

靶机装备现状与发展需求

方斌¹, 许瑞¹, 高翔², 蔡宇轩³, 徐洋¹

1. 空军工程大学航空工程学院, 西安 710038

2. 复杂航空系统仿真重点实验室, 北京 100071

3. 中国人民解放军95972部队, 鼎新 735305

摘要 靶机作为构设贴近实战环境的关键装备, 必须真实体现威胁的运动能力、电磁特征和对抗特点。在威胁目标技术水平大幅提升背景下, 靶机模拟能力短板逐渐凸显。梳理了中国和美国靶机典型型号和实际运用情况, 明确了现有靶机性能水平与模拟能力。针对突出威胁, 分析了国内靶机模拟先进目标的具体能力需求, 并提出了多靶机组合的模拟实现方式。着眼靶机长期发展, 从加强顶层规划、靶机能力需求论证、关键技术攻关及体系完善3个方面论述了体系建设构想。

关键词 靶机; 先进目标; 特性模拟; 装备试验

靶机是模拟空中威胁的军用航空器, 广泛应用于型号鉴定、作战试验和战训演习^[1-4], 靶机不仅提供逼真战场环境与敌方目标, 更直接关系武器系统的准确评价与使用。

随着威胁对象向着隐身、高速、宽域、大机动方向发展, 空中对抗变得异常激烈。为严格检验武器装备的作战效能和战斗适应性, 美国、俄罗斯、英国、法国等军事强国普遍重视靶机发展, 通过弥补模拟能力缺陷, 全面考核装备系统效能^[2-3, 5]。特别是美国, 持续瞄准对手新研装备, 大力开展目标特性研究, 加大靶机研发力度, 不断从战技性能、作战

环境和使用方式上完善威胁模拟能力^[2, 5-7], 有效提高了美国装备试验的针对性和实战化程度。

与装备发展进程相比, 国内靶机建设相对滞后, 对于隐身四代机、空面精确制导武器等先进目标的模拟程度与真实威胁存在差异, 不可避免地产生了靶试数据体现装备技术性能不充分, 武器边界条件和复杂环境下实战能力评估不足等问题^[6-8]。当前, 靶机体系覆盖范围小, 缺乏模拟代表性, 已成为制约装备研发和部队战斗力生成的短板弱项, 亟待深入研究加快发展。因此, 通过全面对比中、美两国靶机装备与使用情况, 深入分析靶机模拟能力

收稿日期: 2019-11-29; 修回日期: 2020-04-24

基金项目: 空军工程大学校长基金项目(XZJY2019020)

作者简介: 方斌, 副教授, 研究方向为武器系统总体论证与效能评估, 电子信箱: tchfb@sohu.com; 许瑞(共同第一作者), 硕士研究生, 研究方向为航空兵器作战使用、装备试验鉴定, 电子信箱: xu1825403346@163.com

引用格式: 方斌, 许瑞, 高翔, 等. 靶机装备现状与发展需求[J]. 科技导报, 2020, 38(20): 50-56; doi: 10.3981/j.issn.1000-7857.2020.20.011

现实需求,并在借鉴美国经验基础上,提出了加强国内靶机体系建设的建议。

1 中国、美国靶机研究情况

1.1 美国靶机研究

美国是最早进行靶机研发的国家,第二次世界大战后,新型飞机和各类导弹威胁大量出现,美国靶机建设快速发展,先后有 30 多家公司投入研制开发,许多靶机型号一直沿用至今,如 BQM-34“火蜂”系列、BQM-74“石鸡”系列等。进入 21 世纪,着眼隐身战机等新型作战对象,美国加紧推动第五代航空靶机(fifth-generation aerial targets, 5GAT)建设,不断完善模拟能力。时至今日,美国已经建立了种类齐全、性能先进的靶机体系,现役及在研主要型号如图 1 所示^[1,5,9-13]。

