

doi: 10.7690/bgzdh.2015.03.002

便携式光电跟踪仪光轴调试装置

胡 浩, 戴 荣

(海军装备技术研究所, 北京 102442)

摘要: 针对光电跟踪仪光轴调试效率低、精度难以保证的问题, 设计一种基于离轴抛物镜法的光电跟踪仪光轴调试装置。在分析传统光轴检测与校准方法的基础上, 采用分布式孔径和 3 个全反射光路等设计, 对离轴发射系统装调技术进行研究, 并对某型光电跟踪仪进行光轴调试试验。试验结果表明: 该装置能有效提高调试精度, 且操作简便、环境适应性好, 满足内外场使用要求。

关键词: 光电跟踪仪; 光轴平行; 光轴调试装置; 离轴抛物镜; 分布式孔径

中图分类号: TJ06 **文献标志码:** A

Portable Optical Axis Debugging Device of Photoelectric Tracker

Hu Hao, Dai Rong

(Navy Equipment Technology Institute, Beijing 102442, China)

Abstract: Photoelectric tracker optical axis debug efficiency is low, and it is difficult to ensure accuracy, design a kind of based on off-axis parabolic mirror method of photoelectric tracker optical axis to debug the device. On the basis of analyzing the traditional optical axis test and calibration methods, using distributed aperture and three light path design and so on, the off-axis launch system technology to conduct research, and optical axis of a type photoelectric tracker is carried out the experiment. The test results show that the device can effectively improve precision of debugging, and simple operation, good environmental adaptability, satisfies the requirement of inside and outside use.

Keywords: photoelectric tracker; parallel to the optical axis; optical axis debugging device; off-axis parabolic mirror; distributed aperture

0 引言

光电跟踪仪在出厂前, 各传感器的光轴平行性要进行严格的检测、校准并锁定, 尽管这一状态可保持一段时间, 但由于在役状态下温度、振动、应力变化以及非正常撞击等影响, 各传感器之间的光轴平行性会发生变化, 进而直接影响探测性能和测量精度^[1]。光电跟踪仪各传感器之间的光轴平行性是保证设备正常使用的重要指标^[2]。检测各传感器光轴之间的平行性, 进而校准光轴平行性是保证光电跟踪仪正常使用必不可少的一个重要环节。

关于多光轴光学系统的光轴一致性测量已经有较多文献报道^[3-7], 对于测量方法主要有以下几种^[8]: 投影靶板法、激光光轴仪法和五棱镜法, 这些方法各有优缺点, 分别在不同的测量场合得到应用。但是考虑到光电跟踪仪的光轴平行性调节对使用场地、环境的特殊要求, 一般测量装置都存在质量、精度和使用范围难以兼顾的问题。

笔者所设计的便携式光轴调试装置采用离轴抛物面反射镜部件, 将放置在其焦点处的十字靶标转换为无穷远的目标, 作为各传感器的公共基准, 以检测和校准光电跟踪仪的光轴平行性。该调试装置以分布孔径取代全孔径平行光管, 使得调试装置外

形尺寸小, 质量轻, 便于携带。

1 便携式光轴调试装置设计

1.1 总体方案设计

便携式光轴调试装置能调节不同类型光电跟踪仪的激光、红外和电视之间不同光间距的光轴平行, 其组成主要包括调试镜头和调试支架, 如图 1 所示。其中, 调试镜头中的检测通道可实现光轴调节光路的检测, 调节时, 对准设备各传感器窗口; 折返镜及靶标是模拟实现平行光路系统的重要组成部分, 所形成的光作为观察用的平行光源。调试支架能实现测试镜头的平移和转动, 方便调节各检测窗口对准传感器窗口。

以调节电视、红外光轴平行为例, 便携式光轴调试装置的工作原理: 以电视为基准, 调红外热像仪平行时, 选择合适的两通道, 调节支架机构, 使被调试镜头两通道分别跨入被测电视、红外热像仪光学窗口内; 然后打开测试镜头上靶标组件中的点光源开关, 使得十字分化板影像进入电视视场; 通过微调光电跟踪仪指向器、支架和靶标调节旋钮, 使得靶标上的十字光标在电视监视器中央且清晰, 变换电视焦距, 使得十字光标始终位于电视观测中

