



中华人民共和国国家计量检定规程

JJG 580—2005

焦 度 计

Focimeters

2005 - 12 - 20 发布

2006 - 06 - 20 实施

国家质量监督检验检疫总局 发布

焦度计检定规程

**Verification Regulation
of Focimeters**

JJG 580—2005
代替 JJG 580—1996

本规程经国家质量监督检验检疫总局于 2005 年 12 月 20 日批准，并自 2006 年 6 月 20 日起施行。

归 口 单 位：全国光学计量技术委员会

起 草 单 位：中国计量科学研究院

本规程委托全国光学计量技术委员会负责解释

本规程主要起草人：

王莉茹 （中国计量科学研究院）

参加起草人：

张吉焱 （中国计量科学研究院）

刘文丽 （中国计量科学研究院）

马振亚 （中国计量科学研究院）

姜石峰 （中国计量科学研究院）

目 录

1 范围	(1)
2 引用文献	(1)
3 术语和计量单位	(1)
3.1 焦度计	(1)
3.2 后顶焦度	(1)
3.3 镜片支座	(1)
3.4 棱镜度	(1)
3.5 球镜片	(1)
3.6 柱镜片	(2)
3.7 焦度计的非线性误差 (自动对焦原理)	(2)
3.8 焦度计的中心误差 (手动调焦原理)	(2)
4 概述	(2)
4.1 测量原理	(2)
4.2 分类	(4)
4.3 级别	(4)
4.4 用途	(4)
4.5 参考波长	(4)
5 计量性能要求	(4)
5.1 顶焦度示值误差	(4)
5.2 非线性误差	(5)
5.3 棱镜度示值误差	(5)
5.4 一级标准焦度计的测量重复性	(5)
5.5 中心误差	(5)
5.6 轴位标记偏差	(5)
5.7 透镜光学中心标记偏差	(5)
5.8 可调挡板平行度偏差	(5)
6 通用技术要求	(6)
6.1 外观要求	(6)
6.2 机械结构	(6)
6.3 测量范围	(6)
6.4 打印标记	(7)
6.5 视差	(7)
6.6 支座结构	(7)
7 计量器具控制	(7)
7.1 检定条件	(7)

7.2 检定项目	(8)
7.3 检定方法	(9)
7.4 检定结果的处理	(11)
7.5 检定周期	(12)
附录 A 焦度计（眼镜专用）检定证书（内页）格式	(13)
附录 B 焦度计（角膜接触镜专用）检定证书（内页）格式	(14)
附录 C 焦度计（眼镜专用）检定记录表	(15)
附录 D 焦度计（角膜接触镜专用）检定记录表	(17)
附录 E 焦度计顶焦度测量结果的不确定度分析	(19)

焦度计检定规程

本规程修改采用 OIML R 93 国际建议的内容，部分采用 ISO 9342 - 2 国际标准的内容。

1 范围

本规程适用于测量眼镜镜片和测量角膜接触镜两种用途的焦度计的首次检定、后续检定和使用中检验。

焦度计的型式评价中对计量性能的要求可参照本规程执行。

2 引用文献

Focimeters, International Recommendation, OIML R 93 Edition 1999 (E)

GB 17341—1998《焦度计》

JJG 2090—1994《顶焦度计量器具检定系统》

ISO9342 - 2: 2005 Ophthalmic optics and instruments - Test lenses for calibration of focimeters—Part 2: Test lenses for focimeters used for measuring contact lenses

使用本规程时应注意使用上述引用文献的现行有效版本。

3 术语和计量单位

3.1 焦度计

用于测量眼镜镜片（含角膜接触镜镜片）的顶焦度和棱镜度，确定镜片的光学中心、轴位和打印标记，检查镜片是否正确安装在镜架中的测量仪器。

焦度计根据测量对象分为测量眼镜镜片用和测量角膜接触镜用两种。

3.2 后顶焦度

以米为单位测得的镜片近轴后顶焦距的倒数。镜片后顶点到后焦点的距离称为后顶焦距（见图 1），以符号 l_f 表示，它的倒数称为后顶焦度，即 $1/l_f$ 。后顶焦度的表示单位为米的倒数，量纲为 m^{-1} ，单位名称为屈光度，以符号 D 表示。

