

doi: 10.3969/j.issn.1006-1576.2011.09.003

## 基于虚拟仿真的火箭武器系统决策分析法

付昆, 于存贵

(南京理工大学机械工程学院, 南京 210094)

**摘要:** 针对传统武器专家系统缺少动态预测功能和机理性解释的问题, 提出基于虚拟样机仿真的多管火箭武器专家系统集成框架, 建立仿真模型, 对多管火箭武器发射系统性能进行没有伺服系统控制、全过程控制和间断性控制 3 种控制方式的仿真分析, 并通过实例进行演算。结果表明: 该模型是可行、有效的, 可为解决武器系统分析提供一种有效、直观的新途径。

**关键词:** 火箭武器; 虚拟仿真; 决策

**中图分类号:** TJ413<sup>+</sup>.4 **文献标志码:** A

## Analysis of Rocket Weapon System Decision Based on Virtual Simulation

Fu Kun, Yu Cungui

(School of Mechanical Engineering, Nanjing University of Science & Technology, Nanjing 210094, China)

**Abstract:** In view of the defects in classical expert system exist that the lack of dynamic prediction function and principium illumination problem, an improved frame work of multiple rocket weapon expert system based on virtual simulation model is proposed. By building the virtual simulation model, and multiple rocket launch weapon system performance without servo system control, process control and intermittent control three control mode of the simulation analysis, and taking an example calculation. The results show that the model is feasible and effective, can provide an efficient and intuitionistic new way for solve the weapon system analysis.

**Keywords:** rocket weapon; virtual simulation; decision

### 0 引言

传统的武器专家系统主要以武器专家经验为基础, 是通过知识库和推理机来模拟专家进行推理、判断和决策的。这种系统侧重于经验分析, 缺少动态预测功能和机理性解释, 定量科学计算推理能力较弱, 不能保证系统推理的准确性和全面性。随着科学技术的发展进步以及用户需求领域的不断增加, 近年来出现的决策型专家系统在工程实践中得到了广泛应用。决策型专家系统是对各种可能的决策方案进行综合评判和选优的一类专家系统。多管火箭炮是一套复杂的武器系统, 在系统的评价与效能分析过程中存在以下问题<sup>[1]</sup>: 1) 试验手段的限制和基本数据的欠缺, 可能影响各因素数据参数的准确性; 2) 由于没有从原理上得到各因素间的相关性质, 权重系数的选取过分依赖于专家意见, 导致权重系数的选取有时差别极大。

仿真系统与专家系统有着相似性和差异性。仿真系统与专家系统的相似性, 主要是它们表现的都是某一种描述方法对被研究的物理系统建立模型, 通过对模型的求解, 达到支持决策的目的。这些模型都是由一段或一组计算机程序组成。计算机程序中的数据包含着物理系统中的静态信息, 而计算机

程序中的执行代码又包含着物理系统中各个元素之间的关系, 或物理系统中的动态信息。其差异性表现在以下方面: 1) 建立的被研究物理系统模型中的信息内容有所不同, 即仿真模型包含了逻辑空间与时间 2 个方面的信息; 2) 仿真系统与专家系统支持决策的途径不同, 即专家系统是为使用者直接提供决策支持, 仿真系统则是为决策者提供仿真结果, 并对这些数据进行分析得到决策。

因此, 笔者将虚拟仿真与决策技术相结合, 二者互相补充、互相依赖、发挥各自的辅助决策优势, 进一步提高多管火箭武器系统分析的辅助决策能力。

### 1 基于虚拟样机动力学仿真的多管火箭炮专家系统框架

#### 1.1 多管火箭炮发射系统效能指标体系

火箭武器的系统分析决策主要包括效能、费用和分析, 就三者之间的重要性而言, 效能是最重要的决策指标。根据 AHP 方法建立的多管火箭炮发射系统效能指标体系, 可以清晰地表示出各级效能指标的重要程度。对任何武器系统来说, 战斗性能都应该是系统效能中最重要指标, 它包括精度指标、火力性能指标、机动性能指标、防护性能指标、可用性能指标。

收稿日期: 2011-05-27; 修回日期: 2011-06-09

作者简介: 付昆(1982—), 男, 贵州人, 仡佬族, 硕士, 从事兵器发射理论与技术、火炮性能可靠性分析研究。

多管火箭炮的精度指标又是战斗性能中最重要的指标，由火力密集度、准确度等因素组成<sup>[2]</sup>。通过动力学仿真技术，实现对多管火箭炮发射系统密集度参数的提取和权重分析，获得最优解，为其研制与作战使用提供决策依据。