从亚音速至超音速,从超低空至高空,从非隐身至隐身,美国靶机体系实现了全速域、全空域、宽

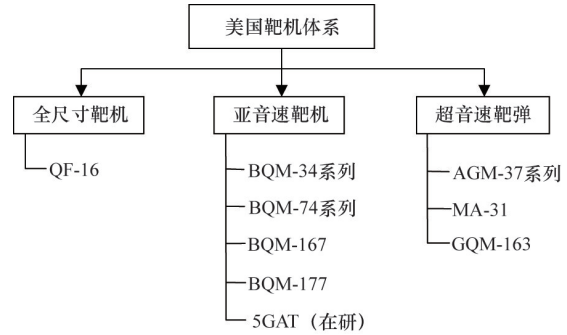


图1 美国靶机体系构成

频谱的覆盖范围,其靶机体系模拟能力如表 1 所示。当然美国主战装备始终保持领先地位,甚至保持跨代优势,这在很大程度上降低了靶机性能和技术要求。即便如此,美国仍然十分重视靶机体系的超前规划,早在 2007 年便启动了新一代空中靶机(5GAT)的论证和研发^[5,12],从红外辐射、雷达散射及外形设计等方面着手,旨在逼真模拟第四代战斗机关键特征,确保未来战场中具备对隐身战机等先进目标的探测、跟踪、识别和攻击能力。

表1 美国靶机模拟典型威胁情况

威胁		靶机				
目标	典型特征	型号	供靶速度/Ma	供靶高度/m	机动过载/G	模拟能力
第三代战斗机	亚音速 大机动	BQM-34S	<0.96	<18300	持续 7	非隐身亚音速大机动
		BQM-167	<0.91	<15000	瞬时 9	
		BQM-34E	<1.8	<18292	持续 5	
第四代战斗机	隐身 高空超音速 超机动敏捷 强电子对抗	QF-16	<2.3	<18300	瞬时 9 稳定 7	非隐身超音速大机动
		5GAT	<0.95	<11000	瞬时 9	
导弹类威胁	隐身	BQM-74F	<0.95	<12000	瞬时 8	亚音速大机动导弹
		BQM-177			瞬时 9	
	高速 大机动	AQM-37C	<4.0	<30000	俯冲 6	超音速俯冲导弹
		GQM-163	3.0	<15000	瞬时>10	超音速大机动导弹
		MA-31	3.0			直接改装俄制现役反舰导弹

除表 1 所列性能参数外,美国靶机还具备搭载多种任务载荷能力,如箔条/红外干扰弹、雷达特征模拟器、射频和红外吊舱等,这些任务载荷经过不断改进升级,可根据不同需求灵活携带,保证靶机全方位模拟威胁特性。

1.2 中国靶机研究

中国靶机研究始于 20 世纪 60 年代,早期使用体型较小的 B-2/7 活塞式航模靶机;之后为模拟二代机高空高速的目标特性,在引进苏联拉-17 靶机基础上,自行研制生产了长空系列;80 年代,中国

成功将歼-5飞机改装为实体靶机,至90年代又成功完成歼-7飞机改装^[1,2,14-17],实现了超音速靶机的突破。这些靶机型号使用于各类导弹试验和训练演习中,为国防现代化做出了巨大贡献,图2展示了国内靶机与对手威胁的发展历程。

从图2中特性匹配角度看,尽管国内靶机实现了从无到有的突破,但由于对手能力快速拓展,现有靶机模拟能力与威胁特性已产生较大差别,难以

综合模拟四代机的隐身、高空高速、大机动性能。同时靶机型号和载荷类型少,也无法体现先进目标的复杂对抗特性。上述靶机能力的缺失,导致试验鉴定工作长期以来,主要是在理想条件下针对武器单项性能进行检验^[8,18],而单项性能指标不仅不能代表装备真实能力,也难以聚合成武器系统整体作战效能。



图2 国内靶机与威胁对象发展历程

1.3 靶机装备使用

目标特性表现形式与组合的日益复杂,使凭借旧有经验进行选靶用靶,已无法满足精确制导武器试验需求,靶机科学化与精准化使用已成必然要求。为科学规范地使用靶机,美国在总结以往经验教训基础上,率先制定了正式的“验证与确认(vali-

dation and accreditation, V&A)”程序^[19-20],该程序强制要求在进行武器系统试验时,靶机须经过严格的验证与确认过程,用以评估靶机与威胁特性差异,并依据评估结论持续跟踪靶机体系模拟缺陷,具体实施过程如图3所示。

