

· 光电探测 ·

双波段红外探测设备同靶标共航路测试方法研究

王 迅, 叶宗民

(91404部队, 河北 秦皇岛 066001)

摘 要: 针对双波段红外探测设备不同波段的探测要求, 利用曳光管双波段辐射特性, 提出无人机加载曳光管作为低空移动光电靶, 实现同一靶标满足双波段测试要求; 通过对无人机航路距离和航向的统筹设计, 实现同一个飞行航次满足作用距离和目标数据精度等多个测试项目; 文中对目标航迹真值精度进行深入分析, 总结出在不同条件下, 航路、航向及布站等相关参数的关联和设置方法, 为该测试项目组织实施提供充分的技术准备和选择空间。

关键词: 双波段; 红外探测; 同靶标共航路; 测试方法

中图分类号: TN215

文献标识码: A

文章编号: 1673-1255(2015)-01-0011-03

Research on Testing Method of Infrared Double Band Detecting Equipment in Same Target and Fairway

WANG Xun, YE Zong-min

(91404 Army Unit, Qinhuangdao 066001, China)

Abstract: According to the detecting requirements of double band Infrared detecting equipment in different bands and the double band radiation characteristics of flaring light pipe, unmanned aerial vehicle (UAV) equipped with flaring light pipe as low-level moving target is proposed. Same target meeting double band testing requirements is realized. Through designing UAV fairway distance and heading, testing projects meeting the requirements such as action distance and target data accuracy are realized in the same flight. Target track real value accuracy is analyzed deeply. The correlation and setting methods of relative parameters such as fairway, heading and distribution stations under different conditions are summarized to provide full technology preparation and choosing space for the testing project.

Key words: double band; Infrared detecting; same target and fairway; testing method

由于红外成像探测的中、长波双波段具有不同特性, 因此双波段探测能够利用各自波段的优点, 提高设备整体探测能力^[1]。然而双波段探测给设备检测增加了难度。例如, 在对空小目标测试中, 如果针对双波段分别配置目标和单独设计测试航路, 浪费检测资源, 增加供靶风险。文中兼顾设备中、长波不同特性要求, 提出双波段同靶标、多项目共航路的检测方法, 优化检测资源, 节省成本, 降低风险, 满足测试要求。

1 基本原理

在外场环境背景条件下, 利用低空动态小目标的红外辐射特性和逼近过程, 为设备提供目标航迹数据真值和红外辐射特性及环境数据^[2], 通过对比被测设备测试数据, 检测被测设备的作用距离和数据精度等主要指标。

由于作用距离测试和目标数据精度测试原理相近, 即利用低空动态小目标的红外辐射特性和逼

近过程,通过为测试提供目标航迹数据真值和红外辐射特性及环境数据,对比被测设备的数据^[3]。两个项目的测试靶标和设备相同,航路相似,因此红外探测设备作用距离测试和目标数据精度测试的测试方法及实施方案可以相结合,实现双波段同靶标多项目共航路测试。

2 主要参试设备

由于曳光管燃烧后会同时释放中波、长波能量,具备双波段红外辐射特性,测试中可以利用无人机加载曳光管作为低空移动的光电靶,为被测设备提供目标。

主要参试设备包括:

(1)无人机一架(加装红外曳光管)。无人机加载曳光管组成光电靶,作为低空动态红外目标,应用于作用距离和目标数据精度测试。

(2)GPS系统。GPS作为真值测量设备,测量无人机相对红外探测设备的方位角、俯仰角和距离。该系统活动站架设在无人机上。

(3)红外成像测量分析系统。该设备用于测量无人机红外辐射特性,为考核作用距离提供目标红外辐射特性基准值。

3 光电靶航路设计

光电靶飞行航路设计必须遵循两个原则:一是作用距离测试,要求光电靶面向红外探测设备迎头飞行,测试航路最远点大于红外探测设备作用距离指标^[4];二是设计适当的航向偏角,用于考核设备目标数据精度指标。

3.1 距离分析

为满足红外探测设备作用距离测试要求,光电靶航路起始点应选择红外探测设备作用距离指标的1.2倍。假设在典型气象条件下,红外探测设备作用距离为12 km,那么测试设计在相同气象和目标特性条件下,光电靶航路起始点距红外探测设备距离为14.4 km,约15 km。

3.2 航向分析

为了满足目标数据精度测试要求,光电靶航路

应设计适当的航向偏角,选择合适高度,合适的捷径向红外探测设备迎头飞行。既满足迎头飞行态势,又能提供空间位置信息,同时兼顾飞行误差及安全性^[4]。

讨论当红外探测设备以10 Hz频率采集数据,与GPS对时会出现误差,不大于0.1 ms。由于光电靶快速移动,对时误差会影响光电靶真值使用。测试航路必须设计较小航偏角,减小相对红外探测设备方位俯仰的移动速度,消除误差影响^[5]。

