

ICS 29.140.40

K 72

团体标准

T/ZSLA 001-2022

室内健康照明灯具技术要求

Technical requirements for indoor healthy luminaires

2022-02-15 发布

2022-02-15 实施

中山市照明电器行业协会 发布

目 次

| | |
|----------------|-----|
| 前 言..... | III |
| 1 范围..... | 1 |
| 2 规范性引用文件..... | 1 |
| 3 术语和定义..... | 1 |
| 4 设计理念..... | 9 |
| 5 一般要求..... | 10 |
| 6 技术要求..... | 10 |

前 言

本标准按照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》给出的规则起草。

本标准由中山市照明电器行业协会标准化技术委员会提出并归口。

本标准起草单位: 广东莱亚智能光电股份有限公司、中山市木林森照明工程有限公司、欧普照明电器(中山)有限公司、中山火炬职业技术学院、江苏省中医院、中山市华艺灯饰照明股份有限公司、中山市两益照明有限公司、中山市松伟照明电器有限公司、中山市阿鲁米尼照明有限公司、中山市沃尔森照明科技有限公司、中山市南威灯饰有限公司、中山市芯晟照明科技有限公司、中山市澳克士照明电器有限公司、中山市意米欧照明有限公司、中山市逸光照明科技有限公司、中山市星特智能光电有限公司、中山市奈斯德智能科技有限公司、江苏艾立特半导体科技有限公司、广东天正科技有限公司、中山市灯都照明技术研究院

本标准主要起草人: 周家祥、朱云波、赵俊、潘城文、王育良、区锦标、欧新见、谢伟、陈真、苏炳杰、李万雄、王孟源、潘振华、蒲江、金哲洙、林壮伟、陈跃、董新立、曹伟、马驰

室内健康照明灯具技术要求

1 范围

本文件规定了室内健康照明灯具技术要求。

本文件适用于中山市健康照明协会会员单位设计生产的各种室内照明灯具。

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 电工术语 照明

GB/T 5700 照明测量方法

GB/T 7921 均匀色空间和色差公式

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/T 13379 视觉工效学原则 室内工作场所照明

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 $\leq 16\text{A}$ ）

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/T 20145 灯和灯系统的光生物安全性

GB/Z 26210 室内电气照明系统的维护

GB/T 31831 LED室内照明应用技术要求

GB/T 34034 普通照明用LED产品光辐射安全要求

GB 50033 建筑采光设计标准

GB 50034 建筑照明设计标准

JGJ/T 119 建筑照明术语标准

T/CIES 020—2019 中小学教室健康照明设计规范

T/CSA/TR 007- 2018 健康照明标准进展报告

DIN SPEC 67600-2013 生物效应照明设计指南

IES LM-63-1991 IES 光度控制数据电子转换的标准文件格式及相关信息

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

健康照明 healthy lighting

基于视觉功效、心理情绪、生理节律、光辐射安全的多因素考量，通过科学的照明设计，采用安全稳定高效的照明产品与智能控制系统，使人们获得有利身心健康的视觉作业光环境。

T/ZSLA 001-2022

[T/CSA/TR 007- 2018]

3.2

光环境 luminous environment

与光产生的生理和心理效果相关的物理环境。

[GB/T 13379-2008, 定义3.1]

3.3

光气候 daylight climate

由太阳直射光、天空漫射光和地面反射光形成的天然光状况。

[GB 50033-2013, 定义2.1.9]

3.4

色温(度) colour temperature

当光源的色品与某一温度下黑体的色品相同时,该黑体的绝对温度为此光源的色温度。亦称“色度”。该量的符号为 T_c ,单位为K。

[JGJ/T 119-2008, 定义2.3.21]

3.5

相关色温(度) correlated color temperature (CCT)

当光源的色品点不在黑体轨迹上,且光源的色品与某一温度下的黑体的色品最接近时,该黑体的绝对温度为此光源的相关色温。该量的符号为 T_{cp} ,单位为K。

[JGJ/T 119-2008, 定义2.3.22]

3.6

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程度来表示。该量的符号为R。

[JGJ/T 119-2008, 定义2.3.28]

3.7

一般显色指数 CIE general colour rendering index R_a

对于规定的一组8种试验色样的CIE1974特殊显色指数的平均值。

[JGJ/T 119-2008, 定义2.3.30]

3.8

CIE特殊显色指数 CIE special colour rendering index

由被测照明体和参照照明体分别照明CIE试验色样所呈现的心理物理某一选定的标准颜色样品的显色指数。该量的符号为 R_i 。

[JGJ/T 119-2008, 定义2.3.29]

3.9

闪烁 flicker

由光刺激的光亮度或光谱分布随时间波动所引起的不稳定的目视感觉。

[GB/T 2900.65-2004, 定义845-02-49]

3.10

灯具 luminaire

分配、透过或改变一个或多个光源发出光线的器具，它包括支承、固定和保护光源所必需的所有部件，以及必需的电路辅助装置和将它们连接到电源的装置，但不包括光源本身。

[GB 7000.1-2015, 定义1.2.1]

3.11

工作面 work plane

规定在该平面上进行工作的基准面。

[GB/T 2900.65-2004, 定义845-09-50]

3.12

照度 illuminance E

投射到包含该点的面元上的光通量 $d\Phi$ 除以该面元面积 dA 。

[GB/T 2900.65-2004, 定义845-01-38]

3.13

融合照度 combined illuminance

某一工作面上由天然光与人工照明共同形成的照度。

3.14

维持平均照度 maintained average illuminance

照明装置必须进行维护时，在规定表面上的平均照度值。

[JGJ/T 119-2008, 定义3.2.8]

3.15

照度均匀度 (U0) uniformity ratio of illuminance

工作面上的最小照度与平均照度的比值。

[GB/T 2900.65-2004, 定义845-09-57]

3.16

眩光 glare

由于光亮度分布或范围不适当，或对比度太强，而引起不舒适感或分辨细节或物体的能力减弱的视觉条件。

[GB/T 2900.65-2004, 定义845-02-52]

3.17

直接眩光 direct glare

由处于视场中的自发光物体（尤其靠近视线）而引起的眩光。

[GB/T 2900.65-2004, 定义845-02-53]

3.18

光幕反射 veiling reflection

出现在被观察物体上的镜面反射使对比度降低而部分或全部看不清细部。

[GB/T 2900.65-2004, 定义845-02-55]

3.19

统一眩光值 unified glare rating (UGR)

用于衡量室内环境中由灯具对人眼引起的不舒适眩光的程度，由CIE统一眩光值公式计算。

[改自GB 50034-2013, 定义3.10]

3.20

反射比 reflectance

在入射光线的光谱组成、偏振状态和几何分布给定状态下，反射的辐射通量或光通量与入射的辐射通量或光通量之比。

[GB 50034-2013, 定义2.0.52]

3.21

波动深度 modulation depth

在一个波动周期内，光输出的最大值与最小值的差与光输出最大值及最小值的和之比，以百分比表示。

[GB/T 31831-2015, 定义3.5]

3.22

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]

3.23

局部照明 local lighting

特定视觉工作用的、为照亮某个局部而设置的照明。

[GB 50034-2013, 定义2.0.15]

3.24

重点照明 accent lighting

为提高指定区域或目标的照度，使其比周围区域突出的照明。

[GB 50034-2013, 定义2.0.17]

3.25

直接照明 direct lighting

由灯具发射的光通量的90%-100%部分，直接投射到假定工作面上的照明。

[JGJ/T 119-2008, 定义3.3.14]

