



中华人民共和国国家计量技术规范

JJF2160—2024

激光共聚焦显微镜校准规范

Calibration Specification for Laser Confocal Microscopes

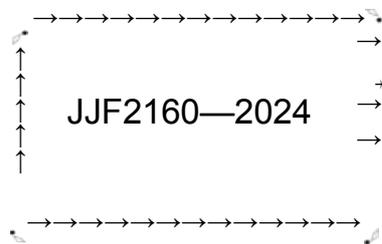
2024-10-19发布

2025-04-19实施

国家市场监督管理总局 发布

激光共聚焦显微镜校准规范

Calibration Specification for
LaserConfocalMicroscopes



归口单位：全国几何量长度计量技术委员会

主要起草单位：中国计量科学研究院

哈尔滨工业大学

参加起草单位：南京市计量监督检测院

本规范委托全国几何量长度计量技术委员会负责解释

本规范主要起草人：

施玉书（中国计量科学研究院）

刘 俭（哈尔滨工业大学）

张 树（中国计量科学研究院）

参加起草人：

王 珉（南京市计量监督检测院）

刘辰光（哈尔滨工业大学）

皮 磊（中国计量科学研究院）

郭 鑫（南京市计量监督检测院）

目 录

引言	(II)
1 范围	(1)
2 引用文件	(1)
3 概述	(1)
4 计量特性	(2)
4.1 水平方向长度测量误差	(2)
4.2 垂直方向长度测量误差	(2)
4.3 水平方向长度测量重复性	(2)
4.4 垂直方向长度测量重复性	(2)
4.5 水平方向正交误差	(2)
4.6 畸变	(2)
4.7 最大可测倾角	(2)
4.8 水平方向拼接误差	(2)
4.9 垂直方向拼接误差	(2)
4.10 载物台定位误差	(2)
5 校准条件	(3)
5.1 环境条件	(3)
5.2 校准项目和校准用标准器	(3)
6 校准项目和校准方法	(4)
6.1 水平方向长度测量误差	(4)
6.2 垂直方向长度测量误差	(6)
6.3 水平方向长度测量重复性	(8)
6.4 垂直方向长度测量重复性	(8)
6.5 水平方向正交误差	(8)
6.6 畸变	(9)
6.7 最大可测倾角	(10)

6.8 水平方向拼接误差	(11)
6.9 垂直方向拼接误差	(11)
6.10 载物台定位误差	(12)
7 校准结果表达	(12)
8 复校时间间隔	(12)
附录 A 激光共聚焦显微镜长度测量误差的不确定度评定	(13)
附录 B 激光共聚焦显微镜校准证书（内页）格式	(15)

引 言

JJF1001—2011《通用计量术语及定义》、JJF1059.1—2012《测量不确定度评定与表示》、JJF 1071—2010《国家计量校准规范编写规则》、JJF 1094—2002《测量仪器特性评定》共同构成支撑本规范制定的基础性系列规范。

本规范为首次发布。

激光共聚焦显微镜校准规范

1 范围

本规范适用于激光共聚焦显微镜的校准，其他基于共聚焦原理的显微镜校准也可参照本规范。

2 引用文件

本规范引用了下列文件：

GB/T 19067.1—2003 产品几何技术规范（GPS） 表面结构 轮廓法 测量标准 第1部分：实物测量标准

GB/T 34879—2017 产品几何技术规范（GPS） 光学共焦显微镜计量特性及测量不确定度评定导则

ISO 25178-607: 2019 产品几何量技术规范（GPS） 表面结构：区域法 第607部分：非接触（共焦显微镜）仪器的标称特性 [Geometrical product specifications (GPS) —Surface texture: Areal—Part 607: Nominal characteristics of non-contact (confocal microscopy) instruments]

