

文章编号:1001-5078(2023)01-0097-04

· 光电对抗 ·

激光半主动制导半实物仿真系统零位标定方法

郝燕云¹, 赵松庆^{1,2}, 吴根水^{1,2}, 陈海燕¹, 李睿¹

(1. 中国空空导弹研究院, 河南 洛阳 471009; 2. 航空制导武器航空科技重点实验室, 河南 洛阳 471009)

摘要:基于漫反射屏的激光半主动制导半实物仿真系统由漫反射屏、激光目标特性模拟激光器、二自由度目标视线运动模拟反光镜、激光干扰特性模拟激光器、二自由度干扰视线运动模拟反光镜、三自由度导弹飞行姿态模拟转台、仿真计算机和仿真总控系统等组成,各分系统工程研制完成后,需要确定各分系统的安装位置和方向。本文主要总结了各分系统安装定位方法和零位标定方法,对类似系统的建设具有指导意义。

关键词:漫反射屏;激光;半实物仿真;安装定位;零位标定

中图分类号:TJ765.4 **文献标识码:**A **DOI:**10.3969/j.issn.1001-5078.2023.01.015

Zero calibration method of maser semi-active guidance hardware-in-the-loop simulation system

HAO Yan-yun¹, ZHAO Song-qing^{1,2}, WU Gen-shui^{1,2}, CHEN Hai-yan¹, LI Rui¹

(1. China Airborne Missile Academy, Luoyang 471009, China;

2. Aviation Key Laboratory of Science and Technology on Airborne Guided Weapons, Luoyang 471009, China)

Abstract: The laser semi-active guidance hardware-in-the-loop simulation system based on diffuse reflection screen consists of a diffuse reflection screen, a laser target simulator, 2D of target line-of-sight motion simulated reflectors, a laser jamming simulator, a 2D of jamming line-of-sight motion simulated reflectors, a 3D of missile flight motion simulator, a simulation computer and a simulation master control system. After the development of each subsystem project is completed, it is necessary to determine the location and direction during installation of each subsystem. In this paper, the main summary of the method of installation, positioning and zero calibration of each part is given, which is a guide for the construction of similar systems.

Keywords: diffuse reflection screen; laser; semi-physical simulation; installation positioning; zero calibration

1 引言

激光制导武器具有精度高、成本低等特点,在若干次实战中取得了良好的打击效果,受到了世界各国的重视和青睐^[1-2]。激光制导半实物仿真是其研制过程中必不可少的验证评估环节^[3-4],也是激光导引头和激光制导武器性能设计和评价的有效手段^[5-7]。

目前,激光半主动制导半实物仿真系统在工程上主要有两种方案^[5],一种是基于五轴转台和激光目标模拟器的透射式系统,该方案通过五轴转台来模拟导弹的姿态运动和弹目视线运动^[8],通过激光目标模拟器来模拟目标的激光漫反射特性;另一种是基于漫反射屏和三轴转台的反射式系统,该方案通过三轴转台来模拟导弹的姿态运动,通过漫反射

作者简介:郝燕云(1991-),女,硕士,工程师,红外目标与环境特性半实物仿真。E-mail:haoyanyun93@163.com

收稿日期:2022-03-07;修订日期:2022-04-18

屏来模拟目标对指示激光的漫反射特性,通过二自由度反光镜来控制目标光斑在漫反射屏上的运动来模拟弹目相对视线运动^[9-10]。

基于漫反射屏的激光制导半实物仿真系统由漫反射屏、激光目标特性模拟激光器、二自由度目标视线运动模拟反光镜、激光干扰特性模拟激光器、二自由度干扰视线运动模拟反光镜、三自由度导弹飞行姿态模拟转台、仿真计算机和仿真总控系统等组成,见图 1。各分系统的相对位置见图 2。

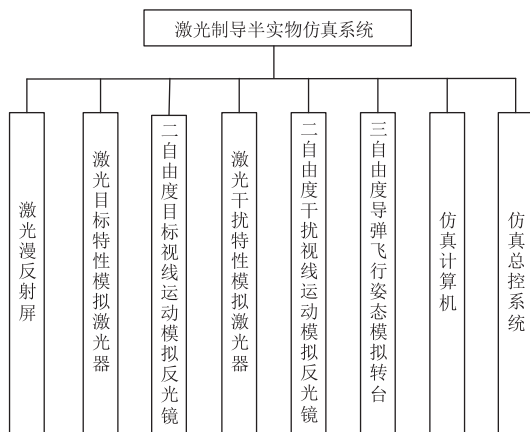


图 1 基于漫反射屏的激光制导半实物仿真系统组成框图

Fig. 1 The composition diagram of laser-guided hardware-in-the-loop simulation system based on diffuse reflection screen

