

doi: 10.7690/bgzdh.2016.01.023

基于 UML 的陆军信息火力战概念建模

曹彦, 李雄

(装甲兵工程学院装备指挥与管理系, 北京 100072)

摘要: 陆军信息火力战在未来作战中的地位十分重要, 为满足信息火力战仿真需求, 对陆军信息火力战概念建模问题进行了研究。简述了军事概念建模的基本概念、建模过程, 在对陆军信息火力战格式化描述的基础上, 采用统一建模语言对其进行形式化描述, 分别建立了陆军信息火力战静态模型和动态模型。通过建立陆军信息火力战概念模型, 实现了军事人员和技术开发人员间的交流, 为下一步陆军信息火力战仿真奠定基础。

关键词: 陆军信息火力战; 统一建模语言; 作战实体; 军事概念建模

中图分类号: TJ03 **文献标志码:** A

Conceptual Modeling of Army Information-Firepower Warfare Based on UML

Cao Yan, Li Xiong

(Department of Equipment Command & Administration, Academy of Armored Force Engineering, Beijing 100072, China)

Abstract: Army information-firepower warfare will be more important in the future operation, in order to satisfy the needs of information-firepower warfare simulation, the problem of conceptual modeling of army information-firepower warfare is studied. Basic concept and modeling process of military conceptual modeling is described, based on the formative description of army information-firepower warfare, the method of unified modeling language (UML) was used in formalization description and the static conceptual model and the dynamic conceptual model of army information-firepower warfare are established. According to build the conceptual model, the communication between military personnel and technical developer is realized and the foundation of army information-firepower warfare simulation is laid.

Keywords: army information-firepower warfare; UML; combat entity; military conceptual modeling

0 引言

陆军信息火力战, 是指信息力与陆军自身打击兵器为主的火力高度融合, 以精确的火力机动和高效的火力毁伤为基本形态, 以信息火力一体化打击为基本手段, 直接达成一定作战目的的一种形式^[1]。

相比较实兵演习和实兵检验, 对信息火力战进行建模与仿真分析, 具有成本低、实施难度小的优点, 对信息火力战的资源优化及提供决策支持有着重要意义。由于军事人员和仿真技术人员专业知识背景不同, 对模型的理解存在一定偏差, 常常会给后期的仿真工作造成很大的困难, 对军事概念模型的研究, 就是为了解决这个问题。建立军事概念模型可以使仿真技术人员了解作战系统的组成、功能及行为, 是连接军事需求与作战仿真系统之间的桥梁, 能解决军事人员与技术人员间沟通的难题^[2]。

统一建模语言(unified modeling language, UML), 是一种定义良好、易于表达、功能强大的建模语言, 能够描述静态及动态面向对象系统^[3], 是军事概念建模的重要工具。

UML 可以准确地描述“火力战”的作战实体、任务、交互、活动的内在逻辑, 是作战行动模型构

建方法的重要内容, 可以适应不断变化的技、战术对陆军信息火力战行动仿真提出的新需求^[4]。笔者以统一建模语言(UML)为建模工具对陆军信息火力战作战行动进行概念建模。

1 军事概念建模的定义和建模过程

1.1 军事概念模型定义

军事概念模型(MCM)是独立于软件实现, 面向模拟系统军事需求获取和校核、验证与确认(VV&A)执行过程。在通用(或局部认同)的语义环境下, 用军事人员、对象分析人员、模拟开发人员都能理解的、无二义性的形式化语言, 对他们所共同关注的作战任务空间内存在的、对现实模拟应用目标有意义的动态行为、静态实体及实体行为控制规则等, 进行结构化或半结构化描述的集中知识体^[2]。

1.2 概念建模过程

通常概念模型的开发分为以下阶段: 1) 知识获取, 即从现实世界、领域专家(军事人员)获取知识信息; 2) 模型描述, 以精确定义的语言表示模仿模型, 是设计过程, 这里包括格式化描述和形式化描述; 3) 概念模型的验证, 即验证概念模型的合理性,

