

航迹欺骗干扰及其对抗技术的研究现状与发展

李 欣 王春阳

摘 要 航迹欺骗干扰是针对雷达的一种新型综合干扰,对常规雷达和组网雷达具有较大威胁。分析了航迹欺骗干扰的提出背景和意义,总结了当前所研究的航迹欺骗干扰实施方法,并根据当前欺骗干扰和雷达抗干扰技术的研究现状,讨论了对抗航迹欺骗干扰的思路。

关键词 欺骗干扰 组网雷达 虚假航迹

引 言

新的雷达技术不断发展使雷达对于欺骗性干扰具有了更强的对抗能力,这促使电子攻击方积极研究新的欺骗性干扰措施,对雷达进行更有效的干扰。航迹欺骗干扰是一种综合应用距离、速度和角度欺骗干扰技术的新的干扰手段,对雷达具有较好的干扰效果,近年来得到了较多的关注和研究。

1 航迹欺骗干扰的研究背景和意义

随着雷达新体制和新技术在雷达设计中的不断应用,传统欺骗式干扰的效果受到了极大的挑战。在设计中,现代雷达综合运用多种技术手段来抑制欺骗干扰。欺骗干扰按照欺骗参数的不同可以分为距离欺骗干扰、速度欺骗干扰、角度欺骗干扰和 AGC 欺骗干扰,实际中上述干扰往往配合使用,以提高欺骗干扰的效果。

1) 距离欺骗干扰。典型的距离欺骗干扰包括距离假目标干扰和距离波门拖引干扰,距离假目标干扰也称为同步脉冲干扰,波门拖引干扰相当于是综合假目标干扰和 AGC 干扰的干扰技术,是一种周期性的从质心干扰到假目标干扰的连续变化过程。

现代雷达对抗这类干扰的手段有:距离保护门、最小脉冲检测逻辑、转发式干扰机检测、脉宽变化、占空比变化、前沿跟踪和后沿跟踪等。

2) 速度欺骗干扰。典型的速度欺骗干扰包括速度波门拖引干扰、假多普勒频率干扰、多普勒频率闪烁干扰以及距离-速度同步干扰。现代雷达对抗这类干扰的手段有:双速度保护门、带宽展宽、指令制导及终端寻的 ECCM、跟踪数据共享、距离速度与/或角度变化率记忆、雷达速度门拖引复位环、小多普勒信号检测逻辑、速度波门拖引频域识别、双频雷达、频率闪烁和最大加速度测量。

3) 角度欺骗干扰。雷达利用波束的方向性对目标的角度信息进行测量。根据测量方法的不同,常用的角度测量和跟踪技术可分为:圆锥扫描角度跟踪、线性扫描角度跟踪和单脉冲角度跟踪系统。对圆锥扫描角度跟踪系统的典型角度欺骗干扰技术包括倒相干扰、倒相方波干扰、随机方波干扰、扫频方波干扰和扫频锁定干扰等;对线性扫描角度跟踪系统的典型角度欺骗干扰技术包括角度波门挖空干扰、角度波门拖引干扰、随机方波干扰和扫频方波干扰等;对单脉冲角度跟踪系统的典型角度欺骗干扰技术包括同步闪烁干扰、误引干扰、异步闪烁干扰、相干干扰和交叉极化干扰等。单脉冲角度跟踪系统具有较强的抗单点源欺骗干扰的能力,对其进行角度欺骗难度较高。因此,现代雷达系统通过使用窄波束和单脉冲角度跟踪系统提高角度测量系统的抗干扰能力。

在现代雷达中,各种抗干扰技术的综合应用,使

基金项目:陕西省自然科学基金资助项目(编号:2010JQ8007)

本文 2013-03-22 收到,作者分别系空军工程大学防空反导学院硕士生、教授

得单个参数的欺骗干扰的干扰效果下降,针对这种情况,需要提出新的干扰手段,提高电子干扰的作战效果。在这种背景下,提出了众多新的干扰技术和战术,航迹欺骗干扰就是一种典型的新型干扰技术。在和平时期,对已知的敌方雷达实施航迹欺骗干扰,侦察其相应的工作参数,还可以诱使隐蔽的雷达开机,从而对其进行情报搜集作业;而在战时,航迹欺骗干扰形成的逼真性更高的假目标,可以占用敌方的雷达资源,使其情报决策系统虚警率提高,扰乱敌方的跟踪和制导,掩护己方飞机的作战。

