

# 中华人民共和国国家计量技术规范

JJF 1093—2015

## 投影仪校准规范

Calibration Specification for Projectors

2015-12-07 发布

2016-06-07 实施

国家质量监督检验检疫总局 发布



中华人民共和国  
国家计量技术规范  
投影仪校准规范

JJF 1093—2015

国家质量监督检验检疫总局发布

\*

中国质检出版社出版发行  
北京市朝阳区和平里西街甲2号(100029)  
北京市西城区三里河北街16号(100045)

网址 [www.spc.net.cn](http://www.spc.net.cn)

总编室:(010)68533533 发行中心:(010)51780238

读者服务部:(010)68523946

中国标准出版社秦皇岛印刷厂印刷  
各地新华书店经销

\*

开本 880×1230 1/16 印张 1.25 字数 23 千字  
2016年3月第一版 2016年3月第一次印刷

\*

书号: 155026·J-3106 定价 21.00 元

如有印装差错 由本社发行中心调换  
版权专有 侵权必究  
举报电话:(010)68510107

**投影仪校准规范**  
**Calibration Specification for Projectors**

**JJF 1093—2015**  
**代替 JJF 1093—2002**

**归口单位：全国几何量工程参量计量技术委员会**

**主要起草单位：陕西省计量科学研究院**

**工业和信息化部电子第五研究所**

**本规范起草人：**

常 青（陕西省计量科学研究院）

张 辉（陕西省计量科学研究院）

张晓芬（工业和信息化部电子第五研究所）

# 目 录

引言 .....	( II )
1 范围 .....	( 1 )
2 引用文件 .....	( 1 )
3 概述 .....	( 1 )
4 计量特性 .....	( 1 )
4.1 工作台纵、横（垂）向移动的直线度 .....	( 1 )
4.2 工作台纵、横（垂）向移动的相互垂直度 .....	( 1 )
4.3 光学机械式读数装置的 0.1 mm 刻线与微米刻线的相符性 .....	( 2 )
4.4 光学机械式读数装置的物镜放大倍数误差 .....	( 2 )
4.5 读数装置的示值误差变化范围和回程误差 .....	( 2 )
4.6 数字显示器的漂移 .....	( 2 )
4.7 投影仪物镜放大倍数误差 .....	( 2 )
4.8 仪器示值误差变化范围 .....	( 2 )
4.9 回转影屏（或回转工作台）的示值误差变化范围 .....	( 3 )
5 校准条件 .....	( 3 )
5.1 环境条件 .....	( 3 )
5.2 校准项目及校准用标准器 .....	( 3 )
6 校准方法 .....	( 4 )
6.1 工作台纵、横（垂）向移动的直线度 .....	( 4 )
6.2 工作台纵、横（垂）向移动的相互垂直度 .....	( 4 )
6.3 光学机械式读数装置的 0.1 mm 刻线与微米刻线的相符性 .....	( 4 )
6.4 光学机械式读数装置的物镜放大倍数误差 .....	( 4 )
6.5 读数装置的示值误差变化范围和回程误差 .....	( 4 )
6.6 数字显示器的漂移 .....	( 5 )
6.7 投影仪物镜放大倍数误差 .....	( 5 )
6.8 仪器示值误差变化范围 .....	( 6 )
6.9 回转影屏（或回转工作台）的示值误差变化范围 .....	( 7 )
7 校准结果的处理 .....	( 7 )
8 复校时间间隔 .....	( 7 )
附录 A 投影仪示值误差变化范围的测量结果不确定度评定 .....	( 8 )
附录 B 物镜放大倍数误差的测量结果不确定度评定 .....	( 11 )
附录 C 校准证书信息及内页格式 .....	( 13 )

## 引 言

本规范的修订以 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》为基础和依据，对 JJF 1093—2002《投影仪校准规范》进行修订。与 JJF 1093—2002《投影仪校准规范》相比，除编辑性修改外主要技术变化如下：

- 投影仪的结构图中增加数字显示装置的图示（见 3）；
- 取消了按照工作台尺寸对简易型、轻型、重型的分类方式，统一为按照影屏尺寸分为小型、中型和大型（见 3）；
- 光学机械式读数装置示值误差的校准方法选择标准玻璃线纹尺作为标准，替代原来的标准量块，简化了校准方法（见 5.2 和 6.5.1）；
- 取消原规范中“影屏十字线的水平线对纵向导轨移动方向的平行度”的校准项目；
- 取消原规范中“投影物镜光轴和光源照明光轴与工作台面的垂直度”的校准项目；
- 取消原规范中“顶尖正确性”的校准项目；
- 回转影屏（或回转工作台）示值误差的计量特性要求简化为一个指标；
- 简化了物镜放大倍数校准方法中校准位置的具体要求（见 6.7）；
- 简化了仪器示值误差的校准点分布的说明，对数字显示的仪器示值误差校准进行了说明（见 6.8）。

