

· 光学设计 ·

T型光电转台多传感器结构布局及多光轴平行性调校研究

夏元杰, 刘志东, 段红建, 王健军, 张向阳, 徐旺华, 石 欣

(西安应用光学研究所, 西安 710065)

摘要:针对当前一些T型光电转台多传感器结构布局不合理、多光轴平行性调校困难等问题,分析了安装多传感器的光具座结构设计对多光轴平行性的影响,提出了T型光电转台多传感器结构布局的原则和多光轴平行性调校方法。并且把该设计思想、布局原则和调校方法应用于某T型光电转台上。结果表明,该T型光电转台具有多传感器结构布局合理,多光轴平行性容易调校,多光轴平行性和稳定性高等优点。

关键词:T型光电转台;多传感器结构布局;多光轴平行性调校;大口径平行光管

中图分类号:TN29

文献标识码:A

文章编号:1673-1255(2016)-02-0015-04

Research on Multi-sensor Structural Layout and Multi-axial Parallelism Adjustment of T-type Electro-optical Turret

XIA Yuan-jie, LIU Zhi-dong, DUAN Hong-jian, WANG Jian-jun, ZHANG Xiang-yang, XU Wang-hua, SHI Xin

(Xi'an Institute of Applied Optics, Xi'an 710065, China)

Abstract: According to the problems of irrational layout of multi-sensor and difficult adjustment of multi-axial parallelism for some T-type electro-optical turret, the influence of optical bench structure design with multi-sensor on multi-axial parallelism is analyzed. Structure layout principles and multi-axial parallelism adjustment methods of T-type electro-optical turrets are proposed. And the design ideas, layout principle and adjustment methods are applied to some T-type turret. Results show that the turret has the advantages of rational layout of multi-sensor, easy adjustment of multi-axial parallelism and higher precise multi-axial parallelism and stability.

Key words: T-type electro-optical turret; multi-sensor structural layout; multi-axial parallelism adjustment; large aperture collimators

当前,光电转台得到广泛应用,随着技术的不断发展,对光电转台的精度和性能要求也越来越高^[1]。

T型光电转台相对于O型转台和U型转台,由于其上的传感器安装于俯仰转台两侧,因此具有很好的移植性,当需要增减负载(主要指光电传感器)时,可以通过改变左、右光具座的尺寸来实现,不需要对方位机构和俯仰机构做出改变;多光轴平行性调校容易实现;可维护性好。当然,T型光电转台也有不足,由于光电转台两侧负载距离方位回转轴较远,因而转动惯量较大;风阻较大等。

在工程应用中,装有多个传感器的多频谱T型光电转台,经常会出现多传感器结构布局不合理,带来多传感器光轴平行性调校困难,在振动、冲击和外场试验前、后多光轴的平行性偏移较大,多光轴稳定性较差等问题,影响T型光电转台的测角和测距精度,从而影响光电系统的精度和性能指标。

1 T型光电转台多传感器结构布局

1.1 T型光电转台框架结构

T型光电转台的结构如图1所示。一般由方位

机构和俯仰机构组成,构成两个正交的精密回转轴系。方位机构实现目标的方位观瞄和精确测量方位角,由方位电机、方位解算器、成对轴承及汇流环等组成;俯仰机构实现目标的俯仰观瞄和精确测量俯仰角,俯仰机构主要由俯仰电机、俯仰解算器、成对角接触轴承等组成,俯仰机构的前后侧安装着光电处理电子箱和伺服控制电子箱,其左、右两侧一般安装三种光电传感器:CCD电视摄像机、红外热像仪和激光测距机(或测照合一的激光照射器),此外,在光具座上还配备有二自由度或三自由度的陀螺组件,通过伺服控制电路完成稳定的瞄准线和图像。

