

网络化、信息化条件下的火力控制系统 发展分析

On Development of Fire Control System Under Networking and Information Condition

朱荣刚^{1,2}

(1. 中国航空工业集团公司洛阳电光设备研究所, 河南 洛阳 471000;

2. 光电控制技术重点实验室, 河南 洛阳 471000)



朱荣刚

朱荣刚, 博士, 博士生导师, 中国航空工业集团公司洛阳电光设备研究所副所长, 光电控制技术重点实验室副主任, 中国航空工业集团公司首席技术专家, 享受国务院政府特殊津贴。长期从事机载火力控制系统技术设计及研究工作, 兼任中国指挥与控制学会火力与指挥控制专业委员会副主任委员。

1 概述

1.1 从 C⁴ISR 到 C⁴KISR 系统

C⁴ISR 系统起源于 20 世纪 50 年代, 是从 C² 系统逐步演变发展而来的, C² 意为“指挥与控制”系统。进入到 60 年代之后, 远程打击武器大力发展并且装备部队, 通信技术在系统中发挥的作用越来越大, 所以在指挥和控制后面加上通信, 形成“指挥、控制与通信”(C³) 系统。1977 年, 情报在指挥自动化中发挥的作用越来越大, 美国把情报和 C³ 系统结合, 形成了“指挥、控制、通信与情报”(C³I) 系统。80 年代末, 计算机技术大力发展, 并且在指挥与控制

回顾了 C⁴KISR 系统的发展历程, 通过分析火力控制系统的特点, 总结了网络化、信息化对火力控制系统的影响以及军事需求, 并在此基础上分析了网络化、信息化条件下的火力控制系统关键技术需求, 最后提出了新一代火力控制系统的研发思路。

关键词: 火力控制系统; 网络化; 信息化; 火力与指挥控制

中图分类号: V271.4

文章编号: 1671-637X(2016)02-0001-05

系统中越来越重要, 美国又在 C³I 的基础上加入了“计算机”, 变成了“指挥、控制、通信、计算机与情报”(C⁴I) 系统。随后信息技术飞速发展, 并且在军事领域中的作用越发凸显, 美国第一次提出了“战场感知”的概念, 所以 C⁴I 系统又逐渐演化成包括侦查和监视的 C⁴ISR 系统^[1]。

为了将海、陆、空、天中的各种信息和武器有机结合, 使 C⁴ISR 中的各个部分和主要作战武器进行更为紧密的结合, 获得最好的打击效果, 美国国防部将 Kill(杀伤、摧毁) 加入到了 C⁴ISR 系统中, 形成了实时、动态、连续的 C⁴KISR 过程, 产生了更强的作战能力^[1]。

1.2 信息化、网络化对火力控制系统的影响

1.2.1 火力控制系统的特点

火力控制系统体现于飞机作战的整个过程, 包括态势感知、信息处理、目标识别、战术决策、目标跟踪、瞄准攻击、载机操纵、武器控制和作战效能评估等。即火力控制系统能用 OODA 环来表述, 为观察 (Observe) - 定位 (Orient) - 决策 (De-

cide) - 行动 (Act)。

火力控制系统作用于 OODA 的每个环节, 根据其特点火力控制系统存在以下特性。

1) 动态性。如图 1 所示, 航空火力控制系统包含了多个动态环节 (目标、传感器、信息处理、飞行员、飞机), 其响应过程也是动态过程。目前主要通过仿真来研究其动态特性, 由于这种动态过程中的某些环节 (如飞行员、目标、传感器) 很难用数学模型来描述, 因此主要采用人在回路仿真和半实物仿真来准确研究系统的动态特性。

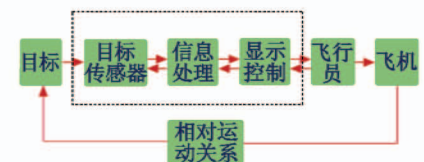


图 1 航空火力控制系统信息流程框图
Fig.1 The block diagram of information flow in aviation fire control system

2) 闭环性。航空火力控制系统具有闭环性的特点, 它是一个飞行员 - 飞机 - 瞄准跟踪设备 (人机瞄构成的闭环系统, 必须在人机瞄闭环回路中研究系统的特性, 如稳环

时间)。

3) 大系统性。航空火力控制系统是包含有多个环节的系统,每个环节都是一个小的子系统(编队协同火力控制系统中的每个子系统甚至还有自主性),因此航空火力控制系统需要用大系统理论和方法去研究。

