

T/SILA

上海浦东智能照明联合会团体标准

T/SILA 015—2024

智能双色温筒射灯的评价规范

Evaluation Specification for smart dual color temperature downlight and spotlight

2024-06-05 发布

2024-06-05 实施

上海浦东智能照明联合会 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 一般要求 2

5 评价要求及等级划分 2

 5.1 整灯光品质要求 2

 5.2 整灯舒适性要求 3

 5.3 评价指标及说明 4

6 测试方法 4

 6.1 灯具的安全测试方法 4

 6.2 灯具的电磁兼容测试方法 5

 6.3 视网膜蓝光危害等级测试方法 5

 6.4 相关色温及显色性测试方法 5

 6.5 多灯调色一致性的测试方法 5

 6.6 单灯混光均匀性的测试方法 5

 6.7 灯具眩光的测试方法 7

 6.8 调光等级的测试方法 7

 6.9 闪烁和频闪效应测试方法 7

 6.10 噪声测试方法 7

 6.11 灯具的待机功耗测试方法 7

附录 A（资料性） 评价指标及说明 8

附录 B（资料性） 相关测试方法的说明 10

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。

本文件由上海浦东智能照明联合会提出并归口。

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责任。

本文件起草单位：上海浦东智能照明联合会、青岛易来智能科技股份有限公司、惠州雷士光电科技有限公司、上海时代之光照明电器检测有限公司、上海三思电子工程有限公司、横店集团得邦照明股份有限公司、成都恒坤光电科技有限公司、上海碧林威智能科技有限公司、嘉兴威凯检测技术有限公司、佛山市中昊光电科技有限公司、慕光（广东）智能照明科技有限公司、广州市番禺奥莱照明电器有限公司、上海子光信息科技有限公司、宁波小匠物联网科技有限公司、深圳市同一方光电技术有限公司、天宝电子（惠州）有限公司、上海屹店智能科技有限公司、上海镭芯微电子股份有限公司、广东艾迪明电子有限公司、广东明丰电源科技有限公司、广东特优仕照明科技有限公司、利尔达科技集团股份有限公司、河南星如雨科技有限公司、广东昂嘉电子科技有限公司、广东科威腾智能照明有限公司、TCL华瑞照明科技（惠州）有限公司、江苏新广联光电股份有限公司。

本文件主要起草人：李田、王春林、林继钢、闫舒雅、陈欣平、冯涛、王国建、艾敬凯、陈明、翁步升、代照亮、俞孝军、孟双、蒋伟、沈浩、郑翠娇、邱海森、罗望贤、杨帆、要华、罗翔、李应虎、刘金刚、卫建强、魏勇、何峥、安波、常虎、钱书勇、邹汉强、赵华波、庄晓波、蔡有军、洪艳君。

智能双色温筒射灯的评价规范

1 范围

本文件规定了智能双色温筒射灯的术语与定义、一般要求、评价要求及等级划分以及相关的测试方法。

本文件适用于室内照明用智能双色温筒射灯产品。

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/T 6882 声学 声压法测定噪声源声功率级和声能量级 消声室和半消声室精密法

GB/T 7000.1 灯具 第1部分：一般要求与试验

GB/T 7000.201 灯具 第2-1部分：特殊要求 固定式通用灯具

GB/T 7000.202 灯具 第2-2部分：特殊要求 嵌入式灯具

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≤16A）

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 39394 LED灯、LED灯具和LED模块的测试方法

GB/Z 39942—2021 应用GB/T 20145评价光源和灯具的蓝光危害

GB/T 42064—2022 普通照明用设备 闪烁特性 光闪烁计测试法

GB/T 50034 建筑照明设计标准

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）

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/T 50034、GB/T 7000.1界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

智能双色温筒射灯 smart dualcolor temperature downlight and spotlight

采用数字信号或者模拟信号控制，能实现两路灯珠的色温调节、亮度调节、缓亮缓灭等功能的筒灯、射灯灯具。

3.2

波动深度 modulation 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。

[来源：QB/T 5533—2020，3.10，有修改]

3.3

短期闪烁值 short-term flicker indicator

P_{st}

在相对较短的规定时间间隔内评估的闪烁值。

[来源：GB/T 42064—2022，3.1.7，有修改]

3.4

频闪可视度（SVM） stroboscopic effect visibility measure

光输出频率范围为80 Hz ~ 2000 Hz时，短期内频闪效应影响程度的度量。

3.5

调光等级 dimming level

用来表示调光水平的一个比值。具体为产品输出电流的最低值与最高值的比值。

注1: dimming level也可以翻译成调光深度。

注2: 本文件以电流输出等级来表征调光等级。

3.6

灯具眩光等级 (UGR_{lum}) unified glare rating of luminaire

评价单个灯具在标准环境下的眩光性能，测试方法借鉴了统一眩光值 (UGR) 的方法。

3.7

多灯调色一致性 multi-lamp tuning color consistency

是指多个同系列的筒射灯在调光调色过程中的色差一致性，用于衡量同系列灯具调光调色的一致性。

3.8

单灯混光均匀性 single-lamp mixing color uniformity

是指灯具在调光过程中，光源经过光学结构打到被照物体上时呈现出的颜色均匀性，用于衡量单个灯具的空间色品一致性。

4 一般要求

4.1 固定式灯具应符合 GB 43472—2023 或 GB/T 7000.1、GB/T 7000.201 的要求, 嵌入式灯具应符合 GB 43472—2023 或 GB/T 7000.1、GB/T 7000.202 的要求。

