

JJF（电子）

中华人民共和国工业和信息化部电子计量技术规范

JJF（电子） ××××-××××

光程差测试仪校准规范

Calibration Specification for Optical Path Difference Tester

（报批稿）

XXXX 年 XX 月 XX 日发布

XXXX 年 XX 月 XX 日实施

中华人民共和国工业和信息化部发布

光程差测试仪校准规范

Calibration Specification for Optical
Path Difference Tester

JJF (电子) ××××-××××

归口单位：中国电子技术标准化研究院

起草单位：中国电子科技集团公司第二十三研究所

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：

曹 懋（中国电子科技集团公司第二十三研究所）

闫晓栋（中国电子科技集团公司第二十三研究所）

邵方可（中国电子科技集团公司第二十三研究所）

目 录

引 言	II
1 范围	1
2 引用文件	1
3 概述	1
4 计量特性	1
4.1 光程差	1
4.2 中心波长	1
5 校准条件	1
5.1 环境条件	1
5.2 测量标准及其他设备	2
5.2.1 光程差测试仪校准装置	2
5.2.2 光谱分析仪	2
6 校准项目和校准方法	2
6.1 校准项目	2
6.2 校准方法	3
6.2.1 外观及工作正常性检查	3
6.2.2 校准点的选取原则	3
6.2.3 光程差	4
6.2.4 光程差重复性	4
6.2.4 中心波长	4
7 校准结果	4
8 复校时间间隔	5
附录 A	6
附录 B	7
附录 C	8

引 言

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》、JJF 1001-2011《通用计量术语及定义》共同构成支撑本校准规范制订工作的基础性系列规范。

本规范在制定工作中，参考了下列文件：

JJG 959-2001《光时域反射计检定规程》

本规范为首次制定。

光程差测试仪校准规范

1 范围

本校准规范适用于光程差测试仪的校准。

2 引用文件

本规范引用了下列文件：

JJG 959-2001 《光时域反射计检定规程》

凡是注明日期的引用文件，仅注日期版本适用于本规范；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 概述

光程差测试仪是利用光源的相干性，测量迈克尔逊干涉仪两条臂的光程差。光程差测试仪未连接被测光纤前，迈克尔逊干涉仪的两臂等长。光程差测试仪中线性扫频光源输出的光经过耦合器后分为两路进入干涉仪的两条臂，一路通过一个固定的反射镜反射，另一路通过被测件的终端反射，两路反射光干涉后形成频率为两路反射光拍频的正弦信号，而拍频与两路反射光的光程差成正比，因此可测得迈克尔逊干涉仪的光程差。

4 计量特性

4.1 光程差

测量范围：(0~100) mm；

最大允许误差：±0.1mm；

重复性：≤0.05mm。

4.2 中心波长

中心波长范围：(1515~1565) nm；

注：以上指标不适用于合格判定，仅供参考。

5 校准条件

5.1 环境条件

5.1.1 环境温度：(20±2)℃，校准期间温度变化不超过 1℃；

5.1.2 相对湿度：(45~75)%；

5.1.3 供电电源：(220±11)V，(50±1)Hz；

5.1.4 实验室应无影响测量结果的振动和电磁场干扰。

5.2 测量标准及其他设备

5.2.1 光程差测试仪校准装置

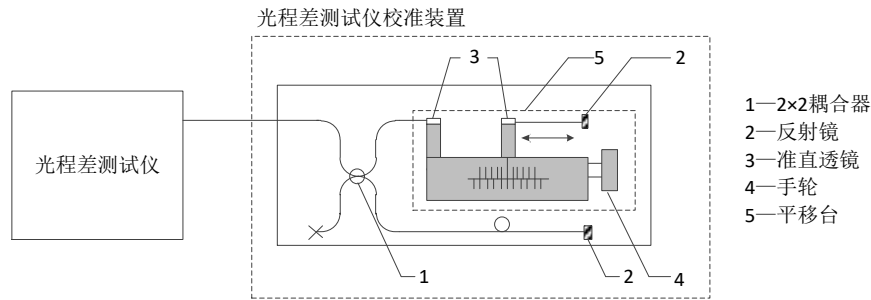


图 1 光程差测试仪校准装置

校准装置如图 1 所示，要求如下：

- a) 光纤类型：单模光纤；
- b) 光纤接头类型：FC/APC；
- c) 测量范围：(0~100) mm；
- d) 最大允许误差 (MPE)：±0.01mm。

5.2.2 光谱分析仪

- a) 波长范围：(1250~1650) nm；
- b) 功率测量范围：(-50~+18) dBm；
- c) 功率最大允许误差：±0.5dB；
- d) 动态范围：≥40dB (±0.2nm 处)；
- e) 波长测量扩展不确定度 ($k=2$)：≤0.2nm。