2 航迹欺骗干扰的研究现状

当前航迹欺骗干扰的研究有以下特点: 1) 研究的对象集中于警戒雷达、搜索雷达等常规体制的机械扫描雷达; 2) 干扰的效果主要是通过仿真进行分析,进行实际验证的较少; 3) 对组网雷达航迹欺骗干扰技术的研究主要针对组网的机械扫描雷达。下面分别对单基地雷达航迹欺骗干扰技术和组网雷达航迹欺骗干扰技术研究现状进行总结。

2.1 对常规体制的单基地雷达航迹欺骗干扰技术

针对常规体制机械扫描雷达的航迹欺骗干扰技术的研究已经很多了,研究者们总结了对机械扫描雷达进行航迹欺骗干扰的关键技术,并对干扰的参数进行了分析。这些关键技术包括: 1) 干扰机辐射功率足够大,可以从雷达天线的旁瓣进入; 2) 干扰机的灵敏度足够高,可以接收到雷达天线的旁瓣信息; 3) 干扰机能够分析出雷达天线的扫描规律,并测得其参数; 4) 干扰机能够测得雷达的地理位置; 5) 干扰机的辐射功率、假目标的持续时间和速度应可以控制,以模拟不同特征的目标从而达到欺骗目的。参数设计则分别对方位角时延欺骗、俯仰角时延欺骗、距离时延欺骗、多普勒频移欺骗以及干扰功率等参数进行了研究,并给出了进行航迹欺骗干扰时几个参数的相关性。

对单基地雷达的航迹欺骗干扰主要是将距离假目标干扰、假多普勒频率干扰和角度延时转发干扰结合的综合干扰。在距离维形成假目标是通过对接收到的雷达脉冲进行延时形成的; 速度维的假目标则是根据接收到的雷达信号的频率,在雷达信号频率的基础上叠加相应的多普勒频率,形成具有一定飞航导弹 2013 年第 8 期

速度的假目标; 角度上的假目标则是当干扰机侦察到雷达的主波束时,并不发射干扰信号,而是延迟一定时间后发射干扰信号,使干扰信号从雷达的旁瓣进入,此时,雷达会把主波束所指的方向当作目标所在的方向。距离延时假目标和角度延时假目标的形成原理如图 1 所示。

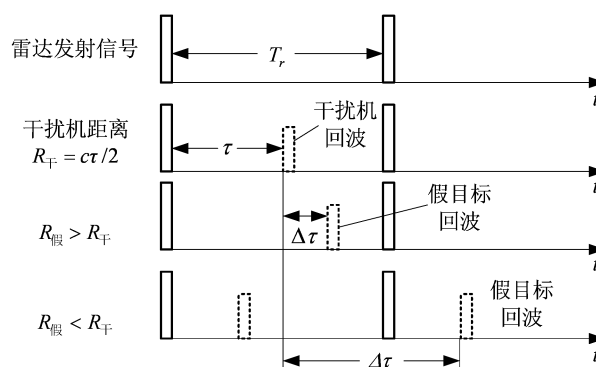


图1 距离延时假目标形成原理图

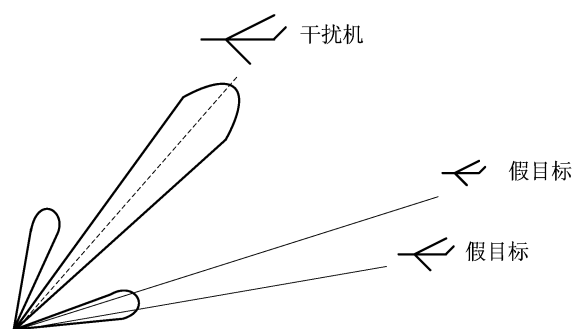


图2 角度延时假目标形成原理图

将上述三种假目标形成方法进行结合,并在合适的时机施放,即可形成高逼真度的假目标,然后根据设定的虚假航迹参数,在对应的时间依次施放干扰信号,即可在敌方雷达显示器上形成假航迹,扰乱和误导敌方的预警探测系统。干扰机可以重复上述过程,形成多条虚假航迹,使敌方的处理系统饱和,更好地掩护己方的作战飞机。

2.2 对组网雷达的航迹欺骗干扰技术

当前,对组网雷达航迹欺骗干扰的研究主要集中于机械扫描雷达的航迹欺骗干扰技术。雷达组网对航迹欺骗干扰带来的挑战是: 干扰方不仅要考虑在敌方雷达上形成的假目标航迹的逼真性,还要考

