
室内健康照明设计规范 第 1 部分： 全光谱技术要求

Indoor health lighting design specification first part:
Full spectrum technology requirements

2019 - 01 - 05 发布

2019 - 02 - 05 实施

深圳市 LED 产业标准联盟
深圳市半导体产业发展促进会

联合发布



目 次

前言.....	II
引言.....	III
1 范围.....	1
2 规范性引用文件.....	1
3 术语和定义.....	1
4 全光谱特征.....	2
5 技术要求.....	5
6 测试方法.....	8

国家标准

前 言

本标准按照GB/T 1.1—2009《标准化工作导则 第1部分：标准的结构和编写规则》的规定编写。

《室内健康照明设计规范》分为6个部分：

- T/SZSA 024.1—2019 室内健康照明设计规范 第1部分：全光谱技术要求；
- T/SZSA 024.2—2019 室内健康照明设计规范 第2部分：家居照明；
- T/SZSA 024.3—201X 室内健康照明设计规范 第3部分：办公照明；
- T/SZSA 024.4—2020 室内健康照明设计规范 第4部分：医院照明；
- T/SZSA 024.5—2020 室内健康照明设计规范 第5部分：教室照明；
- T/SZSA 024.6—201X 室内健康照明设计规范 第6部分：酒店照明。

本标准为T/SZSA 024.1—2019 第1部分。

本标准的某些内容可能涉及专利，本文件的发布机构不承担识别这些专利的责任。

本标准由深圳市LED产业标准联盟提出。

本标准由深圳市市场监督管理局归口管理。

本标准主要起草单位：旭宇光电（深圳）股份有限公司、深圳市计量质量检测研究院、深圳市帝狼光电有限公司、深圳市半导体产业发展促进会、宁波欧陆克电器有限公司、深圳民爆光电技术有限公司、深圳市昌宇科技有限公司、深圳市灯光环境管理中心、深圳中电南方电力设备股份有限公司、深圳市聚飞光电股份有限公司、深圳深圳市尚为照明有限公司、深圳市拓享科技有限公司、深圳市万众城集团有限公司、天一智能科技（东莞）有限公司、德士达半导体技术开发（湖州）有限公司、深圳清华大学研究院、北京大学深圳研究生院、深圳市日上光电有限公司、深圳市九洲光电子有限公司、深圳市瑞丰光电子有限公司、深圳珈伟光伏照明股份有限公司、深圳大学、深圳信息职业技术学院、广东省南粤质量技术研究院、深圳市邦贝尔电子有限公司、深圳市电明科技股份有限公司、深圳市电明科技股份有限公司。

本标准主要起草人：刘岩、林金填、孙学明、曹小兵、蔡纯、刘淮源、钟华、张志宽、闵长伟、蔡金兰、鲍恩忠、陈尧、钟霸王、黎嘉诚、何雨霞、蒋婷、权薇、杨宇、余新星、李菊欢、金鹏、谢祖华、庄杰富、朱飞彪、冉崇高、邵泽渝、李超、陈磊、李本亮、吴启保、陈浩、余建华、陈博、汤祖概、武广敬、巨祥生、吴冠、杨光。

本标准为首次发布。

引 言

照明是光照射到场景、物体及其环境使其可以看见的过程。光乃万物之源，是我们人类生存的必要条件之一，光对人体的生物效应的研究是目前光与照明领域的研究热点。人类进化的过程中不断改进和利用自然光，自然光已经在人类进化历程中留下了深深烙印，日出日落形成的光学生物钟，日光下的视力范围及朝夕昼夜的光色变化，万物已适应太阳的光照及沐浴。