6 校准项目和校准方法

6.1 校准项目

校准项目见表 1

表 1 校准项目

序号	校准项目
1	外观及工作正常性检查
2	光程差
3	中心波长

6.2 校准方法

6.2.1 外观及工作正常性检查

被校光程差测试仪应完整无损，标志应清晰完整，开关、按键、插接及连接器应通断分明，插接正确、连接牢固，不应有影响操作的任何机械损伤。

被校光程差测试仪的各开关和指示灯功能应正常，通电后应能正常工作。

6.2.2 校准点的选取原则

校准点应覆盖所有量程并兼顾均匀性，同时应参考被校仪器使用说明书对校准点的建议，并可根据实际情况或送校单位的要求选取校准点。建议选取悬臂值（ N ）10.000mm、20.000mm、30.000mm、40.000mm、50.000mm 作为校准点。

6.2.3 光程差

6.2.3.1 打开光程差测试仪，预热 30 分钟以上。

6.2.3.2 先将光程差测试仪校准装置调零，调节可调节臂长度，使其与固定臂长度一致，作为平移台标尺零点，此时光程差为 0，调零后将光程差测试仪与光程差测试仪校准装置连接，按照 6.2.2 中选点调节光程差悬臂，使其显示值为 N ，此时被校光程差测试仪显示值为 D 。

在光程差测试仪校准装置中，光程差与几何长度存在线性关系，如公式（1）所示：

$$A=2nN \quad (1)$$

n ——空气折射率，空气中取 1；

A ——光程差校准值，mm；

N ——几何长度，mm。

示值误差 d 按照公式（2）进行计算：

$$d=D-A \quad (2)$$

d ——示值误差，mm；

D ——光程差测试仪读数，mm；

A ——光程差校准值, mm。

6.2.4 光程差重复性

连接光程差测试仪和光程差测试仪校准装置, 测量 10 次校准装置标尺为 30.000mm 时的光程差并按照贝塞尔公式计算重复性。

6.2.5 中心波长

光程差测试仪中光源为单一波长激光, 其中心波长等于峰值波长。测试方法参考 JJG 959-2001 《光时域反射计检定规程》6.3.3 输出光中心波长, 按图 2 组成测量系统, 测量三次取平均值作为中心波长测量结果。

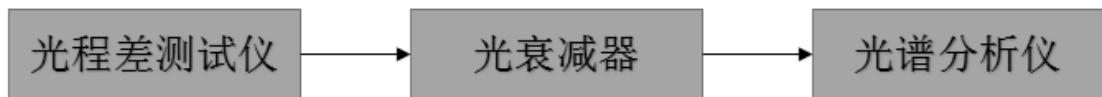


图 2 中心波长校准系统框图

7 校准结果

校准结果应在校准证书上反映。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（如果不在实验室内进行校准）；
- 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) 校准证书或校准报告签发人的签名、职务或等效标识，以及签发日期；

- 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，不得部分复制证书或报告的声明。

8 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。建议复校时间间隔为 1 年；仪器修理或调整后应及时校准。

附录 A

校准记录格式

A.1 外观及工作正常性检查

正常 ☐ 不正常 ☐

A.2 光程差

表 A.1 光程差记录表

单位: mm

空气中的折射率 $n=1$

悬臂值	光程差校准值	示值	示值误差	测量不确定度 ($k=2$)
10.000	20.000			
20.000	40.000			
30.000	60.000			
40.000	80.000			
50.000	100.000			

A.3 光程差重复性

表 A.2 光程差重复性记录表

单位: mm

空气中的折射率 $n=1$

悬臂值	光程差 校准值	示值										重复性
30.000	60.000											

A.4 中心波长

表 A.3 中心波长

单位: nm

中心波长实测值			
平均值			
测量不确定度 ($k=2$)			

附录 B

校准证书内页格式

B.1 外观及工作正常性检查

正常 ☐ 不正常 ☐

B.2 光程差

单位: mm

空气中的折射率 $n=1$

光程差校准值	示值	示值误差	测量不确定度 ($k=2$)
20.000			
40.000			
60.000			
80.000			
100.000			

光程差重复性: _____mm

B.3 中心波长

中心波长: _____nm

中心波长测量不确定度 ($k=2$) = _____nm

附录 C

光程差测试仪测量不确定度评定

光程差测试仪的主要校准项目为光程差。依据光程差测试仪校准规范的各项计量特性及校准条件与校准项目的规定，对某一台光程差测试仪进行了校准，以下主要针对光程差测试仪的不确定度进行分析。

C.1 光程差测量不确定度评定

C.1.1 测量模型

$$d=D-A \quad (3)$$

d ——误差，mm；

D ——光程差测试仪读数，mm；

A ——光程差校准值，mm。

C.1.2 不确定度来源

- 1) 光程差测量重复性引入的不确定度： u_1
- 2) 光程差测试仪校准装置本身引入的不确定度： u_2
- 3) 环境变化引入的不确定度： u_3
- 4) 被测仪器装置分辨率引入的不确定度： u_4

C.1.3 不确定度评定

C.1.3.1 由光程差测量重复性引入的不确定度分量 u_1 (A 类评定)

用光程差测试仪对光程差测试仪校准装置进行测量，将平移台标尺设置为 30mm，此时光程校准差为 60mm，10 次测量结果为 60.012、60.013、60.011、60.011、60.011、60.013、60.011、60.012、60.013、60.012，根据贝塞尔公式计算得，

$$u_1 = 0.0009\text{mm}$$

C.1.3.2 由光程差测试仪校准装置本身引入的不确定度分量 u_2 (B 类评定)

