

JJF(沪苏浙皖)

沪苏浙皖地方计量校准规范

JJF(沪苏浙皖) 4018—2025

在线激光测厚仪校准规范

Calibration Specification for Online Laser Thickness Gauge

2025-08-15 发布

2026-02-15 实施

上海市市场监督管理局
江苏省市场监督管理局 发布
浙江省市场监督管理局
安徽省市场监督管理局

在线激光测厚仪校准规范

Calibration Specification for Online Laser

Thickness Gauge

JJF (沪苏浙皖) 4018—2025

归口单位：上海市市场监督管理局

江苏省市场监督管理局

浙江省市场监督管理局

安徽省市场监督管理局

主要起草单位：蚌埠市计量科学研究院

安徽省计量科学研究院

参与起草单位：蚌埠弗迪电池有限公司

常州检验检测标准认证研究院

本规范委托安徽省几何量计量技术委员会负责解

本规范主要起草人：

杨 阳（蚌埠市计量科学研究院）

戚仁江（蚌埠市计量科学研究院）

李 涛（蚌埠弗迪电池有限公司）

王美婷（安徽省计量科学研究院）

曹 磊（安徽省计量科学研究院）

参加起草人：

刘 诚（蚌埠市计量科学研究院）

王 垒（蚌埠市计量科学研究院）

何建新（常州检验检测标准认证研究院）

夏忻然（蚌埠市计量科学研究院）

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 示值误差..... | (2) |
| 4.2 重复性..... | (2) |
| 5 校准条件..... | (2) |
| 5.1 环境条件..... | (2) |
| 5.2 校准用标准器及相应设备..... | (2) |
| 6 校准项目和校准方法..... | (2) |
| 6.1 示值误差..... | (2) |
| 6.2 重复性..... | (3) |
| 7 校准结果表达..... | (3) |
| 8 复校时间间隔..... | (3) |
| 附录 A 示值误差校准结果的测量不确定度评定示例..... | (4) |
| 附录 B 校准记录参考格式..... | (7) |
| 附录 C 校准证书(内页)参考格式..... | (9) |

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》和 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。

在线激光测厚仪校准规范

1 范围

本规范适用于测量范围(0~3) mm 双激光测微仪原理的在线激光测厚仪的校准。

2 引用文件

本规范引用了下列文件：

JJF 166—2017 激光测微仪校准规范

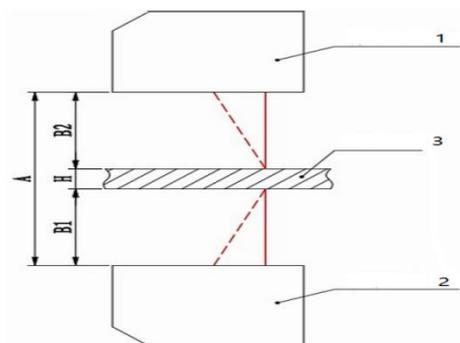
JJF 1965—2022 锡膏厚度测量仪校准规范

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 概述

在线激光测厚仪是一种能实时显示测量厚度及厚度变化的测量仪器。应用于锂电池极片涂布、辊压工序厚度在线检测应用，同时也应用于各类非透明膜材料涂覆的在线厚度测量。

在线激光测厚仪基于激光三角测距原理，工作原理如图 1 所示。激光测厚仪由上、下两个对射的激光测微仪组成。激光测微仪 1 和激光测微仪 2 以固定距离装夹，同时确保上、下两个激光测微仪的测量轴线同轴。工作时激光测微仪 1 发射激光照射被测物的上表面，上表面光斑的反射光由激光测微仪 1 内的光学阵列接收装置接收，通过对光斑的位置分析和计算，可以得到激光测微仪 1 到被测物上表面的距离 B_2 ；同理可以得到激光测微仪 2 到被测物下表面的距离 B_1 。用两个激光测微仪之间的距离 A 减去两个激光测微仪到被测物上下表面的距离 B_1 、 B_2 即可得到被测物的厚度 H 。



