



# 北京市地方计量技术规范

JJF (京) XXXX-XXXX

## 体视显微镜校准规范

Calibration Specification for Stereomicroscope

(征求意见稿)

XXXX-XX-XX 发布

XXXX-XX-XX 实施

北京市市场监督管理局 发布

# 体视显微镜校准规范

Calibration Specification for  
Stereomicroscope

JJF(京) XX-XXXX

归口单位：北京市市场监督管理局

主要起草单位：北京市计量检测科学研究院

本规范委托 XXXXXXXX 负责解释

# 目 录

引言 .....	(III)
1 范围 .....	(1)
2 引用文件 .....	(1)
3 概述 .....	(1)
4 计量性能 .....	(1)
5 校准条件 .....	(2)
6 校准项目和校准方法 .....	(3)
7 校准结果表达 .....	(5)
8 复校时间间隔 .....	(6)
附录 A 物镜放大倍数误差测量结果不确定度评定示例 .....	(7)
附录 B 尺寸示值误差测量结果不确定度评定示例 .....	(10)
附录 C 角度示值误差测量结果不确定度评定示例 .....	(13)
附录 D 校准记录格式(推荐) .....	(15)
附录 E 校准证书内页格式(推荐) .....	(17)

## 引 言

本规范依据 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》的规定而制定，参考了 JJF 1402-2013《生物显微镜校准规范》、JJF 1914-2021《金相显微镜校准规范》、GB/T 19864.1-2013《体视显微镜 第1部分：普及型体视显微镜》、GB/T 19864.2-2013《体视显微镜 第2部分：高性能体视显微镜》和 GB/T 19863-2005《体视显微镜试验方法》的相关内容。

本规范为首次发布。

# 体视显微镜校准规范

## 1 范围

本规范适用于体视显微镜及带有图像接收和软件分析系统的体视显微镜的校准。

## 2 引用文件

JJF 1402-2013 《生物显微镜校准规范》

JJF 1914-2021 《金相显微镜校准规范》

GB/T 19864.1-2013 《体视显微镜 第1部分：普及型体视显微镜》

GB/T 19864.2-2013 《体视显微镜 第2部分：高性能体视显微镜》

GB/T 19863-2005 《体视显微镜试验方法》

凡是注日期的引用文件，仅注日期的版本适用本规程；凡是不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本规程。

## 3 概述

体视显微镜是通过光学系统将微小物体所成的像放大后，由双目显微镜中两组同样的成像光路，获得具有立体感觉的清晰图像，用于观察物体的表面形貌及组织结构。根据体视显微镜观察物体的方式，可以分为目镜观察式和图像观察式体视显微镜。对于目镜观察式体视显微镜，目镜带有分划尺的，可以利用分划尺的刻度测量物体的几何尺寸。对于图像观察式体视显微镜，可以利用电脑软件测量物体的几何尺寸。根据体视显微镜放大倍数的调节方式，可以分为连续变倍式和有级变倍式体视显微镜。



