

教室健康照明设计的研究与应用

阮程¹, 黄耀伟¹, 张鑫^{1,2}, 汪洋^{1,2}

(1. 长春希达电子技术有限公司, 吉林 长春 130103;
2. 中国科学院长春光学精密机械与物理研究所, 吉林 长春 130103)

摘要: 基于现行教室照明标准、规范及要求, 梳理了教室光健康指标, 调研了目前中小学教室照明光环境并进行整改设计, 为了提高视觉健康度和舒适度, 提出了面向教室健康光环境的照明设计策略。

关键词: 光健康指标; 视觉健康度和舒适度; 光环境; 设计策略

中图分类号: TM923 文献标识码: A DOI: 10.3969/j.issn.1004-440X.2020.06.012

Research and Application of Health Lighting Design in Classroom

RUAN Cheng¹, HUANG Yaowei¹, ZHANG Xin^{1,2}, WANG Yang^{1,2}

(1. Changchun Cedar Electronics Technology Co., Ltd., Changchun 130103, China; 2. Changchun Institute of Optics, Fine Mechanics and Physics, Chinese Academy of Sciences, Changchun 130103, China)

Abstract: Based on the current classroom lighting standards, specifications and requirements, the classroom light health indicators are sorted out. We investigated the current classroom lighting environment in primary and secondary schools and rectified design to improve visual health and comfort. Finally, we proposed a design strategy for the healthy light environment of the classroom.

Key words: light health indicators; visual health and comfort; light environment; design strategy

引言

随着人们对健康的需求越来越强烈, 亟需对儿童青少年视觉健康光环境进行优化设计, 提高照明光品质和光健康水平。本文基于目前国家标准要求, 结合教室健康照明实际需求^[1-5], 梳理教室照明光健康和光品质参数, 提出当下教室照明设计策略建议, 助力教室健康照明发展。

1 教室健康照明指标梳理

根据目前对传统教室照明光环境的调研测试和

GB 7793—2010《中小学教室采光和照明卫生标准》、GB 50099—2011《中小学校设计规范》以及GB 50034—2013《建筑照明设计要求》的基本要求, 从光品质和光健康两个维度对教室健康照明光环境因数及指标要求进行分析梳理, 本文把光品质分为相关色温 T_c 、显色指数 R_a 、特殊显色指数 R_9 、色容差 SDCM、色漂 D_{uv} 、色彩逼真度 R_f 以及色彩饱和度 R_g 七项参数; 光健康分为照度、照度均匀度、蓝光危害、频闪、眩光、光谱以及舒适度七项参数。以上参数根据国家标准对教室照明灯具光电色指标, 及光生物安全性指标进行严格要求, 如图1所示。本文建议选用教室照明灯具的参数测试结果应该符合图1的要求。

基金项目: 吉林省科技发展计划技术攻关项目 (批准号: 20200401004GX)

通信作者: 阮程, E-mail: ruanc@ccxida.com



图 1 教室健康照明光环境参数

Fig. 1 Light environment indicators of healthy lighting in classroom

2 光生物安全、光品质及光健康标准

面临健康照明市场迫切需求及产品设计的多样化，国内外进行相关标准规范的部署，已经发布的基于光

生物效应的相关标准可分为三大类：第一类是基于光生物安全的标准；第二类是基于光品质的标准；第三类是光健康标准^[6]。对于第一类光生物安全标准，目前广泛使用的包括 12 项（表 1），与光品质相关的标准共计 14 项（表 2），与光健康相关的标准共有 11 项（表 3）。

表 1 光生物安全相关标准

Table 1 Standards related to photobiological safety

标准号	标准名称	UV	Blue	IR
IEC 60432-1 Ed2. 2	Tungsten Filament Lamps for Domestic and Similar General Lighting Purposes	N	N	N
IEC 60432-2 Ed2. 2	Tungsten Halogen Lamps for Domestic and Similar General Lighting Purposes	N	N	N
IEC 60432-3 Ed2	Tungsten Halogen Lamps (Non-vehicle)	Y	N	Y
IEC 60968 Ed3	Self-ballasted Lamps for General Lighting Services	Y	N	N
IEC 61195 Ed2. 2	Double-capped Fluorescent Lamps	Y	N	N
IEC 61199 Ed3. 2	Single-capped Fluorescent Lamps	Y	N	N
IEC 62035 Ed2	Discharge Lamps (Excluding Fluorescent Lamps)	Y	Y	N
IEC 62031 Ed2. 2	LED Modules for General Lighting	Y	Y	N
IEC 62560 Ed1	Self-ballasted LED-Lamps for General Lighting Services by Voltage > 50 V	Y	Y	N
IEC 62776 Ed1	Double-capped LED Lamps for General Lighting Services	Y	Y	N
IEC 62663-1 Ed1	Non-ballasted LED-Lamps	Y	Y	N
IEC 60598-1 Ed8	Luminaires Part 1: General Requirements and Tests	Y	Y	N