一个镜片含有前、后两个顶焦度。如不做特别说明，眼镜片的顶焦度均指其后顶焦度。

3.3 镜片支座

仪器用于放置被测眼镜镜片或接触镜片、带有通光孔径的支座。

焦度计测量所得的是镜片靠放在支座那一面的顶焦度。

3.4 棱镜度

光线通过镜片某一特定的点后所产生的偏离。棱镜度的表示单位为厘米每米（cm/m），单位名称为“棱镜屈光度”，以符号 Δ 表示。

3.5 球镜片

将近轴平行光束会聚到一个焦点上的镜片。

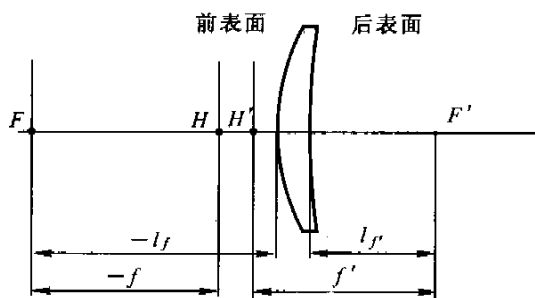


图1 镜片后顶焦距示意

注：本定义也适用于单光非球镜片。

3.6 柱镜片

将近轴平行光束会聚到两个分离的、相互正交的焦线上，与球镜片不同，具有两个主顶焦度的镜片。其中一个主顶焦度可能为零，其对应的焦线位于无穷远。

柱镜片包括复曲面镜片、球柱联合镜片以及单散镜片。

3.7 焦度计的非线性误差（自动对焦原理）

由于软件过修正或其他非正常原因导致焦度计在镜片不同轴位方向所给出的测量值不一致、示值呈非规律性变化的误差。

3.8 焦度计的中心误差（手动调焦原理）

未放置镜片时仪器的残余棱镜度误差。

4 概述

4.1 测量原理

焦度计按测量原理分为自动对焦原理和手动调焦原理两类（见图2和图3）。

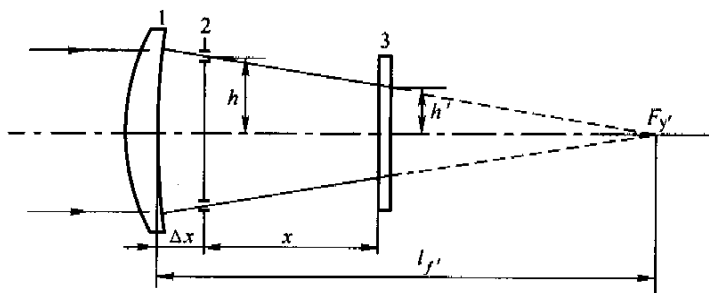


图2 自动对焦原理的焦度计示意

1—被测镜片；2—带孔光阑；3—光电位置探测器

由图2所示，平行光线经被测镜片1后发生偏转，经过带孔光阑2，落在光电位置探测器3上。

由图可见：

$$h'/h = (l_{f'} - \Delta x - x) / (l_{f'} - \Delta x)$$

$$l_{f'} = [xh + \Delta x (h - h')] / (h - h')$$

式中： h , h' ——分别为光线在光阑与光电位置探测器处的高度；

Δx , x ——分别为被测镜片后顶点至光阑的距离，以及光阑至光电位置探测器的距离；

$l_{f'}$ ——被测镜片后顶焦距。

根据顶焦度定义有：

$$\Phi_v = l/l_{f'} = (h - h') / [xh + \Delta x (h - h')]$$

式中： Φ_v 的单位为 D； h , h' , x 与 Δx 的单位为 m。

因 h , x 与 Δx 已知，测得 h' 后，自动对焦原理的焦度计将自动得出被测镜片的顶焦度值。

如图 3 所示，在焦度计未放被测镜片 3 时，标记分划板 T，位于准直光管物镜 1 的焦平面上，可在读数望远镜 2 中获得清晰的标记 T 的像。若在焦度计放上被测镜片 3 后，则需沿光轴移动标记分划板 T，才能再次在读数望远镜 2 中获得清晰的标记分划板 T 的像。

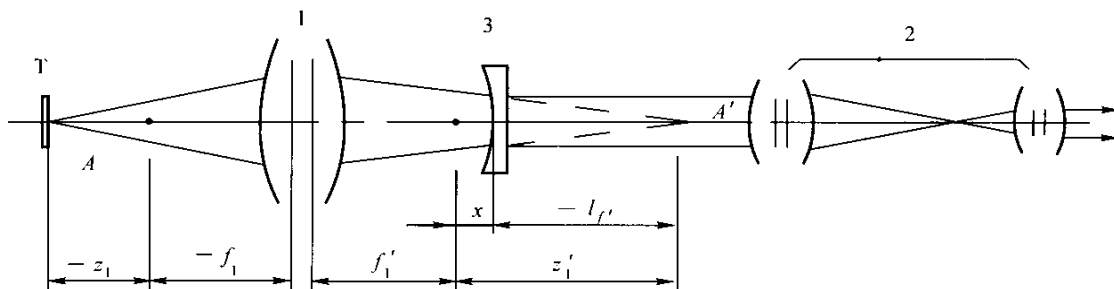


图 3 目视调焦原理的焦度计示意

1—准直光管物镜；2—读数望远镜；3—被测镜片；T—标记分划板

设：标记分划板 T 的沿轴移动量为 z_1 ，移动后 T 位于 A 点处；被测镜片的顶焦度为 Φ_v ，由此可推导出 Φ_v 与 z_1 的关系式。

对于准直光管物镜 1 来讲，位置 A 的像点为 A'。准直光管物镜 1 的焦距为 f' 。根据牛顿公式有：

$$z_1 z'_1 = -f'^2$$

$$z'_1 = -\frac{f'^2}{z_1}$$

当读数望远镜能清晰看见分划板 T 的像时，A' 点应位于被测镜片的后焦点上，从被测镜片后顶点到其后焦点的距离为后顶焦距 $l_{f'}$ ，镜片后顶点到焦度计镜片支座之间

的距离为 x ，由图 3 可见：

$$\begin{aligned} z'_1 &= -l_{f'} + x \\ l_{f'} &= -z'_1 + x \end{aligned}$$

根据顶焦度定义可得：

$$\Phi_v = \frac{1}{l_{f'}} = \frac{z_1}{f'^2_1 + xz_1}$$

当 $x = 0$ 时有：

$$\Phi_v = \frac{1}{l_{f'}} = \frac{z_1}{f'^2_1}$$

即被测镜片的顶焦度与标记 T 的轴向位移量成正比。根据测得的 z_1 ，即可获得被测眼镜片的顶焦度。

4.2 分类

自动对焦原理的焦度计一般为数字显示式。

手动调焦原理的焦度计分为投影式和目视式两种，按显示方式又分为连续显示式与数字舍入式两种。

4.3 级别

按照 JJG 2090—1994《顶焦度计量器具检定系统》的规定，测量眼镜镜片用的焦度计又分为一级标准焦度计、二级标准焦度计和工作用焦度计。

4.4 用途

测量眼镜镜片的顶焦度及其他参数，可使用任何类别的焦度计。

测量角膜接触镜的后顶焦度，规定使用手动调焦原理的焦度计。

测量验光镜片箱的计量性能，规定使用一级标准焦度计。

4.5 参考波长

焦度计所采用的参考波长应为： $\lambda_c = 546.07 \text{ nm}$ 。

采用其他光源的焦度计，均应按上述参考波长进行检定。

5 计量性能要求

5.1 顶焦度示值误差

5.1.1 零位误差

5.1.1.1 各类焦度计的零位误差不得超过 $\pm 0.03 \text{ m}^{-1}$ 。

5.1.1.2 一级标准焦度计在规定的预热时间后，其柱镜度零位示值误差不得超过 $\pm 0.02 \text{ m}^{-1}$ 。

5.1.2 示值误差

5.1.2.1 各类焦度计的示值误差不得超过表 1 的规定。表 1 给出的示值误差适用于对任何材料的眼镜镜片进行顶焦度测量。

5.1.2.2 一级标准焦度计的读数分辨力为 0.01 m^{-1} ，其柱镜度示值误差不得超过 $\pm 0.03 \text{ m}^{-1}$ ；二级标准焦度计的读数分辨力至少应为 0.12 m^{-1} ，二级标准焦度计及工作用焦度计的柱镜度示值误差不得超过 $\pm 0.06 \text{ m}^{-1}$ 。