图1 目镜观察式体视显微镜

1-目镜 2-变倍手轮 3-物镜 4-载物台 5-调焦手轮 6-光源



图2 图像观察式体视显微镜

1-目镜 2-电脑 3-物镜 4-载物台 5-摄像系统 6-变倍手轮 7-调焦手轮

## 4 计量性能

### 4.1 显微镜物镜放大倍数误差

显微镜物镜放大倍数误差一般不超过 $\pm 5\%$ 。

### 4.2 双目显微镜左右两系统放大倍数差

双目显微镜左右两系统放大倍数差一般不超过 $2\%$ 。

### 4.3 尺寸示值误差

尺寸示值误差一般不超过 $\pm 10\mu\text{m}$ 。

### 4.4 角度示值误差

角度示值误差一般不超过 $0.2^\circ$ 。

注：以上计量特性要求仅供参考，不作为判定依据。

## 5 校准条件

### 5.1 环境条件

5.1.1 环境温度： $(15\sim 25)^\circ\text{C}$ 。

5.1.2 相对湿度： $\leq 85\%$ 。

5.1.3 其他：校准前被校准仪器和校准用标准器在室内连续平衡温度不小于 $2\text{h}$ 。校准室内应无影响测量的灰尘、振动、气流和腐蚀性气体。

## 5.2 校准用标准器及相应设备

表 1 校准项目及校准用标准器

序号	校准项目	校准用标准器及计量特性
1	显微镜物镜放大倍数误差	10×十字分划目镜：分度值为 0.1mm，任意两分划线间的最大允许误差一般不超过±5μm； 标准玻璃线纹尺：分度值 1mm，MPE：±2μm； 标准玻璃线纹尺：分度值 0.1mm，MPE：±2μm； 标准玻璃线纹尺：分度值 0.01mm，MPE：±2μm； 倍率计：分度值 0.1mm，MPE：±10μm
2	双目显微镜左右两系统放大倍数差	10×十字分划目镜：分度值为 0.1mm，任意两分划线间的最大允许误差一般不超过±5μm； 标准玻璃线纹尺：分度值 1mm，MPE：±2μm； 标准玻璃线纹尺：分度值 0.1mm，MPE：±2μm； 标准玻璃线纹尺：分度值 0.01mm，MPE：±2μm； 倍率计：分度值 0.1mm，MPE：±10μm
3	尺寸示值误差	标准玻璃线纹尺：分度值 1mm，MPE：±2μm； 标准玻璃线纹尺：分度值 0.1mm，MPE：±2μm； 标准玻璃线纹尺：分度值 0.01mm，MPE：±2μm
4	角度示值误差	角度块：二级

## 6 校准项目和校准方法

校准前，对仪器的外观、各部分相互作用及光学系统进行检查，各移动、转动部位应灵活，无过松过紧及滞涩急跳现象，视场内应照明均匀、成像清晰，无影响测量的霉斑、阴影、色差、场曲等因素。显微镜调焦机构应运行平稳，不应有由于本身或附件装置的质量自行下降的现象。

图像观察式体视显微镜其显示屏视场内应洁净、亮度均匀，无影响观察的阴影、斑点、反射光斑等因素。用目镜观察与用显示屏观察的图像应同步，方位基本一致。

连续变倍式体视显微镜通过旋转变倍手轮改变放大倍数时，变倍手轮上的指示刻线应于显微镜上的固定刻线对齐，不能有可见的间隙。

根据体视显微镜的放大倍数选择相应分度值的标准玻璃线纹尺校准。

## 6.1 显微镜物镜放大倍数误差

对于目镜可以拆卸的体视显微镜，使用 10×十字分划目镜和标准玻璃线纹尺测量。首先将显微镜目镜视度调节至零位置，将标准玻璃线纹尺置于被测显微镜的载物台上，调节物镜的像面距离，使标准玻璃尺在目镜分划尺上成清晰像，取下显微镜目镜，装上 10×十

字分划目镜，在该目镜分划尺上读得标准玻璃线纹尺所用的间距像的示值，依据公式（1）计算物镜放大倍数。

$$\beta_{\text{物}} = \frac{Y'}{Y} \quad (1)$$

式中：

$\beta_{\text{物}}$  ——物镜放大倍数；

$Y$  ——标准玻璃线纹尺所用间距，mm；

$Y'$  ——目镜分划尺上读得标准玻璃线纹尺所用间隔像的实际值，mm。

物镜放大倍数误差以实测放大倍数与名义放大倍数只差的相对误差确定，计算过程见公式（2）。

$$\Delta\beta = \frac{\beta_{\text{物}} - \beta_{\text{标准}}}{\beta_{\text{标准}}} \times 100\% = \frac{\Delta L}{L_0} \times 100\% = \frac{L_i - L_0}{L_0} \times 100\% \quad (2)$$

