

doi: 10.11823/j.issn.1674-5795.2021.04.07

激光目标模拟器校准装置研制

王俊, 朱小平, 毛宏宇, 翟树峰, 张孟月, 徐钰华

(北京航空工程技术研究中心, 江苏 南京 210028)

摘要: 激光目标模拟器被广泛应用于激光制导系统测试, 在长期使用过程中, 激光信号模拟光源的方位会较大幅度地偏离设计指标, 需要对其进行现场校准测试。首先对激光目标模拟器的原理进行了详细分析, 进而分别从硬件及软件设计方面对激光目标模拟器校准装置的研制方案进行了阐述。测试结果表明, 该装置可准确测量、检定激光信号模拟光源的方位、发射角、信号功率等参数, 各项性能指标均满足使用要求。

关键词: 激光目标模拟器; 校准装置; 校准; 计量

中图分类号: TB97

文献标识码: A

文章编号: 1674-5795(2021)04-0032-04

Development of Calibration Device for Laser Target Simulator

WANG Jun, ZHU Xiaoping, MAO Hongyu, ZHAI Shufeng, ZHANG Mengyue, XU Yuhua

(Beijing Aeronautical Technology Research Center, Nanjing 210028, China)

Abstract: Laser target simulator is widely used in the test of laser guidance system. The simulated orientation of laser signal source can be deviated from the design index greatly in the long-term use, and the laser guidance system should be calibrated and tested on site. Firstly, the principle of laser target simulator is analyzed in detail, and then the design scheme of laser target simulator calibration device is expounded respectively from the aspects of hardware and software design. The test results indicate that the parameters of laser signal simulation light source such as azimuth, emission angle and signal power can be accurately measured and verified by the device and the performance indexes meet the use requirements.

Key words: laser target simulator; calibration device; calibration; measurement

0 引言

激光目标模拟器是激光制导武器研制、生产及其后期维护检修的重要测试仪器之一^[1-10], 广泛应用于制导系统导引头^[11]的调试及测试。其主要功能是产生导引头测试过程中与光学接收机相关的各种测试输入信号, 可以输出标准模拟光脉冲信号、精确频率编码光脉冲信号、激光照射同步电脉冲信号等, 并模拟不同峰值功率的光脉冲信号。在测试过程中, 激光信号模拟光源要变换不同方位, 每次都会带来方位偏差, 导致发射角也发生细微变化, 长期使用后激光信号模拟光源的方位会较大幅度地偏离设计指标, 需要对其进行校准测试。针对此需求, 本文研制了激光目标模拟器校准装置, 实现对激光目标模拟器的检定测试与计量保障。

1 激光目标模拟器原理分析

激光目标模拟器作用是将特定波长的带编码信息

的光以特定方位照射到制导系统导引头上^[3-6], 经过制导系统导引头光学系统汇聚于接收探测器的特定区域内, 由导引头进行信号放大、解码、和差运算等处理, 输出位置偏差信号, 控制舵机做相应的动作, 从而验证武器系统的功能指标。

激光目标模拟器有 A 型、B 型两种, A 型激光目标模拟器的光源光学原理如图 1 所示。

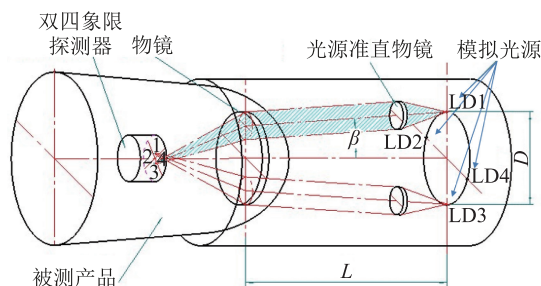


图 1 A 型激光目标模拟器光源光学原理

模拟光源的四路发光点 LD1, LD2, LD3, LD4, 经准直镜准直后, 在固定距离 L 位置, 以固定角度 β

角入射, 确保各路入射光经导引头汇聚后, 光点分别落在探测器不同的区域(1, 2, 3, 4)处, 且互不干扰。A 型激光目标模拟器通过分别控制四路光源, 测试产品的响应特性。

B 型激光目标模拟器的光源光学原理如图 2 所示。模拟光源的四路具有一定发散角 α 的点光源 LD1, LD2, LD3, LD4, 发出锥形光束, 使其中的一部分光束, 在固定距离 L 位置, 能够入射到导引头光学系统内, 汇聚后, 光点分别落在探测器的不同区域(1, 2, 3, 4)处, 且互不干扰。B 型激光目标模拟器通过分别控制四路光源, 测试产品的响应特性。

