

掠海型无人靶机的应用及发展趋势

唐春, 刘玉宝, 余云智

(中国船舶重工集团第716研究所, 江苏省连云港市, 222061)

摘要: 分析了国内外掠海型无人靶机的应用现状。通过对比国内外掠海型无人靶机的战技术指标, 对国内掠海型无人靶机未来的发展趋势给出一些看法。

关键词: 掠海型 无人靶机 续航时间 飞行控制技术

0 引言

无人靶机是无人机家族中的一个重要分支, 主要用于模拟作战飞机、导弹等威胁目标的攻击过程, 为防空武器系统的传感器、武器试验和训练提供逼真的空中靶标, 是防空武器系统研制、试验、鉴定以及训练中不可缺少的重要保障性器材。

随着技术的进步, 现代作战飞机、反舰导弹、对陆打击巡航弹多采取“超低空”飞行的突防方式, 既能利用海面、地面杂波的掩护, 不易被敌方警戒雷达发现, 即使被发现也极难拦截, 又能攻击目标的关键部位, 提高飞机、导弹突防、杀伤能力, 与之相应的用于模拟飞机、导弹类目标的无人靶机也需要具有超低空飞行能力。本文主要分析了国内外掠海型无人靶机的应用现状以及国内掠海型无人靶机未来的发展趋势。

1 国内外掠海型无人靶机发展现状

1.1 国内掠海型无人靶机发展现状

我国自研无人靶机初步覆盖了高空高速、中空通用, 满足一定条件下的靶标需求。靶机速度主要呈现为两种: 一种是 30~60m/s, 另外一种是大于 150m/s。低速靶机以活塞式发动机为动力、火箭助推方式进行起飞, 其续航时间一般为 30min~50min。为了实现舰载发射及海上回收, 全机多采用整体密封防水技术, 借助不同的控制软件, 可以实现掠海飞行、规避飞行、多机同空程控飞行、伴随舰船飞行等多种任务飞行, 并可模拟多种导弹对舰艇袭击的战术训练。高速靶机以涡喷发动机为动力, 具有 GPS 导航、定航飞行、超低空飞行、规避机动飞行等先进的功能, 其续航时间一般为 30min~60min。通过搭载曳光管、龙伯球、诱饵弹等任务设备, 可在飞行速度、高度和雷达反射特性上逼真模拟巡航导弹, 为抗击巡航导弹的战法研究和训练提供了理想靶标, 同时也可作为各种雷达和光电跟踪系统提供理想的空中目标。

但是, 我国 20 世纪 90 年代末才开始进行无人靶机超低空掠海飞行方面的研究, 与实际应用需求差距较大。先采用轰炸机带进口脱靶的形式进行试验, 但所能达到的最佳掠海飞行相对高度 20m, 并且严重依赖飞行员的飞行水平, 成功率较低。而后采用无人靶机直接低空掠海飞行, 但由于受制于总体设计、飞行控制技术的限制, 目前只能做到相对高度 25m, 很难满足各类试验、训练对掠海飞行小于 15m 甚至 5m 的要求。

1.2 国外掠海型无人靶机发展现状

20 世纪 60 年代, 以美国为代表的西方发达国家推出了第一代具有超低空定高飞行能力的靶机, 之后迅速形成了系列化, 并随着新技术的应用不断升级换代, 某些经典型号至今仍在广泛使用, 如石鸡、火蜂、米拉奇、C.22 等系列靶机, 其掠海飞行的相对高度均达到了 5m 以下, 且滞空时间大于 1h。特别是 BQM-74 石鸡系列靶机, 是美国诺思罗普公司研制的一种轻便、可回收的高亚声速靶标, 其外形和典型的反舰导弹类似, 圆柱体机身, 卵形头部, 一对中单翼位于机身中部, 倒 T 字形尾翼, 发动机进气口位于机身腹部, 固体火箭助推器位于机身两侧机翼下方 (如图 1 所示), 主要用于模拟亚声速反舰导弹, 保障舰载防空武器训练, 也可用于海军航空兵模拟空战和新武器试验和评估。该型靶标是美国海军开发的最成功的靶标之

一，迄今为止已生产 7500 架，约占美国海军专用靶标总数的 80%以上，并已出口到 11 个国家。

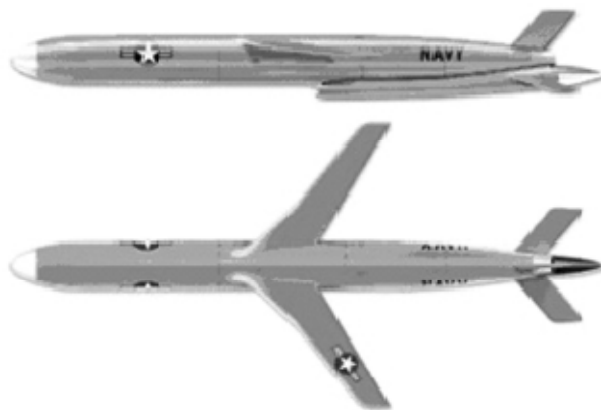


图1 BQM-74F亚声速靶标

2 国内掠海型无人靶机发展趋势分析

通过表 1 中国内外两种掠海型靶机战技术指标分析发现，国内靶机由于受制于飞机总体布局、发动机动力装置以及超低空飞行控制技术的影响，其在速度、续航时间以及最低飞行高度上与国外差距较大。除此以外，国内靶机地面指挥控制系统不具有标准化和通用化，导致靶机使用成本增加，资源利用率较低。现从靶机总体设计、超低空飞行控制技术及地面控制设备标准化三方面对靶机发展趋势展开分析。