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。

3 概述

激光共聚焦显微镜（以下简称共聚焦显微镜）是一种利用共轭点照明、点探测原理，通过激光逐点照明扫描和空间针孔调制技术获取光学层析图像，从而得到被测物体二维图像或三维表面形貌参数的仪器。共聚焦显微镜具有多种照明约束和探测形式，被广泛应用于材料科学、微纳米加工、半导体器件和生命科学等领域。共聚焦显微镜的结构示意图见图1。

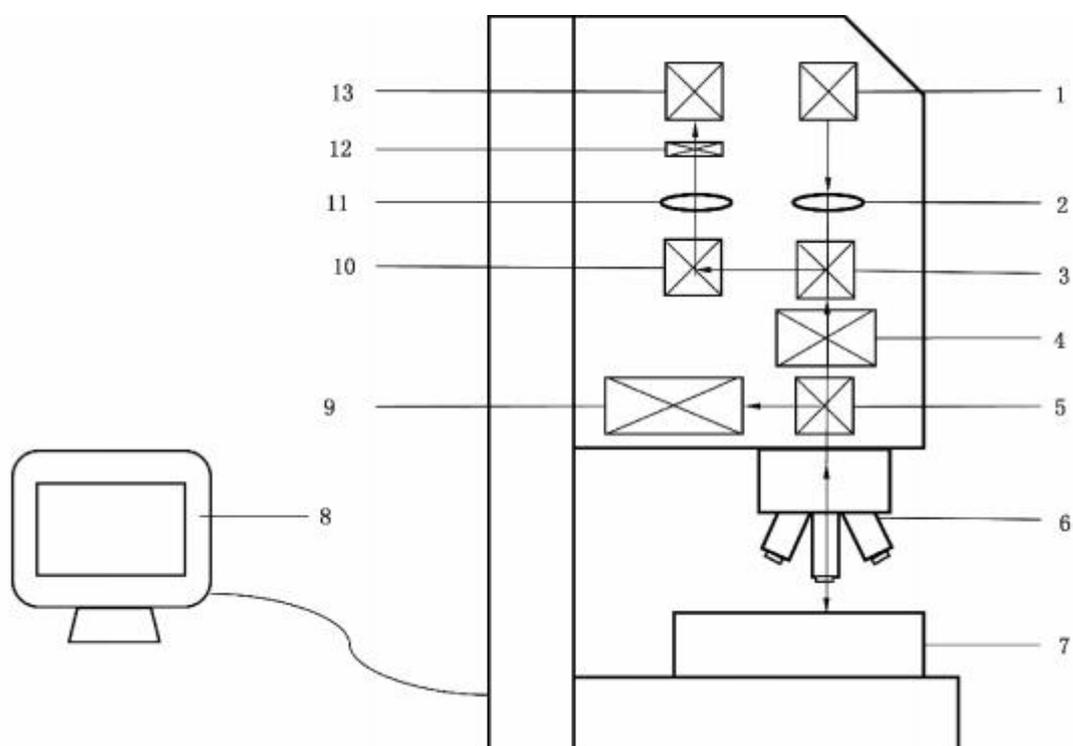


图 1 共聚焦显微镜结构示意图

1—激光光源；2—准直镜；3、5—分光镜；4—光束扫描系统；6—物镜；7—载物台；8—计算机；
9—宽场显微模块；10—反射镜；11—聚焦透镜；12—针孔；13—光电探测器

4 计量特性

共聚焦显微镜计量特性见表 1，性能指标供校准时参考。

- 4.1 水平方向长度测量误差
- 4.2 垂直方向长度测量误差
- 4.3 水平方向长度测量重复性
- 4.4 垂直方向长度测量重复性
- 4.5 水平方向正交误差
- 4.6 畸变
- 4.7 最大可测倾角
- 4.8 水平方向拼接误差
- 4.9 垂直方向拼接误差