本规范的历次版本发布情况：

- JJF 1093—2002；
- JJG 108—1982。

## 投影仪校准规范

### 1 范围

本规范适用于测量用立式、卧式投影仪的校准。

### 2 引用文件

本规范引用下列文件：

JB/T 6380 投影仪

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

投影仪是光、机、电一体化的计量仪器，利用光学放大原理，将被测物体经过光学系统放大后成像在影屏上进行观察测量，光学原理见图 1。从光源 1 发出的光束，通过聚光镜组 2 后变成平行光照亮被测物体 3，在经过物镜组 4 将其影像 5 投影到影屏 6 上，对工件进行轮廓测量或坐标测量。其主要结构型式分为立式投影仪（物镜光轴垂直于工作台面，结构型式见图 2）和卧式投影仪（物镜光轴平行于工作台面，结构型式见图 3）两种。

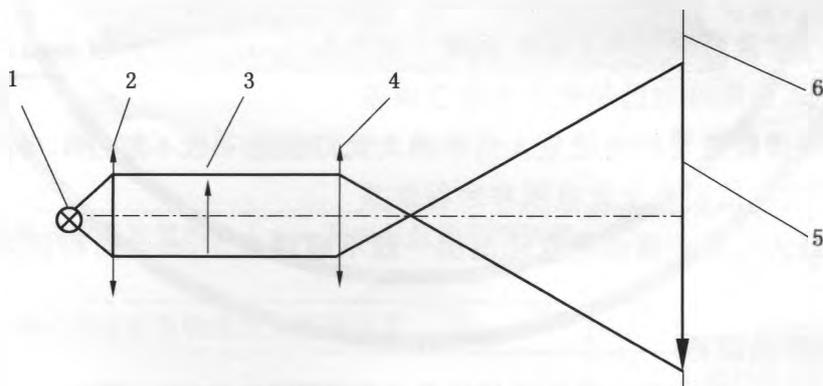


图 1 投影仪光学原理示意图

1—光源；2—聚光镜组；3—被测物；4—物镜组；5—被测物的像；6—影屏

投影仪一般根据影屏直径  $D$  大小分为小型 ( $D \leq 400 \text{ mm}$ )、中型 ( $400 \text{ mm} < D < 800 \text{ mm}$ ) 和大型 ( $D \geq 800 \text{ mm}$ ) 三类。

