



中华人民共和国国家计量技术规范

JJF XXXX-XXXX

亚表面结构标准样板校准规范

Calibration Specification for

Areal Subsurface Texture Standard Artefacts

(征求意见稿)

XXXX-XX-XX 发布

XXXX-XX-XX 实施

国家市场监督管理总局 发布

亚表面结构标准 样板校准规范

JJFXXXX-XXXX

Calibration Specification for
Subsurface Texture Standard Artefacts

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

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：

目 录

引 言

1 范围..... 1

2 引用文件..... 1

3 术语和计量单位..... 1

4 概述..... 2

5 计量特性..... 2

6 校准条件..... 2

7 校准项目和校准方法..... 3

7.1 校准前准备..... 3

7.2 校准位置选取..... 3

7.3 校准过程..... 4

7.4 校准数据处理..... 4

8 校准结果表达..... 5

9 复校时间间隔..... 5

附录 A 测量不确定度评定示例 6

附录 B 原始记录格式 8

附录 C 校准证书内页格式 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》、JJF 1059.1—2012《测量不确定度评定与表示》共同构成支撑本规范编制工作的基础性系列规范。

本规范为首次发布。

亚表面结构标准样板自编校准规范

1 范围

本规范适用于亚表面结构标准样板的校准，校准范围为 $SSIM_{dx}$ (-130~0) μm 。

2 引用文件

本规范引用了下列文件：

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

JJF 1071-2010 国家计量校准规范编写规则

GB/T 33523.2-2017 产品几何技术规范（GPS） 表面结构 区域法 第2部分：术语

ISO 25178-600 产品几何技术规范（GPS） 表面结构 区域法 第600部分：表面层析测量方法的计量特性

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 术语和计量单位

下列术语和定义适用于本规范。

3.1 标准样板

亚表面结构标准样板 subsurface texture standard artefact

表面下百微米量级区域内具有特定结构的标准样板。

3.2 校准参数

3.2.1 亚表面结构深度 maximum subsurface localization depth

$SSIM_{dx}$

垂直于参考面所测量的参考面与亚表面结构底部两点间距离。

3.2.2 亚表面结构顶部深度 minimum subsurface localization depth

$SSIM_{dn}$

垂直于参考面所测量的参考面与亚表面结构顶部两点间距离。

3.2.2 亚表面结构底面深度 subsurface bottom depth

$SSIM_{sx}$

亚表面结构底部平面与参考面的垂直距离。

3.2.3 亚表面结构顶面深度 subsurface top depth

$SSIM_{sn}$

亚表面结构顶部平面与参考面的垂直距离。

3.2.5 亚表面结构高度 height of subsurface structure

$SSIM_h$

亚表面结构底部平面与顶部平面的垂直距离。

4 概述

亚表面结构标准样板（以下简称样板）是实现基准量值向下传递和光学显微镜工作计量器具校准的标准计量器具，样板结构中的材料 A 使用透光材料，材料 B 使用高反射率材料，如图 1 所示。