虑两(多)部雷达进行数据融合。若干扰机形成的虚假航迹在数据融合后不是一条航迹,那么就会被对方识别出干扰,从而达不到干扰的目的。针对雷达组网给航迹欺骗干扰带来的挑战,当前的对抗方法有两种,一种是“一对多”,另一种是“多对多”。“一对多”是指使用一部干扰机,根据事先获取的敌方组网雷达的情报,按照设定的航迹参数,计算对不同位置雷达进行干扰的参数,实施航迹欺骗干扰。这种干扰是一种“1-M”的干扰,优点在于单部干扰机实施干扰,形成的虚假航迹更容易控制,但是,这种干扰方法对干扰信号发射的实时性要求较高。此外,由于网内各部雷达的扫描方式不同,各部雷达的主副瓣增益比也不同,对干扰功率也需要进行相应的控制,这进一步提高了干扰机的技术难度。此外,这种干扰方法干扰机也容易暴露,给干扰方带来损失。“多对多”具体就是根据敌方雷达组网的数量,布放相应数量的先导式干扰机,这些干扰机通过组网形成“M-M”的干扰,每部干扰机通过主瓣干扰对抗一部雷达。这种干扰方法中,干扰机通过脉冲延时形成相应的假目标,通过协同控制,保证在组网雷达进行数据融合之后,这些假目标在融合中心显示为一个目标。最后通过设计合理的航线,这些融合后的假目标能够形成一条虚假航迹。这种方法的优点在于对干扰机的干扰设备要求较低,而且形成的航迹逼真度也较高。但是这种方法对干扰机的协同要求较高。而且随着对抗的雷达网内雷达数量的提高,干扰机的数量也要进行相应的增加,这不仅提高了成本,而且对多机协同航迹规划提出了更高的要求。此外,随着虚假航迹数量的增加,这种干扰方法中,干扰机的协同航迹规划难度也大大提高,其计算量十分巨大。

3 航迹欺骗干扰的对抗技术

航迹欺骗干扰技术的优点就在于其形成的虚假航迹具有很高的逼真度,敌方雷达难以有效识别,因此,就无法进行有效的对抗。但是,从航迹欺骗干扰的实施方法来看,形成航迹欺骗需要较为苛刻的条件,因此,从雷达抗干扰技术的发展现状以及雷达电子对抗装备情况出发,可以采取一系列手段阻止敌方实施航迹欺骗干扰。

• 66 •

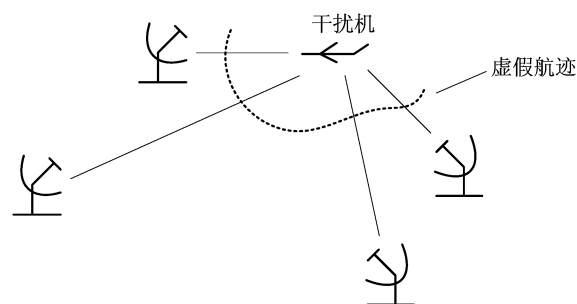


图3 “一对多”式航迹欺骗干扰原理图

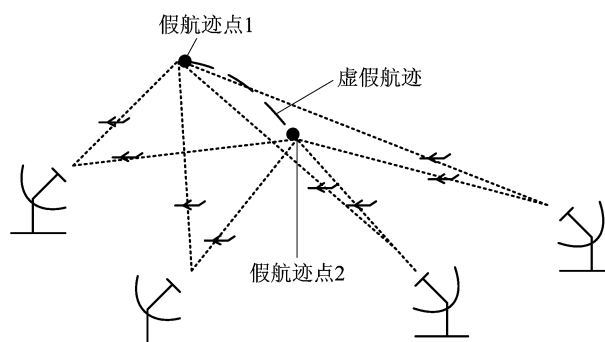


图4 “多对多”式航迹欺骗干扰原理图

1) 采取电子防护措施和手段,提高雷达的反侦察能力

对雷达进行航迹欺骗干扰需要较为准确的侦察信息,前期对雷达的侦察信息越精确,航迹欺骗形成的虚假航迹质量就越高,敌方就越难以识别。因此,可以通过采用合理的技术和战术措施来提高雷达的反侦察能力。这些技术措施包括:降低辐射信号的峰值功率;降低发射天线的旁瓣电平;发射复杂波形的雷达信号;发射大时间带宽积的雷达信号等措施。战术措施包括:对雷达的辐射进行电磁管制;设置雷达假目标;经常变换雷达的工作频率、扫描方式等主要技术参数;对雷达进行伪装等。

2) 经常变换雷达的工作状态

干扰机在进行航迹欺骗时,是根据侦察得到的雷达工作信息,设定相应的干扰信号发射时间,若雷达经常变换工作状态,例如从圆周扫描转换为扇区扫描,由于干扰机不知这一状态的变化,仍然按照之前设定的参数施放干扰,那么就不能再形成连续航迹,在雷达上就显示为航迹中断,从而失去航迹欺骗干扰的效果。

