

1 自杀式物理撞击拦截战法

1.1 关于撞击无人机结构功能的主要设想

1.1.1 撞击无人机的功能设想

(1) 基础的光电探测功能

撞击无人机要完成对空中运动目标的精准撞击,必须具备依靠自身获取目标无人机信息的功能,而为了控制无人机成本,考虑采用光电探测载荷实现。主要包括:可见光探测功能(用于昼间对目标无人机成像,以及对特定的目标部位进行跟踪瞄准)、红外探测功能(用于夜间对目标无人机成像,以及对特定的目标部位进行跟踪瞄准)、激光测距功能(用于完成敌我相对距离、相对方位测量,支撑撞击控制回路的定量解算)。

(2) 特殊的空空撞击及自我防护功能

为实现对目标的有效撞击、减少撞击时的自身受损,必须具备较强的碰撞能力,以及防止碰撞对自身结构、内部重要部件造成损伤。主要包括:碰撞部位所用材料在硬度上显著高于目标无人机的相应部位、碰撞部位与机体内部有承力件相连。

1.1.2 撞击无人机的结构设想

可在“基本型”侦察无人机基础上,通过加改装设计成为撞击无人机。

(1) 多个前缘部位结构加强

为应对专用撞击装置可能出现的未能准确撞上目标的情况,应对撞击无人机其他可能的撞击部位进行结构加强。

而由于撞击动作由尾后发起,因此对撞击无人机的前缘部位进行结构加强。

机头:除光电载荷所处部位外,机头部分应当采用较高硬度的材料,同时在机头内部安装能够连接到主梁的承力构件,进行结构加强设计。

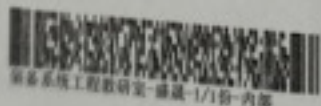
机翼前缘:机翼前缘部分也应当采用较高硬度的材料,同时在机翼内部安装能够连接到主梁的承力构件,进行结构加强设计。

(2) 专用撞击装置加装

为尽可能增加撞击无人机撞击后的生存力,提升撞击效能,可以考虑加装专用撞击装置,主要考虑如下:

专用撞击装置安装设想:一是尽量接近飞机重心,以充分利用惯性;二是由于飞机飞行带有一定迎角/攻角且撞击动作是由目标正尾后或尾后上方(原因见1.2.1节)发起,因此,专用撞击装置安装在飞机机腹部位更加合适;三是专用撞击装置安装要考虑撞击后的影响,其在机身内部的部分不宜与一些关键部件/设备靠得太近,或者调整机身内部这些关键部件/设备的位置或形状。

专用撞击装置结构设想:一是设计成“L”形(底部呈现为“钩”形),且长度适中(便于钩住和破坏目标无人机);二是前缘部位设计成“刀锋形”或“锯齿形”等便于切割的形状;三是机身内部应安装能够连接到主梁的承力构件;四是为减少飞行阻力,可以设计成可收放形式(但应考虑由此带来的附加重量影响);五是可收放结构部分要有“限位”设计,确



保不会因撞击而出现收缩或松动的情况。

(3) 关于发动机进气道安装位置

为降低撞击产生的碎片被吸入发动机的可能,应将发动机进气道安装在机背上。

1.1.3 敌机受损的几种表现

(1) 一侧机翼折断,致使飞机失控,进而坠毁

评判标准:一是可观测到敌机一侧机翼折断(极端情况下可能出现起火/爆炸);二是可观测到敌机失控不能正常飞行,很快呈现出快速下坠之势。

(2) 一侧机翼的襟/副翼受损,致使飞控无法正常运行,进而失控坠毁

评判标准:一是可观测到敌机一侧机翼的襟/副翼有明显的撞击损伤;二是可观测到敌机失控不能正常飞行,很快呈现出快速下坠之势。

(3) 轻微受损但未伤及控制面,飞机飞控工作影响不大,飞机仍可继续飞行

评判标准:一是可观测到敌机一侧机翼或其他部位有外观损伤,但襟/副翼等控制面无明显损伤;二是可观测到敌机仍能正常飞行。

(4) 外观无损伤,飞机飞行无异常

评判标准:一是可观测到敌机外观无明显损伤;二是可观测到敌机仍能正常飞行。

1.1.4 撞击无人机自身受损的几种等级

(1) 微小受损

评判标准：撞击任务完成后，撞击无人机能够继续执行其他任务。

受损情况可能包括：仅专用撞击装置局部轻微变形，且不影响其正常的收放。

(2) 轻度受损

评判标准：撞击任务完成后，撞击无人机能够降级执行其他任务。

受损情况可能包括：专用撞击装置受损（变形/断裂等），机头/机翼的结构加强部位受损（变形/开裂等），但受损后对飞行控制的影响很小。

(3) 中度受损

评判标准：撞击任务完成后，撞击无人机能够继续飞行和适度机动。

受损情况可能包括：专用撞击装置受损且引发飞机次级损伤，机头/机翼的结构加强部位受损且引发飞机次级损伤，或发生多种轻度受损情况的组合，受损后对飞行控制的影响较大，飞机机动能力大幅削弱。或光电载荷受损失去作用。

