

**中华人民共和国国家计量技术规范**

JJF××××─××××

光纤端面干涉仪校准规范

**Calibration Specification of Optical Fiber End-Face Interferometer**

（征求意见稿）

××××-××-××发布 ××××-××-××实施

**国 家 市 场 监 督 管 理 总 局** 发 布

光纤端面干涉仪

校准规范

**Calibration Specification of**

**Optical Fiber End-Face Interferometer**

Of Measuring Inside Dimension

**JJF ××××**─**××××**

归 口 单 位：全国新材料与纳米计量技术委员会

主要起草单位：广州计量检测技术研究院

中国计量科学研究院

参加起草单位：深圳市维度科技有限公司

天津大学

本规范委托全国新材料与纳米计量技术委员会负责解释

本规范主要起草人：

古耀达（广州计量检测技术研究院）

施玉书（中国计量科学研究院）

杨昭信（广州计量检测技术研究院）

参加起草人：

周 其（深圳市维度科技有限公司）

郭 彤（天津大学）

魏 纯（广州计量检测技术研究院）

黄东旭（深圳市维度科技有限公司）

**目 录**

引言………………………………………………………………………………………（III）

1 范围……………………………………………………………………………………（1）

2 引用文件………………………………………………………………………………（1）

3 术语……………………………………………………………………………………（2）

2 概述……………………………………………………………………………………（2）

4 计量特性………………………………………………………………………………（3）

4.1 光纤高度示值误差和示值重复性…………………………………………………（3）

4.2 曲率半径示值误差和示值重复性……………………………………….…………（3）

4.3 顶点偏移示值误差和示值重复性…………………………………………. ………（3）

5 校准条件………………………………………………………………………………（4）

5.1 环境条件………………………………………………………….…………………（4）

5.2 校准项目及校准用标准器……………………………………….…………………（5）

6 校准项目和校准方法…………………………………………….……………………（4）

6.1 光纤高度示值误差和示值误差………………………………….…….……………（4）

6.2 曲率半径示值误差和示值误差………………………………….…….……………（5）

6.3 顶点偏移示值误差和示值误差………………………………….…….……………（5）

7 校准结果表达…………………………………………………….……………………（5）

8 复校时间间隔…………………………………………………………………………（5）

附录A 光纤高度示值误差测量结果的不确定度评定示例.…………………………….（6）

附录B 标准光纤连接器结构与规格………………………………………………….….（10）

附录C光纤端面干涉仪校准记录格式 ………………………………………….………（13）

附录D 光纤端面干涉仪校准证书（内页）格式…………………….…………….………（14）

引 言

JJF 1001 《通用计量术语及定义》、JJF 1059.1《测量不确定度评定与表示》、JJF 1094《测量仪器特性评定》共同构成支撑校准规范制定工作的基础性系列规范。

本规范参考了JJF 1105-2018《触针式表面粗糙度测量仪校准》的相关内容。

本规范为首次发布。

光纤端面干涉仪校准规范

1. 范围

本规范适用于测量PC型及APC型（角度为0°情况下）光纤连接器曲率半径、顶点偏移、光纤高度的光纤端面干涉仪的校准。

1. 引用文件

本规范引用下列文件：

JJF 1071-2010 国家计量校准规范编写规则

GB/T 10610-2009 产品几何技术规范(GPS) 表面结构 轮廓法评定表面结构的规则和方法

GB/T 18311.16-2007/IEC 61300-3-16:2003纤维光学互连器件和无源器件基本试验和测量程序第3-16部分:检查和测量球面抛光套管端面半径

GB/T 18311.30-2007纤维光学互连器件和无源器件 基本试验和测量程序 第3-30部分：检查和测量 单套管多芯光纤连接器抛光角度和光纤位置

IEC 61300-3-15 Fibre optic interconnecting devices and passive components - Basic test and measurement procedures - Part 3-15: Examinations and measurements - Dome eccentricity of a convex polished ferrule endface

IEC 61300-3-16 Fibre optic interconnecting devices and passive components - Basic test and measurement procedures - Part 3-16: Examinations and measurements - Endface radius of spherically polished ferrules

