



中华人民共和国国家计量检定规程

JJG 383—2002

光谱辐射亮度标准灯

Spectral Radiance Standard Lamp

2002 - 11 - 04 发布

2003 - 05 - 04 实施

国家质量监督检验检疫总局 发布

光谱辐射亮度标准灯 检定规程

**Verification Regulation of
Spectral Radiance Standard Lamp**

JJG 383—2002
代替 JJG 383—1985

本规程经国家质量监督检验检疫总局 2002 年 11 月 04 日批准，并自 2003 年 05 月 04 日起施行。

归口单位：全国光学计量技术委员会

起草单位：中国计量科学研究院

本规程委托全国光学计量技术委员会负责解释

本规程主要起草人：

代彩红 （中国计量科学研究院）

于家琳 （中国计量科学研究院）

目 录

1 范围	(1)
2 概述	(1)
3 计量性能要求	(1)
3.1 稳定性	(1)
3.2 温场均匀性	(2)
3.3 重复性	(2)
3.4 年变化率	(2)
3.5 标准灯光谱辐射亮度量值的不确定度	(2)
4 通用技术要求	(2)
5 计量器具控制	(2)
5.1 检定条件	(2)
5.2 检定项目	(3)
5.3 检定方法	(4)
5.4 检定结果的处理	(7)
5.5 检定周期	(7)
附录 A 250 ~ 2 500 nm 光谱辐射亮度标准灯的不确定度评定	(8)
附录 B 光谱辐射亮度标准灯检定原始记录格式	(9)
附录 C 光谱辐射亮度标准灯检定证书内页格式	(10)

光谱辐射亮度标准灯检定规程

1 范围

本规程适用于 250 ~ 2 500 nm 波段范围的光谱辐射亮度标准灯（简称标准灯）的首次检定、后续检定和使用中检验。光谱辐射亮度标准灯的定型鉴定、样机试验中对计量性能的要求可参照本规程执行。

2 概述

光谱辐射亮度标准灯是用于保持和传递辐射亮度的光谱密集度量值的标准计量器具。还可用于校准 250 ~ 2 500 nm 光谱范围内各种辐射源的光谱辐射亮度分布和光谱辐射计的校准等。辐射亮度的光谱密集度的单位是 $\mu\text{W} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{nm}^{-1} \cdot \text{sr}^{-1}$ 。

光谱辐射亮度标准灯是一种特制的钨带灯，有两种型号：带石英窗口的 BDW 型和不带窗口的 BW 型。BW 型标准灯用于可见和近红外辐射波段，BDW 型标准灯用于紫外、可见和近红外辐射波段。BW 型和 BDW 型标准灯的电参数见表 1，结构示意图分别见图 1 和图 2。

表 1 标准灯的电参数

规格型号	额定电流/A	额定电压/V	额定功率/W
BW 型	18 ~ 22	12	210 ~ 270
BDW 型	20 ~ 25	12	240 ~ 300

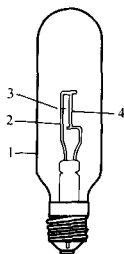


图 1 BW 型标准灯结构图

1—玻壳；2—框架；
3—指针；4—钨带

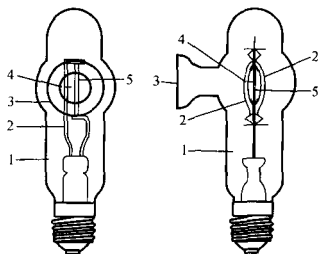


图 2 BDW 型标准灯结构图

1—玻壳；2—框架；3—石英窗口；
4—指针；5—钨带

3 计量性能要求

3.1 稳定性

标准灯的稳定性是指标准灯温度随点燃时间的变化。BDW 型标准灯在 2 500 ℃时, 预热 20 min 后, 在 2 h 内温度变化 $\Delta T \leq 5$ ℃; BW 型标准灯在 2 000 ℃时, 预热 20 min 后, 在 8 h 内温度变化 $\Delta T \leq 3$ ℃。

3.2 温场均匀性

标准灯的温场均匀性是指钨带指针上下 1 mm 区域内的温度变化。标准灯在预热 20 min 后, BDW 型钨带灯应满足: $\Delta T \leq 4$ ℃; BW 型钨带灯应满足: $\Delta T \leq 3$ ℃。