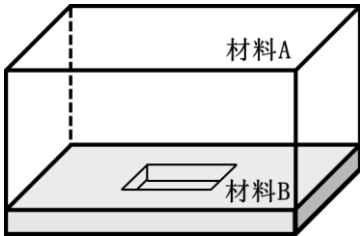


图 1 亚表面结构标准样板示意图

5 计量特性

亚表面结构标准样板有关参数如图 2 所示。

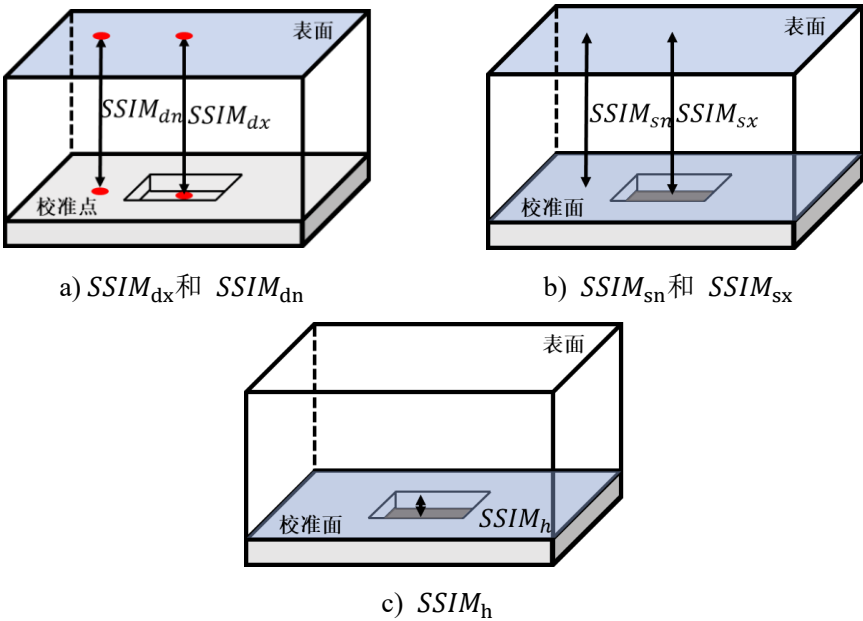


图 2 亚表面结构参数示意图

6 校准条件

6.1 环境条件

- 温度：（20±1）℃；
- 温度变化：≤0.2℃/h；
- 相对湿度：不超过 65%。

6.2 测量标准及其他设备

校准样板所使用的设备为区域法表面与亚表面结构几何参数基准装置，其特性指

标见表 1。

表 1 区域法表面与亚表面结构几何参数基准装置计量特性

项目	技术指标
测量范围	$SSIM_{dx} (-130\sim 0)\mu m$
量值复现不确定度	$U=4.8nm-1.17\times 10^{-2} SSIM_{dx}, k=2$

7 校准项目和校准方法

7.1 校准前准备

亚表面结构标准样板放置恒温实验室恒温不少于 4 小时，区域法表面与亚表面结构几何参数基准装置在测量前开机预热不少于 1 小时。

7.2 校准位置选取

选取具有亚表面结构的样板位置进行校准，测量数据分布示意如图 3 所示。测量 $SSIM_{dx}$ 、 $SSIM_{dn}$ 等参数时，于亚表面结构底部平面与顶部平面均匀选取不少于 4 个测量数据点；测量 $SSIM_{sx}$ 、 $SSIM_{sn}$ 等参数时，于表面结构底部平面与顶部平面框选均匀平整部分作为测量数据区域。

