

doi: 10.7690/bgzdh.2015.04.002

机载有源导弹逼近告警系统试飞方法

赵 静

(中国飞行试验研究院航电所, 西安 710089)

摘要: 为进行有源导弹逼近告警系统探测距离的考核, 采用空空航模飞机模拟导弹飞行和地空导弹高速远离飞行相结合的方法对其进行研究。介绍机载有源导弹逼近告警系统的工作特点和国外对其所采用的试验方法, 详细分析利用空空航模飞机和地空导弹远离飞行来进行有源导弹逼近告警设备探测距离考核的试飞方法。结果表明: 该方法保障条件简单、易于实施和试飞经费消耗少, 可为今后军机装备的有源导弹逼近告警系统的试飞打下基础。

关键词: 有源导弹逼近告警系统; 探测距离; 航模飞机; 导弹远离

中图分类号: TJ760.5 **文献标志码:** A

Flight Test Method of Airborne Active Missile Approach Warning System

Zhao Jing

(Avionics Institute, Chinese Flight Test Establishment, Xi'an 710089, China)

Abstract: In order to assess detection range of active missile approach warning device, use air to air model plane and ground to air missile away together to research. Introduce the working characteristics of the airborne active missile approach warning system and its test method adopted by the abroad, analyze the flight test method of using air to air model plane and ground to air missile away for assessing detection range of active missile approach warning device in detail. The results show that the guarantee conditions of this flight test method is simple, implement easily and test expenses is little, it will lay the foundation for application of active missile approach warning system in the military aircraft in the future flight test.

Keywords: active missile approach warning system; detection range; model plane; missile away

0 引言

导弹作为现代战场上的一种主战武器, 对战局的胜负起着至关重要的作用。目前各种地空、空空型导弹已对作战飞机构成严重威胁。尽管多数飞机都装有红外或雷达干扰装置, 但面对几倍音速飞行和来袭方位不定的导弹, 即使飞行员及时发现, 其反应时间也只有区区数秒。因此, 在近几年的局部战争中干扰设备还未启动就被击落的战机不乏其例。为了确保作战飞机的安全, 导弹逼近告警系统 (missile approach warning system, MAWS) 应运而生。

有源 MAWS 利用雷达本身发射的辐射信号探测和跟踪来袭导弹, 给出导弹距离、方位和速度, 计算出导弹截击前剩余时间, 确认其威胁程度, 向载机平台提供相应情报、发布告警信息或直接启动干扰装置。机载有源 MAWS 的探测距离越远, 则飞机挫败导弹攻击的机会就越大。所以探测距离是有源 MAWS 的主要战技指标, 应在实战状态下进行考核, 得出的结论才具有真实性。要进行实战考核, 就要求用导弹攻击载机, 即使实验弹不装战斗

部, 也是极其危险的, 且费用高昂。如何进行有源 MAWS 探测距离的考核已成为试飞工程领域一个亟需解决的难题。笔者采用空空航模飞机模拟导弹飞行和地空导弹高速远离飞行 2 种方案相结合的试验方法, 对有源 MAWS 探测距离试飞方法进行研究。

1 机载有源 MAWS 的特点分析

有源 MAWS 作为机载告警设备, 其主要作用是在空空或地空条件下, 对快速和高速逼近的近距离小目标进行探测和告警。从目标是相对运动的特性和在强杂波环境中检测小目标的特点来考虑, 另外根据设备对目标测速、测距的要求, 设备采用“全相参脉冲多普勒/脉冲压缩/捷变频”的综合体制^[1], 以实现设备在强杂波环境下探测高速微弱导弹信号的能力。

不论导弹采用何种制导方式, 无论处于主动段还是被动段, 只要导弹高速逼近载机, 威胁载机的生存, 有源 MAWS 就能成功检测来袭导弹, 具有良好的检测性能和全天候作战能力, 且虚警率低。一旦发现危险, 可自动触发最可靠的干扰措施, 无

收稿日期: 2014-10-24; 修回日期: 2014-12-09

作者简介: 赵 静(1982—), 女, 湖北人, 硕士, 工程师, 从事电子战试飞技术研究。

须机组人员参与,从而降低了机组人员的工作负荷。有源 MAWS 通常由收发信机/处理单元、射频前端和天线以及显控台组成。由于成本和体积的限制,一般在作战飞机周围安装一定数量的(具体数量取决于平台类型及所要求的覆盖范围,通常为 4 副或 6 副)、不扫描的宽波束天线提供全方位覆盖,可以通过 1553B、PPD、RS2232、RS2422 接口或分立线路与其他的机载电子自卫系统相连^[2]。