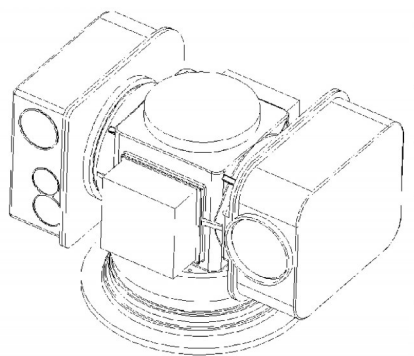


图1 T型光电转台结构图

1.2 左、右光具座的结构设计

左、右光具座是T型光电转台中光电传感器的固定座。光具座的变形会引起光电传感器的光轴偏移,从而影响光电转台的观瞄、测距和跟踪精度。设计光具座时,既要满足光具座的刚度要求,使光具座具有足够的刚度以减少弹性变形,又要充分减少光具座的质量,达到结构刚性好、质量轻的设计目的。

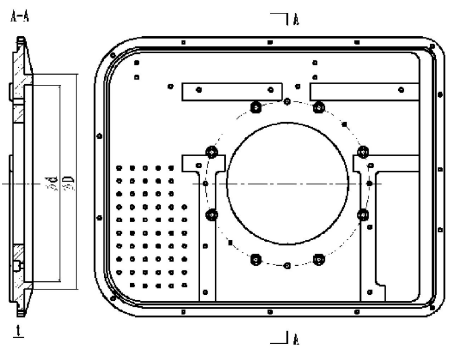


图2 光具座结构图

图2为某T型光电转台光具座的结构图。安装了传感器等零、部件的光具座固定在光电转台上时,该光具座结构可以简化为一个悬臂梁,根据悬臂梁的力学特性,在光具座的负载和外形尺寸(指长度和宽度尺寸,由安装在光具座上的传感器的尺寸决定)一定的情况下,光具座的变形不仅取决于光具座的材料和厚度 t ,光具座外伸轴的横截面积(由外径 D 和内径 d 决定)也有重要影响。

因此,当T型光电转台的多传感器光轴平行度误差超出技术指标时,不能只考虑增加光具座的厚度或选用密度更大材料,还要考虑光具座外伸轴的横截面的影响,例如通过增加加强筋,增大外伸轴外径 D 和内径 d 等措施提高光具座的刚度和强度。

在工程设计中,需要具体分析影响光具座结构变形的主要参数,确定优化设计变量和约束条件,把光具座允许的最小变形作为优化设计目标,进行光具座的工程结构优化设计。

1.3 左、右光具座上多传感器的结构布局

分析多传感器在T型光电转台上的结构布局,首先要保证多传感器多光轴的分布集中,有利于多光轴的平行性调校;其次要考虑左、右光具座两侧负载及相对方位轴的平衡,尽量少用配重块;最后,要保证光具座具有足够的刚度,增强T型转台本身的刚度。

T型光电转台左、右光具座上除了安装红外热像仪、CCD摄像机和激光测距机外,有时还安装基准镜作多光轴平行性调校的公共基准,这样,当三个传感器中任何一个传感器更换时,不影响其他两个传感器的光轴变化。此外还装备有隔离载体运动保持瞄准线在惯性空间角度稳定功能的陀螺稳像部件。

