

机载武器发射系统仿真试验研究

余 驰¹, 李建仁¹, 张钢峰¹, 巫佩军^{1,2}

(1. 中航工业庆安集团有限公司 航空设备研究所, 西安 710077;

2. 清华大学 信息科学技术学院自动化系, 北京 100084)

摘要: 机载武器发射系统是机载武器系统的核心组成部分, 是战机和武器之间的纽带和桥梁; 分析机载武器发射系统仿真试验现状, 对机载武器发射系统仿真试验的架构、原理、模型组成、试验和验证进行了研究; 提出了机载武器发射系统仿真试验的基本构型、应用意义和发展趋势, 将促进机载武器发射系统的仿真试验的研究和装备应用。

关键词: 机载武器系统; 机载武器; 机载武器发射系统; 数字仿真; 仿真试验

本文引用格式: 余驰, 李建仁, 张钢峰, 等. 机载武器发射系统仿真试验研究[J]. 四川兵工学报, 2015(8): 149-152.

Citation format: YU Chi, LI Jian-ren, ZHANG Gang-feng, et al. Simulation and Experimentation Study of Airborne Weapon Launch System[J]. Journal of Sichuan Ordnance, 2015(8): 149-152.

中图分类号: TJ413

文献标识码: A

文章编号: 1006-0707(2015)08-0149-04

Simulation and Experimentation Study of Airborne Weapon Launch System

YU Chi¹, LI Jian-ren¹, ZHANG Gang-feng¹, WU Pei-jun^{1,2}

(1. Aviation Equipment Institute, AVIC Qing'an Group Co., Ltd., Xi'an 710077, China;

2. Department of Automation, School of Information Science and Technology, Tsinghua University, Beijing 100084, China)

Abstract: Airborne weapon launch system is the core department of airborne weapon system; it's the tache and bridge between combat aircraft and weapon. Simulation experimentation in airborne weapon launch system was analyzed, and the architecture, principle, model compose, experimentation and validate of airborne weapon launch system were studied. Basic construct, applied meaning and developmental direction of airborne weapon launch system were put forward. It will promote the simulation experimentation studying and equips applying in airborne weapon launch system.

Key words: airborne weapon system; airborne weapon; airborne weapon launch system; digital simulation; simulation experimentation

机载武器系统又称航空武器系统, 是军用航空器上的武器以及相关装置等组成的软、硬件综合系统。具体组成包括航空火力控制系统、航空武器和机载武器发射系统。机载武器发射系统是战机和武器之间的纽带和桥梁^[1], 按照机载武器发射的特点可以分为机载武器悬挂发射系统和机载武器随动发射系统。现在战机上常用的机载悬挂武器发射系统有挂架、挂梁、导弹发射装置、火箭发射装置等; 机载武器随动发射系统有枪炮吊舱、枪炮转塔、新概念武器转塔系统等。

机载武器发射系统主要是通过对武器系统的悬挂、运载、投放、发射、随动、跟踪、瞄准和攻击来完成战机对被攻击目标的有效防御和主动精确攻击, 实现既定的作战任务。而在机载武器发射系统的研发过程中需要通过不同的措施对机载武器系统进行功能和性能的仿真、分析、测试和验证, 以保障机载武器发射系统能够安全、高效、可靠的完成武器发射和命中目标。

仿真试验应用数学模型的建立、仿真算法优化分析、全

收稿日期: 2015-01-15

作者简介: 余驰(1982—), 男, 高级工程师, 主要从事装备理论与装备技术研究。

系统动态实时仿真与测试,在全数字仿真环境下对机载武器发射系统在作战全过程的系统规划与顶层设计、操作使用、逻辑流程、管理控制等进行仿真试验和研究验证。通过仿真试验和分析能够快速便捷的获得大量的仿真试验和分析数据,辅助机载武器发射系统的设计与研发。欧美等发达国家在军用武器装备体系和研发中,充分的将仿真试验应用在武器装备的研制、模拟试验和测试、试验鉴定和模拟作战训练中^[2]。国内的仿真试验研究在上世纪六七十年代主要用于航空航天控制、导航,并开始半实物仿真(硬件在环仿真)、各种训练模拟器;上世纪八九十年代主要是可视化、虚拟化、交互分布式仿真试验研究;到本世纪主要是应用于复杂系统的仿真试验研究、综合仿真试验环境和平台的建设与应用^[3]。逐渐的形成了由任务需求分析、总体设计分析、仿真试验、部件/子系统实物验证与试验、系统综合试验与验证、模拟作战应用试验的研发和武器装备应用流程体系。