3.26

间接照明 indirect lighting

由灯具发射的光通量的10%以下部分，直接投射到假定工作面上的照明。

[JGJ/T 119-2008, 定义3.3.18]

3.27

半直接照明 semi-direct lighting

由灯具发射的光通量的60%-90%部分，直接投射到假定工作面上的照明。

[JGJ/T 119-2008, 定义3.3.15]

3.28

半间接照明 semi-indirect lighting

由灯具发射的光通量的10%-40%部分，直接投射到假定工作面上的照明。

[JGJ/T 119-2008, 定义3.3.17]

3.29

作用光谱 action spectrum

每吸收一个光子时产生的生物或化学变化(或响应)即量子效率对波长所作之图称为效率光谱,即光谱响应率谱或光谱灵敏度谱,在此多指产生某个光生物效应的主要光谱段。

3.30

混光 cocktail light

指两种或两种以上的不同频率的可见光在一定的可视条件下混合在一起的光,在此指多个发光体发出不同频率光,组合形成一个单元照明设备发出的光。

3.31

晨昏昼夜 Morning dizziness day and night

地球向阳面为昼,背阳面为夜。由于地球的自转,其向阳面与背阳面不断交替,形成昼夜交替现象。地球被太阳照亮的半球叫昼半球,不被太阳照亮的半球叫夜半球,昼半球和夜半球的分界线叫晨昏线,晨昏线把所经过的纬线分割成昼弧和夜弧。在赤道上昼弧和夜弧永远相等,地方时为6时的是晨线,18时是昏线,但由于大气的散射作用等,在日出以前和日没以后天空仍较明亮,一般可理解为日出前天已蒙蒙亮为晨,日出到日落前为昼(说文解字:日之出入;释义:从日出到日落的一段光阴。),日落后到天还没有完全黑为昏,天全黑为夜。

3.32

日间 Daytime

意思是指白天,这里表示根据日光入射角的变化呈现晨、昼、昏现象的整个过程,也是高仿天然光节律变化的参照时段。

3.33

自然光 Natural light

自然界中非人为光源发出的可见光,特性为垂直于光波传播方向的所有可能的振动方向的光波强度都相同。

3.34

天然光 Daylight

原意与自然光相同，本文件鉴于太阳光是地球上日间最主要的压倒性光源，也是需高仿的最主要自然光，故将定义局限于专指源于太阳的经太空、大气或其他物体（如水、玻璃等）传播、散射、反射到地球的光。

3.35

自然光源 Natural light source

按产生原理分热效应光源（又包括化学燃烧与热核反应2类）与生物能光源；在自然界中有自发光且持续发光的：如恒星（包括太阳），野火，极光，萤火虫光，夜明珠；自发光非持续的：闪电，地光；非发光的：天空光，月光都属自然光。

3.36

人造（工）光源 Artificial light sources

是随着的文明发展、人类为照明控制的火（如堆火、烛焰）及生产的发光设备称为“人造光源”，根据发光性质，又把利用热效应原理的光源如火把、油灯、蜡烛、白炽灯、卤素灯等，称为“人工热光源”；把光效高、节能的非热效应光源如荧光灯、高压氙灯、LED灯、OLED灯等，称为“人工冷光源”。

3.37

人工视环境 Artificial visual environment

人工建筑内或人工光源为采光主体的场所，称为“人工视环境”。

3.38

自然视环境 Natural visual environment

户外视野开阔，在自然光呈晨昏昼夜节律照明下，能自由活动的视觉场所，称为“自然视环境”。

3.39

天然光核心信息源 Day light core information source

天然光中晨间最早出现、黄昏最晚消失，整个昼间相对强度始终偏高位的436~545nm的光谱段，也第二视觉、非视觉、瞳孔调控通道等的光谱响应率谱或光谱灵敏度最高谱段。

3.40

“478”

天然光436~545nm核心信息源范围内，晨间最早以454为第一峰值，后在逐渐向低频端移动，12点左右多在478nm处，后又逐渐回移，由于此光谱段478nm为峰值几率最高，故以“478”代称，也是视杆细胞与特化感光神经节细胞最主要响应率谱。

3.41

窗口期 Window period

生物外界感觉经验能够改变感知功能甚至组织发育，其敏感期段，称为“窗口期”，在我国儿童少年视觉系统眼轴发育阶段，0~7岁为正视化窗口期，8~16岁为近视化窗口期。

3.42

连续光谱 Continuous spectrum

为天然光特征之一，在可见光谱段无缺失（全光谱），由一系列具有各种波长的，波长差极微小的谱线组成，谱线在各个波段上都是连续的，相近的差别很小，不能分开，光谱上沿（波峰最大值-波谷最小值）/（波峰最大值+波谷最小值）<10%。

3.43

非连续光谱 Discontinuous spectrum

可见光谱段有缺失或相近的差别很大，出现明显谷峰现象。

3.44

断崖式谷峰光 Cliff type valley peak light

光源光谱临近频段峰谷过渡距离过近、相对强度差别过大、甚至低谷区缺失、会形成明显的断崖状峰谷，这种现象可能形成视网膜多焦平面，在近视窗口期诱发眼轴增长。

3.45

仿天然光 Imitation of daylight

人工照明设备模仿地面清晨后、黄昏前，太阳光已直射地面时段（昼间）的可见光主要光谱（光谱相对强度变化较小）的照明光。

3.46

高仿天然光 High imitation of daylight

人工照明设备模仿日间的天然光可见光光谱段，并呈晨、昼、昏的节律变化的照明光。

3.47

高仿自然光 High imitation of Natural light

健康照明设备除高仿日间的天然光外，还在夜间模仿月光与火光的自然光光谱。

3.48

运动视 movement vision

是指对物体运动的一种视觉，包括感知、注意力、记忆、现实世界的动态决策和运动控制。网膜上的光像移动，在每秒视角 $1' \sim 400^\circ$ 的速度范围内，可直接产生运动视觉；出生后全身协调的运动视觉实践，使脑视觉可保持空间方向的识别；杆细胞是移动光像敏感感受器，“478”是杆细胞响应率谱段，对运动视起重要作用。

3.49

立体视 Stereopsis

也称深度觉，是感知物体立体形状以及不同物体相互远近关系的能力。立体视觉以双眼单视为基础，外界物体在双眼视网膜相应部位所形成的像，经过大脑的枕叶视觉中枢的融合中合成一个完整的、立体的、单一物像，这种功能称为双眼单视；立体视的脑视觉认知训练是建立在运动视基础上的，因而也与“478”息息相关。

3.50

平面固视 Plane fixation

T/ZSLA 001-2022

类进化过程的“原生态”视活动，是在天然光下的立体运动视，人工光源的发展，促进了大纵深室内昼间人工光源化，使儿童少年视环境变为室内人工冷光源下的近视距平面固视，这种平面固视极大影响了眼球发育期的立体运动视训练，也是造成屈光不正等损害的重要原因之一。

3.51

第一视觉通道 The first visual channel

人类视网膜光信号经视细胞转换，经M和P通路向视中枢V1区传送；M对黄、蓝，P对红敏感，M具唤醒P的功能，在儿童眼正视化初期还有促使P正常发育的作用。由于M和P通路承担了主要视觉信息传递，故通称“第一视觉通道”。

