



# 江苏省地方计量技术规范

JJF（苏）269—2024

## 工业内窥镜校准规范

Calibration Specification for Industrial Endoscopes

2024-09-26 发布

2024-12-01 实施

江苏省市场监督管理局 发布

# 工业内窥镜校准规范

Calibration Specification for Industrial  
Endoscopes

JJF(苏)269 — 2024

本规范经江苏省市场监督管理局于 2024 年 09 月 26 日批准，并自 2024 年 12 月 01 日起施行。

归口单位：江苏省市场监督管理局

主要起草单位：无锡市计量测试院

江苏省计量科学研究院

本规范委托江苏省光学计量专业技术委员会负责解释

本规范主要起草人：

王树刚（无锡市计量测试院）

张 帆（江苏省计量科学研究院）

李 惠（无锡市计量测试院）

本规范参与起草人：

王 知（无锡市计量测试院）

刘渊伟（无锡市计量测试院）

# 目 录

引言 .....	1
1 范围 .....	1
2 引用文件 .....	1
3 术语和计量单位 .....	1
3.1 视场角 field of view angle .....	1
3.2 视轴 axis of view .....	1
4 概述 .....	2
5 计量特性 .....	2
5.1 视场角 .....	2
5.2 分辨力 .....	2
5.3 探头照度 .....	2
5.4 测长示值误差 .....	2
6 校准条件 .....	3
6.1 环境条件 .....	3
6.2 测量标准器及设备 .....	3
7 校准项目和校准方法 .....	3
7.1 视场角 .....	3
7.2 分辨力 .....	4
7.3 探头照度 .....	4
7.4 测长示值误差 .....	4
8 校准结果表达 .....	5
9 复校时间间隔 .....	5
附录 A .....	6
附录 B .....	7
附录 C .....	8
附录 D .....	9
附录 E .....	11
附录 F .....	14
附录 G .....	16

# 引 言

本规范是针对工业内窥镜校准的计量技术法规。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》、JJF1071-2010《国家计量校准规范编写规则》共同构成支撑本校准规范修订工作的基础性系列规范。

