



# 中华人民共和国国家计量技术规范

JJF 1601—2016

---

## 漫反射测量光谱仪校准规范

Calibration Specification for Spectrophotometers for Diffuse  
Reflectance Measurement

2016-11-30 发布

2017-02-28 实施

---

国家质量监督检验检疫总局 发布

# 漫反射测量光谱仪校准规范

Calibration Specification for  
Spectrophotometers for Diffuse  
Reflectance Measurement

JJF 1601—2016

归口单位：全国光学计量技术委员会

主要起草单位：中国计量科学研究院

广东省计量科学研究院

上海市计量测试技术研究院

参加起草单位：中国建筑科学研究院建筑物理研究所

本规范委托全国光学计量技术委员会负责解释

**本规范主要起草人：**

张巧香（中国计量科学研究院）

权小菁（广东省计量科学研究院）

叶军安（上海市计量测试技术研究院）

**参加起草人：**

张建平（中国建筑科学研究院建筑物理研究所）

郑春弟（中国计量科学研究院）

刘子龙（中国计量科学研究院）



# 目 录

引言 .....	( II )
1 范围 .....	( 1 )
2 引用文件 .....	( 1 )
3 术语和计量单位 .....	( 1 )
4 概述 .....	( 1 )
5 计量特性 .....	( 2 )
5.1 光谱仪的外观 .....	( 2 )
5.2 光谱仪的计量特性 .....	( 3 )
6 校准条件 .....	( 3 )
6.1 校准环境条件 .....	( 3 )
6.2 校准用设备或测量标准 .....	( 3 )
7 校准项目和校准方法 .....	( 4 )
7.1 波长示值误差与波长重复性 .....	( 4 )
7.2 噪声和漂移 .....	( 5 )
7.3 光谱带宽 .....	( 6 )
7.4 反射比/反射因数示值误差与其测量重复性 .....	( 6 )
8 校准结果表述 .....	( 7 )
9 复校间隔时间 .....	( 7 )
附录 A 光谱仪校准原始记录推荐格式 .....	( 8 )
附录 B 校准证书内页格式推荐格式 .....	( 9 )
附录 C 漫反射比示值误差校准不确定度评定示例 .....	( 10 )
附录 D-1 波长标准器的参考波长 .....	( 13 )
附录 D-2 波长标准器的参考波长 .....	( 14 )

## 引 言

JJF 1032—2005《光学辐射计量名词术语及定义》、JJF 1071—2010《国家计量校准规范编写规则》、JJF 1059.1—2012《测量不确定度评定与表示》共同构成支撑本规范制定工作的基础性系列规范。

本规范为首次发布。



# 漫反射测量光谱仪校准规范

## 1 范围

本规范适用于波长范围为 250 nm~2 500 nm 的用于漫反射测量的光谱仪（以下简称光谱仪）的校准。

## 2 引用文件

JJG 1034—2008 光谱光度计标准滤光器检定规程

JJF 1059.1—2012 测量不确定度评定与表示

GB/T 3978 标准照明体和几何条件

凡是注日期的引用文件，仅注日期的版本适用于本规范；凡是不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本规范。

## 3 术语和计量单位

### 3.1 光谱反射比 spectral reflectance

光谱反射比是指在入射辐射的光谱组成、偏振状态和几何分布指定条件下，反射的光谱通量与入射光谱通量之比。它的符号为  $\rho$ ，单位为 1。

### 3.2 光谱反射因数 spectral reflectance factor

在入射辐射的光谱组成、偏振状态和几何分布指定条件下，待测反射体在指定的圆锥所限定的方向反射的光谱通量与相同照射（或照明）条件下理想漫反射体在同一方向反射的光谱通量之比。它的符号为  $R$ ，单位为 1。

注：被一个小立体角的射束照射（或照明）的镜面反射体，如果给定的圆锥包含了源的镜反射像，则反射因数可能远远大于 1。

如果圆锥的立体角接近  $2\pi\text{sr}$ ，则反射因数接近相同照明条件下的反射比；如果圆锥立体角接近于零，则反射因数接近于相同照明条件下的辐亮度（或光亮度）因数。

