

文章编号:1002-2082(2007)06-0806-03

红外光学系统焦距测量装置校准规范说明

王生云, 郑雪, 杨红, 张玫, 姜昌录

(西安应用光学研究所, 陕西 西安 710065)

摘要: 红外光学系统焦距测量装置是红外光学系统焦距校准和检测的技术手段之一。红外光学系统焦距测量装置校准规范不仅应用于计量部门,保证计量部门日常校准工作的准确性、一致性和可溯源性,同时为红外光学系统焦距测量装置生产部门提供了技术依据,满足红外光学系统焦距测量装置用户在申请各种认证过程中对红外光学系统焦距测量系统的要求。简要介绍红外光学系统焦距测量装置校准规范的主要构成和主要参数校准方法及不确定度评定。

关键词: 红外光学系统;焦距;校准规范

中图分类号: TH741.1

文献标志码: A

Explanation of calibration specification for IR optical focal length measuring equipment

WANG Sheng-yun, ZHENG Xue, YANG Hong, ZHANG Mei, JIANG Chang-lu
(Xi'an Institute of Applied Optics, Xi'an 710065, China)

Abstract: Calibration specification is the base for carrying out the calibration. Drafting the calibration specification of IR optical focal length measuring equipment is a very important object, it is the basic requirement for metrological assurance. The calibration specification of IR optical focal length measuring equipment not only applying to metrological service, to guarantee the accuracy, compatibility and traceability of daily calibration works, but provided the technology basis for the branch that produces infrared optics system focal distance measuring device, at the same time satisfies request of the consumer who use the infrared optics system focal distance measuring systematic in the process applying for various attestation. In this paper, construction, methods of calibration, and evaluation of uncertainty of the calibration specification for IR optical focal length measuring equipment are described.

Key words: IR optical system; focal length; calibration specification

引言

红外光学系统焦距测量装置是红外光学系统焦距校准和检测的技术手段之一。现代武器装备中配备的大量红外光学系统,起到了侦察、观瞄、制导等作用,光学系统要求像质优良、准确性好,具有满意的成像质量和光学性能。焦距是评价红外光学系统的最基本的性能参数。经过调研和查阅资料,目前,国内尚无红外光学系统焦距测量装置检定规程或相关技术规范。该校准规范可保证红外光学系统

焦距量值的统一和准确可靠,可提高红外光学系统产品质量,满足型号任务和国防军工科研生产的需要。

1 校准规范的主要构成

本校准规范由如下几部分构成:范围、被校红外光学系统焦距测量装置的用途和原理、计量特性、校准条件、校准项目、校准方法、不确定度评定、校准结果的处理和复校时间间隔。

1.1 被校红外光学系统焦距测量装置的用途和原理

1.1.1 用途

红外光学系统焦距测量装置主要用于(1~3) μm 、(3~5) μm 、(8~14) μm 3个波段红外透镜和红外光学系统焦距的测量。

1.1.2 原理

红外光学系统焦距测量装置由红外目标发生器、被测系统夹持器、红外探测接收系统、自动/手动调焦控制系统和数据采集处理系统等组成。

红外目标发生器,经被测系统成像在该系统的焦面上,用红外探测接收系统找到像后,记录该焦面坐标位置;然后给定符合近轴条件的像方出射角 ω ,转动被测系统和红外探测接收系统,再次找到该位置时经被测系统所成的像,测得像高 h 值,由公式(1)计算得出焦距 f'

$$f' = \frac{h}{\tan\omega} \quad (1)$$

1.2 计量特性

光学零件表面不应有目视可见的霉斑、脱膜、脱胶、麻点和划痕等。

被测系统夹持器、红外探测接收系统、自动/手动调焦控制系统工作时应平稳与灵活,无卡滞或急跳现象,锁紧时应牢固可靠,无松动现象。

红外光学系统焦距测量装置测量焦距的最大允许误差为 $\pm 1.2\%$ 。

1.3 校准用设备

本校准所用设备为焦距标准透镜。焦距标准透镜的指标要求十分准确与可靠,加工装配后的焦距标准透镜的实际值与理论值吻合,在长期使用中保持其性能稳定。校准时,可根据红外焦距测量装置的光谱范围、焦距测量范围、口径等来选取相应的焦距标准透镜。焦距标准透镜光学性能参数见表1。本校准所用焦距标准透镜的测量不确定度应优于红外光学系统焦距测量装置最大允许误差的1/3。

表1 焦距标准透镜光学参数

Table 1 Optical parameters of focal length standard lens

光谱范围/ μm	焦距/mm	相对孔径
1~3	50	1/1.5
	80	1/3
	150(单片)	1/6
	150(双片)	1/5
	250	1/8
	500	1/6
3~5	700	1/6
	80	1/3