收稿日期: 2015-08-26; 修回日期: 2015-09-25

基金项目: 国家自然科学基金项目(61473311); 北京市自然科学基金项目(9142017); 军队科研计划项目

作者简介: 曹彦(1988—), 男, 江苏人, 在读硕士, 从事作战模拟研究。

是校核检验的过程。军事概念建模过程如图 1 所示。

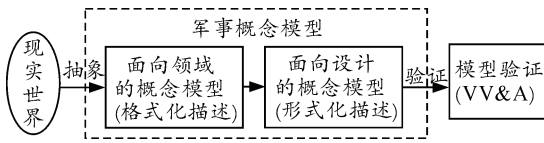


图 1 军事概念建模过程

格式化描述^[5]是指军事人员以图、文、表等标准、规范的表现形式，将军事行动描述成技术人员容易理解的信息，其主要问题就是军事知识的规范表示。它是知识获取的过程，根据一定的知识获取方法，按照预定的格式，参考各种资料，对军事知识进行再现。格式化描述的获取主要通过权威参考文献和军事专家咨询 2 种方式实现。

形式化描述^[4]实质上是采用一定的形式化描述语言将文档型内容转换为图形化语言的表达方法。形式化描述可以从静态和动态 2 方面对现实世界进行描述，对于技术开发人员而言，图形化语言表述直观而准确。这里用采用 UML 统一建模语言对陆军信息火力战实体、结构、行为及交互进行描述。

笔者主要以模型描述为重点来探讨陆军信息火力战军事概念建模问题，其中包括陆军信息火力战军事概念格式化描述和形式化描述问题。

2 陆军信息火力战格式化描述

2.1 组成

陆军信息火力战从概念上讲，主要是为达成战役战术目的，使用炮兵火力、直升机火力和各种防空火力，在信息系统的支持下，对敌目标进行精确的火力突击。陆军信息火力战作战体系在通常情况下与信息化条件下的陆军作战体系保持基本一致，主要由情报侦察系统、指挥中心、火力中心、作战单元等组成^[6]。

2.2 功能

各作战系统的功能如下：情报侦察系统由设在地面的各种侦察情报雷达、无人侦察机、侦察车、战场传感器、卫星及其网络、情报处理器等组成。主要作用是掌握战场情报，对情报进行融合处理，供指挥机构分析、决策；提供精确的目标信息，用于作战单元目标识别、计算，并对目标进行打击；监控战场态势，捕获目标实时状态，并将目标信息实时反馈，以便指控系统及时评估打击情况。

指挥中心是陆军信息火力战的“中枢”，主要职责是组织战场目标侦察、根据火力计划定下火力作战决心、掌握战场情况发展变化，指挥各作战单元

完成火力任务。

火力中心是陆军信息火力战的协调机构及辅助决策部门，主要职责是掌握诸兵种火力战力量遂行任务的能力状况、提出火力运用的建议、拟制火力作战计划、组织火力协调协同、对目标毁伤情况进行评估。

作战单元主要包括信息作战群、炮兵群、空中突击群及防空群，主要目的是直接消灭敌有生力量、干扰敌指挥中枢、破坏敌战场设施。

2.3 行为

陆军信息火力战作战行动，包括组织情报侦察、信息作战、火力突击、空中突击和防空反击等一系列作战行动。

3 陆军信息火力战形式化描述

陆军信息火力战军事概念模型形式化描述采用的是 UML 的方法。首先是描述需求，用用例图从用户的角度来描述陆军信息火力战系统的功能；其次根据需求构造系统的静态结构，用类图来描述类或对象之间的关系；最后是建立动态模型，主要用时序图、状态图来描述系统的行为，反映实体之间的交互关系^[7]。

3.1 功能需求

在信息与火力高度融合的基础上，陆军信息火力战在联合火力作战体系中担负着对敌陆地及空中目标的打击任务。陆军信息火力战作战行动的参与者包括指挥中心、火力中心、侦察系统及作战单元等，如图 2 所示。采用用例图对陆军信息火力战系统范围进行了描述以及任务刻画，界定了各行为主体的职责和功能，根据作战实际完成相应的任务并形成用例，各用例相互作用促进行动实施。