表 2 光品质相关标准

Table 2 Standards related to light quality

序号	类别	标准号	标准名称
1	综合型	ISO 8995-1: 2002 (E) /CIE S 008/E: 2001	Lighting of work places-Part 1: Indoor
2		ANSI/IESNA RP-1-04	American National Standard Practice for Office Lighting
3		EN 12464-1: 2011	Light and lighting-Lighting of work places -Part 1: Indoor work places
4	色温	GB 50034—2013	建筑照明设计标准
5		CIE 205: 2013	Review of Lighting Quality Measures for Interior Lighting with LED Lighting Systems
6		CIE 218—2016	Research Roadmap for Healthful Interior Lighting Applications
7		CIE 015—2004	Colorimetry
8		ANSI C 78. 377—2017	American National Standard for Electric Lamps-Specifications for the Chromaticity of Solid State Lighting Products
9		CIE 013. 3—1995	Method of Measuring and Specifying Colour Rendering Properties of Light Sources
10		GB/T 26180—2010 (IDT CIE 13. 3—1995)	光源显色性评价方法 光源显色性的表示和测量方法
11	显色指数	CIE 177: 2007	Colour Rendering of White LED Light Sources
12		IES TM-30-15	IES Method for Evaluating Light-Source Color Rendition
13		CIE TN 224-2017	Colour Fidelity Index for Accurate Scientific Use
14		CIE TC 1-91	Methods for Evaluating the Colour Quality of White-Light Sources

表 3 光健康相关标准
Table 3 Standards related to light health

序号	类别	标准号	标准名称
1	眩光	CIE 117-1995	Discomfortable Glare in Interior Lighting
2		GB/Z 26211-2010 (IDT CIE 117-1995)	室内照明不舒适眩光
3		CIE 190: 2010	Calculation and Presentation of Unified Glare Rating Tables for Indoor Lighting Luminaires
4		CIE JTC 7 (D3/D1)	Discomfort caused by glare from luminaires with a non-uniform source luminance
5		CIE TC 2-86	Glare Measurement by Imaging Luminance Measurement Device (ILMD)
6	频闪	IEC TR 61547-1 Edition 2.0 (2017-10)	Equipment for general lighting purposes-EMC immunity requirements-Part 1: An objective light flickermeter and voltage fluctuation immunity test method
7		IEEE Std 1789	Recommended Practices for Modulating Current in High-Brightness LEDs for Mitigating Health Risks to Viewers
8		CIE TN 006: 2016	Visual Aspects of Time-Modulated Lighting Systems-Definitions and Measurement Models
9	VICO	CSA 035.1-2016	LED 照明产品视觉健康舒适度测试第 1 部分: 概述
10		CSA 035.2-2017	LED 照明产品视觉健康舒适度测试第 2 部分: 测试方法-基于人眼生理功能的测试方法及技术要求
11		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

3 教室健康照明设计及应用研究

传统教室使用照明灯具存在色温高、照度和均匀度偏低、眩光和频闪严重等问题，儿童和青少年长时间在此环境中作业和生活会造成严重的视疲劳，影响视力健康和学习效率，本文通过模拟实际应用场景，对教室照明光环境优化设计，高于标准要求实现教室健康照明光环境。本设计按照标准教室尺寸：9 m(长) × 7 m(宽) × 3.6 m(高) 进行照明模拟，灯具选用类型和参数如表 4 所示。采用 9 盏教室灯和 3 盏黑板灯进行室内照明模拟，灰阶等照度图和伪彩表现图如图 2 所示，桌面和黑板面照度均匀分布，光通维持率设置为 0.8，课桌面平均照度为 559 lx，照度均匀度为 0.858；黑板面平均照度为 665 lx，照度均匀度为 0.805，对比表 1 和表 2，完全满足光生物安全和光品质的标准要求。

表 4 教室健康照明灯具规格参数

Table 4 Specification parameters of classroom health lighting

产品类型	色温/K	显色指数	波动深度	蓝光等级	眩光 UGR	光谱
教室灯	5 000	>90	<1%	RG0	<10	自然光谱
黑板灯	5 000	>90	<1%	RG0	<10	自然光谱

按照上述照明设计进行实际教室照明改造，改造前后实测数据对比如表 5 所示，改造后桌面平均照度为 534 lx，照度均匀度（最小照度/平均照度）为 0.81，黑板面平均照度为 651 lx，照度均匀度为 0.82，均高于国标要求。改造前后现场对比如图 4

