

文章编号:1002-2082(2007)06-0760-04

强激光与红外光学系统光轴平行性 检测方法的探讨

叶 露, 沈湘衡, 刘则洵

(中国科学院 长春光学精密机械与物理研究所, 吉林 长春 130031)

摘 要: 介绍3种可测量强激光发射光轴与红外光轴平行性的方法及每种方法的优缺点, 重点研究了利用热靶进行波段转换来测量激光与红外光学系统光轴平行性的方法。该方法是将激光聚焦在热靶上, 使热靶产生热量并发出红外光, 红外光再经过准直进入被测设备的红外光学系统, 从而测量出激光光轴与红外光轴的平行性。热靶材料的选择与激光透过率的确定尤为重要, 该方法中选用酚醛树脂作为热靶材料, 激光的透过率仅为0.5%。通过与远距离目标靶测量法进行比对实验, 发现2种方法得到的测量结果一致, 从而验证了这种方法的可行性与正确性。

关键词: 激光测距; 红外传感器; 光轴平行性; 热靶; 波段转换

中图分类号: TN247

文献标志码: A

Boresight between laser rangefinder and IR sensor

YE Lu, SHEN Xiang-heng, LIU Ze-xun

(Changchun Institute of Optics Fine Mechanics and Physics, CAS, Changchun 130031, China)

Abstract: In order to boresight the sensors in a multi-spectral electro-optical tracker, three methods for measuring the optical parallelism between laser and infrared sensor were introduced and compared. The boresight method using the thermal target to transform laser wavelength into infrared wavelength were investigated. The investigation shows that the selection of the thermal target and the measurement of laser transmittance are the most important steps. Based on the experiment result, the phenolics was selected as the material for thermal target. Its laser transmittance is only 0.5%. The result obtained by this method conforms with the result obtained by long range target method, its feasibility and validity are proved.

Key words: laser rangefinder; IR sensor; optical boresight; thermal target; spectrum conversion

引言

在光电跟踪测量设备上, 通常都同时配有可见光、中波红外、长波红外及激光测距等多个光学系统, 目的是使光电测量设备具备多谱段的探测能力, 具有更强大的功能。为了完成对目标的探测和测量任务, 关键的因素是使各类成像光学系统与激光测距系统的光轴严格平行, 保持相同的指向, 以

保证光电跟踪测量设备各系统间测量的一致性与准确性。为此, 需要寻求一种检测方法, 以实现各传感器光轴之间的平行性检验。传统的传感器光轴间的平行性检测方法有: 大口径测量法、远距离目标测量法和激光相纸检测法^[1-3]。大口径测量法是用一个包含各传感器的大口径平行光管所发出的平行光束可同时被每个传感器所接收, 通过测量像点

偏离视场中心的位置测量各光轴间的平行性。这种方法是实验室内检测最常用的方法,由于大口径光管制造成本高,因此派生出许多分光方式来代替大口径光管。图1是用反射镜和2块五棱镜分光产生2束平行光的原理,这种方法仍可归结为大口径法,它不能检测激光光轴与其他可视光轴之间的平行性。远距离靶标测量法是被测设备的可视光学系统直接瞄准一个远距离目标,此时激光测距有回波。用这种方法测量激光与其他系统光轴平行性的精度受测量距离和激光发散角的影响,但在室内装调时对高精度测量仪器无法检测。激光相纸检测法是在大口径光管方法的基础上,在光管焦面上放置激光相纸,激光束汇聚在相纸上的光斑可使相纸感光,感光处可以透过可见光,通过被测设备的可见光系统时被接收,以此检验激光光轴与可见光系统光轴的平行性。这种方法不易实现外场测量,对只有红外传感器的被测仪器无法实现光轴平行性测量。本文提出了3种可测量激光与红外系统光轴平行性的方法,这3种方法有其各自的优点与不足,可适用于不同的场合。

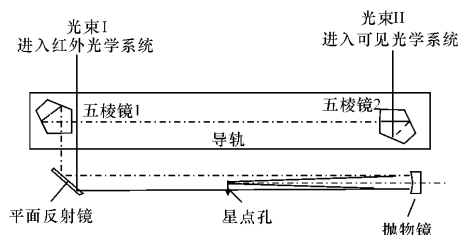


图1 用分光法代替大口径光管测量光轴平行性

Fig. 1 Measurement of optical axes parallelism with beam-splitting method instead of large-diameter collimator

