

球镜片 -1.00m^{-1} 顶焦度 测量结果不确定度评定

李学颖 李漫江 徐二虎

(新疆维吾尔自治区产品质量监督检验研究院, 新疆 乌鲁木齐 830011)

摘 要 本文介绍了单光球镜定配眼镜, 镜片度数在 -1.00m^{-1} 时顶焦度的试验方法及测量结果的不确定度的评定方法。详细论述了测量过程中各分量的不确定度, 最终给出测量结果的扩展不确定度, 以评定测量结果的质量, 找出主要影响因素。

关键词 定配眼镜 顶焦度 不确定度

中图分类号: TS959.7

文献标识码: A

文章编号: 1007-0745(2021)11-0061-02

1 概述

顶焦度: 以米为单位测得的镜片近轴顶焦距的倒数。球镜顶焦度反映镜片基本光度特性, 是眼镜矫正视力的功能指标。

球镜顶焦度测试方法: GB10810.1-2005《眼镜镜片 第1部分: 单光和多焦点镜片》。标准要求: 环境条件: $23^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ 。测试样品为单光球镜定配眼镜, 镜片度数: -1.00m^{-1} 。为了实现良好的测量效果, 此次测试研究主要采用焦度计检测规定的一级标准焦度计进行操作, 量值由顶焦度国家计量基准装置传递。测量之前需要将一级焦度计放置在适合的测试环境之中, 可以保证测试环境的温度在 25°C 左右, 需要提前保证一级焦度计在恒温环境下放置 24 小时, 随后在使用之前将其进行预热 20 分钟, 保证一级焦度计的精度选择控制在 0.01D 分度范围之内。测量时尽量保证被测镜片的成像中心与分划板保持十字重合, 确保棱镜度的显示值为 0 或相对较小的状态, 此时显示的读数也就是被检测镜片的顶焦度测量值。

2 测试结果的数学模型

依据 GB10810.1-2005 的技术和测试方式, 需要应用焦度计对被测镜片进行测试, 随后需要获得测量示值。在检验合格之后明确顶焦度的修正值, 最后得到最终的测量值, 也就是测试过程中显示的顶焦度值情况。数学模型为:

$$c = \emptyset + d$$

式中: c —被测镜片顶焦度的实际值;

$\emptyset$ —被测镜片顶焦度的测量值;

d —焦度计顶焦度的修正值。

由此可得灵敏度系数:

$$\frac{\partial c}{\partial \emptyset} = \frac{\partial c}{\partial d} = 1$$

各分量的不确定度: $u(\emptyset)$ 和 $u(d)$;

由于 $u(\emptyset)$ 和 $u(d)$ 相互独立, 则:

$$u_c = \sqrt{u(\emptyset)^2 + u(d)^2}$$

3 各分量的标准不确定度评定

3.1 顶焦度测量值的测量不确定度

在对标准不确定度进行分量分析时, 很容易出现重复测量过程中测量不确定度出现异常情况, 主要体现在以下几个方面: 第一, 操作人员在实际测量工作开展过程中容易出现镜片放置对中位置时出现位置层面的差异, 使得测量仪器的探测光束具体落点发生了变化, 而进一步引发了不确定度问题; 第二, 在顶焦度测量的温湿度环境方面, 如果测量环境的温度和湿度变化过大, 并没有控制在相对恒温、恒湿的前提之下, 很容易导致测量仪器的显示数值发生异常情况, 并引发不确定度情况; 第三, 如果在进行测试时, 所处设备环境的供电电源出现电压不稳的问题, 同样也会造成测量值的不确定度; 第四, 测量环境中如果存在外界杂光影响, 此类杂光也会对测量仪器造成干扰, 并进一步引发不确定度问题; 第四, 有些测量仪器, 特别是镜片支座内存在灰尘也进一步导致了测量仪器的光学效果难以充分发挥其作用, 呈现出负面的影响态度, 并进而引发不确定度问题。

3.1.1 随机效应不确定度分量

首先可以在重复的条件下对被测镜片开展反复测量, 由测量重复性引入的标准不确定度 $u_{\emptyset 1}$, 采用 A 类方法进行评定。

对标称值为 -1.00m^{-1} 的球镜验光镜片进行重复性测量, 得到一组测量列, 单位为 m^{-1} 。(如表 1)

平均值 $\bar{x} = -1.03\text{m}^{-1}$, 单次实验标准差 $s(x)$ 为:

$$s(x) = 0.005 \text{ m}^{-1}$$

A 类评定的标准不确定度 $u_{\emptyset 1}$:

$$u_{\emptyset 1} = s(\bar{x}) = \frac{s(x)}{\sqrt{10}} = 0.0016 \text{ m}^{-1}$$

3.1.2 系统效应引入的不确定度分量

(1) 数显式仪器的分辨力。标准焦度计的分辨力为 0.01 m^{-1} , 符合均匀分布, 则由分辨力引入的标准不确定度分量为:

$$u_{\emptyset 2} = \frac{0.01}{2\sqrt{3}} = 0.0029 \text{ m}^{-1}$$

表 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
-1.02	-1.03	-1.03	-1.03	-1.02	-1.03	-1.03	-1.03	-1.03	-1.03

