

多目标攻击的基本概念及关键技术

蓝伟华

(中国航空工业六一三研究所 洛阳 471009)

[摘要] 简要地介绍空对空多目标探测、跟踪和攻击的基本概念及组成多目标攻击武器系统的雷达、火控和导弹应具备的基本功能和关键技术。

关键词 多目标攻击 基本概念 关键技术

The Primary Concept and Key Technology of Air-to-Air Multi-target Attack

Lan Weihua

(The 613th Research Institute of AVIC Luoyang 471009)

Abstract This paper briefly introduces the primary concept of the air-to-air multi-target's detecting, tracking and attacking, and the basic functions and key technologies of radars, fire control system and missile which form the multi-target attacking weapon system.

Key Words multi-target attack, primary concept, key technology

1 多目标攻击的基本概念

多目标攻击,就是一架飞机同时攻击空中多个目标或两架以上飞机协同同时攻击空中多个目标。多目标攻击需要对空中多个目标同时进行跟踪、识别、火控计算和对多枚导弹同时进行制导。在多机协同进行多目标攻击时,还要对攻击空域和目标进行合理分配,分配的结果应当是使整体杀伤概率最大并尽可能避免重复攻击。

多目标攻击过程流程可分为六个阶段:

- 起飞、导引阶段;
- 空中搜索阶段;
- 目标跟踪和制定攻击计划阶段;
- 攻击准备阶段;
- 攻击阶段——边瞄准、边跟踪、边发射、边制导、边监视空情阶段;
- 退出攻击阶段。

多目标攻击与单目标攻击在各个阶段相同和不同的工作任务说明如下:

在起飞、导引、空中搜索和退出攻击三个阶段,多目标攻击和单目标攻击的任务是相同的。

在目标跟踪和制定攻击计划阶段。多目标攻击与单目标攻击的区别是:首先,雷达的工作状态不同。单目标攻击时,雷达工作在单目标跟踪(STT)状态,目标的数据率高,数据精度也高;多目标攻击时,雷达工作

在边扫描边跟踪(TW S)状态,由于雷达扫描周期长(例如2秒—机扫雷达),目标信息率低、精度低,多目标跟踪算法复杂;第二,火控算法不同。单目标攻击时,火控计算机只选择一个最危险目标用于攻击,算法简单;多目标攻击时,火控计算机应对所跟踪的多个目标进行目标威胁判断、攻击排序和目标/导弹配对。攻击排序就是根据机上可用于攻击的导弹数、目标的危险程度、是否存在攻击区、雷达照射兼容性及到达发射区的时间等条件,按照某种决策准则,确定攻击的目标和攻击的先后顺序,并且把导弹分配给需要攻击的每一个目标(目标/导弹配对)。

在攻击准备阶段,单目标攻击按照某种攻击原理(例如前置碰撞)计算攻击一个目标的飞机的操纵指令,计算一枚导弹的允许发射区和导弹飞行任务数据;在多目标攻击时,火控计算机需要计算多数导弹的允许发射区、雷达照射兼容条件、无线电修正指令照射条件,从多个可攻击扇形区的交集中,寻找飞机的最佳飞行航迹和飞机操纵指令。可攻击扇形区交集可以保证攻击、照射被选定攻击的每一个目标,并且保证每一枚导弹都应当可以接收到无线电修正指令。为此,必要时,需要调整雷达的扫描中心和扫描方式(范围、线数)及载机的飞行速度,以满足同时攻击多个目标的要求(具有可攻击扇形区的交集)。此外,还必须同时准备多枚导弹,计算并装订多枚导弹的飞行任务数据。

在攻击阶段,这是多目标攻击最复杂的阶段,火控系统工作在边瞄准、边跟踪、边发射、边制导、边监视空情状态。在此阶段,火控系统要计算飞机的最佳飞行轨迹和操纵指令;雷达一方面要跟踪所有目标,同时又要对已经发射了的导弹发射无线电修正指令;火控计算机要计算向各个目标发射导弹的条件和对发射的导弹的无线电修正指令数据。同时还要监视空情,即在最后一枚导弹发射之前,空域中是否有更危险的目标出现,如果有,则应改变原先的攻击计划,放弃原先确定攻击的最后一个目标,而转向攻击新出现的更危险的目标。单目标攻击则简单得多,当目标满足发射条件时,发射导弹,雷达保持对该目标的跟踪和发射无线电修正指令即可。

