

·测试、试验与仿真·

扫描型红外探测系统指向精度的测量

王佳轶, 赵 亮, 孙宏宇

(东北电子技术研究所, 辽宁 锦州 121000)

摘 要:描述和分析了扫描型红外探测系统指向精度测量的必要性,并提出了一种扫描型红外探测系统指向精度的测量方法.该方法综合了内场测量和外场测量的优点,降低了系统在整个测量过程中由于检测设备的误差和检测方法不当所引起的偏差.并对误差产生的原因以及造成的结果进行了分析.有利于扫描型红外探测系统指向精度的高精度测量和校正.

关键词:扫描;红外探测;指向精度

中图分类号:TN215

文献标识码:A

文章编号:1673-1255(2010)03-0078-03

Pointing Accuracy Measurement of Scanning Type Infrared Detecting System

WANG Jia-yi, ZHAO Liang, SUN Hong-yu

(Northeast Research Institute of Electronics Technology, Jinzhou 121000, China)

Abstract: The necessity of the pointing accuracy measurement of scanning type infrared detecting system was described and analyzed, and a method of pointing accuracy measurement of scanning type infrared detecting system was put forward. Colligating the advantages of infield and outfield measurement, the method reduces the error caused by the detecting equipment error and improper detecting method in the whole process of measuring. The reason and the result of the error were analyzed. The method is beneficial to high precision measurement and correction of the pointing accuracy of scanning type infrared detecting system.

Key words: scanning; infrared detecting; pointing accuracy

扫描型红外探测系统主要是由光学接收系统、扫描机构、红外探测器以及后续的图像处理系统组成.在扫描机构的参与下,线列探测器可以对周围360°区域分别进行局部成像,并通过图像处理系统最终将其拼接成周视图或者给出相应的目标指示信息.为了能够更精准地确定目标,红外探测系统的指向精度应该引起使用者的足够重视.

1 指向精度测量的原理

一般红外探测系统的指向精度根据空间分布主要分为俯仰指向精度和方位指向精度,如图1所示.

其测量方法主要分为外场测量和内场测量2种.外场测量主要通过距离设备一定远处选取多个点源目标.红外探测系统对这些点源成像或者给出目标指示等信息.然后,用标准的检测设备测量该位置与目标点的角度是否与红外探测系统给出的角度一致或者误差满足指标要求,从而验证该系统的指向精度.内场测量主要是用平行光管和点源热靶模拟远方物点,然后将红外探测系统放置在平行光管出光口处.红外探测系统对点源热靶成像或者给出目标指示等信息.然后,同样使用标准的检测设备测量该位置与目标点的角度是否与红外探测系统给出的角度一致或者误差满足指标要求,从而验证该设备的

收稿日期:2010-04-25

基金项目:国家部委基金项目资助

作者简介:王佳轶(1980-),男,吉林省长春市人,学士,研究方向为测控技术与仪器;赵亮(1983-),男,吉林省长春市人,学士,研究方向为测控技术与仪器;孙宏宇(1984-),男,河北省承德市人,硕士研究生,研究方向为光学工程.

指向精度.

在充分考虑检测设备误差与测量方法不当所引入的偏差的情况下,采用内场测量和外场测量相结合的方法最大限度的保证了测量精度.

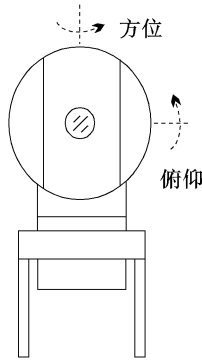


图 1 扫描型红外探测系统示意图

2 俯仰指向精度测量

2.1 测量方法

在距离设备 C m 处的高大建筑物上,选取 2 个特定位置放置点源热靶.其高度分别是 H_1 m、 H_2 m.红外探测系统对这 2 个点源靶成像或者给出目标指示等相应信息.同时,在探测系统与点源热靶连线的垂轴方向上寻找一个与红外探测系统相接近且位于同一水平高度的位置放置经纬仪.用经纬仪测量这 2 个点源热靶的角度值和推算出的角度差值与红外探测系统得出的数值进行比较,看其是否满足指标要求.

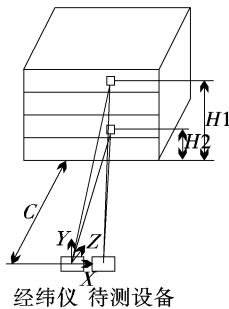


图 2 俯仰指向精度测量示意图

2.2 误差分析

当经纬仪与红外探测系统在 X 、 Y 轴方向分别偏离 D m 时,假设测量距离为 C m,此时对于俯仰方向上所引起的偏差为

$$\Delta\theta_x \approx 0 \quad (1)$$

$$\Delta\theta_y = \theta_{y'} - \theta_y = (H_1 - D)/C - H_1/C = -D/C \text{ rad} \quad (2)$$

当经纬仪与红外探测系统在 Z 轴方向偏离 D m 时:

$$\theta_{z'} = \frac{H_1}{C - D}$$

$$\theta_z = \frac{H_1}{C}$$

$$\Delta\theta_z = \theta_{z'} - \theta_z = H_1 \times \frac{D}{C(C - D)} \quad (3)$$

由此可见,增大测量距离和降低点源热靶的高度有助于减少测量误差.

3 方位指向精度测量

3.1 测量方法

首先,分别将大小 2 个平行光管距离一定间隔放置.其中小口径平行光管配备瞄准机构和具有旋转、升降、左右平移等功能的升降台.用小口径平行光管上方的瞄准机构直接瞄准到大口径平行光管出光口中心,并测量出瞄准具中心到小口径平行光管出光口中心的高度差 Δh m.然后将升降台上升 Δh m 高度.