假设红外探测设备的目标数据精度不大于2 mrad(1 σ)^[6],因此对时误差造成的测试数据误差应不大于0.67 mrad。

如图1所示,光电靶由A点向D点飞行,经过B、C两点。其中BC为航路中任意一点误差距离,当光电靶速度为v时,0.1 s误差距离为0.1v。OD为航路捷径距离,与航路AD垂直。设CE与OB垂直,则CE可视为BC相对红外探测设备的投影距离。

根据相似三角形原理可知: $OD/OB=CE/BC$ 。

选择OD和OB距离值,可以计算出CE。再根据CE和OB推算误差角度 $\angle BOC$ 的弧度,当 $\angle BOC$ 不大于0.67 mrad时满足测试精度要求。

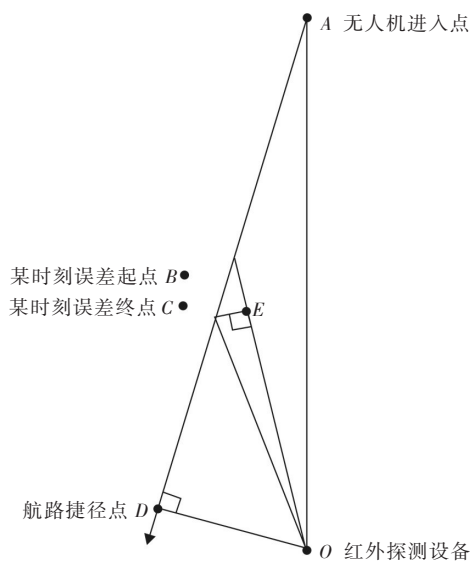


图1 目标方位数据精度测试原理图

下面再根据不同型号光电靶的飞行速度,分析捷径距离与误差角对应关系。

(1)当 $v=50$ m/s时,捷径距离与误差角对应关系。

当 $v=50$ m/s时, $BC=5$ m。 $CE=5 \times OD/OB$ 。

通过选取OD、OB值,计算捷径距离与误差角对

应关系,如表1。

表1 光电靶速度 50 m/s时捷径距离与误差角对应关系表

OB/m	1 000	2 000	3 000	4 000	5 000	10 000	15 000
OD/m	误差/mrad						
100	0.500	0.125	0.056	0.031	0.020	0.005	0.002
200	1.000	0.250	0.111	0.063	0.040	0.010	0.004
300	1.500	0.375	0.156	0.094	0.060	0.015	0.007
400	2.000	0.500	0.222	0.125	0.080	0.020	0.009
500	2.500	0.625	0.278	0.156	0.100	0.025	0.011
600	3.000	0.750	0.333	0.188	0.120	0.030	0.013
800	4.000	1.000	0.444	0.225	0.160	0.040	0.017
1 000	5.000	1.250	0.556	0.313	0.200	0.050	0.022
2 000	10.000	2.500	1.111	0.625	0.400	0.100	0.044

从表1中对应关系可以看出,捷径距离OD越小,满足精度要求的航路距离越长。当OD取1 km距离值时,光电靶从15 km至3 km航路均满足测试要求。

(2)当 $v=120\text{ m/s}$ 时,捷径距离与误差角对应关系。当 $v=120\text{ m/s}$ 时, $BC=12\text{ m}$ 。 $CE=12\times OD/OB$ 。

通过选取OD、OB值,计算捷径距离与误差角对应关系,如表2。

表2 光电靶速度 120 m/s时捷径距离与误差角对应关系表

OB/m	1 000	2 000	3 000	4 000	5 000	10 000	15 000
OD/m	误差/mrad						
100	1.2	0.3	0.133	0.075	0.048	0.012	0.005
200	2.4	0.6	0.267	0.15	0.096	0.024	0.011
300	3.6	0.9	0.4	0.225	0.144	0.036	0.016
400	4.8	1.2	0.533	0.3	0.192	0.048	0.021
500	6	1.5	0.667	0.375	0.24	0.06	0.027
600	7.2	1.8	0.8	0.45	0.288	0.072	0.032
800	9.6	2.4	1.067	0.6	0.384	0.096	0.043
1 000	12	3	1.333	0.75	0.48	0.12	0.053
2 000	6	2.667	1.5	0.96	0.24	0.107	

从表2中对应关系可以看出,捷径距离OD越小,满足精度要求的航路距离越长。当OD取1 km距离值时,光电靶从15 km至5 km航路均满足测试要求。与第(1)种情况相比,测试有效距离较短。

3.3 光电靶双波段应用分析

由于光电靶具备双波段红外辐射特性,同一靶标可应用于作用距离和目标数据精度多项目测试。但双波段辐射强度不同,且红外探测设备双波段探测能力也不同^[7]。因此针对同一靶标,双波段作用距离不相同。测试必须兼顾不同测试距离需求进行航路设计。为满足双波段同时探测需求,应以光电靶辐射较强波段或相对探测能力较强的波段为最大作用距离设计依据,这样可以兼顾另一波段较近距离测试需求^[8]。