2 有源 MAWS 国外试验方法

目前,有源 MAWS 已经广泛应用于发达国家的各种作战飞机。诺斯罗谱·格鲁曼公司研制的 ALQ-153(V)系统是 B-1B 和 B-52 轰炸机的专用导弹逼近告警设备,批量生产达 600 套之多。

据报道,国外 MAWS 探测距离试验方法主要有导弹从钢索上高速下滑和地空导弹远离飞行 2 种。导弹高速下滑方法的具体实施:在山上架设一条具有一定长度和陡度的高强度钢索,当去掉战斗部的导弹从钢索上下滑时,导弹能被加速到一个较高的速度,速度落入导弹逼近告警设备速度探测范围内,才能实现对导弹逼近告警设备最主要的战术指标—探测距离的考核,见图 1。该方法对场地要求较高,一要保证钢索的长度和陡度;二要保证导弹逼近告警设备架设位置与钢索的夹角不能太大,以避免导弹的径向速度分量过小,导致探测目标困难。该考核方法主要用于地面试验中,其缺点是对试验场地要求较高,具体实施时难度很大。导弹远离飞行利用导弹逼近告警设备多普勒雷达体制的特点,将设备的频率通道设置成对高速远离目标进行检测,当导弹高速远离时,设备实现对远离导弹的探测。此方法同样可完成对有源 MAWS 探测距离的考核,但代价较大,最好结合导弹靶试进行。



图 1 滑索试验

3 有源 MAWS 试飞方法研究

有源 MAWS 的探测距离应在实战状态下进行

考核,得出的结果才具有说服力。用导弹攻击载机,危险系数较高,因此一般多采用模拟方法进行导弹逼近告警设备的探测距离考核。基于滑索试验具体实施困难的特点,在实际试飞中,笔者提出了空空和空地相结合试验方法。采用航模飞机模拟空空导弹飞行来进行有源 MAWS 探测距离试飞。试飞中航模迎头向载机方向逼近,MAWS 对航模进行探测,检测到航模的最大作用距离。笔者结合导弹靶试,采用地空导弹高速远离飞行对探测距离指标进行了验证,取得了较好的试验效果。

3.1 航模飞机模拟导弹飞行

1) 航模飞机模拟肩扛式导弹的可行性分析。

有源 MAWS 是脉冲多普勒体制,主要利用目标的速度和回波强度实现对目标的检测。航模飞机能否模拟导弹,就需从两者的回波强度和飞行速度上进行对比分析。

① 回波强度。

试验所采用的航模飞机 RCS 与肩扛式导弹相近。根据雷达方程,航模飞机的回波功率与导弹的回波功率也相近。

② 飞行速度。

由于航模飞机的航速只有 90~120 km/h,其多普勒频率为 250~333 Hz,国外的肩扛式导弹飞行速度约为 1~2 M,其多普勒频率约为 3 340~6 680 Hz。导弹逼近告警设备对回波强度相同的航模飞机和导弹进行检测的示意图见图 2。图中 $A(f)$ 为信号、杂波和噪声的幅度; f_{d1} 为航模飞机的多普勒频率; f_{d2} 为导弹的多普勒频率; f_r 为导弹逼近告警设备的脉冲重复频率。

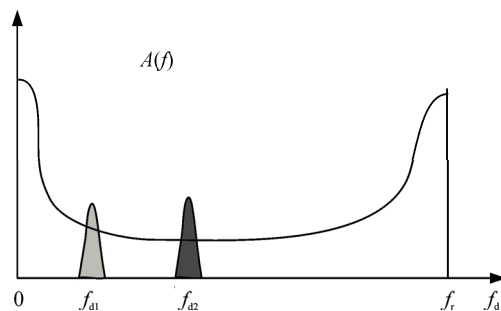


图 2 MAWS 对不同速度目标的检测示意图

采用航模飞机进行试验时,因航模飞机的多普勒频率 f_{d1} 比导弹的多普勒频率 f_{d2} 低得多, f_{d1} 更接近地杂波,地杂波对 MAWS 检测航模飞机的性能影响较大,所以 MAWS 检测航模飞机的难度更大^[3]。在航模飞机和导弹的 RCS 相同或相近的条件下,

MAWS 能检测到低速的航模飞机, 必然也能检测到高速飞行的导弹; 因此, 可以用航模飞机模拟真实的导弹进行飞行试验。

2) 航模飞机模拟肩扛式导弹的安全性分析。

用航模飞机模拟导弹进行试验时, 载机和航模飞机相距较远, 一般都在几千米量级, 且航模飞机在一定的距离范围内做往返飞行; 其次, 两者在飞行高度上也存在一定的高度差。所以航模飞机和载机在空间间隔较远, 具有较高的安全性。

