

信息化作战装备体系及其论证方法

闫小伟¹, 邓甲昊², 李承延¹, 冯占林¹

1. 中国电子科学研究院, 北京 100041
2. 北京理工大学机电学院, 北京 100081

摘要 信息化体系作战已成为战争的重要形式和发展方向, 信息化作战装备体系成为实现对战场信息流精确获取、高效控制、综合使用, 提高联合作战能力、打赢信息化战争的根本保证。联合作战环境下的新一代信息化作战装备, 技术密集、作战管理复杂, 因此更加讲求从战略全局出发的总体筹划。本文概述了信息化作战体系的发展现状, 分析并总结了信息化作战体系的特点, 强调了装备体系论证的重要性, 着重论述了以“需求驱动、体系结构主导”为特征的武器装备体系论证方法及主要过程, 从而促进我军信息化作战装备体系建设的协调发展, 更好满足当前及未来信息化体系作战的需求。

关键词 体系作战; 信息化; 装备体系; 体系结构

中图分类号 E0-03, E917

文献标识码 A

doi 10.3981/j.issn.1000-7857.2012.15.008

Information-based Combat Equipments System and Its Verification

YAN Xiaowei¹, DENG Jiahao², LI Chengyan¹, FENG Zhanlin¹

1. China Academy of Electronics and Information Technology, Beijing 100041, China
2. School of Mechatronical Engineering, Beijing Institute of Technology, Beijing 100081, China

Abstract The information-based systematic operation becomes a major form of the war and a major direction of the development of related studies. The information-based warfare equipment system is the fundamental issue in the accurate information flow, the efficient control, and the comprehensive application in a battlefield, to enhance the joint combat capability and to win the information-based war. The new generation information-based combat equipments in the joint operational environment are technology-intensive, with complicated battle management, therefore, the planning and design of the weapons system based on the overall strategic situation is very important. This paper reviews the information-based operational system development, the characteristics of the system, the equipment system verification, and the main processes, which features "demand driven, system architecture dominant".

Keywords systematic combat; information-based; equipments system; system architecture

0 引言

信息化作战是以信息、信息处理和通信网络为主导方式的作战, 其实质是将信息技术渗入各种军事指挥系统和武器系统, 将信息获取、处理、共享全面融入作战过程^[1], 以提高作战决策的正确性和反应速度, 使部队和各种武器装备能够被

更好地控制, 相互配合、协同作战, 充分发挥潜在的能力, 实现信息支持和主导的一体化联合作战。信息化作战装备体系通过信息技术将传感器、武器和指挥控制系统等主要作战要素无缝连接, 提供信息按需共享机制, 提高作战图像与态势的实时准确生成能力, 从而将信息优势转化为决策优势, 实

收稿日期: 2012-03-16; 修回日期: 2012-04-27

作者简介: 闫小伟, 工程师, 研究方向为电子信息系统设计、建模与评估, 电子信箱: bityxw@163.com; 邓甲昊(通信作者), 教授, 研究方向为目标探测与信号处理, 电子信箱: bitdjh@sohu.com

现对诸军兵种力量或多作战单位的快速指挥和相互间在作战行动中的自主协同^[2],使武器系统的潜力得到充分发挥,部队作战效能获得大幅提高。

1 信息化作战体系的发展现状

当前,世界军事发展日新月异,新军事变革的进程进一步加快,基于信息系统的体系作战能力成为战斗力的基本形态,信息化作战装备成为战斗力的关键物质因素。新时期军事战略方针将联合作战确定为我军的基本作战形式^[3],这是对我军作战指导和建设方向的重大调整。联合作战体系是实现对战场信息流的精确获取、高效控制、综合使用,是提高联合作战能力、打赢信息化战争的根本保证。

以美国为首的世界军事大国尤其关注信息化体系作战能力的建设,以期实现作战系统资源的一体化和充分高效利用。美军的《2010 年联合作战框架》强调^[4]:多维作战优势的取得依赖于信息优势,且各种不同的传感器系统、指挥控制系统和武器系统通过信息网络有机连接在一起后,产生的总效能将远远大于各个独立武器系统的军事效能之和。