IEC 61300-3-23 Fibre optic interconnecting devices and passive components - Basic test and measurement procedures - Part 3-23: Examination and measurements; fibre position relative to ferrule endface

IEC 61300-3-26 Fibre optic interconnecting devices and passive components - Basic test and measurement procedures - Part 3-26: Examinations and measurements - Measurement of the angular misalignment between fibre and ferrules axes

IEC 61300-3-35 Fibre optic interconnecting devices and passive components - Basic test and measurement procedures - Part 3-35: Examinations and measurements - Visual inspection of fibre optic connectors and fibre-stub transceivers

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）适用本规范。

1. 术语

3.1 曲率半径（ROC）

光纤连接器端面通常研磨成球面，该球面的半径即为连接器的曲率半径，单位为mm。光纤连接器端面结构见图1。

* 1. 顶点偏移（Apex Offset）

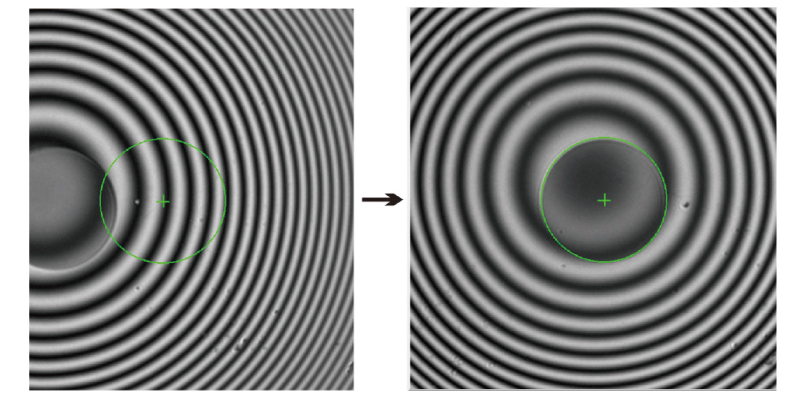
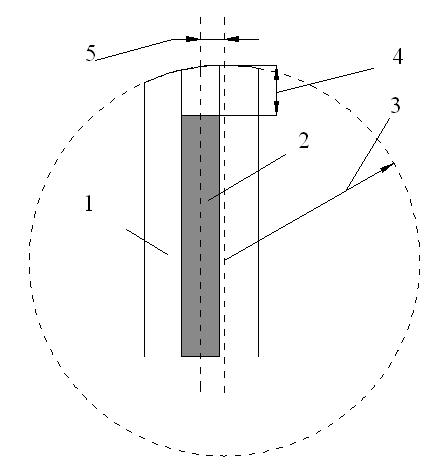
端面研磨后最高点到光纤纤芯之间的直线距离，单位为μm。

3.3 光纤高度（Fiber Height）

光纤凹陷或凸出端面距离的绝对值，即光纤端面到理论端面距离的绝对值，单位为nm。

3 概述

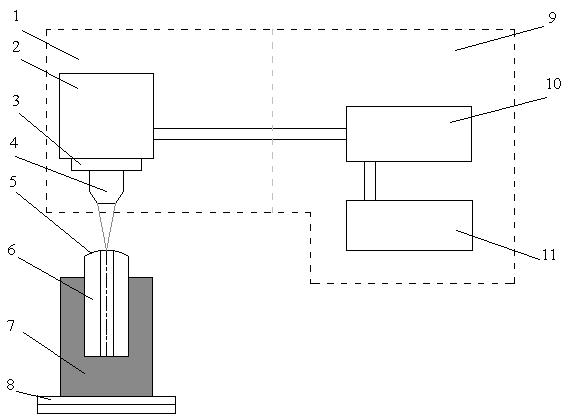
光纤端面干涉仪（以下简称干涉仪）是一种利用光干涉原理，快速测量光纤连接器插芯端面的光纤高度、曲率半径、顶点偏移等几何参数的非接触式测量仪器，广泛应用于网络光通信领域，是评价和管控光纤连接器质量的重要测量设备。光纤连接器端面结构见图1。