从原始的火到具有装饰、文字信息内容的油灯，再到如今丰富多彩的各种照明产品，其发展历程充分体现了以光为载体的多元化应用，同时也承载着照明光文化层的发展历程。1897年爱迪生发明的电灯把人类带入了电气照明时代，随后白炽灯、荧光灯（节能灯）、钠灯和荧光灯等人造光源产品的应用，特别是近年快速发展起来的多彩、节能、环保和易控的LED光源进入我们的生活，提升了人们的光照明质量，同时人们对光的品质、视觉适宜性提出了新的需求。人造光的出现改变了自然光昼夜节律，而过度使用将造成人的视觉疲劳、失眠、光辐射危害及生物节律的紊乱等问题，也就潜在影响了人类的身体健康。我们在关注光的客观视觉效应的同时，如照度、亮度等物理参数，还应考虑人对光的感受，研究光对人的健康、情绪、适宜性及生理变化的影响即非视觉生物效应以及光辐射等问题。

研究现代人造光对人类健康的影响及创建人造的健康光源已成为行业趋势，CIE 218:2016《室内健康照明路线图》给出了“健康照明”推荐性指标，国内也有研究机构针对健康照明提出视觉指标。随着LED照明技术的持续发展，与太阳光谱类似的适宜视觉的LED技术（全光谱技术）已经在行业实现并正在推广应用。推广具有类似自然光光谱的适宜视觉的LED全光谱光源，进一步体现了以人为本的生产、生活用光理念，也为研制随时空变化的健康、绿色和艺术用光环境奠定了基础。

本规范提出基于第一部分全光谱的概念和技术要求，同时，本系列规范针对室内照明的不同功能区域提出了相关照明质量技术指标和测量方法。

室内健康照明设计规范 第1部分：全光谱技术要求

1 范围

本标准规定了LED全光谱照明光的定义、技术要求和测试方法的要求。

本标准适用于家居、教室、医院、办公和酒店等室内照明设计健康照明光质量的评价。

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 5838.1-2015 荧光粉 第1部分：术语

GB 7000.1-2015 灯具 第1部分：一般要求与试验

GB/T 20145 灯和灯系统的光生物安全性

GB/T 24824 普通照明用LED模块测试方法

GB/T 34034 普通照明用LED产品光辐射安全要求

SQL/LSA 009-2012 LED照明及显示术语和定义

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

IEEE Std 1789 IEEE为减轻观察者的健康风险高亮度LED的调制电流的推荐措施 (IEEE Recommended Practices for Modulating Current in High-Brightness LEDs for Mitigating Health Risks to Viewers)

3 术语和定义

GB/T 5838.1-2015和SQL/LSA 009-2012界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

全光谱 full spectrum

全光谱是接近太阳光光谱，根据需求将自然光的优点最大化及人工光源的缺点最小化，其光谱特性具有由红到蓝（400~700nm）的连续光带的光谱功率分布曲线，类似于相同色温的太阳光光功率分布。

3.2

光谱功率分布 spectral power distribution

一种光源所发射的光谱往往不是单一的波长，而是由许多不同波长的混合辐射所组成。光源的光谱辐射按波长顺序和各波长强度分布称为光源的光谱功率分布。

3.3

显色指数 color-rendering index

Ra

待测光源下物体的颜色与参照光源下物体的颜色相符程度的度量。

注：国际照明委员会（CIE）推荐，用一个色温接近于待测光源的普朗克辐射体作参照光源，并将其显色指数定为100，用八个孟塞尔（Munsell）色片做测色样品。光源的显色指数越高，其显色性越好。八个色片各有一个显色指数平均起来是一个总显色指数Ra。

[GB/T 5838.1—2015，定义4.26]

3.4

显色性 color-rendering properties

与参照标准相比较，一个光源对所规定的色片颜色所产生的效果。

注：根据国际照明委员会（CIE）的推荐，把黑体（普朗克）作为低色温光源的参照标准，把标准施照体D作为高光源的参照标准，用以衡量在其他各种光源照明下的颜色效果。

[GB/T 5838.1—2015，定义4.25]