用于对外出具公正数据（如产品计量和质检）的技术机构所使用的焦度计应满足一级标准焦度计的示值误差要求。

表 1 屈光度 (m^{-1})

顶焦度测量范围		示值误差
$[-5, 0)$	$(0, +5]$	± 0.06
$[-10, -5)$	$(+5, +10]$	± 0.09
$[-15, -10)$	$(+10, +15]$	± 0.12
$[-20, -15)$	$(+15, +20]$	± 0.18
$(-\infty, -20)$	$(+20, \infty)$	± 0.25

5.2 非线性误差

一级标准焦度计顶焦度示值的非线性误差不得超过 $\pm 0.06 \text{ m}^{-1}$ ；二级标准焦度计及工作用焦度计顶焦度示值的非线性误差不得超过 $\pm 0.09 \text{ m}^{-1}$ 。

用于对外出具公正数据（如产品计量和质检）的技术机构所使用的焦度计应满足一级标准焦度计的非线性误差要求。

5.3 棱镜度示值误差

各类焦度计的棱镜度示值误差不得超过表 2 的规定。表 2 给出的示值误差适用于对任何材料的眼镜镜片进行棱镜度测量。

表 2 棱镜屈光度 (cm/m)

棱镜度测量范围	示值误差
$(0, 5]$	0.1
$(5, 10]$	0.2
$(10, 15]$	0.3
$(15, 20]$	0.4
$(20, \infty)$	0.5

5.4 一级标准焦度计的测量重复性

一级标准焦度计的测量重复性应符合在 0.03 m^{-1} 以内。

用于对外出具公正数据（如产品计量和质检）的技术机构所使用的焦度计应满足一级标准焦度计的测量重复性要求。

5.5 中心误差

焦度计的中心误差不得超过 0.1 cm/m 。

5.6 轴位标记偏差

焦度计轴位度盘 $0^\circ \sim 180^\circ$ 方向（或称参考方向）与轴向标记间的偏差不得大于 1° 。

5.7 透镜光学中心标记偏差

焦度计透镜光学中心的轴位标记与焦度计光轴间的偏差不得大于 0.4 mm。

5.8 可调挡板平行度偏差

焦度计可调挡板与轴位度盘 $0^\circ \sim 180^\circ$ 方向的位置平行度偏差不得大于 1° 。

6 通用技术要求

6.1 外观要求

6.1.1 焦度计应有铭牌标志, 标明仪器名称、型号、生产企业、仪器编号、生产日期及  标志等。铭牌应牢固, 字迹清晰。

6.1.2 焦度计各活动部分的配合应松紧适度; 读数手轮应转动灵活、定位准确; 可调挡板运动平稳; 打印机构转动轻便、标记清晰。

6.1.3 焦度计光学系统成像应清晰, 视场内或投影屏及读数窗的亮度应均匀、无油迹、水渍、霉点以及明显影响读数的其他缺陷。

6.1.4 连续显示式焦度计的刻线要平直、均匀、字迹明显、无断线, 刻度尺与指标线之间应平行, 并以不同颜色区别正负顶焦度。数字显示式焦度计的正负号及数码显示应完整、无断笔, 示值稳定, 无明显的漂移和闪烁。

6.2 机械结构

焦度计的机械结构应满足下列条件。

6.2.1 能够测量直径为 80 mm、中心厚度为 20 mm 的镜片。

6.2.2 以不少于焦度计光轴 10 mm 的位置为基点, 使放置在镜片支座上的被测镜片可以沿着垂直于焦度计光轴和可调挡板的方向上, 进行不小于 30 mm 距离的平行移动 (见图 4)。

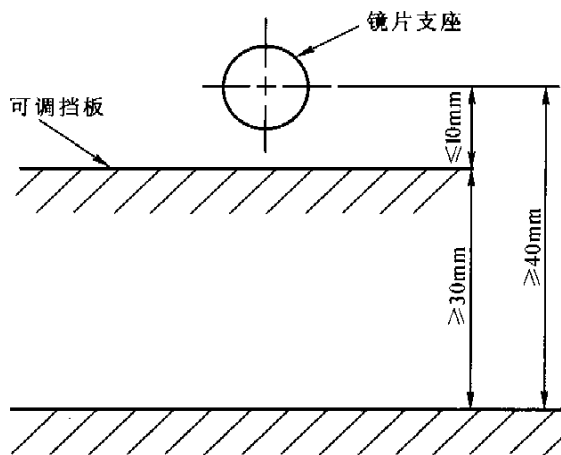


图 4 可调挡板的移动距离示意

6.3 测量范围

焦度计的实际测量范围应与生产厂家明示的测量范围相一致, 其顶焦度测量范围至少应满足 $(-20 \sim +20) \text{ m}^{-1}$; 棱镜度测量范围至少应满足 $(0 \sim 5) \text{ cm/m}$ 。

焦度计应能满足柱镜片在 $0^\circ \sim 180^\circ$ 方向的轴位测量。并可确定棱镜片在 $0^\circ \sim 360^\circ$ 之间基底的轴位方向。

