

飞行器多目标选择虚实合成试验方法

孙茂义, 肖冰

(中国人民解放军 91550 部队, 辽宁 大连 116023)

摘要: 由于目前外场试验环境与飞行器使用环境存在一定差距, 对飞行器性能的评价有一定的局限性, 甚至会导致“真实的试验, 不真实的结果”的现象出现, 使得飞行器某些性能不能得到真实的检验, 提出了一种虚实合成试验方法; 介绍了虚实合成试验的基本概念和构建要求, 阐述了飞行器多目标选择虚实合成系统构建技术及试验评估过程, 设计了多目标选择虚实合成系统试验方案; 该方法支持了某型飞行器的试验总体方案论证, 有良好的应用性和可推广价值; 对完成新型飞行器性能的全面检验, 对于提高试验鉴定水平和能力具有重要意义。

关键词: 飞行器; 目标选择; 虚实合成

Researches on Real-virtual Complex Test Method for Aircraft Target Selection

Sun Maoyi, Xiao Bing

(Unit 91550, Daliang 116023, China)

Abstract: Because of some certain difference between the outfield test environment and the real battlefield, there will be some limitations exist in the performance evaluation of the aircraft, or even lead to unreal results. The real-virtual complex test method for aircraft target selection is carried out, including the basic concept and construction demand. The construction technique, test evaluation process and the test program is presented, the method supports the general test argumentation of some type aircraft. The method presented will have a good application and popularization value, and will also have significant meaning of promoting the test & evaluation level and abilities for the range.

Keywords: aircraft; target selection; real-virtual complex test

0 引言

随着飞行器技术发展, 其技术性能和使用性能指标不断提高, 对试验鉴定技术提出了新的、更高的要求^[1]。已有的试验模式不能完全适应飞行器试验鉴定的需要, 应该建立适应武器装备发展的试验模式和建设必须的试验保障条件。

目前的试验模式由于受到试验装备种类和性能、试验航区、组织实施等因素的限制, 依据目前的试验条件, 单一依靠外场试验或内场仿真试验, 存在试验逼真度不高的问题。由于外场试验试验环境与飞行器使用环境存在一定差距, 尽管外场试验所获取的数据是真实的, 但是对飞行器性能的评价却有一定的局限性, 甚至会导致“真实的试验, 不真实的结果”的现象出现, 使得飞行器某些性能不能得到真实的检验。

为了全面检验飞行器性能, 应充分利用已有的试验场设施, 采用分布式交互技术, 集成各类试验资源, 将实物、仿真模型、各类仿真模拟器等有机的结合, 构建一个包含飞行器实物、数学仿真、硬设备和人在回路中的虚实合成试验系统, 形成贴近实战、低消耗、高逼真度和高置信度的虚实合成试验环境。通过各类试验资源的互操作、重用和组合, 由真实的、虚拟的或构造的资源集成而建立起的试验系统, 具有互操作、可重用、可组合的特点^[2]。从试验场地自身发展角度来看, 应开展虚实合成试验环境构建技术研究与实践, 向联合试验模式转型, 使试验鉴定结论更经得起实践检验。

1 虚实合成试验系统概述

由于试验场地条件的限制, 仅由外场飞行试验或仿真试验是无法完成飞行器试验与评估, 必须由外场飞行试验和仿真试验有机结合构成虚实合成试验, 才能更好地完成试验与评估。虚实合成试验是根据某一个具体项目的试验要求, 充分利用各种试验装备和设施, 通过各类资源的互操作、重用和组合, 由真实的、虚拟的或构造的资源集成建立起来系统而开展的试验。

1.1 虚实合成试验系统构建总体思想

对于飞行器试验鉴定来说, 采用真实作战环境的飞行试验, 对系统性能评估的置信度较高, 结果能够反映飞行器的真实水平。但是, 需要大量人力物力, 甚至某些环境以目前的技术水平是无法构造的。虚实合成试验是将实物、模拟器仿真、数字仿真等组合到一起, 构成一个既有实物又有模拟器仿真和数字仿真的试验系统, 形成虚实合成的试验环境。

虚实合成试验系统建设目的: 一是扩充试验能力、拓展应用领域, 当真实的实体被仿真模型取代后, 即经过实物虚化和虚物实化过程后, 真实试验场就转变为虚拟试验场。二是减少试验消耗, 即在消耗同等试验资源的情况下可以获取更多试验信息。

建设虚实合成试验系统的原则: 以费效比最好的方法提供试验鉴定所需的信息。处理好真实试验场与虚拟试验场之间的关系: 二者之间既存在共性, 又存在差异, 不能相互取代; 既不能过分追求所谓数据的“真实”而忽略仿真技术在试验鉴定中的作用, 也不能单纯为了虚拟而虚拟, 忽略真实试验场对虚拟试验场的 VV&A。