3.5

色饱和度 color saturation

Rg

色纯度 color purity

彩色的纯洁性。

注：在x-y色度图中，光谱色轨迹所代表的各种波长的单色光，其纯度最高，色纯度为1（色饱和度规定为100%）。色度图内各点所代表的某一颜色，被认为是由某一波长的单色光和白光混合而成，越靠近白点，所混白色越多，其色饱和度也越低。

[GB/T 5838.1—2015，定义4.9]

3.6

色彩逼真度 color accuracy

Rf

色彩真实度是表征各标准色在测试光源照射下与参考光源相比的相似程度，用数字0~100表示。

3.7

蓝光危害 blue light hazards

由波长300nm~700nm范围内的辐照射引起的光化学诱导视网膜损伤效能。

[GB/T 34034-3.5，定义3.5]

3.8

健康照明 healthful lighting

利用符合光生物安全的人工光源营造满足照明品质及非视觉效应要求，并实现良好可见度和舒适愉快环境的照明应用。

4 全光谱特征

4.1 典型日光的 CIE 标准照明体 D

CIE规定的标准照明体D也叫做典型日光或重组日光。它是由在CIE 1931色度图上的一条位于普朗克（黑体）轨迹上方的典型日光色度轨迹来代表的。这条轨迹是根据CIE 1931色度图上许多实测的日光色度点的分布定出的，包括4000~40000K典型日光的色度点。典型日光轨迹也就是标准照明体D的轨迹。典型日光色度轨迹是根据实验材料定出的。

CIE规定典型日光(D)的色度坐标满足以下关系：

$$y_D = -3.000 X_D^2 + 2.870 X_D - 0.275 \dots \dots \dots (1)$$

式中:

X_D 的有效范围: 0.2500~0.380。

在相关色温 T 已知情况下, 可通过下式计算典型日光色度坐标 x_D :

当 $4000K \leq T_c \leq 7000K$ 时,

$$X_D = -4.6070 \frac{10^9}{T_c^3} + 2.9678 \frac{10^6}{T_c^2} + 0.09911 \frac{10^3}{T_c} + 0.244063 \dots \dots \dots (2)$$

当 $7000K \leq T_c \leq 25000K$ 时,

$$X_D = -2.0064 \frac{10^9}{T_c^3} + 1.9018 \frac{10^6}{T_c^2} + 0.24748 \frac{10^3}{T_c} + 0.237040 \dots \dots \dots (3)$$

4.2 典型日光的相对光谱功率分布曲线

典型日光的相对功率分布的公式:

$$S(\lambda) = S_0(\lambda) + M_1 S_1(\lambda) + M_2 S_2(\lambda) \dots \dots \dots (4)$$

式中:

$S(\lambda)$ -某一相关色温典型日光波长 λ 的相对光谱功率。

在已知典型日光的色度坐标情况下, M_1 和 M_2 可用下式求得:

$$\dots \dots \dots (5)$$

式中:

$$M_1 = \frac{-1.3515 - 1.7703X_D + 5.9114y_D}{0.0241 + 0.2562X_D - 0.7341y_D} \dots \dots \dots (6)$$

$$M_2 = \frac{0.0300 - 31.4424X_D + 30.0717y_D}{0.0241 + 0.2562X_D - 0.7341y_D} \dots \dots \dots (7)$$

4.3 典型日光光谱分布的平均曲线 S_0 及第 1、第 2 特征矢量曲线 S_1 、 S_2

全光谱和典型日光有很近似的相对光谱功率分布如图1, 并且比标准照明体B和C更符合实际日光的色品。对于任意相关色温的D照明体的光谱分布都由公式求得。但是CIE优先推荐D55, D65, D75的相对光谱功率分布作为代表日光的标准照明体。相当于相关色温5503K, 6504K, 7504K的D照明体。CIE建议, 为了促进色度学的标准化, 在可能情况下尽量应用D65代表日光, 在不能应用D65时尽量应用D55和D75。