### 4 计量特性

#### 4.1 工作台纵、横（垂）向移动的直线度

工作台纵、横（垂）向移动的直线度误差限为  $10 \mu\text{m}$ 。

#### 4.2 工作台纵、横（垂）向移动的相互垂直度

工作台纵、横（垂）向移动的垂直度误差限见表1。

表1 工作台纵、横（垂）向导轨移动的垂直度误差限

类型	小型投影仪	中型投影仪	大型投影仪
垂直度误差限 (")	30	20	15

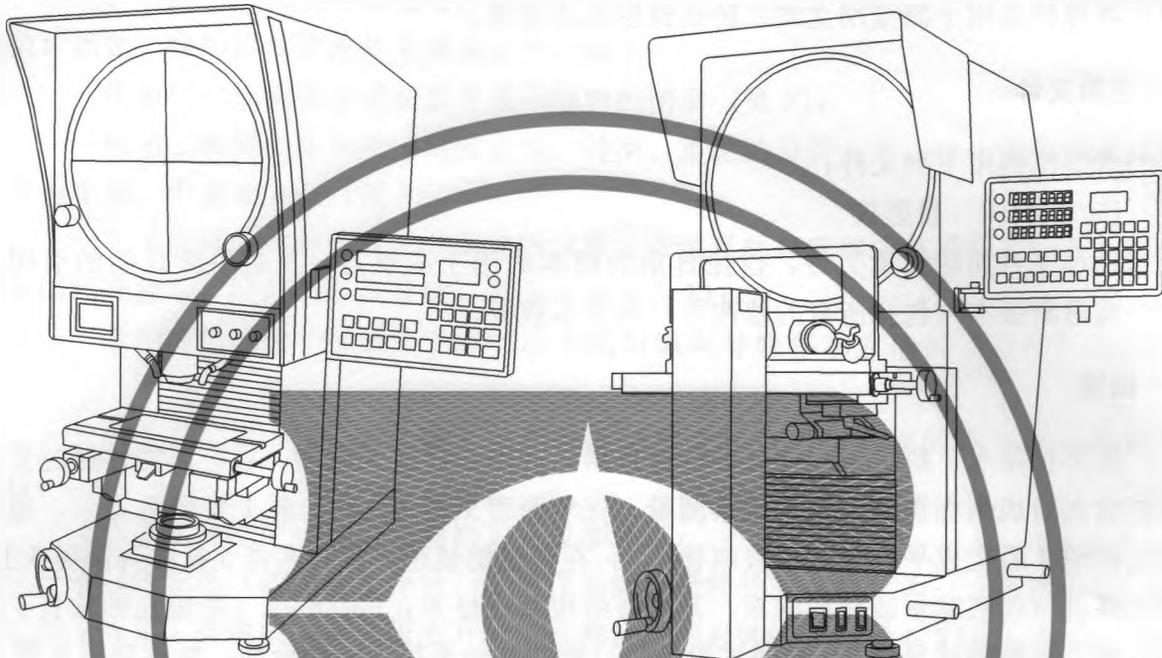


图2 立式投影仪

图3 卧式投影仪

#### 4.3 光学机械式读数装置的0.1 mm刻线与微米刻线的相符性

光学机械式读数装置的0.1 mm刻线与微米刻线的相符性一般不超过1.0 μm。

#### 4.4 光学机械式读数装置的物镜放大倍数误差

光学机械式读数装置的物镜放大倍数最大允许误差一般不超过1.0 μm。

#### 4.5 读数装置的示值误差变化范围和回程误差

读数装置最大允许示值误差变化范围一般不超过2.0 μm，回程误差限一般不超过1.0 μm。

#### 4.6 数字显示器的漂移

在1 h时间内，数字显示器的示值变化一般不超过±1个分辨力。

#### 4.7 投影仪物镜放大倍数误差

投影仪物镜放大倍数最大允许误差一般不超过表2的规定。

表2 投影仪物镜放大倍数最大允许误差

类型	小型和中型投影仪	大型投影仪
物镜放大倍数最大允许误差	±0.08%	±0.06%

#### 4.8 仪器示值误差变化范围

仪器最大允许示值误差变化范围应符合表3的规定。

表 3 仪器最大允许示值误差变化范围

投影仪类型	小型和中型投影仪	大型投影仪
最大允许示值误差变化范围	$4 \mu\text{m} + 4 \times 10^{-5} L$	$4 \mu\text{m} + 2 \times 10^{-5} L$
注：式中 $L$ 为相应测量段的长度。		

## 4.9 回转影屏（或回转工作台）的示值误差变化范围

回转影屏（或回转工作台）的示值最大允许误差变化范围一般不超过  $6'$ 。

注：校准工作不判断合格与否，上述计量特性要求仅供参考。

## 5 校准条件

## 5.1 环境条件

5.1.1 校准室内温度：大型  $(20 \pm 3)^\circ\text{C}$ ，中型、小型  $(20 \pm 5)^\circ\text{C}$ ，室温变化： $\pm 0.5^\circ\text{C}/\text{h}$ ；

5.1.2 校准室内湿度：相对湿度不超过 70%；

被校准仪器在室内平衡温度时间不少于 24 h，校准用标准器在室内平衡温度时间不少于 3 h。

## 5.2 校准项目及校准用标准器

校准项目及校准用标准器见表 4。

表 4 校准项目及校准用标准器

序号	校准项目	校准用标准器和要求
1	工作台纵、横（垂）向移动的直线度	扭簧比较仪，MPE： $\pm 0.5 \mu\text{m}$ 0 级检定直尺 0 级平面直角尺
2	工作台纵、横（垂）向移动的相互垂直度	扭簧比较仪，MPE： $\pm 0.5 \mu\text{m}$ 0 级平面直角尺 0 级刀口形直角尺
3	光学机械式读数装置的 0.1 mm 刻线与微米刻线的相符性	——
4	光学机械式读数装置物镜放大倍数误差	——
5	读数装置的示值误差变化范围和回程误差	2 等标准玻璃线纹尺， 分度值：0.01 mm
6	数字显示器的漂移	——
7	投影仪物镜放大倍数误差	2 等标准玻璃线纹尺，分度 值 1 mm，投影仪专用玻璃线纹尺， MPE： $\pm 0.03 \text{ mm}$
8	仪器示值误差变化范围	2 等标准玻璃线纹尺， 分度值：0.01 mm 和 1 mm
9	回转影屏（或回转工作台）的示值误差变化范围	0 级刀口形直角尺

注：也可采用满足测量不确定度要求的其他测量设备进行校准。

## 6 校准方法

在透射光照明下，正确调整灯丝的位置，使投影仪能够正常工作，并确认无影响测量准确度的缺陷后，再进行校准。

### 6.1 工作台纵、横（垂）向移动的直线度

直线度用检定直尺和扭簧比较仪测量。将检定直尺放置在工作台中心位置，扭簧比较仪固定在投影仪主体上，并与检定直尺垂直（或水平）工作面接触，调整检定直尺平行于工作台纵向（或横向）移动方向，移动工作台，在扭簧比较仪上读出该移动方向垂直（或水平）方向示值的最大变化量分别作为该方向的测量值。

对于卧式投影仪，垂向导轨移动的直线度用平面直角尺和扭簧比较仪测量。将直角尺立放在金属工作台中心位置，使其工作面与横向（或纵向）行程大致平行，并与固定在投影仪主体上的扭簧比较仪接触，调整直角尺，使工作面平行于垂向行程，垂向移动工作台，从扭簧比较仪上读得横向（或纵向）示值的最大变化量分别作为该方向的测量值。

### 6.2 工作台纵、横（垂）向移动的相互垂直度

用平面直角尺测量。测量时，将直角尺放置在工作台上，扭簧比较仪固定在投影仪主体上，并与直角尺长边工作面接触，调整该面与工作台纵向移动方向平行，然后将扭簧比较仪与平面直角尺短边相接触，横（垂）向移动工作台，在扭簧比较仪上读得工作台行程首尾两点之差 $\delta$ ，按照公式（1）计算垂直度 $\Delta\alpha$ 。

