

基于 Xsim 平台的防空导弹武器系统仿真平台设计

阮开智, 袁晴晴, 翟文华, 张志强

(上海机电工程研究所, 上海 201109)

摘要: 以系统仿真技术在防空导弹武器系统的方案论证、优化设计、飞行试验预测、作战效能评估等方面中的应用为背景, 提出了一种基于 Xsim 平台的防空导弹武器系统仿真平台设计方法。论述了该平台的总体架构设计、模型设计以及仿真流程设计, 给出了设计思路。完成了某防空导弹武器系统仿真平台的应用开发, 实践表明该平台可以较好的开展防空导弹武器系统作战过程仿真, 可用于支撑防空武器装备各阶段的仿真工作, 提升复杂战场环境下防空武器装备研发论证及设计能力。

关键词: Xsim 平台; 防空导弹武器系统; 仿真; 设计方法; 试验

中图分类号: TP391.9 文献标识码: A 文章编号: 1004-731X (2020) 01-0142-07

DOI: 10.16182/j.issn1004731x.joss.17-0447

Design of Air Defense Missile Weapon System Simulation Platform Based on Xsim Platform

Ruan Kaizhi, Yuan Qingqing, Zhai Wenhua, Zhang Zhiqiang

(Shanghai Institute of Electro-Mechanical Engineering, Shanghai 201109, China)

Abstract: Taking the system simulation technology which applied to the scheme argumentation, optimization design, flight test forecast, battle effectiveness evaluation of air defense missile weapon system as background, the design method of air defense missile weapon system simulation platform based on Xsim platform was put forward. The total configuration design, model design and simulation process design of the platform were discussed. An simulation platform of an air defense missile weapon system was accomplished. The result proves the platform can simulate the battle process of air defense missile weapon system, support the simulation work of air defense weapon at different phase, and improve the argumentation ability and design ability of air defense weapon in complicated environment.

Keywords: Xsim platform; air defense missile weapon system; simulation; design method; experimentation

引言

随着新军事变革的不断推进, 复杂战场环境下的一体化联合作战将成为主要的作战形式, 而未来体系化防空作战模式下的战场环境所带来的复杂性和不确定性, 使得武器装备的论证及设计难度明

显增加。在武器装备的论证、设计、研制、试验与评估中广泛应用仿真技术和仿真试验, 已成为国防武器装备研究与军事技术发展的趋势。对于防空导弹武器系统这样一种复杂的高技术武器装备, 系统仿真技术在武器系统的方案论证、优化设计、作战过程推演、飞行试验预测及作战效能评估等方面具有十分重要的作用^[1-2]。

国内军用建模与仿真技术研究和应用水平飞速发展, 集中式仿真、分布交互式仿真等广泛运用于防空导弹武器系统仿真^[1-4]。随着仿真模型



收稿日期: 2017-10-18 修回日期: 2018-02-27;
作者简介: 阮开智(1985-), 男, 苗族, 湖南邵阳, 硕士, 工程师, 研究方向为防空导弹武器系统设计与仿真; 袁晴晴(1985-), 女, 江苏徐州, 硕士, 工程师, 研究方向为防空导弹武器系统仿真; 翟文华(1986-), 男, 湖南怀化, 硕士, 工程师, 研究方向为防空导弹武器系统设计与仿真。

http: www.china-simulation.com

的不断精细化和异构化,完善系统仿真试验的设备和条件、提高数学模型的准确度、保证必要的仿真逼真度,将是未来防空导弹武器系统仿真技术的发展趋势。

本文在分析了防空导弹武器系统仿真试验任务的基础上,提出了基于 XsimStudio 仿真平台(即 Xsim 仿真平台)构建一套防空导弹武器系统仿真试验平台的构想,用于支撑防空导弹武器系统概念论证、背景论证、系统设计及试验验证等各阶段的仿真工作,实现多武器系统研制数据共享,提高设计效率,提升复杂战场环境下防空反导武器装备研发论证及设计能力。

1 Xsim 仿真平台简介

Xsim 仿真平台是一款成熟的仿真应用平台和专业的仿真开发平台,作为仿真应用平台,该平台自带了一系列工具和丰富的专业模型库,支持用户利用已有资源直接在专业领域内进行研究、论证、试验和训练;该平台支持多种形式的应用,其中包括:集中式分析论证、集中式运行分布式管控、多联邦分布式运行等。作为开发平台,该平台提供了