### 3.3 噪声 noise

指仪器中目标信号之外所有其他一切信号的总称，对于光谱仪而言，一般有两种噪声：满档噪声和本底噪声。

### 3.4 漂移 drift

指仪器的基线随时间的变化量。

## 4 概述

用于漫反射测量的光谱仪是根据物质的分子对紫外区、可见区、近红外区辐射（光）的选择性吸收，并通过对有定值的反射比标准板的比较测量实现光谱漫反射的相对测量，从而实现材料特性测量的光学仪器。

光谱仪主要由光源、单色仪、反射附件、样品室、探测器、信号处理系统和显示存

储系统（计算机）组成，光路示意图如图 1。

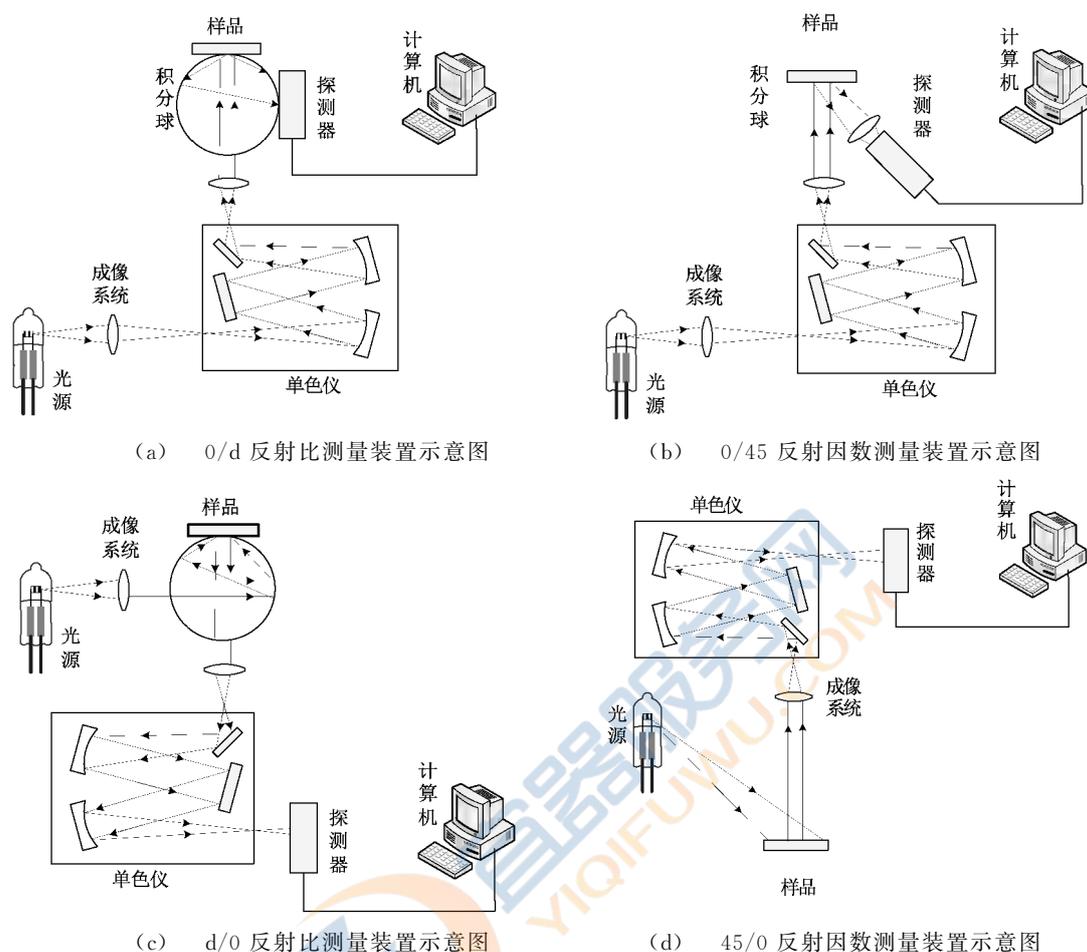


图 1 光谱仪光路示意图

根据测量的几何条件的不同，用于漫反射测量的光谱仪又分为：配有积分球漫反射附件的，测量 0/d 或 d/0 几何条件下光谱漫反射比的光谱仪；和配有 0/45 或 45/0 反射附件的，测量反射因数类型的光谱仪。此类光谱仪通常采用相对测量的方式，即在相同的测量条件下，测量样品得到的光谱光度信号与已知光谱反射比/光谱反射因数的标准器的光谱光度信号相比较，从而得到绝对的光谱反射比/光谱反射因数。