$$\Delta\alpha = 206.265 \times \frac{\delta}{L} \quad (1)$$

式中：

$\Delta\alpha$ ——纵、横（垂）向移动的相互垂直度，（"）；

$\delta$ ——横（垂）向移动工作台时扭簧比较仪的读数差值， $\mu\text{m}$ ；

$L$ ——横（垂）向移动工作台的行程，mm。

小型投影仪也可用刀口形直角尺以影像法进行测量。

### 6.3 光学机械式读数装置的 0.1 mm 刻线与微米刻线的相符性

将微米分划板（或读数鼓轮）对零，读数装置中玻璃线纹尺上任一毫米刻线对在 0.1 mm 分划板的一条双刻线中间，转动微米分划板（或读数鼓轮）使玻璃线纹尺毫米刻线对在相邻的另一条 0.1 mm 分划板的双刻线中间，从微米分划板（或读数鼓轮）上读出相对 100  $\mu\text{m}$  的偏差，该项测量应在 0.1 mm 分划板均匀分布的 3 个位置进行，取 3 个位置中绝对值最大的作为测量值。

### 6.4 光学机械式读数装置的物镜放大倍数误差

将微米分划板（或读数鼓轮）对在零位，读数装置中玻璃线纹尺上任一毫米刻线对在 0.1 mm 分划板的“0”双刻线中间，由微米分划板（或读数鼓轮）读出相邻的另一毫米刻线与 0.1 mm 分划板的“10”双刻线的偏差值，以 3 次读数的平均值作为测得值。该项测量应在读数装置中玻璃线纹尺均匀分布的 3 个位置进行，以 3 个位置测得值中绝对值最大的作为测量值。

### 6.5 读数装置的示值误差变化范围和回程误差

#### 6.5.1 读数装置的示值误差变化范围

用分度值为 0.01 mm 的标准玻璃线纹尺以 50 倍物镜和透射光照明测量。

将标准玻璃线纹尺安置在工作台的中间位置，读数装置置于零位，调整标准玻璃线纹尺与工作台移动方向平行，在影屏中心的邻近位置上安置双刻线分划板与 mm 刻线平行，微调工作台使双刻线对准标准玻璃线纹尺的零位，在读数装置上读得  $a_0$ ，并依次将标准玻璃线纹尺的 0.03 mm，0.06 mm，0.09 mm，0.2 mm，0.4 mm，0.6 mm，0.8 mm 和 1 mm 刻线分别与双刻线分划板的双线对准，在读数装置上读得  $a_i$ ，各校准点处的示值误差  $\delta_i$  按公式 (2) 计算求得：

$$\delta_i = (a_i - a_0) - l_i \quad (2)$$

式中：

$a_i, a_0$ ——校准点对零位时读数装置的读数，mm 或  $\mu\text{m}$ ；

$l_i$ ——相应标准玻璃线纹尺刻线间的实际值，mm 或  $\mu\text{m}$ 。

读数装置的示值误差变化范围以各点示值误差中的最大值与最小值的差值确定，作为最终测量值。

#### 6.5.2 读数装置的回程误差

按照 6.5.1 规定的校准点，分别以正、反行程方向瞄准标准玻璃线纹尺的相应刻线，在读数装置上分别读得各校准点的读数值  $a_{i\text{正}}$  和  $a_{i\text{反}}$ ，读数装置的回程误差，以各校准点正、反行程读数值之差的极大值作为测量值。

#### 6.6 数字显示器的漂移

开机 15 min 待数字显示装置稳定后，以起始读数值为准，1 h 内每隔 15 min 观察记录 1 次，以 4 次观测值与起始读数值差值中绝对值最大的作为测量值。

#### 6.7 投影仪物镜放大倍数误差

用标准玻璃线纹尺和投影仪专用玻璃线纹尺测量。该项测量应在分别安装各倍物镜和透射光照明的条件下，在影屏相互垂直的两直径方向的半屏和全屏位置上进行，见图 4。

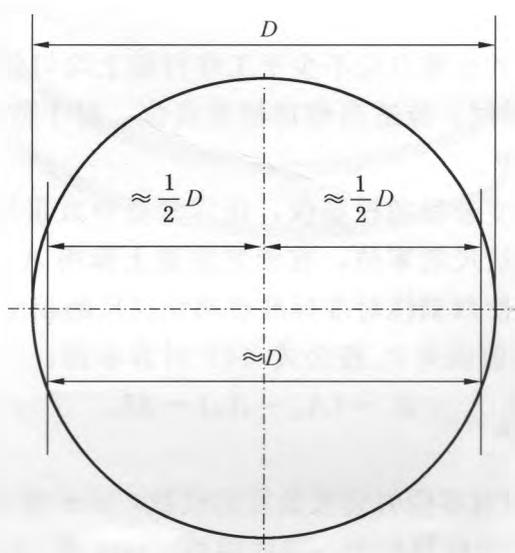


图 4 投影仪放大倍数误差校准位置示意图

校准时，将标准玻璃线纹尺放在工作台的中间位置。调整工作台使标准玻璃线纹尺刻线影像清晰，根据物镜的放大倍数用投影仪专用玻璃线纹尺进行比较，借助仪器附带

的放大镜观察标准玻璃线纹尺两刻线影像间距离是否与投影仪专用玻璃线纹尺的相应刻线相重合,不重合时借助工作台的读数装置读出其差值(3次测量的平均值) $\Delta L$ (分别为半屏左、半屏右、全屏3个位置各测量3次)。投影仪的放大倍数误差 $\beta$ 按公式(3)计算求得:

$$\beta = \frac{\Delta L}{L} \times 100\% \quad (3)$$

式中:

$\beta$ ——物镜放大倍数误差;

$\Delta L$ ——在影屏上两玻璃尺刻线的不重合值,mm或 $\mu\text{m}$ ;

$L$ ——标准玻璃线纹尺所用两刻线的实际尺寸,mm或 $\mu\text{m}$ 。

投影仪物镜放大倍数误差以各倍数物镜在3个位置放大倍数误差中绝对值的最大值作为该倍数物镜放大倍数误差的测量值。物镜放大倍数误差的校准结果应给出已校准各倍数物镜放大倍数误差的测量值。

#### 6.8 仪器示值误差变化范围

用标准玻璃线纹尺以50倍物镜和透射光照明测量。

测量时,将玻璃线纹尺安置在工作台的中间位置,对于光学机械结构的,使投影仪毫米刻度尺的零位大致处于0.1mm刻度尺的0.5mm处;对于螺旋副结构的,使其示值处于零位附近。调整标准玻璃线纹尺与工作台移动方向平行。再在影屏中心的邻近位置上安置双刻线分划板与mm刻线平行,同时微调工作台使双刻线对准标准玻璃线纹尺的零位,在读数装置上读得 $a_0$ ,按校准间隔移动工作台,使各校准点处标准玻璃线纹尺与双刻线分划板的双线对准,并在读数装置上读得 $a_i$ ,各校准点处的示值误差 $\delta_i$ 按公式(2)求得。

仪器示值误差变化范围以各校准点正向和反向行程中示值误差的最大值与最小值的差值确定。

上述测量,示值误差的校准点应不少于工作行程上均匀分布的至少5个位置,当所选择测量间隔大于25mm时,应适当增加校准点位,对于数字显示的投影仪还应校准0.01mm间隔的10个位置。

对通过垫放量块可改变量程的投影仪,还应测量垫放量块时的示值误差。测量时,使双刻线对准标准玻璃线纹尺的零位,在读数装置上读得 $A_0$ ,依次在微分筒测杆和工作台滑板之间放入量块,使双刻线对准标准玻璃线纹尺的相应刻线,在读数装置上读得 $A_i$ ,垫放量块时各点的示值误差 $\delta_i$ 按公式(4)计算求得:

$$\delta_i = (A_i - A_0) - \Delta L_i \quad (4)$$

式中:

$A_i, A_0$ ——校准点对零位时读数装置的读数,mm或 $\mu\text{m}$ ;

$\Delta L_i$ ——标准玻璃线纹尺所用一段的偏差,mm或 $\mu\text{m}$ 。

可垫放量块的仪器示值误差变化范围以各垫放量块点正向和反向行程中示值误差的最大值与最小值的差值确定。

### 6.9 回转影屏（或回转工作台）的示值误差变化范围

用刀口形直角尺以 20 倍物镜用透射光测量，将影屏（或回转工作台）处于零位。将刀口直角尺放置在工作台上并调焦至刀口影像清晰，调整刀口形直角尺使影屏十字线的水平线与其长边刀口影像重合，读取起始读数，然后依次转动影屏（或回转工作台）至  $90^\circ$ ， $180^\circ$ ， $270^\circ$  附近，移动工作台使十字线水平线依次与刀口形直角尺短边和长边刀口影像重合，在影屏（或回转工作台）的读数装置读取误差值，示值误差变化范围以 4 个读数中的最大与最小值的差值确定。

## 7 校准结果的处理

经校准的投影仪填发校准证书。校准证书内容见附录 C。

## 8 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，建议为 1 年。



## 附录 A

## 投影仪示值误差变化范围的测量结果不确定度评定

## A.1 测量方法

投影仪示值误差使用二等玻璃线纹尺进行校准。校准时,使投影仪示值于零位,将玻璃线纹尺安置在工作台的中间位置,调整标准玻璃线纹尺与工作台移动方向平行。再在影屏中心的邻近位置上安置双刻线分划板使双刻线对准标准玻璃线纹尺的零位,在读数装置上读得  $a_0$ ,依次移动工作台,使各受校准点处标准玻璃线纹尺与双刻线分划板的双线对准,并在读数装置上读得  $a_i$ ,可得各受校准点处的示值误差,仪器示值误差变化范围以各校准点正向和反向行程中示值误差的最大值与最小值的差值确定,仪器示值误差变化范围的测量不确定度是测量点示值误差测量不确定度的 $\sqrt{2}$ 倍。下面以光学机械式读数装置中校准 100 mm 点示值误差为例,对示值误差变化范围的测量不确定度进行评定。

## A.2 测量模型

$$\delta_i = (a_i - a_0) - l_i \quad (\text{A.1})$$

式中:

$\delta_i$ ——示值误差, mm 或  $\mu\text{m}$ ;

$a_i$ ——相应校准点的读数值, mm 或  $\mu\text{m}$ ;

$a_0$ ——零位时的读数值, mm 或  $\mu\text{m}$ ;