表1 国内外两种靶机战技术指标

型号	国内某型高速靶机	BQM-74F
全长/mm	4800	4500
翼展/mm	2300	2100
航程/km	628	926
最低飞行高度/m	25	低弹道: 2.1 高弹道: 12.2
速度/Ma	≤ 0.74	> 0.92
质量/kg	300	281
续航时间/min	60	> 115

2.1 无人靶机总体设计

目前，国内外不同航速的掠海型无人靶机气动布局比较相似，低速靶机多采用平直翼和正常式的平尾布局，而高速靶机多采用后掠翼两种翼型，尾翼采用 V 翼或倒 T 字形尾翼。高速靶机的机身多设计成圆柱体，机头与国外也相似，为卵型机头。为了使飞机有合适的横航向稳定性，且不出现“蹬舵反倾”，需要有上或下反角，一般平直翼用上反角，后掠翼用下反角。

低速靶机上一般不采用后掠翼，因为没有必要利用后掠来解决气动力问题。平直翼的 50%等百分弦线的后掠角为零，具有外形简单，简化工艺，制造容易的优点，从经济角度上，在低速靶机上多采用平直翼。

跨音速飞行的大多数困难都和冲击波诱导的气流分离有关。任何延迟或者减轻冲击波引起的气流分离的方法都会改进气动性能。一个方法是机翼的后掠角。后掠角理论基于一个认识，即影响压力分布和冲击波形成的只有垂直于机翼前缘的气流分量。

在直线机翼的靶机上，气流呈 90° 冲击机翼的前缘，它的全部冲击产生压力和升力。同样的气流冲击后掠角形机翼时的角度小于 90° 。后掠翼上的气流会让机翼“认为”自己飞行的比真实速度慢，因此冲击波的形成就被延迟了。机翼后掠角提高机翼的临界马赫数，所以高亚声速靶机常用后掠翼来扩大飞机的马赫数

M 使用范围。

增大后掠角和减小翼型的相对厚度都是减小跨、超声速波阻的有效手段，因此，在保持相同的阻力水平条件下，常用增大机翼后掠角来换取增大翼型的厚度，以便使机翼获得更大的刚度，从而减轻重量并能得到更大的机翼内部使用空间。

动力装置的选取是靶机研制工作的重要部分之一，由于受动力装置的制约，靶机飞行速度和续航时间与国外有一定差距。当今无人机动力装置的发展趋势就是 1) 向更高的飞行高度发展、2) 向智能化发展、3) 向高可靠性发展、4) 增大航程。对于我国现有无人机用化油器式二冲程发动机和转子发动机来说，尽管其具有体积小、重量轻、升功率大的特点，但由于化油器的工作原理，决定了其不能精确控制发动机在各种工况下的空燃比。尤其是随着飞行高度的增加空气密度减小，使得实际空燃比变小，进入气缸的混合气过浓，从而导致发动机燃烧恶化、功率下降、油耗增加、航程缩短、巡航时间减少，而且无人机飞行高度有限从而影响靶机生存能力，针对我国现有小型航空活塞发动机的存在的问题，急需在四冲程发动机技术、电控喷射技术及废弃涡轮增压技术等方面得到发展，以弥补与国外先进发动机的差距。

2.2 超低空飞行控制技术

无人靶机超低空掠海飞行时，受海平面风场的影响最大，海平面风场主要表现为平均风、风切变与阵风的变化。随着高度降低，风场的不利影响加剧。准定常平均风是高度的指数函数，而风切变在近海平面时尤为明显，阵风通常分做离散突风和连续紊流两种类型，随高度降低，靶机遭遇紊流的概率明显增加，因此海平面的风场是低空掠海飞行最突出的不利因素。垂直阵风会改变飞行迎角，在低速时会因迎角增加而失速，高速时会因超载而使结构破坏。而垂直阵风引起的负过载会对飞机造成更大危险，水平突风会使飞机加速而导致激波失速，也会因减速使飞机失稳。靶机还会在广泛的频谱范围内受到能量较强的紊流冲击，而激发各种振动模态，恶化飞行性能和品质，影响系统正常工作。此外，低空掠海飞行时，无线电跟踪、遥测和定位系统由于超出“视距”，给导航和测控带来困难，缩短了有效工作距离；海平面的电磁杂波也比高空飞行时高很多，也会影响机载设备的正常工作。海平面低空风场等因素所引起的不利影响，都必须在无人靶机飞行控制系统设计中认真考虑解决。

