

基于制导信息的一维波束可控随机脉位 脉冲多普勒引信技术研究

Research on Random Pulse Position Modulation PD Fuze Based on Guide Information and Steered Antenna Beam

赵 伟 涂建平 丁学飞 贺 鹏 冯春环/中国空空导弹研究院

摘 要:针对空空导弹引信的任务特点,综合采用了基于制导信息的起爆控制算法技术、自适应调整天线波束倾角技术、基于频域信号处理的数字信号处理技术设计了总体技术方案。仿真分析和试验表明,系统实现了对作战飞机、导弹等不同类型目标的智能探测,提高了对目标的探测灵敏度和抗干扰能力。

关键词:制导信息:波束可控:随机脉位:引信

Keywords: guide information; steered antenna beam; random pulse position modulation; fuze

0 引言

无线电引信技术主要围绕提高其 对抗各种干扰能力和提高对目标的探测 识别能力,实现精确炸点控制两个方面。 随着技术的进步,对付高速小目标,具备 反导能力成为空空导弹引信技术的一个 重要发展方向。通过引信天线的一维波 東可控探测、引信发射信号的自适应调 整,可以满足空空导弹系统同时对付不 同飞行速度的目标以及飞机/舰艇自卫 反导的需要。美国"爱国者"PAC-2采用 双波束可控天线,一组为侧向波束天线 (倾角为40°~55°),一组为前向波束天线 (倾角为30°~45°),利用单片微波集成电 路(MMIC)移相网络及微机控制实现多 波束调整,由地面雷达发指令对弹上引 信进行天线转换控制,对不同目标利用 双波束进行选择,对飞机目标采用大倾 角,对导弹目标采用小倾角,控制最佳起 爆战斗部。俄罗斯的S-300V系统9M82 导弹引信具有较强的反弹道导弹能力,

引信既测量相对速度值,又测量相对速度方向,以计算战斗部破片动态飞散方向角并考虑目标类型的引信启动规律。该引信采用双波束主动式无线电引信,有两种引信天线,头部天线装在导引头天线上,它随导引头天线一起跟踪目标,用于对付高速目标,能在倾角小于60°内接收目标信号,另外一种侧向天线,用于对付飞机等低速目标,侧向天线波束倾角可调。

因此,利用制导信息中弹目交会相对速度、交会姿态自适应调整天线的波束倾角和延迟时间,适合攻击作战飞机、导弹等不同类型的目标,提高引战配合效率已成为一个新的研究方向。

1 系统组成

一维波束可控探测引信的系统基本 构成如图1所示。它与制导系统进行数字 信息交联,利用弹上提供的弹目相对速 度和角度等信息,计算出引信最佳起爆 角,控制引信天线一维波束指向,并通过 延时起爆控制算法控制最佳炸点位置。

- 1) 天线两种波束倾角(θ_1 、 θ_2 且 θ_2 > θ_1)的两收两发独立天线,实现圆周方向无盲区的探测区域;天线采用同轴探针馈电,通过柔性射频电缆直接连接到微波系统上实现馈电。
- 2)微波系统由射频源、定向耦合器、脉冲调制器、功率放大器、功分器、单刀双掷开关、功合器、混频器等组成,实现射频信号的调制、功率放大和辐射、接收,对回波信号进行自差,得到零中频回波信号。
- 3)零中频接收机包括视频放大、 分路电路,距离相关、多普勒滤波放大 电路,实现视频回波信号的放大,主通 道和背景通道多普勒信号提取。
- 4) 频域信号处理单元由A/D转换、 预处理电路、快速傅里叶变换、频域目 标检测、起爆延时计算等组成,完成多 通道信号的频域检测、一维波束控制和