收稿日期: 2014-10-10; 修回日期: 2014-11-24

作者简介: 胡 浩(1985—), 男, 湖北人, 硕士, 工程师, 从事武器装备维修保障研究。

心,至此建立了电视光轴与一个通道的出射光平行。再以此电视光轴为基准光轴,调节红外热像仪光轴与之平行,打开红外热像仪监视器看十字像,调节红外热像仪底部安装位置,使得红外热像仪在调焦距的时候,其成像的十字光标始终在红外热像仪监视器中心位置,并满足精度要求,则红外热像仪光轴与此检测通道光轴平行,由于测试通道的两出射光是平行的,因此可知电视与红外热像仪光轴平行。

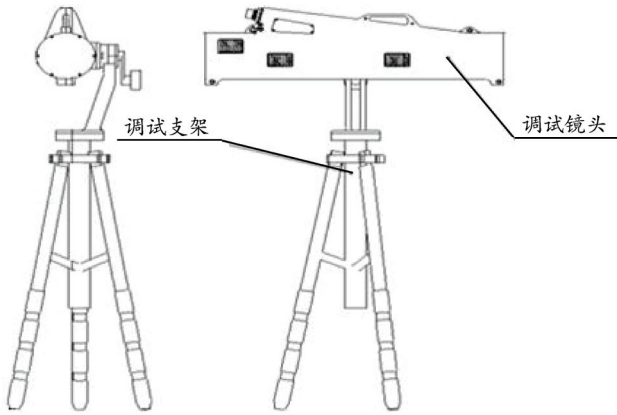


图 1 便携式光轴调试装置结构

1.2 3 个全反射光路设计

全反射光路系统由离轴抛物面反射镜部件、全反射镜 1 部件、全反射镜 2 部件、全反射镜 3 部件和靶标组件构成,其光路示意图如图 2 所示。

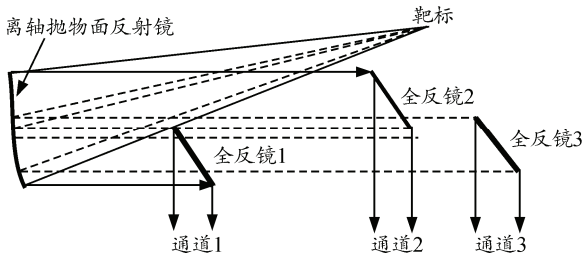


图 2 全反射光路系统光路

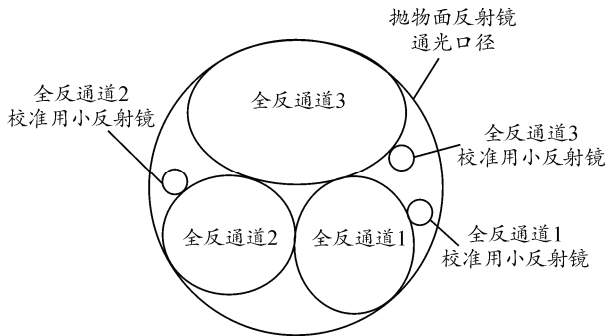


图 3 自校准用小反射镜的分布

离轴抛物面反射镜部件将放置在其焦点处的十字靶标转换为无穷远的目标源,提供具有良好平行性的光束基准。

红外波段反射镜部件、可见光波段反射镜部件以及激光波段反射镜部件均在与抛物面镜光轴垂直方向配置有小平面反射镜,通过调整使小平面反射镜各镜面法向指向一致,主要用于激光光路和电视、红外光路的平行性内部自校准,其分布如图 3 所示。

1.3 分布式孔径设计

为了使该调试装置有更广泛的适用范围,达到通用性的目的,检测通道采用 3 个全反通道分布式孔径设计,每 2 个通道都可以实现激光、红外与电视光轴之间的两两互调。合理设计 3 个全反通道的使用范围,使其能满足光电跟踪仪激光、红外与电视窗口间距的尺寸需求。