4.10 载物台定位误差

表 1 共聚焦显微镜计量特性

序号	计量特性	性能指标
1	水平方向长度测量误差	不超过 $\pm 5\%$
2	垂直方向长度测量误差	不超过 $\pm 5\%$
3	水平方向长度测量重复性	不超过 2%
4	垂直方向长度测量重复性	不超过 2%
5	水平方向正交误差	不超过 1°
6	畸变	不超过 $\pm 10\%$
7	最大可测倾角	$20^\circ \sim 80^\circ$
8	水平方向拼接误差	不超过 10%
9	垂直方向拼接误差	不超过 10%
10	载物台定位误差	不超过 0.05 mm

5 校准条件

5.1 环境条件

5.1.1 温度： $(20 \pm 5)^\circ\text{C}$ ，温度变化量： $0.5^\circ\text{C}/\text{h}$ 。

5.1.2 相对湿度：不超过 75%。

5.1.3 校准用标准器与被校仪器等温时间不少于 0.5 h。

5.1.4 实验室内应无影响校准结果的振动、电磁辐射等因素。

5.2 校准项目和校准用标准器

共聚焦显微镜校准项目和校准用标准器见表 2。

表 2 共聚焦显微镜校准项目和校准用标准器

序号	校准项目	物镜倍率	标准器	技术要求
	水平方向长	< 50	一维标准	栅格平均间距 $(5 \sim 20) \mu\text{m}$ $U_{\text{rel}} \leq 0.5\%$, $k=2$

1	度测量误差		立体栅格	
		≥ 50		栅格平均间距 (500~5 000) nm $U_{rel} \leq 1\%, k=2$
2	垂直方向长度测量误差	< 50	标准台阶/凹槽	标准台阶高度/沟槽深度 (200~10000) nm $U_{rel} \leq 1\%, k=2$
		≥ 50		
3	水平方向长度测量重复性	< 50	一维标准 立体栅格	栅格平均间距 (5~20) μm $U_{rel} \leq 0.5\%, k=2$
		≥ 50		栅格平均间距 (500~5 000) nm $U_{rel} \leq 1\%, k=2$

表 2 (续)

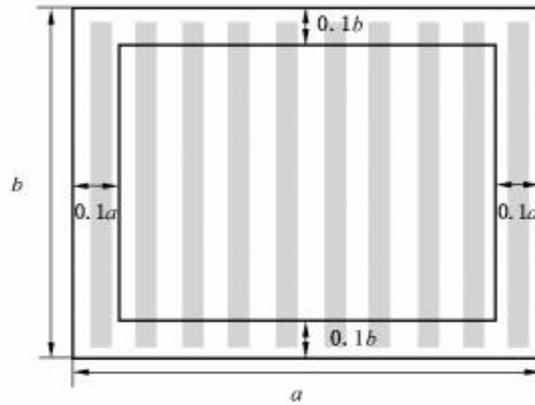
序号	校准项目	物镜倍率	标准器	技术要求
4	垂直方向长度测量 重复性	< 50	标准台阶/凹槽	标准台阶高度/沟槽深度 (200~10000) nm $U_{rel} \leq 1\%$, $k=2$
		≥ 50		
5	水平方向 正交误差	< 50	二维标准 立体栅格	栅格平均间距 20 μm $U_{rel} \leq 0.5\%$, $k=2$
		≥ 50		栅格平均间距 10 μm $U_{rel} \leq 0.5\%$, $k=2$
6	畸变	< 50	二维标准 立体栅格	栅格平均间距 20 μm $U_{rel} \leq 0.5\%$, $k=2$
		≥ 50		栅格平均间距 10 μm $U_{rel} \leq 0.5\%$, $k=2$
7	最大可测倾角	< 50	标准球	标准球直径 (0.3~5) mm 形状误差 $\leq 0.3 \mu\text{m}$
		≥ 50		
8	水平方向 拼接误差	< 50	标准台阶/凹槽	标准台阶高度/沟槽深度 (200~10000) nm $U_{rel} \leq 1\%$, $k=2$
		≥ 50		
9	垂直方向拼接 误差	< 50	标准台阶/凹槽	标准台阶高度/沟槽深度 (200~10000) nm $U_{rel} \leq 1\%$, $k=2$
		≥ 50		
10	载物台定位 误差	任意放大 倍率	激光干涉仪	线性测量精度 $\pm 5.0 \times 10^{-7}$
注：校准项目所采用的一维、二维标准立体栅格包含 10 个以上周期，标准器应根据被校仪器				

