

自主拦截无人机机动过载指标影响因素分析

Analysis of Motor Overload Index Influence Factor about Unmanned Independently Intercepting Air Vehicle

袁冲 / 上海飞机设计研究院 周洲 / 西北工业大学

摘要: 自主拦截无人机是一种新型的自杀型自主攻击无人机, 具有损小、用大、效高的特点。在巡航阶段它相当于一个具有一定侦察、识别能力的无人机, 而在攻击阶段类似于一个远程空空导弹。在分析某自主拦截无人机拦截预警机作战轨迹的基础上, 利用比例导引法对其建立了拦截轨迹模型。根据计算结果分析了拦截距离、离轴角对机动过载指标的影响, 为自主拦截无人机机动过载设计指标分配提供参考。

关键词: 自主拦截无人机; 作战过程; 机动过载

Keywords: unmanned independently intercepting air vehicle; operational process; motor overload

0 引言

自主拦截无人机是一种远距离、高空的自杀式拦截无人飞行器, 具有损小、用大、效高的特点, 具备自查、自决、自打的多种功能, 主要对敌方预警机、空中加油机、战斗机等高价值目标自主进行自杀式拦截。

攻击型无人机攻击活动目标, 特别是空中目标, 必须具备良好的机动性能。在自主拦截无人机初始设计阶段, 为避免某些总体性能指标要求过高, 进

而导致成本过高, 需要对其作战性能进行评估。因此, 基于自主拦截无人机作战过程, 对自主拦截无人机的拦截轨迹进行分析, 进而确定合理的机动过载指标, 对其初始系统设计具有重要意义。

1 拦截过程分析

自主拦截无人机要成功完成自主拦截任务, 首先要发现并识别目标, 然后是对敌方防御系统进行突防, 进而攻击目标、命中和杀伤目标。自主拦截无

人机既不同于有人机, 也不同于以往的无人机, 没有“人在回路中”这个环节, 避免了数据传输的延迟和误差, 形成了一个自查、自决、自打的武器系统, 大大提高无人机作战效能; 当然在其巡航到作战区域、实施突防、拦截目标的过程中, 需要较强的自主攻击能力, 即搜索、识别、决策、突防、攻击的能力, 对系统有更高的可用性和可靠性的要求。

该自主拦截无人机在巡航和突防飞行中, 由于其飞行高度在20km左右,

的可靠性更高, 因此对于轴向负荷较重的更大涵道比的宽弦叶片, 采用图10的定位结构形式更为合理。

3 结束语

本文对大涵道比风扇叶片的几种结构设计方案进行了对比分析, 总结了各结构形式的优缺点, 并对大涵道比风扇的发展趋势进行了总结。随着大涵道比宽弦风扇设计技术的日趋成熟, 可靠

性高、重量轻的空心叶片和复合材料叶片将在民用飞机发动机上大量使用。

AST

参考文献

[1] 陈光. 航空发动机结构设计分析[M]. 北京: 北京航空航天大学出版社, 2006.

[2] 刘廷毅, 伊峰, 张峻峰. 航空发动机圆弧榫头型面优化设计[J]. 南京航空航天大学学报, 2008(3).

作者简介

李惠莲, 工程师, 主要从事航空发动机结构设计工作。

纪福森, 工程师, 主要从事航空发动机结构设计工作。

伊峰, 高级工程师, 主要从事航空发动机结构设计工作。

杨帆, 工程师, 主要从事航空发动机结构设计工作。

飞行速度在1.5Ma左右,考虑到攻击目标是预警机等高价值目标,所面临的敌方防御系统可分为上下两层,上层为配备空空导弹的战斗机对来袭目标进行消耗性阻击;下层为由预警机探测平台导引地空导弹拦截来袭目标。因此,该自主拦截无人机可能遇到的威胁有巡航时的敌方预警机、地面雷达的探测威胁、飞行末段机载空空导弹或地空导弹的拦截威胁、预警机护航战斗机的反拦截威胁。自主拦截无人机的作战过程十分复杂,在这个过程中进攻方和防御方的一系列活动是在一定时间和空间中并行进行的,是一种相互拦截与反拦截的过程。

2 拦截轨迹建模

所谓飞行器的机动性能是指无人机能迅速地改变飞行速度的大小和方向的能力,无人机的机动性通常用轴向过载和法向过载评定。显然,轴向过载越大,所产生的轴向加速度就越大,这表示无人机的速度变化值改变的越快,它就能更好的攻击目标;法向过载越大,无人机所产生的法向加速度就越大,在相同的速度下,无人机改变飞行方向的能力就越大,即无人机就能做更弯曲的轨迹飞行。因此,无人机的过载越大,机动性能(通常是指法向过载)就越好。例如现代先进的空空导弹,其法向过载可达到30g以上,有的近距格斗弹的过载可达70g。

自主拦截无人机进行超视距、远程拦截目标,考虑到无人机结构、仪器设备等承载能力和发动机性能的影响,以及过载大、结构重量大等,必须对拦截目标时的需用过载进行论证分析。本文主要通过自主拦截无人机拦截预警机轨迹仿真的方法,分析无人机所需的过载(法向)值。