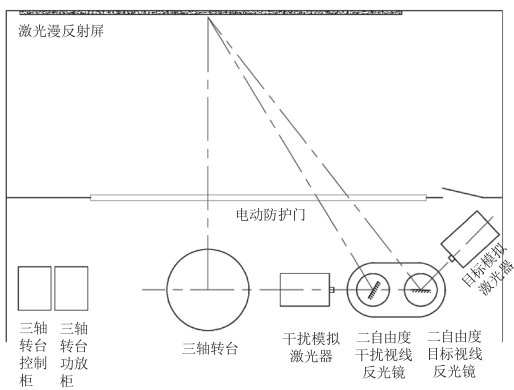


图 2 激光半实物仿真系统各分系统相对位置图

Fig. 2 The relative position diagram of laser-guided hardware-in-the-loop simulation system

各分系统研制完成后,需要确定安装时的位置和方向,从而完成整个半实物仿真系统的研制。本文主要描述了分系统安装定位方法和零位标定方法,对类似系统的建设具有指导意义。

2 三轴转台位置及零位标定

以激光漫反射屏为基准,测试标定三轴转台的

位置和各框架的零位,方法如下:

a) 三轴台基座调水平,在三轴转台底座水平基准面上放置水平尺,借助于水平尺将三轴转台底座调水平。

b) 方位框零位标定,将直角工装和激光测距仪安放在三轴台方位框水平基准面上,垂直于基准面轴线,使直角工装垂直面边沿压在水平刻记线上,此时三轴转台垂直轴落在直角工装的垂直面内。让激光测距仪前端面紧贴直角工装垂直面,在漫反射屏激光测距仪照射的地方放置平面反光镜,调整三轴台方位框、激光测距仪和平面反光镜三者之间的相对位置,使得经反光镜反射回的激光束进入激光测距仪前端面上的激光出射口,此时激光测距仪出射的激光束与漫反射屏垂直,见图 3。

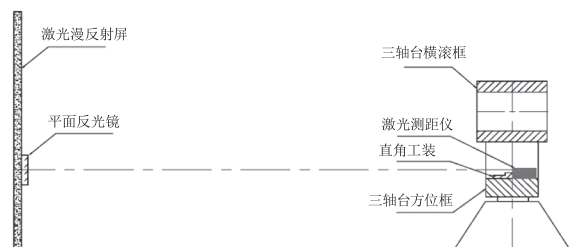


图 3 方位框零位标定示意图

Fig. 3 Zero calibration diagram of azimuth frame

c) 激光漫反射屏到三轴台中心的距离标定,在方位框位置标定完成后,撤掉漫反射屏上的平面反光镜,借助于激光测距仪测量漫反射屏到三轴转台垂直轴的距离。

d) 俯仰框零位标定,在俯仰框内安装特制工装,见图 4,在工装的平面上放置呈正交的两把水平尺,首先调整横滚框,使 X 方向的水平尺水泡居中,再调整俯仰框位置,使得 Y 方向的水平尺水泡居中,此时的俯仰框位置就是俯仰框零位。

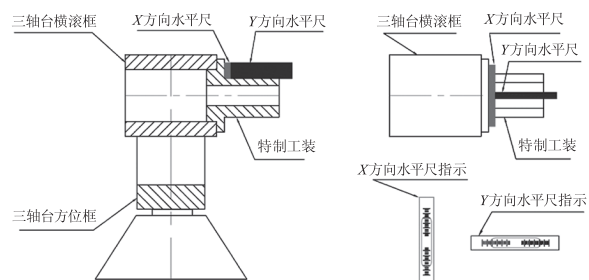


图 4 俯仰框零位标定示意图

Fig. 4 Zero calibration diagram of pitching frame

3 二自由度反光镜位置及零位标定

以三轴转台方位框和俯仰框零位为基准,标定二自由度反光镜的转台位置和零位,将反光镜的回旋中心安装在三轴转台方位框零位时的俯仰框轴线上。

首先,在特制工装内装入氦氖激光管见图5,将三轴转台方位框零位时的横滚框轴线用激光管输出的激光束显示,具体方法是:调整激光管的方向,旋转三轴转台横滚框,观测激光光斑在漫反射屏上的运动轨迹,一直到激光光斑静止不动为止,说明激光器输出的激光光束与三轴转台横滚框轴线重合。