光程差测试仪校准装置最大允许误差 (MPE) 为 $\pm 0.01\text{mm}$ ，按均匀分布

$$u_2 = \frac{0.01}{\sqrt{3}} = 0.0058\text{mm}$$

C.1.3.3 由环境变化引入的不确定度分量 u_3 (B 类评定)

由于试验过程中温度、湿度以及大气压的变化极小，所以环境变化对 n 值的影响可以忽略不计。而环境变化中的温度变化会影响光纤热膨胀系数，已知在室温下熔融

石英光纤的热膨胀系数 α 为 $5.5 \times 10^{-7}/^{\circ}\text{C}$ ，且校准期间温度变化将不超过 1°C ，满足均匀分布变化，故

$$u(\alpha) = 5.5 \times 10^{-7}/^{\circ}\text{C} \times 1^{\circ}\text{C}/\sqrt{3} = 3.2 \times 10^{-7}$$

若测试时环境温度 θ 为 20°C ，光程差测试仪校准装置光程差最长长度为 100mm ，则有

$$u_3 = 100\theta u(\alpha) = 0.00064\text{mm}$$

C.1.3.4 由被测仪器装置分辨率引入的不确定度分量 u_4 (B 类评定)

由于被测仪器装置(光程差测试仪)的分辨率为 0.01mm ，测量时在半宽 0.005mm 区间内均匀分布，由此

$$u_4 = \frac{0.005}{\sqrt{3}} = 0.0029\text{mm}$$

C.1.4 不确定度合成

C.1.4.1 标准不确定度评定表

表 C.1 标准不确定度评定表

不确定度分量	不确定度来源	类型	分布	k 值	$u_i(\text{mm})$
u_1	光程差测量重复性引入的不确定度	A 类	/	/	0.0009
u_2	光程差测试仪校准装置本身引入的不确定	B 类	均匀	$\sqrt{3}$	0.0058
u_3	环境变化引入的不确定度	B 类	均匀	$\sqrt{3}$	0.00064
u_4	被测仪器装置分辨率引入的不确定度	B 类	均匀	$\sqrt{3}$	0.0029

光程差测量重复性引入不确定度和被测仪器装置分辨率引入的不确定度取其大者，所以在进行合成不确定度分析中取 $u_4=0.0029\text{mm}$ 。

C.1.4.2 合成标准不确定度

$$u_c = \sqrt{u_2^2 + u_3^2 + u_4^2}$$

$$u_c = 0.0065\text{mm}$$

C.1.4.3 扩展不确定度

按包含概率 $p=95\%$ ，取包含因子 $k=2$ ，扩展不确定度为：

$$U = k \times u_c = 0.013\text{mm}$$

C.2 中心波长测量不确定度评定

C.2.1 测量模型

$$y=P$$

C.2.2 不确定度来源

- 1) 中心波长测量重复性引入的不确定度: u_1
- 2) 光谱分析仪波长测量引入的不确定度: u_2
- 3) 光谱分析仪分辨率引入的不确定度: u_3

C.2.3 不确定度评定

C.2.3.1 由中心波长测量重复性引入的不确定度 u_1 (A 类评定)

使用光谱分析仪对 LUNA 公司型号为 OBR4600 的光程差测试仪进行 10 次中心波长的测量, 实测值如下表所示:

单位: nm

1528.78	1528.55	1527.77	1528.41	1527.98
1527.65	1528.65	1527.98	1528.25	1528.34

根据贝塞尔公式计算得,

$$u_1 = 0.38\text{nm}$$

C.2.3.2 由光谱分析仪波长测量引入的不确定度 u_2 (B 类评定)

由于光谱分析仪波长测量扩展不确定度 ($k=2$) 为 0.2nm, 因此,

$$u_2 = \frac{0.2}{2} = 0.10\text{nm}$$

C.2.3.3 由光谱分析仪分辨率引入的不确定度 u_3 (B 类评定)

由仪器说明书得知该光谱分析仪波长分辨率为 0.16nm, 为均匀分布。因此,

$$u_3 = \frac{0.16}{\sqrt{3}} = 0.09\text{nm}$$

C.2.4 不确定度合成

C.2.4.1 标准不确定度评定表

表 C.2 标准不确定度评定表

不确定度分量	不确定度来源	类型	分布	k 值	$u_i(\text{nm})$
u_1	中心波长测量重复性引入的不确定度	A 类	/	/	0.38
u_2	光谱分析仪波长测量引入的不确定度	B 类	/	2	0.10

u_3	光谱分析仪分辨率引入的不确定度	B 类	均匀	$\sqrt{3}$	0.09
-------	-----------------	-----	----	------------	------

C.2.4.2 合成标准不确定度

$$u_c = \sqrt{u_1^2 + u_2^2 + u_3^2}$$
$$u_c = 0.40nm$$

C.2.4.3 扩展不确定度

按包含概率 $p=95\%$ ，取包含因子 $k=2$ ，扩展不确定度为：

$$U = k \times u_c = 0.80nm$$