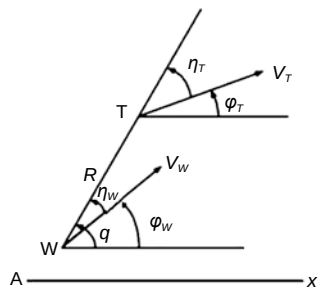


图1 无人机与目标的相对位置关系

1) 考虑到预警机等此类攻击目标的特点,可进行如下假设:

- 攻击平面为水平面,高度为11km;
- 目标为匀速运动,无人机速度为442.6m/s,目标为236m/s;
- 无人机和目标均采用质点模型;
- 采用经典比例导引律。

2) 极坐标系下,无人机和目标的相对运动模型

在攻击平面内,无人机和目标的相对位置关系如图1所示,其中极坐标参数 R 、 q 的变化可用以下式表示:

$$\begin{cases} \frac{dR}{dt} = V_T \cos \eta_T - V_W \cos \eta \\ \frac{dq}{dt} = \frac{-V_T \sin \eta_T + V_W \sin \eta}{R} \\ q = \Phi_T + \eta_T \\ q = \Phi_W + \eta_W \end{cases} \quad (1)$$

其中, R —无人机与目标距离; W —无人机; T —目标; AX —参考线; q —目标视线角; V_W —无人机速度矢量; V_T —目标速度矢量; φ_W —无人机轨迹角; φ_T —目标轨迹角; η_W —无人机速度矢量与目标视线夹角; η_T —目标速度矢量与目标视线夹角。

3) 无人机直角坐标系下的水平面内运动方程

$$\begin{cases} \frac{dV_W}{dt} = \frac{P \cos \alpha - Q}{m} \\ \frac{dX_W}{dt} = V_W \cos \varphi_W \\ \frac{dZ_W}{dt} = -V_W \sin \varphi_W \end{cases} \quad (2)$$

式中: P —无人机发动机推力,在此假设不变为200kgf; Q —无人机飞行阻力,在此设定阻力系数为0.05; m —无人机质量,在此设为定值为1T; X_W, Z_W —无人机轨迹坐标。

4) 目标直角坐标系下的水平运动方程

$$\begin{cases} \frac{dX_T}{dt} = V_T \cos \varphi_T \\ \frac{dZ_T}{dt} = -V_T \sin \varphi_T \end{cases} \quad (3)$$

式中: X_T, Z_T —目标轨迹坐标。

5) 导引律模型

在此采用经典比例导引律,模型如下:

$$\frac{d\varphi_W}{dt} = k \frac{dq}{dt} \quad (4)$$

式中: k —比例导引律的道义系数,考虑到在此只是就过载进行分析,故取为定值, $k=3$ 。

6) 无人机需用过载模型

$$n_w = \frac{V_W \omega_\lambda}{g} = \frac{V_W}{g} \frac{d\varphi_m}{dt} \quad (5)$$

3 仿真结果及分析

比例导引法是在自寻的武器上采用比较多的一种导引规律,它是指在无人机飞向目标的过程中,无人机速度方向的变化率与目标视线的变化律成正比。这种导引律易于工程实现,同时通过选择合适的导引比可满足对不同机动特性的目标适应能力的分析,而且不需要太大的法向过载,因此应用于拦截无人机比较合适。下面是对迎击和追击两种基本拦截方式进行的轨迹仿真,见图2~图7。

由图2~图7可以看出,一定攻击距离条件下,随着离轴角的增加,需用过载最大值也增加;一定离轴角下,随着攻击距离的增加,最大值增加;同等条件下,迎面拦截比追击拦截所需的过载值大。

