

文章编号: 1672-8785(2015)03-0045-04

# 双波段红外设备同目标测试方法研究

王 迅 叶宗民

(91404 部队 93 分队, 河北秦皇岛 066001)

**摘 要:** 针对双波段红外探测设备在不同波段的探测要求, 利用曳光管的双波段辐射特性, 选择无人机加载曳光管作为低空移动光电靶, 使同一目标满足了双波段红外设备的双波段测试要求。通过对无人机的航路距离和航向进行统筹设计, 使同一个飞行航次满足了作用距离和目标数据精度等多个测试项目的需要。然后对目标航迹的真值精度进行了深入分析, 并总结了不同条件下航路、航向以及布站等相关参数的关联和设置方法, 为该测试项目的组织与实施提供了充分的技术准备和选择空间。

**关键词:** 双波段; 红外探测; 同目标共航路; 测试方法

**中图分类号:** TN219 **文献标志码:** A **DOI:** 10.3969/j.issn.1672-8785.2015.03.009

## Research on the Method for Testing Double-Band Infrared Detecting Equipment with the Same Target

WANG Xun, YE Zong-min

(91404 Unit of the CPLA, Qinhuangdao 066001, China)

**Abstract:** According to the detection requirements of a double-band infrared detection equipment in different wavebands, an unmanned aerial vehicle (UAV) with a flaring light pipe having double band radiation characteristics is selected as a low altitude moving photoelectric target so that the double band test requirement is met with the same target. Through the overall design of the airway distance and heading of the UAV, the demands of several testing projects such as operation distance testing and target data precision testing are met in the same flight. Then, the precision of the true airway of the target is analyzed deeply and the relevant and setting methods of related parameters such as airway, heading and arranging under different conditions are summarized. This work provides sufficient technical support and choosing space for the organization and implementation of the testing projects.

**Key words:** double-band; infrared detection; same target and fairway; testing method

## 0 引言

由于红外成像探测的中波和长波波段具有不同的特性, 用双波段同时进行探测可以提高设备的整体探测能力。然而双波段探测却给设备检测增加了难度。例如, 在对空小目标的测试中,

如果针对双波段分别配置目标和单独设计测试航路, 既会浪费检测资源, 又会增加供靶风险。本文兼顾设备在中波和长波波段的不同特性要求, 提出了一种双波段、同目标、多项目、共航路检测方法。该方法可以优化检测资源, 节省成本, 降低风险, 满足测试要求。

**收稿日期:** 2015-01-14

**作者简介:** 王迅(1977-), 男, 辽宁铁岭人, 工程师, 主要从事光电对抗研究。

E-mail: 13603357126@163.com

## 1 基本原理

在外场真实的环境背景条件下,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;通过对比被测设备的测试数据,检测其作用距离和数据精度等关键指标。

由于作用距离测试和目标数据精度测试原理相近,两个项目的测试目标和设备相同,航路相似。因此,通过将红外探测设备作用距离测试和目标数据精度测试的方法及实施方案结合起来,可以实现双波段、同目标、多项目、共航路测试。

## 2 主要参试设备

曳光管燃烧后会同时释放中波和长波红外能量,因而具备双波段红外辐射特性,所以在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,从而为被测设备提供目标。

主要参试设备包括:

(1) 无人机 1 架 (加装红外曳光管)

作为低空动态红外目标,无人机加载曳光管组成的光电靶可用于作用距离和目标数据精度测试。

(2) GPS 系统

作为真值测量设备, GPS 系统用于测量无人机相对于红外探测设备的方位角、俯仰角和距离。该系统的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的红外辐射特性,为考核作用距离提供目标红外辐射特性的基准值。

## 3 光电靶航路设计

光电靶的航路设计需要遵循两个原则: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,且测试航路的最远点大于红外探测设备的作用距离指标;二是需要设计适当的航向偏角,用于考核设备的目标数据精度指标。

### 3.1 距离分析

为了满足红外探测设备的作用距离测试要求,光电靶的航路起始点应选择为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,红外探测设备的作用距离为 12 km,那么测试设计中,在相同的气象和目标特性条件下,光电靶的航路起始点应距红外探测设备 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,光电靶应以适当的航向偏角和合适的高度,采取合适的捷径向红外探测设备迎头飞行。这样既能满足迎头飞行态势,又能提供空间位置信息,同时还能兼顾飞行误差及安全性。