1.2.2 信息化、网络化对火力控制的影响

如图2所示,按照OODA环的理论,火力控制的过程可以分成4个步骤,即目标探测、态势评估、响应决策和计划执行,并且每一个步骤都受到网络化的重大影响^[2]:

1) 通过在各平台搭建网络,信息可以在平台间传送,将各个平台的信息进行融合之后,能够提供更为精确的数据,增强了信息的完备性、可靠性和准确性;

2) 网络搭建完成之后,平台之间不仅能够实现有中心的决策,还能够实现分布式的决策,多机种多平台的协同搜索、协同攻击和协同干扰;

3) 组网还可以在攻击任务时,使目标探测、跟踪、武器发射和制导等功能分布式进行,平台的安全性和突然性得到提高。

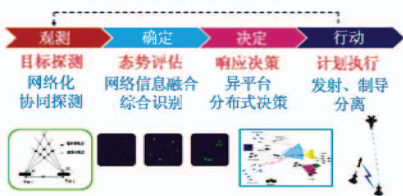


图2 网络化对火力控制 OODA 环的影响

Fig.2 The effect of networking on OODA ring of fire control

2 军事需求分析

2.1 缩短 OODA 时间链,将信息化网络优势转变为系统作战优势

机载火力控制系统性能的好坏表现为 OODA 时间链的长短。OODA 时间链越短,说明系统反应越迅速,性能越好。信息化和网络化为

信息的高速传输提供了可能,信息能够更加快速地在各个平台之间流动、融合,所以信息化和网络化可以有效减小发现目标、杀伤目标和毁伤评估的链路时间,加速 OODA 环。战场上的分布式传感器通过网络把信息传送到编队内各个单元,每个单元都可以共享信息,实现了战场态势认知的快速性,为决策和作战提供了有效的支撑。

如图3所示,作战双方的武器和作战平台的性能大致相同的情况下,如果一方充分利用信息化和网络化作战的能力,使信息在各个平台之间高速传输,实现平台间的协同作战,如协同瞄准、协同攻击,那么在对手还没有做出有效决策之前,就可以提前发起攻击。所以,信息化和网络化会令战场的态势发生巨大变化,拥有此能力的一方会占据绝对优势^[3-4]。



图3 网络中心作战对加速空中作战过程的影响

Fig.3 The influence of network centric warfare on the acceleration of air combat

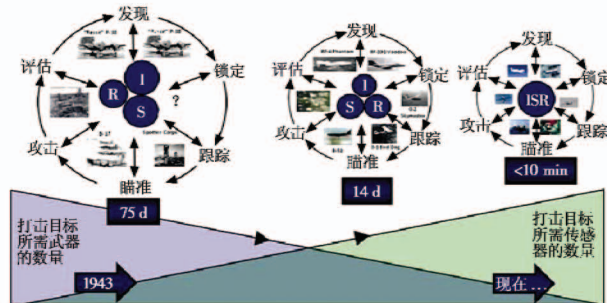


图4 信息化、网络化加速系统作战反应时间
Fig.4 Information and networking accelerate the operation response time of system

如图4所示,通过网络化能力,火力控制系统能够近实时地完成敌纵深的固定/运动目标定位,在同一坐标系完成目标侦察和精确打击,发现即摧毁,打击周期从过去的几十天缩短到现在的10 min,实现从传感器到射手的快速综合。

2.2 通过网络使能实现分布式火力控制,增强系统快速、灵活、鲁棒性能

未来空中火力控制技术的发展依赖于网络使能,网络使能是指利用网络,确保在关键作战过程中实现对分散的作战资源的协同利用,将网络优势转化为信息、决策和行动优势。

网络使能将进一步增强火力控制及指挥系统功能和性能:

1) 基于战场上的共享态势,智能/自动给分布式传感器平台或分布式武器平台分配任务,而不是必须由某飞机平台上紧耦合的传感器和武器来执行攻击任务,这样可以更快速地做出攻击决策,缩短 OODA 反应时间;

2) 由分布式平台传感器、武器构成的分布式火力控制系统相比单个平台的传感器、武器构成的紧耦合火力控制系统而言,能够更加有效地解决武器包线与传感器探测范围不匹配的问题,同时使火力控制系统更加灵活;