此类光谱仪的工作波段分为紫外辐射区（简称紫外区）、可见辐射区（简称可见区）、近红外辐射区（简称近红外区），所以按照上述工作波段分为三个区域：紫外区（250 nm~380 nm）、可见区（380 nm~780 nm）和近红外区（780 nm~2 500 nm）。

## 5 计量特性

### 5.1 光谱仪的外观

光谱仪应有下列标志：光谱仪名称、型号、制造厂名、出厂编号、出厂日期等。光谱仪及附件的所有紧固件均应紧固良好；连接件应连接良好，光谱仪应能平稳地放置于工作台上。光谱仪的所有旋钮及功能键应能正常工作，其主机的光、机、电各部分应能正常工作，不应有任何影响光谱仪计量性能及功能的缺陷，由计算机控制或带微机的光

谱仪，当由键盘输入指令时，各相应的功能应能正常工作，光谱仪的所有刻线、刻字应清晰、均匀，不得有妨碍读数和测量的缺陷。

## 5.2 光谱仪的计量特性

光谱仪的计量特性包括：波长示值误差，波长重复性，噪声与漂移，光谱带宽，反射比/反射因数的示值误差以及反射比/反射因数的重复性。各项指标见表 1。

表 1 光谱仪的主要技术指标

序号	技术指标	要求			
		250~380 nm	380~780 nm	780~2 000 nm	2 000~2 500 nm
1	波长示值误差	±3.0 nm	±2.0 nm	±6.0 nm	±8.0 nm
2	波长重复性	≤1.5 nm	≤1.0 nm	≤3.0 nm	≤4.0 nm
3	噪声与漂移	包含本底噪声、满挡噪声、漂移			
4	光谱带宽	光谱仪的实际光谱带宽与标称光谱带宽之相对偏差应不超过±20%			
5	反射比/反射因数示值误差	±0.050	±0.030	±0.050	±0.080
6	反射比/反射因数重复性	≤0.025	≤0.015	≤0.025	≤0.040

注：以上指标不用于合格性判别，仅供参考。

## 6 校准条件

### 6.1 校准环境条件

6.1.1 环境温度：(23±5)℃。

6.1.2 相对湿度：≤80%，或按光谱仪说明书规定。

6.1.3 电源：电压 AC (220±22) V，频率 (50±1) Hz；

6.1.4 光谱仪周围应无强交流电干扰、无强磁场、电场的干扰，无强气流及腐蚀性酸、碱等气体；

6.1.5 光谱仪附近应无强烈振动源；

6.1.6 光谱仪及电源应有良好接地。

### 6.2 校准用设备或测量标准

校准用设备或测量标准的标准值应经计量技术机构检定或校准，具有有效的校准证书。

#### 6.2.1 波长标准器

用于校准光谱仪的波长标准器，选择其给出的波长标准值的标准不确定度至少应该不低于表 2 的要求。

表 2 波长标准值的标准不确定度

nm

波长范围	波长标准值的标准不确定度
250~380	$\leq 1.0$
380~780	$\leq 0.7$
780~2 000	$\leq 2.0$
2 000~2 500	$\leq 2.7$

6.2.1.1 汞灯、氖灯、氙灯。

6.2.1.2 可用于漫反射测量光谱仪校准的氧化钛、镨钕、镨钇等波长标准片以及紫外可见近红外波长标准片，上述所有波长标准片应附有光谱仪使用带宽下有效的波长标准值。

6.2.1.3 可用于漫反射测量氧化镉标准板、氧化钛标准板和氧化钬标准板，该标准板应附有光谱仪使用带宽下有效的波长标准值。

6.2.2 反射比标准板

系列反射比标准板，其反射比标称值分别为 0.4、0.6 和 0.95。

系列反射因数标准板，其反射因数标称值为：0.8 和 0.9。

用于校准光谱仪的反射标准板，选择其给出的反射比/反射因数标准值的标准不确定度至少应该不低于表 3 的要求，系列反射比标准板应同时满足光谱中性条件，见表 4 的要求。