注：便携式焦度计的测量范围至少应满足 $(-15 \sim +15) \text{ m}^{-1}$ 。

6.4 打印标记

焦度计打印标记的点迹直径不得大于 0.5 mm 。

6.5 视差

目视手动调焦原理的焦度计的视差不得大于 0.1 cm/m 。

6.6 支座结构

焦度计镜片支座的设计不得因引入过量的矢高误差而影响测量准确度。

6.6.1 用于测量眼镜镜片的各类焦度计，其镜片支座的孔径直径应在 $(5 \sim 9) \text{ mm}$ 之间（见图 5）。

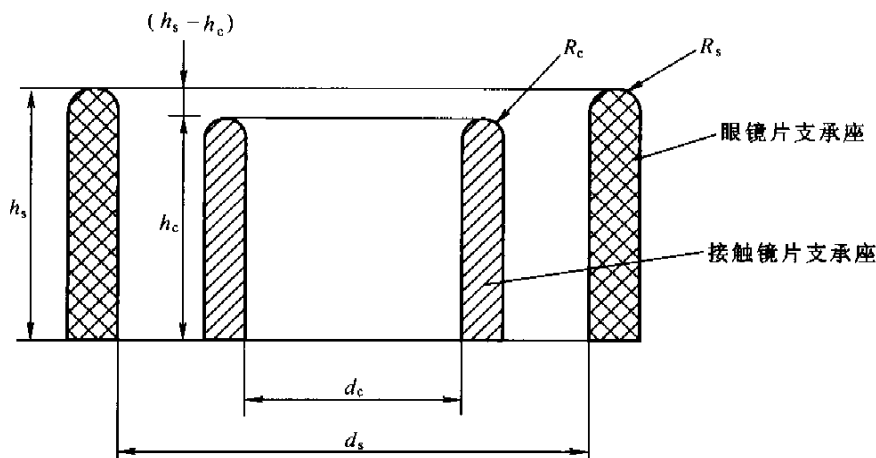


图 5 镜片支座示意

6.6.2 用于测量角膜接触镜的手动调焦原理的焦度计，其镜片支座的孔径直径应为 $(4.5 \pm 0.5) \text{ mm}$ ，其结构设计应按规定进行（见图 5）。

图 5 中：

$$R_s = (0.125 \sim 0.25) \text{ mm}, R_c = 0.5 \text{ mm}$$

$$d_s = (5.00 \sim 9.00) \text{ mm}, d_c = (4.50 \pm 0.50) \text{ mm}$$

$$h_s - h_c = (0.55 \pm 0.02) \text{ mm}$$

7 计量器具控制

计量器具控制包括首次检定、后续检定和使用中检验。

7.1 检定条件

7.1.1 计量标准

根据焦度计的测量对象，计量标准又分为眼镜片用顶焦度标准镜片（以下简称标准

镜片)和角膜接触镜专用顶焦度标准镜片(以下简称专用标准镜片)两种。

7.1.1.1 眼镜片用顶焦度标准镜片

标准镜片分为球镜片、柱镜片和棱镜片三种。标准镜片的不确定度为 $(0.02 \sim 0.03) \text{ m}^{-1}$ ($k=3$)。其中:

球镜片由 -2.5 , -5 , -10 , -15 , -20 , -25 m^{-1} 和 $+2.5$, $+5$, $+10$, $+15$, $+20$, $+25 \text{ m}^{-1}$ 共12片组成。

柱镜片由一块 $+5 \text{ m}^{-1}$ 的矩形平柱镜以及示值为 -1.5 m^{-1} 和 $+1.5 \text{ m}^{-1}$ 的两块复曲面柱镜组成。

棱镜片由2, 5, 10, 15, 20 cm/m共5块组成。

7.1.1.2 角膜接触镜专用顶焦度标准镜片

专用标准镜片由 -5 , -10 , -15 , -20 m^{-1} 和 $+5$, $+10$, $+15$, $+20 \text{ m}^{-1}$ 共8片球镜片组成。专用标准镜片的不确定度为 0.04 m^{-1} ($k=3$)。

7.1.1.3 辅助工具

1°分度的量角器。

最小格值为0.02 mm的卡尺。

7.1.2 环境条件

室内,无阳光直射。

温度: $(20 \pm 5)^\circ\text{C}$ 。

相对湿度: $< 85\% \text{ RH}$ 。

7.1.3 其他要求

电源电压: $(220 \pm 20) \text{ V}$ 。

7.2 检定项目

见表3。

表 3

检定项目	首次检定	后续检定	使用中检验
外观	+	-	-
可调挡板移动距离	-	-	-
支座结构	+	-	-
镜片放置空间	-	-	-
视差	+	+	+
测量范围	+	-	-
打印标记	+	-	-
中心误差	+	+	+
零位误差	+	+	+
顶焦度示值误差	+	+	+

表 3 (续)

检定项目	首次检定	后续检定	使用中检验
非线性误差	+	+	+
棱镜度示值误差	+	+	+
测量重复性	+	+	+
轴位标记误差	+	+	+
光学中心标记误差	+	+	+
可调挡板平行度误差	+	+	+
注：“+”表示应检项目，“-”表示可不检。			