3) 从时间、空间上分布的火力单元选择最佳位置的武器平台完成发射任务,能够更加有效地使用武器,提高拦截目标的成功率。

因此,对于存在相当数量或复杂的空中目标的编队战术作战环境,分布式协同火力控制(综合火力

控制(IFC))系统是提高协同作战效能的必要手段。

3 网络化、信息化条件下的火力控制系统关键技术

3.1 分布式火力控制系统技术

分布式火力控制系统指通过载荷和平台分离实现分布式功能,如传感器、电子战、武器与战场管理分布在不同的有人或无人平台上,通过开放式架构,使不同空中平台能够快速集成任务功能,应对未来强对抗作战环境。

分布式火力控制的核心概念包括:

- 1) 执行分布式火力控制系统结构,拥有自动化、智能化的传感器、武器、链路信息管理,能够消除单平台紧耦合系统的局限,确保目标探测定位、态势评估与攻击决策、武器发射、武器制导(OODA)功能由不同的平台协同完成;

- 2) 利用“通用”算法自动产生协同作战决策辅助,并且共享战术数据,同一作战态势的输入,在每个分布式作战单元能够同时产生相同的攻击规划建议;

- 3) 火力控制系统功能一体,且目标指示、评估与决策、发射、制导功能由不同平台完成。

3.2 精确打击火力控制系统技术

精确打击火力控制系统集侦察、指挥控制、火力控制以及精确打击武器于一体,可不受气象和天气条件的限制,发现并摧毁敌纵深内的单目标和群目标,具有对敌目标的打击纵深大、发现到打击周期短、前沿和纵深机动能力强等显著优点^[5]。

精确打击火力控制系统是信息技术、精确打击武器和智能作战平台的完美结合,目的是提高打击精度、增强毁伤能力、提高打击响应速度、降低作战成本。其主要组成包括侦察监视平台、作战指挥平台、运载发射平台及精确打击武器,具有

如下主要特点^[6]:

- 1) 强调构成全方位、全纵深、全天候、实时的立体侦察监视网,实现战场侦察监视一体化;

- 2) 在海陆空天战场同时或交错协调作战,实现战场空间一体化;

- 3) 各军种联合部队实施全方位、全纵深的立体综合打击,实现作战行动一体化;

- 4) C⁴KISR 系统对各种作战力量进行协调控制,实现指挥控制一体化。

3.3 赛博战技术

赛博战是指发生在赛博空间,影响赛博应用能力的作战行动。它利用先进的技术或手段(赛博武器等),保护己方的赛博安全,扰乱或破坏敌方的赛博系统。赛博战的主要目的是通过赛博空间实现军事目标,主要目标是获得制赛博空间权,赛博战能力包括赛博空间态势感知能力、网络战能力和赛博防御能力^[7]。

赛博战的主要作战样式是基于网络的联合作战,首要目标是保障己方赛博空间任务数据安全,实现己方作战网络弹性和鲁棒性。赛博战对火力控制系统的影响主要体现在以下几个方面:1) 影响航电设备的正常工作;2) 干扰协同作战的态势共享与指令传输;3) 影响制导武器的控制;4) 干扰火力控制任务系统实时物理攻击与防御。

3.4 战术辅助决策技术

战术辅助决策主要是根据敌我机型、挂载、相对位置及态势、武器性能差别、使用战术以及配置等信息,利用智能决策算法帮助飞行员高效完成任务分配、威胁管理、兵力生成、目标分配、作战效果评估等工作,辅助飞行员在高对抗的空战中做出及时、正确的战术/机动决策。

战术辅助决策系统作为机载航电任务系统的一个有机组成部分,主要由系统状态管理、空情信息管理、任务管理、战术管理与驾驶员/

飞机人机接口等功能组成,其核心概念包括:

- 1) 使飞行员成为战斗员和指挥员,帮助飞行员进行信息处理、飞行控制及其他例行事务,使其能集中精力于关键性的指挥决策;

- 2) 最多的数据、最少的决策信息提示,一般采用文字、图形、声音、光等形式呈现给飞行员,提高飞行员决策的及时性。

3.5 即插即用型武器综合技术

即插即用型武器综合是指通过在作战平台与武器之间制定统一、标准的软硬件接口,结合先进的系统设计与综合方法,实现在无需重新对作战平台进行软硬件配置的前提下,武器的插入即使用。