3.52

第二视觉通道 The second visual channel

人类视网膜光像移动信号经视杆细胞转换，绕过视中枢V1区，直通V5区，可直接产生运动视觉，其传输即由“第二视觉通道”承担。

3.53

非视觉通道 Nonvisual channel

2002年,美国Brown大学的Berson等人发现了哺乳动物视网膜的第三类感光细胞,视网膜特化感光神经节细胞 (ipRGC),这类感光细胞能参与调节许多人体非视觉生物效应,包括人体生命体征的变化,激素的分泌和兴奋程度。从而照明质量的评价由原来单一的视觉效果评价逐步将过度到视觉效果和非视觉效果的双重评价,前者注重视觉功能性,后者则与人体健康密切相关。

3.54

脑视觉 Cerebral vision

通过视觉系统的外周感觉器官(眼),接受外界环境中一定波长范围内的电磁波刺激,经中枢有关部分进行编码加工和分析后获得的信号表现,是从视网膜到视中枢的整个视觉神经系统的最主要的功能体现。

3.55

幽灵白 ghostwhite

天然光中“478”中视网膜视杆细胞响应率最高谱段,一般在晨间早期与黑夜前时段,其相对强度低于视蓝和视绿的感知曲线时呈现,总是给人一种阴冷,神秘诡异的感觉。计算机颜色码中,HEX格式为f8f8ff,RGB格式为248,248,255;该区段也是天然光核心信息源中提供运动视信息的主要响应率谱。

3.56

鱼肚白 fishbelly white

一般指黎明(夏季4:30am~5:30am时)出现于东方的天色,在阴天雨天时大部分天色及太阳快落山的时也会出现,总是给人一种迷离,天马行空的感觉。计算机颜色码中,HEX格式为f9efe5,RGB格式为249,239,229,也是“478”的主要谱段之一。

3.57

直视发光源 Direct light source

指用眼睛直接盯看发光物体。由于人类眼睛是为看清在自然光照射物体后的漫反射光环境下进化而来，一般光源的直射与镜反射光远强周边物体的散、漫反射光，故易产生“灯下黑”的强光压制现象，如果是电子视屏，更是强化了平面固视现象，导致立体运动视极端弱化；另，屈光系统的聚焦作用，会使视网膜上的光能量密度及功率密度提高到几千甚至几万倍，如果光源过强，会致视网膜视细胞受损，甚至失去感光的作用。

4 设计理念

室内健康照明灯具坚持回归自然，效法自然，创造“高仿自然光环境”的设计理念，主要体现在利用先进技术，使灯具更符合人类健康及智能化更高要求，并为人类生物效应照明的更高需求打下基础：

4.1 健康为要、科技领先

4.1.1 基于“健康”理念，应从视觉功效、光非视觉功效、心理情绪、生理节律、光辐射安全的多因素考虑，高仿自然是目前最“健康”稳妥的方案，目前室内照明灯具的缺陷优先的前提下兼顾其它要素，使室内获得有利人类身心健康的光照环境。

4.1.2 设计立足我国目前已实用的先进技术，在符合国家与有关行业、团体现行标准的智能控制、安全、稳定、高效前提下，同时具有前瞻性的发展眼光，如光源选择要有可改造性、光谱比例的可调节性；智能调控系统要为将来的5G、大数据技术应用留有扩展接口；预制软件应具有对健康有利个性化特需升级的可能性等。

4.2 返璞归真、天然优先

设计体现天人合一理念，坚持返璞归真健康照明方向。

4.2.1 明确进化期的“原生态”是最健康的视环境，坚持返璞归真“天然光优先”原则，认识“人工照明不能作为日光的替代品”，理解人工照明的“辅助”地位，尽量仅在天然光不能满足区域照度需要时，再以人工照明补充或替代。

4.2.2 昼间室内应将天然采光和人工照明有机结合，根据所属光气候区特点、采光状况、窗户朝向、建筑物功能进行综合评估，制定系统性的智能调节，设计方案应充分发挥建筑天然光采集效能。

4.3 效法自然、光仿日月

设计体现“青山绿水就是金山银山”的理念，在必须应用人工照明时，坚持效法自然原则，分别以仿日、月（包括热光源）的自然光来效法人类进化时的自然视环境。

4.3.1 设计日间辅助照明时，以仿天然光为原则，尽量满足可见光段的全光谱要求，尤其注意防止“核心信息源”或其它重要光信息低缺，如 ipRGC 作用谱段，其信息通过非视觉通道对下丘脑激素和神经传递素产生影响从而影响了人体的健康，故即便在无合适光源时，灯具也可以混光形式进行组合补缺。

4.3.2 夜间人工照明时，要考虑稳定人体昼夜生理节律，以尽量不干扰人体生命钟为原则。

4.3.3 对特殊环境还应考虑某些非可见光的设置，如紫外的健康需求与空气的消杀作用。

4.4 昼夜晨昏、智控节律

4.4.1 晨昏光环境特质是，天然光为日光斜射经大气反、散射于地面的非直射光，形成特异的红绿低少，“青”光为主的“478”独大现象，人类顺应这一现象，进化出视杆细胞，主要是扩展了晨昏弱光

T/ZSLA 001-2022

下的活动能力，同时也将生命钟的昼夜节律，进化为晨昼昏夜节律，健康灯具设计一定要重视昼夜晨昏光环境特征，顺应这种变化节律。

4.4.2 自然光节律就是照度、色谱、色温的节律性动态变化，依照太阳、地球、月球的相对运行规律，呈现年、月、日不同但又相关的节律，这种变化影响着人的部分生理节律，而颠覆了这种节律，也必将导致机体功能紊乱，损害人体健康；故而，照明效法自然，也要模拟这种变化，我们称为“高仿自然光照明”；真正高仿，目前必须引入智能调控系统，不但能实现与天然光自动协调的节律调控，还能通过5G技术，实现大数据纠偏、健康要求性干预，最终过渡到生物效应性健康照明。

5 一般要求

灯具应符合安全可靠、健康舒适、技术先进、经济合理、节能环保和维修方便的要求。

5.1 国标要求

5.1.1 灯具安全性能应符合 GB 7000.1、GB 7000.201 和 GB 7000.202 的要求。

5.1.2 灯具的室内照明应符合 GB 50034 的相关规定。

5.1.3 灯具的光生物安全应符合 GB/T 20145 的规定。

5.1.4 灯具无线电骚扰特性应符合 GB/T 17743 的要求。

5.1.5 灯具电磁兼容性应符合 GB 17625.1 的要求。

5.2 其他要求

5.2.1 灯具的控制装置应便于现场更换和维修，光源宜于更换。

5.2.2 灯具模块用直流或交流电子控制装置应符合国家 3C 认证的规定。

5.2.3 灯具应能在-20C0~45C0 环境温度内正常工作，特殊场所应满足具体使用场所的环境温、湿、含盐度要求。

5.2.4 灯具频闪深度低于 2%。

5.2.5 正视、近视化窗口期的儿童少年活动区，照明光谱应为连续无断崖式峰谷现象。

6 技术要求

6.1 基本要求

6.1.1 灯具的初始光通量不应低于额定光通量的 90%，且不应高于额定光通量的 120%。

6.1.2 灯具的配光宜符合表 1 的规定。室空间比应按式(1)计算。

表1 灯具配光选择

| 室空间比 RCR | 最大允许距高比 | 配光类型 |
|----------|---------|------|
| 1~3 | 1.5—2.5 | 宽配光 |
| 3~6 | 0.8~1.5 | 中配光 |

| | | |
|------|----------|-----|
| 6~10 | 0.5 ~1.0 | 窄配光 |
|------|----------|-----|

$$RCR=5h \times L / 2A \quad \dots \dots \dots (1)$$

式中:

h——灯具的光中心到工作面的距离;