4.2 灯具的电磁兼容要求应符合 GB 17625.1、GB/T 17743 的要求。

4.3 灯具的蓝光危害等级应不高于 RG1。

5 评价要求及等级划分

5.1 整灯光品质要求

5.1.1 显色指数

智能双色温筒射灯的显色指数应符合表1的要求。

表1 灯具显色指数评价要求

宣称	全色温段	评分
R _a 97	R _a ≥97, R ₉ ≥95	10
R _a 95	R _a ≥95, R ₉ ≥90	9
R _a 90	R _a ≥90, R ₉ ≥50	8
R _a 80	R _a ≥80, R ₉ ≥0	4
低于R _a 80	R _a <80	0

5.1.2 多灯调色一致性

智能双色温筒射灯的多灯调色一致性应符合表2的要求。

表2 灯具多灯调色一致性评价要求

宣称	色品漂移	评分
一阶	$\Delta(u', v') \leq 0.0011$	10
二阶	$\Delta(u', v') \leq 0.0022$	9
三阶	$\Delta(u', v') \leq 0.0033$	8
五阶	$\Delta(u', v') \leq 0.0055$	4
大于五阶	$\Delta(u', v') > 0.0055$	0

5.1.3 单灯混光均匀性

智能双色温筒射灯的单灯混光均匀性应符合表3的要求。

表3 灯具单灯混光均匀性评价要求

宣称	色品漂移	评分
一阶	$\Delta(u', v') \leq 0.0011$	10
二阶	$\Delta(u', v') \leq 0.0022$	9
三阶	$\Delta(u', v') \leq 0.0033$	8
五阶	$\Delta(u', v') \leq 0.0055$	4
大于五阶	$\Delta(u', v') > 0.0055$	0

5.1.4 光束角精准度

智能双色温筒射灯的光束角精准度应符合表4的要求。

表4 灯具光束角精准度评价要求

宣称	偏差值	评分
一级	$ X \leq 5\%$	10
二级	$5\% < X \leq 10\%$	8
三级	$10\% < X \leq 15\%$	6
四级	$ X > 15\%$	3

5.2 整灯舒适性要求

5.2.1 灯具眩光等级

智能双色温筒射灯的灯具眩光等级应符合表5的要求。

表5 灯具眩光等级评价要求

产品类型	评分				
	$UGR_{lum} < 10$	$10 \leq UGR_{lum} < 13$	$13 \leq UGR_{lum} < 16$	$16 \leq UGR_{lum} < 19$	$UGR_{lum} \geq 19$
射灯 ($< 60^\circ$)	10	8	4	2	0
筒灯 ($\geq 60^\circ$)	10	9	8	6	3

5.2.2 调光等级

智能双色温筒射灯的调光等级应符合表6的要求。

表6 灯具调光等级评价要求

宣称	按电流测量	评分
超万分级	$X < 0.01\%$	10
万分级	$0.01\% \leq X < 0.1\%$	9
千分级	$0.1\% \leq X < 1\%$	7
百分级	$1\% \leq X < 5\%$	4
其他	$X \geq 5\%$	2

5.2.3 健康安全性

智能双色温筒射灯的健康安全性应符合表7的要求。

其中，在额定功率下，光输出波形的波动深度不应高于 IEEE std 1789—2015 中“无显著影响”等级对应的限值要求，或同时满足 $P_{st}^{LM} \leq 1$ 和 $SVM \leq 1.0$ 。

在最大和20%调光等级的状态下，1 m处的噪声不应大于25 dB(A)。

表7 灯具健康安全性评价要求

健康安全性 (三项得分相加)	宣称	评分
	闪烁和频闪效应符合要求，不满足不得分	4
	噪声符合要求，不满足不得分	4
	蓝光危害 $\leq$ RG1，不满足不得分	2

5.2.4 整灯待机功耗

智能双色温筒射灯的整机待机功耗应符合表8的要求。

表8 灯具整机待机功耗评价要求

待机功耗	评分
$X < 0.1 \text{ W}$	10
$0.1 \text{ W} \leq X < 0.25 \text{ W}$	8
$0.25 \text{ W} \leq X < 0.5 \text{ W}$	6
$0.5 \text{ W} \leq X < 1 \text{ W}$	2
$X \geq 1 \text{ W}$	0

5.3 评价指标及说明

智能双色温筒射灯的评价指标及说明见附录A。

6 测试方法

6.1 灯具的安全测试方法

安全要求按照GB/T 7000.1、GB/T 7000.201或GB/T 7000.202的规定进行试验。

6.2 灯具的电磁兼容测试方法

谐波电流应按照GB 17625.1的规定进行试验。
无线电骚扰特性应按照GB/T 17743的规定进行试验。

6.3 视网膜蓝光危害等级测试方法

视网膜蓝光危害等级按照GB/Z 39942—2021的规定进行试验和评估。

6.4 相关色温及显色性测试方法

灯具在热稳定后，按照GB/T 39394测试灯具初始相关色温、显色指数和色容差。

6.5 多灯调色一致性的测试方法

智能灯具多灯调色一致性按照如下方法进行测量：选取至少10个以上同一型号的智能灯具，在环境温度为 $25\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的条件下放置2 h后，连接智能灯具到额定电源电压下，连接使其输出功率满足标志所标识的最大功率输出试验负载，稳定2 h后，即可开始测试。

