

中华人民共和国工业和信息化部  
通信计量技术规范

JJF（通信）072—2023

光纤反射镜校准规范

Calibration Specification for Fiber Mirrors

（报批稿）

2023-XX-XX 发布

202X-XX-XX 实施

中华人民共和国工业和信息化部 发布

# 光纤反射镜校准规范

Calibration Specification for  
Fiber Mirrors

JJF(通信)072-2023

归口单位：中国信息通信研究院  
起草单位：中国信息通信研究院

本规范技术条文委托起草单位负责解释

**本规范主要起草人：**

张大元（中国信息通信研究院）

周轩羽（中国信息通信研究院）

傅栋博（中国信息通信研究院）

**参加起草人：**

张君毅（北京邮电大学）

张颖艳（中国信息通信研究院）

李家奇（中国信息通信研究院）

# 目 录

引 言 .....	II
1 范围 .....	1
2 引用文件 .....	1
3 概述 .....	1
4 术语和计量单位 .....	1
5 计量特性 .....	1
5.1 工作波长带宽 .....	1
5.2 反射率 .....	1
6 校准条件 .....	2
6.1 环境条件 .....	2
6.2 测量标准及其他设备 .....	2
7 校准项目和校准方法 .....	2
7.1 外观及工作正常性检查 .....	2
7.2 工作波长带宽校准 .....	3
7.3 反射率校准 .....	3
8 校准结果表达 .....	4
9 复校时间间隔 .....	5
附录A 校准原始记录推荐格式 .....	6
附录B 校准证书内页推荐格式 .....	7
附录C 光纤反射镜不确定度评定示例 .....	8

# 引 言

JJF 1071-2010《国家计量校准规范编写规则》、JJF 1001-2011《通用计量术语及定义》、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。

本规范为首次制定。

# 光纤反射镜校准规范

## 1 范围

本规范适用于工作中心波长为 1310nm 和 1550nm 的光纤反射镜的校准。

## 2 引用文件

JJG（通信） 040-2018 光衰减器检定规程

## 3 概述

光纤反射镜是光纤通信及光学测量系统中的重要组件，具有结构紧凑、性能可靠，易与光纤连接构成全光纤系统的特点，工作原理图见图 1。光纤反射镜主要用于实现光路中光的反射，广泛应用于光纤传感、光回波信号模拟以及光信号测量装置中。光纤反射镜通常用光纤端面镀膜的方式实现，镀膜方式通常用真空镀膜方式或者化学镀膜方式。

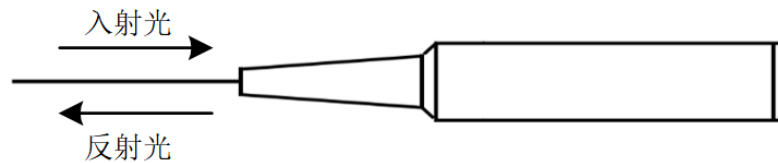


图 1 光纤反射镜工作原理图

## 4 术语和计量单位

### 4.1 工作波长带宽 operating wavelength bandwidth

光纤反射镜的反射谱线功率峰值下降 3 dB 的波长上限值与波长下限值之差，单位为 nm。

### 4.2 反射率 reflectivity

光纤反射镜反射的光功率与入射光功率之比，单位为%。

## 5 计量特性

### 5.1 工作波长带宽

$\geq 10$  nm

### 5.2 反射率

$\geq 70\%$

注：以上技术指标不适用于合格性判别，仅供参考。

## 6 校准条件

### 6.1 环境条件

6.1.1 环境温度： $(23 \pm 5) ^\circ\text{C}$

6.1.2 相对湿度： $\leq 80\%$

6.1.3 电源：AC  $(220 \pm 11) \text{ V}$ ， $(50 \pm 1) \text{ Hz}$

6.1.4 实验室应无剧烈震动和影响测量结果的电磁干扰。

### 6.2 测量标准及其他设备

#### 6.2.1 宽带光源

a) 光谱范围： $(1270 \sim 1350) \text{ nm}$ 、 $(1510 \sim 1590) \text{ nm}$

b) 光谱宽度： $\geq 40 \text{ nm}$  ( $-3\text{dB}$ )