如图 4 所示,通过两两通道之间的组合,能检测的被测设备窗口间距范围为:

- 1) 全反通道 1 与全反通道 2 组合,可以检测窗口间距为 $l_1 \sim l_2$ 的两窗口间的光轴平行性;
- 2) 全反通道 2 与全反通道 3 组合,可以检测窗口间距为 $l_3 \sim l_4$ 的两窗口间的光轴平行性;
- 3) 全反通道 1 与全反通道 3 组合,可以检测窗口间距为 $l_5 \sim l_6$ 的两窗口间的光轴平行性。

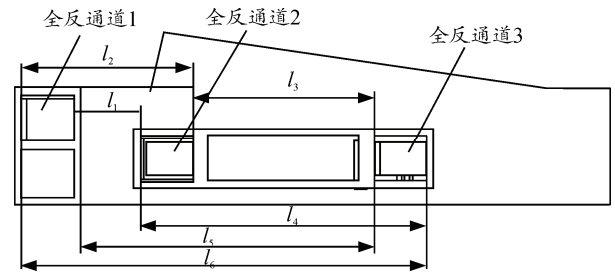


图 4 分布式孔径设计

因此,此光轴调试装置分布式孔径设计可保证窗口间距在 $l_1 \sim l_6$ 之间的光轴平行性皆可以调节,以达到设备使用的广泛性与通用性。

1.4 内壳体的设计

为了减少结构件对光学定位精度的影响,内壳体组件采用殷钢材料作为光学组件的安装基体,如图 5 所示。内壳体设计时应考虑其受力变形对光学系统的影响是否超差。为此,在内壳体设计中主要采取了以下措施:

- 1) 靶标组件安装处与离轴抛物镜的连接采用整体的结构基体,以减少其变形影响;
- 2) 合理设计横板导槽,以方便全反组件的整体装入与调试;
- 3) 开设减重孔,提高调试装置的便携性。

下面用仿真软件来模拟内壳体变形量造成的影响是否在可控范围内,内壳体变形受力主要来自镜

头整体自身的质量。

内壳体左、右端固定，镜头整体质量 10.5 kg 作用于中部，经过软件分析计算，其变形情况为中部相对左、右端固定点下降 0.000 004 m，即 0.004 mm，内壳体全长 600 mm，则变形角度为 $\arctg 0.004/300 = 0.000 764^\circ$ 。即因重力产生的内壳体变形角度 $0.000 764^\circ = 2.75''$ ，在指标允许范围内。

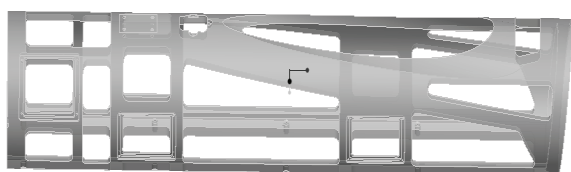


图5 内壳体外形

2 离轴反射系统的装调

如何使得靶标发出的光束，经过离轴抛物镜反射后为平行光束，是离轴反射系统装调技术的关键。

离轴反射系统装调所需主要设备为隔振平台、测角仪和五棱镜等。操作步骤如下：

首先如图6所示搭建仪器，其次将五棱镜移动到正对反射镜组1左侧边缘的位置1处，保证测角仪可接收到来自调试镜头靶标组的十字像，并通过旋钮测角仪目镜鼓轮读取此时测角仪物镜焦面处十字像横坐标，然后移动五棱镜到反射镜组1右侧边缘的位置2处，同时读取焦面处新的十字像横坐标。若2次读取的横坐标值不同，通过微调靶标的前后位置，并重新读取位置1和位置2时的十字像横坐标。如此反复调整靶标位置，直到在位置1和位置2之间移动五棱镜时的十字像横坐标相同，此时靶标的位置位于抛物面镜最佳焦面处，则经过反射镜组1反射后的光束为平行光。