目前,美国一直在不断加强对现役防空反导系统一体化作战能力的改进,并积极将这种能力引入到在研防空反导系统中来,以适应未来更加复杂的现代空袭环境^[5]。一体化防空反导作战指挥系统(IBCS)旨在为美陆军防空反导构建一个集成了传感器、发射装置及作战管理、指挥控制、通信和情报(BMC3I)系统的网络中心体系的解决方案,开放式结构使任何一个传感器和发射装置都能够接入一体化的火控网络^[6]。IBCS 是实现联合一体化防空反导能力的第一步,将首次使美陆军“爱国者”系统和末段高层区域防御(THAAD)系统及其建制火控雷达、陆基先进中程空空导弹(SLAMRAAM)系统及“哨兵”防空雷达、“复仇者”导弹以及陆军正在部署的联合防御对陆攻击巡航导弹增强网络传感器系统(JLENS)等资源连为一体火控网络,通过利用防空反导发射装置和传感器,协同对各种空中目标实施先进的分层式防御。未来,美国一体化防空反导系统还将逐步提高一体化火控、超视距拦截和传感器全面联网等能力,使每个系统对其他系统都能够进行集中决策与控制。

进入 21 世纪后,俄罗斯更加重视作战体系的发展,从俄联邦的《国家安全构想》、《军事学说》,到《俄罗斯国家 2010 年前武器装备发展规划》^[7],可以说建设侦察打击一体化武器系统已成为俄罗斯武器装备发展的绝对优先方向之一。

2 信息化作战体系的特点

信息化作战体系通过各组成部分的网络互连、信息互通和功能互操作,弥补单一传感器和作战平台的局限性,增加感知和打击的空间范围和精度,提高系统应变能力、灵活性和整体效能^[8]。依据联合作战的需要,需实现作战系统的纵向、横向一体化。

纵向一体化是将侦察系统、指控系统与武器系统纵向较

链,实现目标探测、跟踪识别、指挥控制、火力打击和毁伤评估等作战功能的一体化应用,缩短从信息获取向对抗和打击系统的传递时间、充分发挥武器系统的效能,提高对抗和打击效果。纵向一体化是“传感器到射手”^[9]或“发现即摧毁”的体现。

横向一体化是突破军兵种以及不同作战集群所需信息、对抗和打击力量的局限,发展不同平台的目标侦察、跟踪系统,建立联合指挥所,达到陆海空天各作战单元和作战部队的横向互联、最大限度的减少重复投入,最大限度的发挥侦察信息的作用,最大限度的发挥对抗和打击系统的火力。

作战系统一体化可提高系统探测的范围和精度,决策的效率和准确性,对抗打击的反应速度和命中率。在非一体化情况下,各作战系统独立运行,不用考虑其他系统的存在,但在完全一体化的情况下,可通过制定联合防御计划,实现系统间的协同作战。一体化增加了系统的整体防御范围,扩大了设防区域的边界;允许选择最佳方案对特定威胁实施最优防御,得到更大的杀伤概率;减少由于资源过载、电子对抗、系统局部损伤导致的系统故障,具有更好的强健性;有效处理更多类型的威胁,应对更加复杂的作战环境。与此同时,一体化作战系统在体系结构上及运行过程中的复杂性将大大增加,作战系统的复杂性使得其内部各组织部分之间的协调、任务的分解与分配更加复杂。

3 信息化作战装备体系论证方法

新一代信息化作战装备,系统复杂、技术密集、管理复杂,因此,更加讲求从战略全局出发的总体筹划,从而实现装备体系的协调发展^[10]。为了有效论证设计信息化作战体系的复杂大系统,以“需求驱动、体系结构主导”为特征的现代系统工程思想、方法以及相应的建模工具平台被提出和运用。

3.1 注重装备体系论证

随着从“平台对抗”发展到“体系对抗”,现在武器系统的规模越来越大,系统之间的连接越来越复杂,对互联、互通、互操作的要求相应提高,同时体系作战,要求武器装备系统要在不同的战略、战术层面具备灵活的重组能力,灵活地完成作战任务,并确保系统在一定程度损伤情况下,避免整个体系性能的大幅下降。

信息化武器装备作为一个复杂的工程系统,其各组成部分之间存在着普遍的耦合关系,相互不是完全独立的,武器装备各部分设计之间的协调、匹配如何,直接影响着武器装备的总体性能。所以,应力求在限定的条件下,解决武器装备各组成部分之间最佳的协调与匹配问题,从整体性能最优的角度对各组成部分提出设计要求。

