

福建省地方计量技术规范

JJF (闽) 1073—2015

镜片测度表校准规范

Calibration Specification for Lens Clock

2015-06-15 发布

2015-07-15 实施

福建省质量技术监督局 发布

镜片测度表校准规范

Calibration Specification for
Lens Clock

JJF (闽) 1073—2015

本规范经福建省质量技术监督局于 2015 年 6 月 15 日批准, 并自
2015 年 7 月 15 日起施行。

归口单位: 福建省质量技术监督局

主要起草单位: 厦门市计量检定测试院

本规范委托厦门市计量检定测试院负责解释

本规范主要起草人:

邓水发 (厦门市计量检定测试院)

李杰斯 (厦门市计量检定测试院)

张宁宁 (厦门市计量检定测试院)

陈婉娇 (厦门市计量检定测试院)

目 录

| | |
|----------------|-------|
| 引言 | (III) |
| 1 范围 | (1) |
| 2 引用文件 | (1) |
| 3 术语 | (1) |
| 3.1 曲率半径 | (1) |
| 3.2 镜片折射率 | (1) |
| 3.3 屈光力 | (1) |
| 4 概述 | (1) |
| 4.1 测量原理 | (2) |
| 4.2 曲率半径的计算 | (3) |
| 4.3 单一球面屈光力的计算 | (3) |
| 5 计量特性 | (4) |
| 5.1 测量杆行程 | (4) |
| 5.2 指针与表盘的相互位置 | (4) |
| 5.3 测量力 | (4) |
| 5.4 示值变动性 | (4) |
| 5.5 零位误差 | (4) |
| 5.6 半弦长互差 | (4) |
| 5.7 示值误差 | (4) |
| 6 校准条件 | (4) |
| 6.1 环境条件 | (4) |
| 6.2 校准用设备 | (4) |
| 7 校准项目和校准方法 | (5) |
| 7.1 测量杆行程 | (5) |
| 7.2 指针与表盘的相互位置 | (5) |
| 7.3 测量力 | (5) |
| 7.4 示值变动性 | (5) |
| 7.5 零位误差 | (6) |

| | |
|-----------------------------|------|
| 7.6 半弦长互差····· | (6) |
| 7.7 示值误差····· | (6) |
| 8 校准结果表达····· | (7) |
| 8.1 校准数据处理····· | (7) |
| 8.2 校准证书····· | (7) |
| 9 复校时间间隔····· | (7) |
| 附录A 屈光力的计算与换算····· | (8) |
| 附录B 校准记录(式样)····· | (9) |
| 附录C 校准证书内容及内页格式····· | (10) |
| 附录D 镜片测度表示值误差的测量不确定度评定····· | (12) |

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》共同构成支撑本校准规范的基础性系列技术文件。

本规范参考了 JJF 1255-2010《厚度表校准规范》。

本规范为首次制定文件。

镜片测度表校准规范

1 范围

本规范适用于分度值为 0.125 m^{-1} 、 0.25 m^{-1} ，测量范围为 $+20\text{ m}^{-1}\sim-20\text{ m}^{-1}$ 中各种规格的指针式镜片测度表的校准。

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 1094-2004 测量仪器特性评定

JJF 1255-2010 厚度表校准规范

JJG 580-2005 焦度计检定规程

GB/T 1224-1999 几何光学术语、符号

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

3.1 曲率半径

曲率半径是指曲线上一点的曲率圆的半径。对于球面，曲率半径就是球面半径。

3.2 镜片折射率

镜片折射率是指光在真空中的相速度与光在镜片中的相速度之比。镜片折射率是镜片的一种光学特性。

3.3 屈光力

当光束从一种介质通过单球面界面进入另一种介质，光束的聚散度将发生改变，球面使聚散度改变的程度称为此球面的屈光力。屈光力单位是 m^{-1} 。

4 概述

镜片测度表又称弧度表，俗称眼表，国外也称为透镜测量计，主要用于测量镜片的屈光力，是镜片生产厂家常用的计量器具之一，广泛应用于光学及眼镜行业。其外形结构如图1所示。