### 1.2 整体框架

为了更好地解决武器系统分析的全面准确性问题，可以将武器系统的几何拓扑模型与具体的动力学机理模型有机结合，见图 1。该系统框架由模型管理模块、知识库管理模块、推理机、数据库管理模块以及模型库、知识库、数据库和人机交互接口组成<sup>[3]</sup>。模型管理模块负责协调各模型之间的工作，实现不同目标的定量推理；数据库包括资源数据库和用户数据库；数据库管理模块负责协调数据库给知识库；知识库管理模块负责对各种知识进行比较、筛选、提炼，获得可靠知识。通过仿真系统与专家系统的数据连接，提取到专家系统决策所需数据，使专家系统根据知识库中相应的知识进行对比计算推理，以获得可靠知识，充分发挥智能决策支持系统的辅助作用。因此，把武器仿真模型和军事专家系统知识模型结合起来形成的多管火箭武器智能专家系统，将互相补充、互相依赖、发挥各自的辅助决策优势，实现更有效的辅助决策。

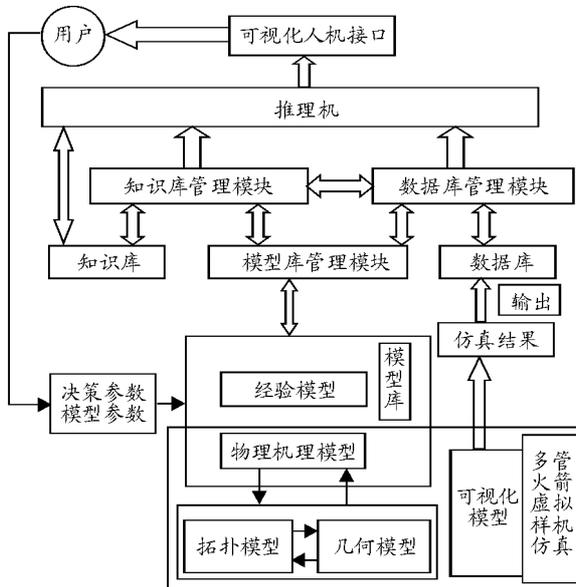


图 1 系统结构框示意图

### 1.3 系统应用研究

应用 ADAMS 多体动力学的理论<sup>[4]</sup>，根据多管火箭发射系统的特点，将影响发射过程精度因素的发射系统简化为高低和回转部分，确定好二者的拓扑关系后，建立好机电液控一体化仿真模型，通过

设定定向管口俯仰、回转上的角位移、角速度的参数，对多管火箭发射系统发射过程进行仿真分析，并对火箭弹密集度进行计算，以此验证伺服控制系统对减小多管火箭炮发射振动的关系，为分析多管火箭武器系统效能问题提供决策依据。

#### 1.3.1 发射全过程控制仿真分析

多管火箭炮在发射过程中，有 40 发火箭弹将被发射，每发弹的发射间隔为 0.5 s，对加载了液压伺服系统的某新型 40 管履带式多管火箭炮进行仿真分析，通过仿真得到结果如表 1。

表 1 某新型 40 管履带式多管火箭炮密集度对比结果

方式	密集度	
	$E_z/X$	$E_x/X$
没有伺服系统控制	1/125	1/211
有伺服系统控制	1/140	1/225

从表 1 可以看出，采用伺服控制后，虽然定向管口的振动有效的衰减了，但是多管火箭炮的密集度指标并没有明显提高。

#### 1.3.2 发射状态间断性控制方法仿真分析

为了解决伺服控制系统仅有效控制了发射装置的振动，对密集度影响不大的问题，提出了发射状态间断性控制方法，即：使用开关装置，仅在火箭弹出管后至下一发火箭弹发射前这一时间段进行伺服控制。这样就避开了全过程控制时加剧了弹管间碰撞的不足，如表 2。

表 2 不同控制方法情况密集度对比结果

方式	密集度	
	$E_z/X$	$E_x/X$
没有伺服系统控制	1/125	1/211
全过程控制	1/140	1/225
间断性控制	1/154	1/247

从表 2 可以看出，采用间断性控制方法同样能有效对发射装置振动进行衰减，同时，由于在管内运动时期没有进行控制，不影响火箭弹的管内运动姿态，这样就能有效提高多管火箭炮的密集度水平。

笔者将仿真数据与专家系统进行数据连接和分析得出：没有伺服系统控制、全过程控制和间断性控制 3 种因素对起始扰动影响重要程度的结论<sup>[5]</sup>，这对多管火箭武器系统效能相关问题的决策分析提供了新的途径。

## 2 结论

笔者提出的利用基于虚拟仿真的多管火箭炮专家系统，就是将多管火箭发射动力学的成熟理论知识和专家知识作为专家系统的知识库，该分析结果证明可以有效分析多管火箭武器系统效能指标。