通过以上分析认为: 在航模的 RCS 和导弹的 RCS 相同或相近的条件下, 用航模飞机模拟导弹进行有源 MAWS 的探测距离考核试验, 不仅是可行的, 而且具有较高的安全性。

3) 试飞中应注意的问题。

在用航模飞机进行飞行试验时需要特别关注地杂波和非协同目标的影响, 所以在试飞方法设计上需注意以下 4 点。

① 试验场地背景简单。

由于模拟肩扛式导弹的航模飞机, 其飞行速度不高, 有源 MAWS 能检测到航模飞机, 就可能检测到处于行驶过程中的车辆。为了保证试飞效果, 选择的航线应尽可能远离车辆密集的公路。

② 载机保持匀速高速飞行。

若载机速度 $v_{\text{载机}}$ 变化大, 则杂波多普勒中心频率 f_{mb} 变化较大, 见下式^[4-5]

$$f_{\text{mb}} = \frac{2v_{\text{载机}} \cos \phi}{\lambda} \quad (1)$$

而且航模飞机的飞行速度不高, 则其多普勒频率杂波多普勒中心频率较近, 会影响到导弹逼近告警设备对航模飞机的检测性能, 导致发现概率降低或虚警率提高。在安全的飞行包线内, 载机高速飞行是为了获得较大的径向速度, 从而获得较大的多普勒频移, 更利于设备在频域内检测真实目标。

③ 载机与航模飞机迎头下视飞行。

由式 (2) 和式 (3) 可知, 两机迎头飞行时形成的多普勒频移大于旁瓣杂波的分布频率范围, 所以航模飞机的信号不会淹没在旁瓣杂波中。

$$f_{\text{d}} = \frac{2(v_{\text{载机}} + v_{\text{航模}})}{\lambda} \quad (2)$$

$$f_{\text{cmax}} = \frac{2v_{\text{载机}}}{\lambda} \quad (3)$$

式中: f_{d} 为多普勒频移; f_{cmax} 为旁瓣杂波的分布频率范围。其次, 由于试验采用航模飞机的速度只有 90~120 km/h, 飞行高度最高也只有 200~300 m 均

低于载机, 所以只能选择迎头下视飞行。

④ 通信畅通及时。

为了保证载机和航模飞机的协同飞行, 及时通知载机进入或退出, 需要载机和航模飞机遥控保持实时通信畅通, 即在航模遥控处架设对空电台, 进行两机的指挥引导。

4) 试验结果。

采用航模飞机进行探测距离试飞获得的试验数据见图 3。可以得出, 导弹逼近告警设备对航模飞机的探测距离大于性能指标 R 。

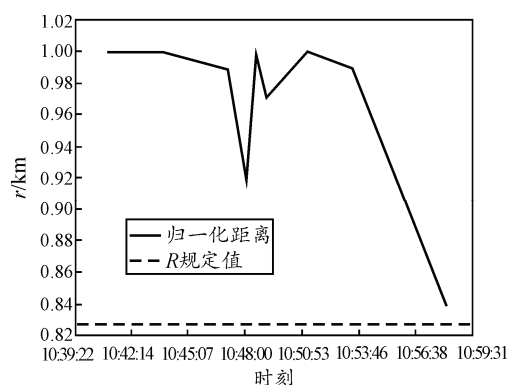


图3 探测航模飞机试验结果

3.2 地空导弹远离试验

有源 MAWS 结合某肩扛式导弹实弹射击试验, 进行探测距离指标的验证, 取得了较好的试验效果。

3.2.1 导弹逼近告警设备在靶场发射阵地的选点

对于导弹高速远离试验, 最关键的是要选择合适的设备架设点。合理架设点应该满足以下 2 个原则:

1) 导弹高速远离时的飞行轨迹在设备天线的覆盖范围内;

2) 从安全角度考虑, 导弹发射时需小心炸膛现象和尾流气焰对设备的影响, 所以 MAWS 不能架设在发射架正后方, 应保持一定的安全距离, 并偏离一定角度。

根据上述原则和现场保障设备、各参试单位设备架设情况的综合考虑, 选择并确定了导弹逼近告警设备的架设地点。由于导弹发射架角度是 45°, 那么将设备天线俯仰中心向上仰 45°左右, 使导弹远离轨迹在天线波束覆盖范围内。其次, 从安全角度考虑, 设备架设点距离导弹发射架 60 m 左右, 并偏离导弹发射架正后方 50°, 现场设备架设示意图如图 4 所示。