2 多目标雷达、火控和导弹的基本功能和关键技术

空对空多目标攻击武器系统由多目标雷达、多目标火控和主动雷达型空空导弹三个关键分系统组成。多目标雷达的功能是:在与武器(导弹)射程相适应的距离上发现和同时跟踪多个目标,给出每个目标的位置、速度等状态信息和进行目标识别,给出大、中、小目标、群目标、敌、我、友信息,导弹发射以后,雷达在跟踪多个目标的同时,还要向多枚导弹发送无线电修正指令,引导导弹飞向各自攻击的目标。

多目标火控的功能是:对雷达提供的多个目标信息进行座标转换、平滑、滤波、外推、预测,在此基础上,进行目标威胁判断、攻击排序、火力分配、导弹允许发射区计算,飞机操纵指令计算,雷达照射兼容性检查和扫描中心计算,攻击逻辑计算,导弹发射条件和飞行任务计算;导弹发射后,计算无线电修正指令并传送给雷达,分析空情态势,确定是否改变攻击计划,判断目标是否被摧毁,确定是否进行再攻击或退出攻击、返航。

主动雷达型空空导弹执行摧毁目标的战术任务,在多枚导弹同时飞行,空中同时存在多个无线电修正指令的复杂的战场电磁干扰环境下,能正确地接收无线电修正指令,并能自动识别密集目标,准确地攻击指定的目标。

2.1 多目标雷达的关键技术

a 中、远距探测、跟踪多目标技术

中、远距探测跟踪多个目标是多目标雷达的主要功能,也是实现多目标攻击的前提。实现多目标跟踪,目前有两种技术方案。一种是采用相控阵雷达体制,控制雷达天线波束在空间迅速运动,完成多目标跟踪功能。另一种是采用机械扫描雷达,利用计算机控制雷达边扫描边跟踪,实现多目标跟踪。

在机械扫描雷达中,雷达天线的波束连续地扫过预定的空间范围,从目标回波中获得离散的单个或多个目标的位置信息,雷达对这些用扫描方法得到的离散信息的跟踪过程,称为边扫描边跟踪。

雷达天线波束扫完预定的空间范围称为一帧。在一帧时间里,雷达天线依次扫过空间范围中的每一个目

标,下一帧时间又重复扫过这些目标。把前一帧时间所取得的目标位置数据与后一帧时间所取得的目标数据,经过用适当的方法联系起来,就可以实现对空域中的目标的跟踪。

目标跟踪包括对目标的距离跟踪和角度跟踪。扫描雷达与计算机相结合实现多目标跟踪的程序如下:

- 雷达测量目标的位置;
- 判别这一帧取得的回波与前一帧取得的回波之间的关系,即判别目标回波的空间相关性。方法是设置一个波门,该波门的位置由前一次回波位置所预定。如这次回波落入预定的波门内,则称前后两次回波相关;
- 分辨出相关的回波之间的联系,即判断它是不是来自同一个目标。如果属于同一个目标,则称这前后两次的回波互联;
- 将各项互联的目标回波数据进行平滑,滤去噪声,从平滑的数据中建立起目标的航迹;
- 利用航迹数据,根据假设的目标运动方程计算目标的未来位置(预测);
- 在目标的未来位置上设置新的预定波门,以便与下一次扫描中取得的新的回波相关。

这样循环往复,就可以在多次扫描中取得各个目标的跟踪数据,实现雷达边扫描边跟踪,完成同时连续地测量扫描空间多个目标的任务。

b. 目标识别技术

目标识别的目的,首先是分清敌、我,确定需要跟踪和攻击的目标,不能向未分清敌、我的目标发射导弹;其次是辨别目标的特征,识别目标的类型,即大、中、小目标、群目标或直升机,为导弹攻击提供必要的数据库。超视距目标识别是一个相当重要而困难的命题,国内外都十分重视对目标识别的研究。目标识别有合作式和非合作式两种方法,其中合作式识别技术研究进展较好,非合作式识别技术难度较大。

c. 无线电修正指令技术

无线电修正指令是主动雷达弹实现中、远距作战不可缺少的制导信息来源。雷达根据火控计算机提供的指令数据进行编码、加密并在边扫描边跟踪状态下发送给多枚导弹,引导导弹飞向预定的空域并使导引头能够截获预定的目标。

2.2 多目标火控的任务及关键技术

2.2.1 多目标火控的任务

雷达只完成对目标的跟踪、识别和在导弹发射以后对导弹发送无线电修正指令的任务。在多目标攻击武器系统中,火控需要完成下述任务:

- 对雷达探测、跟踪的目标距离、距变率、方位角、俯仰角坐标数据进行坐标变换、平滑、滤波、预测,估计目标的速度、加速度等参数;
- 如果在攻击过程中,雷达丢失目标不能继续跟踪,火控计算机可利用其预测值进行存储跟踪;
- 对目标进行威胁评估和战场态势分析,根据某种准则,决定是攻击还是规避,如果决定攻击,则选择最危险的目标和几个较危险的目标用于攻击并进行攻击排序,给每个目标分配一枚导弹;
- 根据目标的运动参数和采用的瞄准(导引)规律,导弹允许发射区、雷达照射及无线电修正指令照射兼容性条件,寻找允许攻击扇形区交集,计算飞机的最佳导引轨迹和操纵指令;
- 计算多枚导弹的允许发射区和允许发射条件;
- 计算多枚导弹的飞行任务数据并进行动基座对准;
- 检查雷达照射兼容性,计算扫描中心,及时调整扫描方式;
- 计算无线电修正指令参数并传送给雷达;
- 计算显示数据并传送给显示设备。

2.2.2 多目标火控的关键技术

(1) 目标威胁判断、攻击排序技术

目标对我之威胁程度与目标的类型、方位、距离、高度、速度、进入方向、战略意图和使用武器的种类、数量、精度、破坏威力等因素有关。威胁的任务,就是根据上述诸因素中可获得的目标情报数据,按照某种准则

计算目标的威胁度。

攻击排序就是根据一定的作战准则, 选择攻击的目标并排列出攻击的先后顺序。

(2) 载机最佳导引航迹的寻找和操纵指令计算技术

多目标攻击载机最佳导引航迹应满足下述条件:

- 保证飞行员指定的目标受到攻击;
- 保证最危险的目标受到攻击;
- 保证选定攻击的目标有公共发射区, 并受到攻击;
- 保证能攻击到最大数量的较危险目标;
- 保证雷达照射和无线电修正指令照射兼容性;
- 保证按攻击排序的顺序攻击目标;
- 到达攻击排序中的第 1 个目标发射导弹的时间最短;

飞机操纵可采用前置碰撞航线。最佳导引航线可采用矩心操纵法计算, 也可以采用可攻击扇形区交集寻找法计算。

(3) 雷达照射和无线电修正指令照射兼容性检查程序

所谓照射兼容, 就是要确保受攻击的目标, 在导弹截获(或命中)目标之前, 一直可以受到雷达的照射。在编制照射兼容性检查程序时, 首先, 指定正在受到导弹攻击的目标和驾驶员指定攻击的目标是照射兼容的, 对于其它目标, 分别预测出导弹截获该目标的时间 t_{pk} , 按照发射的先后顺序, 检查目标经过时间 t_{pk} 以后是否还处于天线的扫描空域内, 如果在, 则该目标是照射兼容的; 否则, 就是照射不兼容的。

(4) 多枚导弹同时制导技术

在多枚导弹发射后, 最后一枚导弹截获(或命中)目标以前, 火控计算机需要控制雷达跟踪被攻击的(及未被攻击的)多个目标并向多枚导弹发送无线电修正指令。跟踪目标和指令发射的时序分配(保证每枚导弹都可以接收到无线电修正指令信号)、指令保密、抗干扰是同时制导多枚导弹成功攻击目标的关键。

(5) 多目标攻击显示技术

多目标攻击时, 综合显示系统应将所跟踪和攻击的目标数据分别显示在战术信息显示器和平视显示器上, 同时平显还应显示目标的威胁信息、航向信息、载机操纵信息和飞行状态信息。多目标攻击显示画面、符号的设计有特殊的要求。

2.3 导弹的基本功能要求

用于多目标攻击的导弹应具备如下基本功能:

- 中、远距离射程(通常导弹射程应大于 20km);
- 惯性+ 无线电修正指令中制导;
- 主动末制导;
- 指令、接收、识别、保密和抗干扰。

参考文献

- 1 孙杏初, 瞿荣贞. 导弹火力分配的一种工程方法. 北京航空学院学报, 1986(2)
- 2 蓝伟华, 赵春玲. 空对空多机协同攻击多个目标战术决策研究. 电光与控制, 1999(1)

作者简介: 蓝伟华, 男, 1941 年生, 研究员。1966 年毕业于中国科学技术大学自动控制专业。主要从事航空火控系统总体技术研究。