武器装备体系论证是在各装备层次之上的系统顶层设计,对装备系统、分系统和设备的结构、接口、信息交互关系、功能性能、研制进度等开展分析与权衡,依据研究目标,取得各方面的最佳组合。武器装备体系论证中涉及的一个重要因

素是:作战效能。武器装备的作战效能即是表示在规定的条件下使用时,在规定的时间内完成规定作战任务的程度。武器系统研制的目的是使其具有尽可能高的作战效能,对武器装备而言,即是能够及时准确地捕获到目标、识别目标、跟踪追击并命中目标,最终对目标造成尽可能大的毁伤,作战效能涉及整个作战过程。在武器装备体系论证时,要将提高作战效能作为统一的设计目标,协调各部分的关系,达到协调优化、效能最佳的效果。

因此,要有效地开发信息化武器装备体系这样的复杂大系统,必须关注武器装备体系论证,关注其顶层的组织行为,从全局和总体的角度,针对影响武器装备整体效能的关键问题,综合考虑现实和未来对武器装备发展的要求和技术、经济等因素对系统发展的约束,在武器装备研制的各个阶段、各个逻辑层次进行系统的效能评估,迭代地进行设计、验证,优化系统设计,尽可能早的发现设计方面的问题,尽可能早的排除系统缺陷和错误。

3.2 装备体系论证方法

联合作战环境下的武器装备系统,面临着庞大的系统规模和需求不稳定等多重困难,传统的以系统功能分解为特征、面向过程的结构化系统工程方法已经无法完成对系统的描述^[1]。现代武器装备系统的开发需要实现对系统需求的规范化统一管理、支持复杂大系统研发的方法与技术、系统评估与优化。

复杂大系统的开发,需要新的系统工程思想和方法来指导,其研发过程的管理也需要全面的技术革命。美国从 20 世纪 90 年代开始研究新的系统工程思想,总结了以指挥、控制、通信、计算机、情报及监视与侦察系统(C4ISR)为代表的复杂军事大系统的多年开发经验,于 1996 年颁布了 C4ISR 体系架构框架 1.0 版(C4ISR AF V1.0),为美国军事系统的开发提供了具有划时代意义的系统工程思想。1997 年 12 月,美国国防部对这一框架进行了修订,并颁布了 C4ISR AF V2.0^[13]。

在 C4ISR AF V2.0 的基础上,根据国际系统工程领域的技术进展和美国在 21 世纪的军事系统研发经验,美国国防部在 2003 年颁布了美国国防部体系架构框架 1.0 版(DoDAF V1.0),作为指导所有军事工程项目研发的系统工程方法论^[13]。

2005 年 12 月,在 DoDAF 的基础上,英国国防部颁布了英国国防部体系架构框架(MoDAF)。2006 年,北约发布了北约体系架构框架(NAF),使用这些体系结构框架来指导武器装备体系论证。2009 年 8 月美军融合了英军与北约的体系框架,形成了 DoDAF V2.0^[13],见图 1。

以美军为典型代表的外军,目前已在系统工程方法学的指导下,建立了一整套实用化的系统工程技术,形成了配套的建模工具、软件平台,并取得了许多实践经验。美军目前使用的配套工具中,除了美国军方直接主持开发的工具外,还大量购买商用软件。美军在建模过程中积累了大量应用经验,也形成了完整的系统工程方法论及参考模型库。

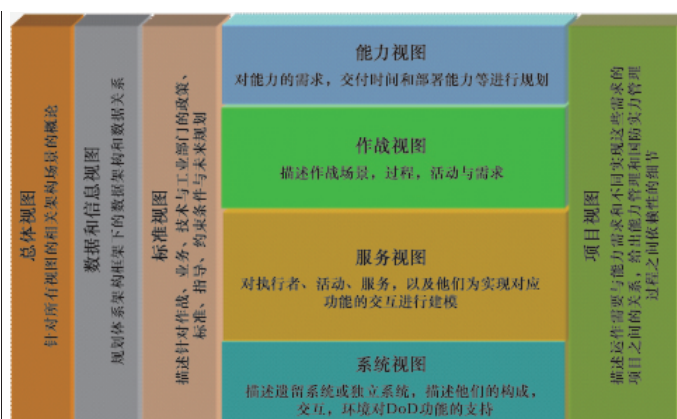


图 1 美国国防部体系结构框架(DoDAF V2.0)
Fig. 1 The United States Department of Defense architecture framework