(4) 重度受损

评判标准：撞击任务完成后，撞击无人机无法继续正常飞行。

受损情况可能包括：撞击产生的碎片被吸入发动机造成发动机损毁失去动力，控制舵面等重要飞行部件损毁，内部关键设备（油箱、电池、视距/卫通链路设备、飞控/导航设备等）损毁。

1.1.5 关于撞击杀伤拦截效率（不低于 1:1）的说明

拦截效率不低于 1:1，具体到撞击无人机的设计指标中，即 1 架撞击无人机，可以至少击杀 1 架目标无人机。

1.2 自杀式物理撞击任务实施方法

1.2.1 自杀式物理撞击策略

1.2.1.1 单个目标尾后撞击的最佳撞击部位/角度/相对速度/撞击用时假设

考虑到低成本迎头撞击的可行性较低，因此低成本自杀式物理撞击仍需采用尾后撞击的方式。

单个目标尾后撞击的最佳撞击部位/角度/相对速度/撞击用时，无法通过仿真试验得到，均须开展专项的实物试验（输入为不同的撞击部位、撞击角度、相对速度、撞击用时组合，输出为毁伤效果、撞击成功率，按照先地面试验后飞行试验的顺序进行验证）才可得到。因此，此处做出如下假设：

最佳撞击部位：目标无人机的机翼后缘中心点。

最佳撞击角度：目标机机翼后缘中心点的正尾后方向。

最佳相对速度：10m/s-15m/s。

最佳撞击用时：对准撞击位置到发起撞击 1s-2s，发起撞击到碰撞接触 3s-5s。

1.2.1.2 目标分配

按 1:1 分配目标无人机、撞击无人机。

1.2.1.3 同时撞击策略

为使撞击效率最高，采取同时撞击策略。

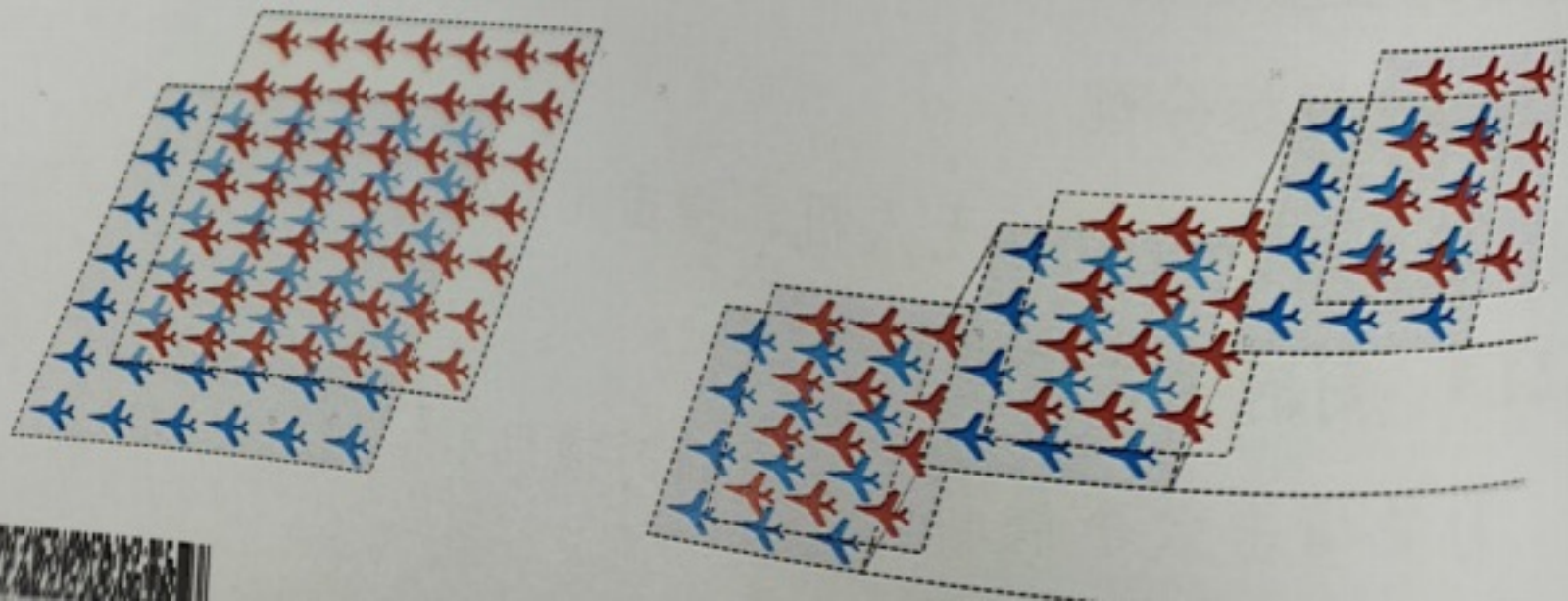
(1) 撞击阵位设置

撞击无人机群的内部阵位：根据伴随侦察探明的敌群内部阵位，设置撞击无人机群的内部阵位，为更好地实现1对1同时撞击敌群，在发起撞击前，必须将撞击无人机群的内部阵位设置为与敌群的内部阵位保持相对一致（各架无人机的相对位置）。空中向敌群接近过程中，保持内部阵位基本不变，即撞击无人机群中各架无人机速度矢量基本一致。