式中：

$\Delta\beta$  ——物镜放大倍数误差；

$\beta_{\text{物}}$  ——物镜放大倍数实测值；

$\beta_{\text{标准}}$  ——物镜放大倍数标准值；

$\Delta L$  ——目镜分划尺刻线与标准玻璃线纹尺像的相应刻线不重合的偏差值，mm；

$L_i$  ——标准玻璃线纹尺所用间距的像在目镜分划尺的实际长度，mm；

$L_0$  ——标准玻璃线纹尺所用间距的像在目镜分划尺的标称长度，mm。

对于目镜不可拆卸的体视显微镜，使用倍率计和标准玻璃线纹尺测量。

## 6.2 双目显微镜左右两系统放大倍数差

按照 6.1 的步骤，对左右两个观察系统的放大倍数分别进行测量，依据公式（1）计算得到两观察系统放大倍数，其差值的绝对值即为校准结果。

## 6.3 尺寸示值误差

尺寸示值误差应该分别在不同物镜放大倍率下进行，图像观察式体视显微镜应先在测量软件中选择与被测物镜放大倍数对应的定标系数。

### 6.3.1 目镜观察式体视显微镜尺寸示值误差

根据物镜的不同放大倍数，在工作台上放置分度值 1mm 或 0.1mm 的标准玻璃线纹尺，



调焦至目镜视场清晰, 移动工作台, 调整标准玻璃线纹尺的刻线方向与目镜标尺刻线平行, 将目镜中标尺的左端零刻线对准标准玻璃线纹尺的零刻线, 观察目镜中标尺上被测点的刻线与标准玻璃线纹尺的对应刻线的一致性, 在目镜标尺上估读出误差值  $\Delta L$ , 按照公式 (3) 计算目镜观察式体视显微镜尺寸示值误差。

$$\Delta L = L_i - L_0 \quad (3)$$

式中:

$\Delta L$  —— 测量点的尺寸示值误差, mm;

$L_i$  —— 分划尺的读数值, mm;

$L_0$  —— 对应测量点的标准玻璃线纹尺的实际尺寸, mm。

显微镜的尺寸示值误差测量需要在目镜标尺全长范围内均匀分布的 3 点进行, 取最大误差值作为校准结果。

### 6.3.2 图像观察式体视显微镜尺寸示值误差

将标准玻璃线纹尺放置于载物台上, 调整焦距和影像系统, 使标准玻璃线纹尺刻线成像清晰, 用线到线的距离测量程序测量显示屏上被测刻线相对于显示屏左端首条刻线的距离, 在显示屏范围内均匀测量不少于 3 个位置点。按照公式 (3) 计算图像观察式体视显微镜尺寸示值误差, 取最大误差值作为校准结果。

### 6.4 角度示值误差

角度示值误差只针对于具有软件测量角度功能的图像观察式体视显微镜。将角度块放置于载物台上, 调节焦距和成像系统, 使角度块成像清晰, 用线到线的角度测量程序测量显示屏上角度块的夹角, 按照公式 (4) 计算图像观察式体视显微镜角度示值误差。

$$\Delta \alpha = \alpha_i - \alpha_0 \quad (4)$$

式中:

$\Delta \alpha$  —— 测量点的角度示值误差, °;

$\alpha_i$  —— 测量点的角度读数值, °;

$\alpha_0$  —— 对应测量点的标准角度块实际角度, °。

测量 3 次, 取三次平均值作为该校准点的角度示值误差。

## 7 校准结果表达

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（如果与实验室的地址不同）；
- 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) 客户的名称和地址；
- 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) 对校准规范偏离的说明；
- n) 校准证书签发人的签名、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

建议复校时间间隔一般不超过一年。复校时间间隔的长短是由仪器的使用情况、使用者、仪器本身质量等因素决定，送校单位也可根据实际使用情况自主决定复校时间间隔。如果仪器经维修、更换重要部件或对仪器性能有怀疑时，应重新校准。