一体化虚实合成试验系统构建总体思想: 利用分布交互技术集成各类试验资源, 将飞行器、仿真模型、各类仿真模拟器

收稿日期: 2016-10-21; 修回日期: 2016-11-24。

作者简介: 孙茂义(1975-), 男, 黑龙江绥化人, 硕士, 高级工程师, 主要从事导弹总体及系统仿真方向的研究。

等手段有机的结合, 构建贴近实战威胁的、低消耗、高逼真度和高置信度的虚实合成试验环境, 构建一个包含飞行器实物、数学仿真、硬设备在回路和人在回路的虚实合成试验系统。

1.2 虚实合成试验系统构建要求

虚实合成试验系统是根据某一具体试验要求, 充分利用各种试验设施, 通过各类资源的互操作、重用和组合, 由真实、虚拟或构造的资源集成而建立起的试验系统。

(1) 系统的互操作。

虚实合成试验系统支持不同类型人员和不同种类技术开发的系统在多种层次进行互操作。在某个给定的计算机上或扩展到几个计算机之间可以互操作; 在组件框架下, 组件可以互操作; 在由分系统组成系统的情况下, 分系统间可以互操作。

(2) 系统的重用。

一体化虚实合成试验系统要求开发的软件元素、组件能够实现重用, 对于给定的组件除了能用于开发它的设施外, 还能用于多个设施。如果满足以下条件, 一个组件就可以重用: 它是建立在一个充分定义的公共体系结构上; 它能与重用它的其它设施中的系统互操作; 它有充分定义和充分记录接口; 它是一个“现有的”系统, 但它能通过封装, 使得它与公共体系结构一致。

(3) 系统的可组合。

可组合主要集中在“应用级”的可组合。实现应用级的可组合, 必须满足以下标准: 应用必须建立在某个公共体系结构基础上; 应用必须能互操作; 必须建立用于支持组合过程的特定仓库, 包括: 关于应用的信息仓库、互操作信息仓库、应用可执行程序本身的仓库。

(4) 系统时空一致性。

采用时统措施和时间自治技术, 根据异构系统的具体订购/发布数据的情况, 维持虚拟任务空间中所集成的仿真实体协调、有序、实时且满足一定精度要求地运行, 保证虚拟场景和真实世界的时空一致性。

2 多目标选择虚实合成试验系统构建方案

2.1 系统组成及功能

飞行器多目标选择虚实合成试验系统包括外场试验系统、内场多目标选择仿真评估系统。其中, 外场试验系统包括飞行器(含信息合成器)、目标模拟系统、测量系统和参试武器装备; 内场仿真评估系统包括多目标选择性能评估实验室、复杂电磁环境实验室和指挥中心; 整个系统在通信指挥系统的支持下构成统一的整体。

其中, 多目标选择性能评估实验室中的目标生成模拟系统为分布式数学仿真系统, 用于生成多个虚拟靶标, 其属性包括靶标编号、靶标经度、靶标纬度、靶标航向、靶标速度、靶标 RCS 和靶标类型^[3]。飞行器上装有雷达导引头、信息合成器、综合控制计算机和遥测系统等设备, 信息合成器为飞行器上装载的设备, 用于将真实靶标和虚拟靶标进行随机编号, 靶标类型统一为舰船, 均作为真实靶标信息传给综合控制计算机, 其数据传输流程见图 1。

2.2 试验评估过程

第 1 步: 确定多目标选择试验目标。即通过多目标选择虚实合成系统判断多目标选择性能是否满足指标要求, 从而达到评估多目标选择性能的目的。

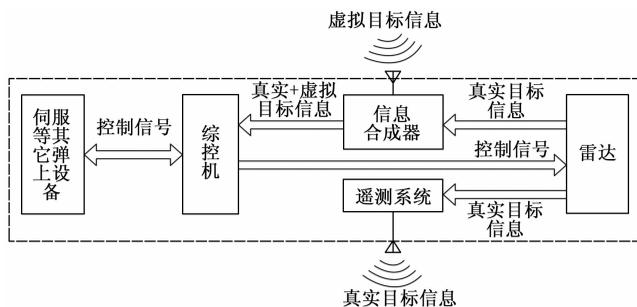


图 1 测试设备硬件架构

第 2 步: 进行多目标选择试验前分析。试验目标确定以后, 就可以进行试验前分析来预测飞行器的技术参数和多目标选择性能参数, 开发多目标选择试验计划, 多目标选择试验结果为成败型, 即选择预设目标的正确性。