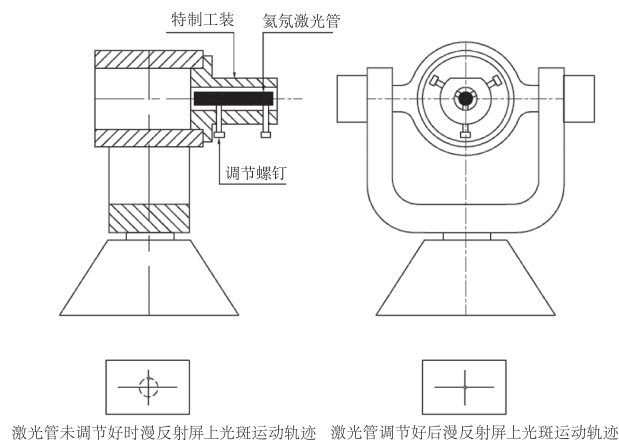


图5 激光管安装调节示意图

Fig.5 Installation and adjustment diagram of laser tube

其次,将三轴转台俯仰框调至水平状态,方位框从零位向右旋转 90° ,此时位于三轴转台横滚框轴线上的激光管输出的激光束就是三轴转台方位框零位时的俯仰框轴线。

最后,以激光管输出的激光束为基准,标定二自由度反光镜的位置。其方法是:

a) 二自由度反光镜转台底座调水平,在二自由度反光镜转台方位框水平面上放置呈正交的两把水平尺,将二自由度反光镜转台底座调水平。

b) 二自由度反光镜转台位置标定,拆掉二自由度反光镜转台俯仰框电机盖,将轴孔暴露出来,在轴孔上安装带有小孔的盖板,转动方位框,以小孔是否位于激光束中心为基准,调整二自由度反光镜转台位置,且要保证底座调水平,最终使小孔位于激光束中心,此时二自由度反光镜转台位置调整完毕。

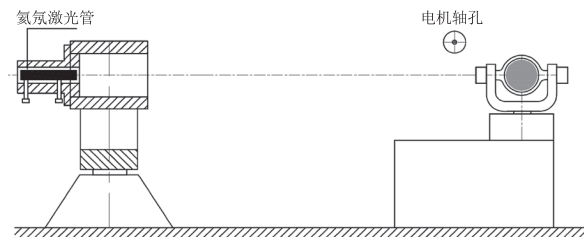


图6 二自由度反光镜转台位置标定原理示意图

Fig.6 Schematic diagram of position calibration principle of two degree of freedom reflector turntable

c) 反光镜俯仰框零位标定,转动反光镜转台的方位框和俯仰框,使反光镜的反射面正对激光管,让反射回的激光束进入激光管,记录俯仰框位置信息,此时俯仰框零位标定完毕。

d) 干扰反光镜方位框零位标定,转动反光镜转台的方位框,使激光束照射到漫反射屏表面与三轴台零位时激光照射的位置重合,记录方位框位置信息,此时干扰反光镜方位框零位标定。

e) 目标反光镜方位框零位标定,需配合目标激光器位置确定,详见目标激光器位置和目标反光镜转台方位框零位标定。

4 干扰激光器位置标定

在干扰反光镜表面放置和反光镜同尺寸同形状且中心有十字标示的白纸,干扰激光器输出口安装倍频晶体,将输出的 $1.064\ \mu\text{m}$ 激光转化为绿色激光,在干扰反光镜转台的方位框和俯仰框均处于零位的条件下,调整干扰激光器,使得出射的激光束照射在反光镜表面的十字中心,去掉白纸后干扰激光能够照射到漫反射屏上三轴转台零位时激光管照射的位置,见图7,此时干扰激光器位置标定完毕。

5 目标激光器位置和目标反光镜转台方位框零位标定

在目标反光镜表面放置和反光镜同尺寸同形状且中心有十字标示的白纸,目标激光器输出口安装倍频晶体,将输出的 $1.064\ \mu\text{m}$ 激光转化为绿色激光,在目标反光镜转台的俯仰框处于零位的条件下,调整目标激光器和反光镜,使得出射的激光束照射在反光镜表面的十字中心,去掉白纸后干扰激光能够照射到漫反射屏上三轴转台零位时激光管照射的位置,见图7,记录方位框位置信息,此时目标激光器位置 and 反光镜方位框零位标定完毕。

