# 基于网络信息体系的全域联合指挥与控制技术及未来展望

徐洪青[1,2]

(1.上海航天技术研究院,上海 201109;2.自动目标识别全国重点实验室,上海 201109)

**摘　要:** 面向现代战争需求,全域联合作战通过打破传统作战区域限制,能够实现不同军种和作战领域的信息共享、军事力量整合和协同作战,从而提升作战效率、增强指挥灵活性、优化资源配置。全域联合有诸多优势,使基于网络信息体系的全域联合指挥与控制技术成为研究重点。本文系统分析了全域联合指挥与控制的发展历程、技术应用、架构设计和关键技术,同时结合国外的研究现状探讨发展方向,旨在为全域联合指挥与控制技术的发展提供参考。

**关键词:** 网络信息体系; 全域联合作战; 指挥控制; 人工智能

**中图分类号:** TJ 76　　**文献标志码:** A　　**DOI:** 10.19328/j.cnki.2096-8655.2024.03.001

**引用格式:** 徐洪青.基于网络信息体系的全域联合指挥与控制技术及未来展望[J].上海航天(中英文),2024,41(3):1-8.

## Joint All-domain Command and Control Technology Based on Networked Information System and its Future Perspectives

XU Hongqing[1,2]

(1.Shanghai Academy of Spaceflight Technology, Shanghai 201109, China;
2.National Key Laboratory of Automatic Target Recognition, Shanghai 201109, China)

**Abstract:** Addressing the needs of modern warfare operations, the concept of joint all-domain operations (JADOs) offers a solution by transcending traditional combat domain boundaries. This approach facilitates information sharing, force integration, and coordinated operations among various military branches and operational domains. Consequently, it enhances the operational efficiency, boosts the command agility, and optimizes the resource distribution. The array of benefits delivered by JADOs has shifted the focus towards the research and development of the joint all-domain command and control (JADC2) technology based on the networked information system. This paper offers a systematic analysis on the development history, technical applications, architectural design, and related technologies of JADC2. Meanwhile, the relevant global research status and development trends are examined, with the objectives of providing insights and recommendations to the further progress of the JADC2 technology.

**Key words:** networked information system; joint all-domain operation (JADO); command and control; artificial intelligence (AI)

## 0　引言

在国际军事竞争日趋激烈[1]的背景下,传统的武器装备发展模式已无法满足现代战争的实际需求[2]。同时,虽然在网络信息体系的支撑下,各作战域之间能力整合的壁垒已经逐步打破,实现高层次、高效率联合作战的条件已经基本具备[3],但是受链路传输能力、装备决策水平等因素约束,目前各作战域间的联合并不紧密,制约了联合指挥与控制

**收稿日期:** 2024-05-16; **修回日期:** 2024-06-15

**作者简介:** 徐洪青(1966—),男,研究员,主要研究方向为体系研究、导弹武器总体设计、雷达总体技术。

体系效能的发挥。然而,在新一轮科技革命和产业变革的推动下[1],“打造强大战略威慑力量体系,增加新域新质作战力量比重,加快无人智能作战力量运用,统筹网络信息体系建设运用”[4]的要求,为全域联合指挥与控制指明了网络化、信息化、智能化[5]的发展方向。

与此同时,一些军事强国也在关注全域联合指挥与控制领域,并投入了巨大的资源,先后提出了“多域作战”“全域联合作战”“混合战争”“军事+”等概念[6-8]。2019年,某军事强国在“多域作战”的基础上提出全域联合指挥与控制(Joint All-Domain Command and Control, JADC2)的新概念[9],并于2023年表示JADC2正在拓展为联盟全域联合指挥与控制(Coalition Joint All-Domain Command and Control, CJADC2),增强与盟军联合的力量[10]。2024年,某国统一指挥自卫队所需法案获参议院通过,计划成立“统合作战司令部”实现自卫队与某军事强国部队之间更为顺畅的协调合作与联合行动[11]。