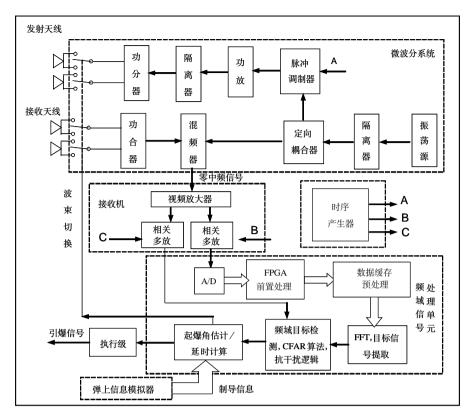


图1 系统组成

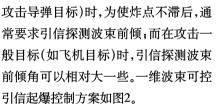
起爆延时计算。

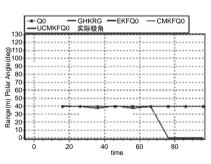
- 5) 时序产生器产生A、B、C三路具 有一定宽度、一定时序关系的随机脉位 脉冲信号,分别用于射频信号的调制、 主通道和背景通道的接收距离门信号。
- 6) 供电单元由一个统一的二次电 源实现系统的二次供电转换。

2 关键技术及其实现

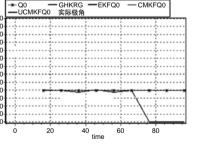
2.1 基于制导信息和一维波束可控天线 引信的起爆控制算法

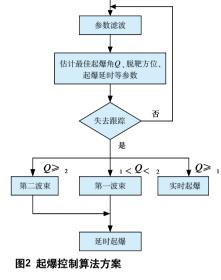
制导系统不断获取对目标的原始探 测信息,这些信息被送往弹载计算机后, 弹载计算机利用某些特定算法(如卡尔 曼滤波算法),对其进行处理,形成引信 系统可以直接使用的制导信息。利用制 导系统提供的测量信息预测引信最佳起 爆角,并在导引头丢失目标前(或制导系 统失控前)根据预测起爆角选择引信探 测波束, 当导弹引信与目标高速交会(如 攻击导弹目标)时,为使炸点不滞后,通 常要求引信探测波束前倾:而在攻击一 般目标(如飞机目标)时,引信探测波束 前倾角可以相对大一些。一维波束可控





(a) 起爆角估计





导引头信息

- 1) 导引头失控前,利用其提供的 距离、速度、角度等信息进行参数滤波 和最佳起爆角、脱靶方位、起爆延时等 参数的计算。其中的滤波算法选择转换 测量卡尔曼滤波算法。
- 2) 当导引头失控后,利用失控前 一时刻计算的最佳起爆角、脱靶方位、 起爆延时等参数作为波束倾角选择和 延时量的依据。
- 3) 当计算出来的最佳起爆角大于 等于 θ_{γ} ,天线选择第二波束进行探测;

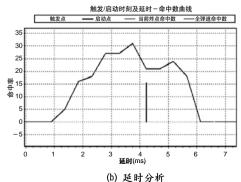
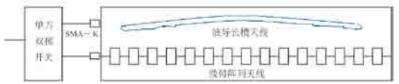
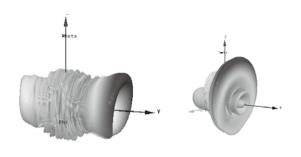


图3 参数曲线图



微带波导复合天线外形示意图 图4





(a) 长槽漏波波导天线 (b) 微带串馈行波天线阵列 图5 一维波束可控天线方向图

当计算出来的最佳起爆角大于 θ_1 且小于 θ_2 ,天线选择第一波束进行探测。由于波束分档较粗,此时还应经过一定的延时量调整炸点。

4) 计算出来的最佳起爆角小于等 于θ₁或计算的起爆延时参数小于零,则 认为弹目以较大的速度交会,此时应立 即起爆战斗部。

高速交会条件下(攻击目标:巡航导弹;相对速度V_R:2100m/s;脱靶量:6m)计算出的参数曲线如图3所示。从仿真结果看,最佳起爆角为39°,根据波束切换规则,引信选择第一波束探测。引信触发点在6.60ms,启动点在4.22ms。