本规范为首次发布。

# 工业内窥镜校准规范

## 1 范围

本规范适用于工业内窥镜的校准。

## 2 引用文件

本规范引用了下列文件：

GB/T 13962-2009 光学仪器术语

JB/T 11130-2011 工业内窥镜

JB/T9328-1999 分辨力板

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。

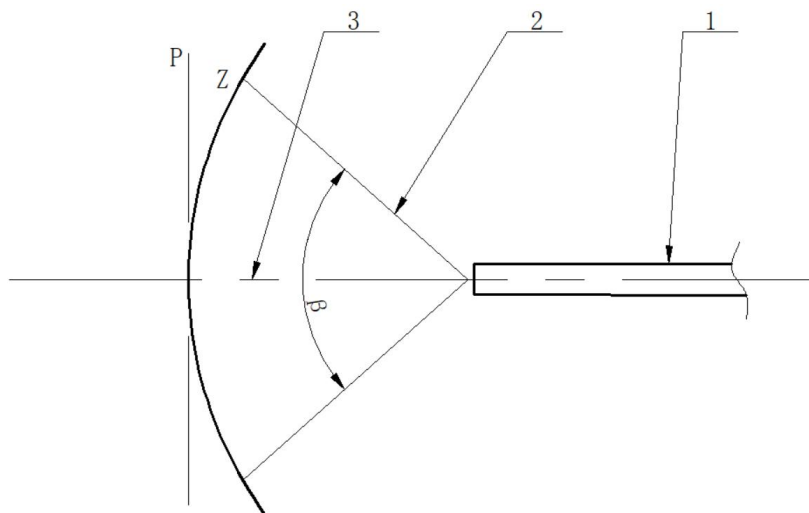
## 3 术语和计量单位

### 3.1 视场角 field of view angle

内窥镜能观察到的最边缘点的主光线与视轴夹角的 2 倍，见图 1 中的  $\beta$ ，用度（°）表示。

### 3.2 视轴 axis of view

内窥镜探头中心与物方视场中心的连线，见图 1。

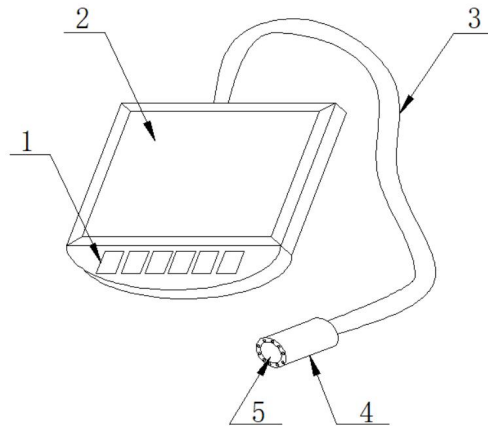


1—内窥镜探头；2—最边缘点主光线；3—视轴；P—垂直于视轴的参考平面；Z—最边缘点

图 1 工业内窥镜工作视场模型

## 4 概述

工业内窥镜是通过成像技术将被测物体成像在光敏面上，将光信号转换成电信号，由视频处理器处理还原后在终端上显示，用于观察不能直视到的部位。主要用于汽车、航空发动机、管道、机械零件等的无损检测。



1—控制区，2—显示终端，3—主（软）管，4—探头，5—镜头成像系统

图 2 工业内窥镜示意图

## 5 计量特性

### 5.1 视场角

不小于  $30^\circ$ ；

### 5.2 分辨力

不小于  $5\text{lp/mm}$ ；

### 5.3 探头照度

不小于  $2000\text{lx}$ ；

### 5.4 测长示值误差

依据用户要求。

注：

- 1、计量特性 5.4，仅针对有测量功能的工业内窥镜；
- 2、校准工作不判断合格与否，上述计量特性要求仅供参考。

## 6 校准条件

### 6.1 环境条件

环境温度：(20±5)℃；

相对湿度：≤80%；

建议在暗室内进行校准。

其他：周围无影响校准工作正常进行的电磁干扰及机械振动。

### 6.2 测量标准器及设备

表 1 测量标准器及设备

测量标准器及设备	技术指标
视场角测标	详见附录 A
钢卷尺	(0~5) m, I 级
A <sub>1</sub> 型分辨力板	(1 ~100) lp/mm
照度计	测量范围不小于 3000lx, 一级
测长刻线板	详见附录 B

## 7 校准项目和校准方法

### 7.1 视场角

将视场角测标与工业内窥镜安装在光具座（详见附录 C），将内窥镜照明调至最亮状态，调整光具座使视场角测标分划环与视场同心并垂直于视轴（如图 3），移动内窥镜探头，使测标分划环直径  $D$  外圆边与内窥镜视场光栏圆周重合，用钢卷尺测出物镜探头端面至标靶的距离  $L$ ，根据式（1）计算视场角 $\beta$ 。