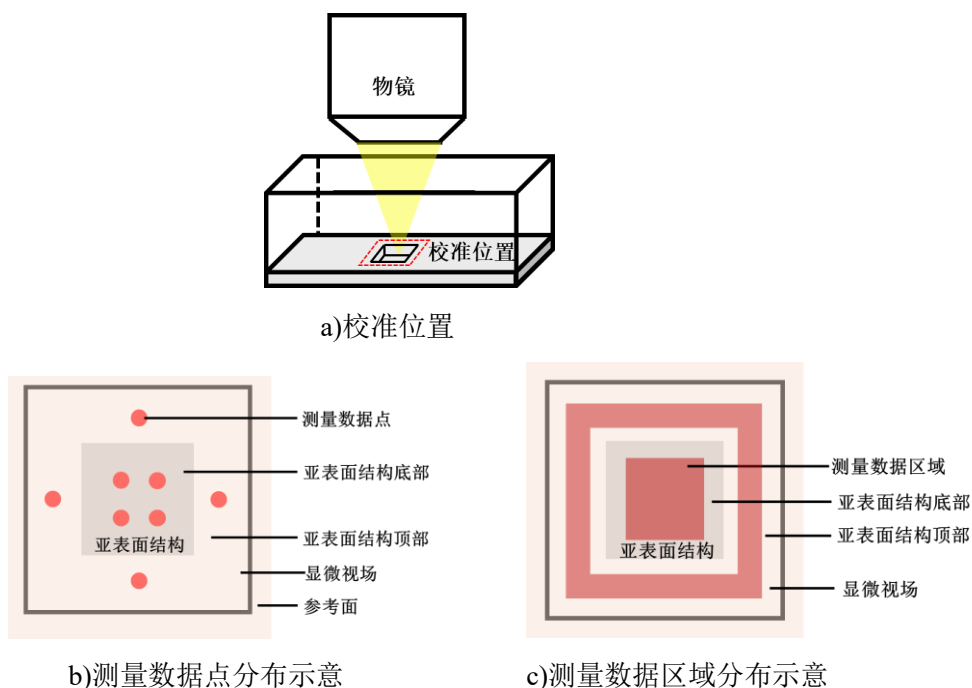


图 3 校准位置及测量数据分布示意图

7.3 校准过程

用基准装置对样板亚表面结构深度校准过程如下：

a) 将样板放置在基准装置载物台上，通过位移台调整载物台高度，使得样板亚表面结构能够在视场上清晰成像；

b) 调整样板位置，使得样板亚表面结构方向与显微视场边界垂直或平行后，从亚表面结构开始进行层析扫描至样品表面；

c) 获取样板亚表面结构数据后选取多个测量数据点进行校准数据处理，记录测量结果并填写原始记录表格（见附录 B）。

7.4 校准数据处理

1) 亚表面结构深度计算公式如下：

$$\overline{SSIM}_{dx} = \frac{\sum_{i=1}^n SSIM_{dxi}}{n} \quad (1)$$

式中：

\overline{SSIM}_{dx} —— 多个测量数据点的平均值；

$SSIM_{dxi}$ —— 第 i 个测量数据点测量结果；

n —— 测量次数。

2) 亚表面结构顶部深度计算公式如下：

$$\overline{SSIM}_{dn} = \frac{\sum_{i=1}^n SSIM_{dni}}{n} \quad (2)$$

式中：

\overline{SSIM}_{dn} —— 多个测量数据点的平均值；

$SSIM_{dni}$ —— 第 i 个测量数据点测量结果；

n —— 测量次数。

3) 亚表面结构底面深度计算公式如下：

$$\overline{SSIM}_{sx} = \frac{\int_0^S SSIM_{sx} dS}{S} \quad (3)$$

式中：

S —— 参与计算的区域面积大小；

\overline{SSIM}_{sx} —— 多个测量数据点的平均值；

$SSIM_{sx}$ —— 测量数据点测量结果；

4) 亚表面结构顶面深度计算公式如下：

$$\overline{SSIM}_{sn} = \frac{\int_0^S SSIM_{sn} dS}{S} \quad (4)$$

式中：

S ——参与计算的区域面积大小；

\overline{SSIM}_{dn} ——多个测量数据点的平均值；

$SSIM_{sn}$ ——测量数据点测量结果；

5) 亚表面结构高度计算公式如下：

$$SSIM_h = \overline{SSIM}_{sn} - \overline{SSIM}_{sx} \quad (5)$$

式中：

$SSIM_h$ ——亚表面结构高度；

\overline{SSIM}_{sn} ——亚表面结构底面深度；

\overline{SSIM}_{sx} ——亚表面结构顶面深度；

8 校准结果表达

校准设备对样板进行校准后，对标准样板出具校准证书，校准证书内容见附录 C，并提供校准结果的测量不确定度。校准证书包括信息应符合 JJF 1071 的要求。测量不确定度评定方法见附录 A。

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。

建议复校时间间隔为 1 年。

附录 A

测量不确定度评定示例

A.1 测量方法及测量对象

用基准装置测量表面结构标准样板和亚表面结构标准样板。

A.2 测量模型

$$D = \bar{x} + \delta(D_1) - \delta(D_2) - \delta(D_3) - \delta(D_4) - \delta(D_5) \quad (\text{A.1})$$

式中：

D ——标准样板 x 的测得值；

\bar{x} ——多次测量的平均值；

$\delta(D_1)$ ——样板均匀性的影响；

$\delta(D_2)$ ——仪器测量重复性的影响；

$\delta(D_3)$ ——仪器系统噪声的影响；

$\delta(D_4)$ ——仪器设备引入的其他影响。

表 2 不确定度来源及说明

序号	不确定度来源	说 明
1	样板均匀性	样板自身不均匀性及测量过程中受仪器和外部因素影响
2	测量重复性	同一位置多次重复测量值标准偏差
3	装置系统噪声	受仪器光学系统、电学系统等自身因素影响，无法检测或显示出小于其分辨力的变化或差异的影响
4	仪器设备其他影响	仪器中关键设备如计量系统受环境变化、安装过程中定位误差等因素影响