表 2

不确定度来源		标准不确定度 (m^{-1})
顶焦度测量值的测量不确定度 $u()$	测量重复性引入的不确定度	0.0016
	由数显式仪器的分辨力引入的不确定度	0.0029
	由仪器自身的设计原理引起的不确定度	0.0029
	由“+/-”模式转换的非线性变化引入的不确定度	0.0029
	由被测镜片样品表面形状加工误差引入的不确定度	0.0029
焦度计的修正值 d 的测量不确定度 $u()$		0.0067

(2) 仪器自身的设计要素。自动对焦原理的焦度计计算软件对被测镜片开展测量之后, 所获得的测量数据需要进行处理, 以进一步得到后顶焦度。通过实验数据可以证明, 被测镜片的顶焦度显示值变化为 $\pm 0.01 \text{ m}^{-1}$, 按照均匀分布计算, 则:

$$u_{03} = \frac{0.01}{2\sqrt{3}} = 0.0029 \text{ m}^{-1}$$

(3) “+/-”模式转换。自动焦度计进行“+/-”模式转换过程中存在的顶焦度测量值同样也会发生非线性变化情况。根据实验数据可以表明, 出现此类模式转换的非线性变化所引发的顶焦度是指最大变化值为 0.01 m^{-1} 。如果同意按照均匀分布计算, 此不确定度分量为:

$$u_{04} = \frac{0.01}{2\sqrt{3}} = 0.0029 \text{ m}^{-1}$$

(4) 被测镜片样品加工误差。镜片加工时表面形状不均匀, 测量时镜片表面局部误差会引起顶焦度实测值的非线性变化, 实验数据表明, 由此引起的顶焦度示值的变化最大值约为 0.01 m^{-1} , 按照均匀分布计算, 其标准不确定度为:

$$u_{05} = \frac{0.01}{2\sqrt{3}} = 0.0029 \text{ m}^{-1}$$

受到被测镜片矢高误差的影响, 当将被测镜片放置于镜片支座之后, 需要用焦度计进行镜片后顶焦度的测量, 在此测量过程中需要应用自动对焦原理, 让焦度计的测量结果充分显现。在测量过程中, 平行光线会通过被测镜片, 随后发生偏转情况, 并在通过带孔光阑之后, 落至于光电位置的探测机制上, 因此被测镜片的后顶焦度值在测量过程中需要有焦度计的镜片、焦度计支座平面、带孔光阑以及光电位置探测器等多重距离要素进行综合测定。但不容忽视的是, 在实际测量过程中, 被测镜片的后表面并没有呈现出平面的状态, 这也造成了被测镜片的后顶点无法与焦度计的镜片支座完全重合, 呈现出相对平面的重合状态, 造成镜片的后表面曲率出现异常问题, 因此被测镜片的后顶点直至镜片支座平面存在的矢高问题, 也容易造成矢高偏差等等, 并进一步引发不确定度情况。综上所述, 使用自动对焦式焦度计检测定配眼镜镜片顶焦度时所得到的实

测值的测量不确定度为:

$$u(\emptyset) = \sqrt{u_{01}^2 + u_{02}^2 + u_{03}^2 + u_{04}^2 + u_{05}^2} = 0.006 \text{ m}^{-1}$$

3.2 焦度计的修正值 d 的测量不确定度

根据顶焦度量值传递的规定, 上一级顶焦度基准装置的扩展不确定度为 $U=0.01 \text{ m}^{-1} \sim 0.02 \text{ m}^{-1}$ ($k=3$), 因此焦度计顶焦度修正值引入的不确定度为 $u(d)$:

$$u(d) = \frac{0.02}{3} = 0.0067 \text{ m}^{-1}$$

4 合成标准不确定度

标准不确定度汇总表如上表 2 所示。

表 2 中各不确定度分量相互独立, 故合成标准不确定度 u_c 为:

$$u_c = \sqrt{u(\emptyset)^2 + u(d)^2} = \sqrt{0.006^2 + 0.0067^2} = 0.0090 \text{ m}^{-1}$$

5 扩展不确定度

扩展不确定度 U , 取包含因子 $k=2$, 则:

$$U = k \times u_c = 2 \times 0.0090 \text{ m}^{-1} = 0.018 \text{ m}^{-1} \approx 0.02 \text{ m}^{-1}$$

6 测量结果不确定度的报告

使用焦度计测量 -1.00 m^{-1} 的球镜镜片顶焦度的扩展不确定度为: $U=0.02 \text{ m}^{-1}$ ($k=2$)。

7 结语

测量不确定度是以表征合理赋予被测量的值的分散性, 它是测量结果含有的一个参数, 因此可以将测量的不确定度看作测量过程中受到误差影响的科学性描述。本文针对球镜片 -1.00 m^{-1} 顶焦度测量结果不确定度开展分析, 首先论述了测试数学模型, 其次根据不同分量的标准不确定度、合成标准的不确定度、扩展不确定度等进行综合评定, 以期能够对我国相关领域的研究提供一定参考。^[1-2]

参考文献:

- [1] 中国国家标准化管理委员会. GB/T 27418-2017《测量不确定度评定和表示》[S]. 北京: 中国标准出版社, 2017.
- [2] 中国国家标准化管理委员会. GB 10810.1-2005《眼镜镜片 第1部分: 单光和多焦点镜片》[S]. 北京: 中国标准出版社, 2005.