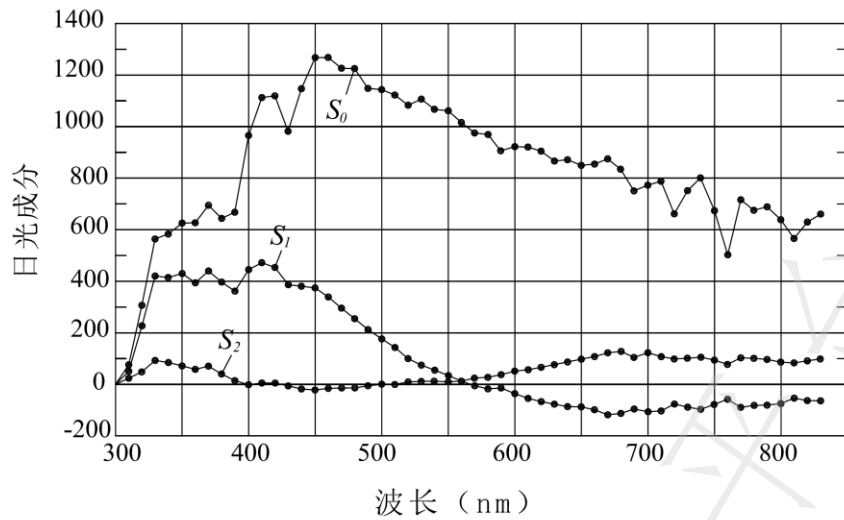


图1 典型全光谱光谱分布

对应于标准照明体D，CIE尚未推荐出相应的标准光源。由于工业生产中精细辨色的要求与荧光材料的颜色测量，都需要日光中的紫外成分，而标准光源B和C中都缺少这部分成分。因此D照明体的模拟成为当前光源研究的重要课题之一。日光具有锯齿形光谱分布，加上校正滤光器也只能在一定程度上近似模拟日光的光谱分。正在研制的模拟D65的人工光源有带滤光器的高压氙弧灯、带滤光器的白炽灯和带滤光器的荧光灯三种。其中带滤光器的高压氙灯是最好的模拟光源。

4.4 全光谱功率分布曲线

在CIE的标准里还没有相关色温为4000K的自然光功率分布数据，根据4.2和4.3及通过CIE规定的有关不同色温的自然光功率分布的计算公式，计算出相关色温为4000K类日光的光功率分布如图2。