3.3 重复性

标准灯的光谱辐射亮度值的实验标准差 $\leq 1\%$ 。

3.4 年变化率

标准灯光谱辐射亮度值的年变化率 $\leq 1\%$ 。

3.5 标准灯光谱辐射亮度量值的不确定度

标准灯光谱辐射亮度量值的不确定度见表 2。

表 2 标准灯量值的不确定度

波段范围	不确定度/% ($k=1$)
紫外: 250 ~ 400 nm	1.13 ~ 0.58
可见: 400 ~ 750 nm	0.58 ~ 0.46
近红外: 750 ~ 2 500 nm	0.46 ~ 0.95

4 通用技术要求

4.1 标准灯应标明制造厂名、出厂编号、型号及 **IMC** 标志。

4.2 标准灯的玻壳及石英窗应透明, 正对发光体部位不得有气泡、结石、斑点、条纹、擦伤、发雾及影响透明度的缺陷, 厚薄均匀。钨带应平直。

5 计量器具控制

计量器具控制包括: 首次检定、后续检定和使用中检验。

5.1 检定条件

5.1.1 检定设备

5.1.1.1 光谱辐射亮度工作基准灯组

光谱辐射亮度工作基准灯组由三只工作基准灯组成, 其不确定度见表 3。

表 3 光谱辐射亮度工作基准灯量值的不确定度

波段范围	工作基准灯的不确定度/% ($k=1$)
紫外: 250 ~ 400 nm	0.88 ~ 0.44
可见: 400 ~ 750 nm	0.44 ~ 0.32
近红外: 750 ~ 2 500 nm	0.32 ~ 0.67

5.1.1.2 检定装置

光谱辐射亮度标准检定装置包括入射光路和光谱辐射计两部分，见图 3。

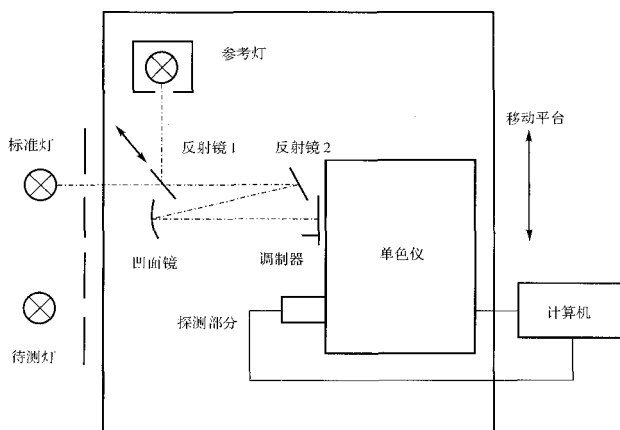


图 3 光谱辐射亮度检定装置示意图

入射光路：由光轨、光具座、挡屏、快门、灯架、平面反射镜、凹面镜及其调节平台等组成。光轨要平直稳定，高低可调；挡屏外表面要发黑；整个照明装置要用漫反射比低材料围起，以屏蔽杂散光。

光谱辐射计：包括单色仪和探测部分。单色仪的工作波长范围不小于 $250 \sim 2500 \text{ nm}$ ，波长示值误差应小于 0.1 nm ，杂散光水平小于 10^{-5} ；探测部分由性能稳定、高灵敏度的光电接收器、放大器及数字电压表组成。读数的有效数字必须在三位以上。探测部分的非线性误差应小于 0.1% 。

5.1.1.3 电测和供电设备

标准灯由直流稳流电源供电，电测和供电电路见图 4。标准电阻为 $0.01 \text{ } \Omega$ ， $0.001 \text{ } \Omega$ ，额定电流 33 A ，数字电压表为 6 位半显示。直流稳流电源的规格为 $15 \text{ V} \times 30 \text{ A}$ ，要求电流连续可调。电源的调节细度 $\leq 0.001 \text{ A}$ 。电流随时间的漂移 $\leq 3 \times 10^{-5} \text{ h}^{-1}$ 。

5.1.1.4 光电高温计

光电高温计测温的实验标准差 $\leq 1 \text{ K}$ 。

5.1.1.5 工程水准仪两台

工程水准仪应满足 JJG 425—1994《水准仪检定规程》中 DSZ3 等的要求。

5.1.2 环境条件

5.1.2.1 温度： $(20 \pm 5) ^\circ\text{C}$ 。

5.1.2.2 湿度： $\leq 80\% \text{ RH}$ 。

5.1.2.3 实验在暗室里进行，不允许有影响测量的杂散光进入测量光路。

5.2 检定项目

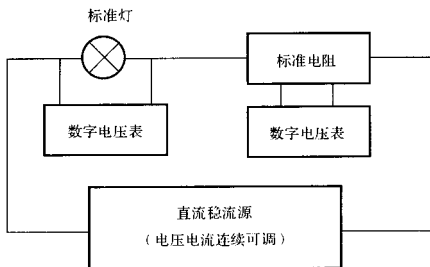


图4 标准灯直流供电及电测控制线路图

检定项目见表4。

表4 检定项目表

检定项目	首次检定	后续检定	使用中检验
外观检查	+	+	+
稳定性	+	-	-
温场均匀性	+	-	-
重复性	+	+	-
年变化率	-	+	-
光谱辐射亮度值	+	+	+
注：“+”表示需检定项目，“-”表示不需检定项目。			

