### 5.1 测试条件

本文件各项指标的测试条件应满足下列规定:

- a) 应在没有天然光和其他非被测光源影响下进行照明测量；
- b) 应排除杂散光射入测量仪器光接受器，并防止各类人员和物体对光接受器造成遮挡；
- c) 应在照明灯具燃点稳定后进行现场照明测试。

## 5.2 测试要求

各项指标的测试应按下列规定的要求进行：

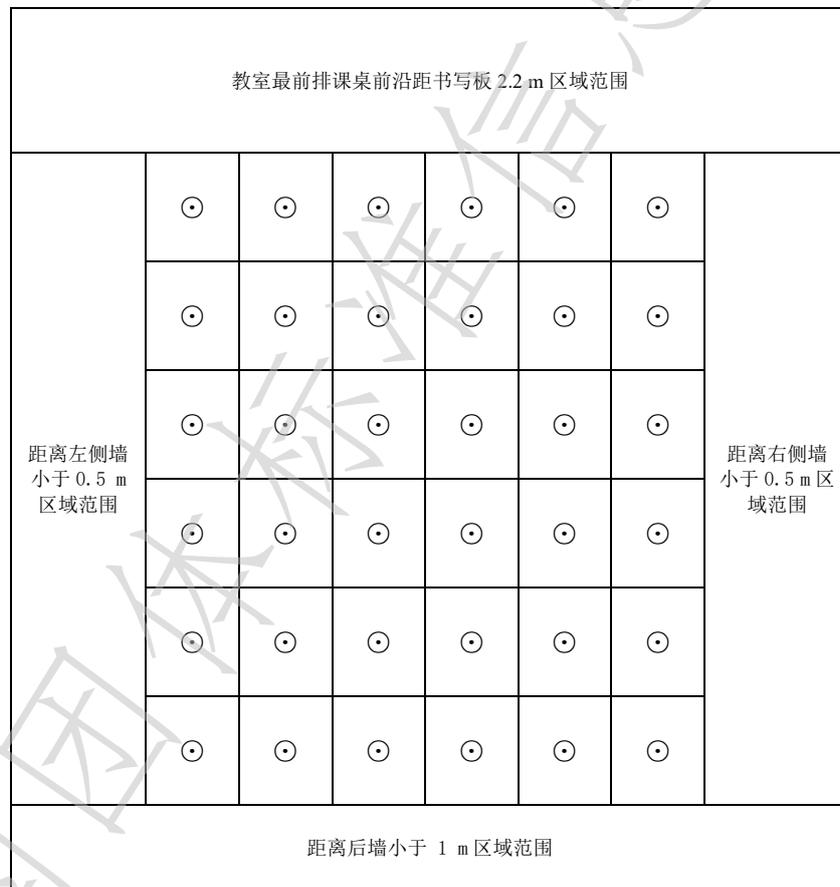
- a) 水平照度、眼部垂直照度、书写板照度的现场检测按附录 A 的方法；
- b) 座位区域统一眩光值 UGR、讲台区域统一眩光值 UGR 的现场检测按附录 B 的方法；
- c) 视黑素等效日光 (D65) 照度 m-EDI、视黑素等效勒克斯 EML 的现场检测按附录 C 的方法；
- d) 其他指标按 GB/T 5700、GB 7000.1、GB 50034、DB31/T 539 的方法。

**附录 A**  
**(规范性)**  
**标准限值测量方法及均匀度计算方法**

**A.1 水平照度**

按照GB/T 5700的要求,中小学校教室水平照度按中心布点法进行测量点的布置,应满足下列要求:

将教室水平照度的测量区域以尺寸为 $1\text{ m} \times 1\text{ m}$ 的正方形矩形网格进行划分,在各网格中心位置布置测量点,如图A.1所示。教室最前排课桌前沿距书写板水平距离 $2.2\text{ m}$ 处至教室后墙范围作为水平照度测量区域,网格距后墙不足 $1\text{ m}$ 、距两侧墙均不足 $0.5\text{ m}$ 时停止划分,划分网格左右对称居中位于测量区域内。参考平面应取桌面或距地面 $0.75\text{ m}$ 高的水平面为工作面,也可根据实际情况选定其他工作面。



