

# 多光谱光学系统光轴平行性组合测试装置

詹启海, 常本康, 富容国

(南京理工大学 电子工程与光电技术学院, 江苏 南京 210094)

**摘要:** 介绍一种激光、白光和热像仪(或微光)三光合一观测仪器的捆绑式新型组合测试装置及其测试原理, 并详细叙述了用该装置测试“三光”光轴平行性的过程和注意事项。该装置十字分划线的设计未采用常规的玻璃刻线工艺, 而是选取电阻率较高的钨丝制成十字分划线, 并在分划线的两端焊上电极, 避免了测试时由于更换十字分划线靶标而可能产生的误差。该装置通过对观测仪器光轴平行性的检测和调试, 为精确调校提供了依据, 从而使3种光学系统的光轴平行性达到所需精度要求, 对保证观瞄及测距的方向一致性起到了准确指示的作用。

**关键词:** 读数装置; 光轴; 测试装置; 光学系统

中图分类号: TH74

文献标识码: B

## Optical Axes Bore-sight Instrument for Multispectral Optical System

ZHAN Qi-hai, CHANG Ben-kang, FU Rong-guo

(Nanjing University of Science and Technology, Nanjing 210094, China)

**Abstract:** A test equipment for boresighting the three optical axes of the ground-based observing and aiming system that consists of laser, day light, IR (or low level light) sensors is introduced. Its test principle and process to measure the optical axes boresight of the three sensors mentioned above are described in details. During the design of the line graticule, we did not use the ruling technique on glass, but selected W-wire to make the LOS and welded two electrodes at the two ends respectively. This design can avoid any possible error caused by the replacement of the cross-line graticule observation when a multispectral optical system is tested. This equipment provides a foundation for precision adjustment by detecting and testing of the optical axis boresight in the multispectral optical systems, accordingly making the optical axis bore sight of the three optical sensors fulfill the boresight accuracy requirement of the system instrument and ensuring the direction consistence of observation aiming and range-finding.

**Keywords:** reading instrument; optical axis; test instrument; optical sensors

## 引言

随着光学应用需求的不断提高和拓展, 许多光学系统要求同时使用不同波段的光源(既有白光、又有激光, 此外还有微光), 故光谱测试范围从可见光一直延伸到中红外波段。因此, 对于由激光、白光和热像(或微光)3种观测仪器组合为一体的观瞄装置, 在捆绑式组合时, 必须经过精密的光轴调校, 使3个光轴达到平行方能保证观瞄及测距方向的一致性, 从而起到准确指示的作用。精确调校的前提是精确测试, 即借助测试得到的光轴偏差的准确

数值是调校的依据。本文针对多光谱捆绑式组合系统各光轴的偏差, 论述3个光轴平行性调校的原理及测试装置的构成。

## 1 测试原理

当使用白光望远镜和热像仪(或微光观察仪)在同一地点和相应的允许照度下分别观察同一个足够远的点目标时, 如若该点的像分别落在待调校仪器各自的十字分划线的交点上, 则表明仪器调校后的光轴是平行的。依此原理, 利用离轴抛物面反

射镜的特性,将十字分划线放在焦点 $F$ 处,并将被调仪器的物镜浸没在准直光束中,如此观察到的十字交点,其效果相当于野外观察到的远距离目标。测出视场中目标十字线的交点与仪器十字分划线的交点的偏差量,调校各仪器使两十字线重合,再经锁定以保持调校的精度。

## 2 测试装置组成

本测试装置(如图1所示)由离轴抛物面反射镜 $M_3$ 、转角反射镜 $M_1$ 和 $M_2$ 、十字分划线、白光(可转成微光)光源、光学平台等组成。下面分别阐述各部分的设计。