续表 1

光谱范围/ μm	焦距/mm	相对孔径
8~14	150	1/5
	250	1/5
	65	1/2
	250	1/4

2 校准方法及数据处理

2.1 校准方法

采用标准透镜焦距法对红外光学系统焦距测量装置进行校准。焦距标准透镜的研制,结合实际应用情况,确定焦距标准透镜的光谱范围、型式和焦距值;精心进行光学设计;加工中精确测量焦距标准透镜的曲率半径、厚度、材料折射率及间隔等参数;装配时采用严格定中心装配、检测;将上述各实测值带入光学设计程序,计算出焦距值,将该值作为理论计算值。然后,用测量值与理论计算值比较,校准红外光学系统焦距标准装置。

2.2 测量步骤

1) 将焦距标准透镜安装在被测系统的夹持器上,调整光路,使焦距标准透镜中心与光轴重合。可用自动或手动方式寻找其焦面,用红外探测接收系统找到该焦面上的像。

2) 找出像方出射角为 0° 的对应像高位置,视为参考零位。

3) 分别找出并记录给定符合近轴条件的像方出射角 $+\omega$ 和 $-\omega$ 所对应的像高位置 h_1 和 h_2 。

4) 焦距标准透镜的焦距 f' 由(2)式计算:

$$f' = \frac{h_1 + h_2}{2 \tan\omega} \quad (2)$$

2.3 数据处理

红外光学系统焦距测量装置的焦距测量误差 $\Delta f'$ 按(3)式计算:

$$\Delta f' = \left| \frac{\bar{f}' - f'_0}{f'_0} \right| \times 100\% \quad (3)$$

式中: \bar{f}' 为焦距测量的算术平均值; f'_0 为焦距标准透镜的标准值。

2.4 测量结果不确定度评定

2.4.1 不确定度分量

1) 像高测量引入的不确定度分量 u_1

像高测量不确定度分量主要受步进电机的影响,其定位精度为 Δ_h ,标准不确定度 u_1 按(4)式计算:

$$u_1 = \frac{\Delta_h}{\sqrt{3} h} \quad (4)$$

式中: h 为焦距标准透镜像高; Δ_h 为机械定位误差。

2) 像方出射角 ω 引入的不确定度分量 u_2

像方出射角不确定度分量主要受旋转角精度影响,标准不确定度按(5)式计算:

$$u_2 = \frac{\Delta_\omega}{\sqrt{3} h} \quad (5)$$

式中: ω 是像方出射角; Δ_ω 为机械转角误差。

3) 焦距标准透镜引入的不确定度分量 u_3

u_3 为焦距标准透镜在设计、计算和加工制造中引入的不确定度分量。

4) 焦距标准透镜测量重复性引入的不确定度分量 u_4

焦距标准透镜在重复条件下进行 6 次测量,通过(6)式计算得到 u_4 。

$$u_4 = \frac{1}{f'_0} \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^6 (f'_i - \bar{f}')^2}{5}} \quad (6)$$

式中: f'_0 为焦距标准透镜的标准值; f'_i 为第 i 次焦距测量值; \bar{f}' 为焦距标准透镜焦距测量的算术平均值。

2.4.2 合成标准不确定度

因各分量间彼此独立,所以焦距测量的合成标准不确定度 u_c 按(7)式计算

$$u_c = \sqrt{u_1^2 + u_2^2 + u_3^2 + u_4^2} \quad (7)$$

2.4.3 扩展不确定度

扩展不确定度 U 按(8)式计算:

$$U = k u_c \quad (8)$$

2.5 复校时间间隔

红外光学系统焦距测量装置复校时间间隔一般为 2 年,也可根据其使用环境条件和使用频率,由用户方和校准单位商定复校时间间隔。

3 结束语

红外光学系统焦距测量装置是用于测量红外光学系统焦距的仪器。为了统一红外光学系统焦距测量装置测量量值,保证其测量结果的准确性和溯源性,我们编写了红外光学系统焦距测量装置校准规范,以满足生产和科研的需要。本规范采用焦距标准透镜对红外光学系统焦距测量装置最大允许误差进行校准,适用于各种红外光学系统焦距测量装置的校准。该标准执行以后,将对统一红外光学系统焦距测量装置测量量值和确保光学产品质量起到很好的促进作用。

参考文献:

- [1] 邹异松,刘玉凤,白延柱.光电成像原理[M].北京:北京理工大学出版社,1997.
- [2] 国防科工委计量军标秘书处,GJB/J 3756《测量不确定度的表示与评定》.北京:总装备部军标出版发行部,1999.