## 附录 A

## 物镜放大倍数误差测量结果不确定度评定示例

## A.1 测量方法

用标准玻璃线纹尺和 10×十字分划目镜组合测量，以目镜分划尺刻线与标准玻璃尺像的相应刻线不重合的偏差值与标准玻璃线纹尺所用间距的像对应目镜分划尺标准长度的比值，作为显微镜物镜放大倍数误差。下面以 1×物镜放大倍数测量为例进行评定，所用 10×十字分划目镜内的刻线范围为 10mm，标准玻璃线纹尺的刻度范围为 10mm。

## A.2 测量模型

体视显微镜物镜放大倍数误差的计算公式为

$$\Delta\beta = \frac{\Delta L}{L_0} \times 100\% = \frac{L_i - L_0}{L_0} \times 100\% = \left(\frac{L_i}{L_0} - 1\right) \times 100\% \quad (\text{A.1})$$

式中：

$\Delta\beta$ ——物镜放大倍数误差；

$\Delta L$ ——目镜分划尺刻线与标准玻璃线纹尺像的相应刻线不重合的偏差值，mm；

$L_i$ ——标准玻璃线纹尺所用间距的像在目镜分划尺的实际长度，mm；

$L_0$ ——标准玻璃线纹尺所用间距的像在目镜分划尺的标称长度，mm。

## A.3 方差和灵敏系数

由公式 (A.1) 得：

$$u_{rel}^2(\Delta\beta) = u_{rel}^2(L_i) + u_{rel}^2(L_0) \quad (\text{A.2})$$

## A.4 标准不确定度一览表

表 A.1 标准不确定度一览表

$u(x_i)$	不确定度来源	标准不确定度值	概率分布	$c_i$	$ c_i u_{rel}(x_i)$
$u(L_0)$	目镜分划尺刻划误差	0.00029	均匀分布	-1	0.00029
$u(L_i)$	测量读数不准	0.00579	均匀分布	+1	0.00579
$u(L_{i1})$	标准玻璃线纹尺示值误差	0.00029	均匀分布		
$u(L_{i2})$	瞄准误差的影响	0.00043	均匀分布		
$u(L_{i3})$	估读误差的影响	0.00577	均匀分布		

## A.5 标准不确定度评定

### A.5.1 目镜分划尺刻线误差引入的标准不确定度 $u_{rel}(L_0)$

用目镜分划尺测量时，其引入的不确定度主要由两分划刻线间的最大允许误差决定，所用目镜分划尺任意两分划线间的最大允许误差 MPE 为  $\pm 0.005\text{mm}$ ，所用刻度范围  $10\text{mm}$  时，按均匀分布，其相对标准不确定度为

$$u_{rel}(L_0) = \frac{|MPE|}{10 \times \sqrt{3}} = \frac{0.005}{10 \times \sqrt{3}} = 0.00029$$

### A.5.2 测量读数不准引入的标准不确定度 $u_{rel}(L_i)$

该项不确定度分量包含标准玻璃线纹尺引入的标准不确定度、测量时对零瞄准的影响和相应被测刻线测量时的估读误差三项。

#### A.5.2.1 标准玻璃线纹尺引入的标准不确定度 $u_{rel}(L_{i1})$

所用标准玻璃线纹尺刻线的最大允许误差 MPE 为  $\pm 0.002\text{mm}$ ，按均匀分布，所用刻度范围  $10\text{mm}$ ，其相对标准不确定度为

$$u_{rel}(L_{i1}) = \frac{|MPE|}{10 \times \sqrt{3}} = \frac{0.002}{10 \times \sqrt{3}} = 0.00015$$

#### A.5.2.2 对零瞄准影响引入的标准不确定度 $u_{rel}(L_{i2})$

对零瞄准时采用单线瞄准，估计其瞄准精度  $\phi = 60''$ ，对于  $1\times$  物镜和  $10\times$  的目镜，其整体放大倍率  $K=10$ ，其瞄准误差为

$$\delta = \frac{250\phi}{\rho K} = \frac{250 \times 60}{2 \times 10^5 \times 10} = 0.0075 \quad \text{mm}$$