c) 功率谱密度： $\geq -13 \text{ dBm/nm}$

d) 输出功率稳定度： $\pm 0.01 \text{ dB/15min}$

#### 6.2.2 光谱分析仪

a) 波长测量范围： $(1260 \sim 1600) \text{ nm}$

b) 功率测量范围： $(-50 \sim +18) \text{ dBm}$

c) 波长最大允许误差： $\pm 0.2 \text{ nm}$

d) 分辨率带宽： $\leq 0.06 \text{ nm}$

e) 功率非线性： $\pm 0.02 \text{ dB}$

f) 功率测量分辨力： $\leq 0.01 \text{ dB}$

g) 功率最大允许误差： $\pm 0.35 \text{ dB}$

#### 6.2.3 光环行器：

a) 插入损耗： $\leq 0.5 \text{ dB}$

b) 隔离度： $\geq 40 \text{ dB}$

#### 6.2.4 光纤活动连接器：建议采用 FC/PC 型或 FC/APC 型。

#### 6.2.5 法兰盘：建议采用 FC 型，插入损耗 $\leq 0.1 \text{ dB}$ ，重复性 $\leq 0.05 \text{ dB}$ 。

## 7 校准项目和校准方法

### 7.1 外观及工作正常性检查

a) 被校光纤反射镜应有型号、出厂编号及制造厂名等；

b) 被校光纤反射镜各部位应完整牢固，能确保正常工作。

所有校准用设备置于平稳的工作平台上并进行预热。各段连接光纤的位置在整个校准过程中应保持固定，光纤接头应保持清洁，光纤连接器应保持可靠连接。

## 7.2 工作波长带宽校准

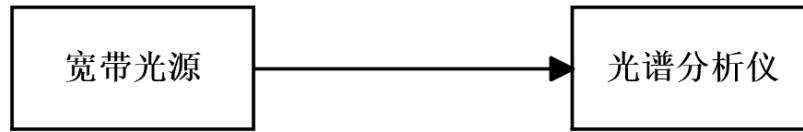


图2 宽带光源直连光谱分析仪连接图

a) 设置光谱分析仪的光谱范围和分辨率带宽参数，使得光谱分析仪显示完整的宽带光源光谱曲线，并正确显示功率值。选择覆盖被校光纤反射镜工作波长的宽带光源，输出端口直接与光谱分析仪连接，如图2所示，光谱分析仪测量的光谱曲线用迹线A表示；

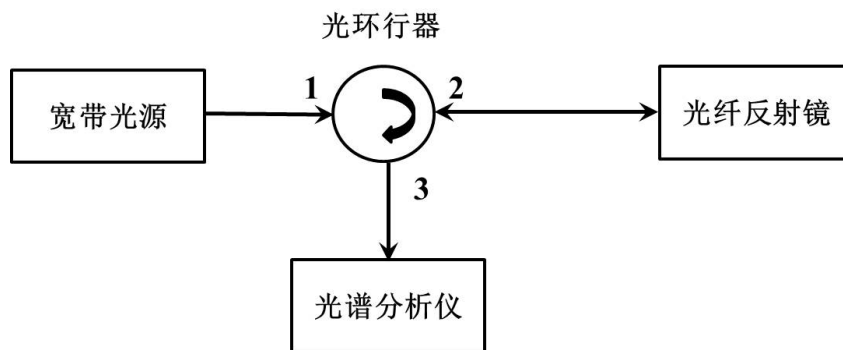


图3 工作波长带宽校准连接图

b) 按图3连接宽带光源、光环行器、被校光纤反射镜和光谱分析仪，即宽带光源输出端口与光环行器的输入端口1连接，光环行器输出端口2与被校光纤反射镜连接，光环行器输出端口3与光谱分析仪连接。光谱分析仪测量的光谱曲线用迹线B表示；