若红外探测设备以 10 Hz 频率采集数据,与 GPS 对时时会出现不大于 0.1 ms 的误差。由于光电靶快速移动,对时误差会影响光电靶真值的使用。测试航路必须设计较小的航偏角,并减小相对于红外探测设备方位俯仰的移动速度,以消除误差的影响。

假设红外探测设备的目标数据精度不大于 2 mrad ( $1\sigma$ ),由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,并经过 B、C 两点。其中,BC 为航路中任意一点的误差距离。当光电靶的速度为  $v$  时,0.1 s 误差

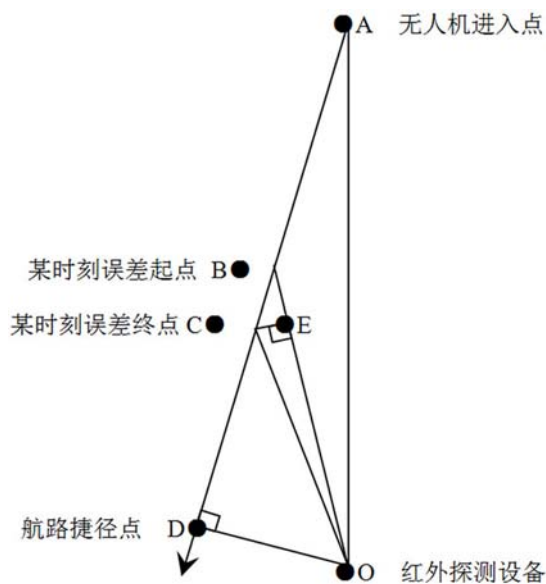


图 1 目标方位数据精度测试的原理图

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 相对于红外探测设备的投影距离。

根据相似三角形原理可知,  $OD/OB=CE/BC$ 。通过选择 OD 和 OB 的距离值, 可以计算出 CE。然后根据 CE 和 OB 推算出误差角度  $\angle BOC$  的弧度。当  $\angle BOC$  不大于  $0.67 \text{ mrad}$  时, 满足测试精度要求。

下面根据不同型号光电靶的飞行速度, 分析捷径距离与误差角之间的对应关系。

(1) 当  $v=50 \text{ m/s}$  时,  $BC=5 \text{ m}$ ,  $CE=5 \times OD/OB$ 。通过选取 OD 和 OB 值, 计算捷径距离与误差角之间的对应关系 (见表 1)。

表 1 光电靶速度为  $50 \text{ m/s}$  时捷径距离与误差角的对应关系

| 误差 (mrad)<br>OD (m) | OB (m) | 1000   | 2000  | 3000  | 4000  | 5000  | 10000 | 15000 |
|---------------------|--------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 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 | 0.250 | 0.160 | 0.040 | 0.017 |
| 1000                |        | 5.000  | 1.250 | 0.556 | 0.313 | 0.200 | 0.050 | 0.022 |
| 2000                |        | 10.000 | 2.500 | 1.111 | 0.625 | 0.400 | 0.100 | 0.044 |

表 2 光电靶速度为  $120 \text{ m/s}$  时捷径距离与误差角的对应关系

| 误差 (mrad)<br>OD (m) | OB (m) | 1000 | 2000 | 3000  | 4000  | 5000  | 10000 | 15000 |
|---------------------|--------|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 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 |
| 1000                |        | 12   | 3    | 1.333 | 0.75  | 0.48  | 0.12  | 0.053 |
| 2000                |        |      | 6    | 2.667 | 1.5   | 0.96  | 0.24  | 0.107 |

### 3.3 光电靶的双波段应用分析

由于光电靶具备双波段红外辐射特性, 同一目标可应用于作用距离和目标数据精度等多项测试。但双波段的辐射强度是不同的, 而红外探测设备的双波段探测能力也是不同的。因此针对同一目标, 双波段的作用距离不相同。测试前必须兼顾不同的测试距离需求进行航路设计。为满足双波段同时探测的需求, 应以光电靶

从表 1 中可以看出, 捷径距离 OD 越小, 满足精度要求的航路距离越长。当 OD 取  $1 \text{ km}$  距离值时, 光电靶从  $15 \text{ km}$  至  $3 \text{ km}$  的航路均满足测试要求。

(2) 当  $v=120 \text{ m/s}$  时,  $BC=12 \text{ m}$ ,  $CE=12 \times OD/OB$ 。通过选取 OD 和 OB 值, 计算捷径距离与误差角之间的对应关系 (见表 2)。