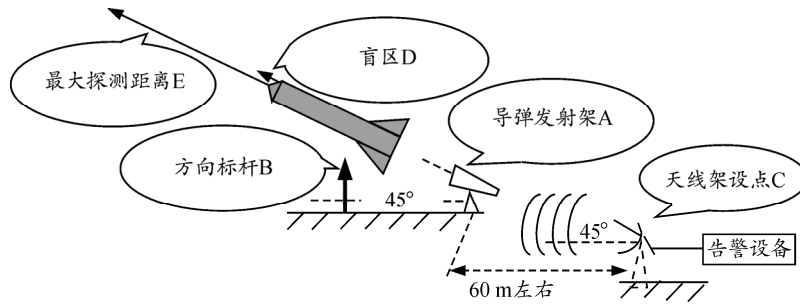


图 4 导弹远离试验现场布置

3.2.2 探测导弹试验结果

此次导弹试射试验中有源 MAWS 采用单天线工作的方式，导弹远离所形成的航迹见图 5。

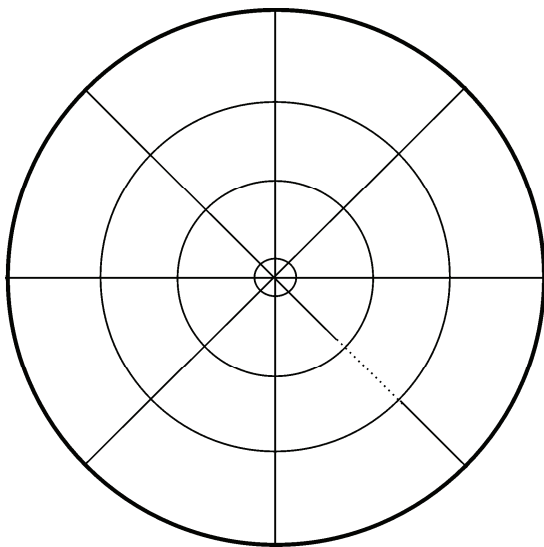


图 5 导弹远离飞行过程形成的连续航迹

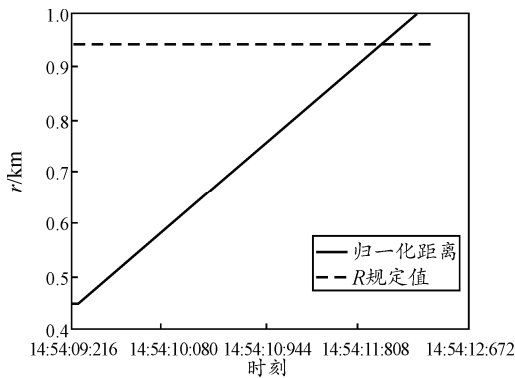


图 6 探测远离导弹试验结果

通过某型导弹的实弹射击试验，检验了有源

MAWS 对肩扛式导弹的发现及跟踪能力，可提供导弹相对有源 MAWS 载体的距离，探测距离的试验数据如图 6。从图中的数据可见，导弹远离的试验方法能够较好地验证 MAWS 设备的探测距离指标。

4 结束语

笔者通过空空航模试飞和地空导弹远离相结合的试验方法，对有源 MAWS 的探测距离进行了充分考核。该试验方法具有保障条件简单、易于实施和试飞经费消耗少等特点。利用航模飞机在地面易于控制的便利条件，增加了试飞中具体实施的灵活性。该试飞方法的研究为以后军机上的有源导弹逼近告警设备的鉴定打下基础。随着综合化 MAWS 发展，试飞技术将逐步向无人机平台方向发展，即将综合化 MAWS 安装在无人机平台上，用射击真实的导弹进行试验来考核综合化 MAWS 性能指标，模拟真实作战环境下的考核，达到真正提高作战飞机对抗导弹能力的需求。

参考文献：

- [1] 何斌, 张剑锋. 有源导弹逼近告警初步技术研究[J]. 电子信息对抗技术, 2008, 23(5): 39-40.
- [2] 何晓晴. 外军机载导弹逼近告警雷达的应用[J]. 中国雷达, 2006(1): 2-6.
- [3] 胡民才. 脉冲多卜勒原理的导弹逼近告警[J]. 航空电子技术, 1992(4): 34-35.
- [4] 王刘军, 刘昌锦. 基于 Hilbert-Huang 变换的雷达发射机故障特征提取[J]. 兵工自动化, 2013, 32(8): 68-71.
- [5] 丁鹭飞, 耿富录. 雷达原理[M]. 西安: 西安电子科技大学出版社, 2002: 276-280.