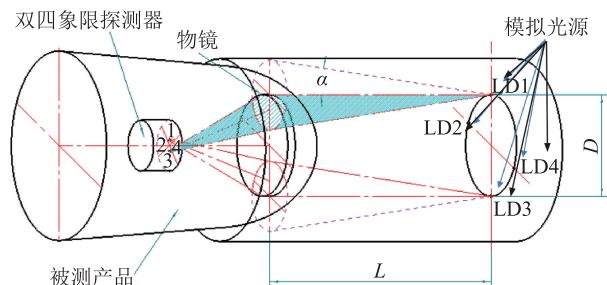


图2 B型激光目标模拟器光源光学原理

当激光目标模拟器出现以下故障时, 将导致测试系统不能正确评价武器系统的性能:

1) 激光信号模拟光源本身制造定位不准确, 或使用过程中操作不当导致定位不准确, 导致光点不能够落在正确的区域, 光信号互相干扰, 使被测产品不能按照设定程序产生正确的动作响应;

2) 模拟光源本身出现发光强度不够或不发光故障, 导致被测产品无动作;

3) 控制器编码序列与导引头解码不匹配, 激光信号错误, 导引头无解码输出信号或输出信号错误, 导致被测产品无动作或错误动作。

2 方案设计

激光目标模拟器检定装置要实现对 A, B 型激光目标模拟器的激光信号模拟光源的能量中心点方位、发射角、发光功率等参数的精确测试, 完成对四路激光信号脉冲特性以及探测器逻辑输出的功能测试。

2.1 硬件设计

激光目标模拟器校准装置硬件由壳体双四象限探测器、二维程控系统、虚拟示波器、计算机控制系统、24 V 开关电源、测试电缆、光源触发控制盒专用夹具等部件组成, 装置整体外观示意图见图 3。

双四象限探测器用于接收激光信号, 并将接收到

的激光信号转换成电信号。探测器单色灵敏度 ($\lambda = 1.06 \mu\text{m}$) $\geq 2.5 \times 10^4 \text{ V/W}$ 。

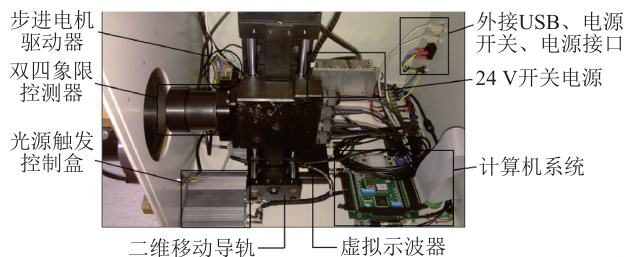


图3 激光目标模拟器校准装置

二维程控系统包含运动控制卡、二维平移台、电机驱动器以及电机, 其中运动控制卡采用雷赛运动控制卡 DMC4420, 该运动控制卡基于 PC104 总线、可控制四个步进或伺服电机, 最高脉冲频率 400 kHz, 具有 S 形曲线速度控制、随时变速等高级功能, 满足激光目标模拟器校准装置在垂直于光轴的固定距离上 X, Y 两个方向程控要求。二维平移台用于移动双四象限探测器, 电机驱动, 探测器在二维平移台上运动, 二维平移台的 X, Y 方向分别由电机驱动, 行程为 100 mm, 直线定位误差为 $\pm 0.05 \text{ mm}$ 。步进电机驱动器用于控制二维平移台, 通过指令使其按照技术要求运行。

虚拟示波器用于将电压信号转换成数字量, 并在计算机图形界面上以波形的形式显示。虚拟示波器采用荷兰产 HS4 便携式综合测试仪, 该示波器是 4 通道, 12 位、50 MS/s 采样率数字示波器, 准确度为 $0.2\% \pm 1 \text{ LSB}$, 用于采集探测器的 4 路脉冲信号。

计算机系统用于运行控制软件; 24 V 开关电源用于将 220 V 交流电转换成 24 V 直流电, 给计算机系统和步进电机供电; 光源触发控制盒用于产生脉冲信号, 给激光目标模拟器提供触发源。

2.2 软件设计

激光目标模拟器校准装置的软件主要包括程序界面、运动控制、数据采集与分析、数据存储与图形显示等模块。其功能主要是实现二维程控运动, 数据采集、存储与数据分析, 以及图像界面的显示。