7.3 检定方法

7.3.1 通用技术要求的检定

7.3.1.1 外观及其他

目视观察和手动相结合，按 6.1 ~ 6.3 规定的各项内容进行检查，并在原始记录有关栏目中填写检查结果。

7.3.1.2 打印标记

取任一镜片在焦度计上打印标记之后，用卡尺测量点迹直径，其值不得超过 6.4 的规定。

7.3.1.3 视差

把一张白纸插入目视调焦原理焦度计的光路中，在白纸的衬托下将焦度计的目镜十字分划板调焦清晰。取出白纸，再对焦度计读数视场内的目标像分划板进行调焦，直至清晰为止。

此时，操作人员在目镜上方左右移动视线，目测观察十字分划板与目标像之间是否重合，其偏差不应超过 6.5 的规定。

7.3.1.4 支座结构

用卡尺测量眼镜镜片支座的内径，其值不应超过 6.6.1 的规定。

用卡尺测量接触镜片专用支座的内径，其值不应超过 6.6.2 的规定。

7.3.2 计量性能的检定

对自动对焦原理的焦度计进行检定时，应首先将仪器的阿贝数设定在 (59 ± 4) 的条件下，同时将焦度计对柱镜片的显示模式设置在“mix (+/-)”状态下。

注：1 各种不同材料的眼镜镜片的后顶焦度测量均应参照上述规定执行。

2 测量眼镜片或配装眼镜时，应首先将其设定在“球-柱同号”的状态下。

对手动调焦原理的焦度计进行检定时，应按照 7.3.1.3 的步骤首先消除操作人员的视差。

7.3.2.1 测量眼镜镜片用焦度计

a) 顶焦度示值误差的检定

焦度计顶焦度示值误差的检定均指对其后顶焦度的检定（见图 6）。

注：眼镜镜片的顶焦度测量应遵照此规定执行（某些多焦点镜片可按特殊要求测量前顶焦度）。

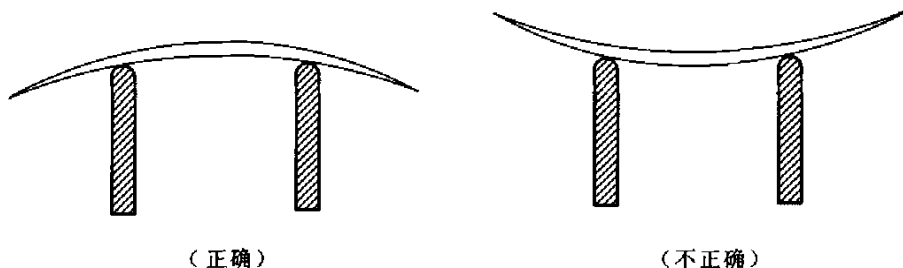


图 6 眼镜片后顶焦度测量示意

1) 零位误差

焦度计的支座上不放任何镜片，目测观察或调焦至目标像清晰，此时所对应的顶焦度示值为零位误差，其值应满足 5.1.1.1 的要求。

一级标准焦度计按规定预热后，取小于 $+10 \text{ m}^{-1}$ 或大于 -10 m^{-1} 的任意一个球镜标准片放在支座上对中，此时所显示的柱镜度示值不应超过 5.1.1.2 的要求。

2) 球镜度示值误差的检定

将标准镜片逐个放在焦度计上进行测量，每个镜片至少独立测量三次并读数，取三次读数值的平均值作为该镜片的实际测量值，用 D_m 表示。若该标准镜片的标准值为 D_n ，则被检焦度计的顶焦度示值误差 d_D 为：

$$d_D = D_m - D_n$$

其值不得超过 5.1.2.1 的要求。被测焦度计的顶焦度修正值为：

$$\text{修正值} = -d_D$$

3) 柱镜度示值误差的检定

将 $+1.50 \text{ m}^{-1}$ 和 -1.5 m^{-1} 的柱镜标准片分别放在一级标准焦度计的支座上，测量负柱镜时应将焦度计的“+/-”号设在“-”处；测量正柱镜时应将焦度计的“+/-”号设在“+”处。测量应在 $0^\circ \sim 180^\circ$ 的水平方向进行，取三次独立测量的读数平均值作为该镜片的实际测量值。实测值与标准值之间的偏差不得超过 5.1.2.2 的要求。

b) 非线性误差的检定

将外形为八角状（每角 45° ）的 $+1.50 \text{ m}^{-1}$ 和 -1.50 m^{-1} 的柱镜标准片分别置于支座上，使其任意一角的工作面紧靠可调挡板，柱镜标准片与可调挡板一起移动，同时调焦使镜片所成的亮线通过度盘分划板的中心，并读取相应的顶焦度示值。然后顺时针旋转柱镜标准片，将与其相邻的那个角的工作面再次紧靠可调挡板，重复上面的动作，再次读取相应的顶焦度示值。依此类推，分别得到八个工作面的顶焦度测量值后，选取其中最大值与最小值之间的偏差作为非线性误差，不得超过 5.2 的要求。

注：也可根据需要，将柱镜标准片的工作面脱离可调挡板，放在任意可调的位置上。每旋转 20° 读取一次示值，并取其中最大值与最小值之间的偏差作为非线性误差，不得超过 5.2 的要求。

c) 棱镜度示值误差的检定

首先使焦度计的顶焦度示值为零。然后将棱镜标准镜片逐片放在支座上, 旋转棱镜片使之分别落在 0° 和 180° 方向上各一次, 并读取相应的棱镜度示值。选取两个数据之间与标准值偏差最大的数据作为其实际测量值, 用 $\Delta_{\max}$ 表示。若棱镜标准镜片的标准值为 Δ_0 , 则该焦度计的棱镜度示值误差 d_Δ 为:

$$d_\Delta = \Delta_{\max} - \Delta_0$$

其值不得超过表 2 的规定。被测焦度计的棱镜度修正值为:

$$\text{修正值} = -d_\Delta \text{ (应标明方向)}$$

d) 测量重复性的检定

根据 7.3.2.1a) 的检定记录, 从每个镜片独立测量三次得到的读数中, 取其最大和最小两个读数值之差作为被测一级标准焦度计的测量重复性, 其值不得超过 5.3 的规定。

e) 中心误差的检定

将手动调焦原理焦度计的读数手轮快速调至零位处。在不放镜片的情况下精细调焦后, 然后观测焦度计的目标像与十字分划板的中心是否重合, 两者之间的偏差不得超过 5.4 的要求。

f) 轴位标记的检定

将 $+5 \text{ m}^{-1}$ 的矩形标准平柱镜放在支座上, 调整其位置, 并调焦使柱镜轴线所成的亮线与焦度计的轴位度盘 $0^\circ \sim 180^\circ$ 方向重合, 此时在柱镜面上打印标记。

用量角器测量标记三点所连的直线与柱面标准镜片基线的夹角, 其值不得超过 5.5 的规定。

g) 光学中心标记的检定

使用 $+15 \text{ m}^{-1}$ 的球镜标准镜片, 首先在焦度计上对好中心, 使棱镜度为零, 并打印中心标记。将该镜片旋转 180° 后, 再次对中至棱镜度为零, 并打印标记。两次中心标记之间距离的一半不得超过 5.6 的规定。

h) 可调挡板平行度的检定

把矩形标准平柱镜置于支座上, 让其工作基面 (无刻字一面) 紧靠可调挡板。使柱面标准镜片与可调挡板一起移动, 同时调焦使镜片所成的亮线通过度盘分划板的中心。此时, 该亮线与度盘 $0^\circ \sim 180^\circ$ 方向的角偏差不得超过 5.7 的规定。