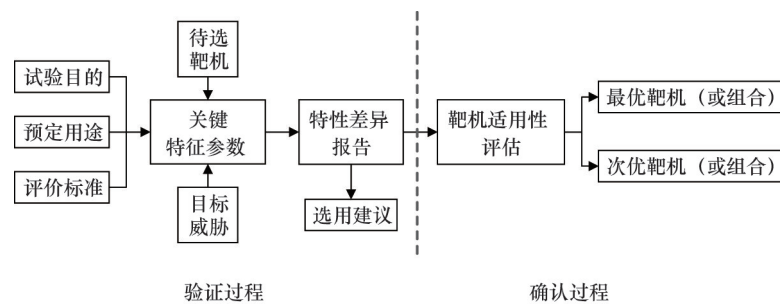


图3 靶机验证与确认过程

验证与确认旨在定量确定靶机模拟威胁的逼真程度,并实现从现有体系中选择满足要求的最优靶机(或靶机组合),或是在没有靶机(或靶机组合)满足试验要求时,评估不得已选用次优靶机对试验

结果造成的影响。该过程由于定量评估了靶机具备的能力,从而保证了对装备的准确评价,另外,将现有靶机模拟能力反馈至体系建设中,对于促进整个领域高效健康发展具有十分重要的意义。

美国上述做法表明,在装备试验一体化趋势下,首先需要建立武器系统关于“关键作战问题—目标特性分析—特性模拟需求—靶机能力生成”这一贯穿试验全程的理论框架,并着重针对靶机能力需求生成方法、等效模拟理论和试验评估与鉴定技术等关键支撑内容展开科学研究,增强靶机发展的规范性和系统性。

2 模拟需求分析

靶机能力需求取决于现有模拟覆盖范围与潜在对手装备特性的匹配程度,当对手具有更先进的装备体系时,靶机建设也应该超前发展,即模拟的威胁性能水平甚至要高于自身主战装备。由此分析,国内靶机建设的出发点应是瞄准强敌、对准先进威胁。

2.1 先进目标模拟

根据装备性能实际,靶机应该以四代机及隐身小目标模拟能力为核心,以三代机改进型模拟为重点,生成主要模拟能力需求如表3所示。

表3 典型威胁特性与模拟需求

威胁目标	典型特征	主要模拟能力需求
F-16C/D、苏-35 为代表的三代改进 型战机	雷达特征减缩 大机动 多机战术配合	小RCS 高亚音速大机动 多靶机供靶
F-22/35 为代表的第四代战 机	隐身 超机动敏捷 高空超音速巡航 强电子对抗	小RCS 典型速度下大机 动过载 超音速长时供靶 可挂载雷达/红外 干扰弹 及大功率电子对 抗吊舱
AGM-158 为代表的隐身导弹 与无人机	隐身 集群突防	小RCS 特殊弹道模拟 多靶机供靶

先进威胁与传统二、三代机等目标相比,速度包线、空域范围、机动能力均有了大幅拓宽,具有复

杂的综合特性和较强的攻防能力,其中以第四代隐身战机特性范围最为宽泛,基本涵盖了当前靶机需要体现的雷达红外特征、速度机动特性、空域范围和对抗能力,最具模拟代表性,后续可将隐身战机作为靶机模拟的重点目标,带动整个体系发展。

2.2 多靶机组合模拟

靶机模拟空中目标,一方面要求模拟逼真度越高越好,另一方面还要保证成本经济可控,这两点是靶机发展中相互制约的矛盾,并且在模拟先进威胁对象时表现得更为突出^[16,21]。为平衡先进目标模拟矛盾,实现逼真模拟与成本可控,可以采用多靶机组合式的模拟新方法。

多靶机组合的实质是通过分析目标特性影响武器制导攻击过程的内在机理,找出各因素间的主次关系及交互作用情况,依托高效试验设计方法,选取其中对结果影响最为显著的因素或因素组合,并以此形成特性模拟等效方案。美国在5GAT论证中,第一次构想并实现了该方式,即采用“QF-16+5GAT”两型靶机共同模拟隐身战机^[22-24]。