对于大部分两段色温在主要白光段的智能灯具，可以通过厂家提供的软件选择最高色温、最低色温和三个常用色温如5000 K、4000 K和3000 K共计5个测试点测出灯具的色坐标值。对于厂家单独定义色坐标且不适用于白光段测试方法的智能灯具，可以通过精准控制灯具电源的两路输出电流不同配比，分别在100: 0、75: 25、50: 50、25: 75和0: 100五种输出状态下测出色坐标值。

在灯具最大功率下，测得多灯多个测试点的色坐标值，然后采用CIE 1976(u' , v')的方法对数据进行计算，通过每个测试点的色容差大小来评定灯具的混光色品性能高低。

进阶测试：对于专业级别的智能灯具测试，可选取一台进行宣称值和实际值进行对比测试，在环境温度为 $25\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的条件下放置2 h后，连接双色温灯具到额定电源电压下，连接使其输出功率满足标志所标识的最大功率输出试验负载，稳定2 h后，通过APP或其他方式控制灯具的色温和亮度，基于厂家宣称的基础色坐标值进行测试。

注：多灯调色一致性的测试方法说明见附录B.1。

6.6 单灯混光均匀性的测试方法

单灯混光均匀性的测试方法分为垂直重点测试法和水平洗墙测试法。

垂直重点测试法按照如下方法进行测量：筒射灯的出光方向垂直于墙面，透镜/放光杯外沿距离被测墙面1 m，以灯具光束角（50%峰值光强夹角）为基准，分别测量图上17个点的色坐标，其中Z点为中心点。把智能灯具的功率调至最大，双路输出电流为50: 50，先测量Z点的色坐标值作为基准点，再测量其他16个点的色坐标，采用CIE 1976(u' , v')的方法对灯具的重点照明性能做评价。测试方法示意图见图1。

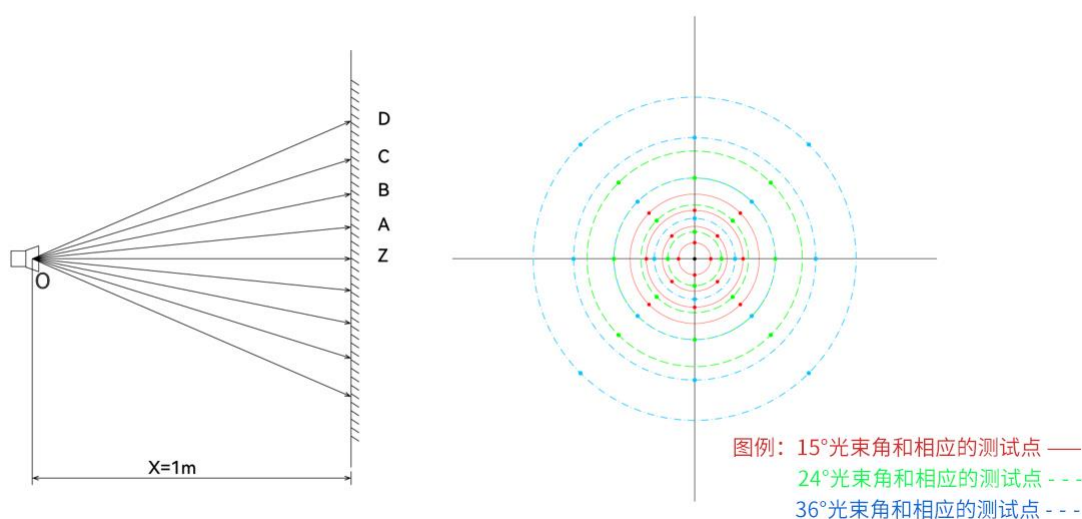


图1 单灯混光均匀性垂直重点测试法图

OZ为垂直线，以48°光束角的射灯为例（光束角的一半是24°），OA与OZ之间的夹角为6°，OB与OZ之间的夹角为12°，OC与OZ之间的夹角为18°，OD与OZ之间的夹角为24°。按角度分别围绕Z点画ABCD四个圆，四个圆分别按90°等分出4个测试点，AC圆和BD圆之间的测试点成45°错开排布。

为了规范和统一测试方法，本规范制定了垂直重点测试法的标准测试图，供各厂家和测评机构使用。测试方法见表9。

表9 单灯混光均匀性垂直重点测试法点位表

—	A圆半径 mm	B圆半径 mm	C圆半径 mm	D圆半径 mm
15° ($X < 18^\circ$)	60	120	180	240
24° ($18^\circ \leq X < 30^\circ$)	100	200	300	400
36° ($30^\circ \leq X < 60^\circ$)	150	300	450	600

水平洗墙测试法按照如下方法进行测量：筒射灯的出光方向水平于墙面，透镜外沿距测试设备探头中心10 CM，且呈垂直夹角。以灯具光束角（50%光强线角度）为基准，分别测量图上20个点的色坐标，把智能灯具的功率调至最大，双路输出电流为50：50，并基于OZ1点的色坐标点为基准点，采用麦克亚当椭圆测试法，对灯具的水平洗墙性能做评价。（测试时测试设备的探头应正对灯具的出光方向）。测试方法示意图见图2。