7.3.2.2 接触镜用焦度计的检定

a) 顶焦度示值误差的检定

将专用标准镜片逐片放在接触镜专用支座上, 调焦清晰, 每片至少独立测量四次, 取四次读数值的平均值作为该点的实际测量值, 按照 7.3.2.1a) 2) 规定的方法计算其示值误差, 该误差不得超过表 1 的规定。

b) 其他

接触镜用焦度计如需进行其他参数的检定, 应参照眼镜片用焦度计的项目和方法进行。

7.4 检定结果的处理

7.4.1 把检定中所测得的数据参照附录 C 或 D 中的表格记录下来, 计算其示值误差。

再根据本规程的要求，判定焦度计是否合格。

首次检定和后续检定的焦度计要求全部指标均合格。使用中检验的一级标准焦度计，对 5.1.1.2 可放宽至允许偏差的 1.5 倍。

7.4.2 检定证书应指明各项指标是否符合计量性能要求或通用技术要求。

一级标准焦度计应在检定证书上予以注明。

7.4.3 检定证书上应注明测量对象和范围限制。如“本证书所给出的顶焦度修正值仅限于眼镜镜片（或接触镜）的测量”等。

7.4.4 合格的焦度计发给检定证书，不合格的焦度计发给检定结果通知书，并注明不合格项。

7.5 检定周期

焦度计的检定周期一般不超过 1 年。

附录 A

焦度计（眼镜专用）检定证书（内页）格式

检 定 结 果

一、计量性能

顶焦度示值 /m ⁻¹	0	+2.5	+5	+10	+15	+20	+25	-2.5	-5	-10	-15	-20	-25
修正值 /m ⁻¹													

棱镜度示值 /（cm/m）	2	5	10	15	20
修正值 /（cm/m）	_____方向	_____方向	_____方向	_____方向	_____方向

柱镜度示值/m ⁻¹	修正值/m ⁻¹	非线性误差/m ⁻¹
+1.5		
-1.5		

- 一级焦度计的测量重复性
- m⁻¹;
- 仪器中心误差（未放镜片时）
- cm/m;
- 0°~180°度盘方向与轴位标记的误差
- °;
- 可调工作台的平行度的误差
- °;
- 透镜光学中心与焦度计光轴的误差
- mm。

二、通用技术要求

- 外 观:
- 测量范围:
- 打印标记:
- 视 差（手动调焦式）:
- cm/m。
- 其 他:

注:

- 1 本证书所给出的顶焦度修正值仅适用于眼镜镜片的测量。
- 2 证书应给出各检定点的修正值，修正值是顶焦度示值误差的相反数，即修正值 = - d_D 。

附录 B

焦度计（角膜接触镜专用）检定证书（内页）格式

检 定 结 果

一、计量性能

顶焦度示值 /m ⁻¹	0	+ 5	+ 10	+ 15	+ 20	- 5	- 10	- 15	- 20
修正值/m ⁻¹									

柱镜片标准值 m⁻¹，实测值 m⁻¹；
0°~180°度盘方向与轴位标记的误差 °；
可调工作台的平行度的误差 °；
透镜光学中心与焦度计光轴的误差 mm。

二、通用技术要求

外 观：
测量范围：
仪器中心误差（未放镜片时）： cm/m。
打印标记：
视 差： cm/m。
其 他：

本证书所给出的顶焦度修正值仅适用于角膜接触镜的测量。

注：证书应给出各检定点的修正值，修正值是顶焦度示值误差的相反数，即修正值 = - d_v。

附录 C

焦度计（眼镜专用）检定记录表

送检单位			
制造厂名			
焦度计型号		仪器编号	
外观检查		测量范围	
0° ~ 180°度盘方向与轴位标记的误差			
可调工作台的平行度误差			
透镜光学中心与焦度计光轴的误差			
一级焦度计的测量重复性			
仪器中心误差 (未放镜片)		视差	
打印标记		其他	
室温		湿度	

检定员：
核验员：
日期： 年 月 日

球镜顶焦度示值误差的检定（眼镜专用）

顶焦度 标准值 /m ⁻¹	测量值/m ⁻¹			平均值 /m ⁻¹	修正值 /m ⁻¹	顶焦度 标准值 /m ⁻¹	测量值/m ⁻¹			平均值 /m ⁻¹	修正值 /m ⁻¹
	1	2	3				1	2	3		

棱镜度示值误差的检定

棱镜度标准值 /(cm/m)	测量值/(cm/m)			修正值 /(cm/m)	棱镜度标准值 /(cm/m)	测量值/(cm/m)			修正值 /(cm/m)
	0° 方向	180° 方向	$\Delta_{\max}$			0° 方向	180° 方向	$\Delta_{\max}$	

柱镜度示值误差的检定

柱镜度标准值 /m ⁻¹	测量值/m ⁻¹			平均值/m ⁻¹	修正值/m ⁻¹
	1	2	3		

非线性误差的检定

柱镜度标准值 /m ⁻¹	测量值/m ⁻¹								最大偏差 /m ⁻¹
	1	2	3	4	5	6	7	8	

注：1~8 应分别记录柱镜标准镜片顺时针转动时，在 8 个不同角平面上得到的测试值。

附录 D

焦度计（角膜接触镜专用）检定记录表

送检单位			
制造厂名			
焦度计型号		仪器编号	
外观检查		测量范围	
0°~180°度盘方向与轴位标记的误差			
可调工作台的平行度误差			
透镜光学中心与焦度计光轴的误差			
仪器中心误差 (未放镜片)		视差	
打印标记		其他	
室温		湿度	

检定员：

核验员：

日 期： 年 月 日

顶焦度示值误差的检定（角膜接触镜专用）

顶焦度 标准值 /m ⁻¹	测量值/m ⁻¹				平均值 /m ⁻¹	修正值 /m ⁻¹	顶焦度 标准值 /m ⁻¹	测量值/m ⁻¹				平均值 /m ⁻¹	修正值 /m ⁻¹
	1	2	3	4				1	2	3	4		

棱镜度示值误差的检定

棱镜度标准值 /(cm/m)	测量值/(cm/m)			修正值 /(cm/m)	棱镜度标准值 /(cm/m)	测量值/(cm/m)			修正值 /(cm/m)
	0° 方向	180° 方向	Δ_{max}			0° 方向	180° 方向	Δ_{max}	