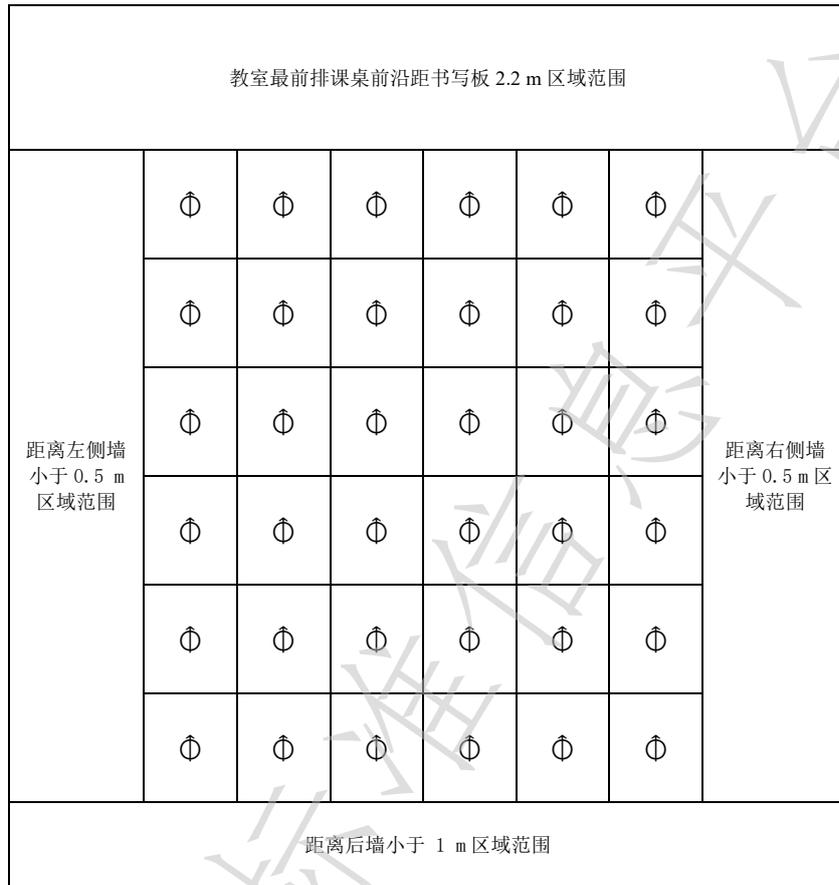
注: ⊙——水平照度测量点

图A.1 水平照度测量点分布示意图

**A.2 眼部垂直照度**

按照GB/T 5700的要求,中小学校教室眼部垂直照度按中心布点法进行测量点的布置,测点布置方法与水平照度相同,应满足下列要求:

测试高度选取坐姿视线高度 $1.2\text{ m}$ ,仅测量平行于书写板法线、朝向书写板方向处的眼部垂直照度(即垂直于书写板),如图A.2所示。



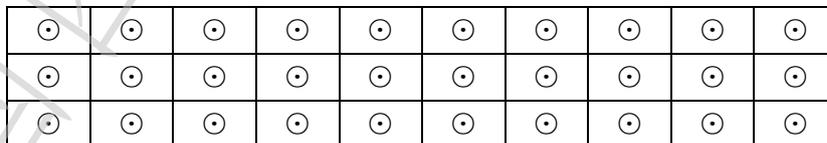
注：⊕——眼部垂直照度测量点。

图A.2 眼部垂直照度测量点分布示意图

### A.3 书写板照度

按照GB/T 5700的要求，中小学校教室书写板照度按中心布点法布置测量点，应满足下列要求：

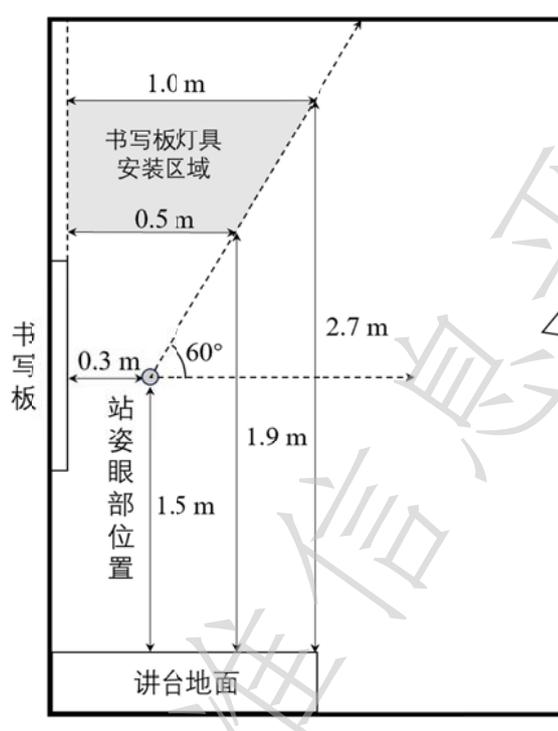
以教室书写板规格长4 m，宽1.2 m 为参考平面，单位测试面积0.4 m × 0.4 m，共10×3个测量点，取网格中心位置为测量点，如图 A.3 所示。



注：⊙——书写板照度测量点。

图A.3 书写板照度测点分布示意图

书写板照度应由安装在合理位置的书写板灯具提供，使得书写板灯具对讲台使用人站姿眼部位置（距离讲台地面高度1.5 m、距书写板水平距离0.3 m处）无眩光干扰，照明装置不应出现在使用人的垂直方向上60° 视场范围内，书写板灯具可安装的位置区域如图A.4所示。书写板灯具距讲台地面的安装高度和距书写板的水平距离可按图中示例位置进行线性差值换算。



注1：图中所取的 $60^\circ$  为人眼视线中心与垂直向主要视场边界的最大夹角。

注2：图中站姿眼部位置考虑了使用人背靠书写板时，眼部与书写板间的最小水平距离（0.3 m）。

图A.4 书写板灯具安装位置要求示意

#### A.4 照度均匀度

水平照度、眼部垂直照度、书写板照度的均匀度按照GB/T 5700、GB 50034等文件的要求，依据实测结果进行计算。

## 附录 B (规范性) 统一眩光值 UGR 测量方法

### B.1 统一眩光值 UGR

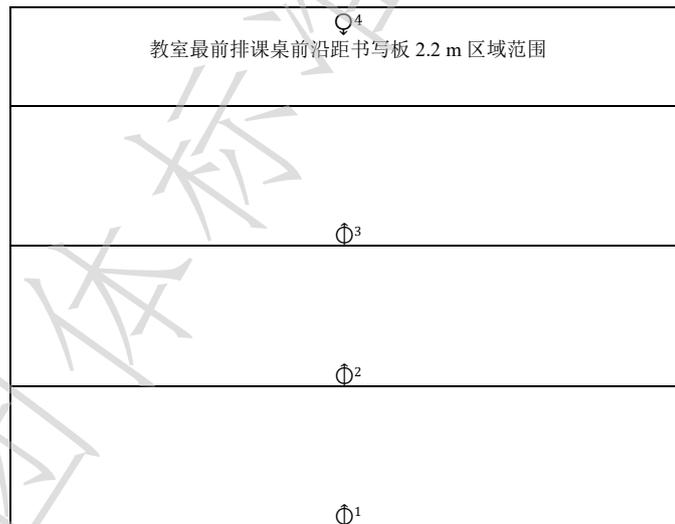
通过对教室座位区域的统一眩光值UGR进行规定，从而保证达到规定的眼部垂直照度要求时，眼部垂直照度主要是由间接光贡献的。通过对讲台区域的统一眩光值UGR进行规定，从而保证位于讲台区域的人员面向教室空间的视觉舒适性。