对低、中、高速目标的仿真结果表明,在不同弹目相对速度下算法的估计值都能逐渐收敛到稳态值,且终点估计误差不大。

2.2 弹载共形一维波束可控天线

第一波東天线采用非标波导长槽 漏波天线设计,第二波東天线采用15单 元微带阵列天线设计,采用单刀双掷开 关实现不同倾角天线工作状态的切换, 如图4所示。

长槽漏波波导天线是在波导宽边上开有赋形的长槽,终端接吸收负载的行波天线。该形式天线在横截面内,辐射无方向性,即E面方向图近似圆形;在纵截面内,定向辐射,即H面方向图中主波束与天线的轴方向成预定夹角,波束宽度窄、副瓣低。应用电磁仿真软件

HFSS建模仿真,天线立体 方向图如图5(a),实现了 波束前倾,增益16.8dB,主 副瓣电平比25dB,波束宽 度8°。

为达到波束倾角前倾,微带阵列天线必须采 用微带单元串馈线阵的形式,即由高阻线把贴片单

元串联成一个阵,高频信号从端口入射,终端接匹配负载,每经过一个天线单元辐射一部分能量。在串馈天线阵中,为了使峰瓣比尽可能高,旁瓣尽量降低,各贴片的幅度要求满足道尔夫一切比雪夫最优化分布。道尔夫一切比雪夫分布阵在满足给定副瓣电平条件下,主瓣最窄;反之,在满足给定主瓣宽度条件下,副瓣电平最低。幅度分布 p7:p6:p5:p4:p3:p2:p1:p0=0.2813:0.3263:0.4749:0.6302:0.7757:0.8947:0.9728:1.0000。计算设计了15单元的微带串馈线阵天线,天线立体方向图如图5(b),实现了波束前倾,增益12dB,主副瓣电平比22dB,波束宽度10°。

3 试验测试

3.1 引战配合起爆角及延时测试

通过飞控模拟板给引信输入两种弹目交会信息。状态1:弹目速度1500m/s,俯仰角60°,方位角-60°,脱靶方位60°,脱靶量7m,状态2:弹目速度800m/s,俯仰角60°,方位角-60°,脱靶方位60°,脱靶量7m。用示波器测试波束倾角切换控制信号和引战配合延迟时间,测试结果表明,引战配合处理程序处理精度很高,其倾角选择与理论一致。

3.2 对标准球探测性能测试

对RCS为0.2m²金属标准球探测性能 试验的主要目的是测试引信作用距离, 该试验在微波暗室中进行。标准球吊挂 在空中做钟摆运动穿越引信波束以模拟 弹目交会过程,通过示波器记录多普勒 回波信号。试验结果表明,多普勒回波信 号幅度大于2.5V,超出引信目标判别门 限,样机性能满足作用距离要求。

4 结 论

本文以空空导弹系统同时应对不同飞行速度的目标以及飞机/舰艇自卫反导的需要为背景,研究了基于制导信息的一维波束可控脉冲多普勒引信总体技术方案,实现了基于制导信息的起爆控制算法技术,按弹目交会速度、姿态自适应调整天线波束技术,进行了仿真分析和试验测试,结果表明该系统能够有效地提高空空导弹对目标的探测识别能力,实现精确炸点控制和抗干扰能力。

参考文献

[1] 霍力君. 新一代毫米波引信中频数字化信号处理设计[J]. 航空兵器,2004(3):26~29.

[2] 刘剑锋,庄志洪. 一维相控阵引信起爆延时算法研究[J].探测与控制学报,2005,27(2):30~32.

[3] 刘剑锋,庄志洪,刘中.转换测量卡尔曼滤波算法在导弹起爆控制技术中的应用研究[J].电子与信息学报, 2005, 27(9):1388~1392.

[4] 李伟,邱景辉,索莹等.新型Ku 频段全向微带阵列天线[J].现代雷达, 2009, 31(2):71~74.

[5] 姚广锋,王积勤.一种弹载毫米波引信天线的分析与设计[J].制导与引信,2004,25(4):39~42.

作者简介

赵伟,工程师,研究方向为无线 电引信总体技术和天线设计。