1 激光与红外光轴的平行性测量方法

该测量方法的基本思路是将激光的波长转换到可被红外系统接收的波段内,再由被测设备的红外传感器所接收,其像点偏离视场中心的角度即为激光光轴与红外传感器光轴的平行性误差。基于这种思路,我们设法将激光的波长(近红外波段)转换为红外波段,再通过折转光路由被测仪器的红外系统接收,从而测量出激光与红外2光轴的平行性。

1.1 依据光学参量振荡(OPO)原理,利用AgGaS₂晶体进行激光波段转换^[4]

AgGaS₂晶体可将1.06 μm激光光束转换到波段为10 μm的红外光束,其光路如图2所示。

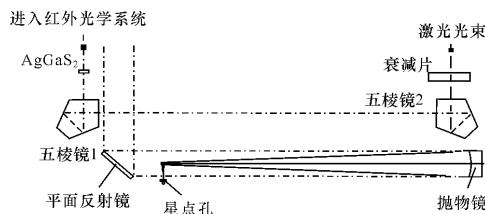


图2 利用AgGaS₂晶体进行激光波段转换测量激光/红外光轴平行性光路图

Fig. 2 Light path for parallelism measurement of laser and infrared optical axes using AgGaS₂ crystal to convert laser bands

被测设备发出的激光光束(波长为1.06 μm)经过2块五棱镜折转进入AgGaS₂晶体进行光学参量振荡,产生波长为10 μm的调谐红外光束,由被测仪器接收,以此可测量出2光轴的平行性。这种方法的优点是可将检测仪器的口径制成可调整的,按五棱镜的特点可保证x方向激光折转过程中指向不变,y方向可通过导轨的精度调整五棱镜的倾角来保证。缺点是AgGaS₂(硫镓银)晶体的通光口径小,激光能量的利用率低。为保证进入晶体前后光束方向不变,加之AgGaS₂晶体加工难度也较大,因而仅适用于小型激光测距及精度要求不高的场合。

1.2 利用热靶进行激光波段的转换

这种方法的光路如图3所示。

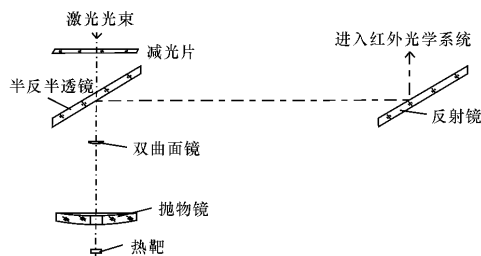


图3 利用热靶进行激光波段转换测量激光/红外光轴平行性的光路图

Fig. 3 Light path for parallelism measurement of laser and infrared optical axes using thermal target to convert laser bands

它的工作原理是激光束透过衰减片和半反半透镜进入到反射式自准直光管聚焦到光管焦面上,在光管焦面处,放置一块热靶,激光聚焦到热靶上使热靶产生热量而发出红外光,红外光再经过反射式自准直光管准直成为红外平行光束,经过半反半透镜和反射镜的反射进入到被测设备的红外光学

系统,由此测量出激光光轴与红外光轴的平行性误差。

这种方法的关键是热靶材料的选择。对热靶材料的要求是:1)耐高温。激光的汇聚点有很高的能量,所选材料应不易被击穿;2)导热系数低。激光汇聚在热靶上产生的热量不应该迅速扩散,否则在红外系统的监视器上看不到热斑像。

这种方法的优点是可以全口径地利用激光光束的能量,减少由于激光的发散角带来的测量误差,可以实现高精度测量。

1.3 用 CCD 接收激光光束

这种方法的光路如图 4 所示。

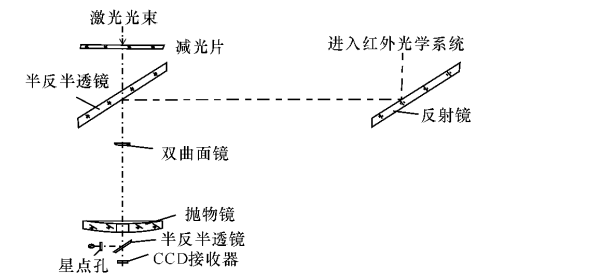


图 4 利用 CCD 测量激光/红外光轴平行性光路图

Fig. 4 Light path for parallelism measurement of laser and infrared optical axes using CCD

将 CCD 器件放在反射式平行光管的焦面上,星点孔也放置于反射式平行光管的焦面上并处于光轴上,调整 CCD 器件使之靶面中心位于光轴上并与星点孔位置共轭。测量时首先照明星点孔,调整被测仪器使星点孔的像成在被检测仪器的红外或可见光学系统的视场中心。关闭照明光源,打开被测激光系统,经过减光片,激光束汇聚在 CCD 靶面上,激光像点偏离 CCD 靶面中心的量即为激光光轴与红外或可见光轴的平行性。