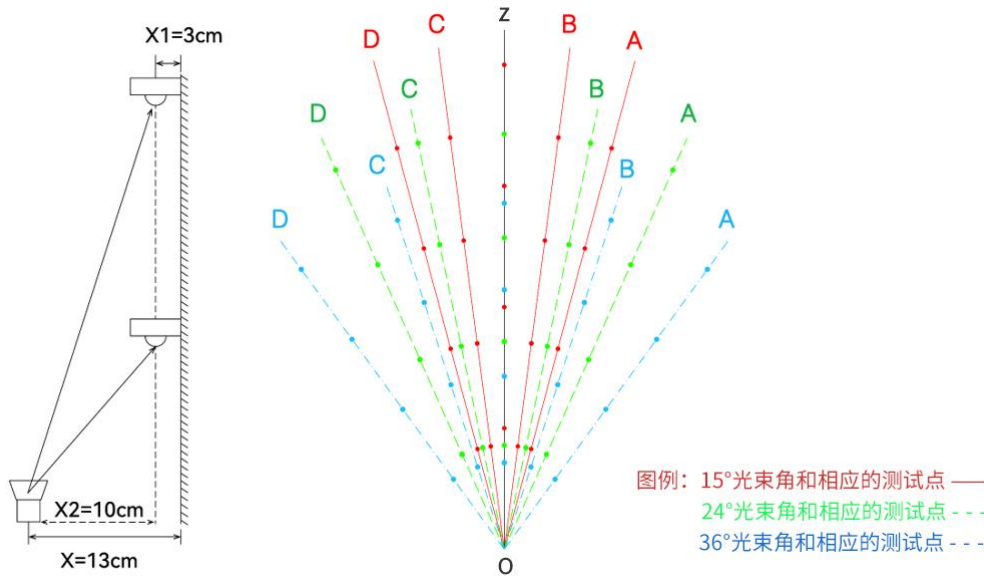


图2 单灯混光均匀性水平洗墙测试法图

OZ为垂直线，OA与OD之间的夹角为光束角。以24°射灯为例，OB/OC与OZ之间的夹角为12°，OA与OD之间的夹角为24°。X轴分别为各个方向上的最大照度、70%照度、50%照度和20%照度线，与ABCDZ五条Y轴相交的点即为测试。

为了规范和统一测试方法，本规范制定了水平洗墙测试法的标准测试图，供各厂家和测评机构使用。测试方法见表10。

表10 单灯混光均匀性水平洗墙测试法点位表

—	15° ($X < 18^\circ$)	24° ($18^\circ \leq X < 30^\circ$)	36° ($30^\circ \leq X < 60^\circ$)
OB、OC与OZ角度	7.5°	12°	18°
OA、OD与OZ角度	15°	24°	36°
OZ1距离	350 mm	300 mm	250 mm

表10 单灯混光均匀性水平洗墙测试法点位表（续）

—	15° ($X < 18^\circ$)	24° ($18^\circ \leq X < 30^\circ$)	36° ($30^\circ \leq X < 60^\circ$)
OZ2距离	700 mm	600 mm	500 mm
OZ3距离	1050 mm	900 mm	750 mm
OZ4距离	1400 mm	1200 mm	1000 mm
OB1和OC1距离	300 mm	300 mm	250 mm
OB2和OC2距离	600 mm	600 mm	500 mm
OB3和OC3距离	900 mm	900 mm	750 mm
OB4和OC4距离	1200 mm	1200 mm	1000 mm
OA1和OD1距离	300 mm	300 mm	250 mm
OA2和OD2距离	600 mm	600 mm	500 mm
OA3和OD3距离	900 mm	900 mm	750 mm
OA4和OD4距离	1200 mm	1200 mm	1000 mm

通过对灯具的垂直和水平出光测试，即可根据空间色坐标的离散度来评定灯具的混光均匀性能。

因每个厂家的灯具参数均不同，如严格采取上述垂直和水平测试法，测试方法相对繁琐且容易导致测试标准不统一，所以基于测试方法原理和实际应用，本规范按照常规筒射灯15°、24°、36°这三个常用光束角度，分别制定标准的测试方法，以方便各厂家和第三方进行评测。

注：单灯混光均匀性的测试方法说明见附录B.2。

6.7 灯具眩光的测试方法

采用统一眩光值的方法进行测试，选取的房间长宽是4H×8H，天花板、墙壁、工作面的反射率分别是70%、50%、20%，且 $S/H=1$ ）进行。

注：H表示灯具相对观察者眼睛高度的垂直距离，S表示布灯间距。

6.8 调光等级的测试方法

灯具的调光等级按照如下方法进行测量：在环境温度为 $25\text{ }^\circ\text{C} \pm 1\text{ }^\circ\text{C}$ 的条件下放置2 h后，连接双色温灯具到额定电源电压下，连接使其输出功率满足标志所标识的最大功率输出试验负载，稳定2 h后，开始对两路输出电流进行测试，通过APP或其他配置方式测量最大输出电流和最小输出电流，通过最小电流/最大电流之比来测量电源的调光等级，两路输出电流选最大值确定为该灯具的调光等级。