$$\beta = 2\omega = 2\arctan \left( \frac{D}{2L} \right) \text{-----} (1)$$

$D$ ---分划环直径，mm

$L$ ---物镜探头端面至标靶的距离，mm



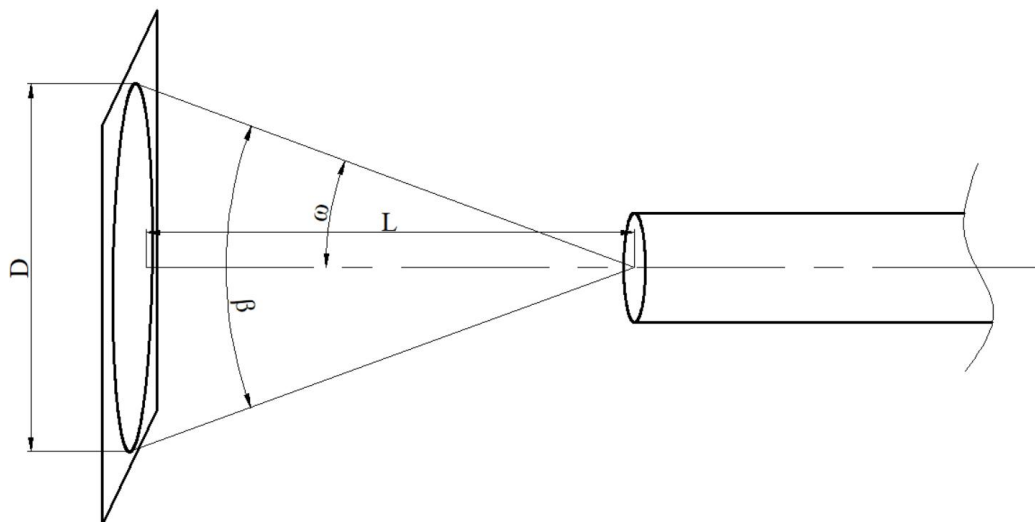


图3 视场角测量原理

## 7.2 分辨力

将工业内窥镜与 A<sub>1</sub> 分辨力板安装在光具座（详见附录 C），将内窥镜照明调至最亮状态，调整内窥镜探头与分辨力板满足说明书规定的工作距离并垂直于视轴后固定，通过显示器观察视场中心，以分辨清楚分辨力板同一组中四个方向的条纹为分辨力数值，以 lp/mm 为单位。

## 7.3 探头照度

将工业内窥镜与照度计置于光具座（详见附录 C），将内窥镜照明调至最亮状态，调整光具座，使内窥镜探头与照度计距离为 10mm，视轴穿过照度计探测区域中心并保证照明光充满照度计探头，待照度计指示值稳定后，记录读数，取 3 次测量的平均值作为照度的校准结果，并记录校准时环境光照度。

## 7.4 测长示值误差

将测长刻线板（详见附录 B）置于工作台面，选择合适刻线，调整工业内窥镜探头，使测长刻线板刻线在工业内窥镜显示终端中显示清晰，利用测量功能，测量刻线宽度，重复测量 3 次，记录数据，三次测量结果的算术平均值 $\bar{x}$ 与测长刻线板对应刻线宽度  $X$  的差值，即为测长示值误差 $\delta$ ，按下式计算：

$$\delta = \bar{x} - X$$

$\delta$ —测长示值误差，mm；

$\bar{x}$ —刻线宽度测量结果的平均值，mm；

$X$ —对应刻线板刻线实际宽度，mm。

## 8 校准结果表达

经校准的工业内窥镜出具校准证书，校准证书内容及内页格式应符合 JJF1071-2010 中 5.12 的要求，详见附录 E。

## 9 复校时间间隔

复校时间间隔是由仪器的使用情况、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。

建议复校时间间隔一般为12个月。

## 附录 A

### 视场角测标技术要求和校准方法

#### A.1 技术要求

推荐视场角测标的技术要求如表A.1 所示,可使用边长大于120mm的白色哑光材料制作。

表 A.1 视场角测标技术要求

名称	范围	最大允许误差
直径	$\phi (10\sim 100) \text{ mm}$	$\leq 0.1 \text{ mm}$

#### A.2 校准方法

视场角测标(如图 A.1)设置 10mm, 20mm, 50mm, 100mm 四个直径分划环,直径用影像仪直接测量,取外圆直径作为测量结果,在每个分划圆外圆上均匀取不少于 8 个点,测量三次,取三次测量的平均值作为测量结果。此项测量允许采用满足测量精度要求的其他方法。