### B.2 测量位置及取点分布

座位区域统一眩光值UGR的主要测量区域为教室最前排课桌前沿离书写板水平距离2.2 m处至教室后墙范围，将教室该区域均匀分成3个部分，选取每一部分的后边线中点作为测量点，测试高度为坐姿视线高度1.2 m，视线水平朝向书写板（即垂直于书写板），具体测点分布如图B.1所示。各个位置测量时，将观测点水平线前方的灯具均纳入测量范围，3个测量点编号分别为1、2、3。

讲台区域统一眩光值UGR的测试位置为书写板所在墙面中点，测试高度为距讲台地面高度1.5 m处（即站姿视线高度），视线水平朝向教室后墙，具体测点分布如图B.1所示测量点编号为4。

对于不同位置的UGR测量和计算，可视作为改变了观察者的视看位置，灯具相对于观察者的位置系数，可通过计算或查阅GB 50034-2013 中附录A的表格A.0.1获得。



图B.1 统一眩光值（UGR）测点分布示意图

### B.3 中小学校教室照明质量分级评价 UGR 测量要求

根据照明质量评价分级，对于各层级的中小学校教室照明座位区域UGR要求如下：

- a) AAA级和AAAA级应满足：编号1处测点测得的座位区域UGR符合表1、表2要求；
- b) AAAAA级应满足：编号1、2、3处测点测得的座位区域UGR均符合表1、表2要求。

### B.4 测量要求和计算方法

具体的测量要求和计算方法参照GB 50034。

## 附录 C (规范性) 节律照明指标测量和计算方法

### C.1 视黑素等效勒克斯 EML/视黑素等效日光 (D65) 照度 m-EDI

视黑素等效勒克斯 EML 是一种用于量化光照节律效应的指标。它是由 Robert J. Lucas 等人提出的。Lucas 等人提供了一个基于 excel 程序的计算器，可以计算视网膜中 5 种感光细胞（三种视锥细胞、一种视杆细胞和一种 ipRGC）分别对应的等效勒克斯数值。将非视觉感光细胞 ipRGC 对应的等效照度定义为视黑素等效勒克斯，并以此作为节律照明设计的量化指标。

注：以上内容改写自 WELL 建筑标准，TABLE L1: Melanopic Ratio。

视黑素等效日光 (D65) 照度 m-EDI 是一种用于量化光照节律效应的指标，它是由国际照明委员会 (International Commission on illumination, CIE) 在 Robert J. Lucas 等人的研究基础上提出的，它指的是以 CIE 标准光源 D65 (Daylight 6500 K) 产生与待测场景相同的视黑素等效照度时，该 D65 光源产生的照度值即为待测场景的 m-EDI 值，并以此作为节律照明设计的量化指标。m-EDI 和 EML 两项指标本质上并无差异，二者在数值上存在换算关系，详见 3.4。

### C.2 测量位置与取点分布

视黑素等效日光 (D65) 照度 m-EDI、视黑素等效勒克斯 EML 的测量位置（测试高度、测量视线方向）与取点分布，同眼部垂直照度的现场检测要求保持一致，详见附录 A.2。可通过光谱照度计测得各测量点的单位面积光谱功率密度分布数值并导出，参照附录 C.3 或 C.4 的方法计算即可得到相应的 m-EDI 或 EML 数值；或使用专用设备直接测量 m-EDI 或 EML 数值。

### C.3 视黑素等效勒克斯 EML 的计算方法

Robert J. Lucas 等人对 EML 的数值计算方法给出了说明，具体表达公式如下：

$$EML = \frac{K_m \int E_{e,\lambda}(\lambda) N_z(\lambda) d\lambda \cdot \int V(\lambda) d\lambda}{\int N_z(\lambda) d\lambda} \dots\dots\dots (C.1)$$

式中：

$\lambda$  —— 可见光波长，单位为纳米 (nm)，范围为 380 ~ 780 nm；

$K_m$  —— 常数，代表明视觉最大光谱光视效能，数值为 683.002；

$V(\lambda)$  —— 明视觉光谱光视效能函数，详见表 C.1；

$E_{e,\lambda}(\lambda)$  —— 单位面积光谱功率密度分布实测数值，单位为瓦每平方米每纳米 (W/ m<sup>2</sup>/ nm)；