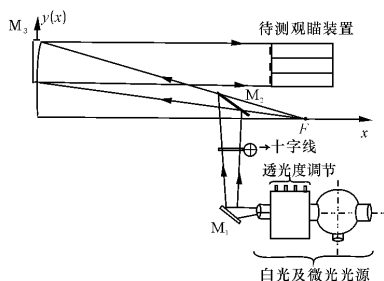


图1 测试装置组成

Fig. 1 The structure of test instrument

### 2.1 离轴抛物面反射镜

反射面不产生色差,抛物面对平行光不产生球差。离轴抛物面可避免光束的中心遮拦,从而使被照明的十字分划线射出的光束经离轴抛物面反射镜反射后变为平行光,即十字分划线的像为无限远,用以形成无限远目标。

抛物面反射镜由 $y^2(x) = 2px$ 的抛物线绕其对称轴旋转一周而成。式中, $p$ 为抛物线顶点曲率半径。根据结构安排及精度要求,取 $p = 6\ 000\ \text{mm}$ ;于是抛物线焦距为 $f = p/2 = 3\ 000\ \text{mm}$ ,实际焦距为 $3\ 000 \pm 20\ \text{mm}$ 。该反射镜的镜面尺寸为 $300\ \text{mm}$ ,面形精度为 $632\ \text{nm}$ ,衍射光斑直径不大于 $0.03\ \text{mm}$ 。抛物面的离轴量选取 $220\ \text{mm}$ ,以便于调校多种类型的观瞄装置。抛物面镀制铝反射膜,因为铝膜对全光谱范围内的光具有良好的反射特性。

### 2.2 转角反射镜

设置转角反射镜 $M_1$ 和 $M_2$ 是为了使光路转向,它不影响光路性质,但却使布置有关部件成为可能,从而使整体结构紧凑而且合理。

### 2.3 十字分划线

十字分划线的设计是本系统的重点。在设计时,未采用常规的在光学玻璃上刻线的做法,从而克服了普通光学玻璃不能同时透过红外光和白光的局限性。根据系统调校精度要求,选取电阻率较高的钨丝(线径为 $0.09\ \text{mm}$ )制成十字分划线,并在线的两端焊上电极。在测试和调校白光系统时,直接用白光光源照射分划线,在白光望远镜中可观察到亮背景下的暗目标。在测试和调校红外系统时,给电极加上电压使钨丝发热,这样在红外系统目镜中就可以看到暗背景下的亮目标。这种设计仅使用一个靶标就能同时满足白光系统和红外系统的需要,避免了测试时由于更换十字分划线靶标而可能产生的误差。

另外,十字分划线与一个二维电控平移台相连,在步进电机的驱动下可沿水平和垂直方向移动。步进电机采用先进的微步进控制电路设计,可提供高分辨率,实现超小位移。步进电机的后面板有与电控平移台联接的通信接口及与计算机联接的标准RS232接口,可通过计算机控制位移调整,操作界面直观,使用灵活方便。

### 2.4 白光及微光光源

该光源由白炽灯、透光度调节箱和积分球3部分组成。透光度调节箱备有4只中性滤光片,对透过光强起衰减作用。当调校微光夜视仪时,通过搭配和选择滤光片可实现光强的调节。若将各滤光片置空,则适合于白光望远镜的调节使用。

### 2.5 光学平台

光学平台用于放置所有的设备。本文选用 $3.5 \times 1.3\ \text{m}$ 的不锈钢光学平台。

## 3 计算机读数装置

文中提到的测量装置由精密的光机部件组成。检测时要借助于复杂的光学系统进行判断,而人工测量比较复杂且费时。如果进行批量检测,人眼易疲劳;另外,在测量过程中,由于存在瞄准误差、人眼视差以及熟练程度和技能方面的差异,从而导致观测结果可能差别较大,因此可能会出现由于检测人员不同而得出不同的结论。为了克服以上弊端,使测量结果可视化且更加准确,研制计算机读数装置显得十分必要。

整个读数装置由图像采集系统和图像处理算法软件构成, 其主要功能如下:

- (1) 采集待测装置目镜眼点位置的仪器十字分划线和靶标十字分划线的图像;
- (2) 利用图像识别法对两十字分划线的偏差量进行精确计算;
- (3) 存储偏差量数据。

## 4 测试装置的使用

本装置的测量为相对测量。以激光光斑为测量基准, 分别测量红外热像仪(或微光夜视仪)和白光望远镜光学系统的光轴与激光束光轴的偏差量。

首先, 打开白光光源, 将待测装置放在调节架上, 调节其空间方位, 直至白光望远镜的十字分划线与靶标的十字分划线重合。此时, 将白光望远镜的位置固定, 以靶标的位置作为基准位置进行记录。设水平方向相对于零位的位移为  $X_1$ , 垂直方向相对于零位的位移为  $Y_1$ , 然后, 将相纸插入靶标中合适的位置, 用激光在相纸上生成一个激光光斑。调节十字线水平和垂直方向位置, 使十字线交点与激光光斑重合, 记录此时十字线水平和垂直方向相对于零位的位移  $X_2$  和  $Y_2$ 。显然,  $X_2$  和  $X_1$  与  $Y_2$  和  $Y_1$  的差值便是白光望远镜与激光光束光轴的偏差量。测试微光系统时, 在白光光源前插入滤光片, 使光强衰减至微光范围, 以  $X_2$  和  $Y_2$  位置为基准, 打开微光夜视仪进行观察, 再次调节靶标的位置, 直至靶标的十字线和微光夜视仪的十字线重合, 记录靶

标的位置  $X_3$  和  $Y_3$ 。不难得出,  $X_2$  和  $X_3$  与  $Y_2$  和  $Y_3$  的差值即为微光夜视仪与激光光束光轴的偏差。同样, 测试红外热像仪时, 亦是以  $X_2$  和  $Y_2$  位置为基准, 给十字线两端的电极加上电压, 打开红外热像仪, 然后调节靶标位置使靶标十字线和红外热像仪十字线重合, 记录靶标此时的位置  $X_4$  和  $Y_4$ , 则  $X_2$  和  $X_4$  与  $Y_2$  和  $Y_4$  的差值即为红外热像仪光轴相对于激光光束的光轴偏差量。

## 5 结束语

经过装调及初步测试验证, 本装置可满足检测激光、白光和热像(或微光)3种光学系统光轴平行性的技术指标要求。十字线靶标的设计是一个亮点, 它克服了使用白光靶标和红外靶标更换时可能产生的误差。读数软件的研制为精确测试提供了依据。此外, 该装置还可应用于类似系统的测试; 改进后, 亦可用于热成像系统各项参数的测试等。

参考文献:

- [1] 付跃刚, 王志坚, 李 博. 多光谱光学系统平行性的调校和检验方法探讨[J]. 长春光学精密机械学院学报, 2001, 24(4): 11-14.
- [2] 郭晓松, 杨必武, 张向东, 等. 光电瞄准设备读数图像自动识别系统[J]. 红外与激光工程. 2001, 30(1): 33-36.
- [3] 张敬贤, 李玉丹, 金伟其. 微光与红外热成像技术. 北京: 北京理工大学出版社, 1995.

## 大有作为的舰用“小光电”

舰用光电是海军光电应用的象征和主体, 是海军武器装备先进水平的标志。因此, 各国海军始终把它的发展放在重要位置。20世纪80年代的舰用光电, 从总体上看, 是处于论证、演示和海试阶段。20世纪90年代则处于较为成熟的发展期, 目前已不存在阻碍舰用光电发展的重大技术问题。

在20世纪90年代的舰用光电设备研究中, 小型化的光电设备, 即“小光电”设备尤其引人注目。这种舰用“小光电”不仅可装在大型舰船上, 更重要的是有利于在中小型舰船上普及, 因此深受军方青睐。“小光电”的问世, 标志着舰用光电不再仅仅是大型舰船的“宠物”, 过不了多久, 它就将进入舰船世界的“千家万户”。

(驼峰 供稿)