1) 程序界面模块

进入软件界面, 首先是被测光源类型选择界面, 按照被测光源类型, 选择对应光源类型后进入测试界面。通常情况下, 首先进行逻辑输出测试, 如图 4 所示。

如果逻辑输出不通过, 说明光源存在故障, 排除故障后, 再进行分布测试, 进入分布测试界面, 如图 5 所示。分布测试包含了最大能量中心位置、信号幅度、发散角等信息, 根据测试结果可以判断各路光源的状态。



图4 逻辑测试界面

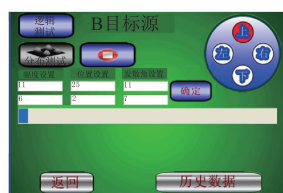


图5 分布测试界面

2) 二维运动控制模块

二维运动控制由计算机发出控制指令，驱动电机带动专用探测器，在平面内进行扫描，采集数据，获得关于 X 、 Y 坐标对应的信号采样数据矩阵。二维运动控制采用伺服控制卡的库函数指令，能够精确定位探测器，并有限位保护功能，防止超行程运动。

3) 数据采集与分析模块

数据采集要保证其数据的实时性，数字示波器采用硬件数据存储，通过 USB 接口传输至计算机，采集每个脉冲的全波形数据，利用数学矩阵模型，建立空间分布数据矩阵。

4) 数据存储与图形显示模块

对于每个编号的模拟光源，建立一个数据文件，独立存储存档，需要时可以调出查询，以三维空间图的形式显示，可以直观地观察到结果，同时，以窗口形式显示相关参数。

3 激光目标模拟器的校准测试

激光目标模拟器是否合格，其核心因素就是模拟光源发出的光是否能够分别准确落在探测器的特定区域内，并且不相互干扰。在光功率合适、编码正确时，就能够使被测激光导引头按照设定的程序做准确的动作，激光目标模拟器检定装置的关键也是要检测激光目标模拟器发光点的能量中心分布、光源发散角、发光功率等参数。通过测试激光目标模拟器的激光信号空间分布^[12]以及探测器逻辑输出信号可以完成对其校准测试。

将被测激光目标模拟器安装于校准装置夹具上，以与使用状态相同的定位方式定位在校准装置上，校准装置通过两个测试阶段来验证激光目标模拟器是否合格：

第一阶段：探测器逻辑输出信号测试

激光目标模拟器正常工作时，四象限探测器在特定位置探测激光目标模拟器不同位置发出的激光应有对应的逻辑输出，依据这种正确的逻辑关系，可以判定激光目标模拟器的各发光点之间是否存在互相干扰等故障。

当激光目标模拟器正常时，探测器的逻辑输出符合图6所示的逻辑关系，否则，光源存在相互干扰，逻辑输出混乱。

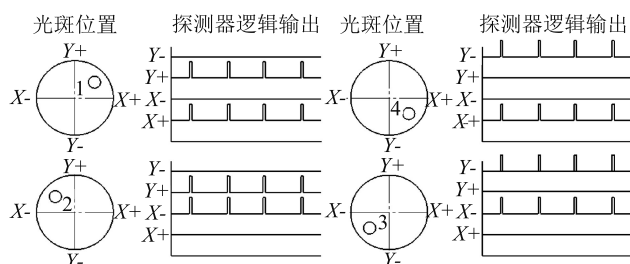


图6 光源与探测器输出对应关系图

第二阶段：激光信号空间分布测试

激光目标模拟器校准装置的专用探测器安装在具有 X 、 Y 两个方向可控移动的导轨上，在计算机的控制下，分别触发激光目标模拟器的四个光点 LD1, LD2, LD3, LD4 产生光信号，探测器在垂直于光轴的固定距离上的平面内扫描采集，并生成信号，探测器电信号经过隔离、放大，经由数据采集系统获得关于 XY 平面内的光信号幅度的空间分布数据。B 型激光模拟器的四个发光点在 X 方向信号幅度输出响应分布如图7所示。