柱镜度示值误差的检定

柱镜度标准值 /m ⁻¹	测量值/m ⁻¹			平均值/m ⁻¹	修正值/m ⁻¹
	1	2	3		

附录 E

焦度计顶焦度测量结果的不确定度分析

根据本规程规定的检定方法,本文分别给出了使用顶焦度标准镜片对两种不同测量原理的焦度计进行强制检定时,检定证书中所给出的被检焦度计的顶焦度修正值的测量结果的不确定度。其中包括 A 类和 B 类评定与分析、合成标准不确定度以及扩展不确定度的计算等。

E.1 基于自动对焦原理焦度计的测量不确定度评定

自动对焦原理的焦度计通常为数字显示式,并具有 0.01 m^{-1} 的读数分度。

E.1.1 建立数学模型

依据本规程,用顶焦度标准镜片对自动对焦原理的焦度计进行计量检定,并给出被检焦度计在各检定点的顶焦度修正值。

首先建立顶焦度修正值 c 的数学模型:

$$c = \Phi - d$$

式中: c ——为被检焦度计的顶焦度修正值;

Φ ——为顶焦度标准镜片的标准值;

d ——为被检焦度计的实际测量值。

由此可得灵敏系数: $\frac{\partial c}{\partial \Phi} = -\frac{\partial c}{\partial d} = 1$

各分量的标准不确定度为:

$$u_1 = u(\Phi)$$

$$u_2 = u(d)$$

由于 u_1 与 u_2 相互独立,则:

$$u_c = (u_1^2 + u_2^2)^{1/2}$$

E.1.2 分量标准不确定度分析

E.1.2.1 顶焦度标准值 Φ 的测量不确定度

由顶焦度标准镜片引起的不确定度,属 B 类评定。

按照 JJG2090—1994 的规定,经由上一级计量基准传递的顶焦度标准镜片的测量不确定度规定为 $(0.02 \sim 0.03) \text{ m}^{-1}$ ($k=3$),因此,顶焦度标准镜片的标准不确定度为 $0.03 \text{ m}^{-1} / 3 = 0.01 \text{ m}^{-1}$ 。则:

$$u_1 = u(\Phi) = 0.01 \text{ m}^{-1}$$

E.1.2.2 实际测量值 d 的测量不确定度

a) A 类评定

1) 测量人员在测量时对镜片进行光学对中、由于镜片的位置差异等因素造成自动焦度计的探测光束落点位置变化而引起的不确定度。

2) 由于温度、湿度变化引起自动焦度计的示值发生变化而引起的不确定度。自动焦度计对温度和湿度的影响较为敏感,尤其是在高屈光度区域。

3) 由于供电电源电压不稳而引起的不确定度。

4) 由于外界杂光对焦度计造成干扰而引起的不确定度。

5) 由镜片支座内的灰尘对焦度计的光学系统产生影响而引起的不确定度。

上述诸多原因均能造成焦度计探测光束落点位置的变化,从而引起顶焦度测量的误差。

实验数据表明,处于正常工作状态的自动对焦原理的焦度计,在规定的环境条件下重复测量所得到的顶焦度示值之间的最大偏差一般为 $(0.02 \sim 0.03) \text{ m}^{-1}$ 。

例如某型号的自动焦度计,在 -15.00 m^{-1} 处进行重复性测量时的发散最大。对其重复测量六次,分别得到:

$$-14.98 \text{ m}^{-1}, -14.97 \text{ m}^{-1}, -14.97 \text{ m}^{-1}, -14.98 \text{ m}^{-1}, -14.98 \text{ m}^{-1}, -14.99 \text{ m}^{-1}$$

六次测量值之间的最大发散为 0.03 m^{-1} 。

利用贝塞尔公式计算单次测量的实验标准差($n=6$),得到:

$$s = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{n-1}} = 0.010 \text{ D}$$

在实际工作中,要求每个点至少检定三次,得到平均值的实验标准差为:

$$s/\sqrt{3} = 0.006 \text{ m}^{-1}$$

则:

$$u(d_A) = 0.006 \text{ m}^{-1}$$

b) B类评定

B类标准不确定度由一个认定的或假定的概率密度函数得到。进行B类评定的主要分量有:

1) 由仪器自身的原理和结构引起的不确定度

当自动焦度计的数显分辨力为 $\delta = 0.01 \text{ m}^{-1}$ 时,其均匀分布的区间为:

$$[-\delta/2, +\delta/2]$$

由此可得到由自动焦度计的分辨力引起的标准不确定度为:

$$(\delta/2)/\sqrt{3} = 0.003 \text{ m}^{-1}$$

则:

$$u(d_{B1}) = 0.003 \text{ m}^{-1}$$

2) 由“+/-”模式转换的非线性变化引起的不确定度

自动焦度计进行柱镜符号“+/-”模式转换的计算过程中将引起顶焦度测量值的非线性变化。实验数据表明,由此引起的顶焦度示值的变化约在 $(0.02 \sim 0.03) \text{ m}^{-1}$ 之间。按照均匀分布计算,可知由模式转换引起的标准不确定度为:

$$(0.03 \text{ m}^{-1}/2)/\sqrt{3} = 0.009 \text{ m}^{-1}$$

则:

$$u(d_{B2}) = 0.009 \text{ m}^{-1}$$

综上所述,得到焦度计实际测量值 d 的测量不确定度为:

$$\begin{aligned} u(d) &= [u^2(d_A) + u^2(d_{B1}) + u^2(d_{B2})]^{1/2} \\ &= (0.006^2 + 0.003^2 + 0.009^2)^{1/2} \\ &= 0.011 \text{ m}^{-1} \end{aligned}$$

则: $u_2 = u(d) = 0.011 \text{ m}^{-1}$

E.1.3 合成标准不确定度

以上不确定度分量相互独立, 故合成标准不确定度 u_c 为:

$$\begin{aligned} u_c &= (u_1^2 + u_2^2)^{1/2} \\ &= 0.015 \text{ m}^{-1} \end{aligned}$$