1—顶点偏移 2—光纤 3—曲率半径 4—光纤高度 5—顶点偏移

图1光纤端面干涉仪检测的光纤连接器的结构及干涉条纹示意图

干涉仪按照测量原理可分为二维法和三维轮廓测量法，其结构示意图见图2。



1—显微镜单元 2—干涉显微镜 3—物镜 4—光纤连接器端面 5—光纤连接器 6—套管 7—调节器 8—定位台 9—干涉分析仪 10—表面数据处理单元 11—监测器

图2光纤端面干涉仪结构示意图

4 计量特性

4.1 光纤高度示值误差和示值重复性

光纤端面干涉仪示值误差要求见表1。光纤高度示值重复性应不大于仪器示值误差的二分之一。

表1 光纤端面干涉仪主要计量性能要求

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 光纤高度*h* / nm | 示值误差 | |
| ≤160 nm | ±10 nm | ±50nm |
| ≤500nm | ±50 nm | |

注：1. 具备条件，光纤高度量程可扩展到≤1000 nm，校准方法参照6.1。

4.2 曲率半径示值误差和示值重复性

曲率半径测量范围应满足（10~25）mm，示值误差应不超过±0.1 mm。曲率半径示值重复性应不大于仪器示值误差的二分之一。

4.3 顶点偏移示值误差和示值重复性

顶点偏移测量范围应满足（0~30）μm，示值误差允差不超过±10μm。顶点偏移示值重复性应不大于仪器示值误差的二分之一。

注：1. 4.1~4.3有出厂技术要求的应不超过出厂技术要求。

2. 4.1~4.3校准工作只给出测量结果，不判断合格与否，上述计量特性仅供参考。

5 校准条件

5.1 环境条件

温度应在（20±3）℃范围内。

湿度不超过65%RH。

标准器和被校准仪器的等温时间应符合仪器说明书的要求。

5.2  校准项目及校准用标准器

表2 校准项目及校准用标准器

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 序号 | 校准项目 | 校准用标准器和要求 |
| 1 | 光纤高度示值误差和示值重复性 | 标准光纤连接器  光纤高度≤160 nm  *U* :3.4nm~6.0nm，*k*=2 |
| 标准光纤连接器  光纤高度≤500 nm  *U* :5.0nm~15nm，*k*=2 |
| 2 | 曲率半径示值误差和示值重复性 | 标准光纤连接器或标准陶瓷球  *U*=0.03 mm，k=2;  或标准陶瓷球圆度不大于5 μm。 |
| 3 | 顶点偏移示值误差和示值重复性 | 标准光纤连接器，偏移值不确定度：*U*=3.0 μm，*k*=2 |

6 校准项目和校准方法

校准前，需确保仪器处于正常的工作状态及没有影响校准计量性能的因素后方可进行校准。所用的标准光纤连接器应确保表面洁净，避免划痕、腐蚀和氧化。

需调节干涉仪的光路方向，使标准光纤连接器与套管座轴向平行，并定位套管使干涉仪测量中心与套管的中心重合。然后，旋转标准光纤连接器刻线截面垂直于干涉仪的放置平面。

6.1 光纤高度示值误差和测量重复性

在覆盖被校仪器三分之二量程的范围内选择3至5点作为测量点，选取相应光纤高度值的标准光纤连接器。测量时以标准光纤连接器刻线垂直朝上的位置测量。每个标准光纤连接器重复测量10次，取平均值为测量结果，与标准光纤连接器光纤高度标准值之差为示值误差。

选取其中一个光纤高度的重复测量10次数据中最大值与最小值之差的为示值重复性。

6.2 曲率半径示值误差和测量重复性

在覆盖被校仪器量程的范围内选择3点作为测量点，选取相应半径值的标准光纤连接器或标准陶瓷球。每个标准光纤连接器或标准陶瓷球重复测量5次，取平均值为测量结果，与标准光纤连接器或标准陶瓷球半径标准值之差为示值误差。最大值与最小值之差最大的为测量重复性。