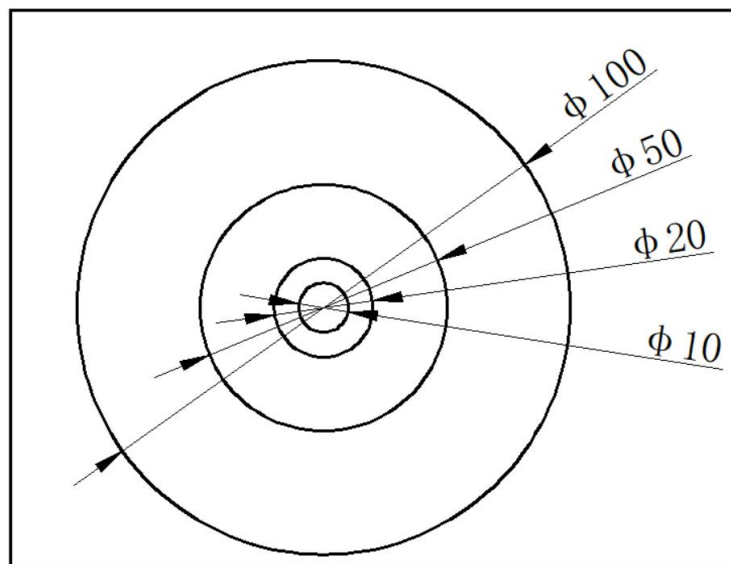


图 A.1 视场角测标示意图

## 附录 B

### 测长刻线板技术要求和校准方法

#### B.1 技术要求

推荐视场角测标刻线的技术要求如表B.1 所示，可使用玻璃或石英材料制作。

表 B.1 测长刻线板技术要求

名称	技术要求
线宽	$\leq \pm 3 \mu\text{m}$
刻线直线度	$\leq 2 \mu\text{m}$
刻线平行度	$\leq 2 \mu\text{m}$

#### B.2 校准方法

测长刻线板（如图 B.1）设置 0.5mm，1mm，3mm，5mm 四个刻线，线宽、刻线直线度、刻线平行度均用影像仪直接测量，刻线每一边均匀取不少于 8 个点，测量三次，取三次测量的平均值作为测量结果。此项测量允许采用满足测量精度要求的其他方法。

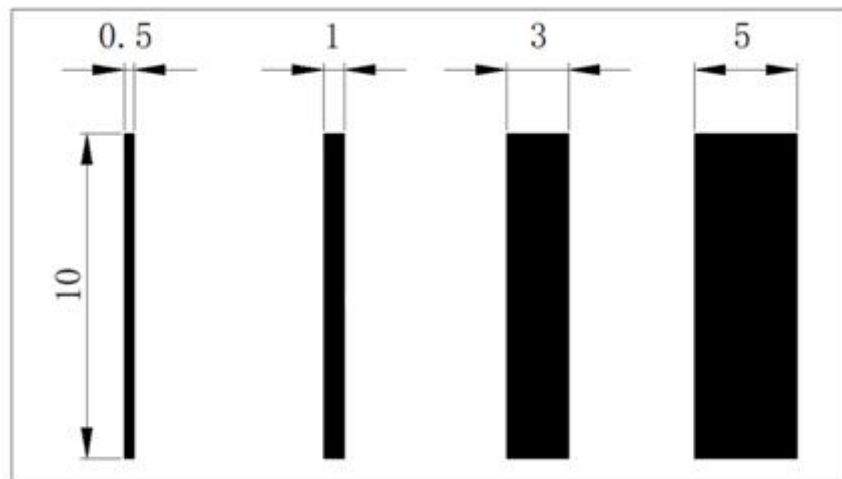
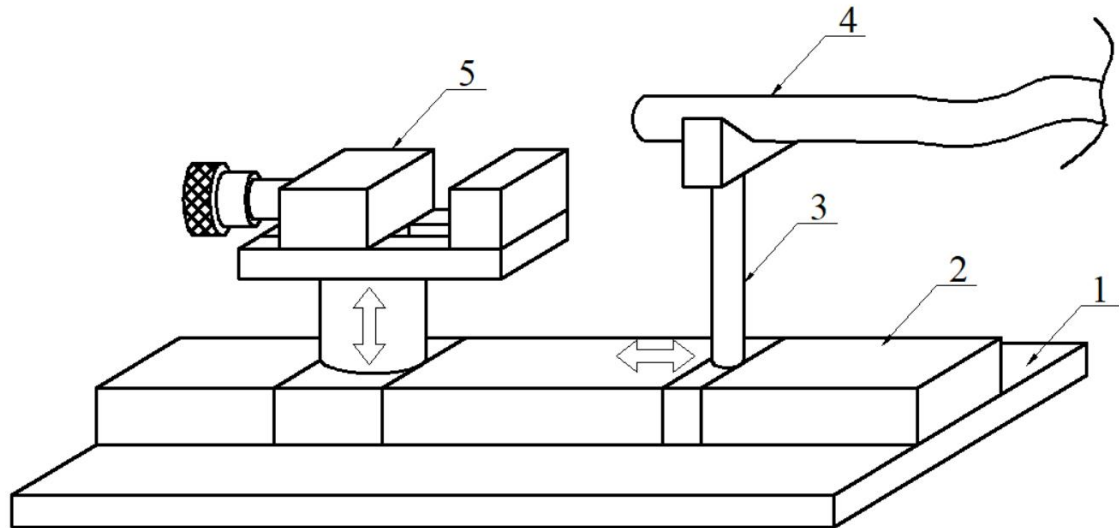


