

空空导弹武器系统作战效能评估系统设计

李晓明, 李娜, 董守贵, 曾砾堂
(中国人民解放军95972部队, 甘肃酒泉 735018)

摘要: 作战效能是系统效能在作战对抗条件下的最终体现, 作战效能的分析与评估是导弹武器系统性能评定的最高层次。针对空空导弹武器系统靶场试验鉴定需要, 以空空导弹武器系统未来作战训练和型号改进为牵引, 提出了空空导弹武器系统作战效能评估内容和方法, 介绍了作战效能评估系统的设计目标、体系结构、模型组成及系统工作流程。通过仿真实例给出了在不同对抗条件下空空导弹的作战效能。

关键词: 空空导弹; 效能评估; 试验鉴定; 系统设计

中图分类号: V271.4; TJ410

文献标志码: A

文章编号: 1671-637X(2013)12-0101-04

Design of an Operational Effectiveness Evaluation System for Air-to-Air Missile System

LI Xiaoming, LI Na, DONG Shougui, ZENG Litang
(No. 95972 Unit of PLA, Jiuquan 735018, China)

Abstract: Operational effectiveness is the ultimate expression of system effectiveness under countermeasure condition, and the analysis and evaluation of operational effectiveness is the tallest level of missile system assessment. Considering the necessity of air-to-air missile range test, and the demand of operational training and function improvement for air-to-air missile in the future, the contents and methods of operational effectiveness evaluation for air-to-air missile are discussed. The design objective, system architecture, model constitution and work procedure of the operational effectiveness evaluation system are presented. The operational effectiveness of air-to-air missiles under different countermeasure conditions is given through simulation.

Key words: air-to-air missile; effectiveness evaluation; test and evaluation; system design

0 引言

现代战争中, 各类高技术侦察手段和先进技术的综合应用, 形成了“陆海空天电”等多维空间的立体式战场环境, 它对武器装备在实战中如何有效地保存自己和更有力地打击敌方提出了新的更高要求, 除了武器装备本身的各项性能指标必须满足一定需求外, 更重要的是要求武器装备在实战条件下具有较强综合作战能力和较好的整体完备性^[1]。武器装备作战效能是武器装备发展的最高层次, 它贯穿于武器装备的全寿命管理过程。目前, 被大多数研究者所接受或公认的武器装备作战效能抽象定义为: 在预定或规定的作战使用环境下, 考虑其组织、战术、生存能力和威慑条件

等, 系统完成规定任务的能力。作战效能评估是系统工程中最具军事特色而又十分困难的问题, 同时又是许多军事决策研究必需的内容。

1 需求性分析

作战效能评估已成为世界各军事强国对武器装备进行综合评价的有效手段, 同时也为武器装备的发展和应用提供重要的决策依据。受实际条件限制, 目前国内靶场对空空导弹武器系统的试验鉴定主要是以研制总要求为依据, 重点对导弹武器系统的性能或单项效能(抗干扰、制导精度、毁伤效果等)进行评估, 针对作战效能评估的手段和方法较少。建立空空导弹武器系统作战效能评估系统, 除了能对空空导弹武器系统性能进行评估外, 还能在此基础上, 选用适当的评估方法和体系标准对武器系统的系统效能和作战效能进行综合评估, 使得经过靶场鉴定的导弹武器系统不仅能

满足型号研制总要求的规定,更能充分考虑导弹武器系统在规定战场环境和作战背景下的作战使用性能,为导弹武器系统的改进和完善提供数据支撑,也为部队作战训练提供有价值的参考依据。

2 评估内容及方法

根据靶场实际需求,系统能够完成对空空导弹武器系统单项效能、系统效能和作战效能的评估^[2-3],评估方法如下所述。

1) 以作战仿真法为基础,结合使用适当的统计方法和效能模型,计算武器系统的单项效能、系统效能和作战效能。

2) 系统效能指标采用 ADC 模型计算,其中可用度向量 A 和可信度矩阵 D 利用可靠性和维修性外场试验数据计算,能力向量或矩阵 C 通过作战仿真试验获得,最后综合为单一数值或向量表示的系统效能。

3) 单项效能指标与作战效能指标利用作战仿真试验结果数据统计计算。

4) 采用适当的加权模型算法,将多品质因素的单项效能、系统效能指标或统一层次多个作战效能指标综合为单一指标值,满足武器系统执行相同任务或在不同条件下执行某项任务的效能比较等需求。