L——房间周长;

A——房间面积。

6.1.3 用于人员长期工作或停留场所的一般照明灯具,其光输出波形的波动深度应符合表2的规定。波动深度应按式(2)计算。

表2 波动深度要求

| 波动频率 f | 波动深度 FPF 限值/% |
|---|------------------------------|
| $f \leq 9 \text{ Hz}$ | $FPF \leq 0.288$ |
| $9 \text{ Hz} < f \leq 3125 \text{ Hz}$ | $FPF \leq f \times 0.08/2.5$ |
| $> 3125 \text{ Hz}$ | 无限制 |

$$FPF = 100\% \times (A-B) / (A + B) \quad \dots \dots \dots (2)$$

式中:

A——在一个波动周期内光输出的最大值;

B——在一个波动周期内光输出的最小值。

6.1.4 灯具在不同方向上的色品坐标与其加权平均值偏差在 GB/T 7921-2008 规定的 CIE 1976 均匀色度标尺图中,不应大于 0.004。

6.1.5 灯具点燃 3000 h 后的色品坐标与初始值的偏差在 GB/T 7921-2008 规定的 CIE 1976 均匀色度标尺图中,不应大于 0.007。

6.1.6 用于人员长期工作或停留场所的一般灯具,一般显色指数不应小于 80,特殊显色指数 R9 应大于 0。

6.1.7 灯具的色容差应符合以下规定:

- (1) 一般情况下,不应大于 5 SDCM;
- (2) 用于人员不长期停留的场所时不应大于 7 SDCM;
- (3) 用于室内洗墙照明时不宜大于 3 SDCM。

6.1.8 灯具在额定电压 90%~110%范围内应能正常工作,特殊场所应满足使用场所的要求。

6.1.9 灯具的输入功率与额定值之差不应大于额定值的 10%或 0.5 W。

6.1.10 灯具的骚扰电压应符合 GB/T 17743 的规定。

6.1.11 灯具的谐波电流限值应符合 GB 17625.1 的规定。

6.1.12 灯具的电磁兼容抗扰度应符合 GB/T 18595 的规定。

6.1.13 灯具光效应 $> 80 \text{ lm/W}$ 。

T/ZSLA 001-2022

6.1.14 灯具工作 3000 h 后的光通维持率不应小于 96% ,6000 h 的光通维持率不应 小于 92%。

6.1.15 灯具的寿命不应小于 25000h。

6.1.16 不宜采用能耗比偏高, 或者有噪音干扰的调光电器。

6.2 光源

任何照明光源, 单个或组合后能满足以下条件者, 皆可作为健康照明灯具的选用光源:

6.2.1 光源必须符合各自的最新国家标准。

6.2.2 光源的功率因数应符合表 3 的指标:

表3 光源的功率因数

| 实测功率/W | 功率因数 |
|------------------------|------------|
| ≤ 5 | ≥ 0.5 |
| $> 5^a$ | ≥ 0.9 |
| a) -家居用光源功率因数不应小于 0.8。 | |

6.2.3 光源单个或通过灯具组合, 能够产生仿天然可见光段的连续、无断崖式谷峰光光谱。

6.2.4 通过灯具组合, 能够实现照度、K 值节律等的调控。

6.3 建筑一体化发光单元

6.3.1 安装在人员可触及的场所时输入电压应为安全电压。

6.3.2 建筑一体化发光单元的表面温升不应超过 20℃。

6.3.3 建筑一体化发光单元安装于地面、卫生间及其他潮湿场所时的防护等级不应低于 IP67。

6.4 光谱

目前尚不具备实施生物效应人工照明, 应根据人工光源及其它灯具设备的能达到的性能, 尽量模仿已明确的自然视环境的光谱, 就目前条件, 灯具最终产生的照明光谱应符合下述要求:

6.4.1 昼间辅助照明

日出到日落时段(以巴林春分计为7:30~17:00)为昼, 其间天然光可见光谱连续, 相对强度差小, 变化小, 照度强, 信息转换以视锥细胞为主, 能提供色觉以及精细视觉需要; 室内照明以“天然光优先”, 只有室内照度不足时灯具再介入辅助照明, 并尽量仿昼间天然光可见光全光谱段, 但囿于目前主流光源(LED、OLED等)的可行性, 光谱略有窄缩(参考图1), 规定灯具应符合下属条件:

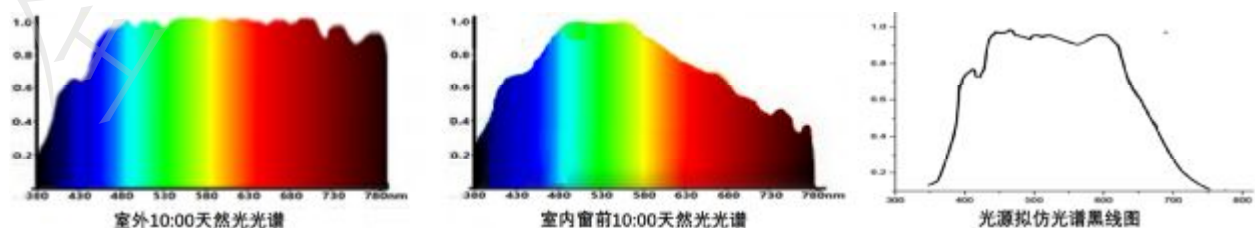


图1 昼间天然光谱与人工照明模拟光谱黑线图

(1) 灯具光谱目前应符合：光谱范围， $<400\text{nm} <780\text{nm}$ ；半峰高光谱范围， $440\sim 650\text{nm}$ ；光谱上沿范围， $450\sim 630\text{nm}$ 。

(2) 儿童少年居室与学校教室灯具应为连续光谱，以往冷光源多有断崖式谷峰现象，高峰值光对光觉细胞产生强光压制，使相对低谷光段不被感知，导致多焦点，可能是形成近视诱因之一（图2），故光谱上沿（ $450\sim 630\text{nm}$ ）时，要求 $(\text{波峰最大值}-\text{波谷最小值})/(\text{波峰最大值}+\text{波谷最小值}) < 10\%$ 。