图 B.1 测长刻线板示意图

## 附录 C

## 光具座



1—底板；2—导轨；3—内窥镜探头固定装置；4—内窥镜探头；5—标准器夹持装置

工业内窥镜光具座由底板、导轨、内窥镜探头固定装置、标准器夹持装置组成，其中内窥镜探头固定装置能够实现沿导轨左右移动，能够调整内窥镜探头与标准器的距离；标准器夹持装置应考虑到规范中所提到标准器通用装夹，并有高度调节功能，方便测量时调整高度，保证视轴按要求对准标准器。此装置仅为示例，能够达到校准效果的其他校准装置均可使用。

## 附录 D

## 照度测量不确定度评定示例

## D.1 测量方法

将工业内窥镜与照度计置于光具座，将内窥镜照明调至最亮状态，调整光具座，使内窥镜物镜探头与照度计距离为 10mm，视轴穿过照度计探测区域中心并保证照明光充满照度计探头，待照度计指示值稳定后，记录读数，取 3 次测量的平均值作为照度的校准结果

## D.2 测量模型

$$\Delta E = \bar{E}$$

式中： $\Delta E$ ---内窥镜照度示值误差，lx

$\bar{E}$ ---内窥镜照度平均值，lx

## D.3 不确定度传播率

考虑各分量彼此独立，依据公式  $u_c^2(y) = \sum \left[ \frac{\partial f}{\partial \beta} \right]^2 u^2(x_i)$

$$\text{得： } u_c^2 = u^2(\Delta E) = C_1^2 u^2(E) + C_2^2 u^2(E)$$

$$\text{式中： } C_1 = \frac{\partial \Delta E}{\partial E} = 1,$$

$$C_2 = \frac{\partial \Delta E}{\partial E} = -1,$$

## D.4 标准不确定度分量计算

D.4.1 工业内窥镜照度测量重复性引入的标准不确定度分量  $u_1$ 

对工业内窥镜照度测量 10 次。10 次照度测量值分别为 (lx)：  
2796、2758、2766、2793、2785、2772、2784、2789、2791、2783。

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{10} (x_i - \bar{x})^2}{n-1}} = 12.4 \text{ lx}$$

因测量取 3 次测量平均值为测量结果

则：

$$u_1 = \frac{s}{\sqrt{3}} = 8 \text{ lx}$$

D.4.2 由照度计误差引入的标准不确定度分量 $u_2$ 

以照度为 2800lx 工业内窥镜为例，一级照度计相对示值误差为 $\pm 4\%$ ，则照度计最大误差为 $\pm 112\text{lx}$ ，符合均匀分布

则：

$$u_2 = \frac{112}{\sqrt{3}} = 64\text{lx}$$

D.4.3 由安装误差引入的标准不确定度分量 $u_3$ 

经过多次测量，观察多次安装后测量结果最大相差 100lx，符合均匀分布

则：

$$u_3 = \frac{100}{\sqrt{3}} = 58\text{lx}$$

## D.5 合成不确定度

## D.5.1 主要标准不确定度汇总

标准不确定度分量	不确定度来源	标准不确定度
$u_1$	测量重复性	8lx
$u_2$	照度计误差	64lx
$u_3$	安装误差	58lx

## D.5.2 合成标准不确定度计算

$$u_c = \sqrt{u_1^2 + u_2^2 + u_3^2} = 87\text{lx}$$

## D.6 扩展不确定度

取包含因子  $k=2$ ，则：

$$U = ku_c = 174\text{lx}$$

则相对不确定度

$$U_{\text{rel}} = \frac{174}{2800} = 7\%$$

## 附录 E

## 视场角示值测量不确定度评定示例

## E.1 测量方法

将视场角测标与工业内窥镜安装在光具座，将内窥镜照明调至最亮状态，调整光具座使视场角测标分划环与视场同心并垂直于视轴，移动内窥镜物镜探头，使测标分划环直径  $D$  外圆边与内窥镜视场光栏圆周重合，用钢卷尺测出物镜探头端面至标靶的距离  $L$ ，根据 D.2 测量模型计算视场角  $\beta$ 。