$l_i$ ——标准玻璃线纹尺所用测量段的实际尺寸, mm 或  $\mu\text{m}$ 。

## A.3 不确定度传播公式和灵敏系数

考虑各分量彼此独立,依据不确定度传播律:

$$u_c^2 = u^2(\delta_i) = c_1^2 u^2(a_i) + c_2^2 u^2(a_0) + c_3^2 u^2(l_i) \quad (\text{A.2})$$

$$\text{式中: } c_1 = \frac{\partial \delta_i}{\partial a_i} = 1; \quad c_2 = \frac{\partial \delta_i}{\partial a_0} = -1; \quad c_3 = \frac{\partial \delta_i}{\partial l_i} = -1$$

## A.4 标准不确定度一览表

测量不确定度见表 A.1。

表 A.1 测量不确定度一览表

标准不确定度分量 $u(x_i)$	标准不确定度来源	标准不确定度	$c_i$	$ c_i  \times u(a_i)$
$u(a_i)$	测量读数 $a_i$ 的影响	0.20 $\mu\text{m}$	1	0.20 $\mu\text{m}$
	瞄准误差	$\frac{0.33 \mu\text{m}}{\sqrt{3}} = 0.19 \mu\text{m}$		
	估读误差	$\frac{0.1 \mu\text{m}}{\sqrt{3}} = 0.06 \mu\text{m}$		

表 A.1 (续)

标准不确定度分量 $u(x_i)$	标准不确定度来源	标准不确定度	$c_i$	$ c_i  \times u(a_i)$
$u(a_0)$	测量读数 $a_0$ 的影响	0.20 $\mu\text{m}$	-1	0.20 $\mu\text{m}$
	瞄准误差	0.19 $\mu\text{m}$		
	估读误差	0.06 $\mu\text{m}$		
$u(l_i)$	标准玻璃线纹尺误差	0.40 $\mu\text{m}$	-1	0.40 $\mu\text{m}$
	刻线尺检定误差	$0.35 \mu\text{m}/3=0.12 \mu\text{m}$		
	刻度尺线胀系数差	$100\,000 \times 3 \times 2.0 \times 10^{-6} \mu\text{m}/\sqrt{6}=0.25 \mu\text{m}$		
	刻度尺温度差	$100\,000 \times 10.2 \times 10^{-6} \times 0.5 \mu\text{m}/\sqrt{3}=0.29 \mu\text{m}$		
$u_c=0.49 \mu\text{m}$ , $k=2$ , $U'=2 \times 0.49 \mu\text{m}=1.0 \mu\text{m}$ , $U=\sqrt{2} U'=\sqrt{2} \times 1.0 \mu\text{m}=1.4 \mu\text{m}$				

## A.5 计算分量的标准不确定度

A.5.1 测量读数影响引入的标准不确定度分量  $u(a_i)$ ,  $u(a_0)$ 

测量时,对测量读数有影响的包括读数装置的瞄准误差和估读误差,以及影屏上标准线纹尺刻线的瞄准误差,所以,瞄准误差分别为影屏瞄准和读数装置读数时的瞄准,影屏瞄准是以校准时使用 50 倍物镜考虑,读数装置放大倍数为 20 倍,则两项瞄准误差分别为:

$$\delta_1 = \frac{5 \times 250}{50 \times 2 \times 10^3} \mu\text{m} = 0.12 \mu\text{m}; \quad \delta_2 = \frac{5 \times 250}{20 \times 2 \times 10^3} \mu\text{m} = 0.31 \mu\text{m}$$

两项合成:  $\delta = \sqrt{\delta_1^2 + \delta_2^2} = \sqrt{0.12^2 + 0.31^2} \mu\text{m} = 0.33 \mu\text{m}$

读数装置的估读误差为分度值的 1/10,即 0.1  $\mu\text{m}$ 。

考虑到上述影响为等概率分布,所以包含因子  $k = \sqrt{3}$ :

$$u(a_i) = \frac{a}{k} = \frac{\sqrt{0.33^2 + 0.1^2}}{\sqrt{3}} \mu\text{m} = 0.20 \mu\text{m}$$

$$u(a_0) = \frac{a}{k} = \frac{\sqrt{0.33^2 + 0.1^2}}{\sqrt{3}} \mu\text{m} = 0.20 \mu\text{m}$$

A.5.2 标准玻璃线纹尺影响估算的标准不确定度分量  $u(l_i)$ 

该项不确定度主要由标准玻璃线纹尺检定误差的不确定度,标准玻璃线纹尺和投影仪的刻度尺线胀系数差的不确定度,以及标准玻璃线纹尺和投影仪的刻度尺温度差的不确定度组成。

A.5.2.1 标准玻璃线纹尺检定误差的标准不确定度  $u(l_{i1})$ 

检定证书给出的测量不确定度为  $(0.2 + 1.5L) \mu\text{m}$ ;  $k=3$ , 100 mm 时为 0.35  $\mu\text{m}$ 。

$$u(l_{i1}) = \frac{U}{k} = \frac{0.35}{3} \mu\text{m} = 0.12 \mu\text{m}$$

A.5.2.2 标准玻璃线纹尺和投影仪的刻度尺线胀系数差的标准不确定度  $u(l_{i2})$

线胀系数差的界限在 $\pm 2.0 \times 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ 范围内服从三角分布,  $\Delta t = 3 \text{ } ^\circ\text{C}$ 。

$$u(l_{i2}) = \frac{L \cdot \Delta t \cdot \Delta \alpha}{k} = \frac{100\,000 \times 3 \times 2.0 \times 10^{-6}}{\sqrt{6}} \mu\text{m} = 0.25 \mu\text{m}$$