撞击无人机群相对敌群的阵位：空中向敌群接近过程中，撞击无人机群在保持内部阵位基本不变的基础上，整体平移向敌群接近。此时，涉及整群的整体机动，包括群内所有个体协调一致的速度控制、航向控制、姿态控制等。

(2) 撞击策略

如下图所示的一般情况下，当敌群在其运动平面上平铺展开时（即敌群内各目标无人机之间，存在前后遮挡，敌群展开时（即敌群内各目标无人机之间，存在前后遮挡，敌群内各目标无人机近似位于同一平面/高度差较小，且该平面与敌群航向平行）或分布在多个平面上平铺展开时，针对敌群中的各个目标敌机，有可能无法实现由尾后正向撞击，而只能以一定的尾后偏离角斜向撞击各自的目标敌机（为充分利用势能，应由后上方向前下方俯冲撞击）。此时，得不到最佳撞击角度。



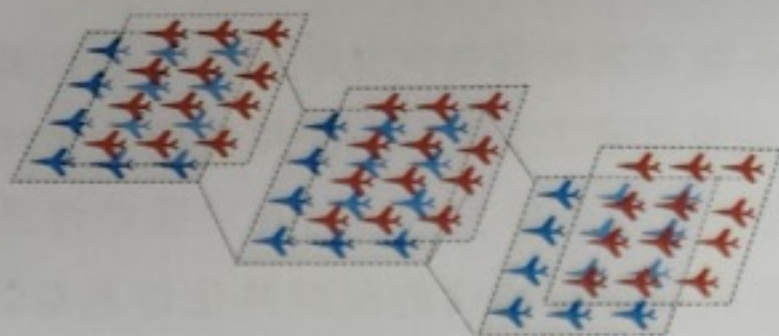


图 需要以一定偏离角尾后斜向撞击示意

如下图所示的特殊条件下，每架撞击无人机可瞄准 1 架目标敌机，在能够有效、准确识别目标特征部位和稳定锁定撞击部位的情况下，以最佳相对速度向目标发起撞击。

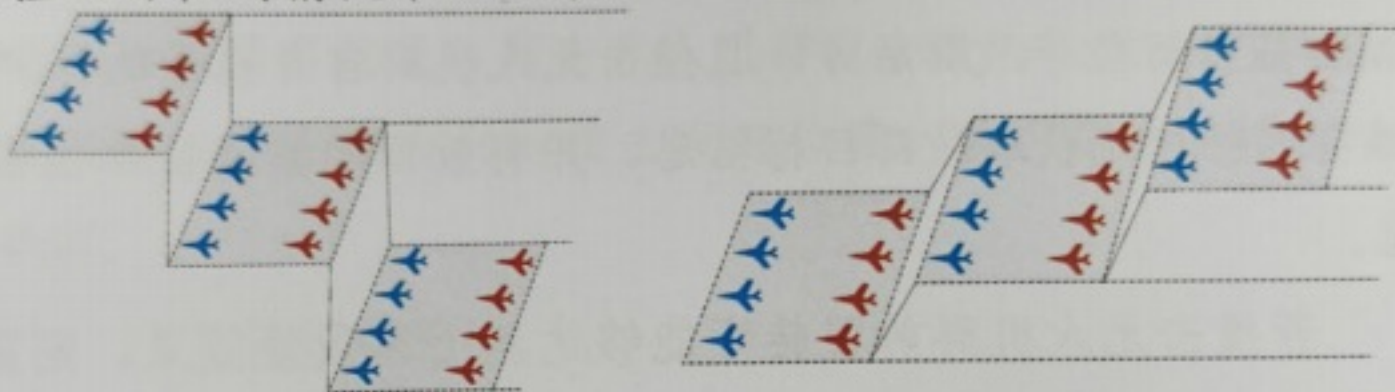


图 尾后正向撞击策略示意

1.2.2 召唤引导撞击无人机

伴随侦察无人机召唤引导：伴随侦察无人机将撞击无人机群召唤至敌群后方附近，直至撞击无人机群能够依靠自身携带的光电探测载荷稳定且准确获取敌群信息。同步地，在召唤引导过程中，撞击无人机根据敌群阵位信息调整自身阵位，使得便于占领撞击发起阵位。

(1) 撞击无人机前置转弯

为提升撞击无人机可用的任务时间，撞击无人机群并不紧跟在侦察无人机群之后，而是保持一定间距。

迎头侦察获取得到概略的敌群阵位信息后，位于迎头侦

察机群后方一定距离的撞击无人机群，一面实施前置转弯、调转航向、调整速度/位置，一面按照撞击策略初步调整自身阵位。

伴随侦察获取得到精确的敌群阵位信息后，撞击无人机群进一步按照撞击策略精细调整自身阵位，并调整机群速度/高度以便开展后续自主引导、自主攻击。

最佳的前置转弯效果是：若敌群始终保持均速、定航向，则在获取到精确敌群阵位信息的前一刻，转弯后的撞击无人机群应恰好位于敌群后方，且撞击无人机群自身携带的探测载荷能够稳定获取敌群目标信息，并有效识别其特征部位信息。

若撞击无人机群前置转弯能够达到上述最佳效果，则跳过“自主引导”阶段而直接进入“自主攻击”阶段，直接向目标发起撞击。

若撞击无人机群前置转弯没有达到上述最佳效果，则撞击无人机群需根据伴随侦察获得的精确敌群阵位信息、伴随侦察机群位置信息及敌群相对位置信息等，进一步调整自身阵位、位置、速度等。

(2) 敌群完整阵位信息的获取

地面通过对侦察无人机群中各架侦察无人机的探测信息进行拼接（一是迎头侦察的探测信息拼接，二是伴随侦察的探测信息拼接），即可得到精确的敌群完整阵位，并以一定周期对敌群完整阵位信息进行更新。

(3) 敌群位置信息的获取

伴随侦察无人机群广播自身阵位信息、自身位置信息，以及敌群相对于伴随侦察无人机群的位置信息，撞击无人机实时接收并更新敌群位置信息，并结合自身位置，将自身引导至敌群尾后。

1.2.3 撞击无人机自主引导

在伴随侦察无人机群的召唤引导下，当撞击无人机群能够依靠自身携带的光电探测载荷稳定、准确获取敌群中位置靠后的目标信息时，撞击无人机群进入自主引导阶段。自主引导阶段的目的是，撞击无人机群以合适的相对速度尽快接近敌群，并占领有利的撞击发起位置、蓄存足够的撞击动/势能。

(1) 阵位调整

一是持续调整整群阵位：在伴随侦察无人机群稳定获取的敌群阵位信息支持下，撞击无人机群进一步调整整群的阵位，以便更好匹配撞击策略的实施。

二是精细调整撞击占位：在撞击无人机群自身光电探测获取的敌群信息支持下，精细调整撞击无人机群中每架无人机发起撞击的位置。

(2) 速度、航迹调整

一是配合阵位调整：通过对撞击无人机群速度、航迹的调整，完成撞击无人机群整群阵位调整和占领撞击位置。

二是控制相对速度：通过对撞击无人机群速度、航迹的调整，确保撞击无人机群相对敌群的速度，符合最佳撞击相对速度要求。

1.2.4 撞击无人机自主攻击

当撞击无人机群（经自主引导或跳过自主引导阶段），能够识别目标无人机的特征部位时，撞击无人机群进入自主攻击阶段。自主攻击阶段的目的是，撞击无人机群以合适的相对速度，准确撞向目标无人机的预定部位，在物理上造成目标无人机的破损、残缺进而失能。具体攻击方法，详见1.4节“空中动目标跟踪控制”。

1.2.5 撞击毁伤效果评估

撞击无人机机群能够以“第一视角”记录并提供撞击实施的完整过程信息，结合伴随侦察无人机群记录的撞击实施过程，则可完成更加全面的毁伤效果评估。

1.3 空中动目标相对位置高精度估计（基于激光雷达）

1.3.1 相对距离测量与估计

1.3.1.1 测量原理

激光雷达测距最常用的方法是飞行时间法（ToF），分为直接 ToF（dToF）和间接 ToF（iToF），前者适合远距离测量（>50 米），后者适合近距离高精度测量（<50 米），实际中可采用混合模式（近距离 iToF、远距离 dToF）。

dToF 测量原理：通过计时器测量激光脉冲在目标与本机间的往返时间 Δt ，根据距离公式 $d = (c \times \Delta t) / 2$ ，即可算出目标与本机的距离。

iToF 测量原理：对激光进行正弦调制（频率为 f ），测量发射与接收信号相位差 $\Delta \phi$ ，根据距离公式 $d = (c \times \Delta \phi) / 4\pi f$ ，即可算出目标与本机的距离。

1.3.1.2 测量方法

多点照射：不能将目标当成一个点来处理，或者简单地取目标的几何中心点，而是要标记出拟撞击部位、弹药拟毁伤部位等，采取多点照射、分别测量距离的方法。

具体到目标的每个点，则通常采用“多脉冲累加+阈值检测”的方法：对目标某一点发射多个激光脉冲，累加回波信号强度，提升信噪比（避免单脉冲反射不足）；设置回波强度阈值（例如：最大强度的 30%），超过阈值时触发时间测量，减少背景光干扰。

1.3.1.3 距离计算

主要基于目标上各点、激光雷达之间的相对距离，计算目标上各点、本机不同位置（包括本机质心，以及后续用于撞击的机身部位、投弹的开舱部位等）之间的相对距离。

计算方法有多种，例如可统一到本机机体坐标系中进行计算，也可按以下方式采用三角形的余弦定理计算，如下图所示，已知目标上某一点与激光雷达之间的相对距离 d 、激光雷达与本机机上某一位置的距离 r ，且在激光雷达坐标系（L 系，坐标原点为激光雷达中心，X 轴向前，Y 轴向右，Z 轴向上）中，目标上的点相对激光雷达方位已知（具体方法参见下一小节）、本机上的位置相对激光雷达方位已知，因此可算出夹角 ω 。进一步根据余弦定理，即可求出目标上某点、本机上某位置之间的相对距离 d_{bz} 。