按均匀分布，所用刻度范围  $10\text{mm}$  时，其相对标准不确定度为

$$u_{rel}(L_{i2}) = u_{rel}(\delta) = \frac{\delta}{10 \times \sqrt{3}} = \frac{0.0075}{10 \times \sqrt{3}} = 0.00043$$

#### A.5.2.3 测量相应被测刻线时估读误差影响引入的标准不确定度 $u_{rel}(L_{i3})$

相应刻线间隔点测量时，采用观察标准刻线与被测刻线的符合程度确定刻线间隔误差，当存在不符合情况时，需要读出被测刻线与标准刻线的间隔量作为刻线间隔误差，读数时采用估读的方式，其估读误差为  $10\times$  十字分划目镜刻线分度的  $1/10$ ，即  $1\text{mm}$  的  $1/10$ ， $A=0.1\text{mm}$ ，按均匀分布，所用刻度范围  $10\text{mm}$  时，其相对应的不确定度为

$$u_{rel}(L_{i3}) = u_{rel}(A) = \frac{A}{10 \times \sqrt{3}} = \frac{0.1}{10 \times \sqrt{3}} = 0.00577$$

## A. 5. 2. 4 三项合并

$$u_{rel}(L_i) = \sqrt{u_{rel}^2(L_{i1}) + u_{rel}^2(L_{i2}) + u_{rel}^2(L_{i3})} = \sqrt{0.00015^2 + 0.00043^2 + 0.00577^2} = 0.00579$$

## A. 6 合成不确定度

$$u_{rel}(\Delta\beta) = \sqrt{u_{rel}^2(L_0) + u_{rel}^2(L_i)} = \sqrt{0.00029^2 + 0.00579^2} = 0.0058$$

## A. 7 扩展不确定度

按照  $k=2$ , 则

$$U_{rel} = k \times u_{crel} = 2 \times 0.0058 = 0.0116 = 1.2\%$$

## 附录 B

## 尺寸示值误差测量结果不确定度评定示例

## B.1 测量方法

将标准玻璃线纹尺放置在体视显微镜载物台上，调焦至成像清晰，并细微调整标准玻璃线纹尺位置，使测量线纹段成像于目镜视野或影像屏幕的中间合适位置，利用目镜读数或者利用仪器测量软件采集测量，测出对应刻线像之间的距离，计算出尺寸示值误差。

使用测量软件时，应注意在测量软件中选择与被测物镜放大倍数对应的定标系数。

## B.2 测量模型

体视显微镜尺寸示值误差的计算公式为

$$\Delta L = L_i - L_0 \quad (\text{B.1})$$

式中：

$\Delta L$ ——测量点的尺寸示值误差，mm；

$L_i$ ——测量点的读数值，mm；

$L_0$ ——对应测量点的标准玻璃线纹尺的实际尺寸，mm。

## B.3 方差和灵敏系数

依据测量模型，输入量  $L_i$  和  $L_0$  之间是相互独立的，互不相关，所以合成标准不确定度的计算公式为：

$$u_c(\Delta L) = \sqrt{c_1^2 u^2(L_i) + c_2^2 u^2(L_0)}$$

$$\text{式中： } c_1 = \frac{\partial(\Delta L)}{\partial L_i} = 1, \quad c_2 = \frac{\partial(\Delta L)}{\partial L_0} = -1$$

$$\text{故： } u_c(\Delta L) = \sqrt{u^2(L_i) + u^2(L_0)} \quad (\text{B.2})$$

## B.4 标准不确定度分量评定

B.4.1 由标准线纹尺实际尺寸引入的不确定度分量  $u(L_0)$ 

标准玻璃线纹尺 MPE:  $\pm 2\mu\text{m}$ ，半宽  $a=2\mu\text{m}$ ，按照均匀分布，包含因子  $k = \sqrt{3}$ ，可得

$$u_{L_0} = \frac{a}{k} = \frac{2\mu\text{m}}{\sqrt{3}} = 1.15 \mu\text{m}$$

B.4.2 由测量重复性引入的不确定度分量  $u(L_i)$ 

选用一台体视显微镜，调整好位置后，重复测量对应刻线尺寸 10 次，得到测量数据

见表 B.1

表 B.1 测量数据

测量次数	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
测量结果/mm	10.002	10.005	10.002	10.005	10.002	10.005	10.002	10.005	10.002	10.002

$$s_x = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{n-1}} = 0.0015 \text{ mm}$$