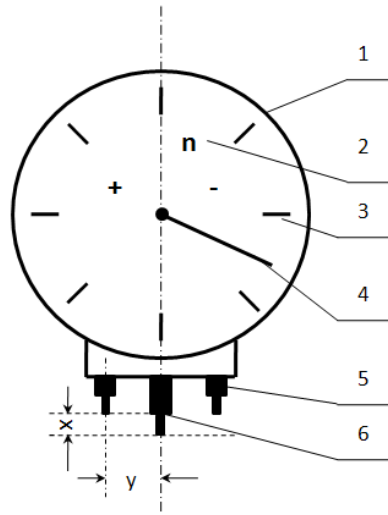


图1 镜片测度表外形结构图

1-表体；2-镜片折射率；3-读数盘；4-指针；5-固定测头；6-活动测头；x-矢高；y-半弦长。

4.1 测量原理

镜片测度表是利用四连杆和齿轮传动，把测头的矢高位移变为指针角位移的计量器具。镜片测度表内部结构图如图2所示。活动测头的直线位移通过连杆I (AB) 使连杆II (BC) 转动，C 点的转动牵动了连杆III (CD) 转动，进而使连杆IV (DO) 围绕旋转中心O 产生转动，通过与连杆IV (DO) 为一体的扇形齿轮，使之与其啮合的中心齿轮旋转，这样与中心齿轮固定一体的指针就产生了角位移。通过这样四连杆和齿轮传动，就将活动测头的直线位移转变为指针的角位移，可以在读数盘上进行读数。

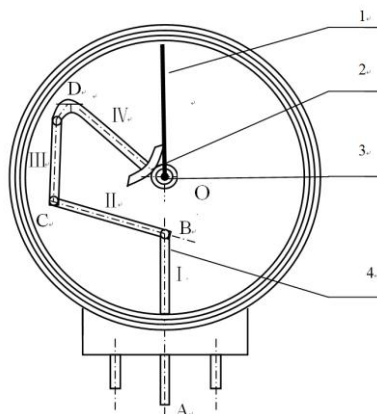


图2 镜片测度表内部结构图

1-指针；2-扇形齿轮；3-中心齿轮；4-连杆。

4.2 曲率半径的计算

测量镜片曲面时, 根据图 1 所示的关系, 由于半弦长已知, 通过几何原理可以由矢高的变化值, 确定球面曲率半径 r :

$$r = \frac{y^2}{2x} + \frac{x}{2} \quad (1)$$

式中: r 为曲率半径/m;

y 为半弦长/m;

x 为矢高/m。

4.3 单一球面屈光力的计算

镜片测度表根据单一球面折射力公式设计:

$$D = \frac{n_2 - n_1}{r} \quad (2)$$

式中: D 为单一球面折射力或屈光力/ m^{-1} ;

n_1 为第一媒质折射率;

n_2 为第二媒质折射率;

r 为球面曲率半径/m。

对置于空气中的镜片而言, $n_1=1$, 故上式可简化为按照薄透镜计算的屈光力:

$$D = \frac{n-1}{r} \quad (3)$$

式中: n 为透镜折射率。

可见镜片屈光力与折射率、曲率半径有关, 随折射率增大而增加, 随曲率半径增大而降低, 通过式 (3) 可测量单一球面屈光力。

由式 (1)、(3) 联立, 消去曲率半径 r , 可得屈光力与矢高、半弦长的数学关系:

$$D = \frac{2000(n-1)x}{x^2 + y^2} \quad (4)$$

式中: D 为屈光力/ m^{-1} ;

n 为镜片折射率;

y 为半弦长/mm;

x 为矢高/mm。

在使用镜片时, 其屈光力的计算与换算方法可以参照附录 A 进行。

5 计量特性

5.1 测量杆行程

测量杆行程一般应超过测量范围上限 5 个分度。

5.2 指针与表盘的相互位置

5.2.1 指针的长度一般应使指针末端位于短标记长度的 30%~80%之间。

5.2.2 指针末端上表面到表盘表面间的距离一般不大于 0.7mm。

5.2.3 指针末端宽度与表盘刻线宽度一般均为 0.10mm~0.20mm。

5.3 测量力

测量力一般不大于 2N。

5.4 示值变动性

示值变动性一般不大于 0.2 分度。

5.5 零位误差

零位误差一般为无目力可分辨误差。

5.6 半弦长互差

半弦长互差一般不大于 0.02mm。

5.7 示值误差

示值误差一般不超过表 1 的规定。

表 1 示值误差

| 测量范围 (m^{-1}) | | 示值误差 (m^{-1}) |
|-------------------|--------------|-------------------|
| $[-6, 0)$ | $(0, +6]$ | ± 0.13 |
| $[-10, -6)$ | $(+6, +10]$ | ± 0.25 |
| $[-20, -10)$ | $(+10, +20]$ | ± 0.38 |