飞航导弹 2013年第8期

3) 雷达发射信号参数捷变

发射信号参数包括工作频率、脉冲重复周期、脉冲宽度、信号波形等。在雷达工作时,针对上述参数的变化,干扰机需要一定的时间做出响应,会造成干扰机进行航迹欺骗干扰时出现“滞后”的现象,从而影响航迹欺骗干扰的效果。

4 结束语

雷达航迹欺骗干扰作为一种新型的综合干扰措施,在雷达电子对抗中具有一定的优势,因此,近年来受到了广泛的关注。对电子对抗来说,航迹欺骗干扰技术的下一步发展方向是进一步降低干扰机施放航迹欺骗干扰时对外界情报的依赖,研究对相控阵雷达的航迹欺骗干扰技术等,这对于提高己方电子攻击能力具有重要意义。

参考文献

[1] 张永顺,童宁宁,赵国庆. 雷达电子战原理. 北京: 国防工业出版社, 2007

- [2] 孙闰红. 雷达抗有源欺骗式干扰算法研究. 电子科技大学, 2008
- [3] 鲁晓倩,唐斌,张扬. 常规雷达航迹干扰参数分析. 实验科学与技术, 2007, 5(2): 11-13
- [4] 李森,李彦志,司瑾,等. 一种警戒雷达航迹干扰方法及其仿真研究. 舰船电子对抗, 2011, 34(5): 19-23
- [5] 陈再兴,余国文,杨青. 单脉冲三坐标雷达的航迹欺骗研究. 空军雷达学院学报, 2011, 25(4): 247-250
- [6] 范振宇,王磊,陈越,等. 组网雷达航迹欺骗技术研究. 中国电子科学研究院学报, 2010(2): 179-181
- [7] Purvis Keith B, Chandler P R, Pachter M. Feasible flight paths for cooperative generation of a phantom radar track. Journal of Guidance, Control and Dynamics, 2006, 29(3): 653-661
- [8] Lee Il-Hyoung, Bang Hyochong. Optimal phantom track generation for multiple electronic combat air vehicles. In: International Conference on Control, Automation and Systems. in COEX, Seoul, Korea [s. n.], 2008: 29-33

(上接第 48 页)

目标综合识别不是单传感器目标识别简单组合,而是信息的交互与融合。

本文对各传感器识别信息间的关系、传感器识别与信息处理系统综合识别间的关系及传感器识别与拦截识别间的关系在信息流程中进行了研究,得到适合反导装备的信息流程,并提出了几点思考。本文从宏观上分析了反导目标识别的过程,没有考虑不同传感器的不同识别方法在反导信息流程中的位置和作用,这也是本文后期的研究内容。

参考文献

- [1] 梁维泰,王俊,杨进佩. 反弹道导弹指挥控制系统结构初探. 指挥信息系统与技术, 2010, 3(01): 5-9
- [2] 王森,杨建军,呼玮. 反导作战指控系统信息流时延模型研究与应用. 现代防御技术, 2011, 39(01): 74-79
- [3] 李旭东. 弹道导弹预警信息处理系统研究. 现代雷达, 2011, 33(05): 17-20
- [4] 吕文平,李为民,黄仁全,等. 基于预警时间窗口的空天反导预警体系构建. 现代防御技术, 2012, 40(03): 8-13

- [5] 张昌芳,朱启超,匡兴华. 美国弹道导弹防御 C²BMC 系统发展综述. 装备学院学报, 2012, 23(03): 60-63
- [6] 康成刚,伍光新,王建明,等. 目标识别技术在弹道导弹防御中的应用. 现代雷达, 2012, 34(08): 6-10
- [7] 刘金荣,罗伦,沈艳丽,等. 基于活动的反导体系结构模型. 火力与指挥控制, 2012, 37(01): 59-62
- [8] 李凌鹏,李为民. 反导战术预警信息网的体系结构研究. 系统工程与电子技术, 2006, 28(08): 1197-1200
- [9] 黄树彩,刘军兰,康红霞. 弹道导弹防御的交战程序组设计. 空军工程大学学报(自然科学版), 2011, 12(03): 35-39
- [10] 张荣涛. 多雷达跟踪弹道导弹交接预报技术研究. 现代雷达, 2010, 32(08): 31-38
- [11] 周晓光,林亚军,谷树山,等. 多层弹道导弹防御体系火力分配优化研究. 现代防御技术, 2012, 40(03): 109-114
- [12] 黄树彩,康红霞,李为民. 空天信息支持反导武器系统拦截作战效果分析. 系统工程与电子技术, 2012, 34(03): 508-511