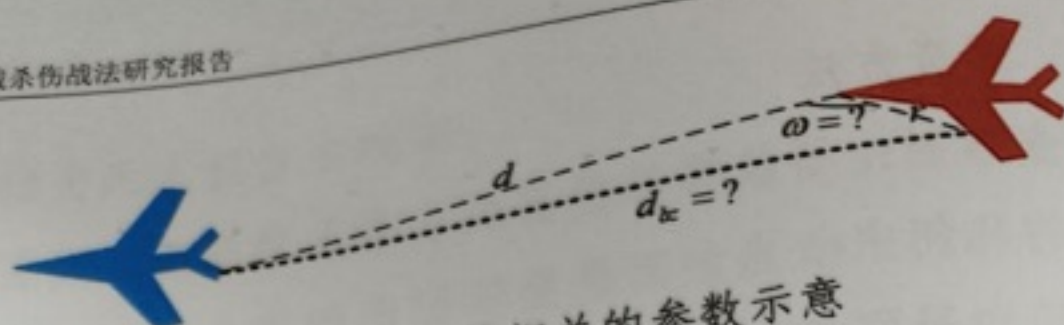


图 距离计算相关的参数示意

1.3.2 相对方位测量与估计

相对方位是目标在本机坐标系中的水平偏角（方位角）和垂直偏角（俯仰角），反映目标对本机的左右、上下位置关系。激光雷达通过测量激光束的发射角度与回波点坐标，来计算目标的相对方位。

1.3.2.1 测量原理

激光雷达的扫描系统（如 MEMS 振镜）记录每束激光的发射角度：水平方向为方位角 θ （以本机中轴线为 0° ，向右为正），垂直方向为俯仰角 φ （以水平方向为 0° ，向上为正）。当激光束照射至目标并返回时，结合测量距结果 d ，可得目标在激光雷达坐标系（L 系，坐标原点为激光雷达中心，X 轴向前，Y 轴向右，Z 轴向上）下的三维坐标：

$$X_l = d \times \cos \varphi \times \cos \theta$$

$$Y_l = d \times \cos \varphi \times \sin \theta$$

$$Z_l = d \times \sin \varphi$$

其中， X_l 为沿激光发射方向的距离， Y_l 为水平横向偏移， Z_l 为垂直纵向偏移。通过 X_l 和 Y_l 可计算相对方位角 θ ，通过 X_l 和 Z_l 可计算相对方位角 φ ：

$$\theta = \arctan\left(\frac{Y_l}{X_l}\right)$$

$$\varphi = \arctan\left(\frac{Z_l}{X_l}\right)$$

1.3.2.2 测量方法

伴随测量时，通常采用多线扫描+特征点匹配的测量方法：首先，激光雷达以一定频率进行扇形扫描，每帧获取一定数量的目标点云数据；然后，对每帧点云进行聚类，筛选出属于目标的点集（剔除前/背景噪声）；最后，提取目标的几何中心点（如点云坐标的均值）作为方位参考点，计算该点的方位角和俯仰角，避免因目标局部形状导致方位计算结果的偏差。

1.3.2.3 坐标转换

需要将目标（各测量点）相对于激光雷达坐标系（L系）的原始相对方位测量值，分别转换为相对于本机机上质心、机上撞击点、机上弹药初始投放点等的方位值，为便于计算，定义撞击点坐标系（BZ系）、机上弹药初始投放点坐标系（BD系）的各轴均与本机机体坐标系（B系，坐标原点为本机质心，X轴沿机身中轴线向前，Y轴向右，Z轴向上）同向，仅原点位置不同。以下以机体坐标系（B系）为例进行坐标转换计算示例。

原始的相对方位测量值，由基于激光雷达坐标系（L系），转换至本机的机体坐标系（B系），主要是为了匹配后续本机机动控制指令（偏航控制、俯仰控制等）的需求。坐标转换分2步：平移转换、旋转转换。

平移转换：假设激光雷达中心相对于本机质心的安装偏移量为 $(\Delta x, \Delta y, \Delta z)$ ，则目标在L系的坐标 (X_l, Y_l, Z_l) 需先按下式平移：

$$X'_i = X_i + \Delta x$$

$$Y'_i = Y_i + \Delta y$$

$$Z'_i = Z_i + \Delta z$$

旋转转换：假设激光雷达相对于本机的安装角度偏差为（滚转角 γ ，俯仰角 α ，偏航角 β ），则目标在B系中的坐标 (X_b, Y_b, Z_b) 可由 (X'_i, Y'_i, Z'_i) 按下式旋转得到：

$$[X_b, Y_b, Z_b]^T = R \times [X'_i, Y'_i, Z'_i]^T$$

其中， $R = R_\gamma \times R_\alpha \times R_\beta$ 称为旋转矩阵， R_γ 、 R_α 、 R_β 的表达

式分别为：

$$R_\gamma = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos \gamma & -\sin \gamma \\ 0 & \sin \gamma & \cos \gamma \end{bmatrix}$$

$$R_\alpha = \begin{bmatrix} \cos \alpha & 0 & \sin \alpha \\ 0 & 1 & 0 \\ -\sin \alpha & 0 & \cos \alpha \end{bmatrix}$$

$$R_\beta = \begin{bmatrix} \cos \beta & -\sin \beta & 0 \\ \sin \beta & \cos \beta & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

从而在本机机体坐标系下，相对方位角、相对俯仰角的计算公式为：

$$\theta_b = \arctan(Y_b / X_b)$$

$$\varphi_b = \arctan(Z_b / X_b)$$

1.3.3 相对速度估计

为了便于撞击拦截、干扰拦截、空雷拦截时本机的机动控制，还需要解算给出相对速度，作为控制的输入。

主要通过距离变化率方法，进行相对速度（标量值）的

估计, 即: $v = \Delta d / \Delta t$ 。

本机某个位置、目标上某点, 二者间的相对速度, 则利用 1.1.1 小节计算得到的相对距离, 进行变化率计算。

1.4 空中动目标跟踪控制

此处讨论的是自主攻击控制 (从撞击无人机能够自主发现目标, 到占领有利撞击发起位置的控制, 详见 1.2.3 小节关于自主引导的控制), 主要包括接近控制 (从能够识别目标无人机的特征部位时起, 到发起撞击前的控制)、撞击控制 (从发起撞击, 到完成撞击的控制)、撞击后控制 (从完成撞击, 到撞击后脱离或执行其他任务的控制), 控制的重点是对撞击无人机的飞行控制 (同时包括对光电载荷的使用控制, 主要是控制其稳定跟踪瞄准目标或其特定部位, 此处不再展开描述)。

1.4.1 接近控制

接近控制的目的有 2 个:

一是接近路线控制: 控制撞击无人机的专用撞击装置中心点, 对准目标无人机一侧 (左或右) 机翼后缘中心点, 若目标无人机保持固定航向 (航迹为直线), 则撞击无人机的撞击路线 (是撞击路线, 不是接近路线) 应当是一条平行于平行于两点连线 (专用撞击装置中心点、目标无人机机翼后缘中心点的连线, 若目标无人机航迹为直线, 则两点连线始终在同一条直线上向前滑动) 的路线。接近路线的终点、撞击路线的起点, 是同一个点, 且通常地, 接近路线的最末段与撞击路线在同一条直线上。

二是接近速度控制：撞击无人机在到达撞击路线起点（接近路线终点）的时刻，撞击无人机与目标无人机的相对速度，为最优撞击相对速度（见 1.2.1.1 小节）。

1.4.1.1 接近路线控制

接近路线控制的对象，是撞击无人机专用撞击装置中心点的局部航迹。

（1）尾后正向接近路线控制

尾后正向的接近路线如图所示。

撞击起点 C 的位置：在假设目标匀速直线运动的条件下，可将目标无人机看成静止，撞击无人机以相对速度追击，根据相对速度推算出撞击起点 C 的位置（例如：在相对速度 15m/s、拟撞击用时 3s 的条件下，C、D 相距 45m）。

撞击对准点 B 的位置：在假设由 B 点开始相对速度由 v_1 m/s 匀减速至 15m/s，且 BC 接近路线末段用时 2s，则 BC 间距离为：

$$BC = 2v_1 - \frac{1}{2} \left(\frac{v_1 - 15}{2} \right) \times 2^2 = v_1 + 15$$

接近路线初段：尾后正向条件下，撞击无人机、目标无人机的航迹几乎平行，因此，接近路线初段的主要任务是调整撞击无人机路线，使专用撞击装置的局部航线、目标无人机撞击部位的局部航线，二者对准对齐。