实际测量时，取三次读数的平均值作为测量结果，则

$$u_{L_i} = \frac{s_x}{\sqrt{n}} = \frac{0.0015 \text{ mm}}{\sqrt{3}} = 0.00087 \text{ mm} = 0.87 \mu\text{m}$$

#### B.4.3 分辨力引入的标准不确定度 $u(F_d)$

在目镜观察的测量条件下，分辨力一般为仪器分度值  $d$  的  $1/10$ ，即  $0.1d$ 。

$$u(F_d) = \frac{0.1d}{2\sqrt{3}} \quad (\text{B.4})$$

仪器分度值  $d$  按照公式下式计算：

$$d = \frac{m}{k'} \quad (\text{B.5})$$

式中：

$m$  ——目镜分划尺标称分度值，一般为  $0.1\text{mm}$ ；

$k'$  ——物镜的标称放大倍率。

对于目镜分划尺标称分度值  $0.1\text{mm}$ ，物镜标称放大倍数为  $1$  倍的体视显微镜

$$d = \frac{m}{k'} = \frac{0.1 \text{ mm}}{1} = 0.1 \text{ mm}$$

$$u(F_d) = \frac{0.1d}{2\sqrt{3}} = \frac{0.1 \times 0.1 \text{ mm}}{2\sqrt{3}} = 0.00289 \text{ mm} = 2.89 \mu\text{m}$$

注：对于目镜观察式的体视显微镜，将测量重复性引入的分量与分辨力引入的分量进行比较，取两者中的较大值作为该分量的最终结果。对于使用测量软件进行测量的体视显微镜，一般不需要考虑。

#### B.5 合成标准不确定度

使用测量软件进行测量的体视显微镜，物镜放大倍数为  $1$  倍、目镜放大倍数为  $10$  倍测量  $10\text{mm}$  尺寸的示值误差时

$$u_c(\Delta L) = \sqrt{u^2(L_i) + u^2(L_0)} = \sqrt{1.15^2 + 0.87^2} \mu\text{m} = 1.4 \mu\text{m}$$

**B.6 扩展不确定度**

取包含因子  $k=2$ ，则扩展不确定度为：

$$U = ku_c = 2.8 \mu\text{m}$$



## 附录 C

## 角度示值误差测量结果不确定度评定示例

## C.1 测量方法

角度示值误差只针对于具有软件测量角度功能的图像观察式体视显微镜。将标准角度块放置在体视显微镜载物台上，调焦至成像清晰，并细微调整角度块位置，使角度块成像影像屏幕的中间合适位置，用线到线的角度测量程序测量显示屏上角度块的夹角，计算出示值误差。

使用测量软件时，应注意在测量软件中选择与被测物镜放大倍数对应的定标系数。

## C.2 测量模型

体视显微镜角度示值误差的计算公式为

$$\Delta\alpha = \alpha_i - \alpha_0 \quad (\text{C.1})$$

式中：

$\Delta\alpha$  —— 测量点的角度示值误差，°；

$\alpha_i$  —— 测量点的角度读数值，°；

$\alpha_0$  —— 对应测量点的标准角度块实际角度，°。

## C.3 方差和灵敏系数

依据测量模型，输入量  $L_i$  和  $L_0$  之间是相互独立的，互不相关，所以合成标准不确定度的计算公式为：

$$u_c(\Delta\alpha) = \sqrt{c_1^2 u^2(\alpha_i) + c_2^2 u^2(\alpha_0)}$$

$$\text{式中： } c_1 = \frac{\partial(\Delta\alpha)}{\partial L_i} = 1, \quad c_2 = \frac{\partial(\Delta\alpha)}{\partial L_0} = -1$$

$$\text{故： } u_c(\Delta\alpha) = \sqrt{u^2(\alpha_i) + u^2(\alpha_0)} \quad (\text{C.2})$$