注：单灯混光均匀性的测试方法说明见附录B.2，调光等级的部分测试数据见附录B.3。

6.9 闪烁和频闪效应测试方法

波动深度按照IEEE Std 1789: 2015的要求测量。

短期闪烁值（ P_{st}^{LM} ）按照GB/T 42064—2022的规定测量，频闪效应可视度（ SVM ）按照IEC TR 63158的规定测量。

6.10 噪声测试方法

噪声试验的测试要求应符合GB/T 6882的规定。声源发射声压级用A计权声级来测定。距离灯具1 m处进行噪声测定。

6.11 灯具的待机功耗测试方法

按GB/T 39018规定的方法进行待机功率的测试。

附录 A
(资料性)
评价指标及说明

A.1 评价说明

本规范的灯具整体评价主要以用户可感知的并可以方法测量的参数、性能、体验为优先评价指标，共分为整灯光品质（整灯色品性能）、整灯舒适性两大指标，每项指标单独评价评分，用于全面评价智能双色温筒射灯的综合性能。

A.2 指标说明

A.2.1 整灯光品质

用户可感知并可测量的筒射灯静态出光表现，具体性能要求有显色指数、多灯调色一致性、单灯混光均匀性和光束角精准度四项。见表A.1。

表A.1 整灯光品质（空间色品性能）评价说明

评价内容	指标重要级说明
显色指数	用于评价单灯灯光对物体的色彩还原度
多灯调色一致性	用于评价多灯调色一致性，也可以用于单灯的真实色温与软件色温参数的差异
单灯混光均匀性	用于评价双色温单灯光学的混光空间均匀性
光束角精准度	用于评价多灯出光角度的一致性，以及单灯的真实光束角与标称光束角的差异

A.2.2 整灯舒适性

用户可感知并可衡量的筒射灯动态出光表现，具体性能要求有灯具眩光等级、电源调光深度、健康安全性和整灯待机功耗四项。见表A.2。

表A.2 整灯舒适性评价说明

评价内容	指标重要级说明
灯具眩光等级	用于评价灯具的防眩性能
调光等级	用于评价灯具的调光细腻度和精确度
健康安全性	用于评价灯具使用中对健康造成的潜在隐患
整灯待机功耗	用于评价灯具在非工作状态下的能耗

A.2.3 整灯测试评价表

整灯测试评价表见表A.3。

表A.3 整灯测试评价表

评价指标	评价规则	分值		单项评分
显色指数	$R_a \geq 97, R_g \geq 95$	10		
	$R_a \geq 95, R_g \geq 90$	9		
	$R_a \geq 90, R_g \geq 50$	8		
	$R_a \geq 80, R_g \geq 0$	4		
	$R_a < 80$	0		
多灯调色一致性 (色品漂移范围)	一阶: $\Delta(u', v') \leq 0.0011$	10		
	二阶: $\Delta(u', v') \leq 0.0022$	9		
	三阶: $\Delta(u', v') \leq 0.0033$	8		
	五阶: $\Delta(u', v') \leq 0.0055$	4		
	不合格: $\Delta(u', v') > 0.0055$	0		
单灯混光均匀性 (色品漂移范围)	一阶: $\Delta(u', v') \leq 0.0011$	10		
	二阶: $\Delta(u', v') \leq 0.0022$	9		
	三阶: $\Delta(u', v') \leq 0.0033$	8		
	五阶: $\Delta(u', v') \leq 0.0055$	4		
	不合格: $\Delta(u', v') > 0.0055$	0		
光束角精准度 (光束角偏差值)	一级: $X \leq \pm 5\%$	10		
	二级: $\pm 5\% < X \leq \pm 10\%$	8		
	三级: $\pm 10\% < X \leq \pm 15\%$	6		
	四级: $X > \pm 15\%$	3		
灯具眩光等级 (UGR_{lum})	—	射灯	筒灯	
	$UGR_{lum} < 10$	10	10	
	$10 \leq UGR_{lum} < 13$	8	9	
	$13 \leq UGR_{lum} < 16$	4	8	
	$16 \leq UGR_{lum} < 19$	2	6	
	$UGR_{lum} \geq 19$	0	3	
调光等级 (输出电流最小值/最大值)	超万分级: $X < 0.01\%$	10		
	万分级: $0.01\% \leq X < 0.1\%$	9		
	千分级: $0.1\% \leq X < 1\%$	7		
	百分级: $1\% \leq X < 5\%$	4		
	其他: $X \geq 5\%$	2		
健康安全 (三项得分相加)	频闪符合要求, 不满足不得分	4		
	噪声符合要求, 不满足不得分	4		
	蓝光危害 $\leq RG1$, 不满足不得分	2		
整灯待机功耗	$X < 0.1\text{ W}$	10		
	$0.1\text{ W} \leq X < 0.25\text{ W}$	8		
	$0.25\text{ W} \leq X < 0.5\text{ W}$	6		
	$0.5\text{ W} \leq X < 1\text{ W}$	2		
	$X \geq 1\text{ W}$	0		

附录 B
(资料性)
相关测试方法的说明

B.1 多灯调色一致性的测试

传统单色温灯具的色容差会参考黑体线的标准值，但双色温灯具的调光曲线是一条直线，继续采用黑体线的评价方式既不准确也不科学，所以需要新的测试方法来评价双色温灯具，调色一致性的好坏直接影响了多灯颜色的一致性和软件参数的准确性，故本规范大胆采用新的测试方法来评价调色一致性的好坏。