$N_z(\lambda)$  —— 视黑素光谱光视效能函数，详见表 C.1，该函数考虑了 32 岁标准观察者的晶状体光谱透射函数修正。虽然非视觉感光细胞 ipRGC 的光谱光视效能函数峰值约为 480 nm，但考虑到成人眼睛晶状体的光谱透射函数，因此表 C.1 中的视黑素光谱光视效能函数峰值为 490 nm。

由于  $\int V(\lambda) d\lambda$  数值为 106.857 并且  $\int N_z(\lambda) d\lambda$  数值被定义为等于 1，因此，可对上述公式进一步简化：

$$EML = 72983.25 \int E_{e,\lambda}(\lambda) N_z(\lambda) d\lambda \dots\dots\dots (C.2)$$

注：此表达式为简化后公式，为方便计算，在本标准第 3.4 处以简化公式出现。

### C.4 视黑素等效日光 (D65) 照度 m-EDI 的计算方法

国际照明委员会 (CIE) 对 EML 的数值计算方法给出了说明，具体表达公式如下：

$$m-EDI = \frac{\int E_{e,\lambda}(\lambda) s_{mel}(\lambda) d\lambda}{K_{mel,V}^{D65}} = \frac{\int E_{e,\lambda}(\lambda) s_{mel}(\lambda) d\lambda}{1.3262 \text{ mW} \cdot \text{lm}^{-1}} \dots\dots\dots (C.3)$$

式中：

$\lambda$  —— 可见光波长，单位为纳米 (nm)，范围为 380 ~ 780 nm；

$K_{mel,V}^{D65}$  —— 常数，日光 (D65) 辐射视黑素的效能，数值为 1.3262 mW/lm；

$E_{e,\lambda}(\lambda)$  —— 单位面积光谱功率密度分布实测数值，单位为瓦每平方米每纳米 (W/ m<sup>2</sup>/ nm)；

$s_{mel}(\lambda)$  —— 视黑素蛋白光谱响应的函数，该函数与 C.3 中  $N_z(\lambda)$  函数的形状相同（仅归一化条件不同），考虑了 32 岁标准观察者的晶状体光谱透射函数修正。

表C.1 视黑素及视觉响应数值表

波长 $\lambda$ nm	视黑素光谱光视效能函数 $N_2(\lambda)$	视黑素蛋白光谱响应的函数 $s_{mel}(\lambda)$	明视觉光谱光视效能函数 $V(\lambda)$
380	0.000010	0.000918	0.000039
385	0.000019	0.001484	0.000064
390	0.000035	0.003094	0.000120
395	0.000067	0.005880	0.000217
400	0.000130	0.011428	0.000396
405	0.000260	0.022811	0.000640
410	0.000526	0.046155	0.001210
415	0.000906	0.079477	0.002180
420	0.001565	0.137237	0.004000
425	0.002134	0.187096	0.007300
430	0.002895	0.253865	0.011600
435	0.003658	0.320679	0.016840
440	0.004580	0.401587	0.023000
445	0.005406	0.474002	0.029800
450	0.006315	0.553715	0.038000
455	0.007182	0.629654	0.048000
460	0.008076	0.708049	0.060000
465	0.008956	0.785216	0.073900
470	0.009812	0.860291	0.090980
475	0.010467	0.917734	0.112600
480	0.011013	0.965605	0.139020
485	0.011299	0.990621	0.169300
490	0.011406	1.000000	0.208020
495	0.011315	0.992022	0.258600
500	0.011017	0.965952	0.323000
505	0.010519	0.922299	0.407300
510	0.009842	0.862888	0.503000
515	0.008956	0.785233	0.608200
520	0.007980	0.699628	0.710000
525	0.006951	0.609422	0.793200
530	0.005923	0.519309	0.862000
535	0.004933	0.432533	0.914850
540	0.004011	0.351707	0.954000
545	0.003184	0.279135	0.980300
550	0.002460	0.215722	0.994950
555	0.001848	0.162056	1.000000
560	0.001352	0.118526	0.995000
565	0.000962	0.084346	0.978600
570	0.000670	0.058701	0.952000
575	0.000456	0.040009	0.915400
580	0.000307	0.026875	0.870000
585	0.000204	0.017862	0.816300
590	0.000134	0.011790	0.757000
595	0.000088	0.007734	0.694900
600	0.000058	0.005067	0.631000
605	0.000038	0.003318	0.566800
610	0.000025	0.002177	0.503000
615	0.000016	0.001433	0.441200
620	0.000011	0.000947	0.381000
625	0.000007	0.000628	0.321000
630	0.000005	0.000418	0.265000