这种方法不同于前 2 种,它不需要对激光波段进行转换,而是利用 CCD 器件在激光波段的光谱灵敏度直接接收激光光束。通过精密调整星点与 CCD 靶面中心的共轭关系,将星点与 CCD 准确定位,测量出激光与红外/可见光轴的平行性,这种方法可以同时实现激光、红外和可见 3 光轴平行性的测量。

2 应用

对第 2 种测量方法搭建实验装置,装置的关键为热靶材料的选择和减光率的确定。按照对热靶材

料的要求,我们对收集的几种材料进行试验,比较材料的性能。试验中使用的激光器功率为 20 MW,激光发散角为 0.7 mrad,聚焦用的物镜焦距为 550 mm,用红外热像仪接收激光聚焦产生的热斑像。更换减光片改变透过率值,直到热像仪能够清晰观察到热斑像而热靶材料没有被损坏,此时热靶材料与减光片透过率形成最佳组合。试验装置如图 5 所示,试验结果见表 1 所示。

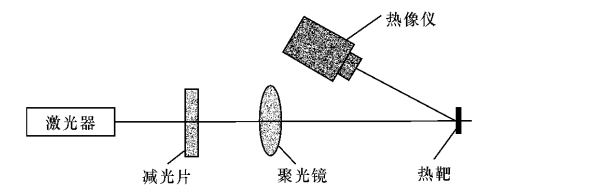


图 5 热靶材料选择实验装置示意图

Fig. 5 Experiment device scheme for selecting thermal target materials

表 1 热靶材料性能比较

Table 1 Performance comparison for thermal target materials

序号	材料名称	导热系数	耐热温度	热斑像质量
1	石墨	较高	高	无像点
2	聚四氟乙烯	较高	低	无像点
3	石棉	一般	一般	一般
4	碳纤维	一般	一般	一般
5	酚醛树脂	较低	较高	较好
6	聚酰亚胺	较低	较高	较好

通过比对象点质量,热靶材料最终选择了酚醛树脂,减光片的透过率为 0.8%。

3 结论

按照图 3 的光路原理制作了实验仪器,对某型号红外经纬仪进行了激光/红外光轴平行性检测。试验表明:利用热靶进行激光波段转换是可行的并得到了良好的效果。我们设置了一个距离 11 km 的靶标,用远距离目标检测法对同一红外经纬仪进行了平行度检测,将红外经纬仪的红外传感器瞄准远距离目标,当激光测距有回告时,测量目标成像在接收器上所对应的像元位置,实测结果用像元坐标值表示为(386,284)。用研制的平行性测试仪进行检测时,红外经纬仪发出的激光束经平行性测试仪转换成红外光束后进入经纬仪红外传感器,成像位置用像元坐标值表示为(385,285)。2 种方法测量的不一致性仅为一个像素,说明这种检测方法是行之有效的,可以制成专用的检测仪器进行推广。

参考文献:

- [1] 陈曦,汪岳峰,樊东. 多光轴光学系统光轴平行性的野外检测方法[J]. 应用光学,2002, 23(5):46-48.
CHEN Xi, WANG Yue-feng, FAN Dong. Field testing method about optical axis parallelism of multi axial system[J]. Journal of Applied Optics,2002,23(5):46-48. (in Chinese)
- [2] 凌军,刘秉琦,赵煦林. 几种光轴平行性测试方法的比较与探讨[J]. 应用光学,2003,24(1):43-45.
LING Jun, LIU Bing-qi, ZHAO Xu-lin. The Comparision and discussion of several testing methods about optical-axis parallelism[J]. Journal of Applied Optics,2003,24(1):43-45. (in Chinese)
- [3] 詹启海,常本康,富容国. 多光谱光学系统光轴平行性组合测试装置[J]. 应用光学,2005 ,26(5):4-6.
ZHAN Qi-hai, CHANG Ben-kang, FU Rong-guo. Optical axes boresight instrument for multispectral optical system[J]. Journal of Applied Optics,2005, 26(5):4-6. (in Chinese)
- [4] 吴海信,程干超,杨琳,等. 用于红外变频的大尺寸AgGaS₂晶体生长[J]. 人工晶体学报,2003, 32(1):13-15.
WU Hai-xin, CHENG Gan-chao, YANG lin, et al. Crystal growth of large-sized AgGaS₂ for IR frequence conversion [J]. Journal of Synthetic Crystals,2003,32(1):13-15. (in Chinese)