类似于美国“双靶机”模拟方案,如何科学制定靶机性能是实现组合的关键。实际上由于影响装备试验指标的因素众多,且具有多种水平,再加上复杂的非线性交互关系,靶机根本无法遍历目标所有特性。为此必须依托建模仿真技术,在大量仿真分析基础上,利用筛选算法和效应分析手段,梳理影响装备关键能力的敏感因素与典型交互效应,以此指导多靶机指标选取与模拟运用,实现多靶机组合模拟的逻辑映射如图4所示。

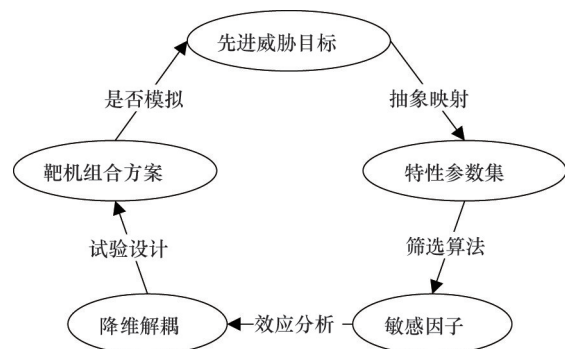


图4 多靶机组合试验

3 靶机体系建设

靶机有别于武器装备,既不能一味追求逼真而不计成本,也不能过分强调成本而牺牲战斗力标准。从组织管理看,靶机是国家靶场履行试验鉴定职能的物质基础。从使用对象看,各军兵种由于作战环境和装备差异,对靶机呈现多样化需求。从系

统组成看,靶机还由平台、载荷和附属设备构成。随着装备信息化、体系化、智能化深入推进,为满足未来复杂作战需求,必须自上而下进行总体规划,着力构建功能完善、结构优化、性能互补的威胁模拟体系,提升靶机整体使用效益,加强靶机体系建设的思路如图5所示。