3 系统总体设计

3.1 建设目标

系统从靶场武器系统作战效能评估实际需求出发,构建可扩展的开放式数字仿真平台,评估空空导弹武器系统在想定的作战环境条件下,特别是电子对抗条件下完成任务的能力,探索基于建模与仿真的作战效能评估方法与流程,为航空武器装备试验与鉴定提供新手段。

3.2 系统组成

空空导弹武器系统作战效能评估系统组成如图 1 所示。

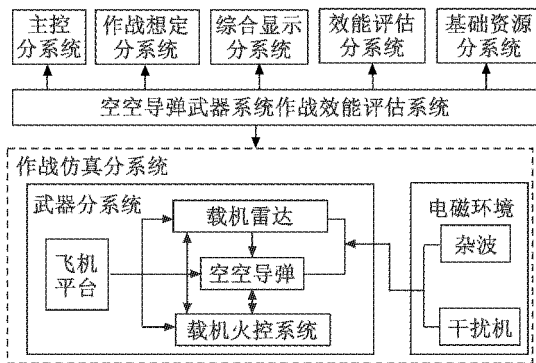


图 1 作战效能评估系统组成

Fig.1 Constitution of operational effectiveness evaluation system

系统设计为如下六大分系统。

1) 主控分系统,实现对整个仿真评估系统的调度、控制、监视、数据交互管理等功能,发挥指控中心的作用。

2) 作战想定分系统,实现作战想定的编辑、编译、生成、加载、解算和管理等功能,为仿真试验运行提供必要的战情配置和参数设置。

3) 作战仿真分系统,实现预定作战想定条件下仿真系统的构建、初始化、仿真运行、结果记录等功能,并为综合显示分系统和效能评估分系统提供必需的数据。

4) 综合显示分系统,利用作战仿真分系统提供的数据,以二维、三维等方式实现作战仿真过程中各种状态和结果数据的多样化表现,包括实时显示和事后回放。

5) 效能评估分系统,是整个作战效能评估系统的核心部分,通过所建立的多层次评估指标体系,综合利用仿真试验数据和靶场试验数据,实现对空空导弹武器系统作战效能的评估。

6) 基础资源管理分系统,是整个评估系统的基础,负责管理和维护仿真评估系统所需的各种模型和数据,为系统的运行提供必要支撑。

3.3 系统软件结构

空空导弹武器系统作战效能评估系统设计为一个基于 HLA 的全数字仿真系统^[4],支撑框架软件选用 RTI,RTI 是控制系统仿真平台运行的核心,各联邦成员间通过它进行数据交换,满足 HLA 接口规范的成员可灵活地加入和退出仿真的执行,系统具有很好的开放性和可扩充性。软件结构见图 2。

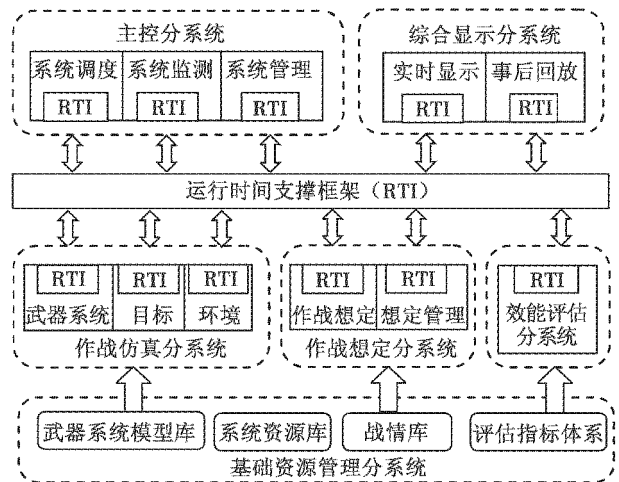


图 2 作战效能评估系统软件结构

Fig.2 Software framework of operational effectiveness evaluation system

3.4 系统硬件结构

系统硬件结构如图 3 所示,整个系统运行在千兆

局域网中,所有服务器、工作站通过千兆交换机连接在一起。系统硬件主要包括运行各联邦成员的工作站,蓝方、红方及综合显示工作站,刀片服务器中心,数据记录回放服务器,网络交换机等。由于个别模型仿真过程中的计算量很大,采用单台工作站很难满足整个系统仿真的时效要求,所以选择刀片服务器中心作为仿真与数据处理的计算核心^[5],将大量的数学计算交给刀片服务器中心进行计算,大大减少了模型的运算时延,提高了系统仿真的速度。