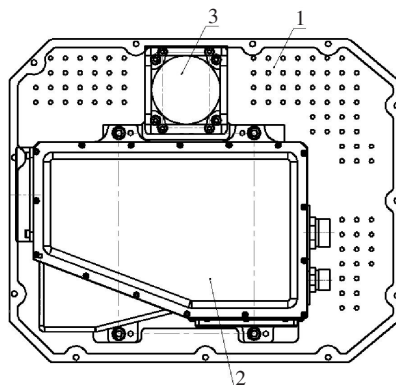


图3 左光具座传感器布局

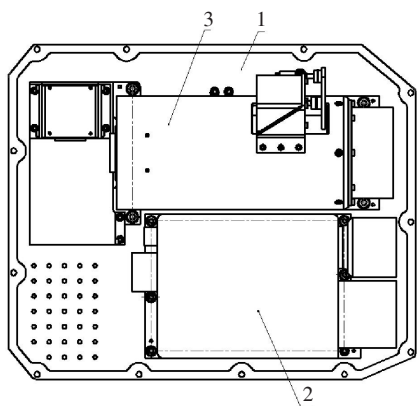


图4 右光具座传感器布局

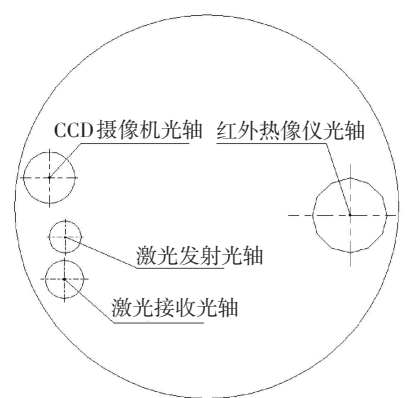


图5 多光轴分布包络圆

某光电转台上安装的传感器有红外热像仪、激光测距机、CCD摄像机和陀螺稳像部件。图3为某光电转台左光具座上的传感器布局。由于红外热像仪(序号2)体积较大、质量较重,故单独安装在左光具座上;序号3为陀螺稳像部件。图4为激光测距机(序号2)和CCD电视摄像机(序号3)安装在右光具座上。

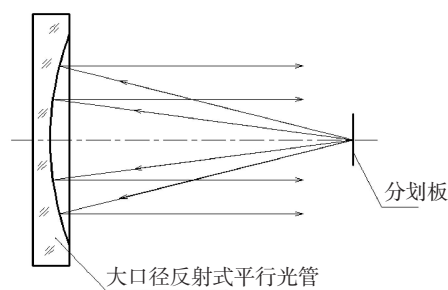


图6 大口径反射式平行光管光路

2 T型光电转台多光轴平行性调校

对于集成了CCD电视摄像机、红外热像仪和激光测距机三种传感器的T型光电转台,装配走线完成后,需要对左右两侧光具座上安装的光电传感器的光轴平行性进行调校,达到光电系统技术指标要求的精度,保证光电转台搜索、观瞄和测距时多光轴的一致性,实现光电转台准确瞄准和测定目标位置信息的功能。

由于三个传感器安装在T型光电转台两侧的光具座上,两侧传感器光轴之间跨度间隔大、因此对多光轴平行性调校时采用大口径反射式平行光管来提供标准无穷远目标。通过绘制T型光电转台多光轴分布包络圆,如图5所示。根据包络圆直径确定调试用大口径平行光管的有效通光口径,大口径反射式平行光管的光路图如图6所示。

调校前需要准备好CRT监视器、日光灯光源、调校工装、感光纸等辅助物品;测量环境条件是否满足试验要求;对大口径平行光管进行检定,保证通光口径内光束平行度误差不大于5 s;分划板应位于大口径平行光管的焦平面位置,分划线应位于视场对称中心区域。

把光电转台放在大口径平行光管前适当位置,调整光电转台的前后、左右和高低位置,保证大口径平行光管有效通光口径完全包围光电转台三个传感器的光轴,避免切光现象。把光电转台方位和俯仰机构锁紧,以激光测距机为调校基准,分别调整CCD摄像机和红外热像仪在左、右光具座上方位和俯仰的位置,使三个光轴的平行度误差达到技术指标的要求。多传感器间多光轴平行性调校原理如图7所示。