4 测试方法

4.1 设备布站

设备布站^[9]如图2所示。

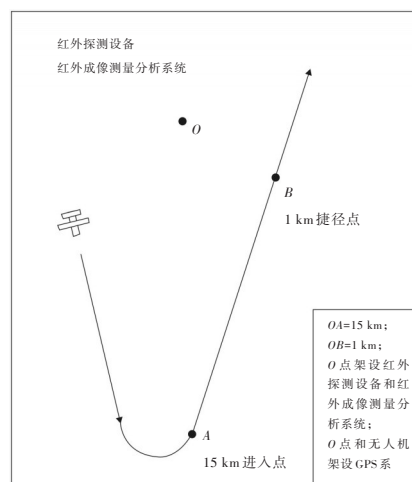


图2 布站与航路示意图

由图2可以看出,(1)红外探测设备架设在O点,对目标航路范围通视;(2)与红外成像测量分析系统架设在红外探测设备附近,不遮挡红外探测设备视场。

4.2 组织实施

组织实施过程为:(1)红外探测设备工作;(2)光电靶听令飞行至距红外探测设备15 km处A点;(3)光电靶到达A点后,以高度200 m、航速50 m/s、1 km捷径向红外探测设备阵地飞行,并依次点燃曳光管;(4)红外成像测量分析系统测量光电靶红外

(下转第67页)

- [5] Iecovich Meir. Line of sight stabilization requirements for target tracking system [J]. SPIE, 1990, 1304:100-111.
- [6] 郑荣才.全舰统一姿态基准测量技术研究[D].天津:天津大学机械工程学院,2007.
- [7] 马颀. GPS船舶姿态测量技术研究[D].大连:大连海事大学,2004:10-13.
- [8] 李晓勇,张忠华,张同双,等. 航天测量船船摇数据特性分析[J]. 中国惯性技术学报,2006,14(3):27-30.
- [9] 刘利生. 外测数据事后处理[M]. 北京:国防工业出版社,1999:15-19.
- [10] 朱华统. 常用大地坐标系及其变换[M]. 北京:解放军出版社,1990:14-18.
- [11] Breivik K, Forsell B. Estimation of multipath error in GPS pseudorange measurements[J]. Navigation, 1997, 44 (1): 43-52.
- [12] YANG Wen-shu, MA Jia-guang. A new tracking and measuring control system for optical electronic theodolite[J]. SPIE,2002(4714):118-123.

(上接第13页)

辐射特性;(5)光电靶通过捷径后退出,一个航次结束。

4.3 数据处理要求

(1)空海GPS按10 Hz记录测量数据。

(2)记录探测数据和融合后的目标航迹数据。

(3)事后根据目标的GPS测量数据和站点坐标参数,计算相对于红外探测设备传感器和相对于参考点的目标数据。

(4)对比目标GPS数据和红外探测设备测量数据,统计分析红外探测设备数据精度。

(5)以100 m距离间隔,统计红外探测设备各取样区间探测概率,根据GPS测量的目标距离和探测概率统计数据确定作用距离和探测概率^[10]。

(6)记录测试期间实时的气象数据。

5 结论

针对双波段红外探测设备不同波段的探测要求,利用无人机加载曳光管作为光电靶,根据其双波段辐射特性,结合航路设计,实现同一靶标满足的双波段探测的测试要求,减少靶标研制经费和测试消耗;通过对航路距离和航向的统筹设计,同一个测试航次满足作用距离和目标数据精度多个项目的测试要求,实现了多项目共用靶标和测试航

路,优化测试资源,提高测试效率,节省测试成本,降低测试风险。文中对目标航迹真值精度进行了深入分析,总结在不同条件下,航路、航向及布站等相关参数设置方法,为该测试项目组织实施提供充分的技术准备和选择空间。

参考文献

- [1] 王永仲.现代军用光学技术[M].北京:科学出版社.
- [2] 王文斌.海军装备试验靶标技术[M].北京:国防工业出版社,2007.
- [3] 鲁培耿,隋景辉.海军装备试验常用词典[M].北京:国防工业出版社,2007.
- [4] 鲁培耿,张连仲.靶场标准化研究与实践[M].北京:国防工业出版社,2010.
- [5] 张建新.导弹紫外辐射特性模拟方法研究[J].光电技术应用,2014,29(2):90-94.
- [6] 陈福胜.海军光电系统手册[M].北京:国防工业出版社,2014.
- [7] 王宇,牟达,李静芳,等.长焦距航空相机光学系统设计[J].光电技术应用,2014,29(6):1-6.
- [8] 梅隧生.光电子技术[M].北京:国防工业出版社,2008.
- [9] 刘京郊.光电对抗技术与系统[M].北京:中国科学技术出版社.
- [10] 于晓峰.装备试验数据处理[M].北京:国防工业出版社,2010.