选取其中一个曲率半径的重复测量5次数据中最大值与最小值之差的为示值重复性。

6.3 顶点偏移示值误差和测量重复性

在覆盖被校仪器量程的范围内选择3点作为测量点，选取相应偏移值的标准连接器。每个标准光纤连接器重复测量5次，取平均值为测量结果，与连接器顶点偏移标准值之差为示值误差。

选取其中一个顶点偏移的重复测量5次数据中最大值与最小值之差的为示值重复性。

7 校准结果表达

经校准的光纤端面干涉仪出具校准证书。校准证书包括的信息应符合JJF 1071-2010中5.12的要求。

8 复校时间间隔

由于复校时间间隔的长短是由光纤端面干涉仪的使用状况、使用者、设备本身质量等诸因素所决定的，因此，送校单位可根据仪器实际使用情况自主决定复校时间间隔。建议复校时间间隔一般不超过1年。 附录A

光纤端面干涉仪光纤高度示值误差测量结果不确定度评定

A.1 测量方法

光纤端面干涉仪的光纤高度示值是用一组标准光纤连接器进行校准得到的，根据实际测量应用范围和条件的不同，设定好相关的测量程序和条件，并按要求进行必要的仪器预校准后再进行测量。本次评定以分辨力0.1 nm的光纤端面干涉仪为例。

A.2 测量模型

(A.1)



式中： ----仪器示值的平均值，nm；

*h* ----光纤高度标准值，nm；

*δ* ----校准点的示值误差，nm。

A.3 不确定度来源

不确定度各分量来源见表A.1

表A.1 不确定度分量一览表

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 不确定度分量符号 | | 不确定度分量名称 | |
|  |  | 仪器测量重复性引入的不确定度分量 | 两分量中取较大的值为 |
|  | 仪器测量分辨力引入的不确定度分量 |
|  | | 标准光纤连接器测量结果引入的不确度分量 | |

A.4 方差和灵敏系数

因*δ*= **- *h*，所以灵敏系数*c*i:

, 

、分别为**和*h*的标准不确定度，因**和**相互独立，则合成标准不确定度*u*c为：

=

式中：**—仪器示值引入的不确定度分量；

**—标准光纤连接器引入的不确定度分量。

A.5 标准不确定度分量

A5.1 仪器示值引起的不确定度分量

A.5.1.1 测量重复性引入的标准不确定度分量

光纤端面干涉仪的测量重复性引入的不确定度分量可以通过10 次重复连续测量得到，测量结果见表A.2，计算单次实验标准偏差为



实际测量时采用10次重复测量结果的平均值，则



实测记录见表A.2。

表A.2 标准不确定度分量一览表

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 标准光纤高度/nm | 仪器示值/nm | | | | | 平均值  /nm | 平均值标准差 |
| *h*：17.7 | 17.3 | 17.1 | 17.4 | 17.4 | 17.1 | 17.1 | 0.16 |
| 17.1 | 16.5 | 18.0 | 16.7 | 16.2 |
| *h*：65.7 | 66.0 | 66.6 | 66.3 | 66.5 | 66.2 | 66.4 | 0.08 |
| 66.4 | 66.3 | 66.4 | 66.7 | 66.8 |
| *h*：157.1 | 159.4 | 158.7 | 158.5 | 158.8 | 159.2 | 159.2 | 0.20 |
| 159.0 | 160.3 | 159.3 | 158.7 | 160.2 |
| *h*：292.3 | 290.9 | 290.9 | 290.7 | 293.0 | 292.7 | 291.3 | 0.39 |
| 292.6 | 290.1 | 292.3 | 290.0 | 289.7 |
| *h*：344.0 | 337.5 | 337.6 | 337.6 | 337.3 | 337.3 | 337.4 | 0.18 |
| 337.0 | 337.2 | 338.7 | 336.8 | 336.6 |