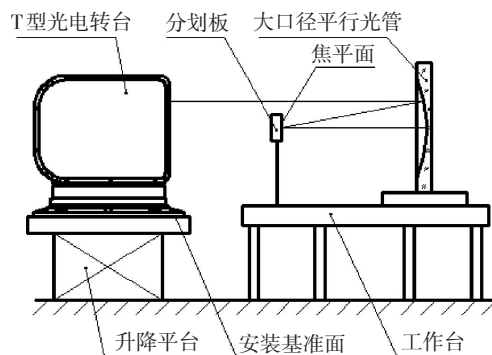


图7 多光轴平行性调校原理图

2.1 CCD摄像机与激光测距机的光轴平行性调校

在大口径平行光管前调整好光电转台的位置后,拧紧光电转台光具座上激光测距机的螺钉,在大口径平行光管的焦平面上放置感光纸,按下光电转台调试面板上的激光发射按钮,发射一束激光,在感光纸上产生灼烧斑痕,通过移动CCD摄像机的方位及俯仰位置,利用监视器观察,使CCD摄像机小视场瞄准线十字线对准感光纸上的灼烧斑痕中心,拧紧CCD摄像机在光具座上的固定螺钉,重新发射一束激光,观察CCD摄像机小视场十字线是否压在激光测距机的灼烧斑痕中心。如此反复,直至两个光轴的平行度误差满足技术指标要求。

2.2 热像仪与CCD摄像机的光轴平行性调校

调校好CCD摄像机与激光测距机的光轴平行性后,在大口径平行光管的焦平面上放置带小孔的分划板,调整转台的位置,通过监视器观察,使CCD摄像机的小视场十字压在分划板上的小孔中心。切换到热像仪的小视场,观察监视器上热像仪成的小孔图像,同样地,通过移动红外热像仪的方位及俯仰位置,使红外热像仪小视场瞄准线十字对准分划板上小孔图像中心,拧紧红外热像仪在光具座上的固定螺钉。如此反复,直至两个光轴的平行度误差满足技术指标要求。

当激光测距机、红外热像仪和CCD摄像机的光轴平行性调校完毕后,分别在每个传感器和光具座的安装面上打孔安装圆柱销定位。安装螺钉要涂乐泰胶。

2.3 试验

对某T型光电转台装配、走线和光轴平行性调校完成后,对光电转台进行环境试验,经过高、低温($-43^{\circ}\sim 55^{\circ}$)、振动(2.5 g, 5 Hz~200 Hz~5 Hz, 振动时间15 min/周期,共两周期,垂直方向)和冲击(30 g, 11 ms(半正弦),3次,三个方向)等试验后,分别对三个传感器的光轴平行性进行测量,结果如表1

所示。

表1 试验前后多光轴平行性和稳定性误差

| | CCD摄像机与 激光测距机的 光轴平行度 误差/mil | 热像仪与CCD 摄像机的光轴 平行度 误差/mil | 稳定性 误差/mil |
|--------|--------------------------------------|------------------------------------|---------------|
| 试验前 | 0.18 | 0.20 | |
| 高低温试验后 | 0.17 | 0.20 | 0.02 |
| 振动试验后 | 0.20 | 0.22 | 0.02 |
| 冲击试验后 | 0.22 | 0.23 | 0.04 |

试验结果表明,三个光轴的平行度误差不大于0.3 mil,三个光轴的稳定性误差不大于0.1 mil,满足项目任务书的技术指标要求。

3 结论

T型光电转台是一种挑担式结构和采用陀螺稳定技术的光电设备,具有隔离载体运动,保持瞄准线在空间角度稳定的功能。在轻质量、高刚度的精密T型光电转台基体两侧,合理布局T型光电转台的一组光电传感器,对包括激光发射/接收光轴、CCD摄像机视场光轴、热像仪光轴等多光轴平行性进行精确调校,保证多传感器多光轴的平行性和稳定性,适应光电系统朝着更高精度、更强性能和更优综合性的方向发展。

参考文献

- [1] 沈颖凡,赵媛媛.航空吊舱稳定平台结构设计[J].航空兵器,2010,31(3):61-64.
- [2] 李宁.美国无人机的光电转塔与发展[J].舰船电子工程,2008,28(4):40-43.
- [3] 王静,赖利国.光电转塔虚拟装配工艺规划及仿真技术研究[J].防务制造技术,2013,26(3):38-42.
- [4] 凌军,刘秉琦.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.
- [5] Paul R Yoder Jr,周海宪.光机系统设计[M].北京:机械工业出版社,2010.