1) 掠海定高飞行控制技术

以美国为代表的西方发达国家推出的石鸡、火蜂、米拉奇等系列靶机，其都设计有非常先进的飞行控制系统，掠海/地飞行的相对高度可达 5m 以下。无人靶机超低空掠海飞行控制包括纵向控制和横侧向控制，纵向控制就是在垂直于大地平面的铅垂面内的飞行轨迹的控制，包括下滑到预定高度，在靶廊内保持水平飞行，然后爬升退出低空掠海飞行状态；横侧向控制就是靶机水平面内左右航迹偏差的控制，一般情况下利用 GPS 信号可以较准确的进行横侧向航迹控制。研究资料表明，无人靶机超低空掠海飞行的难点在于高精度的高度控制系统设计，掠海飞行高度越低，受不利因素干扰的概率越大，留给控制系统的反应时间越短，因而对高度控制器的稳定性、抗干扰性以及响应时间要求越高。

无人靶机超低空掠海飞行理想的纵向飞行轨迹如图 2 所示，这样一条航线在一个起落中可以进入多次。

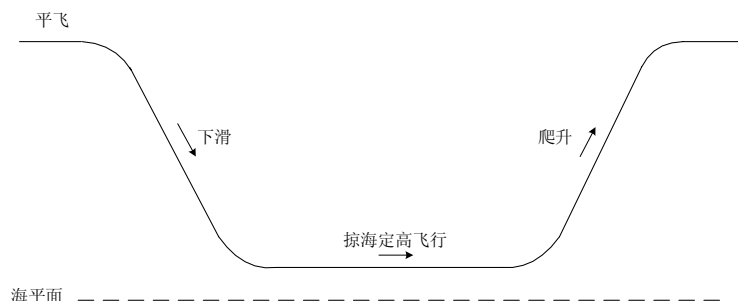


图 2 无人靶机超低空掠海飞行理想纵向飞行轨迹

理想轨迹控制技术的关键是无人靶机由下滑段到掠海平飞段的切换过程中最好不出现超调，或超调量很小；进入掠海定高飞行以后，高度控制无静差。同时，由于海平面风场环境复杂，要求高度保持控制器具有很强的抗干扰能力和快速跟踪响应特性。

2) 高度传感器技术

超低空掠海飞行时的高精度高度控制,很大程度上取决于机上安装的高度传感器的测量精度。目前国内常用的 GPS 和气压高度计等高度传感器,虽然结构简单,价格较低,但高度测量误差达 10 米以上,很难满足掠海定高飞行的需要。而高精度的高度传感器像无线电测高仪、激光高度表和雷达测高设备等,精度可达到厘米级,能够满足掠海定高飞行的高度测量精度要求,但加装这些设备的成本较高,对于需要严格控制成本的无人靶机来说是一个较大的制约因素。国外几个成熟系列超低空掠海飞行靶机,像石鸡无人靶机,正是基于美国高精度的军用 GPS 定位技术和雷达测高装置,才实现了超低的掠海飞行高度。

2.1.2 指挥控制系统标准化

美国海军靶标地面控制设备已实现标准化、通用化、模块化和系列化,且携带方便、控制灵活,共开发了固定地面控制系统(FGCS)、靶标队形控制系统(DFCS)、目标跟踪控制系统(TTCS)、Vega 系统以及海军目标控制系统(SNTC)等多型地面控制设备,基本上可以实现对美国海军现役空气动力靶标的通用控制,以较低的成本增强了空中靶标的通用性,降低了整个靶标体系的研发成本,有效提高了对各种靶标资源的利用效率。

其中,ITCS 应用最为广泛,是为美国无人机计划的统一地面控制体系而开发的。利用 ITCS 可实现一个控制站对大多数陆、海、空军的战术及中程无人机进行指挥和控制,控制无人机上的任务载荷,并可向指定的 C4I 系统分发数据。该系统可配置在固定区域,也可搭载于移动的舰艇、车辆和飞机上。

然而,我国目前地面控制系统未形成标准化,各自为一体,专机专用,不具有互换性和通用性。为了更好的完善靶标体系,提高靶标利用率,靶标地面控制系统必须朝着标准化、通用化、专业化方向发展。

3 结束语

本文分析了国内外掠海型无人靶机发展现状,通过与美国先进的石鸡无人靶机进行对比,国内掠海型无人靶机为了提高续航能力、降低最低飞行高度及形成靶标体系,未来需从总体技术、超低空飞行控制技术 & 指挥控制系统标准化等三方面开展工作。

参考文献:

- [1]. William P, Delaney and GEN Michael Williams. Report of the defense science board task force on aerial targets, 2005.10, Washington, D.C.
- [2]. 臧晓京.国外海军舰载靶标发展现状[J].飞航导弹,2010(6).
- [3]. 田宝林.世界无人机和巡航导弹用发动机发展概况[J].航空发动机,2003.4.
- [4]. 樊邦奎.国外无人机大全[M].北京:航空工业出版社,2001.
- [5]. 吴森堂,费玉华.飞行控制系统[M].北京:北京航空航天大学出版社,2005.