每个厂家的灯具设计都有自己的考量，在不同的应用场景下最适宜的色温色品也应不同，故双色温灯具的色品评价应脱离单色温参考黑体轨迹线的限制，更加关注多灯同一参数下的一致性。新测试方法需先确定两个独立色温的色坐标，然后两个色坐标之间画一条直线作为 X 轴，对于常规在黑体线附近的双色温灯具可以采用常规 3000 K、4000 K、5000 K 等标准色温为基准加上最高最低色温测出色坐标值，而对与非白光段或者厂家单独定义的双色温，则可采用电流配比 100：0、75：25、50：50、25：75 和 0：100 五种输出状态下测出色坐标值，采用 CIE 1976(u', v') 方法去评价每个点的色坐标离散度，根据离散度大小来评价灯具的调色一致性。

B.2 筒射灯单灯混光均匀性的部分测试数据及方法形成

B.2.1 垂直重点测试法

参考了台灯均匀度的测试方法，将光通量的均匀度换成了色坐标的离散度，测试原理和方法基本一致。详见图 1。

为了方便统一测量标准，故对 10W 级智能筒射灯常用的 15°、24° 和 36° 三个光束角，在最小可用工作区内，分别定义了测试点。详见表 B.1。

表B.1 单灯混光均匀性垂直重点测试法原始数据

—	A圆半径 mm	B圆半径 mm	C圆半径 mm	D圆半径 mm
15° (X < 18°)	65.4	130.5	195.9	258.8
24° (18° ≤ X < 30°)	104.5	207.9	306.8	406.7
36° (30° ≤ X < 60°)	153.4	306.8	460.2	613.6

考虑到直接使用原始数据做成测试图的不变，故对数据进行了修正，修正后的数据点位更方便于统一测试，详见表B.2。

表B.2 单灯混光均匀性垂直重点测试法统一修正数据

—	A圆半径 mm	B圆半径 mm	C圆半径 mm	D圆半径 mm
15° (X < 18°)	60	120	180	240
24° (18° ≤ X < 30°)	100	200	300	400
36° (30° ≤ X < 60°)	150	300	450	600

B.2.2 水平洗墙测试法

该方法没有现成测试标准，故本规范标准测试方法的出台前做了大量数据测试和方法推演，现将推演方法和过程数据公开，以供参考，具体如下：

- a) 关于筒射灯的离墙距离, 常规室内照明应用中对于筒射灯的推荐离墙距离一般为 30 cm ~ 40 cm, 但随着家装风格的演进, 很多窄吊顶的尺寸离墙只有 30 cm, 居中安装的筒射灯只有 15 cm, 考虑到从严测试的原则, 将筒射灯的出光中心线定为离墙 10 cm, 考虑到测试设备的尺寸, 在此基础上做了一定补偿。
- b) 关于洗墙测试中探头的朝向问题, 因筒射灯洗墙时, 测试点的距离变化会导致入射角度的变化, 估有三种方法, 分别是水平于地面、垂直于地面和正对出光角度, 第三种方法很难确保每个点的方向正好是正对入射角度, 故优先排除, 余下的探头水平放置和垂直放置两种方法, 我们做了实际测试, 24° 筒射灯测试数据如下。详见表 B. 3、B. 4 和 B. 5。

表B. 3 水平洗墙测试法沿 OZ 轴两种探头朝向的对比测试

—	探头水平地面测量数据				探头垂直地面测量数据			
	色坐标x	色坐标y	色温 K	照度 lx	色坐标x	色坐标y	色温 K	照度 lx
积分球数据	0.3847	0.3737	3865	—	0.3847	0.3737	3865	—
OZ轴25 cm	0.3790	0.3691	3981	5742	0.3796	0.3715	3985	391
OZ轴50 cm	0.3816	0.3694	3913	5946	0.3825	0.3698	3889	2552
OZ轴100 cm	0.3831	0.3695	3871	2214	0.3862	0.3711	3801	232
OZ轴150 cm	0.3836	0.3695	3856	1388	0.3875	0.3712	3766	159
OZ轴200 cm	0.3840	0.3695	3847	753	0.3911	0.3711	3762	9.8

表B. 4 水平洗墙测试法沿 OB 轴两种探头朝向的对比测试

—	探头水平测量数据				探头垂直测量数据			
	色坐标x	色坐标y	色温 K	照度 lx	色坐标x	色坐标y	色温 K	照度 lx
积分球数据	0.3847	0.3737	3865	—	0.3847	0.3737	3865	—
OB轴25 cm	0.3788	0.3704	3996	3226	0.3790	0.3718	4003	1894
OB轴40 cm	0.3802	0.3701	3958	3644	0.3803	0.3708	3959	2305
OB轴80 cm	0.3811	0.3697	3927	1842	0.3828	0.3707	3890	10.9
OB轴120 cm	0.3811	0.3694	3924	236	0.3829	0.3701	3880	52.7
OB轴160 cm	0.3811	0.3694	3925	482	0.3833	0.3699	3868	39.5