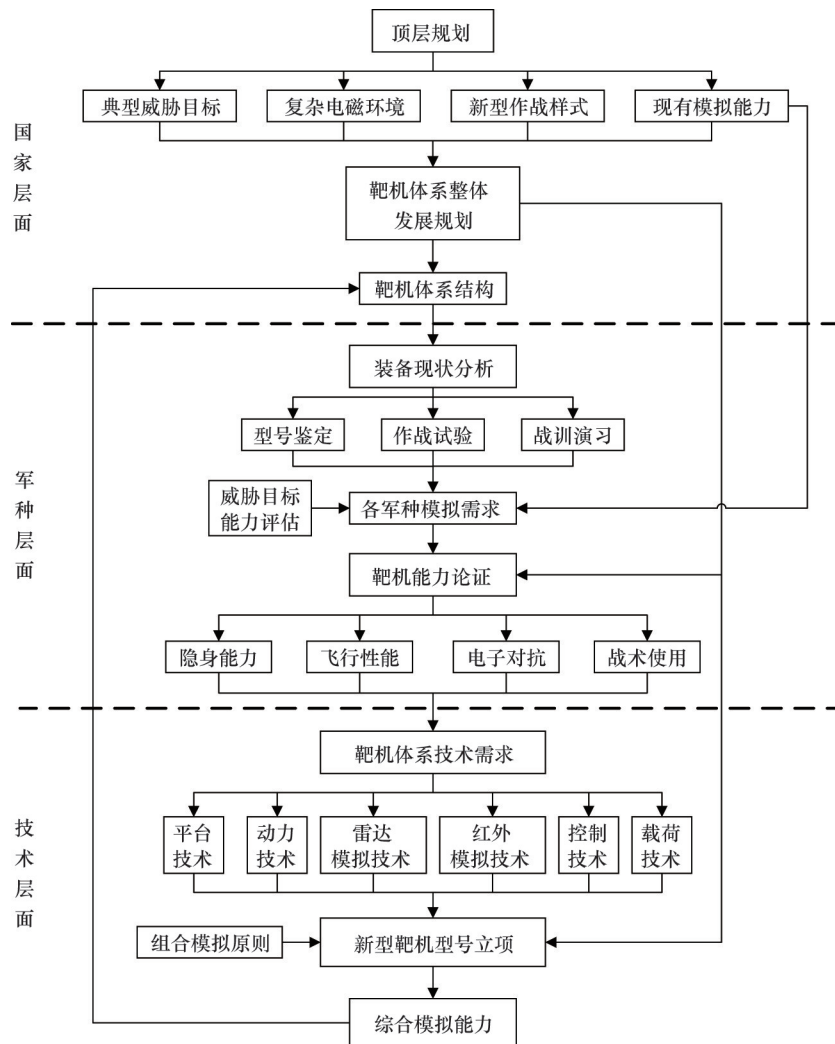


图5 靶机体系建设

3.1 加强顶层规划

着眼对手装备发展、复杂电磁环境和未来作战样式,统筹考虑现有能力和装备研制进度,积极探索需求牵引的主动发展路径,从国家层面对靶机体系进行整体规划和统一组织,制定中长期靶机发展

路线图,促进配套技术和理论研究的完善,打通需求生成至研制开发再到实际使用的靶机全寿命过程,实现靶机体系闭合管理。

3.2 靶机能力需求论证

各军种结合自身装备发展实际情况,以满足武

器型号科研摸底、定型鉴定和作战试验为目的,充分挖掘靶机现有能力,依据国家规划的靶机体系结构,提出符合各自实际特点的模拟需求,并将需求转变成靶机最终要实现的能力。

例如,可以把模拟四代机作为建设牵引,首先填补国内靶机在隐身能力、飞行性能、电子对抗、战术使用等方面的能力缺失,使靶机达到全面模拟三代机与组合模拟四代机的水平,后续逐步完善远程精确制导武器、临近空间飞行器的模拟能力和靶机的智能化运用水平。

3.3 关键技术攻关与体系完善

在各军种模拟能力需求论证基础上,按照通用化系列化要求,协调需求和军地科研能力,提出靶机所需具体技术,设计相似度定量评价准则,引导推动军地双方加快关键核心技术攻关。

例如,靶机高性能平台技术、动力技术、雷达散射模拟技术、红外特性模拟技术、载荷模块化设计、智能自主控制技术。依据多靶机组合模拟原则,紧盯需求,升级技术,对交叉重复型号进行统型处理,做好现役/退役装备改靶和新型靶机立项研制工作,构建完备合理、高效费比的靶机体系。

4 结论

作为检验武器装备作战效能的“试金石”,靶机应该随威胁对象快速迭代而适当超前发展,在靶机建设面临崭新机遇与挑战下,为加快国内相关领域发展,提升靶场威胁设置和军事训练供靶能力,可在做好顶层规划的基础上,依托重点靶机型号建设,加快模拟体系结构优化,完善试验鉴定和作战试验考核方法,牵引主战装备更新换代与持续健康发展。

参考文献(References)