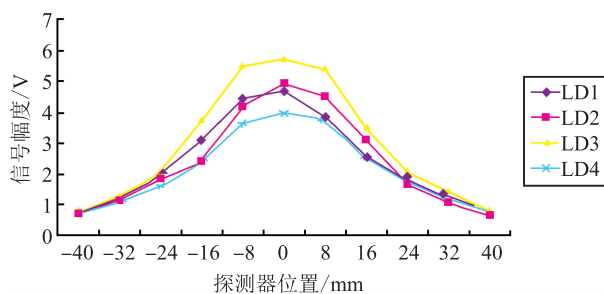


图7 激光模拟器输出响应曲线

如果沿 X 、 Y 两个方向扫描采样，可获得如图8所示的探测器在特定位置的空间分布输出特性数据，该数据包含了模拟光源的能量中心位置、束散角、能量幅度等信息。

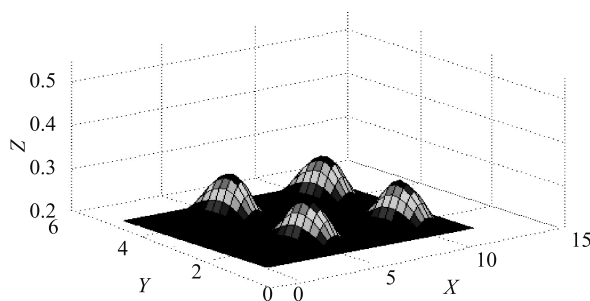


图8 激光光源的空间分布模拟

4 结束语

研制了一种激光目标模拟器校准装置,给出了软硬件总体设计方案,基于该校准装置对激光目标模拟器进行了校准测试。结果表明,该装置可准确测量激光目标模拟器的激光信号模拟光源的方位、发射角、信号功率等参数,能够满足对于激光目标模拟器的检定需求。

参考文献

- [1] 方建芳. 对某反坦克导弹激光目标模拟器的设计探讨[J]. 计算机测量与控制, 2012, 20(9): 2460-2462.
- [2] 吴红霞, 杜继东, 张玉国, 等. 激光目标模拟器功率现场校准装置[J]. 宇航计测技术, 2019, 39(3): 40-43.
- [3] 彭晶晶, 陈蕙心, 黄红云. 一种基于半导体激光二极管的激光目标模拟器[J]. 制导与引信, 2018, 153(1): 17-21.
- [4] 杜晓宇, 杨加强, 彭晴晴, 等. 新型多功能目标模拟器光学系统的设计[J]. 激光与红外, 2019, 49(7): 891-895.
- [5] 周瑞岩, 刘明皓. 激光目标模拟器设计技术[J]. 指挥控制

与仿真, 2017, 4: 24-27.

- [6] 周伟恒. 基于遗传算法的机械设备故障检测机器人设计[J]. 计算机测量与控制, 2020, 257(2): 58-62.
- [7] 顾鹏程, 张力川, 王立, 等. 基于虚拟仪器与FPGA的多类型信号模拟器设计[J]. 计算机测量与控制, 2019, 27(3): 177-182.
- [8] 龚勇, 王茜蓓, 单斌, 等. 激光目标模拟器逼真度量化评估方案[J]. 红外与激光工程, 2016(12): 6-9.
- [9] 赵自文. 红外目标旋转模拟器校准方法的研究设想[J]. 计测技术, 2008, 28(1): 25-27.
- [10] 王翠珍, 唐金元, 李树锋. 角度信号模拟器的设计与实现[J]. 计测技术, 2007, 27(5): 23-25, 57.
- [11] 纪小辉. 导引头性能检测装置设计[J]. 中国测试, 2019, 249(4): 96-101.
- [12] 张晓燕, 张晓娇. 激光传感跟踪器的信号稳定控制方法研究[J]. 激光杂志, 2017, 38(5): 162-166.

收稿日期：2021-03-05

引用格式: 王俊, 朱小平, 毛宏宇, 等. 激光目标模拟器校准装置研制[J]. 计测技术, 2021, 41(4): 32-35.

(广告)

《宇航计测技术》2021 年第 3 期目次

长河二号授时监测接收机设计与实现

主动光频标的研究进展

基于相干极化调制的小型化 CPT 原子钟进展

汞离子微波频标汞光谱灯设计

随机追踪策略预测钟差的理论分析

小型磁选态铯原子钟产品化进展

国家综合 PNT 体系中的中国罗兰 C 导航系统

国产皮秒级商用 MTIM 测量仪比测

OPC UA 技术在智能校准系统中的应用

在片校准标准件基底边界条件影响

基于遗传基因算法的中子能谱解谱程序研究

准远场天线测量修正方法研究

一种地震动信号特征提取与分类方法

高能(450 kV)X 射线参考辐射场附加过滤研究

基于改进深度学习模型的焊缝缺陷检测算法

集成学习在高误码率下 AOS 协议识别中的应用研究

DME 询问信号捕获的设计与实现

雷达 TR 生产线测试系统远程自动现场整体校准技术研究

测量设备校准周期调整方法研究