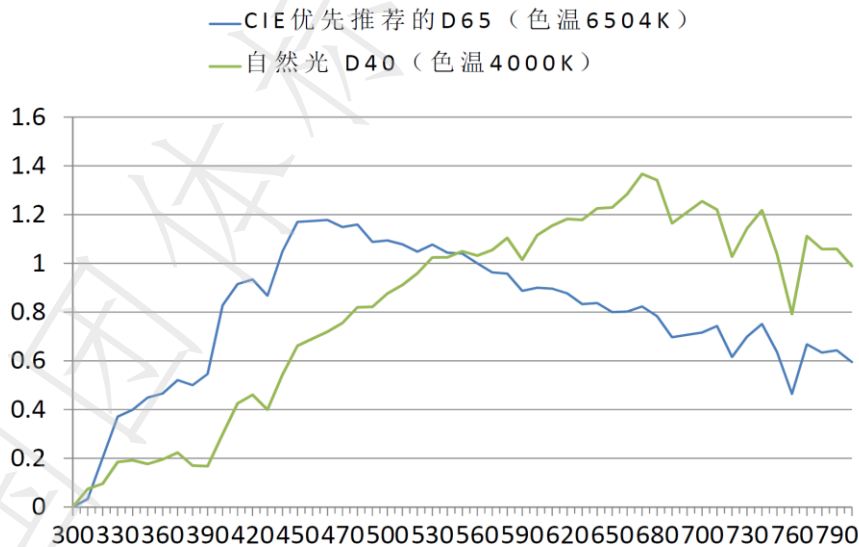


图2 D40 与 D65 光谱光功率分布比较

全光谱的光谱是模拟自然光相关色温在4000K时的光功率分布曲线，根据LED的光特性，全光谱的光谱功率分布曲线（或准自然光照明光谱功率分布曲线）如图3。

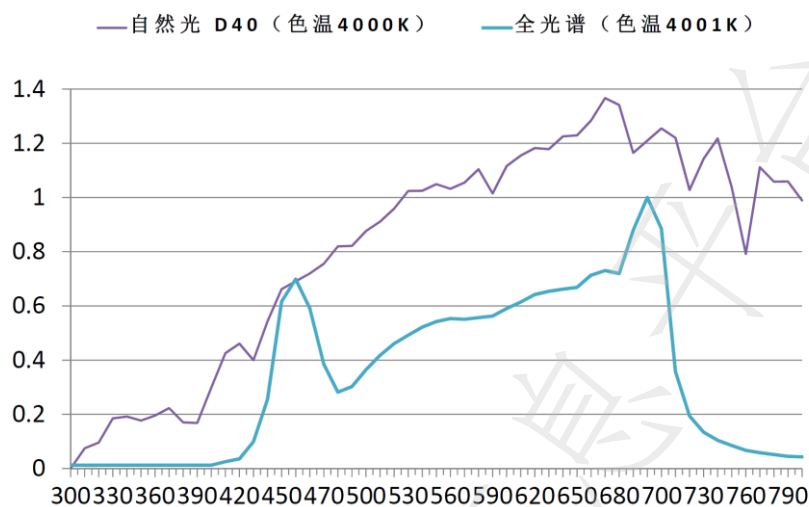


图3 D40 与 LED 全光谱光源光功率分布曲线比较

5 技术要求

5.1 光谱的完整性及连续性

全光谱是模拟（相同色温的）自然光光谱，并限制了自然光中有害的紫外线。光谱的完整性会影响视觉的辨色能力，尤其是儿童发育阶段。

LED全光谱应接近自然光光谱，用相似度进行表征。在可见光波段内人眼的敏感度极高，这从图4人眼明视觉与暗视觉函数 $V(\lambda)$ 和 $V'(\lambda)$ 可以看出，且分为主要色区波段475-640nm和次要色区波段400-475nm、650-680nm。在475-640nm波段范围里我们要求相似度用百分数达到0.95以上，在次要波段400-475nm和650-680nm范围内，要求相似度在0.70以上，以目标光谱与太阳光光谱进行对比来表示与自然光光谱的相似度 M 计算公式见式8。

$$M = 1 - \frac{\left| \int_{\lambda_{\min}}^{\lambda_{\max}} A(\lambda) d\lambda - \int_{\lambda_{\min}}^{\lambda_{\max}} S(\lambda) d\lambda \right|}{\int_{\lambda_{\min}}^{\lambda_{\max}} S(\lambda) d\lambda} \dots\dots\dots (8)$$

式中：

$S(\lambda)$ - 太阳光光谱；

$A(\lambda)$ - 目标光谱。

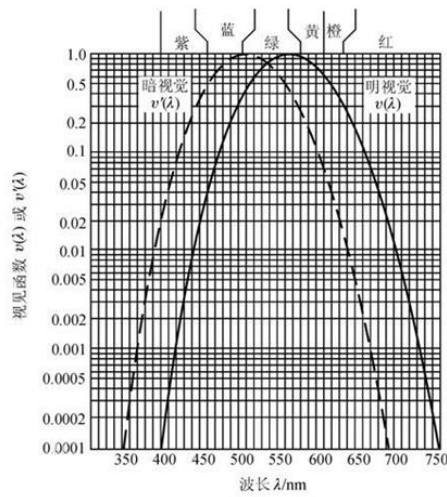


图4 人眼明暗视觉函数

取目标光谱 $A(\lambda)$ 的倒数为连续性的指标。即连续性 $C(\lambda) = A(\lambda)^{-1}$ ，可以通过规定不同波段范围 $C(\lambda)$ 的大小来限定光谱的波动幅度。