1—激光测微仪 1；2—激光测微仪 2；3—被测物

图 1 在线激光测厚仪的工作原理图

4 计量特性

4.1 示值误差

4.2 重复性

5 校准条件

5.1 环境条件

校准时，环境温度为 (20 ± 2) ℃，相对湿度不超过75%，校准环境应无影响测量结果的灰尘和振动，无强电磁干扰。

5.2 校准用标准器及相应设备

校准用标准器见表1

表1 校准用标准器及其计量特性

| 序号 | 校准项目 | 校准用标准器及其计量特性 |
|----|------|------------------------------------|
| 1 | 重复性 | 标准厚度块 $U=0.2\mu\text{m}$, $k=2$ 。 |
| 2 | 示值误差 | |

注：允许采用满足测量不确定度要求的其它测量标准器。

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。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(无要求时等温时间应不少于30min)，按说明书要求进行自校后再进行校准。

6.1 示值误差

在激光测厚仪移动范围选择不少于5个均匀分布的测量位置。每个位置在被校仪器有效测量范围内选择不少于5个均匀分布的校准点。选取相应厚度块固定在专用夹具上，对每个标准厚度块在中心测量区域内重复测量10次并记录仪器示值。计算平均值 \bar{h} 作为每个校准点的测量结果，根据公式(1)计算仪器示值误差：

$$\delta = \bar{h} - H \quad (1)$$

式中：

δ —仪器的示值误差, μm ;

\bar{h} —仪器示值平均值, μm ;

H —标准厚度块的实际值, μm 。

6.2 重复性

根据 6.1 的数据进行计算, 按公式 (2) 计算实验标准差 s , 作为厚度测量的重复性。

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (h_i - \bar{h})^2}{n-1}} \quad (2)$$

式中:

h_i —第 i 次的仪器示值, μm ;

\bar{h} —10 次测量的仪器示值的算术平均值, μm ;

7 校准结果表达

经校准的测厚仪出具校准证书。校准证书应符合 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测厚仪的使用状况、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。建议不超过 1 年。

附录 A

示值误差校准结果的测量不确定度评定示例

A.1 测量方法

在线激光测厚仪的示值误差使用标准厚度块进行校准, 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, 按 6.1 的方法进行校准。本次评定以分辨力 $0.01\mu\text{m}$ 的在线激光测厚仪测量 $200\mu\text{m}$ 的标准厚度块为例。

A.2 测量模型

$$\delta = \bar{h} - H \quad (\text{A.1})$$

式中:

δ —仪器的示值误差, μm ;

\bar{h} —仪器示值平均值, μm ;

H —标准厚度块的实际值, μm 。

A.3 合成标准不确定度计算公式

由式 A.1, 得

$$\text{灵敏系数 } c_1 = \frac{\partial \delta}{\partial \bar{h}} = 1$$

$$\text{灵敏系数 } c_2 = \frac{\partial \delta}{\partial H} = -1$$

u_1 、 u_2 分别表示 \bar{h} 和 H 引入的标准不确定度, 因 \bar{h} 和 H 互不相关, 则合成标准不确定度

u_c :

$$u_c = \sqrt{c_1^2 u_1^2 + c_2^2 u_2^2} = \sqrt{u_1^2 + u_2^2} \quad (\text{A.2})$$

A.4 标准不确定度分量

A.4.1 仪器示值引入的标准不确定度分量 u_1 A.4.1.1 测量重复性引入的标准不确定度分量 u_{11}

测厚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, 测量结果为

199.97 μm 、199.97 μm 、199.97 μm 、199.97 μm 、199.97 μm 、199.96 μm 、199.97 μm 、199.97 μm 、199.95 μm 、199.97 μm ，计算单次测量实验标准偏差为：

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (h_i - \bar{h})^2}{n-1}} \quad (\text{A.3})$$