c) 执行光谱分析仪上的数学计算功能  $C=B-A$ ，迹线C为被校光纤反射镜的反射谱线，读取功率峰值下降3dB处幅值对应的波长，下限值为 $\lambda_1$ ，上限值为 $\lambda_2$ ，则工作波长带宽 $\Delta\lambda$ 表示为

$$\Delta\lambda = \lambda_2 - \lambda_1 \quad (1)$$

d) 重复a)至c)步骤进行三次测量并记录，计算三次测量平均值作为校准结果，原始记录推荐格式见附录A。

## 7.3 反射率校准

a) 选择与被校光纤反射镜工作波长一致的宽带光源，输出端口直接与光谱分析仪连接，如图2所示，光谱分析仪上测量的光谱曲线用迹线A表示；



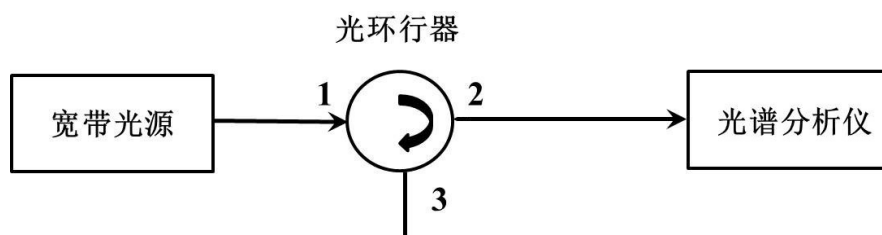


图4 光环行器1端口至2端口插入损耗测试连接图

b) 将宽带光源输出端口与光环行器的输入端口1连接，将光环行器输出端口2与光谱分析仪连接，如图4所示，光谱分析仪上测量的光谱曲线用迹线B表示；执行光谱分析仪上的数学计算功能  $C=B-A$ ，读取工作波长对应的幅度的绝对值，即光环行器1端口至2端口的插入损耗，用  $L_{12}$  表示，单位为 dB [JJG(通信) 040-2018，插入损耗 6.2.3]。

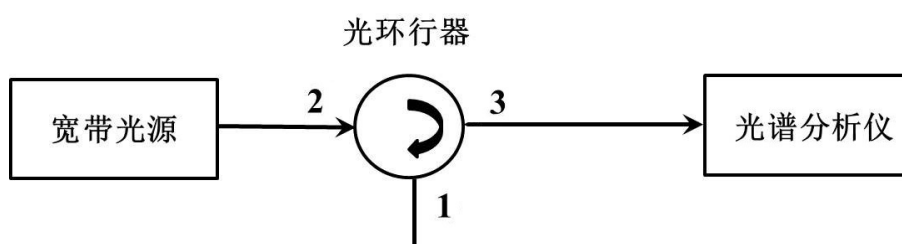


图5 光环行器2端口至3端口插入损耗测试连接图

c) 将宽带光源输出端口与光环行器的输入端口2连接，将光环行器输出端口3与光谱分析仪连接，如图5所示，光谱分析仪上测量的光谱曲线用迹线B表示；执行光谱分析仪上的数学计算功能  $C=B-A$ ，读取工作波长对应的幅度的绝对值，即光环行器2端口至3端口的插入损耗，用  $L_{23}$  表示，单位为 dB。

d) 按图3连接宽带光源、光环行器、被校光纤反射镜和光谱分析仪，即宽带光源输出端口与光环行器的输入端口1连接，光环行器输出端口2与被校光纤反射镜连接，光环行器输出端口3与光谱分析仪连接。光谱分析仪上测量的光谱曲线用迹线B表示；执行光谱分析仪上的数学计算功能  $C=B-A$ ，迹线C为光纤反射镜的反射谱线，读取工作波长对应的幅度的绝对值，即光环行器1端口至3端口之间的链路损耗，用  $L_{13}$  表示，单位为 dB。

e) 被校光纤反射镜的光回波损耗  $R_l$  用公式(2)表示为

$$R_l = L_{13} - L_{12} - L_{23} \quad (2)$$

则被校光纤反射镜的反射率用公式(3)表示为

$$R = 10^{-\frac{1}{10}R_l} \times 100\% \quad (3)$$

f) 重复 a)至 e)步骤进行三次测量并记录，计算三次测量平均值作为校准结果，原始记录推荐格式见附录A。

## 8 校准结果表达

校准结果应在校准证书上反映，推荐校准证书内页格式见附录 B。校准证书应准确、客观的报告校准结果。校准结果用校准数据的形式给出，并给出测量不确定，不确定度评定示例见附录 C。校准证书应至少包括以下信息：

- a) 标题：“校准证书”；
- b) 实验室名称和地址；
- c) 进行校准的地点（如果与实验室的地址不同）；
- d) 证书的唯一性标识（如编号），每页及总页数的标识；
- e) 客户的名称和地址；
- 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，应对被校样品的抽样程序进行说明；
- i) 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) 对校准规范的偏离的说明；
- n) 校准证书签发人的签名、职务或等效标识；
- o) 校准结果仅对被校对象有效的声明；
- p) 未经实验室书面批准，不得部分复制证书的声明。

## 9 复校时间间隔

由于复校时间间隔的长短是由仪器的使用情况、使用者、仪器本身质量等诸因素所决定的，因此，送校单位可根据实际使用情况自主决定复校时间间隔。建议不超过 1 年。更换重要部件、维修或对仪器性能有怀疑时，应及时校准。

## 附录A 校准原始记录推荐格式

证书编号: \_\_\_\_\_

共\_\_\_\_\_页 第\_\_\_\_\_页

## 一、外观及工作正常性检查

外观	
工作正常性检查	

## 二、工作波长带宽

工作波长:

次数	第一次	第二次	第三次
波长下限值 $\lambda_1$ /nm			
波长上限值 $\lambda_2$ /nm			
工作波长带宽 $\Delta\lambda$ /nm			
工作波长带宽平均值/nm			
扩展不确定度 ( $k=2$ ) /nm			

## 二、反射率

工作波长:

次数	第一次	第二次	第三次
端口 1 至 2 插入损耗 $L_{12}$ /dB			
端口 2 至 3 插入损耗 $L_{23}$ /dB			
端口 1 至 3 链路损耗 $L_{13}$ /dB			
光回波损耗 $R_I$ /dB			
反射率 $R$ /%			
反射率平均值 /%			
扩展不确定度 ( $k=2$ ) /%			

温度	℃	相对湿度	%
接收日期		校准日期	

校准人 (签名)

核验人 (签名)

## 附录B 校准证书内页推荐格式

证书编号: \_\_\_\_\_

共\_\_\_\_\_页 第\_\_\_\_\_页

## 一、工作波长带宽

工作波长/nm	波长下限值 $\lambda_1$ /nm	波长上限值 $\lambda_2$ /nm	工作波长带宽/nm	扩展不确定度( $k=2$ )/nm

## 二、反射率

工作波长/nm	反射率/%	扩展不确定度( $k=2$ )/%

## 附录C 光纤反射镜不确定度评定示例

依据光纤反射镜校准规范的各校准项目的计量特性、校准条件及校准方法的规定，对光纤反射镜进行了校准，并对测量结果的不确定度进行了评定。

### C.1 工作波长带宽校准

#### C.1.1 测量不确定度来源

- 1) 测量上限波长引入的不确定度；
- 2) 测量下限波长引入的不确定度；
- 3) 波长测量分辨力引入的不确定度；
- 4) 功率非线性引入的不确定度；
- 5) 测量重复性引入的不确定度。

#### C.1.2 测量不确定度评定

##### C.1.2.1 光谱分析仪测量上限波长引入的不确定度分量。

光谱分析仪波长不确定度  $a_1$  为 0.1 nm ( $k=2$ )，则

$$u_1 = \frac{a_1}{k_1} = \frac{0.1}{2} = 0.05 \text{ nm} \quad (\text{C.1})$$

##### C.1.2.2 光谱分析仪测量下限波长引入的不确定度分量。

光谱分析仪波长不确定度  $a_2$  为 0.1nm ( $k=2$ )，则

$$u_2 = \frac{a_2}{k_2} = \frac{0.1}{2} = 0.05 \text{ nm} \quad (\text{C.2})$$

##### C.1.2.3 光谱分析仪波长测量分辨力引入的不确定度分量。

光谱分析仪波长测量分辨力  $a_3$  为 0.01 nm，则

$$u_3 = \frac{a_3}{k_3} = \frac{0.005}{\sqrt{3}} = 0.0029 \text{ nm} \quad (\text{C.3})$$

##### C.1.2.4 光谱分析仪功率非线性引入的不确定度分量。

光谱分析仪功率非线性为  $\pm 0.02$  dB，根据经验，反射光谱在光功率下降至峰值 3dB 处斜率一般大于 1 dB/nm，则对应的波长变化不超过  $\pm 0.02$  nm，则

$$u_4 = \frac{a_4}{k_4} = \frac{0.02}{\sqrt{3}} = 0.012 \text{ nm} \quad (\text{C.4})$$

##### C.1.2.5 测量重复性引入的不确定度分量。

光纤反射镜的中心波长为 1550nm, 用光谱分析仪进行三次重复测量, 采用极差法得到标准偏差为  $s = (\Delta\lambda_{\max} - \Delta\lambda_{\min}) / dn$ , 查表得测量次数  $n=3$  时,  $dn=1.69$ 。以三次测量平均值为校准结果, 则

$$u_5 = \frac{s}{\sqrt{3}} = 0.068 \text{ nm} \quad (\text{C.5})$$

重复测量三次结果见表 C.1, 则  $u_4=0.068 \text{ nm}$ 。

表 C.1 重复测量结果

测量次数	1	2	3
$\lambda_2 - \lambda_1$ 测量值 (nm)	38.40	38.61	38.59

### C.1.3 标准不确定度的合成

#### C.1.3.1 标准不确定度评定表

表 C.2 标准不确定度评定表

序号	不确定度来源	标准不确定度分量 $u_i$ (nm)
1	测量上限波长	0.05
2	测量下限波长	0.05
3	波长测量分辨力	0.0029
4	功率非线性	0.012
5	测量重复性	0.068

以上各项标准不确定度分量之间独立不相关, 波长测量分辨力和测量重复性引入的不确定度分量重复计算, 合成时取较大者进行计算, 则合成标准不确定度为

$$u_c = \sqrt{u_1^2 + u_2^2 + u_4^2 + u_5^2} = 0.1 \text{ nm}$$

#### C.1.4 扩展不确定度

取包含因子  $k=2$ , 则  $U=ku_c=0.2 \text{ nm}$ 。

## C.2 反射率校准

### C.2.1 测量不确定度来源

- 1) 光谱分析仪测量插入损耗  $L_{12}$  引入的不确定度;
- 2) 光谱分析仪测量插入损耗  $L_{23}$  引入的不确定度;
- 3) 光谱分析仪测量链路损耗  $L_{13}$  引入的不确定度;
- 4) 宽带光源输出功率稳定度引入的不确定度;
- 5) 光谱分析仪功率测量分辨力引入的不确定度;
- 6) 测量重复性引入的不确定度。