在 2 个平行光管中间放置一台经纬仪,用其观察 2 个平行光管的点源热靶中心,同时调整小口径平行光管直到 2 个平行光管呈 180° .然后,撤除经纬仪,并将红外探测系统放置其中.

在放置红外探测系统前,应先调整红外探测系统的升降台和平移装置,使其主光轴基本与瞄准机构十字光标中心重合,再将红外探测系统的升降台下降 Δh m 高度(即使红外探测系统主光轴“基本”与 2 个平行光管主光轴在同一直线上).最终观察红外探测系统对 2 个点源热靶成的像或者给出目标指示等相应信息的角度差是否对应 180° ,或者其误差值在许可范围内.

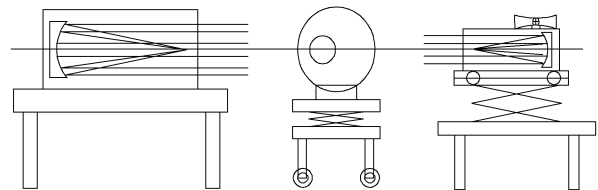


图 3 方位指向精度测量示意图

3.2 误差分析

在测量过程中,平心光管反射镜的面型误差、平行光管的安装误差和瞄准误差等都会对测量结果带来影响.在此,仅针对平行光管系统由于轴向离焦引起的误差和红外探测系统与经纬仪回转轴相对位置所引起的误差进行讨论.

平行光管模拟的是无穷远点的物体发光.理想状态下,即使2个平行光管主光轴不重合,但只要二者平行,此时2个虚拟远场物点的主光轴角度偏差仍然约等于 180° .因为,尽管二者存在垂轴偏移量,但由于其大小相对无穷远来说可以忽略不计,所以,角度偏差不变.

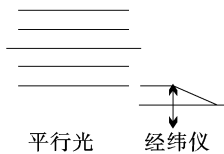


图4 偏差引起原因示意图

当平行光管系统的点源存在一定轴向离焦时,该平行光管模拟的则是有限距离远的物点发光.假设平行光管的点源热靶存在 A m的轴向离焦时,根据透镜成像公式

$$\frac{n'}{l'} - \frac{n}{l} = \frac{n' - n}{R} \quad (4)$$

$$n' = -n \quad (5)$$

$$R = 2f' \quad (6)$$

可知, $\frac{1}{f' + A} + \frac{1}{l} = \frac{1}{f'}$, 推导得

$$l = \left(\frac{1}{f'} - \frac{1}{f' + A} \right)^{-1} \quad (7)$$

即虚拟物点在 $\left(\frac{1}{f'} - \frac{1}{f' + A} \right)^{-1}$ 处.

假设红外探测系统主光轴与“单个”平行光管主光轴在垂轴方向偏离 B m.此时,相当于设备不动,远方虚拟物点沿垂轴方向偏离了 B m.

$$\theta_{\text{角度偏差}} = B \times \left| \frac{1}{f'} - \frac{1}{f' + A} \right| \text{ rad} \quad (8)$$

由此可见,减小系统间主光轴垂轴方向的偏差和减小点源热靶相对于平行光管的轴向离焦量或者增大平行光管的焦距都有助于减少测量误差.

4 结 论

在已知平行光管轴向离焦大小的情况下,根据式(7)可直接推导出该平行光管所模拟的是多远距离的虚拟物点发光.并且可以根据式(1)、式(2)、式(3)、式(8)可计算出由于平行光管的离焦和系统主光轴间相应位置关系所引起的偏差.

值得注意的是,一般情况下平行光管离焦量的装调精度是比较高的.可是在红外探测系统测量时,检测系统是由点源(有时是用黑体与靶标相配合组成)和平行光管所组成的,点源的大小、摆放位置以及离焦量的控制都容易产生偏差.所以,对于精度要求较高的设备,应尽量采取上述方法或者其他能够减小误差的方法进行测量.当然,对于精度要求不高的设备,则可去除升降台和瞄准机构,从而简化整个测量过程.

参考文献

- [1] 梅遂生,王戎瑞.光电子技术[M].北京:国防工业出版社,2008:150-157.
- [2] 王之江,顾培森.实用光学技术手册[M].北京:机械工业出版社,2006:151.
- [3] A R 杰哈.红外技术应用[M].北京:化学工业出版社,2004:130-140.
- [4] 肖泽新,安连生.工程光学设计[M].北京:电子工业出版社,2003:18-20.
- [5] 杨志文.光学测量[M].北京:北京理工大学出版社,1995:339-344,392-394.
- [6] 郁道银,谈恒英.工程光学[M].北京:机械工业出版社,1999:8-10.

(上接第74页)

式的特征向量进行联合.

参考文献

- [1] David G. Lowe. Distinctive Image Features from Scale-Invariant Keypoints[J]. International Journal of Computer Vision,2004.,60(2):91-110.

- [2] David G Lowe. Three-Dimensional Object Recognition from Single Two-Dimensional Images[J]. Artificial Intelligence, 1987,31(3): 355-395.
- [3] 徐小明,杨丹,张小洪,等.基于局部不变映射的特征描述器算法[J].自动化学报,2008,34(9):1174-1177.
- [4] Hadi Moradi . SIFT-ing Through Features with VIPR [J]. IEEE Robotics & Automation Magazine,2006,9:72-77.