5.2 光谱指标

根据全光谱的光谱参数特性，光谱的光功率特性应满足表1条件：

表1 全光谱光谱特性

光色	波长 (nm)	相似度区间偏差
红	680~700	(-0.60, 0.11)
红	650~680	(-0.38, 0.10)
红	622~640	(-0.20, 0.19)
橙	597~622	(-0.16, 0.16)
黄	577~597	(-0.19, 0.19)
绿	492~577	(-0.26, 0.10)
青	475~492	(-0.39, 0.10)
蓝	450~475	(-0.46, 0.18)
紫	400~450	(-1, 1)

5.3 蓝光危害

应符合GB 7000.1-2015第4.24对蓝光危害类别的相应要求。

5.4 显色性

全光谱是要求低蓝光的光谱特性，其显色指数中的R12是饱和蓝色的关键指标，其值的大小影响类日光中蓝光的相对光谱功率。全光谱的Ra及R1~R15显色性应满足表2要求。

表2 全光谱显色性要求

显色指数 CRI	颜色	相对值
Ra	R1~R8 平均值	> 95
R1	淡灰红	> 95
R2	暗灰黄	> 95

R3	饱和黄绿	> 95
R4	中等黄绿	> 95
R5	淡蓝绿	> 95
R6	淡蓝	> 95
R7	淡紫蓝	> 95
R8	淡红紫	> 95
R9	饱和红	> 90
R10	饱和黄	> 95
R11	饱和绿	> 95
R12	饱和蓝	> 90
R13	白种人肤色	> 95
R14	树叶绿	> 95
R15	黄种人肤色	> 95

5.5 色度性能

全光谱色度性能应符合表3的相应规定。

表3 色度性能

额定相关色温 (K)	色品参数			
	标准点坐标		相关色温 CCT (K)	色品容差 (SDCM)
	x	y		
2700	0.4578	0.4101	2725±145	≤6
3000	0.4338	0.4030	3075±175	≤6
3500	0.4073	0.3917	3465±245	≤6
4000	0.3818	0.3797	3985±245	≤6
4500	0.3611	0.3658	4503±245	≤6
5000	0.3447	0.3553	5024±245	≤6
5700	0.3287	0.3417	5667±355	≤6
6500	0.3123	0.3282	6530±510	≤6

5.6 频闪

照明灯具在额定电压条件下工作时，光输出波形的波动深度应符合表4要求。

表4 频闪深度要求

光输出波形频率 f (Hz)	波动深度 A (%)
$f \leq 9$	$A \leq 0.288$
$9 < f \leq 3125$	$A \leq f \times 0.08 / 2.5$
$f > 3125$	无限制

6 测试方法

6.1 光谱功率

LED的光谱特性使用积分球法测试及计算得出。

6.2 蓝光危害

依据IEC/TR 62778和GB/T 20145相应要求进行评估，结果应符合本标准5.5要求。

6.3 光色指标

色度性能及显色指数依据GB/T 24824方法进行测量，结果应符合本标准5.6、5.7的相应要求。

6.4 频闪

灯或灯具在额定电压条件下工作时，按照IEEE Std 1789要求对光输出波形的波动深度测试，结果应符合本标准5.8要求。

参 考 文 献

- [1] 国际照明委员会CIE 15.2: 1986《色度学》;
- [2] 国际照明委员会 / 国际电工委员会CIE 17.4: 1987《国际照明词汇》;
- [3] 国际照明委员会《1931年剑桥CIE第8届会议论文集》;
- [4] Judd DB, MacAdam DL和Wyszecki G (与Budde HW, Condit HR, Henderson ST和Simonds JL合作) 作为相关色温函数的典型昼光的光谱分布, 美国光学协会杂志 (1964) 第54期第1031-1040页。

深圳市 LED 产业标准联盟

联系方式

电 话：0755-86928916

邮 箱：3456954673@QQ.com

地 址：深圳市南山区同发路 4 号深圳市计量质量检测研究院

版权专有 不得翻印