## E.2 测量模型

$$\beta = 2\arctan\left(\frac{D}{2L}\right)$$

式中：  $\beta$ ---视场角， $^{\circ}$

$D$ ---分划环直径，mm

$L$ ---物镜探头端面至标靶的距离，mm、

## E.3 不确定度传播率

考虑各分量彼此独立，依据公式  $u_c^2(y) = \sum \left[ \frac{\partial f}{\partial x_i} \right]^2 u^2(x_i)$

$$\text{得： } u_c^2 = u^2(\beta) = C_1^2 u^2(D) + C_2^2 u^2(L)$$

$$\text{式中： } C_1 = \frac{\partial \beta}{\partial D} = \frac{1}{(L + \frac{D^2}{4L})}$$

$$C_2 = \frac{\partial \beta}{\partial L} = \frac{-D}{L^2 + \frac{D^2}{4}}$$

## E.4 标准不确定度分量计算

以视场角为  $90^{\circ}$  工业内窥镜，测量时光学工作距为 10mm 为例

E.4.1 标准器引入的标准不确定度分量  $u(D)$ E.4.1.1 测标分划环直径引入的标准不确定度分量  $u_1$ 

分划环直径 MPE:  $\pm 0.1\text{mm}$ ，假设其符合均匀分布，则，

$$u_1 = \frac{0.1}{\sqrt{3}} = 0.06\text{mm}$$



E.4.1.2 由光栏对线目视误差引入的不确定度分量 $u_2$ 

光栏对线目视误差一般不超过为 $\pm 2\text{mm}$ ，假设其符合均匀分布，则：

$$u_2 = \frac{2}{\sqrt{3}} = 1.2\text{mm}$$

E.4.1.3 计算标准不确定度分量 $u(D)$ 

由于假设工业视场内窥镜视场角为 $90^\circ$ ，工作距离为 $10\text{mm}$ ，则

$$C_1 = \frac{1}{\left(L + \frac{D^2}{4L}\right)} = 0.05 \text{ mm}^{-1}$$

$$u(D) = \sqrt{u_1^2 + u_2^2} \times \frac{180}{\pi} = 69^\circ/\text{mm}$$

E.4.2 物镜探头端面至标靶的距离偏差引入的标准不确定度分量 $u(L)$ E.4.2.1 物镜探头端面至标靶的距离定位偏差引入的标准不确定度分量 $u_3$ 

由于使用一级钢卷尺测量物镜探头端面至标靶的距离定位偏差则最大允许为 $\pm 0.1\text{mm}$ ，假设符合均匀分布，则，

$$u_3 = \frac{0.1}{\sqrt{3}} = 0.06\text{mm}$$

E.4.2.2 物镜探头端面至标靶的距离测量重复性引入的标准不确定度分量 $u_4$ 

对物镜探头端面至标靶的距离重复测量 10 次，分别为：

10.1, 10.2, 9.9, 10.1, 10.0, 10.1, 10.1, 10.0, 10.1, 9.9 根据贝塞尔公式计算其标准不确定度，则：

$$u_4 = s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{10} (x_i - \bar{x})^2}{n-1}} = 0.09 \text{ mm}$$

E.4.2.3 计算标准不确定度分量  $u(L)$ 

$$C_2 = \frac{-D}{L^2 + \frac{D^2}{4}} = -0.1\text{mm}$$

$$u(L) = \sqrt{u_3^2 + u_4^2} \times \frac{180^\circ}{\pi} = 6.2^\circ/\text{mm}$$

## E.5 合成不确定度

## E.5.1 主要标准不确定度汇总

标准不确定度分量	不确定度来源	标准不确定度
$u(D)$	标准器引入的标准不确定分量	$69^\circ$
$u(L)$	光学工作距偏差引入的标准不确定分量	$6.2^\circ$