即插即用型武器是一种全新的武器系统综合概念,其基础之一是标准的硬件接口,之二是标准的软件接口,同时应具有开放式的系统架构。即插即用型武器综合的主要优点如下:1) 提高了武器通用性、互用性和灵活性;2) 提高了飞机平台对武器的兼容性、挂载通用性和灵活性;3) 提高了武器综合的效率,减少了武器综合的成本;4) 提高了飞机平台和武器的网络化作战能力;5) 促进武器的通用化、标准化。

4 关于新一代火力控制系统的研发

随着传感器、武器与网络技术的发展,面对未来战场环境的复杂性、对抗方式的多样性、作战资源互操作性的不断提高,传统的基于文件的系统工程途径难以适应新的发展需求,新一代火力控制系统研发时将采用基于模型的系统设计方法^[8],从关注文档转变为关注模型、数据及各种关联关系,实现基于模型的系统需求分析、系统功能分析、架构设计,并通过模型执行的方式进行确认^[9],如图5所示。



图5 基于模型的系统设计
Fig.5 System design based on model

4.1 “V”型系统研发流程

新一代火力控制系统是一个典型的 SoS(系统之系统),就其功能而言,也是一个复杂系统,其包含了众多子系统。基于模型驱动的“V”型系统研发方法在系统或产品开发过程中已逐渐被接受和应用,可以作为新一代火力控制系统研发的主要方法。“V”型系统研发流程包括自顶向下的系统设计过程和自底向上的系统综合过程,覆盖了系统开发的各个阶段,如图6所示。“V”型的左翼描述的是自顶向下的设计流,右翼展示了自底向上,从单元测试到最终系统验收测试的集成各阶段。使用状态图的符号,可清楚地显示出 workflow 中的一个变更请求从高层次向下的影响。无论变更请求从哪里出现,流程都将重新从需求分析阶段开始。

4.2 代码生成自动化

基于模型的火力控制系统设计

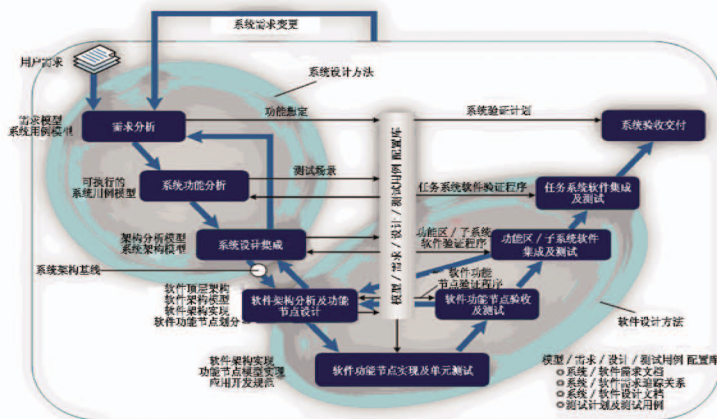


图6 “V”型系统研发流程图
Fig.6 The flow chart of “V” type system development

中关键性的一步即是通过模型自动生成系统的实现代码。系统代码自动生成是保障新一代火力控制系统研发的高可靠性和高效率的主要手段。系统实现自动化主要包括接口控制文档设计

自动化生成、详细设计自动化生成与POP程序自动化生成。接口控制文档设计主要包括:火力控制系统模型化设计、火力控制系统的接口设计和火力控制系统模型间的交联关系设计。详细设计主要采用面向对象的设计结构,利用支持协同、可视化、可验证的设计工具对接口控制设计生成的模型进行状态图设计、UML设计、时序设计,将详细设计结构自动转换为面向对象的设计语言。而POP程序设计主要将静态的POP设计文档转化为动态的人机界面演示环境,使设计结构形象化。

4.3 系统仿真测试与集成验证

火力控制系统的集成与验证过程通常采用增量式的集成策略,通常从设备集成开始,然后是分系统级、分领域级,到最终的全系统级。这种分步集成的策略使得每一次集成的关注点从设备级的需求逐步转移到最终的整体性功能需求,使得

整个集成过程中充分暴露不同层次的问题,确保最终整体系统集成的顺利完成,从而降低了整体系统集成的复杂度。

在真实设备研制出来后,通过真件与仿真件之间的逐一替换,逐步完成整个火力控制系统的集成工作。在系统中接入某个分系统真件的同时,关闭相应的仿真模型,并开展对该分系统的集成测试工作。通过逐步采用真件替换仿真件,最终完成系统的集成,并进行全系统的验证。