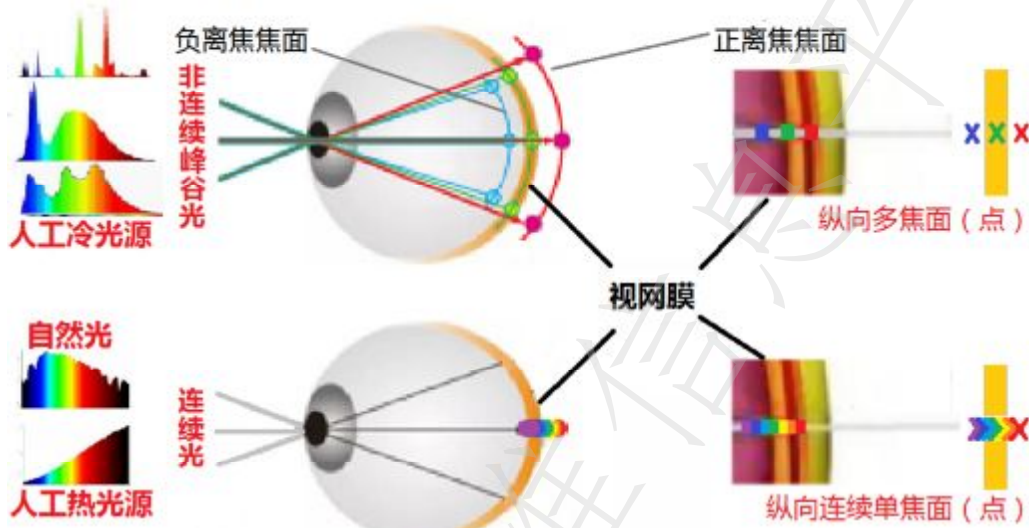


图2 谷峰光与多焦点示意图

(3) 灯具尽量争取“全光谱”，尤其应避免各光觉信息通路（图3）信息源（尤其重视“478”核心信息源）不被“低缺”。

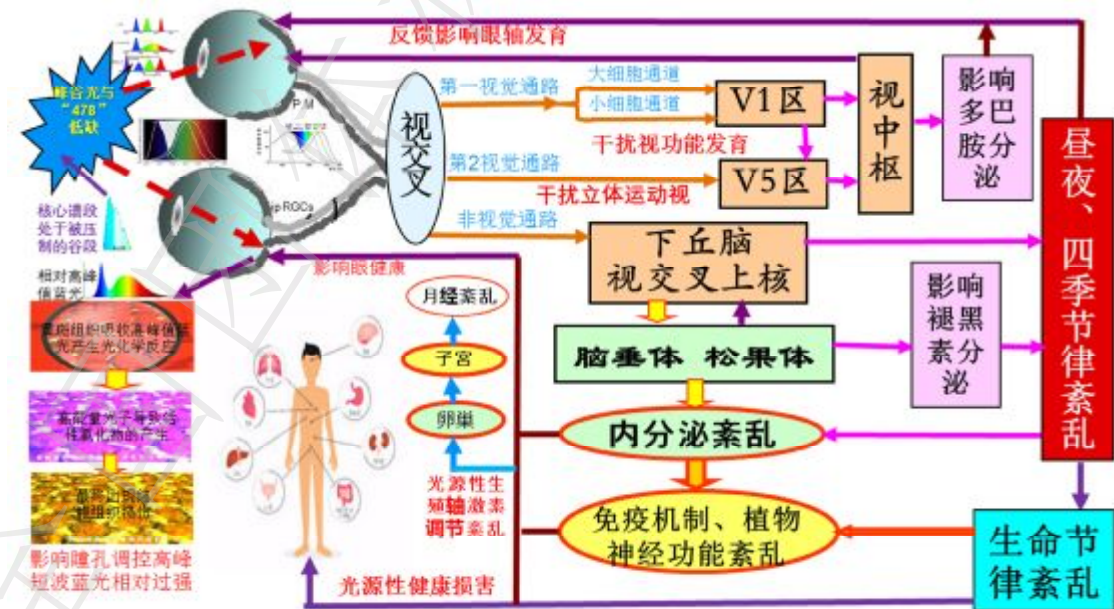


图3 光与光觉通路示意图

(4) 天然光核心信息源为“478”，其峰值在蓝光段须高于蓝光短波 $380\sim 440\text{nm}$ 段，避免形成对“478”的强光压制现象，干扰瞳孔调节功能，并注意整个日间应保持其相对强度高位，临近峰光相对强度比例如（图4）。

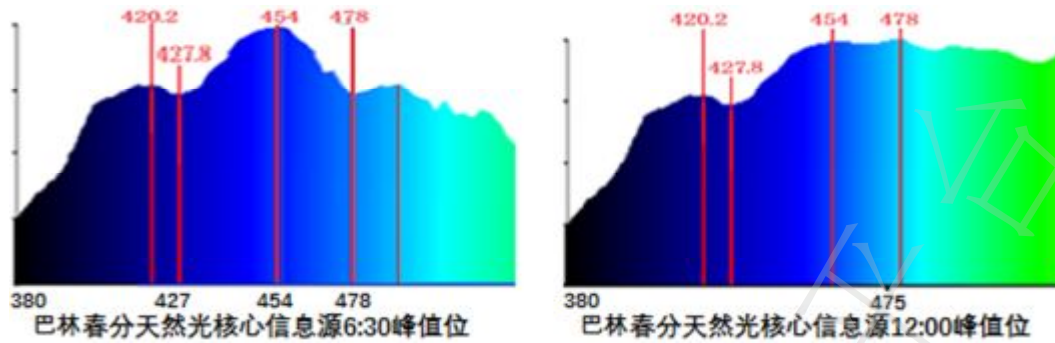


图4 天然光核心信息源峰值与临近峰谷

(5) 昼间照明还应考虑视网膜i pRGC细胞参与调节的机制, 其不但影响生物周期节律, 同时干预人体多种激素分泌, 影响睡眠质量、癌细胞的生长、生殖功能等多种健康相关要素, 由于其重要作用, 在进化过程中, 人类自然选择天然光最稳定部分为非视觉生物效应的作用谱段, 也就是“478”。

(6) 由于目前尚不能生产完全仿天然“全光谱”照明灯具, 对长时间缺乏天然光照明的特殊环境, 还应考虑部分低缺可见或非可见光的补充, 如对特殊发育阶段及健康维持的已知影响, 灯具可预置某些普通照明灯具不具的已知有益的光频段(虽有的已不属照明范围), 定时启动, 如<3级的中波(UVB) 280~320nm紫外光及某些有益的红、红外光频段。

6.4.2 晨昏照明

人类晨昏活动, 主要依赖“478”作用谱段, 也是健康照明应特别关注的要点之一:

(1) 依靠可见光活动的哺乳动物, 在生存竞争中, 依据天然光核心信息源(“478”)特性, 进化出视杆细胞, 大大的增加了晨、昏的活动能力。

(2) 视杆细胞有较高的光敏度, 适应光线较暗场合, 不能作精细的空间分辨, 不参与色觉, 对晨昏的“幽灵白”、“鱼肚白”敏感, 两者均在“478”段, 是视杆细胞响应率谱。

(3) 在人的视网膜中, 视杆细胞总数达1亿以上, 主要分布中央凹以外区域, 离中央凹越远视杆细胞越多, 其主要依靠弱光下的“478”为作用谱段, 主司运动视。

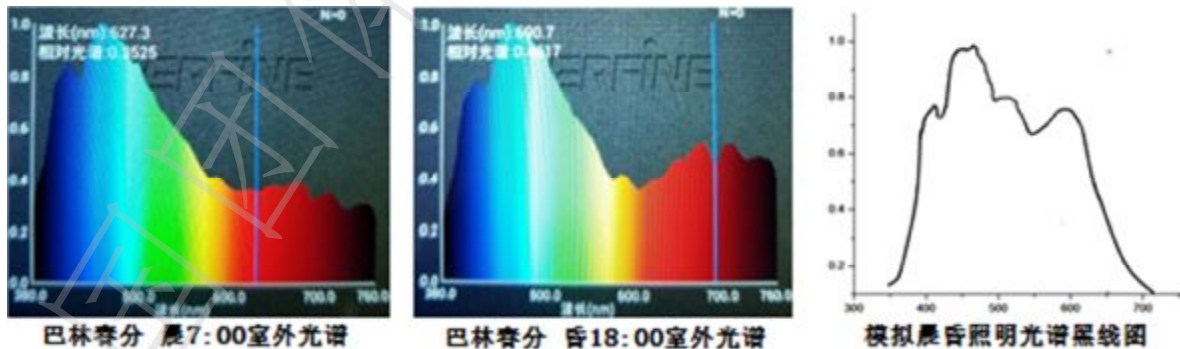


图5 晨昏室外天然光谱与人工照明模拟黑线图

6.4.3 夜间照明

依靠可见光活动的哺乳动物, 进化出视杆细胞, 具备弱光下(甚至低于1Lx)的活动能力, 100万年前堆火、火把(热光源)照明的出现, 将人类仅能借助月光偶尔的夜间活动变为热光源下也可随意的较经常活动, 进化可能也以两者光谱特色为节点, 把“478”谱段i pRGC效应值(司晨)作为日夜节律阈值, 低下的月光与低照度热光源(归为自然光环境光源), 视为“夜间自然视环境”, 不再干扰机体夜间生理活动节律; 故夜间照明应尽量模仿月光(<4000K)或热光源(<3000K)的光谱(图6)。