### C.2.2 测量不确定度评定

C.2.2.1 光谱分析仪测量插入损耗  $L_{12}$  引入的不确定度分量。

光谱分析仪测量光功率的非线性  $a_1$  为  $\pm 0.02\text{dB}$ ，则

$$u_1 = \frac{a_1}{k_1} = \frac{0.02}{\sqrt{3}} = 0.012 \text{ dB} \quad (\text{C.6})$$

C.2.2.2 光谱分析仪测量插入损耗  $L_{23}$  引入的不确定度分量。

光谱分析仪测量光功率的非线性  $a_2$  为  $\pm 0.02\text{dB}$ ，则

$$u_2 = \frac{a_2}{k_2} = \frac{0.02}{\sqrt{3}} = 0.012 \text{ dB} \quad (\text{C.7})$$

C.2.2.3 光谱分析仪测量插入损耗  $L_{13}$  引入的不确定度分量。

光谱分析仪测量光功率的非线性  $a_3$  为  $\pm 0.02\text{dB}$ ，则

$$u_3 = \frac{a_3}{k_3} = \frac{0.02}{\sqrt{3}} = 0.012 \text{ dB} \quad (\text{C.8})$$

C.2.2.4 宽带光源输出功率稳定度引入的不确定度分量。

宽带光源输出功率稳定度为  $\pm 0.01 \text{ dB}/15\text{min}$ ，则

$$u_4 = \frac{a_4}{k_4} = \frac{0.01}{\sqrt{3}} = 0.006 \text{ dB} \quad (\text{C.9})$$

C.2.2.5 光谱分析仪功率测量分辨力引入的不确定度分量

光谱分析仪功率测量分辨力  $a_5$  为  $0.01 \text{ dB}$ ，则

$$u_5 = \frac{a_5}{k_5} = \frac{0.005}{\sqrt{3}} = 0.0029 \text{ dB} \quad (\text{C.10})$$

C2.2.6 测量重复性引入的不确定度分量。

光纤反射镜工作波长  $1550\text{nm}$  处，针对光回波损耗用光谱分析仪进行三次重复测量，采用极差法得到标准偏差为  $s = (\lambda_{\max} - \lambda_{\min}) / dn$ ，查表得测量次数  $n=3$  时， $dn=1.69$ 。则：

$$u_6 = \frac{s}{\sqrt{3}} = 0.021 \text{ dB} \quad (\text{C.11})$$

重复测量三次结果见表 C.3，则  $u_6=0.021 \text{ dB}$ 。

表 C.3 光纤反射镜的光回波损耗  $R_1$  测量数据

测量次数	1	2	3
测量值 (dB)	0.32	0.38	0.36

C.2.3 标准不确定度的合成

C.2.3.1 标准不确定度评定表

表 C.4 标准不确定度评定表

序号	不确定度来源	标准不确定度分量 $u_i$ (dB)
1	光谱分析仪测量插入损耗 $L_{12}$	0.012
2	光谱分析仪测量插入损耗 $L_{23}$	0.012
3	光谱分析仪测量插入损耗 $L_{23}$	0.012
4	宽带光源稳定性	0.006
5	光谱分析仪功率分辨力	0.0029
6	测量重复性	0.021

以上各项标准不确定度分量之间独立不相关，光谱分析仪功率分辨力和测量重复性引入的不确定度分量重复计算，合成时取较大者进行计算，则合成标准不确定度为

$$u_c = \sqrt{u_1^2 + u_2^2 + u_3^2 + u_4^2 + u_6^2} = 0.030 \text{ dB}$$

将 dB 单位换算成%单位，则  $u_c=0.69\%$

#### C.2.4 扩展不确定度

取包含因子  $k=2$ ，则  $U=ku_c=1.4\%$ 。

利用光纤反射镜作为被校对象，结合实验结果进行测量不确定度的评定，取包含因子  $k=2$  时，工作波长带宽的测量不确定度为 0.2nm，反射率的测量不确定度为 1.4%。