注：校准不对测量结果作合格与否的判断，以上技术指标供参考。

6 校准条件

6.1 环境条件

校准室温度： $(20 \pm 10) ^\circ\text{C}$ 。校准室相对湿度：不大于 80%。

校准前，镜片测度表和校准用器具等温平衡时间不少于 1h。

6.2 校准用设备

校准用设备见表 2。

表 2 校准项目和校准用设备

| 序号 | 校准项目 | 校准用设备 |
|----|------------|--|
| 1 | 测量杆行程 | ----- |
| 2 | 指针与表盘的相互位置 | 工具显微镜 (MPEV: 3 μ m)、百分表 (MPEV: 20 μ m) |
| 3 | 测量力 | 测力仪 (分度值/分辨力: 1N/0.1N) |
| 4 | 示值变动性 | 3 级或 5 等量块、2 级平晶 |
| 5 | 零位误差 | 2 级平晶 |
| 6 | 半弦长互差 | 投影仪 (MPE: $\pm (4+L/25) \mu$ m) |
| 7 | 示值误差 | 3 级或 5 等量块、2 级平晶 |

注：对于校准，允许采用满足测量不确定度要求的其它设备。

7 校准项目和校准方法

首先检查外观，确定没有影响校准计量特性的因素后再进行校准。

校准项目见表 2。

7.1 测量杆行程

手动试验和目力观察。手动操作测量杆使测量杆行程至最大值在表盘上进行读数。

7.2 指针与表盘的相互位置

目力观察。指针末端上表面到度盘表面间的距离用工具显微镜和指示表测量。测量时采用五倍的物镜，利用微动升降装置对指针上表面和度盘表面分别调焦，用百分表读数，两次读数的差值即为指针末端上表面到度盘表面间的距离。

指针末端宽度与表盘刻线宽度在工具显微镜上进行测量，刻线宽度至少抽测 3 处。

7.3 测量力

用分度值不大于 1N 或分辨力不大于 0.1N 的测力仪进行测量。使用夹具将镜片测度表的活动测头与测力仪的测量头（或测量头辅助附件）接触，由测力仪读取测力值。测量力在量程的大致零位位置进行测量。

测量力可采用满足要求的不同型式的测力仪或测量头辅助附件进行测量。

7.4 示值变动性

在测量范围内任一位置，将 3 级或 5 等量块置于 2 级平晶上，调整量块的位

置使镜片测度表的活动测头及固定测头与量块垂直接触，在镜片测度表上读数，连续进行 5 次重复测量，其最大值与最小值之差即为示值变动性。

7.5 零位误差

将镜片测度表置于 2 级平晶上，使活动测头和固定测头同时与平晶接触，此时在镜片测度表上观察指针示值。

7.6 半弦长互差

使用投影仪进行测量，把镜片测度表置于投影仪工作台，调焦使镜片测度表的测头影像清晰。对两固定测头的顶点进行调平，依次测出活动测头顶点到左右两固定测头顶点在调平方向上距离，左半弦长为 $y_{左}$ 、右半弦长为 $y_{右}$ 。取左、右半弦长之差的绝对值为半弦长互差 Δy ，取左、右半弦长的平均值为半弦长的测量结果 y 。

$$\Delta y = |y_{左} - y_{右}| \quad (5)$$

$$y = \frac{1}{2}(y_{左} + y_{右}) \quad (6)$$

式 (5)、(6) 中： Δy 为半弦长互差/mm；

y 为半弦长/mm；

$y_{左}$ 为左半弦长/mm；

$y_{右}$ 为右半弦长/mm。

7.7 示值误差

将一组 3 级或 5 等量块依次置于 2 级平晶的工作面上，调整量块与镜片测度表的位置，使镜片测度表的活动测头及固定测头与量块垂直接触，依次在镜片测度表上读数，取三次独立测量结果的平均值为该测量点屈光力的实测值，用 D_i 表示。