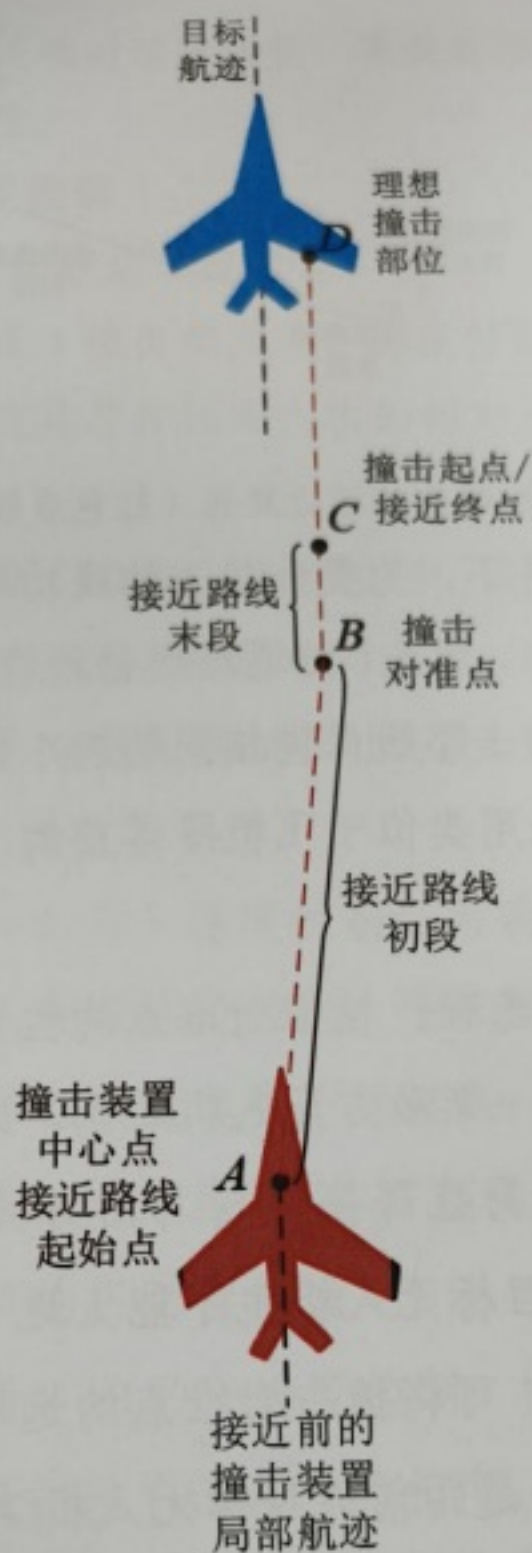


图 尾后正向的接近路线（红色虚线）示意

(2) 尾后斜向（由后上方至前下方）接近路线控制

尾后斜向的接近路线如图所示：

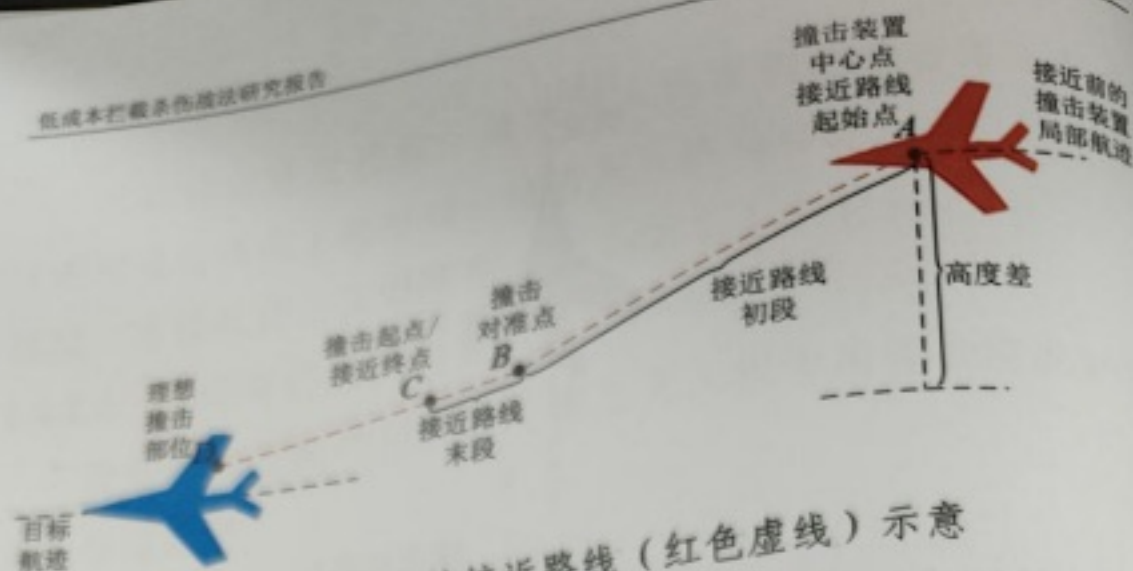


图 尾后斜向的接近路线（红色虚线）示意

尾后斜向条件下，为提升撞击的成功率，应以尽量小的撞击斜角实施撞击，因此，接近路线初段设计为较大的斜角，接近路线末段与撞击路线保持相同的较小的斜角（在到达接近路线末段时，采用类似于飞机降落前的“拉飘”动作，进一步减小斜角）。

撞击对准点的选取：撞击对准点的位置，需落在目标无人机及其后方的另一架敌方无人机之间，距离后方无人机不能太近（太近了容易在降高度时与后方无人机发生无意碰撞），距离前方的目标无人机也不能太近（太近了留给撞击控制的距离太短），可将撞击对准点的选取条件设置为以下 2 个条件的组合：一是距前方目标无人机 $\geq 45\text{m}$ ；二是距后方无人机 \leq 前后 2 架无人机间距的 $\frac{1}{3}$ 。

接近路线初段：进入接近路线后（接近路线起始点 A），将接近路线初段的终点设置为撞击对准点 B，将 AB 作为接近路线初始段进行飞行控制。

接近路线末段：撞击对准点 B、撞击起点 C 的差别在于，撞击无人机与目标无人机的相对速度，撞击无人机在 BC（接

近路线末段)完成相对速度调整,确保在撞击起点C处达到最佳撞击相对速度。

1.4.1.2 接近速度控制

(1) 尾后正向接近速度控制

接近路线终点(撞击起点)C速度控制:通过控制撞击无人机的速度,使其与目标无人机的相对速度,达到最佳撞击相对速度。

接近路线末段(BC段)速度控制:通过控制撞击无人机的速度,使其与目标无人机的相对速度,由到达B点时的相对速度,逐渐调整为最佳撞击相对速度,调整用时应控制在1s-2s为宜(见1.2.1.1小节)。

撞击对准点(B点)速度控制:为确保能够在接近路线末段(BC段)按时完成速度控制,要求撞击无人机到达撞击对准点(B点)时的相对速度不宜过大,否则很难在1s-2s内调整至最佳撞击相对速度,具体在到达B点时的相对速度,应根据撞击无人机的机动性能确定。