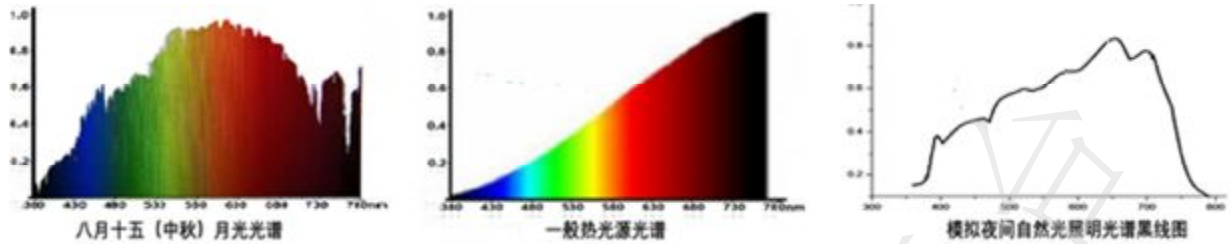


图6 夜间常见自然光光谱

6.5 色温

天然光色温根据地域时段有不同，赤道平均11000K，高纬度平均6000K，我国昼间多在5000K左右，而晨昏可达8000K以上。设计室内照明灯具应利用现有技术，实现高仿自然光环境的色温变化。

6.5.1 灯具K值应用相关色温（CCT）值，在仿天然连续、无断崖式谷峰、可见全光谱光的前提下测得的色温数值。

6.5.2 由于具有了仿天然光连续全光谱光源，灯具可调控各谱段相对强度，实现色温可调的高仿要求。

6.5.3 灯具照明的色温，日间应高仿晨、昼、昏天然光K值与节律，夜间仿自然光的月光或热光源K值。

6.5.4 尚不能自动调控灯具，在中国，可置8000~6000K、5000K左右、4000以下三种发光源，以仿晨、昏、昼、夜间等相应时段天然光K值（见图6）。

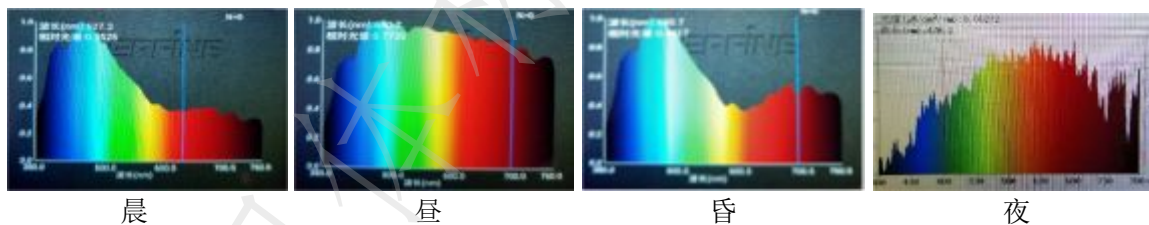


图7 全时段自然光谱

6.6 显色性

灯具光源一般显色指数Ra应 ≥ 90 的要求。

6.7 眩光

对于眩光，有不同评价标准，我们采用较为普及的评价方法和较高的标准要求。

6.7.1 采用UGR（Unified Glare Rating）统一眩光评价，其通过计算空间各个参数得到的值表征空间不舒适程度，它综合了各国眩光评价方法，较为实当光源投影面积在0.005~1.5m²之间时，UGR计算公式如公式(3)所示：

$$UGR = 8 \lg \left(\frac{0.25 \sum_{i=1}^n L_i^2 \omega_i}{L_b \sum_{i=1}^n P_i} \right) \quad (3)$$

UGR 公式中的 UGR 值范围是 10~30, UGR<10 被认为无明显的眩光感觉。当 UGR 用于评价面积较大的光源时, 计算的结果偏小; 当其用于评价面积较小的光源时, 计算的结果偏大。UGR 值与不舒适眩光程度的对应关系如下表4所示。

表 4 UGR 值与不舒适眩光程度的对应关系表

| UGR 值 | 不舒适眩光的描述 |
|-------|-----------|
| 10 | 无法察觉到光的存在 |
| 13 | 隐约察觉到光的存在 |
| 16 | 察觉到光的存在 |
| 19 | 勉强可以接受的眩光 |
| 22 | 不可接受的眩光 |
| 25 | 有些不舒服 |
| 28 | 不舒服 |
| 31 | 有些无法忍受 |

6.7.2 健康照明灯具统一眩光值不应高于 13, 宜采用 UGR 三星指标要求。

表5 统一眩光值 (UGR) 要求

| 项目 | 一星 | 二星 | 三星 |
|----------------|-----|-----|-----|
| 统一眩光值 (UGR) | ≤19 | ≤16 | ≤13 |

6.8 波动深度

健康照明灯具在其额定电压下工作时, 其光输出波形的波动深度不应大于表6的限值要求。

表6 波动深度限值要求

| 项目 | 光输出波形频率 f | | | |
|------------|-----------|-----------------|-------------------|-------------|
| | f ≤10 Hz | 10 Hz <f ≤90 Hz | 90 Hz <f ≤3125 Hz | f > 3125 Hz |
| 波动深度限值 (%) | 0.1 | f × 0.01 | f × 0.032 | 免除考核 |

6.9 照度

目前, 虽人工光源技术进步, 照度与功效已不是健康照明的主要问题, 并且人眼大差异亮度下可靠视网膜中不同的感光细胞来接受光刺激, 可适应1Lx以下与上万Lx照度变化, 另瞳孔的大小可以控制进入眼内的光量, 直径可变动于1.5~8.0mm之间, 可保持在不同光照进入眼内的光量较为恒定; 但人眼在不同环境与不同活动对照度要求有不同, 适合的照度会使视活动更清晰、舒适、健康, 因而, 灯具还是要根据实际视环境, 对场所与场所内不同房间采用不同照明标准。

6.9.1 对于不同视环境场所，室内灯具照度近期国际、国内尚无统一标准，世界主要国家各自标准已是冷光源普及后（LED光源普及前）的版本，应具有参考价值，鉴于照明的健康第一取向，我们取高项值（表7）：