1 机载武器发射系统仿真试验现状

仿真试验在国内较早的应用在飞行控制系统、导航控制系统、舵机加载半实物仿真试验、电/液负载模拟器等。1975年我国开始研制第一台歼击机任务飞行模拟器,于1983年完成研制和通过鉴定、交付和使用^[3]。随着计算机技术、仿真技术、机载武器发射技术的发展和进步,机载武器发射系统需要综合的考虑复杂的作战自然环境、电磁与通讯环境、控制和指挥环境、武器发射与作战应用机械环境等因素。需要建立与机载武器发射系统仿真相适应的仿真试验平台和系统研究平台。1999年我国研发了计算机生成兵力系统AST-CGF,2001年后我国成功研制了一些武器平台仿真系统,用于武器系统的性能和作战效能的评估与研究^[3]。这些仿真试验平台和系统关键技术验证平台由武器系统综合建模、综合自然环境建模、作战指挥建模、决策行为建模、模拟应用状态的机械加载、振动和冲击等建模组成,能够应用于系统仿真试验与研究 and 军事模拟训练。

在机载武器系统的仿真试验研究中,文献[4,5]根据航电火控系统的组成、功能,开发动态仿真试验与分析,进行航电火控系统研究。文献[6-8]针对武器外挂管理系统、武器模拟器及其运用等进行系统构型、系统接口交联、全数字仿真建模和仿真试验分析。文献[9-14]以武器系统作战攻击目标、作战对抗和数据采集处理为研究对象,进行了武器系统的建模与仿真试验研究。文献[15,16]对武器装备的外场靶试、动态精度试验和环境干扰试验等进行了仿真试验研究和应用分析,以减少武器装备实物试验带来的飞行、外场航行等的次数、人力与物力的费用。文献[17-19]对机载武器发射系统的发射动力学、系统内部供排弹弹链动力学、后坐力与射击精度进行了建模与试验分析。文献[20-22]对机载武器发射系统的弹射动力学、弹射作动、启动弹射等进行了建模和仿真试验分析。

大量的研究文献和资料对机载武器系统的火控系统、武器系统、机载武器发射系统的发射和动力学等特性进行仿真

试验。而对机载武器发射系统的动态全过程仿真试验,与机载火控和武器组成的大系统仿真试验研究较少。机载武器发射系统的发射和控制全过程仿真,及其与机载火控和武器组成的大系统仿真试验,是可靠保障机载武器与战机之间信息交联、发射控制、精确发射攻击目标的重要环节,其功能与性能的安全、高效、可靠将直接影响到战机与武器分离的安全、发射控制、命中目标的精度和作战效能。本文以机载武器发射系统仿真试验为研究对象,构建了由模拟火控系统、模拟武器系统、作战效能评估系统和机载武器发射系统组成的全系统作战应用仿真试验环境,以更好地研究和解决机载武器发射系统在发射与控制作战应用全过程中遇到的技术问题。

2 机载武器发射系统仿真试验

2.1 仿真试验系统原理和建模组成

机载武器发射系统仿真试验可以分为机载武器发射系统全数字仿真试验和半物理仿真试验。机载武器发射系统全数字仿真试验是利用高性能计算机、功能模块、应用软件、专业仿真软件、通讯网络搭建的实时动态仿真试验平台。高性能计算机、功能模块、通讯网络是仿真试验系统平台运行的基础硬件,通过标准通用化的接口连接,用于仿真器之间快速的连接与模块组合,搭建和构成仿真试验环境。用于机载武器发射系统与外部(如战机、武器)之间的交联设计、接口定义与系统规划;用于机载武器发射系统内部总体设计、顶层规划、内部各子系统和部件之间的接口定义、交联设计、技术指标的分解、综合与集成。

机载武器发射系统半实物仿真试验是将全数字仿真试验环境下的一部分仿真器或仿真器的一部分通过实物或物理效应器(如控制器、执行部件实物、模拟加载、六自由度转台等)来代替。形成全系统中部分硬件在环的动态实时仿真试验系统,其仿真逼真度较高,更加接近实际应用环境。同时能够对加入动态仿真试验系统的实物功能、性能、故障等进行分析、仿真、测试和验证,为子系统/部件性能测试与评估提供系统层面的试验和验证。

机载武器发射系统仿真试验系统由机载火控与任务管理仿真器、机载武器发射系统仿真器、武器系统与目标毁伤仿真器、作战效能综合测试评估系统组成。

仿真试验时,操作人员通过机载火控与任务管理仿真器对试验的参数、初始条件、接口设定等进行试验准备,根据机载武器发射系统的作战操作流程进行仿真试验。机载武器发射系统仿真器接收到机载火控与任务管理仿真器指令信息后,执行相关的动作、控制执行任务,并将接收指令的状态情况、执行状态情况反馈给模拟机载火控与任务管理仿真器和作战效能综合测试评估系统。在机载武器发射系统仿真试验研究时,可以通过机载武器发射系统的部件实物和控制器等代替机载武器发射系统的全数字模型和交联关系,对硬件在环的半实物仿真试验进行测试和试验。在武器仿真试验模拟发射后,通过武器系统与目标毁伤仿真器对攻击目标

的损伤进行仿真、动态演示。作战效能综合测试评估系统通过对机载火控与任务管理仿真器控制操作指令状态、逻辑时序、目标攻击精度等状态进行监控;对机载武器发射系统仿真器的发控精度、响应时间、发射时间、收发控制等状态进行监控;对武器系统与目标毁伤仿真器目标特性、作用时间、命中概率、损伤能力进行监控,来完成作战飞机作战效能的评估和综合测试。图1为机载武器发射系统仿真试验原理图。

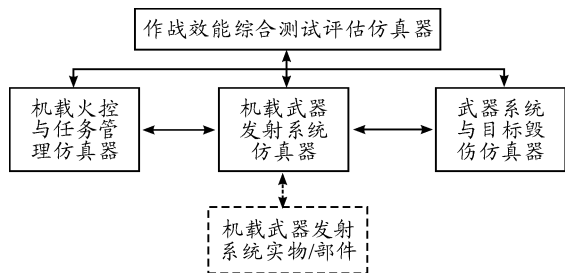


图1 机载武器发射系统仿真试验原理图

机载火控与任务管理仿真器主要包括火控建模、操作与监控软件、接口与总线建模、指令信息的收发和生成软件、武器系统管理建模与综合处理软件、故障与容错建模、健康管理测试软件。模拟机载火控系统、任务管理机载武器发射系统的应用流程、外挂物管理与状态监控等的人机交互界面环境。

机载武器发射系统仿真器根据不同的机载武器发射类型,主要包括随动控制系统建模、任务处理控制建模、武器发射控制建模、光电探测建模、温度控制建模和故障模拟建模。根据总体的交联与管理控制关系,完成机载武器发射系统的模型,进行仿真参数设定、接口定义,在全数字或半实物仿真试验中进行系统的仿真和分析,对存在的问题进行改进,对系统的构型、总体功能与性能的实现方案进行优化。其中随动控制系统建模包括传动模型、电机模型、传感器模型、扰动模型、缓冲/制动/限位模型、振动模型、通讯接口模型等。任务处理控制建模包括任务收发模型、任务管理模型、任务控制模型、任务调度模型、任务解算模型、故障监控模型、状态监控模型等。武器发射控制建模包括武器射击参数设定建模、武器射击精度模型、武器发射管理控制模型等。光电探测建模包括光学变焦系统模型、CCD模型、跟踪算法模型、图像处理模型、脱靶量计算与数据外推模型、像旋消除处理模型等。温度控制建模包括压缩机模型、变频控制模型、加热器模型、温控传感器模型、系统蒸发循环模型等。故障模拟建模包括故障信息数据库模型、模拟故障信息拉偏与延时模型、故障模拟接口与收发生成软件、复杂故障设定处理模型等。

武器系统与目标毁伤仿真器主要包括武器导引模型、武器爆炸模型、目标特征模型、能量计算模型、命中分布模型、毁伤效果模型等。主要是在全数字仿真环境中模拟不同类型武器对不同目标的探测、跟踪、命中和毁伤效果进行数字仿真试验和分析。

作战效能综合测试评估系统主要包括通过攻击精度、弹

药或能量(弹药的动能、光束能量密度等)、发射速度、发射数量(常规武器的弹药数量)、跟踪定向位置、照射时间(定向武器的持续作用时间等)、目标特征、损伤能力、探测能力、作战距离等多元建模与软件评估。在机载火控系统、武器毁伤、机载武器发射系统发射的目标探测与选择、战机人员操作与控制、火力控制、武器发射与控制、武器毁伤的大系统综合仿真环境下,评估机载武器发射系统的作战效能,为机载武器发射系统的作战使用提供应用包线范围,优化机载武器发射系统典型作战参数设定。

2.2 仿真试验系统试验与验证

机载武器发射系统仿真试验流程如图2,启动仿真试验系统后,在不同的仿真器中,通过可视化的参数设定操作人机交互界面设定参数,按照机载武器发射系统的发射控制流程进行仿真试验和监控测试。仿真试验能够对机载武器发射系统进行以下的试验与验证。

- 1) 机载武器发射系统对外与战机和武器、对内与子系统和控制部件的信息通讯、管理控制逻辑进行试验与验证;
- 2) 机载武器发射系统在不同平台应用的总体作战、应用流程、任务规划进行试验研究与验证;
- 3) 机载武器发射系统总体的性能、功能、构型优化与配置研究、试验与验证;
- 4) 机载武器发射系统总体及子系统性能指标的分析与仿真、分配与综合、集成与应用研究与验证;
- 5) 机载武器发射系统在不同的外部因素影响下的功能、性能实现分析与仿真、构型优化与重建研究、试验与验证;
- 6) 对机载武器发射系统主要电气、机电、传感器等元件的选型、接口定义与确定、应用与集成进行研究和验证,为部件、元件的技术要求提供科学依据。

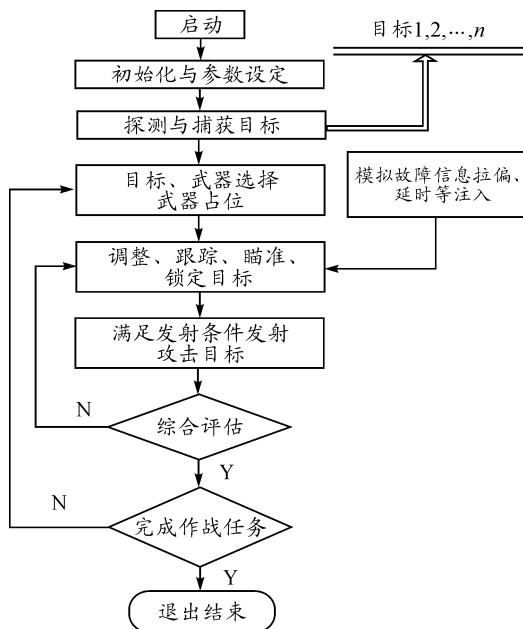


图2 仿真试验流程

3 机载武器发射系统仿真试验发展趋势

机载武器发射系统仿真试验涉及复杂系统的多学科建模与仿真、测试与试验、使用环境的综合建模与仿真、虚拟战场的建模与仿真和演示等内容。为了适应缩短研制周期、降低设计风险、控制研制成本,高效的进行交联试验和验证的武器装备研究需求。现在机载武器发射系统仿真试验随着仿真技术、计算机技术、软件技术和通讯技术等的发展和提升,逐渐向“数字化、虚拟化、集成化、智能化、一体化”的方向发展。展现出参数设定与交联便捷、视景音频与动态演示效果逼真、综合集成发射控制全过程可控与可观测、具备系统的智能化监控与管理、仿真试验能够有效的对设计分析、关键技术仿真与试验、全数字/半实物/实物试验等进行一体化的有机协调和考虑,以更好的应用于机载武器发射系统的研究、开发和试验与验证。