高效的仿真运行引擎和完善的建模框架,支持用户进行模型的研发工作,围绕仿真的事前、事中、事后,提供了组件开发、模型装配、想定编辑、实验设计、管理控制、想定运行、态势显示、分析评估等一系列工具。XSim 仿真平台组成图如图 1 所示。



图 1 XSim 仿真平台组成图

Fig. 1 Composing of Xsim simulation platform

在 Xsim 组件化建模框架中,从对象基类的定义到仿真组件的实现,每一层结构都实现了组件化建模的不同功能,层次结构如图 2 所示。

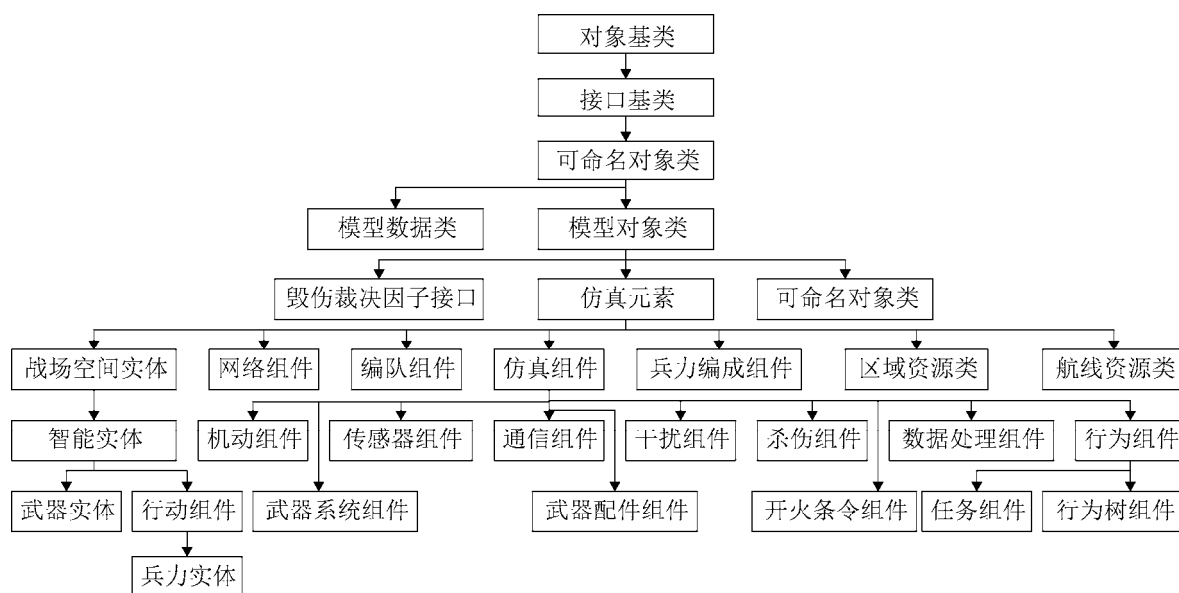


图 2 Xsim 建模框架层次结构图

Fig. 2 Hierarchy of Xsim modeling frame

令下达后, 实现导弹/弹药飞行过程仿真计算, 可根据需要及实际情况, 采用运动学(含导引规律、过载能力)弹道、理论弹道、制导控制弹道 3 种粒度模型。

(7) 引战及毁伤模型, 在目标交会时, 实现目标毁伤判断效果仿真计算。

(8) 效能评估模型, 借助于仿真支撑平台数据记录模块和数据分析模块, 记录相关仿真试验数据, 并对数据进行统计分析, 以实现武器系统在不同性能指标下的作战效能评估。

2.2 防空导弹武器系统仿真平台总体架构设计^[8]

防空导弹武器系统仿真平台拟基于 XSim 仿真平台构建, 采用组件化和参数化的建模思路, 以适应多节点对抗、多目标拦截的功能扩展性要求, 综合考虑型号专用模型和通用模型等不同分辨率模型的特点, 结合需求及实际模型技术状态, 对防空导弹武器系统各分系统组成部分进行组件化建模, 根据实际需求灵活构建仿真应用。基于作战对象、典型作战态势、导弹武器系统作战过程模型, 实现防空导弹武器系统从目标搜索、探测到目标毁伤、火力转移的全过程仿真推演。