表 3 反射比/反射因数标准值的扩展不确定度 ( $k=2$ )

波长范围/nm	反射比/反射因数标准值的扩展不确定度 ( $k=2$ )
250~380	$\leq 0.020$
380~780	$\leq 0.015$
780~2 000	$\leq 0.020$
2 000~2 500	$\leq 0.025$

表 4 反射比标准板中性条件要求

%

波长范围/nm	250~380	380~780	780~2 000	2 000~2 500
极差相对值	$\leq 15$	$\leq 20$	$\leq 25$	$\leq 15$

注：极差相对值 =  $[(\text{最大值} - \text{最小值}) / \text{平均值}] \times 100\%$

## 7 校准项目和校准方法

仪器校准前，应检查仪器的外观，不应有影响仪器校准操作的缺陷。

仪器检查正常后，按照仪器操作使用说明书规定开机预热。

### 7.1 波长示值误差与波长重复性

波长标准器的选择可以参照表 5 进行。

表 5 波长标准器的选择

250 nm~380 nm	380 nm~780 nm	780 nm~2 500 nm
(1)、(5)、(6)	(1)、(3)、(4)、(5)、(6)、(7)、(8)、(9)、(10)、(11)	(2)、(3)、(10)、(11)

注：表 5 中 (1) 低压汞灯；(2) 高压汞灯；(3) 氖灯；(4) 氙灯；(5) 氧化钽滤光片；(6) 氧化钽标准板；(7) 氧化铟滤光片；(8) 氧化铟标准板；(9) 镨钕滤光片；(10) 可见近红外标准滤光片；(11) 氧化镱标准板。

### 7.1.1 波长示值误差

根据光谱仪的测试工作范围正确选择测量波长，光谱仪在紫外、可见（250 nm~780 nm）光谱辐射区至少应选择 5 个波长点，在近红外光谱辐射区（780 nm~2 500 nm）至少应选择 3 个波长点。

开机预热至少半小时（或按照设备要求预热）后，采用波长扫描方式校准波长示值误差和波长重复性。

a) 在测量窗口放置光谱仪自带的校准板，根据光谱仪所需的校准波长值确定光谱仪的波长扫描范围，同时选定合适的光谱带宽（建议选择已有的标准器所附的光谱带宽），以小于波长重复性指标的采样间隔（如果不能进行此项选择，应尽量慢速扫描），慢速扫描，校准 100% 基线。

b) 在测量窗口放置遮光板（有的光谱仪自带），进行 0% 基线的校准。

c) 在测量窗口放置选定的标准器，测出该标准器的光谱反射曲线，选择该标准器所提供的峰值波长或者可以参照 JJG 1034 的选峰原则选择峰值波长，并记录，连续测量 3 次。

波长示值误差按照公式 (1) 计算：

$$\Delta\lambda = \bar{\lambda} - \lambda_0 \quad (1)$$

式中：

$\bar{\lambda}$  —— 波长标准器 3 次测量的平均值，nm；

$\lambda_0$  —— 波长标准器上级检定校准对应的波长值，nm。

### 7.1.2 波长重复性

按照 7.1.1，波长重复性  $\delta_\lambda$  按照公式 (2) 计算：

$$\delta_\lambda = \max |\lambda_i - \bar{\lambda}| \quad (2)$$

式中：

$\lambda_i$  —— 波长标准器各次波长的测量值，nm；

$\bar{\lambda}$  —— 波长标准器 3 次测量的平均值，nm。

### 7.2 噪声和漂移

选择光谱仪进入扫描模式，固定光谱仪光谱带宽（定为 2 nm），校准 100% 基线后，不改变仪器状态，对光谱仪的 300 nm~1 800 nm 波段范围（或光谱仪的实际波段范围）进行扫描，记录仪器波长对反射比/反射因数的光谱函数曲线，波段范围取样间隔 10 nm，计算光谱函数曲线中的最大值与最小值之差，即为光谱仪的满挡噪声。

不改变仪器状态，放置遮光板，同上步骤，即为光谱仪的本底噪声。

选取 500 nm 作为漂移的测量波长。

选择光谱仪进入时间扫描模式，选择 500 nm 作为漂移的固定测量波长点，连续扫描 10 min，记录测量时间对反射比/反射因数的光谱函数曲线，时间取样间隔 1 min，计算光谱函数曲线中的最大值，即为光谱仪反射比/反射因数的漂移。