实际校准时，测量次数为 10 次，则：

$$u_{11} = \frac{s}{\sqrt{10}} = 0.0021\mu\text{m}$$

A.4.1.2 在线激光测厚仪分辨力引入的不确定度分量 u_{12}

在线激光测厚仪分辨力为 0.01 μm ，设为均匀分布，则由测厚仪分辨力引入的标准不确定度：

$$u_{12} = \frac{0.1}{2 \times \sqrt{3}} = 0.003\mu\text{m}$$

则由在线激光测厚仪引入的标准不确定度分量：

$$u_1 = \sqrt{u_{11}^2 + u_{12}^2} = 0.0037\mu\text{m}$$

A.4.2 环境温度偏离 20 $^{\circ}\text{C}$ 引入的不确定度分量 u_2

校准时，环境温度可控制在 (20 \pm 2) $^{\circ}\text{C}$ ，温度区间半宽 2 $^{\circ}\text{C}$ ，设为均匀分布，即 $k = \sqrt{3}$ ，装夹激光测厚仪的 C 型架通常使用大理石制作，大理石的热膨胀系数为 6 $\times 10^{-6}\text{C}^{-1}$ ，该设备上激光测微仪的固定距离 L 为 30mm。

$$u_2 = L \cdot a \cdot \Delta t = 30000 \times 6 \times 10^{-6} \times 2 / \sqrt{3} = 0.208\mu\text{m}$$

A.4.3 标准厚度块受温度偏差引入的测量不确定度 u_3

钢制标准厚度块的热膨胀系数为 11.5 $\times 10^{-6}\text{C}^{-1}$ ，标准厚度块中心长度为 200 μm 。

$$u_3 = L \cdot a \cdot \Delta t = 200 \times 11.5 \times 10^{-6} \times 2 / \sqrt{3} = 0.0027\mu\text{m}$$

A.4.4 标准厚度块中心长度引入的不确定度分量 u_4

标准厚度块中心长度引入的不确定度主要来源于标准厚度块的厚度校准结果不确定度，依据校准证书 $U=0.2\mu\text{m}$ ， $k=2$ 。

$$u_4 = \frac{0.2}{2} = 0.1\mu\text{m}$$

A.5 标准不确定度一览表

表 A.1 标准不确定度一览表

| 标准不确定度分量 u_i | 标准不确定度/ μm |
|----------------|-----------------------|
| u_1 | 0.0037 |
| u_2 | 0.208 |
| u_3 | 0.0027 |
| u_4 | 0.1 |

A.6 合成标准不确定度

$$u_c = \sqrt{u_1^2 + u_2^2 + u_3^2 + u_4^2} = \sqrt{0.0037^2 + 0.208^2 + 0.0027^2 + 0.1^2} \approx 0.231\mu\text{m}$$

A.7 扩展不确定度

取包含因子 $k=2$ ，则扩展不确定度为：

$$U = k \times u_c = 2 \times 0.231\mu\text{m} = 0.5\mu\text{m}$$

附录 B

校准记录参考格式

| 委托方名称 | | | | | | | | | |
|--------------|------------|---------|--|--|------|--|------------|-------------|------------|
| 委托方地址 | | | | | | | | | |
| 仪器名称 | | | | | | | | | |
| 制造厂 | | | | | | | | | |
| 型号规格 | | | | | 仪器编号 | | | | |
| 环境温度 | | ℃ | | | 相对湿度 | | %RH | | |
| 校准依据 | | | | | | | | | |
| 标准器 | | | | | | | | | |
| 示值误差与示值重复性校准 | | | | | | | | | |
| 位置 | 标准值 /μm | 仪器示值/μm | | | | | 平均值 /μm | 示值误 差/μm | 重复性 /μm |
| 1 | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| 2 | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| 3 | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |

| | | | | | | | | | |
|---------------------------|--|--|--|------|--|--|--|--|--|
| 4 | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| 5 | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| 示值误差校准结果的扩展不确定度 ($k=2$) | | | | | | | | | |
| 备注 | | | | | | | | | |
| 校准员 | | | | 核验员 | | | | | |
| 校准日期 | | | | 证书编号 | | | | | |

附录 C

校准证书 (内页) 参考格式

示值误差校准结果:

| 位置 | 标准值/ μm | 平均值/ μm | 示值误差/ μm | 重复性/ μm | $U/\mu\text{m}$, ($k=2$) |
|----|--------------------|--------------------|---------------------|--------------------|-----------------------------|
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |

