

刍议无人机反制技术及发展应用

文 / 其曼古力·艾尼瓦尔

随着科技的发展，无人机在军事领域得到广泛使用，但目前仍有许多问题制约着其向前快速发展。其中一个方面是由于技术尚且不成熟，另一方面则是因为设备和装备相对落后。近年来，我国虽然对军用飞机进行了大规模研发投入工作，并取得较多成果，但是相比于美国等发达国家水平来说差距仍然很大。



无人机技术已经在军事领域和民用航空方面发展迅速，其应用范围也越来越广。随着科技的不断进步，传统军用飞机如舰、航等已不能满足现代社会需求。为了保障现代战争中各种武器装备安全有效地发挥作用并达到最佳作战效能，需要研制一种适用于部队或空区进行实时监测的新型高精度无人直升机。本文主要介绍了无人机反制技术（简称 MTI）和目前在军事领域应用比较广泛且较成熟的 NHTCT 系统。

无人机反制技术

无人机是由多个部分组成的，它可以装载各种崎岖不平、复杂地面作业的货物。由于其机身可移动和重量大等优点，因此在军事中被广泛应用。反制航拍系统主要有两方面内容：一是对航迹进行监控；二是控制飞行方向及起降高度并实现遥遥遥控功能（航向、航速）；前者主要用于航空摄影测量和导航定位上，还可用无线电监视器来探测无人机周围环境变化情况，为后续的任务决策提供可靠依据。

无人机反制技术种类

无人机反制技术从机理上讲主要可以分为硬反制技术和软反制技术，按照不同的反制手段、反制目的和反制效果区分，大致可归纳为屋里捕捉、打击毁伤、干扰阻断、欺骗诱控四大类。

物理捕捉

无人机在飞行过程中可能会遇到各种故障，而飞机的正常飞行速度是其最重要参数之一，因此可以通过反光捕获技术来提高捕捉可靠性。物理搜索主要包括两个方面：一是利用光电传感器获得目标物体的信息；二是使用光学镜头获取目标对象位置、方位等数据信息并进行分析处理，从而确定探测距离和定位精度等问题。

根据所用工具不同，捕捉方式可分为两种：第一种是养禽捕捉。也就是，用驯养鹰、隼等飞禽类动物的方式，利用它们的捕食本能，借助奖励机制，让其有捕猎的觉悟，逐步养成捕猎的习惯，最后服从指令才能迅速将被捕获的小型无人机拦截下来，然后送到指定地点。此方法的优点在于环保、低成本、机动灵活，整个捕捉过程无须人工干预，通常无附带损失。但实际执行起来，不仅训练难度大、周期长，不便于推广，而且动物实施捕捉过程易受突发状况影响，不确定性较高。另一种是网捕技术。无人机在飞行时，需要有足够大的空间来支撑，这样才能保证飞机不受到地面障碍物限制。当飞行器遇到目标时就可以顺利地操纵直升机，但是目前我国无人机还处于发展阶段，无人机在飞行过程中会出现一些不安全因素，如：风浪、天气等，这些都影响了无人

机的正常运行。因此需要使用具有针对性的反光技术来对飞行器进行攻击和防护；还可以通过遥控设备远程控制直升机飞行状态；还有就是利用高速遥感系统实时监测飞机周围环境变化情况以及周边障碍物信息等功能，实现对目标区域内飞行状况及位置监控与定位，进而有效避免空中障碍造成事故发生或进一步扩大危害范围。

打击毁伤

是指当无人机对特定或防卫区域产生威胁、可能造成影响或损害时，针对目标实体采用直接手段进行攻击，导致其损坏、毁伤、失效的一种无人机反制技术。

第一是硬毁伤技术。无人机的硬毁伤技术是指飞机在飞行过程中，由于外部因素，如温度、气压等环境变化而导致机载雷达出现故障或损坏。软毁伤主要有两个方面：一是机身内部结构设计不当，二是对地面装备造成损伤。对于这两种情况下都需要采取相应措施进行处理和维修工作，但是如果使用的是航空摄影设备或者航拍系统的话就不属于硬毁伤的范畴之内。但是，这种技术需要高精度的打击武器，因此，弹药的价格也比较昂贵，而且，这种武器的杀伤力很大，无人机残骸、弹药碎片易对周边造成附带损伤，特别不适宜在人员密集区域使用。

第二是微波打击技术。微波技术是由法国科学家梅曼于 1971 年首次提出的，该方法通过对微波频率和波深进行调控，从而达到制高点目标。利用这一手段可以有效地提高反作用于目标物体打击力。随着科学技术的发展以及人类生活水平不断提升、科技越来越先进完善等因素影响，无人机在航空领域中广泛应用并成为未来研究热点之一，这就需要激光技术与电磁理论相结合产生出来的新型高科技武器，如：数字电子直升机；微波炸弹；微波遥测系统。

这种技术覆盖的频谱范围很广，它的破坏范围很大，在实现打击的过程中，不需要进行精确的瞄准，因此它的火力控制比较方便，还可以连续进行反制打击，而且它的容错率很高，可以被有效地用于对抗无人机集群等数量较多的无人机反制作战中。但是，它受到了发射功率的限制，因此，它的射程很近，而且，它会释放出强烈的能量，很有可能会对目标区域的电磁环境造成污染，对目标区域的电子设备造成伤害。

第三是声波打击技术。该打击技术萌发于无人机飞行原理，在无人驾驶飞机飞行过程中，需要通过陀螺仪所提供的信息来感知飞行状态，调整姿态，保持飞行平衡。该打击技术基于同频共振理论的攻击方法，即以同频谐振方式，将具有相同频率的声波激射出去，引起同频波激振，从而引起同频谐振，使无人侦察机失去控制，进而影响稳定飞行。但就目前而言，该打击技术还存在着较多的研究难度和使用限制。

例如,快速瞄准定位、跟踪捕捉目标,以及声波功率强度控制。技术成本相对高昂等问题还无法得到有效解决,因此暂时无法成为主流的无人机反制手段。

干扰阻断

无人机的飞行控制、导航定位、数据传输、打击作战、侦察预警等功能均依托无线通信手段,而当相应通信手段受外力影响导致阻断时,无人机随之失去控制,无法有效遂行任务,从而达到反制目的。根据干扰对象的不同,该技术主要分为两种。

第一是控制信号干扰技术。无人机与地面控制站之间的通信、控制主要是依托数据链通信系统实现,因此通过发射某种干扰信号,屏蔽正常通信信号,影响、切断无人机与控制端之间的数据链路,隔断系统地-空联络,进而启动无人机内部的保护机制,使无人机在其指令下原地落地、悬停或返航。控制信号干扰技术主要包括:压制式干扰,即发射可以覆盖目标的整个通信频段的高功率信号,将通信信号的传输完全阻断,从而达到对其进行压制的目的;瞄准式干扰,侦测到无人机通信信号后,快速进行截获、分析,再针对该频段发射大功率信号实施瞄准式窄带干扰,使地面站失去对无人机的控制。这类干扰方法的优势在于,其实现起来比较简单、效率比较高,不需要进行准确的目标定位就可以进行有效的对抗,而且对目标造成的伤害和损失也比较小,可以对无人机群等大规模的目标进行攻击。但它的缺点是,一旦被斩断,它就不能对无人机进行有效的控制,一旦失去控制,它就会受到额外的伤害。而且进行长时间、连续压制时,由于发射信号功率较高,会对周边无线电电磁环境产生较大影响,同时,高功率辐射会损害操作人员身体健康。

第二是定位信号干扰技术。无人机在高速飞行时,通常需要将传感器置于地面,并利用无线电信号来进行控制。定位系统的主要功能是通过发射机位置、距离等信息的判断和分析得到无人机当前状态。而雷达测距则能够实现目标与雷达之间速度的比较。其飞行信号是由多路复用系统所发出,由于战场环境复杂多变,对其定位精度提出了更高要求。目前国内外普遍使用的是高速旋翼机和无线电频率调制解调器来实现目标位置信息的测量。雷达测距传感器、激光相机等在军用领域应用广泛且价格低廉;红外线探头则可以利用电磁干扰原理进行距离与方向之间的准确转换并可获得实时导航数据,但是成本较高不适用无人机飞行定位精度需求较大不适用于战场环境中。

欺骗诱控

一种利用伪装和欺骗的方法,使无人机接收到虚假和错误的信息,或者对其进行攻击,以达到对无人机进行攻击的目的。

第一是卫星定位信号欺骗技术。通过发送含有虚假定位信息的卫星信号,混淆和误导无人机的定位系统,造成无

人机对自己和目标的误判,达到对抗的目的。根据不同的目的,欺骗的方法可以分为三种:禁飞区域欺骗,即让目标误以为自己在禁飞区域,从而启动内部的禁飞策略;返回点欺骗,使目标在返回预定位置着陆,使其误入预定位置;三是航向欺骗,即使目标在航行过程中改变航向,使其偏离原来的航向。因为卫星导航信号的频率、码型等信息都是比较固定的,并且是公开透明的,所以这种技术的实施难度比较小,对设备的传输功率也比较低。此外,这种技术的作用距离比较远,可以在不对目标造成任何伤害的情况下,实现对目标的捕获。但是,这种方式属于无差别攻击,会对周边我军导航设备的使用造成一定的影响。

第二是控制信号欺骗技术。也就是在探测到目标无人机的数据链通信信号之后,可以快速地进行破译和分析,得到其通信控制链路的频率、带宽、调制方式和通信协议等关键信息。然后,根据破译的结果,产生一条虚假的控制指令,并将其发送到比目标无人机的原始通信功率更高的地方,以此来压制实际的通信信号,获得对其的控制权,并引导其离开或降落到指定的区域。这种方法可以精确打击目标,不会对周围的电磁环境和设施造成任何影响,而且对电力的需求也不大。但随着密码学的进步,破解方法也会随之进步。

第三是黑客技术。目前市面上绝大多数无人机飞行平台均通过无线通信手段来该机制是黑客利用计算机技术进行网络攻击的前提。可以使用黑客技术,入侵到无人机操纵终端中,获得控制权限,还可以不断地向控制终端发送恶意攻击指令。但由于该种反制手段技术门槛、技术壁垒较高,推广难度大,无法成为主流反制技术。

无人机反制技术难点

由于无人机已经非常成熟地应用于各类型军事战争、局部冲突,较好完成了在严酷的战场条件下,长航时执行目标侦察、信号检测、精准打击、破坏评估、电子对抗等多项任务。它的发展与使用越来越受到各国的重视,许多高新精技术也相继在无人机上得到了搭载与运用。通过研究从纳卡战争到俄乌冲突中,各国利用无人机在战争和局部冲突中相互角逐、迅猛发展,对无人机反制技术难点进行研究归纳如下。

无人机小型化、隐形化发展增加了其被探测预警追踪的难度

目前世界各国针对无人机这种小型航天器的探测手段主要有三种,分别是雷达探测技术、声学探测技术和光电探测技术。

第一是雷达探测技术。是目前侦测无人机目标的主要方式,但由于雷达探测技术的特性,其并不会对所有的移动目标都做出有效反应。特别是由于现代微机电技术和其制造工



艺的不断进步，持续推动着无人机所搭载的机电模块朝着更加小型化微型化的方向发展，使无人机机身得到了极大的缩小。从结构和材质出发提升无人机隐身能力。无人机机体基本均采用复合材料、雷达吸波材料构成，材料具有一定的透波特性，使其可探测性进一步降低，仅机体内电机、发动机、电池、导线等金属材质可反射雷达波，而这些微机电工艺生产出的设备体积小，不只是能够极大的减少雷达的散射，更能够减少被发现概率，而且还能减少地面部队的反应时间；从制作工艺出发提升无人机隐身能力。无人机制作、组装、拼接时，最大限度减少表面缝隙，即采用新工艺将无人机的副翼、襟翼等各传动面都连贯起来，制成综合面，进一步减少缝隙，缩小雷达反射面；从新科技赋能出发提升无人机隐身能力。世界各国在针对无人机的生产制造时，由于充分考虑其无人化、低成本等特点，均对在无人机上加入新科技研究成果，进而开展实验检验。如在无人机机身上涂覆带电涂料，一方面降低了雷达对其的有效探测范围，另一方面，带电涂料还具有易变色彩的特点，使得对无人机的视觉侦察更加困难。

第二是声学探测技术。重点是针对航空器飞行时所产生声波进行侦测目标的一种技术手段。由于无人机飞行过程中所产生的噪声主要是由发动机和空气扰动产生，而目前无人机搭载的均为低噪声发动机，且飞行动力大部分为电力，加之飞行速度较慢，使得其噪声水平很低，极大增加了被声传感器等声学探测设备侦测的难度。

第三是光电探测技术。当前，像防空高炮这样的主流防空武器，多数都采用了红外火控技术，地空导弹、空空导弹也有相当数量采用了红外探测、红外制导技术，而在近程防空武器中，激光测距机、激光目标指示器也已经得到了广泛

的应用。然而，无人驾驶飞机的电源（马达或引擎）因体积小、能量转换效率高、红外辐射特性差，导致利用其进行红外线探测时，其探测范围会大幅度降低。此外，为了提高探测效率，还对无人机进行了限制红外线反射，在其外表涂上特殊的涂料，并在其引擎内添加了抗红外线辐射的化学物质。在反激光探测方面，无人机目标采用了更多的吸波、透射、导光等材料，以及降低激光反射和轮廓隐身设计等技术，这些都导致了无人机进行光电探测变得更加困难。

因此，单一的探测方式基本已无法有效实现对无人机目标高速准确的探测侦测，多种侦测手段同时协同探测的方式将是无人机目标探测的发展趋势。通过多种探测手段联合、装备协同，建立“发现迹象、联动侦测、多维跟踪”的多探测方式相结合的探测系统，可迅速高效地获取目标位置、视频图像、操控无线电频率等多种信息，从而提高无人机目标的侦测效率。

随着无人机技术的迅猛发展，反无人机作战必将成为现代战场中的重要作战任务之一，其应用也必然成为防御防卫体系中的重中之重，而人机反制技术必然在强大的任务需求牵引下发展成熟。本文重点从无人机反制技术难点、无人机反制技术种类两个方面出发，尝试初步研究探索、归纳梳理无人机反制技术理论体系基本框架。在对无人机反制技术理论进行深入研究的同时，也在持续对反无人机装备体进行发展和完善，无人机反制技术体系必将愈加体系化，为技术创新和迭代优化提供坚实支撑。（本文作者为陆军边海防学院乌鲁木齐校区教师）^①