

大口径平行光管用于光轴平行度测量的实现

曲卫东 雷萍 薛挺 朱诚

(中国人民解放军 63890 部队 洛阳 471003)

摘 要 本文利用大口径平行光管,设计了一套光轴平行度检测系统。介绍了该系统的组成、工作原理,分析了提高系统检测精度的关键技术。

关键词 平行光管 CCD 光轴平行度 像差 GPIB

Realization of large-aperture collimator to measure of optical axis parallelism

Qu Weidong Lei Ping Xue Ting Zhu Chen

(No. 63891 Units of People's Liberation Army, Luoyang 471003, China)

Abstract A set of measurement system of optical axis parallelism based on large-aperture collimator is designed. This paper expounds the composition and operational principle of the system, and analyzes the key technology of advancing the measurement accuracy of system.

Key words collimator CCD optical axis parallelism aberration GPIB

1 引 言

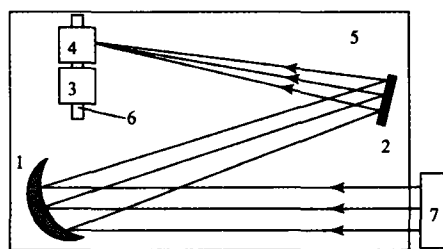
大口径平行光管^[1]一般用来测量光学仪器参数,如进行星点检验,测量分辨率、像差、视差、光束平行性等。光电跟踪、干扰设备^[2]主要用来跟踪空中作战目标(如飞机、导弹等),一般包括可见、红外跟踪轴和高能激光发射轴,一般对这些跟踪轴、发射轴的平行度要求严格。配备其它合适的设备,大口径平行光管就可以用来测量这些光轴的平行度。

2 系统实现

2.1 系统组成

本文采用的大口径平行光管由离轴抛物面反射镜和平面反射镜组成。为了测量光轴平行度,还配备了如下设备:光学平台、照明光源、激光接收部件、导轨、标校设备、光学回转台等,从而组成了光轴平行度检测系统。大口径离轴平行光管具有两方面的作用:一方面将焦面发散光束准直成平行光,为光电跟踪、干扰设

备提供跟踪目标;另一方面将光电跟踪、干扰设备发射的激光会聚到平行光管焦面上。光学平台用作平行光管的固定、安装以及调试平台。照明光源主要包括:可见光光源、红外光光源和分划板组件等。激光接收部件主要包括激光光斑分析组件、激光感光像纸等。激光光斑分析组件包括:可见光 CCD 探测器、视频采集卡、计算机、数据处理软件等。激光光斑分析组件用于弱激光发射光轴与跟踪轴不平行度的测量以及焦斑光束质量的分析测试。激光感光像纸用于强激光发射轴与跟踪轴不平行度的测量。标校设备主要由短筒长焦平行光管、平面反射镜、高斯目镜、读数显微镜等组成,



1 离轴抛物面反射镜 2 平面反射镜 3 照明光源
4 激光接收部件 5 光学平台及其调整机构
6 导轨 7 被测激光跟踪、干扰设备

图 1 光轴平行度检测系统工作原理示意图

* 基金项目:国家自然科学基金(50475155)资助项目

用于对系统进行定期调校与维护。光学回转台为小型光学被试设备提供支撑平台。

2.2 系统工作原理

光轴平行度检测系统工作原理示意图如图1所示。其中,离轴抛物面反射镜和平面反射镜组成平行光管。通过导轨将照明光源置于平行光管焦点处,其发出的光照亮位于平行光管焦面上的分划板,使分划板经过平行光管后成像在无穷远处,被被测设备所探测,被测设备主跟踪系统使所探测到的靶标像位于其视场中心,其他跟踪分系统测出各自视场内分划板像中心的脱靶量,进而给出两跟踪分系统光轴的平行度。之后,将照明光源移开,将激光接收部件的 CCD 探测器置于平行光管焦点处(CCD 视场中心和分划板十字中心在焦点处的位置相同,即要求导轨有较高的重复定位精度)。被测设备发射激光,经平行光管会聚到激光接收部件上,通过图像处理计算激光光斑中心和 CCD 视场中心的距离,进而计算得到被测设备激光发射轴与跟踪轴的平行度。对于强激光发射轴平行度的测量,利用感光像纸代替激光接收部件放在平行光管焦面,像纸对焦斑感光,人为判读光斑的质心。

3 关键技术分析

影响检测系统精度的主要有:平行光管衍射极限引入的误差,平行光管像差,导轨的重复定位精度,激光光斑质心计算误差。为减少平行光管衍射极限引入的误差,由公式 $\sigma_r = 1.22\lambda/D$ (λ 为波长, D 为平行光管口径)可知,需扩大平行光管口径;减少平行光管像差的唯一措施是提高镜子的加工精度,保证离轴抛物面反射镜的 P-V 误差优于 $\lambda/4$,平面反射镜的 P-V 误差优于 $\lambda/8$;导轨主要由光栅尺和精密电控平移台组成,为保证导轨的定位精度,需选用高精度的平移台和光栅尺。

(上接第 1516 页)

- [2] Tubner A, von Martens H J. Measurement of angular accelerations, angular velocities and rotation angles by grating interferometry [J]. Measurement, 1998, 24 (1):21-32.
- [3] Gwatney D A, Ferguson M I. Intrinsic hardware evolution for the design and reconfiguration of

光斑质心位置计算误差^[3]主要由系统的光强信噪比、靶板与 CCD 像面夹角测量误差、光学系统成像误差、位置量化误差,灰度量化误差构成。

信噪比越高,测量误差越小。为提高信噪比,需要减少背景光,还需要选择高信噪比的 CCD 及采集卡。在数字图像处理过程中,可采用多幅图像相加的方法,有效抑止 CCD 的白噪声以及采集系统的白噪声,采用图像相减法,去除背景光强噪声。

靶板与 CCD 像面夹角测量误差和光学系统成像误差。这些误差可做为系统误差来消除。

位置量化误差。每个像元接收到能量的质心是未知的。计算光斑质心时,用像元中心坐标代替能量质心坐标,存在数学模型误差 σ 。 σ 的最大值为像元宽度 k 的一半。

激光光斑灰度量化误差。有效灰度为 m_1 ,光斑峰值光强为 $A/(2\pi)$,灰度量化误差 σ_1 为 $\sigma_1 = A/(4\pi m_1 \sqrt{3})$ 。从中可以看出,提高有效灰度可减少测量误差。

4 结束语

本文所设计的光轴平行度测试系统,综合利用大口径平行光管,实现了光电跟踪、干扰设备各光轴平行度的测量。该系统调试方便,测量精度高,具有较好的应用前景。

参考文献

- [1] 李士贤,郑乐年. 光学设计手册[M]. 北京:北京理工大学出版社,1990.
- [2] 高雅允,高岳,张开华. 军用光电系统[M]. 北京:北京理工大学出版社,1997.
- [3] 刘松强. 数字信号处理系统及其应用[M]. 北京:清华大学出版社,1996.

- analog speed controllers for a DC motor [M]. Proceedings of the 2003NA SA/Dod Conference on Evolvable Hardware, 2003,81-90.
- [4] Tischmacher B, Conrath s H J. Computer based calculation procedures for the development of DC-motors[M]. Power Electronics, Machines and Drives, 2002, 255-259.