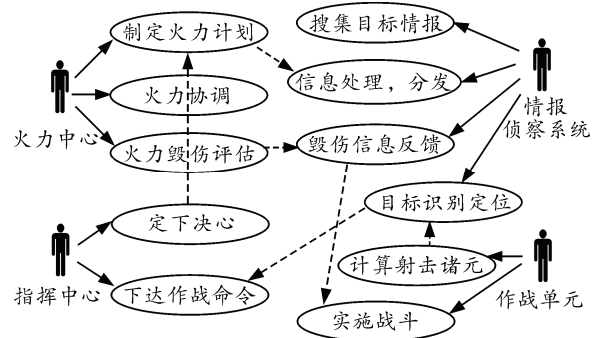


图 2 陆军信息火力战用例图

3.2 静态概念模型

实体是可以被仿真系统单独辨识的系统组分，是为达到系统目标而描述出来的活动对象^[8]。类可以描述某种类型实体的特征、属性以及使用方法，

这里可以用类图标志和分析陆军信息火力战用例模型中的所有实体，如图 3 所示，其中包括的实体有指挥中心、火力中心、侦察系统、炮兵群、防空群、空中突击群以及信息作战群。

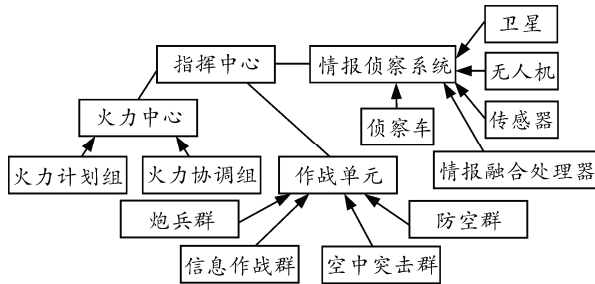


图 3 陆军信息火力战类图

3.3 动态概念模型

3.3.1 实体任务与动作分析建模

系统中的各类实体都有其独有的任务，在作战过程中表现出其具体的作战行为。陆军信息火力战作战行动中，指挥中心主要职责为指挥决策及战场调控；火力中心的任务即负责火力计划的制定、协调协同火力及打击效果评估；侦察系统的任务就是搜集敌目标信息并负责情报融合处理，实时提供决策支持及为作战单元执行火力打击提供目标信息；作战单元(炮兵群、空中突击群、防空群、信息对抗群)则是对敌目标进行电子压制，并实施火力打击，摧毁敌方目标。陆军信息火力战中，信息主导贯穿作战全过程，网络化信息系统使得侦、控、打、评等要素通常相互交织、联动反应、同步运行，实现火力战的高度聚合^[9]。UML 活动图可以描述实体实现目标所要执行的各项任务或活动的顺序或并行过程的行为。陆军信息火力战作战过程模型，可以基于 UML 活动图构建。如图 4 所示。

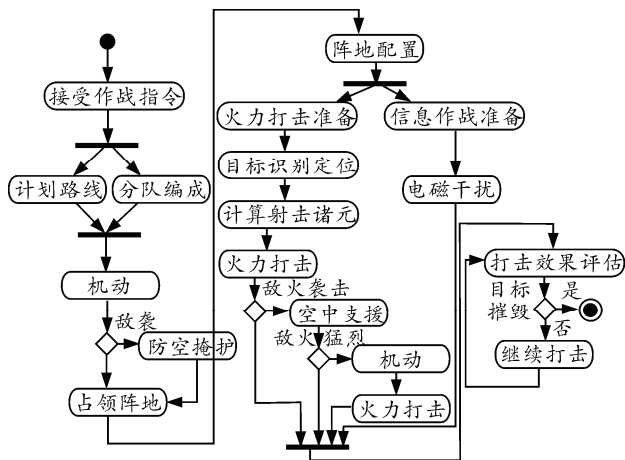


图 4 陆军信息火力战作战活图

3.3.2 作战实体间交互分析建模

陆军信息火力战是在信息与火力高度融合的基

础上，达到精确摧毁敌目标的目的，参战要素多，各作战主体在特定空间展开行动，在信息流的主导下，相互联系紧密；因此，交互模型需体现各作战主体的任务、作战时机以及相互间交互、协作的关系。采用 UML 的顺序图能够分析实体之间的交互情况，描述作战流随时间推移的可视化轨迹。