本文设计的防空导弹武器系统仿真平台采用分层架构, 以有效进行资源管理和复用。在系统总体架构设计上, 平台可分为基础设施支撑层、基础平台支撑层、模型资源支撑层及试验应用系统 4 个层次, 其中:

(1) 基础设施支撑层提供仿真平台所依赖的所有物理设备设施环境和基础软件环境;

(2) 基础平台支撑层是仿真平台的核心技术支撑层, 主要提供管理支撑工具、仿真试验支撑工具、模型建模及开发工具等;

(3) 模型资源支撑层是仿真平台的核心建设资源, 为应用系统和仿真系统提供所有的支撑算法和模型;

(4) 试验应用系统层直接面向具体业务, 在基

础设施支撑层、基础平台支撑层和模型资源支撑层的支持下, 根据具体的仿真试验任务进行开发而形成的仿真应用集合, 如作战过程仿真试验、作战性能仿真试验、试验态势显示、作战效能评估等。

上述 4 个层次相互联系, 形成一个有机整体, 其总体架构如图 4 所示。

2.3 防空导弹武器系统仿真模型开发

按照组件化和参数化建模的思想, 对防空导弹武器系统仿真平台仿真的作战实体进行建模开发, 通过对其物理原理、运行流程、行为准则的模拟, 仿真其在战场环境中的作战能力和作战流程。其中:

(1) 模型的组件化开发主要是构建实体模型时首先按实体模型的功能结构分解成多个部件, 建立部件建模, 然后将部件模型组装成实体模型。如果已有分系统或组件模型的功能不能满足用户需求, 用户可利用 XSim 平台所提供的模型开发和模型装配工具, 对已有模型进行二次开发, 从而获得满足用户具体需求的各类装备和组件模型。

(2) 模型参数化开发主要是将模型与数据进行分离, 当修改模型时, 只要修改相应的数据配置文件即可快速构建出新的实体模型。这种方法非常适用同一系列不同型号装备的模型开发, 比如某一实体有 A, B, C, D 四个型号, 先建立 A 型号的模型作为基本型, 并且在模型开发的时候将反映型号特征参数设置为可配置, 则在建立 B, C, D 型号模型时不需要重新构建新模型, 只需在 A 型号模型的基础上修改相应的型号配置参数, 即可快速完成 B, C, D 型号模型的构建, 大大提高了建模的效率, 而且使得建立的模型具有很高的重用性。

(3) 通过组件化和参数化建模可以提供比较准确的模型实现, 并保证必要的仿真逼真度, 组件化和参数化模型设计及模型装配、实体生成过程如图 5 所示。

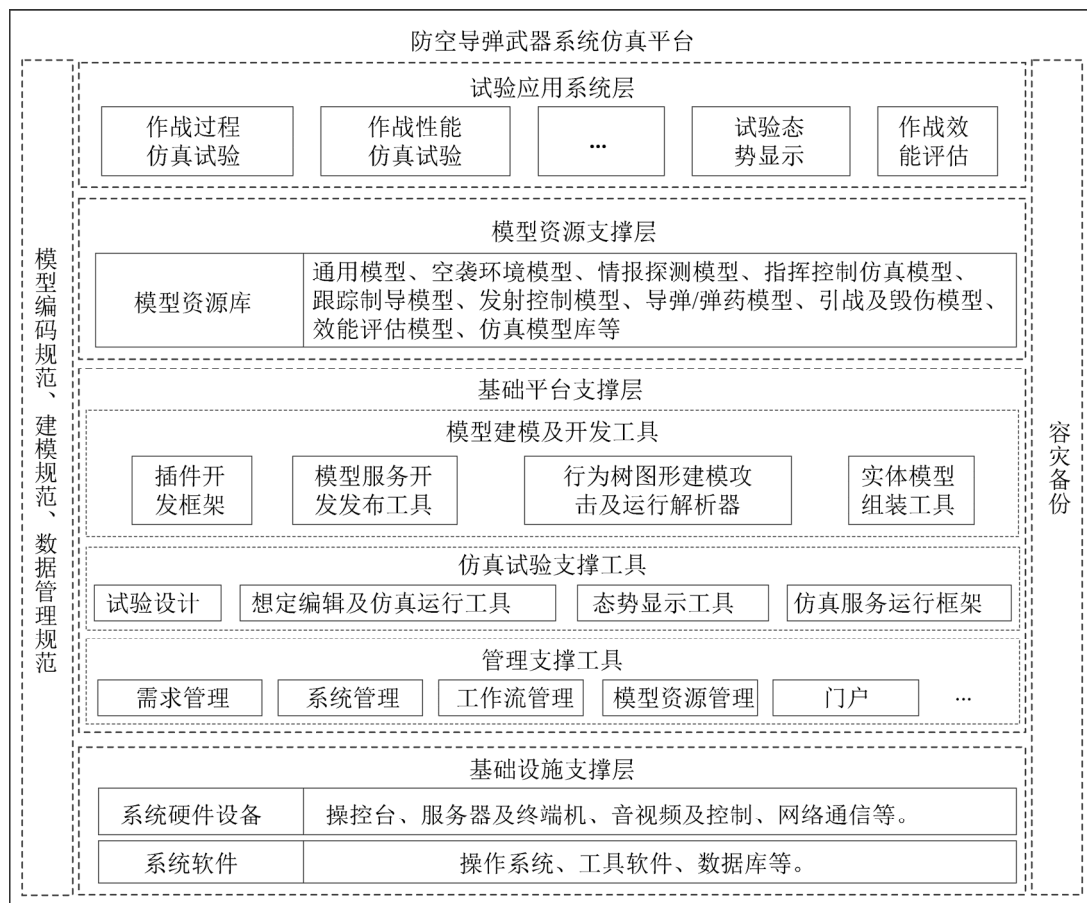


图 4 仿真系统总体架构示意图

Fig. 4 Sketch map of simulation system total configuration

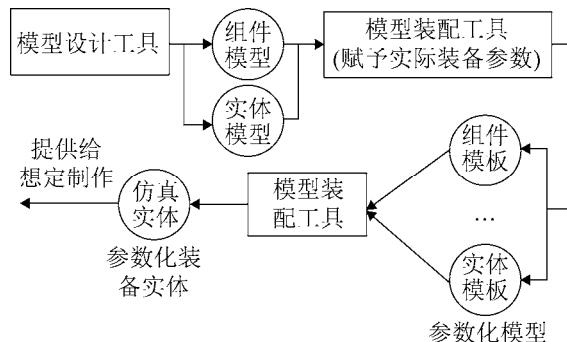


图 5 组件化模型设计及模型装配、实体生成过程

Fig. 5 Process of groupware model design, model fitting and noumenon build

基于上述思想,按如下过程进行仿真模型的开发:

(1) 将防空导弹武器系统的各类作战仿真模型按照平台组件、装备组件、行为组件和辅助组件进行分类,明确各组件之间的接口。各组件的分类原则如下:

按作战用途,平台组件包括作战实体组件、兵力实体组件等,其中作战实体组件描述的是单武器平台实体,兵力实体组件描述的是多武器平台聚合而成的作战实体。

装备组件对应的是依附在平台组件上的其他装备。如:指挥所的电台、飞机上的雷达等;电台对应通信组件,雷达对应传感器组件,干扰机对应对抗设备组件等。此种组件不能独立运行,需要附加在平台上。

行为组件主要仿真军事人员的行为动作、战术任务、战术规则、指挥决策准则等,模拟其在作战过程中的认知行为。如:指挥所的指挥任务,飞机上的作战任务、巡逻任务、预警活动等。行为是平台能力的体现,将行为能力独立成一个可复用的组件比将这些能力固化在平台组件内部更灵活、更易于维护。

在模型开发过程中,对于不属于前 3 类组件的模型,统一归类到辅助组件里,如:目标特性组件(如雷达截面积、红外目标特性等)、环境组件(天气、水文环境等)、网络组件、编队组件、编成组件等。

(2) 使用模型设计工具对各类组件模型进行开发,通过图形化界面描述组件基本信息,确保模型的实现能够准确的反映组件模型的内在属性,如组件用途、组件特征、开发语言、运行平台、版本、开发单位、开发者、开发时间,定义仿真组件的属性、输入数据、输出数据、监听事件、产生事件等。在接口定义的基础上,生成仿真组件代码框架,并在代码框架基础上进行功能性开发,形成组件模型。