## C.4 标准不确定度分量评定

C.4.1 由标准角度块实际角度引入的不确定度分量  $u(\alpha_0)$ 

2 级标准角度块工作角测量不确定度  $U=10''$ ， $k=2$  则

$$u_{\alpha_0} = \frac{U}{k} = \frac{10''}{2} = 5'' = 0.0014^\circ$$

C.4.2 由测量重复性引入的不确定度分量  $u(\alpha_i)$

选用一台体视显微镜，调整好位置后，重复测量对应角度 10 次，得到测量数据见表

C.1

表 C.1 测量数据

测量次数	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
测量结果/°	90.01	90.01	90.01	90.03	90.03	90.03	90.05	90.05	90.05	90.05

$$s_x = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{n-1}} = 0.0175^\circ$$

实际测量时，取三次读数的平均值作为测量结果，则

$$u_{Li} = \frac{s_x}{\sqrt{n}} = \frac{0.0175^\circ}{\sqrt{3}} = 0.0101^\circ$$

### C.5 合成标准不确定度

使用测量软件进行测量的体视显微镜，尺寸的示值误差时

$$u_c(\Delta\alpha) = \sqrt{u^2(\alpha_i) + u^2(\alpha_0)} = \sqrt{0.0014^2 + 0.0101^2}^\circ = 0.0102^\circ$$

### C.6 扩展不确定度

取包含因子  $k=2$ ，则扩展不确定度为：

$$U = ku_c = 0.02^\circ$$

## 附录 D

## 校准记录格式（推荐）

记录编号:		委托单位:			
仪器名称:		型号:			
制造厂:		出厂编号:			
环境温度:	相对湿度:	检定日期:			
检定依据:					
检定使用的标准器:					
名称	测量范围	不确定度/准确度等级/ 最大允许误差	设备编号	检定/校准 证书编号	有效期至

## 一、 显微镜物镜放大倍数误差

物镜放大倍数 标称值 (×)	标准玻璃线纹尺所 用间距 (mm)	目镜分划尺上读数 值 (mm)	物镜放大倍数实测 值 (×)	物镜放大倍数误差 (%)

## 二、 双目显微镜左右两系统放大倍数差 (%)

## 三、 尺寸示值误差

物镜放大倍数 标称值 (×)	标准值 (mm)	测量值 (mm)			示值误差 ( $\mu\text{m}$ )	不确定度 ( $k=2$ )
		位置 1	位置 2	位置 3		

## 四、 角度示值误差

物镜放大倍 数标称值 ( $\times$ )	标准值( $^{\circ}$ )	测量值( $^{\circ}$ )			平均值 ( $^{\circ}$ )	示值误差 ( $^{\circ}$ )	不确定度 ( $k=2$ )
		1	2	3			

## 附录 E

## 校准证书内页格式（推荐）

## 1. 显微镜物镜放大倍数误差：

物镜放大倍数标称值 ( $\times$ )	测量值 ( $\times$ )	相对示值误差 (%)	扩展不确定 ( $k=2$ )

## 2. 双目显微镜左右两系统放大倍数差：

## 3. 尺寸示值误差：

物镜放大倍数标称值 ( $\times$ )	标准值 (mm)	测量值 (mm)	示值误差 ( $\mu\text{m}$ )	扩展不确定 ( $k=2$ )

## 4. 角度示值误差：

物镜放大倍数标称值 ( $\times$ )	标准值 ( $^{\circ}$ )	测量值 ( $^{\circ}$ )	示值误差 ( $^{\circ}$ )	扩展不确定 ( $k=2$ )