5.3 检定方法

5.3.1 通用技术要求的检定

用目视方法按照4.1和4.2规定的内容对标准灯进行检查，并在原始记录的有关栏目中填写检查结果。

5.3.2 计量性能

5.3.2.1 标准灯的安装和调整

标准灯在每次使用前用酒精棉球或航空汽油轻轻擦拭玻壳及石英窗口，避免用手触摸。操作时应戴白细纱手套。轻拿轻放，保持灯泡玻壳清洁。

标准灯点燃时，应缓慢地将灯电流升至工作电流。测量结束后，将电流逐渐降至零，然后断开电路。升降灯电流的时间不应小于5 min。标准灯的预热时间应不小于20 min。

测量完毕，关闭电源后，待灯泡玻壳冷却后方可将灯取下。

在测量光路中，灯与凹面镜之间应设置几个孔径适当的限制光阑。调节平面反射镜及凹面镜和灯的位置，使标准灯的钨带像以1:1的倍率清晰地成像在狭缝的中心位置上

(见图 5)。用上下限制光阑将单色仪的狭缝限制成与光轴对称的 2 mm 高度。

用一工程水准仪保持系统的光轴位置。调节标准灯的六维支架,使钨带在系统光轴的中心,指针像、钨带中心与标准灯后玻璃泡壳上的圆形标记中心像在同一直线上(见图 6),且圆形标记与钨带左边沿相切。重复上述调节,直到在单色仪的入射狭缝上清晰地看到钨带的像,而且灯的指针与圆形标记的像位于狭缝的中心高度上,钨带的竖直中线与狭缝的竖直中线重合(见图 5)。

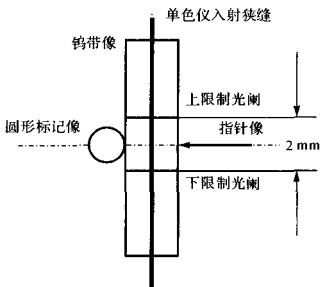


图 5 钨带在单色仪入射狭缝上成像示意图

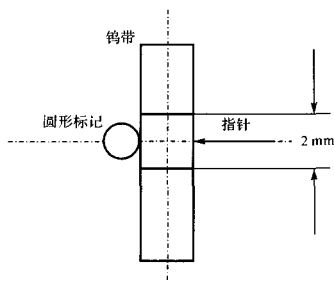


图 6 标准灯位置调节示意图

5.3.2.2 光谱辐射亮度值的检定

光谱辐射亮度采用参考灯(参考灯的设置见图 3)替代法,在光谱辐射计上进行测量。交替开关快门,将标准灯和待测灯的辐射光束分别成像到单色仪入射狭缝的中心部位上,经单色仪分光后由出射狭缝射出被接收部分接收。接收部分的响应值正比于亮度值。实验方法如下:

a) 工作基准灯标定参考灯:移动实验平台,使工作基准灯钨带中心在光阑中心和凹面镜中心所确定的光轴上。在每一测量波长 λ ,分别测量工作基准灯的响应 $V_{\lambda\text{基准}}$ 和参考灯的响应 $V_{\lambda\text{参考1}}$;

b) 参考灯标定标准灯:移动实验平台,使标准灯钨带中心在光阑中心和凹面镜中心所确定的光轴上。在每一测量波长 λ ,分别测量参考灯的响应 $V_{\lambda\text{参考2}}$ 和标准灯的响应 $V_{\lambda\text{标准}}$;

c) 设工作基准灯的光谱辐射亮度值为 $L_{\lambda\text{基准}}$ 。计算标准灯在波长 λ 的光谱辐射亮度值 $L_{\lambda\text{标准}}$:

$$L_{\lambda\text{标准}} = \frac{V_{\lambda\text{标准}}}{V_{\lambda\text{参考2}}} \times \frac{V_{\lambda\text{参考1}}}{V_{\lambda\text{基准}}} \times L_{\lambda\text{基准}} \quad (1)$$