表C.1 (续)

波长 $\lambda$ nm	视黑素光谱光视效能函数 $N_z(\lambda)$	视黑素蛋白光谱响应的函数 $S_{mel}(\lambda)$	明视觉光谱光视效能函数 $V(\lambda)$
635	0.000003	0.000280	0.217000
640	0.000002	0.000188	0.175000
645	0.000001	0.000127	0.138200
650	0.000001	0.000087	0.107000
655	0.000001	0.000059	0.081600
660	0.000000	0.000041	0.061000
665	0.000000	0.000028	0.044580
670	0.000000	0.000020	0.032000
675	0.000000	0.000014	0.023200
680	0.000000	0.000010	0.017000
685	0.000000	0.000007	0.011920
690	0.000000	0.000005	0.008210
695	0.000000	0.000003	0.005723
700	0.000000	0.000002	0.004102
705	0.000000	0.000002	0.002929
710	0.000000	0.000001	0.002091
715	0.000000	0.000001	0.001484
720	0.000000	0.000001	0.001047
725	0.000000	0.000000	0.000740
730	0.000000	0.000000	0.000520
735	0.000000	0.000000	0.000361
740	0.000000	0.000000	0.000249
745	0.000000	0.000000	0.000172
750	0.000000	0.000000	0.000120
755	0.000000	0.000000	0.000085
760	0.000000	0.000000	0.000060
765	0.000000	0.000000	0.000042
770	0.000000	0.000000	0.000030
775	0.000000	0.000000	0.000021
780	0.000000	0.000000	0.000015

### C.5 Robert J. Lucas 团队基于 excel 表格的 EML 数值计算器

EML数值也可通过Robert J. Lucas团队提供的excel计算器进行计算。将单位面积光谱功率密度分布数据导入excel计算器,在“5) Human retinal photopigment complement (all weighed)”一栏中“Melanopsin”所对应的 $\alpha$ -opic lux值即为输出的视黑素等效勒克斯EML的数值。

## 参 考 文 献

- [1] GB/T 5700 照明测量方法
- [2] GB 7793 中小学校教室采光和卫生标准
- [3] GB/T 13379 视觉工效学原则 室内照明场所
- [4] GB/T 36876 中小学校普通教室照明设计安装卫生要求
- [5] GB 50033 建筑采光设计标准
- [6] GB/T 50378 绿色建筑评价标准
- [7] ISO 8995:2002(E) CIE S 008/E-2001 Lighting of indoor work places
- [8] CIE S 026/E:2018 CIE System for Metrology of Optical Radiation for ipRGC-Influenced Responses to Light.
- [9] EN 12464-1:2011 Light and lighting — Lighting of work places Part 1: Indoor work places
- [10] The Lighting Handbook: Tenth Edition: Reference and Application. [M] the Illuminating Engineering Society of North America (IES)
- [11] Robert J. Lucas, et al., Measuring and using light in the melanopsin age. [J] Trends in Neuroscience, Jan 2014
- [12] Robert J. Lucas, et al., Irradiance Toolbox User Guide. Oct 2013  
<http://lucasgroup.lab.manchester.ac.uk/measuringmelanopicillumiance/>
- [13] 胡治国, 魏彬, 丁文超, 黄滢滢, 戴奇. 面向视觉与节律健康需求的中小学校教室照明研究[J]. 照明工程学报, 第33卷第6期, 17-26 (2022).
-