如图 5 所示，用一个二维图描述系统中各对象间的交互关系，参加交互的对象放在图的上方，沿横轴方向排列，把发起交互的对象放在左边，下级对象依次放在右边。然后把这些对象发送和接收的消息沿纵轴方向按时间顺序从上到下放置。消息从一个对象的生命线到另一个生命线的箭头表示，箭头以时间顺序在图中从上到下排列^[10]。这样可以清晰地看到陆军信息火力战作战行动中从指挥中心到各作战主体信息流通的先后次序以及作战主体在行动中的自主协同与交互情况。当指挥中心下达侦察命令时，情报侦察系统对目标实施侦察，并反馈给火力中心，火力中心制定计划，进行火力编组，随后由信息作战群对目标进行电磁干扰，炮兵群对目标实施火力打击，同时防空群实施防空掩护；当目标难以消灭，可向火力中心协调空中支援；当打击完成后，情报侦察系统对目标侦察，搜集毁伤信息，由火力中心进行毁伤评估，决定下一步行动。

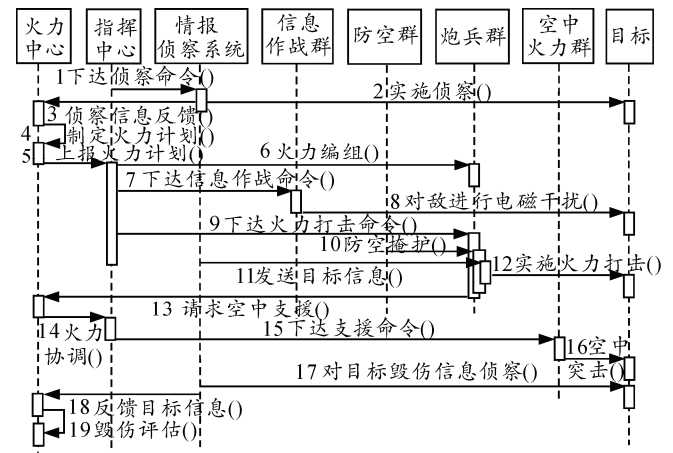


图 5 陆军信息火力战作战时序

毁伤评估在火力战中有着重要地位，信息火力战的毁伤评估突出实时化、网络化，依托网络化信息系统，确保指挥机构能实时掌握目标毁伤及作战目的实现程度，确定下一步打击行动，毁伤评估过程顺序如图 6 所示。

在建立陆军信息火力战的用例图、静态模型以及动态模型的基础上，即可建立陆军信息火力战计算机仿真模型。

通过陆军信息化火力战作战军事概念模型的描述，明确了陆军信息火力战作战体系的组成、基本

功能及作战行为，同时描述了系统中实体(类或对象)、活动、信息流及其相互之间交互关系，下一步需再进行军事概念模型验证。可采用 Petri 网的方法对军事概念模型进行校核验证，在此不再展开。

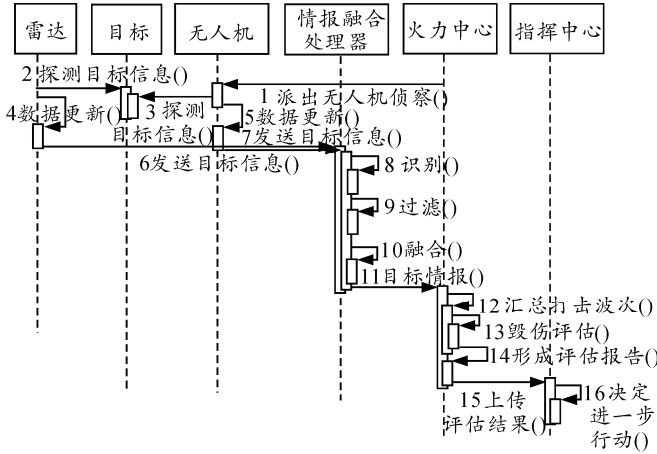


图 6 毁伤评估过程时序

4 结束语

陆军信息火力战在联合火力作战体系中的地位十分重要。基于信息系统的火力打击是未来发展的必然趋势，笔者对陆军信息火力战进行了概念建模研究，阐述了军事概念建模格式化描述与形式化描述的方法，将 UML 建模工具应用于陆军信息火力战，重点突出作战活动过程及各作战主体之间的交

互关系及信息的传递流程。该模型可作为下一步计算机仿真提供基础，具有一定的现实意义。

参考文献:

- [1] 曹淑信. 信息火力战[M]. 北京: 国防大学出版社, 2006: 2-4.
- [2] 王杏林, 曹晓东. 概念建模[M]. 北京: 国防工业出版社, 2007: 4-21.
- [3] Wu Xinyang, Wu Xiaoyue. A UML and XML Specification for Modeling of PMS[C]. 2013 International Conference on Quality, Reliability, Risk, Maintenance, and Safety Engineering (QR2MSE). Chengdu: IEEE, 2013: 41-45.
- [4] 刘晨, 王维平, 朱一凡. 体系对抗仿真模型形式规范研究[J]. 系统仿真学报, 2007, 19(2): 400-404.
- [5] 谢卫平, 邓苏, 谭东风. 概念模型工程研究[J]. 计算机仿真, 2003, 20(2): 120-122.
- [6] 张志伟. 陆军火力战[M]. 北京: 军事科学出版社, 2009: 48-87.
- [7] 熊会祥, 朱元昌, 邸彦强, 等. 某型自行高炮武器系统面向对象的作战模型建模[J]. 火力指挥与控制, 2009, 34(11): 168-170.
- [8] 胡晓峰, 司光亚. 战争模拟原理与系统[M]. 北京: 国防大学出版社, 2009: 75-80.
- [9] 路志强, 张志伟, 沈建华. 信息火力战研究综述[J]. 军事学术, 2012(12): 23-27.
- [10] 牛丽平, 郭新志, 宋强. UML 面向对象设计与分析基础教程[M]. 北京: 清华大学出版社, 2007: 90-92.

(上接第 74 页)

图 7、图 9 的 2 次实验结果均是在 15~20 s 达到参考输入值附近。由图可知：上升角的控制效果较好，稳定后偏差保持在 2°以内；但旋转角速度的波动达到±7°~±8°，这有一定原因。实验室三自由度飞机的传感器是位置传感器，只能输出旋转角度，要得到旋转角速度必须把测得的角度进行微分处理，离散的采样时间造成了旋转角速度含有规律的偏差，另外，实验过程中可能存在风干扰，实验场地不够空旷，螺旋桨产生的空气扰动由于实验场地的限制被一定程度地放大，对实验造成了较大影响。

4 结论

笔者以三自由度直升机实验系统为研究对象，设计了一种鲁棒控制器，并对其进行了仿真实验和半实物仿真实验。实验结果表明：当系统存在不确定外界干扰或系统模型存在不确定性时，鲁棒控制器仍能使控制系统稳定并满足预期要求，控制器鲁棒性较强，控制性能比较优越，具有较高的可行性和有效性。

参考文献:

- [1] 郑建华, 杨涤. 鲁棒控制理论在倾斜转弯导弹中的应用[M]. 北京: 国防工业出版社, 2001: 156-163.
- [2] 周克敏, Doyle J C, Glover K. 鲁棒与最优控制[M]. 毛剑琴, 钟宜生, 林岩, 译. 北京: 国防工业出版社, 2002: 465-471.
- [3] Apkarian P, Gahient P. Self-Scheduled H_{∞} Control of Missile via Linear Matrix Inequalities[J]. Journal of Guidance, Control and Dynamics. 1995, 18(3): 245-249.
- [4] Liu Qiang, Wie Bong. Robust Time-Optimal Control of Uncertain Flexible Spacecraft[J]. Journal of Guidance, Control and Dynamics. 1992, 15(3): 597-604.
- [5] 姜长生, 吴庆宪, 陈文华, 等. 现代鲁棒控制基础[M]. 哈尔滨: 哈尔滨工业大学出版社, 2005: 67-70.
- [6] 黄曼磊. 鲁棒控制理论及应用[M]. 哈尔滨: 哈尔滨工业大学出版社, 2007: 39-41.
- [7] 谢光华, 曾庆福. 基于 LMI 的航空发动机鲁棒 H_{∞} 控制器设计[J]. 航空学报, 2000, 21(2): 175-178.
- [8] 俞立. 鲁棒控制线性矩阵不等式处理方法[M]. 北京: 清华大学出版社, 2002: 89-95.
- [9] 王欣, 史忠科. 高阶 Riccati 方程加权阵选择方法及其在飞控中的应用[J]. 航空学报, 2005, 26(3): 328-333.
- [10] 王正林, 王胜开. Matlab/Simulink 与控制系统仿真[M]. 2 版. 北京: 电子工业出版社, 2009: 244-245.