### 7.3 光谱带宽

选择光谱仪自带汞灯的 546.1 nm（或选择光谱仪自带氙灯的 656.1 nm）谱线作为测试光谱仪光谱带宽的固定波长点，选择要求测量的光谱带宽，按照 7.1 方法测量，同时记录汞灯（或氙灯）的特征谱图，其测量得到的半峰高宽即为光谱仪光谱带宽实际的测量结果。

### 7.4 反射比/反射因数示值误差与其测量重复性

选择需要测量的波长范围，利用系列反射比/反射因数标准板进行测量。首先校准光谱仪的 100% 和 0% 基线，然后在样品室轮流放置不同的系列标准板进行测试，具体测试可选用下述 a)、b)、c) 任意一项：

a) 读取系列标准板的波长与反射比/反射因数的函数光谱曲线图；

b) 参考所列波长点进行定波长点测量。在紫外辐射区、可见辐射区取 300 nm、350 nm、450 nm、550 nm 和 650 nm 测量点；在近红外辐射区取 1 000 nm、1 400 nm、1 900 nm 测量点；

c) 按照实际使用情况选择波长点进行测量，紫外可见区不少于 5 个波长点，近红外区不少于 3 个波长点。

同时记录在原始记录表中，进行下一步反射比/反射因数的计算，每一块系列标准板均需测量 3 次，在对应的波长处取 3 次测量值的算术平均值为最终的结果。

#### 7.4.1 反射比/反射因数示值误差

反射比/反射因数示值误差按照式 (3)、(4) 进行计算：

$$\Delta\rho = \bar{\rho} - \rho_0 \quad (3)$$

$$\Delta R = \bar{R} - R_0 \quad (4)$$

式中：

$\bar{\rho}$  ——系列反射比标准板 3 次测量的平均值，单位为 1；

$\rho_0$  ——系列反射比标准板上级检定校准对应的反射比，单位为 1；

$\bar{R}$  ——系列反射因数标准板 3 次测量的平均值，单位为 1；

$R_0$  ——系列反射因数标准板上级检定校准对应的反射因数，单位为 1。

#### 7.4.2 反射比/反射因数重复性

反射比/反射因数重复性按照式 (5)、(6) 进行计算：

$$\delta_\rho = \max | \rho_i - \bar{\rho} | \quad (5)$$

$$\delta_R = \max | R_i - \bar{R} | \quad (6)$$

式中：

$\rho_i$  ——各波长点对应的反射比测量值，单位为 1；

- $\bar{\rho}$  ——系列反射比标准板 3 次测量的平均值，单位为 1；
- $R_i$  ——各波长点对应的反射因数测量值，单位为 1；
- $\bar{R}$  ——系列反射因数标准板 3 次测量的平均值，单位为 1。

## 8 校准结果表述

经校准的光谱仪发给校准证书。校准证书的内页推荐格式见附录 B。校准证书应至少包括以下信息：

- a) 标题，如“校准证书”或“校准报告”；
- b) 实验室名称和地址；
- c) 进行校准的地点；
- d) 证书或报告的唯一性标识（如编号），每页及总页数的标识；
- e) 送校单位的名称和地址；
- f) 被校对象的描述和明确标识；
- g) 进行校准的日期，如果与校准结果的有效性和应用有关时，应说明被校对象的接收日期；
- h) 如果与校准结果的有效性和应用有关时，应对抽样程序进行说明；
- i) 对校准所依据的技术规范的标识，包括名称及代号；
- j) 本次校准所用测量标准的溯源性及有效性说明；
- k) 校准环境的描述；
- l) 校准结果及其测量不确定度的说明；
- m) 校准证书或校准报告签发人的签名、职务或等效标识，以及签发日期；
- n) 校准结果仅对被校对象有效的声明；
- o) 未经实验室书面批准，不得部分复制证书或报告的声明。