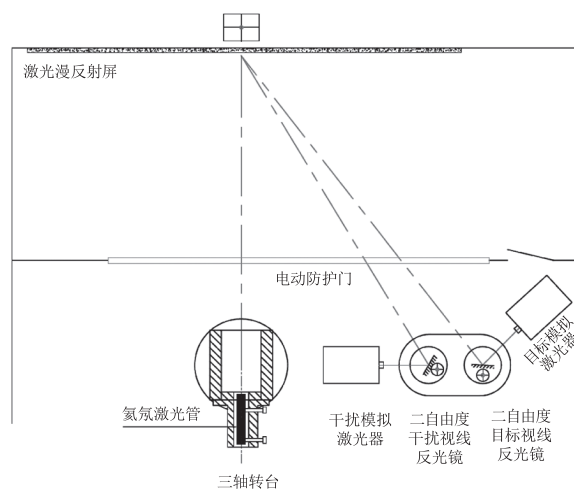


图7 目标/干扰激光器位置标定原理示意图

Fig. 7 Schematic diagram of target/interference laser position calibration

6 结论

本文总结了基于漫反射屏的激光制导半实物仿真系统中各个分系统安装定位和零位标定过程,对类似系统的建设具有指导意义,部分标记譬如:三轴转台方位框水平面上十字标记和直角工装及其固定方式,以及二自由度反光镜转台俯仰框电机轴孔及带小孔的盖板等,需要在分系统研制方案设计时同步进行考虑,一同设计加工,若没有考虑,会给后期的安装标定带来一定困难。另外,部分标定过程需借助氦氖激光管,发出橘红色激光束,因激光束有一定束散角,随着照射距离的增远,激光光斑逐渐变大,另一方面激光光斑亮度较高,照射在漫反射屏或白纸上,用肉眼观测光斑运动变化情况时,会因光强刺激眼睛,横向位移观测不确定度大于2 mm,若使用带目镜和十字分划板的平行光管替代氦氖激光管,观测不确定度则可小于0.5 mm。

参考文献:

- [1] Wang Shicheng, Liu yuan, Liu Zhiguo et al. Hardware-in-the-loop simulation technology for size of laser facular of laser guided weapon [J]. Opto-Electronic Engineering, 2009, 36(9): 1-5. (in Chinese)
王仕成, 刘源, 刘志国等. 激光制导武器目标光斑大小半实物仿真研究[J]. 光电工程, 2009, 36(9): 1-5.
- [2] Xue Jianguo, Lei Ping, Wang Jianfeng. Coding design for dual wavelength laser semi-active guidance [J]. Aero Weaponry, 2017(4): 59-62. (in Chinese)
薛建国, 雷萍, 王娟峰. 一种双波长激光的半主动制导编码设计[J]. 航空兵器. 2017(4): 59-62.

- [3] Fan Li, Han Wenbo. Research on the main control system in hard-in-the-loop simulation system of laser guidance weapon [J]. Journal of Changchun University of Science and Technology, 2018, 41(4): 49-53. (in Chinese)
范丽, 韩文波. 激光制导武器半实物仿真主控系统研究[J]. 长春理工大学学报, 2018, 41(4): 49-53.
- [4] Yu Chuan. Research of semi-active laser-guided simulation system [D]. Chongqing: Chongqing University, 2014. (in Chinese)
喻川. 半主动激光制导仿真系统研究[D]. 重庆: 重庆大学, 2014.
- [5] Wang Yankui, Zheng Qiang, Ji Shuang. Research of synthetic line-of-sight method for laser strapdown seeker based on semi-physical simulation [J]. Laser & Infrared, 2018, 48(10): 1278-1282. (in Chinese)
王艳奎, 郑强, 姬爽. 激光捷联导引头半实物仿真合成视线法研究[J]. 激光与红外, 2018, 48(10): 1278-1282.
- [6] Yu Xiaojun, Zheng Zhiqiang, Liu Linhai et al. Air semi-active laser guided weapons hardware-in-the-loop simulation research [J]. Aviation Precision Manufacturing Technology, 2016, 52(6): 13-22. (in Chinese)
鱼小军, 郑志强, 刘林海, 等. 激光半主动航空制导武器半实物仿真研究[J]. 航空精密制造技术, 2016, 52(6): 13-22.
- [7] Chen Wei, Sun Xueyang, Yuan Li. Research on the method of light of sight simulation in reflective target simulation [J]. Henan Science and Technology, 2017, 11: 31-33. (in Chinese)
陈伟, 孙雪阳, 袁莉. 激光制导武器反射式弹目视线半实物仿真方法研究[J]. 河南科技, 2017, 11: 31-33.
- [8] Chu Kai, Zhu Yiwang, Yang Qie, et al. Design and implementation of a new hardware-in-the-loop simulation system of semi-active laser guidance [J]. Electronic Design Engineering, 2012, 20(9): 124-126. (in Chinese)
褚凯, 朱一旺, 杨茜, 等. 新型半主动激光制导实物仿真系统设计与实现[J]. 电子设计工程, 2012, 20(9): 124-126.
- [9] Fan Shipeng, Lin Defu, Lu Yulong, et al. Design and achievement of hardware-in-the-loop simulation system for guided shell based on laser semi-active seeker [J]. Infrared and Laser Engineering, 2014, (2): 394-397. (in Chinese)
范世鹏, 林德福, 路宇龙, 等. 激光制导武器半实物仿真系统的设计与实现[J]. 红外与激光工程, 2014, (2): 394-397.
- [10] Cong Mingyu. Development of laser-guided hardware-in-the-loop simulation system [D]. Harbin: Harbin Institute of Technology, 2001. (in Chinese)
丛明煜. 激光制导半实物仿真系统研制[D]. 哈尔滨: 哈尔滨工业大学, 2001.