5 结束语

火力控制系统与指控系统高度融合,加速OODA交战过程,形成火力指挥与控制一体化的C⁴KISR系统是未来的发展趋势,是实现信息优势、决策优势和作战行动优势的基石,同时也是支持未来体系作战的基础。网络化、信息化条件下火力与指挥一体化发展充满了机遇和挑战,只有把握武器装备网络化、信息化的本质,创新火力控制系统设计方法和设计理念,才能实现技术的赶超,装备的跨越发展。

参考文献

[1] Committee on C⁴ISR for Future Naval Strike Groups, National Research Council. 美国未来海军打击群C⁴ISR系统[M]. 李耐和,黄锋,李冀,等译.北京:国防工业出版社,2009. (Committee on C⁴ISR for Future Naval Strike Groups, National Research Council. C⁴ISR for future naval strike groups [M]. Translated by LI N H, HUANG F, LI J, et al. Beijing: National Defense Industry Press, 2009.)

[2] 陈峭东,高劲松,刘波,等.从航空火力控制系统的发展看信息时代的火力控制[J].电光与控制,2015,22(4):1-6. (CHEN S D, GAO J S, LIU B, et al. Fire control in the age

- of information: from perspective of aviation fire control system development[J]. Electronics Optics & Control, 2015, 22(4):1-6.)
- [3] 孙义明,薛菲,李建萍. 网络中心战支持技术[M]. 北京:国防工业出版社,2010. (SUN Y M, XUE F, LI J P. Support technologies for network centric warfare [M]. Beijing: National Defense Industry Press, 2010.)
- [4] 王正德. 解读网络中心战[M]. 北京:国防工业出版社,2004. (WANG Z D. Interpretation of network centric warfare [M]. Beijing: National Defense Industry Press, 2004.)
- [5] 钱曙光,翟佳星. 国外精确打击系统的发展分析[J]. 飞航导弹,2012 (11):59-66. (QIAN S G, ZHAI J X. Analysis to development of foreign precise strike system[J]. Aerogynamic Missile Journal, 2012 (11):59-66.)
- [6] 刘星,吴森堂. 远程精确打击武器的对抗与反对抗[J]. 舰船科学技术, 2012, 34 (1): 114-120. (LIU X, WU S T. Research on the service of long-distance guidance weapons based on the countermeasures[J]. Ship Science and Technology, 2012, 34(1):114-120.)
- [7] 黄汉文,路同山,赵艳彬,等. 空间赛博战研究[J]. 航天电子对抗, 2012 (6): 24-27. (HUANG H W, LU T S, ZHAO Y B, et al. Study on space Cyber warfare [J]. Aerospace Electronic Warfare, 2012(6):24-27.)
- [8] 丛帅,王明波,安田江,等. 基于模型的航电系统研发方法研究[J]. 测控技术, 2015, 34 (1): 126-129. (CONG S, WANG M B, AN T J, et al. Development method of avionics system based on model[J]. Measurement & Control Technology, 2015, 34(1):126-129.)
- [9] 汉斯-彼得·霍夫曼,谷炼. 基于模型的系统工程最佳实践[M]. 北京:航空工业出版社,2014. (HOFFMANN H P, GU L. Model-based systems engineering best practices[M]. Beijing: Aviation Industry Press, 2014.)

Abstract: The development of the C⁴KISR system is reviewed, and analysis is made to the characteristics of the fire control system. On which basis, the influence of networking and information condition on the fire control system is summarized. Then, the key technical requirements of fire control system under the condition of network and information are analyzed, and some suggestions for research and development of the new-generation fire control system are presented in the end.

Key words: fire control system; networking; information; fire control and command control

下 期 要 目

一种实时的分块跟踪算法

针对脉冲多普勒引信的二维多假目标干扰

液晶显示偏光片温度特性分析

摄像机内参数误差对姿态测量精度的影响分析

基于随机有限集的多目标跟踪算法综述

插值算法在姿态显示图形中的应用

红外系统对点源目标的作用距离估算模型

Locata 定位系统整周模糊度在线解算

四旋翼无人机 TD-PD 控制律设计

基于四频差动激光陀螺/星敏感器的卫星定姿算法

基于改进 CS-Jerk 模型的强机动目标跟踪算法

雷达波束宽度对战斗部动爆破片测量的影响

激光干扰成像制导导弹研究

基于刚度匹配的光电转塔减振设计研究

基于 UML 的民用飞机电源系统设计与实现

机载高速互连网络适航审定要求分析



请扫描二维码关注我刊