A.3 合成标准不确定度

考虑到各输入量彼此独立，其合成标准不确定度为：

$$u^2(D) = u^2(D_1) + u^2(D_2) + u^2(D_3) + u^2(D_4) \quad (\text{A.2})$$

其中：

$u(D_1)$ ——样板均匀性引入的标准不确定度分量；

$u(D_2)$ ——测量重复性引入的标准不确定度分量；

$u(D_3)$ ——仪器系统噪声引入的标准不确定度分量；

$u(D_4)$ ——仪器设备引入的其他标准不确定度分量；

A.4 校准不确定度评定示例

本示例中采用的校准样板为 $SSIM_{dx} = 46.2\mu\text{m}$ 的亚表面结构标准样板。

A. 4. 1 校准区域内样板均匀性引入的不确定度分量

均匀选取测量样板有效区域 4 个不同的测量位置，以 4 次测量值标准偏差作为样板均匀性引入的不确定度分量。

$$u(D_1) = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^n (X_j - \bar{X})^2}{n-1}} = 0.26\mu\text{m} \quad (\text{A. 3})$$

X_i ——第*i*次测量位置的测得值；

\bar{X} ——多个测量位置测得值平均值；

N ——测量位置数，本示例中 $N = 10$ 。

A. 4. 2 测量重复性引入的不确定度分量

在不改变测量条件的情况下，对被测样板相同位置进行连续重复测量（测量 10 次）后计算标准偏差：

$$u(D_2) = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^n (x_j - \bar{x})^2}{n-1}} = 0.11\mu\text{m} \quad (\text{A. 4})$$

x_j ——相同位置第*j*次测得值；

\bar{x} ——相同位置第*j*次测得值平均值；

n ——重复测量次数，本示例中 $n = 10$ 。

A. 4. 3 仪器噪声引入的不确定度分量

测量并计算装置噪声，按照矩形分布来评估，因此仪器噪声引入的标准不确定度分量为：

$$u(D_3) = \frac{a}{\sqrt{3}} = 2.32\text{nm} \quad (\text{A. 5})$$

A. 4. 4 仪器设备引入的其他标准不确定度分量

经计算，仪器计量系统与安装误差引入的合成不确定度分量如下：

$$u(D_4) = \sqrt{0.94^2 + 0.90^2} = 0.26\mu\text{m} \quad (\text{A. 6})$$

A. 5 合成不确定度

由各分量的标准不确定度，可以计算得合成不确定度为：

$$u(D) = \sqrt{c_1^2 u^2(D_1) + c_2^2 u^2(D_2) + c_3^2 u^2(D_3)} = 0.28\mu\text{m} \quad (\text{A. 7})$$

A. 6 扩展不确定度

$$U = k \times u(D) = 0.56\mu\text{m} \quad (k = 2) \quad (\text{A. 8})$$

附录 B

原始记录格式

表面结构标准样板 *Sa* 原始数据记录表如 B.1 所示。

表 B.1 *Sa* 原始数据记录表

样板编号：		
校准值/nm		
1	2	3
4	5	6
平均值/nm		标准差/nm
$U(k = 2)/\text{nm}$		

附录 C

校准证书内页格式

校准证书的内容应排列有序、清晰，至少应包括下列内容：

标题：校准证书；

校准实验室名称及地址；

证书编号、页码及总页数；

委托方的名称及地址；

被校准样板名称；

被校准样板的生产厂、型号规格及编号；

校准地点及日期；

校准人员姓名、签名，主管人员职务、姓名及签名；

环境温度、湿度情况；

校准结果：校准后的三维表面结构标准样板，填发校准证书；

测量结果的不确定度；

复校时间间隔的建议。

中华人民共和国
国家计量技术规范
XXXXXXXXXX 校准规范
JJFXXXX—XXXX
国家市场监督管理总局发布