#### A. 5. 2. 3 标准玻璃线纹尺和投影仪的刻度尺温度差的标准不确定度 $u(l_{i3})$

等温后, 标准玻璃线纹尺和投影仪的刻度尺温度差估计在 $\pm 0.5 \text{ } ^\circ\text{C}$ 范围内服从均匀分布。

$$u(l_{i3}) = \frac{L \cdot \delta t \cdot \alpha}{k} = \frac{100\,000 \times 0.5 \times 10.2 \times 10^{-6}}{\sqrt{3}} \mu\text{m} = 0.29 \mu\text{m}$$

等温4小时, 等温1小时 $\pm 1.0^\circ\text{C}$

#### A. 5. 2. 4 标准玻璃线纹尺影响估算的标准不确定度分量 $u(l_i)$ 的计算

$$u(l_i) = \sqrt{u^2(l_{i1}) + u^2(l_{i2}) + u^2(l_{i3})} = \sqrt{0.12^2 + 0.25^2 + 0.29^2} \mu\text{m} = 0.40 \mu\text{m}$$

#### A. 6 合成标准不确定度

按照校准规范中示值误差变化范围的处理方法, 是以仪器示值误差测量结果中的最大值与最小值之差确定, 即示值误差的测量不确定度对仪器示值误差范围的测量不确定度影响2次, 按照评定规则, 仪器示值误差范围的测量不确定度应为示值误差测量不确定度的 $\sqrt{2}$ 倍, 故:

$$u_c = \sqrt{2} \times \sqrt{c_1^2 u^2(a_i) + c_2^2 u^2(a_0) + c_3^2 u^2(l_i)} = \sqrt{2} \times \sqrt{0.20^2 + 0.20^2 + 0.40^2} \mu\text{m} = 0.69 \mu\text{m}$$

#### A. 7 扩展不确定度

取  $k=2$ , 示值误差变化范围的扩展不确定度为:

$$U = k \cdot u_c = 2 \times 0.69 \mu\text{m} \approx 1.4 \mu\text{m}$$

同理, 10 mm 点和 200 mm 点示值误差变化范围的扩展不确定度为  $0.8 \mu\text{m}$  ( $k=2$ ) 和  $2.4 \mu\text{m}$  ( $k=2$ )。

## 附录 B

## 物镜放大倍数误差的测量结果不确定度评定

## B.1 测量方法

用标准玻璃线纹尺和工作用玻璃线纹尺测量,使标准玻璃线纹尺刻线在影屏上成像清晰,根据物镜的放大倍数用工作用玻璃线纹尺进行比较,借助仪器附带的放大镜观察标准玻璃线纹尺两刻线影像间距离是否与工作用玻璃线纹尺的相应刻线相重合,不重合时借助工作台的读数装置读出其差值(3次测量的平均值) $\Delta L$ ,按照公式(B.1)计算物镜放大倍数误差,以下以 $100\times$ 物镜、影屏直径 $500\text{ mm}$ 为例进行评定。

## B.2 测量模型

投影仪物镜放大倍数误差的计算公式为:

$$\beta = \frac{\Delta L}{L} \times 100\% \quad (\text{B.1})$$

式中:

$\beta$ ——物镜放大倍数误差;

$\Delta L$ ——在影屏上两玻璃尺刻线的不重合值,  $\text{mm}$  或  $\mu\text{m}$ ;

$L$ ——标准玻璃线纹尺所用两刻线的实际尺寸,  $\text{mm}$  或  $\mu\text{m}$ 。

## B.3 不确定度传播公式和灵敏系数

考虑各分量彼此独立,依据依据不确定度传播律:由公式(B.1),得:

$$u_{\text{crel}}^2(\beta) = c_1^2 \cdot u_{\text{rel}}^2(\Delta L) + c_2^2 \cdot u_{\text{rel}}^2(L) \quad (\text{B.2})$$

$$\text{式中: } c_1 = \frac{\partial \beta}{\partial \Delta L} = 1; \quad c_2 = \frac{\partial \beta}{\partial L} = -1。$$

## B.4 标准不确定度一览表

表 B.1 标准不确定度一览表

标准不确定度分量 $u(x_i)$	标准不确定度来源	标准不确定度	$c_i$	$ c_i  u_{\text{rel}}(x_i)$
$u_{\text{rel}}(L)$	标准玻璃线纹尺示值误差	0.000 013	+1	0.000 013
$u_{\text{rel}}(\Delta L)$	测量读数不准	0.000 037	-1	0.000 037
$u_{\text{rel}}(\Delta L_1)$	工作用玻璃线纹尺示值误差	0.000 035		
$u_{\text{rel}}(\Delta L_2)$	瞄准误差的影响	0.000 012		
$u_{\text{rel}}(\Delta L_3)$	读数装置示值误差变化范围的影响	0.000 002		