镜片测度表的屈光力实测值与相应理论值之差即为该点的示值误差，屈光力理论值按照式 (4) 计算得到。

示值误差可按式 (7) 计算

$$\Delta D_i = D_i - D_{i0} \quad (7)$$

式中： D_i 为镜片测度表的屈光力实测值；

D_{i0} 为相应量块及半弦长对应的屈光力理论值。

屈光力示值的测量点的设置为：在 $(-20\sim+20) \text{ m}^{-1}$ 测量范围内大致均匀分布测量不少于 10 点。有需要时，可以适当增加测量点。

8 校准结果表达

8.1 校准数据处理

镜片测度表的校准结果可以参考校准记录（式样）（见附录 B）。

8.2 校准证书

经校准的镜片测度表出具校准证书，并给出测量结果不确定度。

校准证书校准结果内容见附录 C。

9 复校时间间隔

复校时间间隔的长短取决于其使用情况，如环境条件、使用频率等，使用单位可根据实际使用情况自主决定复校的时间间隔，但复校时间间隔最长一般不超过 1 年。

附录A

屈光力的计算与换算

利用镜片测度表可测量球面镜片的两曲面半径，其结果显示为两球面各自的屈光力，取两个屈光力读数的代数和作为该镜片的屈光力，计算公式如下：

$$D_1 = \frac{n-1}{r_1}$$

$$D_2 = \frac{1-n}{r_2}$$

$$D = D_1 + D_2 = (n-1)\left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2}\right)$$

通过上式即可知道所测镜片屈光力。由于镜片测度表设计中的折射率单一固定，一般值为 1.523，而对折射率非 1.523 的镜片，直接测量就会产生很大的偏差。

但利用镜片测度表设计原理，只要知晓所测镜片的折射率，也能通过换算求得镜片屈光力。假设所测镜片折射率为 n' ，则由单一球面折射力公式，根据已知的折射率 $n=1.523$ ，则曲率半径相同的各类镜片屈光力关系可整理得：

$$D' = \frac{n'-1}{n-1} D$$

由上式可知，相同球面半径不同折射率的两种镜片，只要知道被测量镜片的折射率，就可通过公式计算出该镜片的屈光力。

附录B

校准记录 (式样)

| | | | | | | | | | | | |
|----------------|-----------------------------|----------------------|---|------|-----------------------|------|----------------------|--------------|---|------|----|
| 送校单位 | | | | | | 记录编号 | | | | | |
| 样品 | 名称 | | | 型号规格 | | | | 标称折射率 | | | |
| | 制造厂 | | | | | 出厂编号 | | | | | |
| 标准器 | 名称 | 型号规格 | | 仪器编号 | | 技术特征 | | 证书编号 | | | |
| | 量块 | | | | | | | | | | |
| 技术依据 | JJF (闽) ****-2015 镜片测度表校准规范 | | | | | | | | | | |
| 校准地点 | | | | 温度: | ℃ | | 相对湿度: | % | | | |
| 校准日期 | | | | 证书编号 | | | | | | | |
| 校准员 | | | | 核验员 | | | | | | | |
| 序号 | 校准项目 | | | 校准结果 | | 序号 | 校准项目 | | | 校准结果 | |
| 1 | 测量杆行程 | | | | | 4 | 示值变动性 (m^{-1}) | | | | |
| 2 | 指针与表盘的相互位置 | | | | | 5 | 零位误差 (m^{-1}) | | | | |
| 3 | 测力 (N) | | | | | | | | | | |
| $y_{左}$ (mm) | | $y_{右}$ (mm) | | | 半弦长互差 Δy (mm) | | | 半弦长 y (mm) | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| 矢高 (mm) | 理论值 (m^{-1}) | (-) 测量值 (m^{-1}) | | | | | (+) 测量值 (m^{-1}) | | | | |
| | | 1 | 2 | 3 | 平均值 | 误差 | 1 | 2 | 3 | 平均值 | 误差 |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| 示值误差的测量结果不确定度: | | | | | | | | | | | |
| 备注 | | | | | | | | | | | |