(3) 对形成的组件模型进行装配,主要通过图形化的连线方式进行组件装配,快速完成新模型的构建,并可基于已有组件模型开发新的组件模型。

(4) 将装配好的组件模型存储到模型库,作为模型资源供仿真试验应用系统调用。

2.4 防空导弹武器系统仿真流程设计

防空导弹武器系统仿真平台的仿真流程如下:

(1) 受领仿真试验任务后,首先确定试验任务,根据武器系统仿真的目标进行需求分析,在讨论和确定了系统需求后,利用系统建模工具进行相关的建模工作,确立整个仿真试验的作战体系,然后根据作战体系进行试验任务规划,并根据试验任务准备试验资源;

(2) 根据仿真试验任务要求,利用仿真模型及接口组件开发工具生成的开发模版,开发相关的仿真模型组件和接口适配器,调试和测试完成后,将新开发的模型和接口适配器进行注册,作为系统仿真资源的一部分;

(3) 根据试验目的和规划,利用想定编辑器进行作战想定的编辑,经过预演认为正确后,生成仿真想定脚本;

(4) 利用生成的仿真脚本,选择合适的试验设计方法,进行试验因子等要素的设计,确认合理后,

生成多个实验样本,准备仿真;

(5) 试验准备就绪后,设置每个节点、每个仿真成员的相关参数,并且测试所有参试资源连接状态,确保正常;

(6) 确定所有参与试验的设备/系统完全就绪后,发送“试验开始”指令,各参试设备接到仿真运行开始的指令后,所有的仿真资源开始工作;

(7) 在试验过程中,各试验资源信息交互进行试验,对各个试验设备系统进行监视,并且通过大屏幕进行监控各个试验节点的工作状态,进行展示,同时通过记录工具对试验数据进行记录,存储到资源库;

(8) 试验完成时,发送试验结束指令,各个参试资源设备停止工作进行资源释放;

(9) 试验运行结束后,进行数据的分析与评估处理,编写仿真试验报告,此次仿真试验任务结束。

3 防空导弹武器系统仿真平台应用实例

基于上文提出的设计方法,本文设计了局域网内的结构如图 4 所示的防空导弹武器系统仿真平台,并给出了一个具体的防空作战拦截过程仿真应用实例。由仿真控制进行仿真试验规划,设定目标的参数并启动仿真;搜索雷达仿真系统完成对目标的探测并上报指控仿真系统;指控仿真系统收到目标探测信息后,根据所属火力单元状态和部署情况实施目标分配;跟踪雷达仿真系统对指控仿真系统分配的目标完成探测跟踪并将目标信息上报火控仿真系统;火控仿真系统对目标进行拦截可行性计算,并根据当前火力通道状态、发射车的部署情况,完成发射决策计算,发射车选择计算;当满足发射条件时,火控仿真系统向发控仿真系统发送发射令信息;发控仿真系统接收到发射令信息后,执行导弹发射;弹动后,导弹仿真系统开始弹道解算,模拟对目标的拦截。整个仿真过程及参数解算情况可在导演台进行显示,仿真中某时刻的作战过程仿真截屏如图 6 所示。