## B.5 标准不确定度评定

B.5.1 标准玻璃线纹尺示值误差引入的标准不确定度  $u_{\text{rel}}(L)$ 

物镜放大倍数测量时,其影响为示值误差检定的测量不确定度, $U=(0.2+1.5L)\mu\text{m}$ , $k=3$ , $100\times$ 物镜测量时,所用刻线间距为 $5\text{ mm}$ , $U=0.2\mu\text{m}$ ,其相对标准不确定度为:

$$u_{\text{rel}}(L) = \frac{U}{L \times k} = \frac{0.2}{5\,000 \times 3} = 0.000\,014$$

### B.5.2 测量读数不准引入的标准不确定度 $u_{\text{rel}}(\Delta L)$

该项不确定度分量包含工作用玻璃线纹尺不准引入的标准不确定度、测量时刻线瞄准的影响以及读数装置的示值误差影响三项。

#### B.5.2.1 工作用玻璃线纹尺不准引入的标准不确定度 $u_{\text{rel}}(\Delta L_1)$

所用工作用玻璃线纹尺的最大允许误差 MPE 为  $\pm 0.03\text{ mm}$ ，均匀分布，所用刻度范围 500 mm，其相对标准不确定度为：

$$u_{\text{rel}}(\Delta L_1) = \frac{|\text{MPE}|}{500 \times \sqrt{3}} = \frac{0.03}{500 \times \sqrt{3}} = 0.000\,035$$

#### B.5.2.2 测量时瞄准误差引入的标准不确定度 $u_{\text{rel}}(\Delta L_2)$

测量瞄准时采用单线瞄准，估计其瞄准精度  $\alpha = 60''$ ，用仪器所附带的  $7\times$  放大镜观察时，其瞄准误差为：

$$\delta = \frac{250\alpha}{\rho K} = \frac{250\text{ mm} \times 60}{2 \times 10^5 \times 7} = 0.010\,7\text{ mm}$$

式中：

250——人眼的明视距离，mm；

$K$ ——光学系统放大倍数；

$\rho$ ——弧度化秒的系数，约等于  $2 \times 10^5$ 。

按均匀分布，所用刻度范围为 500 mm，其相对标准不确定度为：

$$u_{\text{rel}}(\Delta L_2) = \frac{\delta}{500 \times \sqrt{3}} = \frac{0.010\,7}{500 \times \sqrt{3}} = 0.000\,012$$

#### B.5.2.3 读数装置示值误差变化范围引入的标准不确定度 $u_{\text{rel}}(\Delta L_3)$

读数装置的最大允许误差变化范围为  $2\text{ }\mu\text{m}$ ，均匀分布，对应刻度范围 500 mm，其相对标准不确定度为：

$$u_{\text{rel}}(\Delta L_3) = \frac{|\text{MPE}|}{500 \times \sqrt{3}} = \frac{0.002}{500 \times \sqrt{3}} = 0.000\,002$$

该项影响基本可以忽略。

#### B.5.2.4 三项合并

$$\begin{aligned} u_{\text{rel}}(\Delta L) &= \sqrt{u_{\text{rel}}^2(\Delta L_1) + u_{\text{rel}}^2(\Delta L_2) + u_{\text{rel}}^2(\Delta L_3)} \\ &= \sqrt{0.000\,035^2 + 0.000\,012^2 + 0.000\,002^2} = 0.000\,037 \end{aligned}$$

### B.6 合成标准不确定度

$$u_{\text{crel}}(\beta) = \sqrt{u_{\text{rel}}^2(L) + u_{\text{rel}}^2(\Delta L)} = \sqrt{0.000\,014^2 + 0.000\,037^2} = 0.000\,039$$

### B.7 扩展不确定度

按照  $k=2$  扩展。

$$U_{\text{rel}} = k \times u_{\text{crel}}(\beta) = 2 \times 0.000\,039 = 0.000\,078 \approx 0.01\%$$

同理计算，影屏直径 200 mm 时物镜放大倍数测量结果的不确定度为 0.02% ( $k=2$ )。

## 附录 C

## 校准证书信息及内页格式

## C.1 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（如果不在实验室内进行校准）；
- d) 证书或报告的惟一性标识（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。

## C.2 推荐的校准证书内页格式见表 C.1。

表 C.1 校准证书内页格式

证书编号：

校准环境条件	温 度： _____ °C	地 点： _____
	相对湿度： _____ %	其 他： _____
序号	校准项目	校准结果/ $\mu\text{m}$
1	工作台纵、横（垂）向移动的直线度	
2	工作台纵、横（垂）向导轨移动的相互垂直度	
3	光学机械式读数装置的 0.1 mm 刻线与微米刻线的相符性	
4	光学机械式读数装置的物镜放大倍数误差	
5	读数装置的示值误差变化范围和回程误差	
6	数字显示器的漂移	

表 C.1 (续)

证书编号：

校准环境条件	温 度：_____℃ 相对湿度：_____%	地 点：_____ 其 他：_____
序号	校准项目	校准结果/ $\mu\text{m}$
7	投影仪物镜放大倍数误差	
8	仪器示值误差变化范围	
9	回转影屏（或回转工作台）的示值误差变化范围	
测量不确定度：		

校准员：

核验员：



JJF 1093-2015

版权专有 侵权必究

书号：155026·J-3106

定价： 21.00 元