附录 C

校准证书内容及内页格式

C.1 校准证书至少包括以下信息：

- a) 标题：“校准证书”；
- b) 实验室的名称和地址；
- 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) 校准结果仅对校准对象有效的声明；
- p) 未经校准实验室书面批准，不得部分复制校准证书的声明。

C.2 推荐的校准证书内页格式：

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

| 校 准 结 果 | | | | | |
|---------|------------------|-----------------|---------|--------------------|-----------------|
| 序号 | 校准项目 | 校准结果 | 序号 | 校准项目 | 校准结果 |
| 1 | 测量杆行程 | | 4 | 示值变动性 (m^{-1}) | |
| 2 | 指针与表盘的相互位置 | | 5 | 零位误差 (m^{-1}) | |
| 3 | 测力 (N) | | 6 | 半弦长互差 (mm) | |
| 7 | 半弦长 (mm) | | | | |
| 矢高 (mm) | 理论值 (m^{-1}) | 误差 (m^{-1}) | 矢高 (mm) | 理论值 (m^{-1}) | 误差 (m^{-1}) |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| 测量不确定度: | | | | | |
| 备注 | 该镜片测度表标称折射率: | | | | |

附录 D

镜片测度表示值误差的测量不确定度评定

D.1 测量方法

将一组 3 级或 5 等量块依次置于 2 级平晶上, 调整量块及镜片测度表的位置使镜片测度表的活动测头及固定测头与量块垂直接触, 依次在镜片测度表上读数, 镜片测度表的屈光力实测值与相应理论值之差即为该点的示值误差。

D.2 数学模型

$$\Delta D_i = D_i - D_{i0} = D_i - \frac{2000(n-1)x}{x^2 + y^2}$$

式中: D_i 为镜片测度表的屈光力实测值/ m^{-1} ;

D_{i0} 为屈光力理论值/ m^{-1} ;

n 为镜片折射率;

x 为矢高/mm;

y 为半弦长/mm。

D.3 方差和灵敏系数

依据 $u_c^2 = \Sigma \left(\frac{\partial f}{\partial x_i} \right)^2 u^2(x_i)$, 有

$$u_c^2 = c_1^2 u^2(D_i) + c_2^2 u^2(x) + c_3^2 u^2(y)$$

式中: $c_1 = \frac{\partial \Delta D_i}{\partial D_i} = 1$

$$\begin{aligned} c_2 &= \frac{\partial \Delta D_i}{\partial x} = -2000(n-1) \left[\frac{1}{x^2 + y^2} - \frac{2x \cdot x}{(x^2 + y^2)^2} \right] \\ &= -2000(n-1) \frac{y^2 - x^2}{(x^2 + y^2)^2} \end{aligned}$$

$$c_3 = \frac{\partial \Delta D_i}{\partial y} = 2000(n-1) \frac{2xy}{(x^2 + y^2)^2}$$

一般情况下 $x \leq 2\text{mm}$, 取 $x=2\text{mm}$ 时, 若半弦长 $y=7.50\text{mm}$, $n=1.523$, 则有:

$$c_2 = -15.06, \quad c_3 = 8.64。$$

D.4 标准不确定度一览表

标准不确定度一览表见表 D.1。

表 D.1 标准不确定度一览表

| 标准不确定度分量 | 不确定度来源 | c_i | 标准不确定度 $u(x_i)$ | $ c_i \times u(x_i)$ |
|--------------------------|---------|--------|----------------------|-----------------------|
| $u(D_i)$ | 镜片测度表读数 | 1 | 0.022m^{-1} | 0.022m^{-1} |
| $u_1(D_i)$ | 估读误差 | 1 | 0.017m^{-1} | |
| $u_2(D_i)$ | 零位误差 | 1 | 0.014m^{-1} | |
| $u(x)$ | 矢高 x | -15.06 | $0.31\mu\text{m}$ | 0.005m^{-1} |
| $u_1(x)$ | 量块的长度偏差 | 1 | $0.31\mu\text{m}$ | |
| $u_2(x)$ | 平晶的平面度 | 1 | 0 | |
| $u(y)$ | 半弦长测量误差 | 8.64 | $2.66\mu\text{m}$ | 0.023m^{-1} |
| $u_c=0.032\text{m}^{-1}$ | | | | |