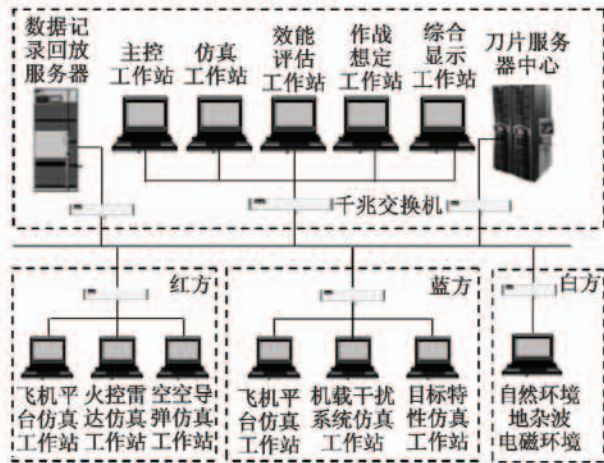


图3 作战效能评估系统硬件结构

Fig.3 Hardware framework of operational effectiveness evaluation system

3.5 系统软件运行环境

- 1) 操作系统:Microsoft Windows Server 2003 中文企业版。
- 2) 设计语言与开发工具:Visual C++ 2005 语言。
- 3) 仿真支撑软件:HLA 仿真应用开发工具,包括 HLA 应用建模工具软件、HLA 应用系统运行支撑工具软件 RTI 等。
- 4) 数据库软件:SQL Server 2005 数据库系统。
- 5) 地理信息系统软件:MapX 5.0。
- 6) 视景环境开发工具:MultiGen Creator 3.0。

3.6 仿真模型

作战仿真是整个系统的核心,而作战仿真的基础是仿真模型。按照系统设计的要求,为了满足在预定自然、电磁环境和对抗条件下的系统单项效能、系统效能和作战效能评估,需设计飞机平台模型、空空导弹模型、目标模型和环境模型等 7 大类仿真模型,具体模型名称及类型见表 1。由于系统涉及模型较多,飞机、导弹相关模型使用研制单位已经建立好的仿真模型,环境模型和目标特性计算模型根据需要进行开发。各仿真模型间按照系统仿真模型总体要求规范预留接口,实现仿真模型之间的相互交互。

表 1 作战效能评估模型

Table 1 Operational effectiveness evaluation system model

名称	类型
飞机平台仿真模型	飞机运动学、动力学模型,飞行控制模型,飞机惯导系统模型,飞机大气数据系统模型
飞机机载雷达模型	雷达天线模型,雷达发射机、接收机模型,雷达信号处理模型,雷达数据处理模型
飞机火控系统模块	火控解算模型,发射控制模型,飞机显控模型
空空导弹模型	运动学和动力学模型,导引头模型,推进系统模型,飞行控制系统模型,引战系统模型,误差模型
目标机模型	与飞机平台模型基本相同
目标特性计算模型	目标雷达特性计算模型,目标红外特性计算模型,目标易损性模型,干扰吊舱和干扰机模型
环境模型	通用干扰信号模型,自然环境模型、地杂波模型

为了确保作战效能评估系统的置信水平,需要对仿真模型进行校验,对其置信度进行评定,本系统主要以靶场飞行试验数据、外场试验数据、实测数据和实验室数据为依据,按照文献[6]所述方法对仿真模型进行校验和验证,确保仿真模型的置信度满足设计要求。

3.7 系统工作流程

空空导弹武器系统作战效能评估系统工作流程设计有两种运行模式,一种是分系统独立运行模式,另一种是全系统联合运行模式。其中,全系统联合运行模式下武器系统作战效能评估流程如图 4 所示。