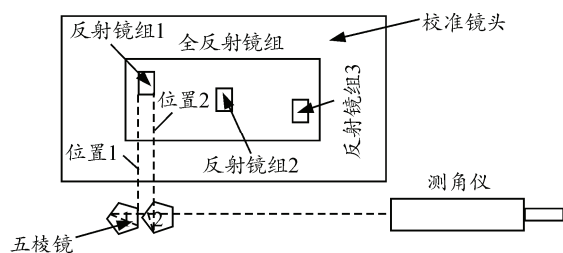


图6 离轴反射系统装调示意图

待调整完靶标位置，分别移动五棱镜到反射镜组2、3的左右侧边缘处，检测从离轴抛物镜出来的光束，在经过反射镜组2、3反射后是否也满足平行性要求。

3 应用试验

笔者设计的便携式光轴调试装置对某型光电跟

踪仪进行了光轴调试试验。调试时，首先将便携式光轴调试装置架设在被调设备传感器的前端，并使校准镜头上合适的两检测窗口对准被调试的两传感器窗口，如图7所示。然后分别进行电视与红外光轴平行线调节、激光与电视(红外)光轴平行线调节。

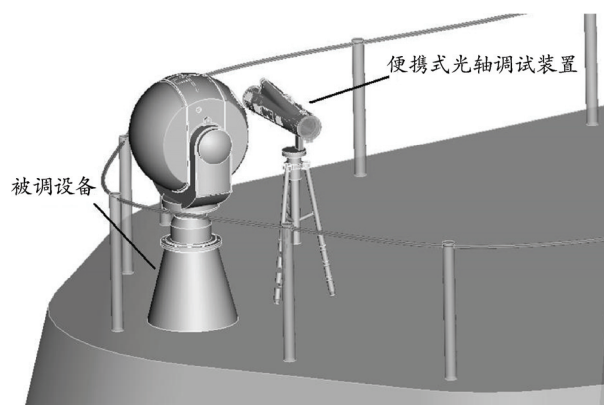


图7 便携式光轴调试装置调试示意图

试验结果表明：该光轴调试装置携带方便，操作流程简单，环境适应性好，调节精度高。

4 结束语

便携式光电跟踪仪光轴调试装置采用分布式孔径和3个全反射光路设计，解决了小尺寸条件下光电跟踪仪激光、红外和电视光轴较大范围间距调节的难题。笔者通过对离轴反射系统装调技术进行研究，实现了由离轴抛物镜与3个全反射镜组成的光路系统反射后的光束为平行光束的要求。该装置不仅满足光电跟踪仪光轴平行性调节需求，并可推广应用到其他光电产品光轴调试。

参考文献：

- [1] 张静, 刘敬海. 多光路共窗口的现代光电跟踪系统[J]. 光学技术, 2001, 27(4): 350-351.
- [2] 金伟其, 王霞, 张其扬, 等. 多光轴一致性检测技术发展及其分析[J]. 红外与激光工程, 2010, 39(3): 526-531.
- [3] 王刚, 程刚, 李广良, 等. 一种舰船光电装备光轴检测仪[J]. 应用光学, 2010, 31(1): 91-94.
- [4] 黄静, 刘朝晖, 折文集, 等. 室内多波段光轴一致性测试系统设计[J]. 应用光学, 2007, 28(5): 663-666.
- [5] 徐海燕, 苏世彬, 张敏, 等. 多光轴一致性检测系统设计与研究[J]. 火炮发射与控制学报, 2013(4): 78-81.
- [6] 史学舜, 胡光亮, 崔鹏, 等. 光电跟踪仪光轴一致性测量装置[J]. 宇航计测技术, 2012, 31(1): 45-48.
- [7] 叶露, 赵建川. 多光谱多光轴设备光轴平行性测量装置研制[J]. 光机电信息, 2011, 28(12): 32-36.
- [8] 凌军, 刘秉琦, 赵熙林. 几种光轴平行性检测方法的比较与探讨[J]. 应用光学, 2003, 24(1): 43-45.