实验中校准的波长点见表 5。

5.3.2.3 温度稳定性的检定

BDW 型标准灯:将标准灯点燃在 2 500 °C,预热 20 min 后,用光电高温计监测标准灯在 2 h 内的温度变化。设温度最大值为 T_{max} ,温度最小值为 T_{min} 。计算出标准灯的温度

度变化 $\Delta T = T_{\max} - T_{\min}$ 。

表 5 光谱辐射亮度校准的波长点

波段	测量的波长点 λ/nm										
紫外	250	260	270	280	290	300	310	320	330	340	350
	360	370	380	390	400	—	—	—	—	—	—
可见	380	390	400	450	500	550	555	600	650	700	750
	800	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
近红外	750	800	850	900	950	1 000	1 100	1 200	1 300	1 400	1 500
	1 600	1 700	1 800	1 900	2 000	2 100	2 200	2 300	2 400	2 500	—

BW 型标准灯：将标准灯点燃在 2 000 ℃，预热 20 min 后，用光电高温计监测标准灯在 8 h 内的温度变化。设温度最大值为 $T_{\max}$ ，温度最小值为 $T_{\min}$ 。计算出标准灯的温度变化 $\Delta T = T_{\max} - T_{\min}$ 。

标准灯的温度稳定性应符合 3.1 的规定。

5.3.2.4 温场均匀性的检定

BDW 型标准灯：将标准灯点燃在 2 500 ℃，预热 20 min 后，用光电高温计测量标准灯的钨带指针上下 1 mm 区域内温度分布值。设温度最大值为 $T_{\max}$ ，温度最小值为 $T_{\min}$ 。计算出标准灯的钨带指针上下 1 mm 区域内温度变化 $\Delta T = T_{\max} - T_{\min}$ 。

BW 型标准灯：将标准灯点燃在 2 000 ℃，预热 20 min 后，用光电高温计测量标准灯的钨带指针上下 1 mm 区域内温度分布值。设温度最大值为 $T_{\max}$ ，温度最小值为 $T_{\min}$ 。计算出标准灯的钨带指针上下 1 mm 区域内温度变化 $\Delta T = T_{\max} - T_{\min}$ 。

标准灯的温场均匀性应符合 3.2 的规定。

5.3.2.5 重复性的检定

点燃标准灯，预热 20 min 后，在任一测量波长 λ 处，进行 n ($n \geq 5$) 次光谱辐射亮度的测量。分别得到 n 个测量值 ($L_1 \sim L_n$)。设平均值为 $\bar{L}$ ：

$$\bar{L} = \frac{\sum_{i=1}^n L_i}{n} \quad (2)$$

计算实验的相对标准差 s ，应符合 3.3 的规定。

$$s = \frac{1}{\bar{L}} \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (L_i - \bar{L})^2}{n - 1}} \quad (3)$$

5.3.2.6 年变化率的检定

设上一年某波长的测量值为 L_{λ}' ，今年同一波长的测量值为 L_{λ} ，则年变化率应符合 3.4 的规定。

$$\text{年变化率} = \frac{|L_{\lambda} - L_{\lambda}'|}{L_{\lambda}'} \times 100\% \quad (4)$$

5.3.2.7 计算测量不确定度

按照附录 C 的方法计算不确定度，应符合表 2 的规定。

5.4 检定结果的处理

对标准灯的首次检定、后续检定和使用中检验需要检定的项目根据本规程 5.2 中的内容执行。

按本规程要求检定合格的标准灯发给检定证书。检定不合格的发给检定结果通知书，并注明不合格项目。

5.5 检定周期

检定周期一般不超过 2 年。但是当标准灯的累计使用时间达到 50 h 时，应当重新检定。送检时应附带上一一次的检定证书。

附录 A

250 ~ 2 500 nm 光谱辐射亮度标准灯的不确定度评定

A.1 数学模型

标准灯的光谱辐射亮度测量的数学表达式为 (A1), 式中各变量的定义见本规程 5.3.2.2。

$$L_{\lambda\text{标准}} = \frac{V_{\lambda\text{标准}}}{V_{\lambda\text{参考2}}} \times \frac{V_{\lambda\text{参考1}}}{V_{\lambda\text{基准}}} \times L_{\lambda\text{基准}} \quad (\text{A1})$$