## E.5.2 合成标准不确定度计算

$$u_c = \sqrt{C_1^2 u(D)^2 + C_2^2 u(L)^2} = 3.5^\circ$$

## E.6 扩展不确定度

取包含因子  $k=2$ ，则：

$$U = k u_c = 7^\circ$$

## 附录 F

## 测长示值误差测量不确定度评定示例

## F.1 测量方法

将测长刻线板（详见附录 B）置于工作台面，选择合适刻线，调整工业内窥镜探头，使测长刻线板刻线在工业内窥镜显示终端中显示清晰，利用测量功能，测量刻线宽度，重复测量 3 次，记录数据，三次测量结果的算术平均值  $\bar{x}$  与测长刻线板对应刻线宽度  $X$  的差值，即为测长示值误差  $\delta$ 。

## F.2 测量模型

$$\delta = \bar{x} - X$$

式中： $\delta$ —测长示值误差，mm；

$\bar{x}$ —刻线宽度测量结果的平均值，mm；

$X$ —对应刻线板刻线实际宽度，mm。

## F.3 不确定度传播率

考虑各分量彼此独立，依据公式  $u_c^2(y) = \sum \left[ \frac{\partial f}{\partial x_i} \right]^2 u^2(x_i)$  得：

$$u_c^2 = u^2(\delta) = C_1^2 u^2(\bar{x}) + C_2^2 u^2(X)$$

$$\text{式中：} \quad C_1 = \frac{\partial \delta}{\partial \bar{x}} = 1, C_2 = \frac{\partial \delta}{\partial X} = -1$$

## F.4 标准不确定度分量计算

F4.1 由重复性引入的标准不确定度分量  $u_1$ 

选用测长刻线板中 1mm 刻线，调整工业内窥镜使成像清晰后，测量 10 次，结果如下：1.003, 1.004, 1.006, 1.004, 1.006, 1.003, 1.005, 1.002, 1.005, 1.004，根据贝塞尔公式计算其标准不确定度，则：

$$u_4 = s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{10} (x_i - \bar{x})^2}{n-1}} = 0.0014 \text{ mm} = 1.4 \text{ } \mu\text{m}$$

F4.2 由标准器引入的标准不确定度分量 $u_2$ 

选用测长刻线板中 1mm 刻线，其宽度最大允许误差为 $\pm 3 \mu\text{m}$ ，假设符合均匀分布，则

$$u_2 = \frac{3 \mu\text{m}}{\sqrt{3}} = 0.6 \mu\text{m}$$

## F.5 合成不确定度

## F.5.1 主要标准不确定度汇总

标准不确定度分量	不确定度来源	标准不确定度
$u_1$	重复性	1.4 $\mu\text{m}$
$u_2$	测长刻线板线宽误差	0.6 $\mu\text{m}$

## F.5.2 合成不确定度计算

$$u_c = \sqrt{u_1^2 + u_2^2} = 1.5 \mu\text{m}$$

## F.6 扩展不确定度

取包含因子， $k=2$ ，则

$$U = k \times u_c = 2 \times 1.5 = 3 \mu\text{m}$$

## 附录 G

### 校准证书内页信息与格式

校准证书至少包括以下信息：

- a. 标题：“校准证书”；
- b. 实验室名称和地址；
- c. 进行校准的地点；
- d. 证书或报告的唯一性标识（如编号），每页及总页的标识；
- e. 客户的名称和地址；
- f. 被校对象的描述和明确标识；
- g. 进行校准日期，如果与校准结果的有效性应用有关时，每页及总页的标识；
- h. 如果与校准结果的有效性应用有关时，应对抽样程序进行说明；
- i. 对校准所依据的技术规范的标识，包括名称和代号；
- j. 本次校准所用计量标准的溯源性及有效性说明；
- k. 校准环境的描述；
- l. 校准结果及测量不确定度的说明；
- m. 对校准规范的偏离的说明；
- n. 校准证书或校准报告签发人的签名、职务或等效标识；
- 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，不得部分复制证书的声明。

推荐的校准证书内页格式见表 F. 1。

F. 1 校准证书内页格式

校准环境条件	温度：℃ 相对湿度：_%	校准地点： 其他：
序号	校准项目	校准结果
1	视场角	
2	分辨力	
3	探头照度	
4	测长示值误差	
测量结果不确定度：		

江苏省地方计量技术规范

**工业内窥镜校准规范**

JJF(苏)269—2024

江苏省市场监督管理局发布

\*

江苏省计量协会印刷

**版权所有不得翻印**

\*

开本 880 mm×1230 mm 16 开本

2024 年 12 月 印刷