第 3 步: 执行试验。试验执行是通过多目标选择虚实合成系统的多目标选择性能评估实验室、复杂电磁环境实验室、试验外场和指挥中心完成的。

第 4 步: 进行多目标选择试验后分析。该步对试验结果进行分析以决定是否达到了预期, 多目标选择性能是否满足技术需求。

第 5 步: 多目标选择性能是否满足需求。该步是一个决策者进行“是/否”决策的时间。

第 6 步: 改进。这是该过程的反馈环, 在这里进行校正活动。

随着试验过程的深入, 对飞行器多目标选择性能和效能度量指标的预测会不断得到验证和改进^[4]。

2.3 试验方案设计

(1) 靶标设置方案。

3 个真实靶标在飞行试验航区布设成一字形, 位于中间的靶标与其它 2 个靶标距离 5 km, 靶标编号为 1~3, 靶标 RCS 为 300 m², 靶标速度为 10 m/s, 靶标航向为 90°, 靶标类型为舰船目标。雷达导引头将搜索到的真实靶标信息传给靶标仿真系统和信息合成器, 靶标仿真系统生成多个虚拟目标。每个真实靶标垂线距离 5 km 处各生成 2 个虚拟靶标, 其位置散布精度小于 1 km, 编号为 4~9, 虚拟靶标 RCS 为 250~350 m², 虚拟靶标速度为 9~11 m/s, 虚拟靶标航向为 85~95°, 虚拟靶标类型为干扰目标。靶标的位置关系见图 2。

虚拟靶标信息通过无线数据传输给信息合成器, 信息合成器将真实靶标和虚拟靶标信息进行融合, 将真实靶标和虚拟靶标进行随机编号, 目标类型统一为舰船目标, 传给弹上综合控制计算机, 按照设定的目标选择方案确定待攻击目标, 指挥飞行器进行攻击。

根据试验现场测量数据, 由飞行器选择目标的正确性分析其目标选择性能是否满足要求。

(2) 实施方案。

试验潜艇和目标舰均抵达指定试验海域后, 飞行器系统发现目标。雷达导引头将搜索到的真实靶标信息传给内场目标生成模拟仿真系统和信息合成器, 目标生成模拟仿真系统按照靶标布设方案生成多个虚拟目标。虚拟靶标信息通过无线数据传输给信息合成器, 信息合成器将真实靶标和虚拟靶标信息进行融合, 将真实靶标和虚拟靶标进行随机编号, 目标类型统一为

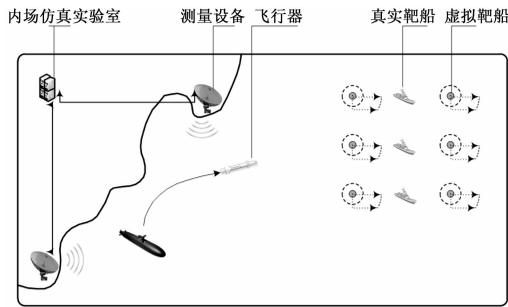


图2 想定编队虚实合成试验系统示意图

舰船目标,传给弹上综合控制计算机,按照设定的目标选择方案确定待攻击目标,指挥飞行器进行攻击。根据飞行试验现场和测量数据,由选择目标的正确性分析飞行器目标选择性能是否满足要求。

半实物仿真实验室收到虚拟靶标和虚拟飞行器的空间位置、姿态信息后,驱动目标源模拟器合成包含目标信号,三轴转台上的导引头捕获跟踪该信号,并将导引数据传回数学仿真实验室。数学仿真实验室收到试验数据后分析评估飞行器多目标选择性能,虚实合成试验结果在演示大厅实时演示,供试验指挥人员决策。

2.4 保障条件

(1) 通用的测试和发射阵地保障条件需求、试验航区需求、测量控制系统需求、时统通信系统需求、数据处理需求、水文气象需求、特装保障和试验兵力需求同飞行器飞行试验。

(上接第233页)

精度进一步提高。在整个飞行过程中,风速、风向、校准系数的估计结果均满足3- σ 边界要求。仿真结果表明:DEKF估计结果可信。

3 结束语

本文提出了一种新的风估计与空速校准的方法。该方法基于GPS接收机、大气计算机、磁罗盘和垂直陀螺等传感器实现。设计的方法利用了地速、风速和空速之间的速度矢量三角形关系,并不依赖于无人机的气动力模型。仿真试验结果表明:推荐的DEKF估计方法,只需要无人机进行半圈自主转弯飞行,就可以获得合理的风速、风向信息。估计的校准系数能够修正真实空速到一个合理的水平。因此,本文提出的方法能够减少低成本无人机空速传感器的复杂校准操作,提高真实空速的测量精度。同时该方法对于后续无人机在风场中实时航路规划提供了研究基础。