表B. 5 水平洗墙测试法沿 OA 轴两种探头朝向的对比测试

—	探头水平测量数据				探头垂直测量数据			
	色坐标x	色坐标y	色温 K	照度 lx	色坐标x	色坐标y	色温 K	照度 lx
积分球数据	0.3847	0.3737	3865	—	0.3847	0.3737	3865	—
OB轴25 cm	0.3740	0.3679	4116	1249	0.3749	0.3680	4092	10.5
OB轴30 cm	0.3778	0.3721	4038	781	0.3774	0.3701	4035	138
OB轴60 cm	0.3778	0.3711	4033	515	0.3790	0.3710	3974	31.7
OB轴90 cm	0.3781	0.3710	4021	246	0.3796	0.3695	3968	25.9
OB轴120 cm	0.3780	0.3705	4021	151	0.3781	0.3672	3993	7.4

通过对三条轴的数据对比测试发现，探头水平于地面时，随着测试距离的拉远，照度和色温呈线性下降关系；探头垂直于地面时，照度呈断崖式下降，且色温的变动范围也大于水平时，经分析应该是筒射灯的光束角较小，探头水平时与出光中心线的夹角也小，入射的光通量较足，测试的准确性更高，故采用探头水平测试法。

c) 关于筒射灯 x 轴几条线的测定依据，主要是根据筒射灯的主要工作区域范围来确定，因不同角度的灯具在洗墙时的光斑范围不同，故以每个垂直轴上的最大光强点（100%）和最小可用光强点（20%），再等分出 2 个点进行测试。见图 2。

实际测试发现，因灯光不同型号之间的功率、光效、光学器件均存在差异，每个灯的最大光强点和最小可以光强点的位置均不同，这就对统一测试方法带来了障碍，故基于 10 W 级智能筒射灯常用的 15°、24° 和 36° 三个光束角，综合各家灯具的光学性能，在工作区域内采取最小值，分别定义了三个角度的测试点。见表 B. 6。

表B. 6 单灯混光均匀性水平洗墙测试法原始数据

—	15° (X < 18°)	24° (18° ≤ X < 30°)	36° (30° ≤ X < 60°)
OB、OC与OZ角度	7.5°	12°	18°
OA、OD与OZ角度	15°	24°	36°
OZ1距离（最大照度）	39.7 cm	36.7 cm	36.5 cm
OZ2距离（70%照度）	72.9 cm	71 cm	61 cm
OZ3距离（50%照度）	94.3 cm	89 cm	78 cm
OZ4距离（20%照度）	174.8 cm	158 cm	135 cm
OB1和OC1距离	39.3 cm	44 cm	30 cm
OB2和OC2距离	68.3 cm	63.5 cm	53.6 cm
OB3和OC3距离	84.8 cm	83.8 cm	73 cm
OB4和OC4距离	150.8 cm	142.2 cm	122.1 cm
OA1和OD1距离	40.5 cm	43 cm	29.6cm
OA2和OD2距离	70 cm	64.5 cm	59 cm
OA3和OD3距离	84 cm	87.7 cm	69.7 cm
OA4和OD4距离	144.7 cm	141.7 cm	121.2 cm

用于测试的灯具为功率 10 W、色温范围 2700 K ~ 5700 K、显色指数 Ra90、最大光通量 600 lm 的射灯，分别使用 15°、24° 和 36° 不同光束角做了测试，考虑到不同品牌的灯具在功率、色温、光通量等参数的差异，我们对测试距离做了缩减，以实际测试值的 80%做了缩减，以适应不同灯具的测试需要。

修正后的统一测试参数见表 B. 7。

表B. 7 单灯混光均匀性水平洗墙测试法统一修正数据

—	15° (X<18°)	24° (18° ≤X<30°)	36° (30° ≤X<60°)
OB、OC与OZ角度	7.5°	12°	18°
OA、OD与OZ角度	15°	24°	36°
OZ1距离	350 mm	300 mm	250 mm
OZ2距离	700 mm	600 mm	500 mm
OZ3距离	1050 mm	900 mm	750 mm
OZ4距离	1400 mm	1200 mm	1000 mm
OB1和OC1距离	300 mm	300 mm	250 mm
OB2和OC2距离	600 mm	600 mm	500 mm
OB3和OC3距离	900 mm	900 mm	750 mm

表B.7 单灯混光均匀性水平洗墙测试法统一修正数据（续）

—	15°（ $X<18^{\circ}$ ）	24°（ $18^{\circ}\leq X<30^{\circ}$ ）	36°（ $30^{\circ}\leq X<60^{\circ}$ ）
OB4和OC4距离	1200 mm	1200 mm	1000 mm
OA1和OD1距离	300 mm	300 mm	250 mm
OA2和OD2距离	600 mm	600 mm	500 mm
OA3和OD3距离	900 mm	900 mm	750 mm
OA4和OD4距离	1200 mm	1200 mm	1000 mm

- d) 关于大角度筒射灯（ $36^{\circ} < X < 60^{\circ}$ ）测试方法参考 36° 的问题，当筒射灯光束角 $> 36^{\circ}$ ，尤其是 45° 以上时，OA、OD 轴的测试点已经超出光斑范围，已无测试价值（见图 B.10），故 36° 以上的大角度筒射灯测试方法和 36° 筒射灯保持一致。同理小于 15° 的筒射灯测试方法和 15° 测试方法保持一致。见图 B.1。