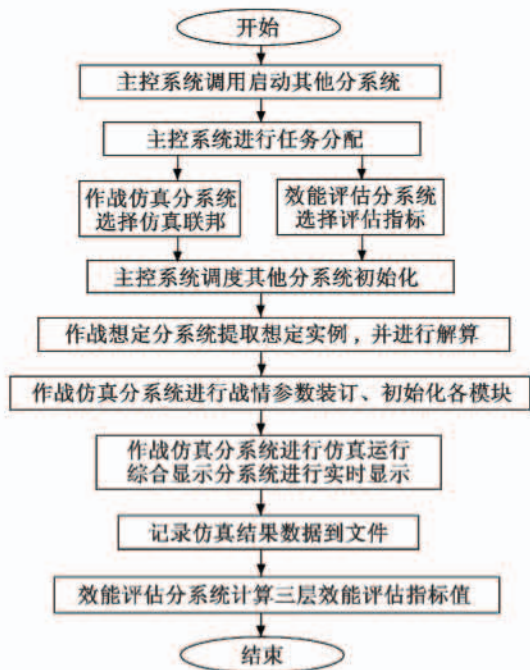


图4 作战效能评估流程

Fig.4 Flow chart of operational effectiveness evaluation system

1) 系统运行后,主控分系统启动,并由主控分系统来启动和调用其他分系统。

2) 其他分系统启动后,由主控分系统将各分系统所承担的任务向各分系统分发。

3) 分系统收到任务后,进行必要的决策和选择,作战仿真分系统选定本次运行对应武器系统相关的仿真邦员,效能评估分系统根据评估任务和目的选择相应的评估指标体系。

4) 任务分配完毕后,主控分系统调用其他各分系统进行初始化操作。

5) 作战想定分系统根据作战任务需要提取和加载想定实例。

6) 作战想定分系统向作战仿真分系统联邦成员下发战情数据,各联邦成员接收到数据后进行参数装订和模型初始化。

7) 在主控分系统的协调和调度下,作战仿真分系统进行仿真运行,综合显示分系统对作战仿真的态势进行实时显示。

8) 作战仿真运行结束之后,效能评估分系统利用记录的仿真运行数据,计算单项效能、系统效能和作战效能三层评估指标。

4 作战效能评估实例

本评估实例根据预定环境下的作战条件,为夺取制空权,假设作战对手为 F-XX 飞机,我方飞机(高度 8000 m,真速 900 km/h)与敌方飞机(高度 6000 m,真速 750 km/h)在 100 km 以外形成 30°侧迎头攻击态势,双方飞机均挂载主动雷达制导空空导弹。敌方飞机在我方飞机发射空空导弹前、后利用干扰吊舱对机载火控雷达实施有源压制性干扰,在导弹快要进入末制导前对导弹实施箔条干扰和引信干扰,评估实例中分别在有干扰和无干扰条件下对我方导弹武器系统作战效能进行评估计算,得出在有干扰和无干扰条件下的计算结果,如表 2 所示。

表 2 作战效能计算结果

Table 2 Operational effectiveness result

序号	名称	结果	
		无干扰	有干扰
1	雷达探测识别能力	0.922	0.817
2	雷达截获能力	0.948	0.773
3	火控解算能力	0.988	0.854
4	导弹发射能力	0.977	0.816
5	导弹中末制导交接能力	0.996	0.826
6	导弹末制导能力	0.954	0.713
7	导弹单发杀伤概率	0.830	0.723
8	导弹双发杀伤概率	0.983	0.786
9	作战效能	0.847	0.601

通过分析表 2 中的计算结果可以得到,干扰环境对机载雷达及空空导弹的探测、截获、末制导都有较大影响,从而导致导弹制导能力严重下降,作战效能明显降低。因此,要提高雷达制导空空导弹武器系统在干扰条件下的作战效能,一方面应设计抗干扰能力比较强的末制导雷达导引头,提高导弹的抗干扰能力;另一方面要针对干扰环境对抗条件,研究空空导弹武器系统的作战使用。

参考文献

- [1] 方洋旺,伍友利,方斌. 机载导弹武器系统作战效能评估[M]. 北京:国防工业出版社,2010.
- [2] 杨榜林,岳全发,金振中,等. 军事装备试验学[M]. 北京:国防工业出版社,2002.
- [3] 朱宝鉴,朱荣昌,熊笑非. 作战飞机效能评估[M]. 北京:航空工业出版社,1993.
- [4] 史扬,肖明彦,陆铭华,等. 基于 HLA 的潜艇作战仿真平台设计与实现[J]. 系统仿真学报,2010,22(9): 2106-2109.
- [5] 何芳,单庆晓,杨柳,等. 基于刀片式服务器的遥感数传基带处理系统设计[J]. 计算机测量与控制,2011,19(3):668-672.
- [6] 廖瑛,邓万林,梁加红,等. 系统建模与仿真的校核、验证与确认(VV&A)技术[M]. 长沙:国防科技大学出版社,2006.

欢迎投稿 欢迎刊登广告