参考文献:

- [1] Sohn S, Lee B, Kim J, et al. Vision-based real-time target localization for single-antenna GPS-guided UAV [J]. IEEE Transactions on Aerospace and Electronic Systems, 2008, 44: 1342-1355.
- [2] 周伟静,沈怀荣.一种基于小型无人机的风场测量方法[J].测试技术学报,2009,23(4):297-302.
- [3] Hollister WM, Bradford ER, Welch JD. Using Aircraft Radar Tracks to Estimate Winds Aloft [J]. MIT Lincoln Laboratory Journal, 1989, 2: 555-565.
- [4] Cho A, Kim J, Lee S, et al. Wind Estimation and Airspeed Calibration Using a UAV with a Single-Antenna GPS Receiver and Pitot Tube [J]. IEEE Transactions on Aerospace and Electronic Sys-

(2) 飞行器需加装信息合成器,用于将真实靶标和虚拟靶标进行随机编号,靶标类型统一为舰船,均作为真实靶标信息传给综合控制计算机。

(3) 机动实体靶3艘,吨位 ≥ 8000 吨,RCS ≥ 300 m²,航行速度 ≥ 20 kn,具备装载或拖带各型舰载、舷外干扰装备的能力。

(4) 半实物仿真实验室应具备模拟多个通道目标的能力。

3 结束语

针对飞行器受外场试验条件限制,无法开展目标选择性能试验的实际状况,叙述了虚实合成试验的基本概念内涵和构建要求,阐述了多目标选择虚实合成系统组成功能及试验评估过程,设计了多目标选择虚实合成系统试验方案。该方案已经在某型飞行器总体试验方案论证过程中进行了初步应用,成效比较显著,并可指导后续相关虚实合成试验系统专项建设。

参考文献:

- [1] 王国玉,冯润明,陈永光.无边界靶场:电子信息系统一体化联合试验评估体系与集成方法[M].北京:国防工业出版社,2007.
- [2] 张丽晔,廖建,等.试验训练使能体系结构(TENA)的研究与应用[J].计算机测量与控制,2015,23(10):3461-3464.
- [3] 孙茂义,肖冰.海上机动目标建模及其在分布式仿真中的应用[J].计算机测量与控制,2015,22(3):895-897.
- [4] 李一,冯楠.反舰导弹突防虚实合成试验方法[J].火力与指挥控制,2012,37(10):185-188.
- [5] Pachter M, Ceccarelli N, Chandler PR. Estimating MAV's Heading and the Wind Speed and Direction Using GPS, Inertial, and Air Speed Measurements [A]. Proceedings of AIAA Guidance, Navigation, and Control Conference and Exhibit [C]. Honolulu, Hawaii, 2008.
- [6] Langelaan JW, Alley N, Neidhoefer J. Wind Field Estimation for Small Unmanned Aerial Vehicles [J]. Journal of Guidance, Control, and Dynamics, 2010, 34(4):1016-1030.
- [7] Ceccarelli N, Enright JJ, Frazzoli E, et al. Micro UAV Path Planning for Reconnaissance in Wind [A]. American Control Conference [C]. New York, NY, USA, 2007: 5310-5315.
- [8] Osborne J, Rysdyk R. Waypoint Guidance for Small UAVs in Wind [C]. AIAA Infotech@Aerospace, 2005.
- [9] Palanthandalam-Madapusi HJ, Girard A, Bernstein DS. Wind-field Reconstruction Using Flight Data using an unbiased minimum-variance unscented filter [J]. Transactions of the Institute of Measurement and Control, 2008, 33(6):718-733.
- [10] Phillips WF. Mechanics of Flight [M]. Canada: John Wiley & Sons, Inc. 2004.
- [11] Brendan M Q. A derivative-free implementation of the extended Kalman filter [J]. Automatica, 2006, 42(11):1927-1934.
- [12] Xuedong Wu, Zhihuan Song. Online Chaotic Time-series Prediction with the Derivative-Free Extended Kalman Filter [C]. Proceedings of the 7th World Congress on Intelligent Control and Automation, Chongqing, Chian, 2008.
- [13] 高艳辉,肖前贵,徐义华,等.无人机数字仿真平台的设计与实现[J].指挥控制与仿真,2014,36(1):104-110.
- [14] 沈怀荣,邵琼玲,王盛军,等.无人机气象探测技术[M].北京:清华大学出版社,2010.