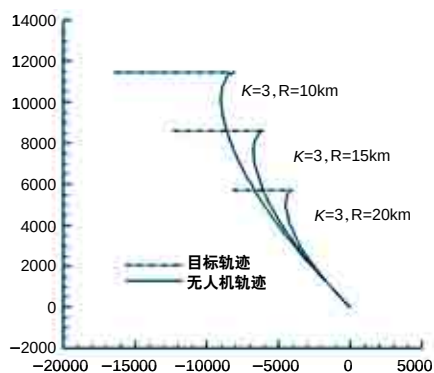


图2 离轴角30°、迎击拦截轨迹

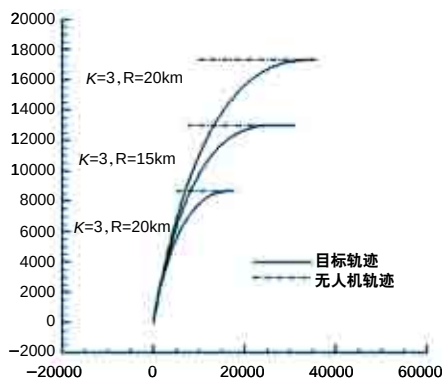


图3 离轴角30°、追击拦截轨迹

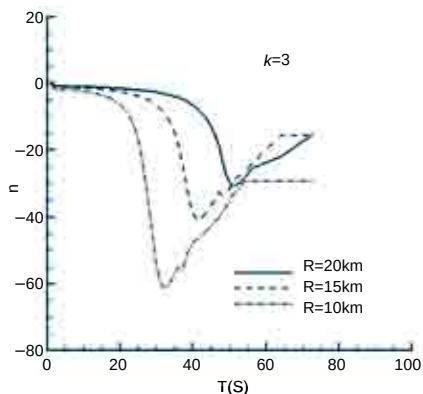


图4 迎击拦截时过载随时间变化

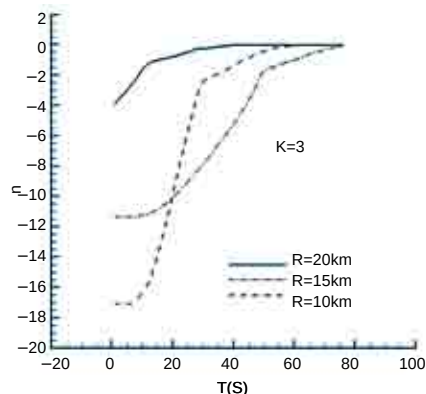


图5 追击拦截时过载随时间变化

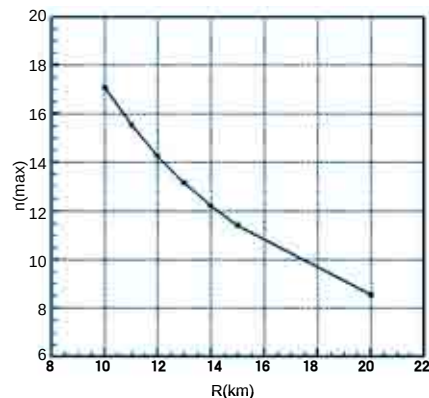


图6 离轴角30度时,最大过载值变化

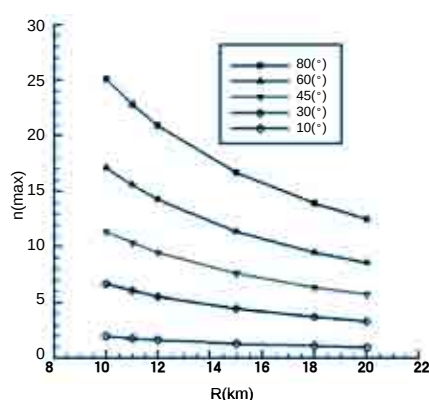


图7 不同离轴角时的最大过载值变化

自主拦截无人机的过载必须满足无人机的战术技术要求,诸如目标的机动能力和速度特性、无人机的飞行特性和飞行空域等。90年代美国海军提出了可执行高风险任务的高机动无人机(HMLV)计划,HMLV战术使用研究结果表明,采用一定的战术规避策略,具有15~20g机动过载(加载速率不小于25g/s)能力就能成功规避包括先进的红

外导弹在内的导弹攻击。

考虑到自主拦截无人机的作战目标是预警机,预警机的过载一般在1~3g,速度0.6~0.8Ma,飞行高度11km左右,所以自主拦截无人机的一般需用法向过载为20g。

4 结论

本文对自主拦截无人机作战轨迹

的研究,主要分为迎击和追击两种方式,在考虑拦截距离、离轴角等影响因素下,初步建立了自主拦截无人机拦截轨迹模型。当然还应考虑更多的因素,例如导引头探测距离和电子干扰的影响等,还需要做进一步的研究。

由计算结果和结果分析看出,当攻击距离一定时,随着离轴角的增加,需用过载最大值也增加;当离轴角一定时,随着攻击距离的增加,最大值增加;同等条件下,迎面拦截比追击拦截所需的过载值大。因此,自主拦截无人机系统顶层指标分配时要合理考虑攻击距离、攻击离轴角等对飞机需用过载指标的影响,使自主拦截无人机在低成本下具有更好的机动性能。

AST

参考文献

- [1] 朱宝鏊,朱荣昌,熊笑飞.作战飞机效能评估[M].北京:航空工业出版社,1993.
- [2] 李义军,黄俊.基于生存力分析的战斗机超视距空战效能评估[J].飞机设计,2007(6).
- [3] 刘石泉.弹道导弹突防技术导论[M].北京:中国宇航出版社,2003:82~98.
- [4] 苑立伟,杨建军,等.防空导弹群作战效能中拦截适宜性因子的确定[J].战术导弹技术,2006(3).
- [5] Jacques D. Modeling Consideration for Wide Area Search Munitions Effectiveness Analysis[C]. Proceedings of the 2002 Winter Simulation Conference, San.

作者简介

袁冲,助理工程师,主要研究方向为飞行器设计及试飞技术。

周洲,教授,博士生导师,主要研究方向为飞行力学和飞行器气动总体设计。