3.3 需求驱动、体系结构主导的装备体系论证过程

装备体系的论证应遵循现代系统工程思想和方法,按照体系结构框架标准,使用 UM L2.1 和 SysML 1.0(由对象管理组织(OMG)和国际系统工程协会(INCOSE)发布,对复杂大系统进行高层概念建模的方法与规范),基于模型驱动分析的体系结构设计/模型驱动开发(MDA/MDD)软件实现平台^[14],来建立系统的可执行模型,通过高层概念仿真来验证、校核需求和模型,从而保证论证的正确性。

按照“需求牵引、技术推动”的原则,装备体系的论证过程涉及作战需求工程以及系统需求工程的概念。武器装备系统的直接需求来源是作战需求,作战需求分析是关键步骤。通过对高层作战概念的深入研究,详细分析作战需求,将高层作战需求细化成详细作战需求,采用体系结构产品的方式表现出来,并将作战需求分配给各系统,形成系统需求。建模的各类作战系统都需要满足整体的作战需求。

在体系结构框架标准的指导下,有步骤地定义系统与外界环境之间以及分系统内各组成部分之间的接口、通信和信息交换关系,确定作战系统装备应具有的功能、能够完成的作战任务、能够支持的作战模式,内部成员系统结构、成员系统之间的关系(接口与行为)和系统实现必须遵循的各种技术标准与规范,指导各分(子)系统的研发。

在装备体系的论证过程中,应遵循体系结构框架标准,用统一的图形化建模方法来描述作战需求,作战系统的结构、信息关系、行为、接口,同时通过可执行的体系结构模型进行逻辑和行为的验证。顶层设计人员在反复的作战/系统分析、设计、验证过程中,精化作战概念、挖掘作战需求、明确系统概念和需求、优化顶层设计,确保顶层设计可实现性。这样,在顶层设计阶段就解决了很多后期综合集成中可能会遇到的大量互连、互通、互操作的问题,提高了系统质量,降低了开发成本。另外,在武器装备系统顶层设计过程中,涉及到大量、复杂、不稳定的作战需求和系统需求,需要集中管理,

使需求的不稳定能够及时反映到受影响的系统开发过程,并被及时处理和评估,实现开发过程需求的一致性,以便更好地指导系统的开发、演进,见图2。

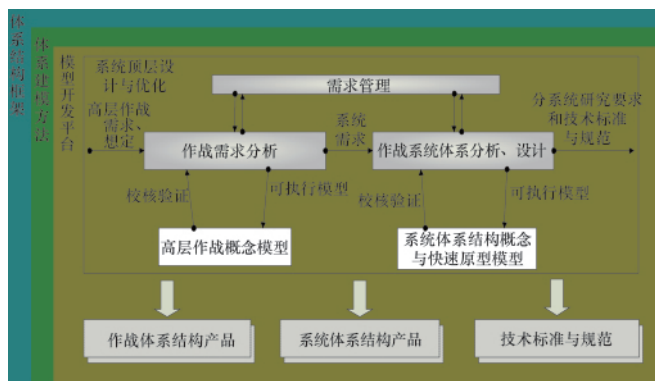


图2 作战装备体系论证过程图示

Fig. 2 Combat equipment system verification process

装备体系的论证过程是一个自顶向下、从抽象到具体的设计过程。在这个过程中,首先是从作战概念设计出作战体系结构概念模型,在其基础上细化出抽象层次的系统体系结构概念模型;通过可执行模型的运行,进行逻辑上的体系结构评价和评估;随着作战需求的逐渐清晰和细化,设计出行行为层次和性能层次的系统体系结构模型,并且在行为和性能层次的体系结构可执行模型上进行评价和评估。

在需求确定后的每一个阶段中,根据不同作战概念,对作战体系结构和系统体系结构模型进行设计和扩充,并通过可执行模型的运行和验证来推演相应的作战想定,保证确定的作战需求被满足、设计上没有错误。从长期看,随着作战思想和方式的变化,会导致作战需求的不断变化,很多新的作战方式和需求会被提出来,同时很多老的作战方式也会遭到淘汰,只有形成科学的顶层设计过程,才能够适应不断变化的作战方式。