表7 健康照明灯具照度参考与团标

| 房间或场所 | 部分参考室内照度标准 | | | | | 健康照明灯具照度标准 |
|-----------|-------------------------|---------------------------|------------------------------|-------------------------|------------------------|------------------------------|
| | 国际通用 CIES 008/E 2001 | 美国 IESNA-2000 | 日本 JISZ 9110-1979 | 德国 DIN5035-1990 | 俄罗斯 CHN II 23-05-95 | |
| 1 居住环境 | 300-500 | 300-500 | 休息区：30-150 阅读：150-500 | | 50-100 | 休息区：50-150 阅读：150-500 |
| 2 图书馆 | 书库：200 阅读：500 | 300 | | 300 | 200-300 | 书库：200 阅读：500 |
| 3 办公环境 | 普通办公：500 设计室：750 | 普通办公：300-500 设计室：750 | 普通办公：300-500 设计室：750-1500 | 普通办公：300-500 设计室：750 | 普通办公：300 设计室：500 | 普通办公：300-500 设计室：750-1500 |
| 4 商业环境 | 300-500 | 300-500 | 500-750 | 200-500 | 200-300 | 500-750 |
| 5 影剧院 | 100-300 | 100 | 150-300 | | 150-500 | 100-500 |
| 6 旅馆环境 | 100-300 | 客房：100-300 其它：300-1000 | 客房：100-150 其它：300-750 | 200-500 | 200-300 | 客房：100-300 其它：300-1000 |
| 7 医院建筑 | 一般环境：500 特别关注：1000 | 一般环境：500 特别关注：1000 | 一般环境：500 特别关注：1000 | 一般环境：500 特别关注：1000 | 一般环境：500 特别关注：1000 | 一般环境：500 特别关注：1000 |
| 8 学校环境 | 500 | 500 | 200-750 | 500 | 300 | 200-750 |
| 9 博物馆 | 50/150/300 | 150 | 300-750 | 150 | 150 | 150-750 |
| 10 展览馆 | 无限制 | 100 | 200-500 | 100 | 200 | 200-500 |
| 11 车站/候机楼 | 200/500 | 300/500 | 300-750 | 300-500 | 300 | 300/500 |
| 12 体育建筑 | 500/750/1000 | 1000-1500 | 1000-1500 | 500/750/1000 | 500-7500 | 500/750/1000 |
| 13 游泳馆 | 500-750 | 300-750 | 300-750 | 300-7500 | 500-1000 | 500-750 |
| 14 一般工厂环境 | 200/300/500 | 100/300/500 | 150-300 | 100/200/300 | 150-200 | 200/300/500 |
| 15 精密制造环境 | 500 | 3000 | 1500 | 500/750/1000 | 1500 | 500/750/1500 |

6.9.2 对于不同视环境场所内不同功能房间的照度要求，国内已有部分国家与团体标准，我们参考中国照明学会《中小学教室健康照明设计规范》（T/CIES 020—2019）的教室及学校团体标准为例，以可做视环境场所的参考：

（1）各类教室应根据作业任务和功能采用相应照度标准，应满足表8要求。

表8 教室及学校各类场所的照明标准值

| 场所/主要场景 | 参考平面 | 人工照明 | 天然光 | 显色指数 | | 特殊要求 |
|---------------------------------------|------|-------------|-------------|------|----------------|---------------|
| | | 维持平均照度a(lx) | 天然光照度标值(lx) | Ra | R _a | |
| 普通教室 | 课桌面 | 300 | 450 | ≥80 | ≥10 | 宜采用调光控制，天然光优先 |
| 计算机教室 | 课桌面 | 500 | 450 | ≥80 | ≥10 | 重点防止光幕反射 |
| 语言教室、书法教室、 音乐教室、科学教室、 史地教室、技术教室 | 课桌面 | 300 | 450 | ≥80 | ≥10 | 天然光优先 |
| 舞蹈教室 | 地面 | 300 | 450 | ≥80 | ≥10 | 天然光优先 |
| 美术教室 | 作业面 | 500 | 450 | ≥90 | ≥50 | 天然光优先 |
| 实验室 | 作业面 | 750 | 450 | ≥90 | ≥50 | 天然光优先 |
| 阶梯教室 | 课桌面 | 300 | 450 | ≥80 | ≥10 | 天然光优先 |

| | | | | | | |
|------------------------------|------|-----|-----|-----------|-----------|----------|
| 书写板 | 书写板面 | 500 | 500 | ≥ 80 | ≥ 10 | 重点防止光幕反射 |
| 注 1: 设计照度与维持平均照度的偏差不应超过+20%。 | | | | | | |
| ^a 灯具维护系数取 0.8。 | | | | | | |

(2) 除计算机教室外, 具有电脑或(和)电视显示终端的教室照明的教室阅读桌面的照度应与表2中对应功能的教室相同

(3) 具有投影显示终端的教室, 开启投影仪显示用途时, 由人工照明在多媒体垂直面产生的照度不应高于50lx。

(4) 美术教室垂直照度不应低于200lx。

(5) 教室课桌面或作业面的照度均匀度不应低于0.6, 教室书写板照度均匀度不应低于0.7。

(6) 课桌面和书写板各自的融合照度, 其表面最大照度与最小照度之比不应高于10:1。

(7) 作业面周边区域(0.5m宽)的照度不宜低于工作面照度的2/3。

6.10 智能调控

健康照明灯具高仿自然的核心是模仿自然状态的节律变化, 因此应具备智能调控功能, 建议目前可以单板机线路板为调控基板, 以求实现智能、无线遥控、软件升级、功能扩展; 灯具的智能控制系统宜具备信息采集功能, 可显示与记录照明相关信息, 生成分析和统计报表, 及预留与其他系统的联动或功能扩充接口, 并为个性化生物效应照明创造条件。目现情况下应具备:

6.10.1 智能启动控制

室内健康照明灯启动应具有智能控制功能, 或采用自动或手动双控系统:

(1) 有天然采光场所的灯具, 电源开启后, 以“天然光优先”原则, 自动探测照明范围的天然光照度, 低于预制标准则启动光源, 高于则自动关闭, 其节点因环境需求有不同(见表9):

表9 健康照明自动启动标准

| 房间或场所 | | 健康照明灯具照度标准 | “天然光优先”启动照度标准 |
|-------|------|------------------------------|-------------------------|
| 1 | 居住环 | 休息区: 50-150, 阅读: 150-500 | 休息区: <50(可调), 阅读: <150 |
| 2 | 图书馆 | 书库: 200, 阅读: 500 | 书库: <200, 阅读: <500 |
| 3 | 办公环 | 普通办公: 300-500, 设计室: 750-1500 | 普通办公: <300, 设计室: <750 |
| 4 | 商业环 | 500-750 | <500 |
| 5 | 影剧院 | 100 | <100 |
| 6 | 旅馆环 | 客房: 100-300, 其它: 300-1000 | 客房: <100, 其它: <300 |
| 7 | 医院建 | 一般环境: 500, 特别关注: 1000 | 一般环境: <500, 特别关注: <1000 |
| 8 | 学校环 | 200-750 | <500 |
| 9 | 博物馆 | 150-750 | <150(可调) |
| 10 | 展览馆 | 200-500 | <200(可调) |
| 11 | 车站/候 | 300/500 | <300 |
| 12 | 体育建 | 500/750/1000 | <500(可调) |
| 13 | 游泳馆 | 500-750 | <500 |
| 14 | 一般工 | 200/300/500 | <200(可调) |
| 15 | 精密制 | 500/750/1000 | <500(可调) |
| 备注 | | 单位: LUX | |

(2) 大空间多灯具照明应具备分级分区控制、单灯自控功能，能保证每个单灯照明范围内的“天然光优先”。

(3) 无天然采光或较弱的场所，灯具应具备智能传感器控制机能，可根据室外天然光变化自动启动昼间与夜间照明模式；特殊环境（舰船舱室、地下设施等）可按具体情况，预置启动程序；用于消防疏散照明的灯具应具备消防强制点亮的控制接口。