## 9 复校间隔时间

建议光谱仪的校准周期为 1 年。根据实际使用情况，可以按照用户的需要确定光谱仪的校准时间间隔。



## 附录 B

## 校准证书内页格式推荐格式

## 校 准 结 果

1. 外观：\_\_\_\_\_ 噪声：\_\_\_\_\_
- 漂移：\_\_\_\_\_ 光谱带宽：\_\_\_\_\_

## 2. 波长校准结果

项目	波长示值误差	波长重复性	波长校准结果不确定度的描述
紫外区			
可见区			
近红外区			

## 3. 反射比/反射因数校准结果

项目	反射比/反射因数示值误差	重复性	反射比/反射因数校准结果不确定度的描述
紫外区			
可见区			
近红外区			

## 附录 C

## 漫反射比示值误差校准不确定度评定示例

## C.1 测量方法

按照本校准规范的要求和步骤，用系列反射比标准板对光谱仪进行校准，对应系列反射比标准板读取 3 次反射比值测量的显示值，取平均值作为测量结果，以下数据以可见辐射区（380 nm~780 nm）进行示例分析。

## C.2 测量模型

## C.2.1 建立测量模型

$$\Delta\delta = \delta_r - \delta_s$$

式中：

$\Delta\delta$  —— 光谱仪的反射比示值误差；

$\delta_r$  —— 光谱仪的反射比示值；

$\delta_s$  —— 系列反射比标准板上级校准的反射比值。

两个输入量  $\delta_r$  和  $\delta_s$  不相关，所以不确定度为：

$$u_c^2(\Delta\delta) = u^2(\delta_r) + u^2(\delta_s)$$

## C.3 输入量的标准不确定度评定

## C.3.1 被检光谱仪反射板测量重复性引入的标准不确定度评定

被校准光谱  $\delta_r$  示值估计值的不确定度主要来源于光谱仪的测量重复性和数显仪器的示值量化误差。测量重复性可以通过连续测量得到的数据，采用 A 类方法进行评定。

重复测量反射比标称值是 0.95 的反射板多次（扫描测量范围：380 nm~780 nm；取值范围 400 nm~700 nm），反射比测量结果见表 C.1。

表 C.1 反射比测量的原始数据及计算结果（反射比单位：1）

样品	波长	测量次数						平均值	标准偏差
	nm	1	2	3	4	5	6		
95	750	0.987	0.982	0.992	0.994	0.993	0.989	0.990	0.005
	700	0.987	0.982	0.993	0.995	0.993	0.989	0.990	0.005
	650	0.986	0.980	0.992	0.993	0.992	0.987	0.988	0.005
	600	0.985	0.980	0.991	0.993	0.991	0.986	0.988	0.005
	550	0.984	0.979	0.989	0.991	0.989	0.984	0.986	0.004
	500	0.983	0.978	0.989	0.990	0.989	0.983	0.985	0.005
	450	0.981	0.977	0.988	0.989	0.987	0.982	0.984	0.005
	400	0.980	0.976	0.988	0.990	0.987	0.981	0.984	0.005

表 C.1 (续)

(反射比单位: 1)

样品	波长	测量次数						平均值	标准偏差
	nm	1	2	3	4	5	6		
60	750	0.614	0.618	0.614	0.608	0.612	0.608	0.612	0.004
	700	0.612	0.615	0.611	0.607	0.610	0.607	0.610	0.003
	650	0.610	0.613	0.608	0.604	0.608	0.604	0.608	0.003
	600	0.608	0.611	0.606	0.601	0.606	0.602	0.606	0.004
	550	0.605	0.608	0.603	0.598	0.603	0.599	0.603	0.004
	500	0.603	0.606	0.601	0.596	0.601	0.597	0.601	0.004
	450	0.600	0.604	0.599	0.594	0.598	0.594	0.598	0.004
	400	0.598	0.602	0.597	0.589	0.594	0.592	0.595	0.004
40	750	0.405	0.408	0.411	0.416	0.413	0.408	0.410	0.004
	700	0.404	0.406	0.410	0.415	0.412	0.407	0.409	0.004
	650	0.403	0.405	0.409	0.414	0.411	0.406	0.408	0.004
	600	0.402	0.404	0.408	0.413	0.410	0.404	0.407	0.004
	550	0.401	0.402	0.407	0.412	0.409	0.403	0.406	0.004
	500	0.400	0.401	0.407	0.412	0.408	0.403	0.405	0.005
	450	0.399	0.400	0.406	0.411	0.408	0.402	0.404	0.005
	400	0.399	0.399	0.406	0.411	0.408	0.401	0.404	0.005