的物镜放大倍率、视场范围等因素选取。

6 校准项目和校准方法

6.1 水平方向长度测量误差

使用一维标准立体栅格校准水平方向长度测量误差。将一维标准立体栅格置于样品载物台，在明场条件下将一维标准立体栅格的线条边缘垂直于 X 轴放置，在标准器的有效特征区域内，去除图像各边缘尺寸 10%（如图 2 所示）后，均匀选取上、中、下 3 个区域进行测量。



a — 共聚焦显微镜 X轴方向有效特征区域尺寸；

b — 共聚焦显微镜 Y轴方向有效特征区域尺寸；

图 2 去除图像边缘示意图

在每个测量区域等间隔均匀提取 5 条轮廓线（如图 3 所示），计算 5 条轮廓线栅格平均间隔的算术平均值作为该区域的栅格平均间隔测得值，多个区域的栅格平均间隔测得值的算术平均值作为 X 方向栅格平均间隔的测得值。使用“重心法”评价轮廓线的栅格平均间隔，具体评价过程如下。

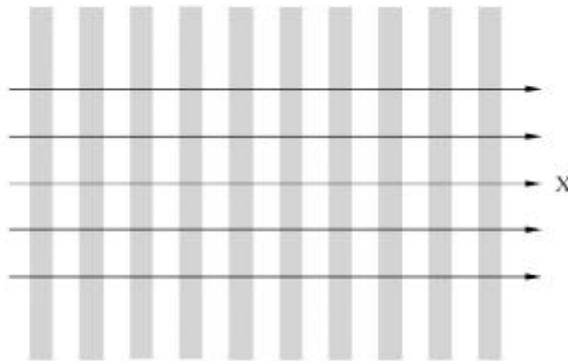
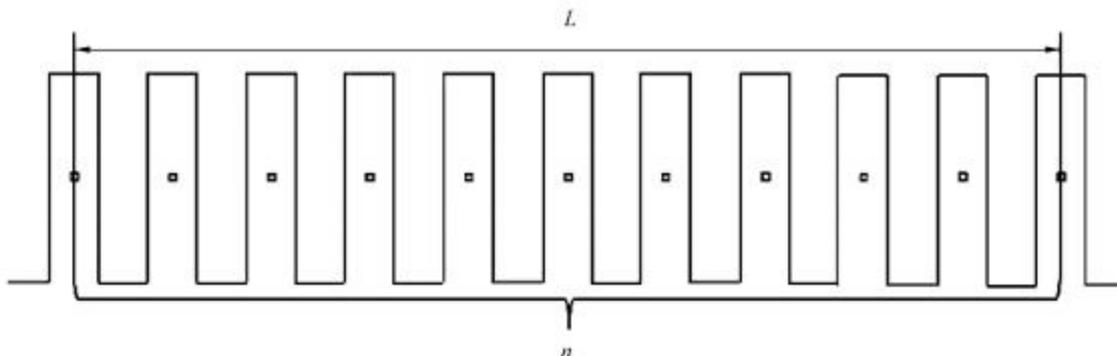


图 3 X方向长度测量误差校准示意图

在轮廓线上选取完整连续的且不少于 10 个周期的栅格结构作为评价区域，分别计算每个周期的重心位置。首尾重心间的水平距离即为评定长度 L （如图 4 所示），X 方向一维标准立体栅格平均间距的测得值 P 可由式（1）计算。



L—首尾重心间的水平距离；

n—评价区域内栅格的周期数量

图 4 重心法测量栅格平均间距示意图

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：

<https://d.book118.com/325302134023012003>