D.5 标准不确定度分量计算

D.5.1 镜片测度表读数引入的不确定度分量 $u(D_i)$ D.5.1.1 估读误差引入的不确定度 $u_1(D_i)$

对于分度值为 0.25m^{-1} 的镜片测度表，估读误差为 $1/5$ 分度，即为 0.05m^{-1} ，按照均匀分布计算， $k=\sqrt{3}$ ，校准时取 3 次测量的平均值进行评价，故

$$u_1(D_i) = 0.05 / \sqrt{3} / \sqrt{3} = 0.017\text{m}^{-1}$$

D.5.1.2 零位误差引入的不确定度 $u_2(D_i)$

分度值为 0.25m^{-1} 的镜片测度表的零位误差一般不大于 0.1 分度，即 0.025m^{-1} ，估计为均匀分布， $k=\sqrt{3}$ ，故

$$u_2(D_i) = 0.025\text{m}^{-1} / \sqrt{3} = 0.014$$

由 D.5.1.1 和 D.5.1.2 可得

$$u(D_i) = \sqrt{u_1^2(D_i) + u_2^2(D_i)} = \sqrt{0.017^2 + 0.014^2} = 0.022\text{m}^{-1}$$

D.5.2 矢高 x 引入的不确定度 $u(x)$

D. 5. 2. 1 量块长度偏差引入的不确定度 $u_1(x)$

依据 JJG146-2011 量块检定规程规定, 3 级量块长度偏差允许值为: $\Delta = (0.8+16l) \mu\text{m}$, 一般情况下 $l \leq 2\text{mm}$, 取 $l=2\text{mm}$ 时, 则 $\Delta=0.83\mu\text{m}$, $k=2.7$, 则:

$$u_1(x) = 0.83 \mu\text{m} / 2.7 = 0.31 \mu\text{m}$$

D. 5. 2. 2 平晶平面度误差引入的不确定度 $u_2(x)$

依据 JJG28-2000 平晶检定规程规定, 2 级平晶的工作面 2/3 直径范围内的平面度误差为: $F=0.05\mu\text{m}$ 。该影响量远远小于量块长度偏差引入的不确定度, 可以忽略不计, 则:

$$u_2(x) \approx 0.0\mu\text{m}$$

故矢高 x 引入的不确定度 $u(x) = 0.31\mu\text{m}$

$$c_2 \cdot u(x) = 15.06 \times 0.31 \mu\text{m} = 0.005 \text{ m}^{-1}$$

D. 5. 3 半弦长测量误差引入的不确定度 $u(y)$

半弦长使用投影仪进行测量, 投影仪的最大允许误差为: $\pm (4+L/25) \mu\text{m}$, 若半弦长 $y=7.50\text{mm}$, 可计算得到 $\Delta=4.6\mu\text{m}$, 估计为均匀分布, $k=\sqrt{3}$, 则:

$$u(y) = 4.6\mu\text{m} / \sqrt{3} = 2.66\mu\text{m}$$

$$c_3 \cdot u(y) = 8.64 \times 2.66 \mu\text{m} = 0.023 \text{ m}^{-1}$$

D. 6 合成标准不确定度的评定

依据 $u_c^2 = c_1^2 u_1^2(D_i) + c_2^2 u_2^2(x) + c_3^2 u_3^2(y)$ 可得

$$u_c = \sqrt{c_1^2 u_1^2(D_i) + c_2^2 u_2^2(x) + c_3^2 u_3^2(y)} = \sqrt{0.022^2 + 0.005^2 + 0.023^2}$$

$$u_c = 0.032 \text{ m}^{-1}$$

D. 7 扩展不确定度

取 $k=2$ 则

$$U = 2 \times 0.032 = 0.064 \text{ m}^{-1}$$

D. 8 测量不确定度的报告与表示

$$U = 0.07 \text{ m}^{-1}, k=2。$$