由表 C.1 可以得到:

$$u_A = 0.005$$

### C.3.2 被检光谱仪反射比示值分辨力引入的标准不确定度评定

光谱仪  $\delta_r$  示值的分辨力为 0.001, 其引入的标准不确定度为:

$$u(\delta_r) = 0.289 \times 0.001 = 0.0003$$

### C.3.3 系列反射比标准板反射比 $\delta_s$ 的标准不确定度评定

系列反射比标准板送上级计量部门校准, 0.95 反射板的标准反射比值  $\delta_s$  的不确定度为 0.5% ( $k=2$ ), 0.80、0.60 反射板的标准反射比值  $\delta_s$  的不确定度为 1.0% ( $k=2$ ), 分别计算标准不确定度为:

$$0.95 \text{ 反射板 } u(\delta_s) = 0.5\% \times 0.950 \div 2 = 0.002$$

$$0.80 \text{ 反射板 } u(\delta_s) = 1.0\% \times 0.600 \div 2 = 0.003$$

$$0.60 \text{ 反射板 } u(\delta_s) = 1.0\% \times 0.400 \div 2 = 0.002$$

取  $u(\delta_s) = 0.003$

### C.4 合成标准不确定度的计算

由于各标准不确定度分量不相关, 故合成标准不确定度为:

$$u_c = \sqrt{u_A^2 + u^2(\delta_r) + u^2(\delta_s)} = 0.007$$

## C.5 扩展不确定度的计算

取  $k=2$ ，扩展不确定度为：

$$U = k \times u_c = 0.014$$

## C.6 测量不确定度的报告

校准光谱仪反射比示值误差测量结果的扩展不确定度为：

$$U = 0.014 (k = 2)$$



## 附录 D-1

## 波长标准器的参考波长

nm

编号	低压汞灯	汞灯	氖灯	近红外波长片	氧化镉反射板
1	253.65	253.65	302.70	334.0	378.9
2	275.28	275.28	302.89	361.0	447.6
3	296.73	296.73	319.86	402.5	453.6
4	302.15	302.15	332.37	418.4	521.4
5	313.18	313.18	337.82	446.0	1 009.5
6	365.48	365.48	376.63	453.5	1 134.1
7	366.33	366.33	377.71	460.0	1 198.6
8	404.66	404.66	540.06	484.9	1 230.5
9	435.83	435.83	585.25	536.3	1 299.3
10	491.60	491.60	640.22	573.4	1 470.0
11	546.07	546.07	650.65	585.4	1 476.0
12	576.96	576.96	692.95	638.1	1 682.0
13	579.00	579.00	703.24	739.6	1 932.5
14	690.72	690.72	717.39	807.6	—
15	—	1 014.00	724.52	880.8	—
16	—	1 128.80	837.76	974.2	—
17	—	1 364.60	865.44	1 069.6	—
18	—	1 349.10	878.06	1 150.0	—
19	—	1 529.60	878.38	1 219.8	—
20	—	1 649.94	1 114.30	1 363.4	—
21	—	1 849.50	1 117.75	1 464.2	—
22	—	1 942.27	1 152.27	1 523.5	—
23	—	2 052.83	1 206.63	1 938.6	—
24	—	2 262.22	1 827.66	—	—
25	—	2 536.52	1 828.26	—	—
26	—	—	1 859.77	—	—
27	—	—	2 363.65	—	—
28	—	—	2 395.14	—	—

注：不确定度要求参见表 2。

## 附录 D-2

## 波长标准器的参考波长

nm

编号	氧化钬标准板	镨钕标准板	氧化钇标准板	氘灯
1	241.7	365.4	379.5	410.07
2	279.4	377.6	522.0	433.93
3	287.8	407.1	1 012.4	486.01
4	334.1	445.4	1 472.1	656.11
5	361.0	487.5	1 477.3	1 312.2
6	385.8	520.3		1 968.3
7	418.6	533.4		
8	446.1	546.7		
9	453.6	588.4		
10	460.0	651.7		
11	484.8	797.1		
12	536.6	805.0		
13	638.2			

注：不确定度要求参见表 3。