A.2 测量不确定度的 A 类评定

光谱辐射亮度测量的实验相对标准差, 即相对标准不确定度 s 。

标准灯光谱辐射亮度测量的实验相对标准差按照式 (A2) 计算:

$$s = \frac{1}{\bar{L}} \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (L_i - \bar{L})^2}{n-1}} \quad (\text{A2})$$

其中 L_i ($i=1, 2, \dots, n$ 且 $n \geq 2$) 为第 i 次测量的光谱辐射亮度值; $\bar{L}$ 为 n 次测量的光谱辐射亮度平均值。

$$\bar{L} = \sum_{i=1}^n L_i / n \quad (\text{A3})$$

A.3 测量不确定度的 B 类评定

A.3.1 光谱辐射亮度工作基准灯的相对标准不确定度 u_1 A.3.2 探测器的非线性导致的光谱辐射亮度的相对标准不确定度 u_2

探测器的非线性可通过非线性测量装置测量。根据实验结果, 探测器的非线性导致的光谱辐射亮度的相对标准不确定度 $u_2 \leq 0.1\%$ 。

A.3.3 电测系统导致的光谱辐射亮度的相对标准不确定度 u_3

电测系统包括标准电阻和数字电压表本身的不稳定性。据经验估计由电测系统导致的光谱辐射亮度的相对标准不确定度 $u_3 = 0.1\%$ 。

A.3.4 波长的不确定度产生的光谱辐射亮度的相对标准不确定度 u_4

光谱辐射亮度为:

$$L = C_1 \lambda^{-5} \left(\exp \frac{C_2}{\lambda T} \right)^{-1} \quad (\text{A4})$$

公式 (A4) 对 λ 求偏微分, 可得到单色仪波长的不确定度产生的光谱辐射亮度的相对标准不确定度 u_4 为:

$$u_4 = \left(\frac{-5}{\lambda} + \frac{C_2}{\lambda^2 T} \right) u_\lambda \quad (\text{A5})$$

其中 u_λ 为单色仪波长的不确定度。

A.4 计算合成相对标准不确定度

上述各不确定度之间互不相关, 按照下面公式计算合成相对标准不确定度 u_c 。

$$u_c = \sqrt{s^2 + u_1^2 + u_2^2 + u_3^2 + u_4^2} \quad (\text{A6})$$

附录 B

光谱辐射亮度标准灯检定原始记录格式

检定日期

年 月 日

第 页

送检单位						证书编号				
送检日期						标准灯型号				
生产厂家						标准灯编号				
检定类型	☐ 首次检定					☐ 后续检定		☐ 使用中检验		
室温/℃						相对湿度/%				
外观检查	☐ 合格					☐ 不合格		☐ 其他		
技术依据	☐ JJG 383—2002					☐ 其他				
检测方法	在自动光谱辐射计上, 利用参考灯比较法得到									
检定条件										
测量距离						标准灯电流				
检定结果										
λ 单位		nm		L_λ 单位		$\mu\text{W}\cdot\text{cm}^{-2}\cdot\text{nm}^{-1}\cdot\text{sr}^{-1}$		u_c 单位		%
λ	L_λ	u_c	λ	L_λ	u_c	λ	L_λ	u_c		
250			380			1 000				
260			390			1 100				
270			400			1 200				
280			450			1 300				
290			500			1 400				
300			550			1 500				
310			555			1 600				
320			600			1 700				
330			650			1 800				
340			700			1 900				
350			750			2 000				
360			800			2 100				
370			750			2 200				
380			800			2 300				
390			850			2 400				
400			900			2 500				

检定结论:

有效期至

检定员:

核验员:

附录 C

光谱辐射亮度标准灯检定证书内页格式

检定条件：

1. 钨带灯的测量位置：钨带指针处 ± 1 mm。

2. 标准灯工作电流： A

检定结果：

波长 λ 单位：nm；

光谱辐射亮度 L_λ 单位： $\mu\text{W}\cdot\text{cm}^{-2}\cdot\text{nm}^{-1}\cdot\text{sr}^{-1}$

检定结果的相对标准不确定度 u_c ($k=1$) 的单位：%

λ	L_λ	u_c	λ	L_λ	u_c	λ	L_λ	u_c
250			400			1 200		
260			450			1 300		
270			500			1 400		
280			550			1 500		
290			555			1 600		
300			600			1 700		
310			650			1 800		
320			700			1 900		
330			750			2 000		
340			800			2 100		
350			850			2 200		
360			900			2 300		
370			950			2 400		
380			1 000			2 500		
390			1 100					

环境条件：室温： $^{\circ}\text{C}$ ；相对湿度： %RH