(4) 长时间无人逗留或门厅、大堂、电梯厅等场所的灯具，宜配备智能传感器（红外、声控等）或外接传感器控制接口，可按使用需求自动开、关。

(5) 用于地下车库一般照明的灯具，可兼容或匹配车位探测、空位显示等辅助功能。

(6) 灯具的照明控制系统宜具备多场景控制功能并可进行现场调整各个照明单元开、关。

6.10.2 照度调控

一般应配备智能传感器结合的自动调节照度系统及外接传感器控制接口。

(1) 无天然采光或较弱的场所，采用感光探测设备如采用照度传感器，根据天然光情况变化自动调节照度，或根据需保持室内的光线恒定。

(2) 大空间多灯具照明场合（教室、大空间办公区等），要求靠窗与靠无窗墙体光强度基本相同，可在靠窗与靠墙处分别加装传感器，当室外光线强时系统会自动将靠窗的灯光减弱或关闭及根据靠墙传感器调整靠墙的灯光亮度；当室外光线变弱时，传感器会根据感应信号调整灯的亮度到预先设置的光照度值。

(3) 新灯具会随着使用时间发光效率逐渐降低，新建筑随着使用时间墙面的反射率将衰减，这样新旧会产生照度的不一致性，智能控制可调节照度达到相对的稳定。

(4) 居室夜灯应设红外或声控功能，夜歇时照度 $<30\text{Lx}$ ，起夜自动 $>50\text{Lx}$ 。

(5) 间歇性审阅、绘制图表等特殊工作区，灯具应有照度相应变化调节机制。

(6) 室内人员流动较大，可配备自动控制装置或外接控制接口，无人时降低照度。

(7) 特殊环境（舰船舱室、地下设施等）可按具体情况，预置模仿基地或任务执行区晨、昼、昏、夜照度节律变化（以灯具最高照度为正午照度， $<30\text{Lx}$ 为夜间照度）。

6.10.3 光谱色温调控

健康照明灯具的高仿自然光功能是其最主要特征，它表现在日间高仿天然光光谱节律与夜间高仿月、火光等自然光K值，同时智能调控也可实现根据场合、活动内容、场景氛围、心理需求、以及情绪营造等，实现色温K值个性化调控。

(1) 灯具应实现K值与室外天然光节律联动调控，日间K值根据参阅当地天然光节律规律设置（如图8），根据目前已能购置的光源性能，首先仿昼间（以图8为参考，即7:30~17:00，太阳在地平线以上的时段）光谱为5000K左右，实现高仿日间（包括晨昼昏）8000~ <4500 K值可调控，条件成熟，应实现高仿全时段自然光环境光谱节律，达到8000~ <3000 K值可调控。

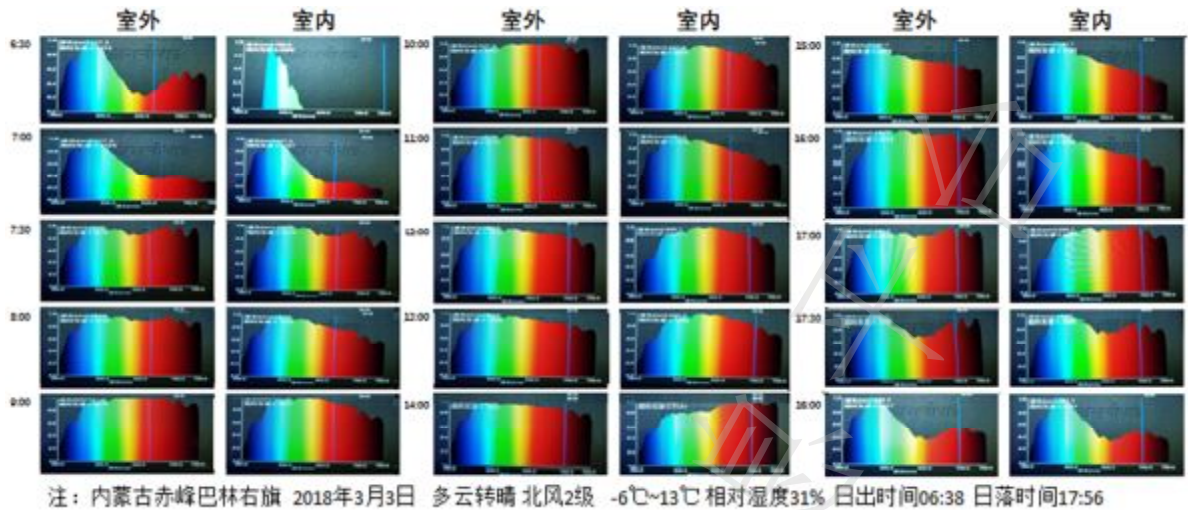


图 8 日间天然光光谱节律

(2) 特殊环境（舰船舱室、移动设施、地下、密闭无采光条件等）可按具体情况，预置基地或已搜集的任务区域的不同季节、时段的天然光信息，实现高仿同步K值节律的照明。

(3) 灯具应对不同活动需要，具有K值可控性，需唤醒、激励，可调至6000K以上；保持一定兴奋性、持续工作与学习，调至5000K左右；一般夜间活动与学习，调至<4000>3000K；夜灯等，调至2700K以下。

(4) 灯具应对不同功用房间，也应具有K值可控性，对于交流及进行集体活动场所相对色温≤3000K；学校美术教室应<6500>5000K；一般教室平时上课应<6000>4500K，考试时应置6000K左右，晚自习则<4000>3000K。

(5) 实现K值智能调控后，还可依据个人心理需求进行调整，如低色温的暖色调给人温暖、温馨感觉，使人联想到太阳、火焰、热血等等意向，适合表达热烈、明亮、柔和的情绪；高色温冷色调给人平静、阴凉、清醒感觉，使人联想到冰块、蓝天、黎明等等意向，适合表达清新、忧郁、宁静的情绪；中色温中性色给人安宁、舒适、稳定感觉，适合表达理性、中立、和谐的情绪。

参 考 文 献

- [1] 《中小学教室采光和照明卫生标准》GB 7793-2010
 - [2] 《中小学校普通教室照明设计安装卫生要求》GB 36876-2018
 - [3] 《中小学校设计规范》GB 50099-2011
 - [4] 《教育建筑电气设计规范》JGJ 310-2013
 - [5] 《中小学校及幼儿园教室照明设计规范》DB31/539-2020
 - [6] BRANZ Ltd.: 设计优质的学习空间: 照明. 新西兰教育部 (2007). ISBN 0-478-13619-6; WEB ISBN0-478-13624-2
 - [7] CIBSE 《设计指南5: 教育照明》
 - [8] 《有品质的人居光环境设计指南》IES DG-18-08
 - [9] 《美国国家标准教育设施照明规范》ANSI/IES RP-3-13
 - [10] 《光和照明—工作场所照明 第一部分: 室内工作场所》BS EN 12464-1: 2011
 - [11] 日本文部科学省《学校环境卫生管理手册》2018年版
 - [12] CIE 158: 2009眼部照明对人体生理和行为的影响
 - [13] CIE 218: 2016健康室内照明应用的研究路线图
 - [14] CIE 222: 2017非住宅建筑照明控制决策方案
 - [15] DIN SPEC 67600-2013生物效应的照明设计指南
-