从表 2 中可以看出, 捷径距离 OD 越小, 满足精度要求的航路距离越长。当 OD 取  $1 \text{ km}$  距离值时, 光电靶从  $15 \text{ km}$  至  $5 \text{ km}$  的航路均满足测试要求。与上一种情况相比, 该测试的有效距离较短。

辐射较强的波段或相对探测能力较强的波段作为最大作用距离的设计依据, 这样可以兼顾另一波段较近距离的测试需求。

## 4 测试方法

### 4.1 设备布站

图 2 为设备布站与航路的示意图。

(1) 红外探测设备架设在 O 点上, 负责对目

标航路范围进行通视;

(2) 红外成像测量分析系统架设在红外探测设备附近, 但不遮挡红外探测设备的视场。

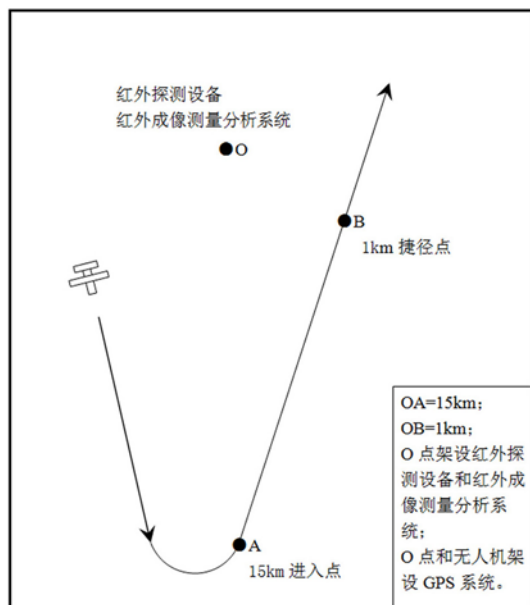


图 2 布站与航路的示意图

#### 4.2 组织实施

(1) 红外探测设备开始工作;

(2) 光电靶听令飞行至距红外探测设备 15 km 远的 A 点上;

(3) 光电靶到达 A 点后, 以 200 m 高度、50 m/s 航速、1 km 捷径长度向红外探测设备阵地飞行, 并依次点燃曳光管;

(4) 用红外成像测量分析系统测量光电靶的红外辐射特性;

(5) 光电靶过捷径后退出, 至此一个航次结束。

#### 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) 对比目标的 GPS 数据和红外探测设备的测量数据, 并统计分析红外探测设备的数据精度。

(5) 以 100 m 的距离间隔统计红外探测设备在各取样区间内的探测概率, 然后根据 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;

(6) 记录测试期间的实时气象数据。

## 5 结束语

本文针对双波段红外探测设备在不同波段的探测要求, 科学地选择无人机加载曳光管作为光电靶, 然后利用其双波段辐射特性, 并结合航路设计, 实现了同一目标满足双波段探测测试的要求, 减少了目标研制经费和测试消耗。通过对航路距离和航向进行统筹设计, 使同一个测试航次满足了作用距离和目标数据精度等多个项目的测试要求。这样可以实现多项目共用目标和测试航路, 优化测试资源, 提高测试效率, 节省测试成本, 降低测试风险。我们对目标航迹的真值精度进行了深入分析, 并总结了不同条件下航路、航向以及布站等相关参数的设置方法, 为该测试项目的组织与实施提供了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, 2008.
- [2] 陈福胜. 海军光电系统手册 [M]. 北京: 国防工业出版社, 2004.
- [3] 刘利生, 白堤. 测量系统的系统误差主成分估计方法 [J]. 宇航学报, 1986, 6(2): 1-9.
- [4] 梅隧生. 光电子技术 [M]. 北京: 国防工业出版社, 2008.
- [5] 王文斌. 海军装备试验目标技术 [M]. 北京: 国防工业出版社, 2007.
- [6] 宗有德. 防空兵器目标 [M]. 北京: 航空工业出版社, 2003.
- [7] 刘京郊. 光电对抗技术与系统 [M]. 北京: 中国科学技术出版社, 2004.
- [8] 李景镇. 光学手册 [M]. 西安: 陕西科学技术出版社, 2010.
- [9] 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.
- [10] 于晓峰. 装备试验数据处理 [M]. 北京: 国防工业出版社, 2010.
- [11] 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.