4 结论

信息化体系作战已成为以信息、信息处理和通信网络为主导方式下的基本作战形式。信息化装备体系的特点要求体系论证应遵循现代系统工程思想和方法,按照体系结构框架标准,基于复杂大系统建模方法与规范,借助体系结构设计开发平台,以武器装备各组成部分协调优化、整体效能最佳为统一的设计目标,进行大系统顶层设计,并进行迭代验证与优化,从而促进我军信息化作战装备体系建设的科学化、规范化。

参考文献 (References)

[1] 丁士拥,王萌,钟孟春,等.作战系统一体化问题分析与研究[J].计算机工程与应用,2010,31(11):2491-2494.
Ding Shiyong, Wang Meng, Zhong Mengchun, et al. Computer Engineering

and Design, 2010, 31(11): 2491-2494.
[2] 果辉,李霖,杨晋辉.试论信息化武器装备体系建设[J].装备指挥技术学院学报,2007,18(6):256-260.
Guo Hui, Li Lin, Yang Jinhui. Journal of the Academy of Equipment Command & Technology, 2007, 18(6): 256-260.
[3] 牛树来,刘军,霍耀仲.未来一体化联合作战条件下的综合信息系统[J].火力与指挥控制,2009,34(3):321-324.
Niu Shulai, Liu Jun, Huo Yaozhong. Fire Control & Command Control, 2009, 34(3): 321-324.
[4] 尹云霞.美军“联合作战”整体概念体系结构初探[J].中国科技信息,2011,8(33):45-51.
Yin Yunxia. China Science and Technology Information, 2011, 8(33): 45-51.
[5] 李宁,赵存如.美军联合作战系统分析[J].军事运筹与系统工程,2007,21(4):568-571.
Li Ning, Zhao Cunru. Military Operations Research and Systems Engineering, 2007, 21(4): 568-571.
[6] 施荣,陈兢,辜璐.美国一体化防空反导系统作战能力分析[J].航天电子对抗,2008,24(2):69-73.
Shi Rong, Chen Jing, Gu Lu. Aerospace Electronic Warfare, 2008, 24(2): 69-73.
[7] 王向晖,袁健全,路军杰.侦察对抗打击一体化系统研究[J].航天电子对抗,2008,25(1):37-39.
Wang Xianghui, Yuan Jianquan, Lu Junjie. Aerospace Electronic Warfare, 2008, 25(1): 37-39.
[8] 朱祝华,王毅增.区域反导指控系统一体化研究[J].火力与指挥控制,2009,34(11):1715-1718.
Zhu Zhuhua, Wang Yizeng. Fire Control & Command Control, 2009, 34(11): 1715-1718.
[9] 黄剑明,黄文韬,保铮.基于“传感器-射手”的一体化概念模型[J].中国电子科学研究院学报,2007,2(5):476-479.
Huang Jianming, Huang Wentao, Bao Zheng. Journal of China Academy of Electronics and Information Technology, 2007, 2(5): 476-479.
[10] 段采宇,张维明,余滨,等.装备体系需求参考模型及形式化分析[J].系统工程与电子技术,2009,31(1):126-132.
Duan Caiyu, Zhang Weiming, Yu Bin, et al. Systems Engineering and Electronics, 2009, 31(1): 1261-1265.
[11] 蒋晓原.军事信息系统技术体系的一体化设计研究[J].中国电子科学研究院学报,2009,4(1):7-12.
Jiang Xiaoyuan. Journal of China Academy of Electronics and Information Technology, 2009, 4(1): 7-12.
[12] 姜志平,刘俊先,黄力,等.C4ISR体系结构研究现状与问题[J].系统工程与电子技术,2007,29(10):1677-1682.
Jiang Zhiping, Liu Junxian, Huang Li, et al. Systems Engineering and Electronics, 2007, 29(10): 1677-1682.
[13] 王磊,罗雪山,舒振.C4ISR体系结构服务视图及其演化的形式化描述方法[J].国防科技大学学报,2011,33(3):785-791.
Wang Lei, Luo Xueshan, Shu Zhen. Journal of National University of Defense Technology, 2011, 33(3): 785-791.
[14] Azani C H. System of systems architecting via natural development principles [C]. Proc of IEEE International Conference on System of Systems Engineering. Singapore: IEEE, 2008: 1-6.

(责任编辑 岳臣)