A.5.1.2 光纤端面干涉仪分辨力引入的不确定度分量**

光纤端面干涉仪分辨力为0.1nm, 其量化误差引起的标准不确定度分量为均匀分布，则



和取其中较大者，故=



A.5.2 标准光纤连接器引入的不确定度分量

标准光纤连接器引入的不确定度主要来源于连接器光纤高度标准值的测量不确定度，可根据校准证书给出的扩展不确定度来计算。

当*h*为17.7nm时，*U*=6.0 nm，包含因子*k*=2，则



当*h*为65.7nm时，*U*=3.3 nm，包含因子*k*=2，则



当*h*为157.1nm时，*U*=4.9 nm，包含因子*k*=2，则



当*h*为293.0nm时，*U*=11 nm，包含因子*k*=2，则



当*h*为344.0nm时，*U*=15nm，包含因子*k*=2，则



A.6 标准不确定度一览表

表A.3 标准不确定度分量一览表

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 不确定度来源 | 标准不确定度 | | |
| 符号 | 数值/ nm | |
| 光纤高度测量重复性 |  | *h*：17.7 | 0.16 |
| *h*：65.7 | 0.08 |
| *h*：157.1 | 0.20 |
| *h*：292.3 | 0.39 |
| *h*：344.0 | 0.18 |
| 标准光纤连接器光纤高度测量结果 |  | *h*：17.7 | 3.0 |
| *h*：65.7 | 1.7 |
| *h*：157.1 | 2.5 |
| *h*：292.3 | 5.5 |
| *h*：344.0 | 7.5 |

A.7 合成标准不确定度

＝

用*h*为17.7nm的标准光纤连接器校准时，



用*h*为65.7nm时，的标准光纤连接器校准时



用*h*为157.1nm时，的标准光纤连接器校准时



用*h*为293.0nm时，的标准光纤连接器校准时



用*h*为344.0nm时，的标准光纤连接器校准时



A.8 扩展不确定度

取包含因子*k*=2，则扩展不确定度为：



|  |  |
| --- | --- |
| 标准光纤高度/nm | 扩展不确定度*U/nm* |
| *h*：17.7 | 6.0 |
| *h*：65.7 | 3.4 |
| *h*：157.1 | 5.0 |
| *h*：292.3 | 11 |
| *h*：344.0 | 15 |

附录B

标准光纤连接器的结构与规格

B.1 标准光纤连接器的通用技术要求

B.1.1标准光纤连接器

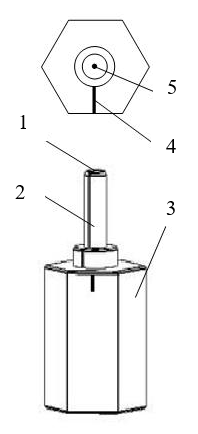
标准光纤连接器是以指定刻线位置垂直于轴线的端面中截面内的光纤高度、曲率半径中心偏差等几何参数作为对应光纤端面干涉仪校准项目的标样，通过其对光纤端面干涉仪进行校准。工作表面应光滑，刻线位置对应端面测量区域不应有影响测量结果的脏点、划伤、破损、断裂存在。要求其表面粗糙度*Ra* 值应小于0.005μm。

B.1.2材料要求

标准连接器光纤材料为二氧化硅，光纤套管材料为二氧化锆ZrO2陶瓷。

B.1.3 外形尺寸要求

建议标准光纤连接器光纤套管为外径φ2.5mm或φ1.25mm的圆柱形，套管端面为近似球面，端面中间为φ125±2μm光纤。三维示意图如图B.1所示，端面局部图如图B.2所示。