E.1.4 扩展不确定度

自动焦度计顶焦度修正值 c 的测量扩展不确定度 U 应等于合成标准不确定度与包含因子 $k=2$ 的乘积 (对于一般计量器具, 包含因子可以取 $k=2$)。

由于: $U = k u_c \quad (k=2)$

则: $U = 2 \times 0.015 \text{ m}^{-1} = 0.030 \text{ m}^{-1} \quad (k=2)$

E.1.5 评定结果

根据上述的分析和评定过程, 可以得到被检自动焦度计的顶焦度修正值 c 的测量扩展不确定度为 0.03 m^{-1} 。

E.2 基于手动调焦原理焦度计的测量不确定度评定

手动调焦原理的焦度计的读数分度值通常为 0.12 m^{-1} , 由于其原理所限, 检定时应注意减少主观误差并消除视差。

E.2.1 建立数学模型

尽管目视焦度计的测量原理有别于自动焦度计, 但计量检定的步骤和方法是一致的。因此, 对其进行测量不确定度分析所建立的数学模型与自动焦度计是一致的。即:

$$c = \Phi - d$$

灵敏系数: $\frac{\partial c}{\partial \Phi} = -\frac{\partial c}{\partial d} = 1$

分量标准不确定度: $u_1 = u(\Phi)$
 $u_2 = u(d)$

由于 u_1 与 u_2 相互独立, 则:

$$u_c = (u_1^2 + u_2^2)^{1/2}$$

E.2.2 分量标准不确定度分析

根据手动调焦原理焦度计的工作原理和结构特点, 造成其顶焦度修正值 c 的测量结果的不确定度一般可以归结为以下几点:

- 1) 顶焦度标准镜片引入的标准不确定度;
- 2) 检定人员调焦重度测量引入的标准不确定度;
- 3) 由估读引入的标准不确定度;
- 4) 检定人员的视差引入的标准不确定度。

根据数学模型, 分别对以上几点进行分析。

E.2.2.1 顶焦度标准值 Φ 的测量不确定度

同上, 由于顶焦度标准镜片引起的不确定度, 属 B 类评定。

按照 JJG2090—1994 的规定, 经由上一级计量基准传递的顶焦度标准镜片的测量不确定度规定为 $(0.02 \sim 0.03) \text{ m}^{-1} \quad (k=3)$, 由此得到顶焦度标准镜片的标准不确定度为 $0.03 \text{ m}^{-1}/3 = 0.01 \text{ m}^{-1}$ 。则:

$$u_1 = u(\Phi) = 0.01 \text{ m}^{-1}$$

E.2.2.2 顶焦度实测值 d 的测量不确定度

a) A 类评定

检定过程中由于操作人员调焦读数引入的标准不确定度, 即: 在相同条件下多次调焦重复测量引起的测量不确定度。

实验数据表明, 对处于正常工作状态的手动调焦原理的焦度计, 其重复测量所得到的顶焦度示值之间的最大偏差一般在 0.06 m^{-1} 之间。

例如某型号的目视焦度计, 在 $+20.00 \text{ m}^{-1}$ 处进行重复性测量时的发散最大。对其重复测量六次, 分别得到:

$$+19.98 \text{ m}^{-1}, +20.00 \text{ m}^{-1}, +20.04 \text{ m}^{-1}, +20.02 \text{ m}^{-1}, +20.00 \text{ m}^{-1}, +20.02 \text{ m}^{-1}$$

六次测量值之间的最大发散为 0.06 m^{-1} 。

由贝塞尔公式计算单次测量的实验标准差 ($n=6$), 得到:

$$s = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{n-1}} = 0.021 \text{ D}$$

在实际工作中, 要求每个点至少检定三次, 得到平均值的实验标准差为

$$s/\sqrt{3} = 0.012 \text{ m}^{-1}$$

则:

$$u(d_A) = 0.012 \text{ m}^{-1}$$

b) B 类评定

1) 对焦度计估读而引入的不确定度

对于手动调焦原理的焦度计来说, 其读数手轮的刻度间隔直接影响到估读的准确性。如某型号的目视焦度计, 其最大刻度间隔为 0.25 m^{-1} 。对于训练有素的检定人员来说, 其估读精度应在分度值的 $1/5$ 左右。按照均匀分布计算, 可得到对目视焦度计的读数手轮进行估读引起的不确定度为:

$$(\delta/2)/\sqrt{3} = [(0.25/5)/2]/\sqrt{3} = 0.014 \text{ m}^{-1}$$

则:

$$u(d_{B1}) = 0.014 \text{ m}^{-1}$$

2) 由检定人员的视差引入的不确定度

实验数据表明, 检定人员的视差一般为估读精度的 $1/2$, 且为均匀分布。

因此可得到由检定人员的视觉差异而引入的标准不确定度为:

$$0.014 \text{ m}^{-1}/2 = 0.007 \text{ m}^{-1}$$

则:

$$u(d_{B2}) = 0.007 \text{ m}^{-1}$$

综上所述, 得到被检焦度计的顶焦度实测值 d 的测量不确定度为:

$$\begin{aligned} u(d) &= [u^2(d_A) + u^2(d_{B1}) + u^2(d_{B2})]^{1/2} \\ &= (0.012^2 + 0.014^2 + 0.007^2)^{1/2} \\ &= 0.020 \text{ m}^{-1} \end{aligned}$$

则:

$$u_2 = u(d) = 0.020 \text{ m}^{-1}$$

E.2.3 合成标准不确定度

由于以上不确定度分量相互独立, 故合成标准不确定度 u_c 为:

$$\begin{aligned}u_c &= (u_1^2 + u_2^2)^{1/2} \\&= (0.01^2 + 0.020^2)^{1/2} \\&= 0.022 \text{ m}^{-1}\end{aligned}$$

E.2.4 扩展不确定度

手动调焦原理的焦度计的顶焦度修正值 c 的测量扩展不确定度 U 应等于合成标准不确定度与包含因子 $k=2$ 的乘积(对于一般计量器具,包含因子可以取 $k=2$)。

则:

$$U = k u_c (k=2)$$

$$U = 2 \times 0.022 \text{ m}^{-1} = 0.044 \text{ m}^{-1} \quad (k=2)$$

E.2.5 评定结果

根据上述分析和评定过程,得到被检手动目视调焦原理的焦度计的顶焦度修正值 c 的测量扩展不确定度为 0.04 m^{-1} 。