4 结束语

仿真试验与研究已经广泛的应用在航空航天、信息、材料、生物、能源等不同的技术领域。机载武器发射系统的仿真试验研究相对于仿真试验在控制、导航控制、飞行控制训练模拟器等航空领域的应用已经落后了一步。随着战机高超音速、大机动、大过载、全天候、多谱段隐身作战的使用和发展应用需求;同时,机载武器发射系统的研究涉及的学科和解决的问题越来越高度综合和复杂。因此,积极对机载武器发射系统开展仿真试验研究,构建仿真试验的研究与试验平台,能够极大的提升设计研发能力,支持技术创新应用,缩短研制周期和降低研制成本,为战机提供适应实际作战的先进机载武器发射系统装备。

参考文献:

[1] 《新航空概论》编写组. 新航空概论[M]. 北京:航空工业出版社,2010:216-232.

[2] 方立新,陈海飞,邵东青. 全数字仿真试验系统建设[J]. 舰船电子工程,2012,32(6):13-15.

[3] 王行仁,文传源,李伯虎,等. 我国系统建模与仿真技术的发展[J]. 系统仿真学报,2009,21(21):6683-6688.

[4] 何胜强,张安,黄平安,等. 飞机航空电子综合火控系统开发环境仿真[J]. 火力与指挥控制,2008,33(2):41-45.

[5] 何胜强,张安,张耀中. 航空综合火力与指挥控制系统的仿真研究[J]. 火箭与制导学报,2008,28(1):261-264.

[6] 赵锋,吴勇,宫颖,等. 外挂物管理和武器模拟器仿真系统设计[J]. 火力与指挥控制,2005,30(3):71-74.

[7] 聂光成,张安,刘晖. 机载武器及其运用方案优化选择建模与仿真[J]. 系统仿真学报,2008,20(11):2840-2842.

[8] 张小波,吴勇,张安,等. 一种飞机外挂物管理系统仿真设计[J]. 光电与控制,2008,15(1):66-69.

[9] 张安京,高智杰,韩连洋. 精确指导武器光电对抗仿真建模研究[J]. 红外与激光工程,2007,36(9):461-463.

[10] Zhang Yong fang, Zhang An, Lu Yanjun. Simulation of TV Self-guided weapon[J]. Transactions of Nanjing University of Aeronautics & Astronautics,2005,24(1):68-73.

[11] 刘跃峰,张安,康敏暘,等. 防区外导弹联合攻击武器系统攻防对抗仿真[J]. 系统工程与电子技术,2008,30(7):1286-1354.

[12] 姚梅,张乐,李英华,等. 大气散射对激光制导武器对抗半实物仿真试验的影响分析[J]. 红外与激光工程,2007,36(9):385-388.

[13] 尹勇,刘晓宁,崔彬. 空空导弹多目标攻击半实物仿真方案研究[J]. 航空兵器,2006,2(4):17-20.

[14] 屠宁. 半实物仿真系统数据采集处理软件设计[J]. 航空兵器,2006,12(6):28-31.

[15] 王伟,徐平,林德福. 制导武器靶场试验半实物仿真的现状及发展趋势[J]. 飞航导弹,2012,5(5):10-15.

[16] 魏太林,宋志刚. 海军武器装备仿真与试验一体化[J]. 海军航空工程学院学报,2010,25(6):699-702.

[17] 万晓峰,刘更,杨树森. 航炮系统的虚拟样机仿真与分析[J]. 系统仿真学报,2005,17(10):2392-2394.

[18] 王光建,姜铁牛. 弹链系统间隙较多提动力学模型仿真与试验[J]. 机械工程学报,2008,44(5):238-241.

[19] 刘巍,芮筱亭,于海龙,等. 机载机关炮发射动力学建模与仿真[J]. 系统仿真学报,2008,20(8):1983-1986.

[20] 张士卫,冯斌. 基于ADAMS软件的启动弹射动力学系统仿真[J]. 流体传动与控制,2007,25(6):31-33.

[21] 关雷,雷鸣. 基于虚拟样机技术的弹射发射装置动力学仿真[J]. 机械与电子,2007(2):78-80.

[22] 应申舜,汤军社,周建文. 导弹弹射装置作动筒的建模与仿真[J]. 机械与电子,2007(2):78-80.

(责任编辑 唐定国)