- [1] 王道波,任景光,蒋琬玥,等.无人靶机及其自主控制技术发展[J].科技导报,2017,35(7):49-57.
- [2] 刘从军.防空兵器靶标[M].北京:航空工业出版社,1997:1-288.
- [3] Forecast International. The market for aerial targets 2015—2024[R]. Newtown: Forecast International, 2015.
- [4] William Schneide. Report of the defense science board task force on aerial targets[R]. Washington D C: Office of the Under Secretary of Defense for Acquisition, Technology, and Logistics, 2005.
- [5] 军事科学院军事科学信息研究中心.世界国防科技年度发展报告[M].北京:国防工业出版社,2018:1-75.
- [6] 郝炎祯,诸德放,陈朋.国外靶机发展现状及对我军的启示[J].空军勤务学院学报,2016,27(3):85-90.
- [7] 汪建国.靶场导弹武器装备作战试验条件建设[J].国防科技,2016,37(1):114-118.
- [8] 王正青.面向实战摸清底数—谈复杂环境与边界条件下的武器装备试验鉴定[J].现代防御技术,2019,47(5):1-7.
- [9] Department of Defense of the United States. Testing in a joint environment road map strategic planning guidance fiscal years 2006—2011[R]. Washington D C: Operational test and evaluation, 2004.
- [10] Pat Buckley. U.S. Navy aerial target systems[C]//49th Annual NDIA Symposium & Exhibition. New Orleans: CA, 2011: 31-37.
- [11] Tim Barnes. U.S. Navy aerial target systems[C]//50th Annual NDIA Symposium & Exhibition. Orlando: CA, 2012: 40-48.
- [12] Dennis Carter, Patrick Burris, Steven Brandt. Fifth-generation target drone project initial development[C]//11th AIAA Aviation Technology, Integration, and Operations Conference. Virginia, VA, 2011: 20-28.
- [13] 丁玮,欧渊,石根柱,等.美国海空军中靶标发展研究[J].舰船科学技术,2018,40(11):170-173.
- [14] 符松海,何明清,吴宝林,等.靶机系统发展趋势研究[C]//2014(第五届)中国无人机会论文集.北京:航空工业出版社,2014:28-30.
- [15] 毛师彬,王景伟,洪剑锋,等.空中靶机系统发展历程及展望[J].无人机,2018,25(8):22-26.
- [16] 颜芳芳,袁关章,邓克绪.靶标技术的现状与关键技术及发展趋势[C]//第九届长三角科技论坛——航空航天科技创新与长三角经济转型发展分论坛论文集.南京:江苏省航空航天学会,2012.
- [17] Kimberly Hsu, Craig Murray, Jeremy Cook, et al. China's military unmanned aerial vehicle industry[R]. Washington: U.S.-China Economic and Security Review Commission, 2013.
- [18] 洛刚,尚娜,胡晓枫,等.国家靶场开展装备作战试验

- 问题研究[J]. 装备学院学报, 2013, 24(1): 114-118.
- [19] Brian Gravelle. The Role and process of target V&A in weapon T&E[R]. Maryland: Naval Air Warfare Center, Weapon Division, 2012.
- [20] 丁力军, 丁海生, 马金歌. 基于建模仿真的靶标验证与确认方法研究[J]. 国防科技, 2016, 37(5): 101-105.
- [21] 穆原子, 丁力军, 陈峰. 武器装备试验靶标建设与发展研究[J]. 国防科技, 2013, 34(3): 40-44.
- [22] Dennis Carter, Patrick Burris, Steven Brandt. Fifth-generation target drone phase i design[C]//11th AIAA Aviation Technology, Integration, and Operations Conference. Virginia, VA, 2011: 29-49.
- [23] Dennis Carter, Patrick Burris, Steven Brandt. Fifth-generation target drone phase ii design[C]//11th AIAA Aviation Technology, Integration, and Operations Conference. Virginia, VA, 2011: 52-60.
- [24] Dennis Carter, Patrick Burris, Steven Brandt. Fifth-generation target drone phase iii design[C]//11th AIAA Aviation Technology, Integration, and Operations Conference. Virginia, VA, 2011: 70-79.

The current state and the development requirement of target drones

FANG Bin¹, XU Rui¹, GAO Xiang², CAI Yuxuan³, XU Yang¹

1. Aeronautics Engineering College, Air Force Engineering University, Xi'an 710038, China

2. Science and Technology on Complex Aviation Systems Simulation Laboratory, Beijing 100071, China

3. Unit 95972 of the PLA, Dingxin 735305, China

Abstract As a critical equipment of constructing the actual combat environment, with the maneuvering capability against threat, the target drones must have desirable electromagnetic and countermeasure characteristics. Since the performance of threats is being enhanced rapidly, the lack of the simulation capability for the domestic target drones becomes a serious issue. This paper reviews the typical models and the practical applications of target drones in China and America, including the performance level and the simulation capability of the existing target drones. In view of the enhanced threat, the specific capability requirement for the target drones is analyzed, and a novel method based on the multi-target drone combination is put forward. Finally, some proposals are made for strengthening the top design, verifying the capability requirement, tackling the key technologies and perfecting the system in the context of the long-term development of target drones.

Keywords target drone; advanced target; characteristic simulation; weapon test ●



(责任编辑 傅雪)