1—套管端面 2—光纤套管 3—基座 4—刻线 5—光纤

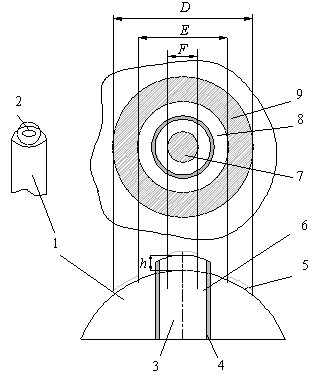
图B.1标准光纤连接器端面局部示意图

其中，套管端面用于测量的区域包括平均区域、拟合区域，计算时需剔除排除区域。

平均区域——位于标准连接器光纤端面上，用于计算光纤高度的直径为*F=*50μm区域。

排除区域——位于标准连接器端面上，由一以光纤芯为中心、直径为*E=*140μm的圆形区域，参与光纤高度计算

拟合区域——位于标准连接器端面上，由一以光纤芯为中心、直径为*D=*250μm圆形区域排除直径为*E=*140μm的区域， 参与光纤高度和曲率半径的计算。



1—陶瓷套管 2—光纤端面 3—光纤 4—粘合区 5—套管端面 6—光纤端面 7—平均区域 8—排除区域 9—拟合区域

图B.2标准光纤连接器端面局部示意图

B.2 标准光纤连接器的规格要求

标准光纤连接器光纤高度值用*h*表示，*h*值*h*值见表B.1

表B.1 光纤高度值*h*

|  |  |
| --- | --- |
| 序号 | *h*（nm） |
| 1 | 20 |
| 2 | 50 |
| 3 | 150 |
| 4 | 250 |
| 5 | 350 |

标准光纤连接器刻线截面光纤高度的测量不确定度优于*U* :3.4nm~15nm，*k*=2。

可根据仪器测量范围和实际使用情况选用不同高度的标准光纤连接器。

标准光纤连接器校准项目及校准用标准器参见表B.2。其中，标准光纤连接器刻线截面的曲率半径、光纤直径顶点偏移可采用影像法测量或表面轮廓法测量。

表B.2 标准光纤连接器校准项目及校准用标准器

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 序号 | 校准项目 | 校准用标准器和其他设备 |
| 1 | 光纤高度 | 白光干涉仪、标准纳米台阶、原子力显微镜、台阶仪等 |
| 2 | 曲率半径 | 影像测量仪或表面轮廓仪等 |
| 3 | 光纤直径 | 光学三坐标或万能工具显微镜等 |
| 4 | 顶点偏移 | 影像测量仪或万能工具显微镜等 |

附录C

光纤端面干涉仪校准记录格式

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 委托方名称 | | |  | | | | 制造厂 | |  | | |
| 型号规格 | | |  | | | | 仪器编号 | |  | | |
| 环境温度 | | | ℃ | | | | 湿度 | | %RH | | |
| 技术依据 | | |  | | | | 标准器 | |  | | |
| 校准日期 | | |  | | | | 证书编号 | |  | | |
| 校准员 | | |  | | | | 核验员 | |  | | |
| 标准光纤高度/nm | 仪器示值/nm | | | | | | | 平均值  /nm | | 示值误差/nm | 重复性max-min |
|  |  |  | |  |  |  | |  | |  |  |
|  |  | |  |  |  | |
|  |  |  | |  |  |  | |  | |  |  |
|  |  | |  |  |  | |
|  |  |  | |  |  |  | |  | |  |  |
|  |  | |  |  |  | |
|  |  |  | |  |  |  | |  | |  |  |
|  |  | |  |  |  | |
|  |  |  | |  |  |  | |  | |  |  |
|  |  | |  |  |  | |
| 标准半径/μm | 仪器示值/μm | | | | | | | 平均值/μm | | 示值误差/μm | 重复性max-min |
|  |  |  | |  |  |  | |  | |  |  |
|  |  |  | |  |  |  | |  | |  |  |
|  |  |  | |  |  |  | |  | |  |  |
| 标准偏移/μm | 仪器示值/μm | | | | | | | 平均值/μm | | 示值误差/μm | 重复性max-min |
|  |  |  | |  |  |  | |  | |  |  |
|  |  |  | |  |  |  | |  | |  |  |
|  |  |  | |  |  |  | |  | |  |  |
| 测量结果的扩展不确定度（*k*=2） | | | | | | | |  | | | |
| 实验地址： |  | | | | | | | | | | |

附录D

光纤端面干涉仪校准证书（内页）格式

1. 外观：
2. 校准结果：

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 校准环境条件 | 温度： ℃  相对湿度 % | 地点：  其他： |
| 序号 | 校准项目 | 校准结果 |
| 1 | 光纤高度测量示值误差和示值重复性/nm |  |
| 2 | 曲率半径示值误差和示值重复性/μm |  |
| 3 | 顶点偏移示值误差和示值重复性/μm |  |
| 测量结果不确定度： | | |

校准员： 核验员：