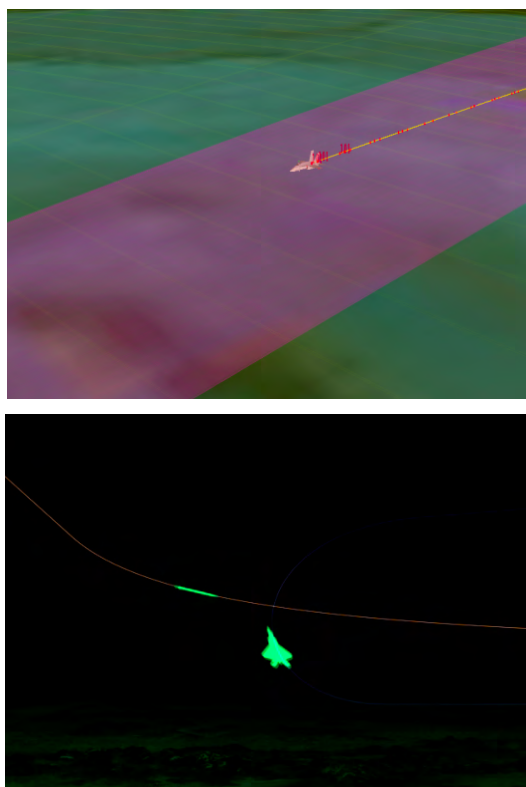


图 6 某时刻的作战过程仿真显示截屏
Fig. 6 A print screen of battle process simulation

可见,该仿真平台能够模拟防空导弹武器系统工作过程的整个场景,实现了比较逼真的防空导弹武器系统拦截目标的作战过程的场景模拟,使用户有了较强的沉浸感。

4 结论

本文提出了一种基于 Xsim 平台的防空导弹武器系统仿真平台设计方法,针对平台开发中的总体架构设计、模型设计、仿真流程设计等环节进行了研究,并给出了设计思路。经过开发的某防空导弹武器系统仿真平台的应用证明,该平台可以较好的开展防空导弹武器系统作战过程仿真,可用于支撑防空武器装备各阶段的仿真工作,可提升复杂战场环境下防空反导武器装备研发论证及设计能力,具有较强的实用参考价值。

参考文献:

[1] 骆福宇, 马瑾. 基于虚拟化的舰炮武器系统仿真技术研究[J]. 舰船论证参考, 2015(3): 53-56.

Luo Fuyu, Ma Jin. Study of naval gun weapon systems simulation technology based on virtualization[J]. Ship Demonstration, 2015(3): 53-56.

[2] 夏丰领, 刘晓宁, 张宏飞, 等. 基于 HLA 和 DIS 的空空导弹综合仿真方法研究[J]. 系统仿真学报, 2013, 25(3): 455-459.

Xia Fengling, Liu Xiaoning, Zhang Hongfei, et al. Integrated AAM Simulation Approach Based on HLA and DIS[J]. Journal of System Simulation, 2013, 25(3): 455-459.

[3] 王鑫, 徐磊, 苏智勇. 强激光武器协同防空作战仿真系统设计[J]. 系统仿真学报, 2016, 28(9): 1990-1995.
Wang Xin, Xu Lei, Su Zhiyong. Design of simulation System about Laser Weapon Cooperative Engagement[J]. Journal of System Simulation, 2016, 28(9): 1990-1995.

[4] 王彬, 黄少罗, 王广彦. 远火分队机动过程中动态模型研究[J]. 系统仿真技术, 2016, 12(3): 183-187.
Wang Bin, Huang Shaoluo, Wang Guangyan. The Research on the Dynamic Model in the Maneuvering Process of Long-range Rocket Unit[J]. System Simulation Technology, 2016, 12(3): 183-187.

[5] 陈怀瑾. 防空导弹武器系统总体设计和试验[M]. 北京: 宇航出版社, 1991: 85-123.
Chen Huaijin. The Overall Design and Test of Air Defense Missile Weapon System[M]. Beijing: Astronautics Press, 1991: 85-123.

[6] 方辉煜. 防空导弹武器系统仿真[M]. 北京: 宇航出版社, 1995: 40-100.
Fang Huiyu. Anti-aircraft Missile Weapon System Simulation[M]. Beijing: Astronautics Press, 1995: 40-100.

[7] 张宇宏, 胡亚海, 彭晓源, 等. 基于 HLA 的防空导弹武器系统仿真平台研究[J]. 北京航空航天大学学报, 2003, 29(1): 1-4.
Zhang Yuhong, Hu Yahai, Peng Xiaoyuan, et al. Research of Air Defense Missile Weapon System Simulation Platform Based on HLA[J]. Journal of Beijing University of Aeronautics and Astronautics, 2003, 29(1): 1-4.

[8] 王鹏, 刘文甫, 欧阳海波, 等. 基于 HLA/Virttools 的高炮武器系统仿真平台设计[J]. 系统仿真学报, 2013, 25(8): 1940-1946.
Wang Peng, Liu Wenfu, Ouyang Haibo, et al. Design of Anti-aircraft Gun Weapon Sysem Simulation Platform Based on HLA/Virttools[J]. Journal of System Simulation, 2013, 25(8): 1940-1946.