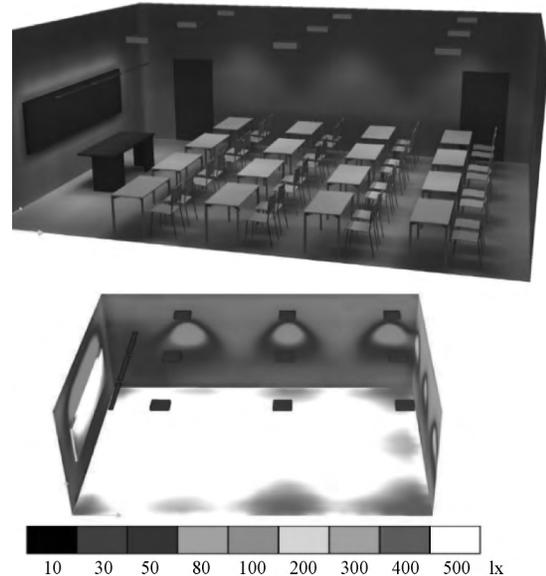


图 2 灰阶照度图和伪彩表现图

Fig. 2 Gray scale map and pseudo color rendering

所示，可以看出改造后桌面和黑板面照度明显提高，光分布均匀，无不舒适眩光。

表 5 改造前后实测数据对比表

Table 5 Comparison table of measured data before and after transformation

	桌面平均照度/lx	桌面照度均匀度 U_0	黑板面平均照度/lx	黑板面均匀度 U_0
改造前	169	0.58	160	0.56
改造后	534	0.81	651	0.82

根据儿童青少年实际视觉健康和作业效率需求，优选高指标照明灯具，提出教室健康照明光环境设计相关指标建议值如表 6 所示。

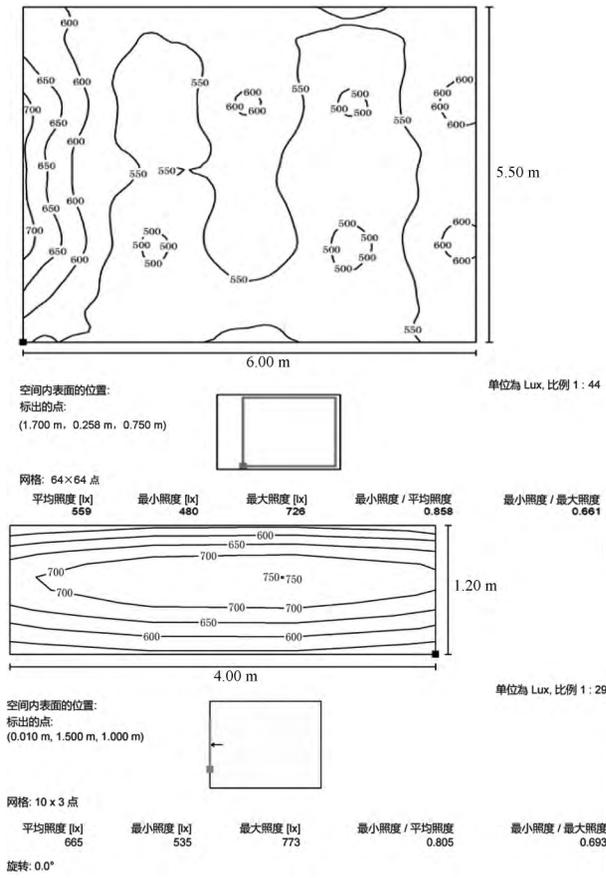


图3 课桌面和黑板面照度及照度均匀度模拟

Fig.3 Simulation of illumination and illumination uniformity of desktop and blackboard



图4 照明改造前后现场对比

Fig.4 Field comparison before and after lighting transformation

表6 教室健康照明设计指标建议

Table 6 Suggestions on design indicators of healthy lighting in classroom

参数	标准值	建议值
课桌面平均照度/lx	≥300	500~750
黑板面平均照度/lx	≥500	600~850
色温/K	3 300~5 300	5 000±300
显色指数 R_a	≥80	≥90
眩光指数 UGR	≤19	≤13
频闪	10 Hz $f \le 90 \text{ Hz}$ 90 Hz $f \le 3 \text{ 125 Hz}$ <math>f >="" 125="" 3="" \text{="" hz}<="" math=""></math>f>	PF ≤ 0.01 × f PF ≤ 0.032 × f 免除考核
蓝光危害等级	不超过 RG1	RG0

4 结语

本文对目前国内外关于教室健康照明的标准进行梳理,按照光生物安全、光品质与光健康的标准要求进行分类汇总,在实际标准教室进行照明设计和改造前后实测分析,建议设计人员在教室健康照明设计时参考表6中的建议要求,合理进行照明设计,积极推动“学校教育场所照明用具准入制度”及“学校照明标准”的建立,进一步提高教室及家庭健康光环境质量。

参考文献

- [1] 曾珊珊,郭娅,蔡建奇.面向健康光环境的生物机理研究、标准及应用探讨[J].建筑技艺,2020(5):62-65.
- [2] 赵建平,王书晓,高雅春.健康照明应用研究发展与展望[J].科学通报,2020,65(4):300-310.
- [3] 吴育林,魏彬,林庆,等.关于构建光健康理论体系的研究[J].照明工程学报,2020,31(1):192-195.
- [4] 黄滢滢,林怡,戴奇.节律健康照明的光谱和照明设计优化[J].照明工程学报,2019,30(6):11-17.
- [5] 瞿佳,侯方,周佳玮,等.近视防控教室LED照明专家共识[J].照明工程学报,2019,30(6):36-40.
- [6] 健康照明标准进展报告:T/CSA/TR 007—2018[S].国家半导体照明工程研发及产业联盟,2018.