接近路线初段(AB段)速度控制:根据撞击无人机的机动性能、接近路线初段(AB段)的长度、到达撞击对准点(B点)时的相对速度要求,控制撞击无人机的速度。

(2) 尾后斜向接近速度控制

同“尾后正向接近速度控制”。

1.4.2 撞击控制

1.4.2.1 接触前控制

接触前,控制撞击无人机按最佳相对速度、沿撞击段路

线（匀速直线运动），撞向目标无人机，接触瞬间的理想效果是：相对速度为最佳撞击相对速度、撞击无人机的专用撞击装置中心点与目标无人机机翼后缘中心点重合。

重要地，在撞击无人机进入撞击段路线后，须立即放下专用撞击装置。

1.4.2.2 接触期间控制

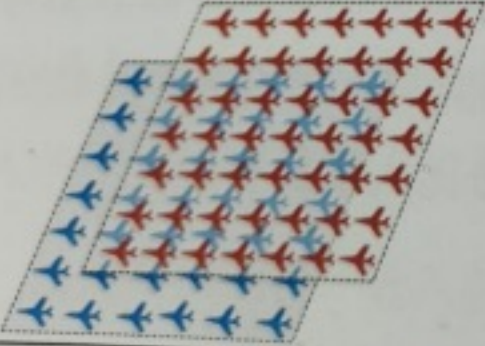
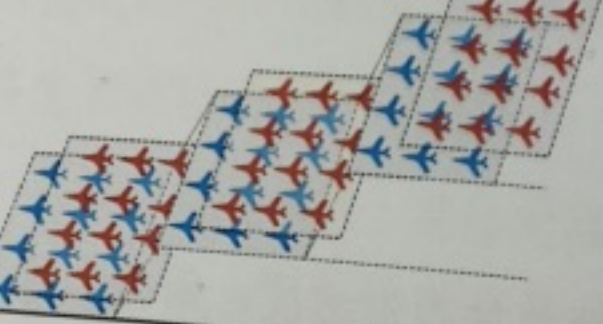
在撞击无人机接触到目标无人机的瞬间，可以控制撞击无人机加速飞行，以取得更大的毁伤效果。

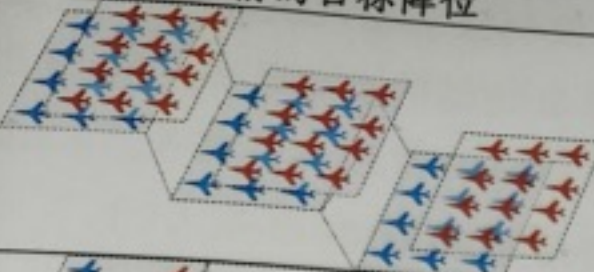


1.5 撞击后控制策略

1.5.1 撞击后的脱离策略

撞击后，撞击无人机、目标无人机会产生各类碎片，以及受损后不规则运动的无人机，要使撞击后仍具有飞行能力的撞击无人机不受其影响、完好脱离战场，应当预置一定的脱离策略，由于撞击后的战场不可预知，故根据撞击前的敌群阵位预置脱离策略，如下表所示：

表 基于撞击前目标阵位的撞击后脱离策略

撞击前的目标阵位	撞击后的脱离策略
	区分前、后 2 个区域： 靠前的：大俯角向前下方加速飞行，一定时间后改平飞行 靠后的（若按靠前区域的策略，则撞击无人机二次受损的风险增加）：分左右，大俯角分别向前左下、前右下加速飞行，一定时间后改平飞行
	每一层靠前的：向前下方小俯角加速飞行，一定时间后改平（改平时机需根据层间高度差、俯冲速度垂直分量的关系设置） 每一层靠后的：分别向前左下、前右下，小俯角加速飞行，一定时间后改平飞行

撞击前的目标阵位	撞击后的脱离策略
	分别向前左下、前右下，大俯角加速飞行，一定时间后改平飞行
	分别向前左下、前右下，大俯角加速飞行，一定时间后改平飞行
	继续平飞
假设撞击后的目标、各类碎片、受损的撞击无人机，其水平运动状态为：有初速无动力滑行；其垂直运动状态为：有初速自由落体	

1.5.2 不同受损情况下的撞击后控制策略

1.5.2.1 微小受损情况下的撞击后控制策略

此种情况下，撞击无人机具备继续执行任务的能力，应控制撞击无人机通过升高度、加/减速度的方式，使其不受撞击战场的负面影响。当伴随侦察无人机发现有残余未能被撞毁的敌方无人机时，继续控制此类撞击无人机执行新的撞击任务。

1.5.2.2 轻度受损情况下的撞击后控制策略

此种情况下，由于用于撞击或引导撞击的关键部位受损，无法再执行撞击任务，但可降级执行其他任务，如作为

通信节点使用等。此时,应首先控制撞击无人机通过升高度、加/减速度的方式,使其不受撞击战场的负面影响,然后,再控制其执行降级使用的任务。

1.5.2.3 中度受损情况下的撞击后控制策略

此种情况下,撞击无人机仅能维持基本的飞行和简单轻微的机动,此时,重点是尽量保存撞击无人机,使其能够飞回本场进行回收,以便进一步修复或改装后使用。

1.5.2.4 重度受损情况下的撞击后控制策略

此种情况下,撞击无人机无法继续飞行,因此,放弃对其进行撞击后控制。

1.5.3 针对残余目标的再次撞击策略

第一波次撞击任务完成后,若伴随侦察无人机发现有残余目标未能被成功摧毁,应组织存活且能够执行任务的撞击无人机,对残余目标实施进一步的撞击。

此时,应根据残余目标的阵位关系,重新进行目标分配、执行同时撞击策略,并按1.2节的实施方法组织撞击任务。若再次撞击仍有残余目标,则继续组织下一波撞击任务,直至没有残余目标为止。