图B.1 大角度筒射灯光束角实拍图

- e) 关于色坐标离散分布采用 CIE 1976 (u' , v') 方法进行评价，主要是为了方便设计师和消费者的直观理解，传统灯具光源色坐标的主要评价标准就是基于黑体线上特定色温下的标准测试法，专业用户已经习惯并理解色容差与几阶椭圆的关系及好坏，而目前市场上的双色温智能灯具几乎全部是基于黑体线附近的暖白光源，故采用 CIE 1976 (u' , v') 方法评价多灯调色一致性和单灯混光均匀性，即简明易懂，又不会有较大偏差。

B.3 筒射灯调光等级的部分测试数据及方法形成

对于评价一款智能灯具的调光范围和电源硬件能力的方法，行业里常用百/千/万分级调光来指代调光深度，并没有统一定义调光深度的测试方法。现行的方法有按光通量范围值标定的，有按照照度范围值标定的，有按输出电流范围值标定的，还有按 PWM 频率范围标定的。尽管测试方法不同，但总体上分为测光输出和测电流输出两大类。

对此，我们针对前三种测试方法，又做了补充测试，数据如下：

表B. 8 万分级射灯三项测试数据

—	—			积分球数据			暗房照度计数据（50 cm）			电流测试数据	
	APP 色温 K	光学 器件	亮度 百分比	实测 色温 K	光通量 lm	光通量范 围	实测 色温 K	照度 lx	照度 范围	输出电流 mA	电流 等级
万分级射 灯	5700	无蜂 窝网	100%	5596	585.11	0.029%	5730	6210.14	0.032%	220	0.028%
			1%	1578	0.17		5375	2.01		0.062	
		有蜂 窝网	100%	5604	357.73	0.048%	5762	4044	0.029%	—	
			1%	1539	0.17		5390	1.18			
	2700	无蜂 窝网	100%	2692	460.4	0.037%	2722	4897.35	0.033%	221	0.029%
			1%	1500	0.17		2778	1.64		0.064	
		有蜂 窝网	100%	2694	281.09	0.060%	2720	3080.76	0.031%	—	
			1%	1520	0.17		2840	0.96			

表B. 9 千分级射灯三项测试数据

—	—			积分球数据			暗房照度计数据（50 cm）			电流测试数据		
	APP 色温 K	光学 器件	亮度 百分比	实测 色温 K	光通量 lm	光通量 范围	实测 色温 K	照度 lx	照度 范围	输出电流 mA	电流 等级	
千分级射灯	5700	无蜂 窝网	100%	5596	512.14	0.100%	5778	7218.83	0.198%	177.5	0.297%	
			1%	2522	0.51		5720	14.31		0.528		
		有蜂 窝网	100%	5578	312.88	0.105%	5796	4608.19	0.188%	—		
			1%	2052	0.33		5698	8.66				
	2700	无蜂 窝网	100%	2683	405.9	0.106%	2702	5516.81	0.335%	184.3	0.298%	
			1%	1510	0.43		2680	18.49		0.55		
		有蜂 窝网	100%	2677	247.32	0.129%	2702	3523.04	0.191%	—		
			1%	2063	0.32		2705	6.72				

针对两个厂家宣称为万分级调光和千分级调光的智能灯具，分别在相同的试验环境下，对灯具的两个基础色温、最大最小亮度参数和有无防眩配件等可变条件做了简单测试和数据统计，见表B. 8和B. 9。（对于LED灯具，同等输入功率下色温越高光通量越高、无防眩配件比有防眩配件光通量更高。）总结如下：

- a) 光通量测试法：采用2 m直径积分球测试，对于具备万分级调光能力的灯具，在亮度参数调至最小，多个可变条件下的光通量均为0.17 lm，说明真实光通量已超过积分球的下限导致数据不准，而据此得出的调光深度从0.029% ~ 0.060%之间变动，数值差了一倍，说明积分球无法准确测得万分级灯具的最小光通量；
- b) 照度测试法：在暗房内使用照度计距离灯杯口50 cm处测量直射照度，数据一致性相比积分球测试法更好，但个别数值也产生了较大偏差，一方面说明暗房的环境和测试的设备本身会有一定误差，另一方面照度只是一个方向的光输出，不等于整灯光输出；

- c) 电流测试法：使用万用表测量电源输出电流的范围值，万用表有 μA 和 mA 两个档，可以相对准确的测量输出电流；也尝试过用示波器+电流探头的方法，但因电流探头的精度只能到 1mA ，所以无法用于微安级的电流测量。

从实测数据来看，采用 LED 光源的智能灯具，抛开测量误差的影响，电流调节范围与光通量调节范围和照度调节范围基本在同一数量级，见表 B. 10。

表B. 10 三项测试数据范围汇总表

宣称级别	光通量调节范围	照度调节范围	电流调节范围
万分级灯具	0.029% ~ 0.060%	0.029% ~ 0.033%	0.028% ~ 0.029%
千分级灯具	0.100% ~ 0.129%	0.188% ~ 0.198%	0.297% ~ 0.298%

对比实测数据，万分级灯具的三项指标范围均在万级之间，千分级灯具的三项指标范围均在千级范围，故可以认为三项指标之间是有正向关联度，可以在一定程度上代表灯具调光深度的级别。