目前,我国面对的机遇与挑战并存,必须紧紧抓住技术发展的机遇,以基于网络信息体系的JADC2技术为抓手,不断推动武器装备和作战理念的革新,适应未来战争的需求。

## 1 JADC2概述

### 1.1 全域联合作战概念

全域联合作战(Joint All-Domain Operation, JADO)是某军事强国继“多域作战”之后对联合作战概念的再次升华,这一新的作战概念旨在建立陆、海、空、太空以及网络电磁、心理认知等所有战争领域的新型协同,把联合作战推向一个新的高度[12]。

联合作战概念的发展历程见表1,分析发现,联合作战概念核心理念进一步丰富,“多域作战”升级为“联合全域作战”,实现作战力量更低层级、更广领域和更为自主的深度联合;基于联合作战概念,丰富了军兵种作战概念的内涵,进而对顶层作战概念起到支撑作用。

### 1.2 基于网络信息体系的JADC2

JADC2是实现全域联合作战的关键要素,旨在基于自动化、人工智能、预测分析和机器学习快速“感知”“理解”整个战场信息,并通过弹性和强大的网络环境为联合部队的作战行动提供支撑。

**表1 联合作战概念发展历程[13-14]**

**Tab.1 Development of joint warfare concepts**

| 时间 | 事件 |
|---|---|
| 2003年 | 发布《联合作战概念》 |
| 2005年、2009年 | 发布《联合作战顶层概念》(2.0、3.0版) |
| 2012年 | 发布《联合作战顶层概念:联合部队2020》 |
| 2016年 | 提出“多域作战”概念 |
| 2018年12月 | 陆军发布作战概念1.5版本,推动“多域作战”从理论走向实践 |
| 2019年 | 国防部提出“联合全域作战” |
| 2020年3月 | 空军首次将JADO概念写入空军条令 |
| 2020年6月 | 空军发布条令,阐述了空军部在联合全域作战中的职责 |

网络信息体系是JADC2的关键基础设施。在JADC2系统中,网络信息体系不仅需要通过网络连接和整合各传感器、决策节点、作战平台和战略资源,还需要处理并确保大量数据能在不同的作战单元和决策层级之间高效、安全地流通。

基于网络信息体系的JADC2旨在通过网络信息技术、云技术以及人工智能技术,建立全域联合作战指挥体系,实现全域装备的一体化协调控制,确保联合作战指挥官具有信息优势、决策优势和跨域协作能力,获得各级冲突烈度下的绝对优势。

全域联合作战通过不同兵种力量的优势叠加、劣势互补,在获得巨大优势的同时,也存在固有弱点[10]:

1) 全域联通难以保障,信息联通可能受到敌方网络攻击、电磁干扰等威胁,若失去有效信息支撑,将严重影响分布式作战要素的战斗力;2) 要面对网络安全的挑战,全域联合作战对网络的灵活性、稳定性和安全性要求极高,传统的网络架构难以满足要求;3) 智能决策风险高,全域联合作战在信息量庞大、决策实时性要求高、大量使用无人系统的背景下,必然需要引入人工智能技术,可能带来战争失控的风险。这些因素,都可能影响全域联合作战的效率和效果,因此在发展JADC2的过程中,需要充分考虑这些潜在弱点。

## 2 JADC2发展现状

### 2.1 网络信息技术发展现状

无网不联、无联不胜,已成为信息化智能化战争的突出特征。提高基于网络信息体系的联合作

战能力、全域作战能力,必须高度重视网络信息体系的建设和运用[15]。

网络信息体系具有信息传输优势,是通过多种先进的通信与信息处理技术,实现信息全面获取、海量数据传输、战场综合态势实时更新、高效地数据分析推演和决策推荐、极快的反应和响应速度,以及不同军种之间深度融合作战运筹,对未来战争提供支撑[16]。

近年来,随着科技的不断进步,网络信息技术也在持续发展,尤其是新一代网络通信技术,如 5G、6G、物联网,人工智能等。5G 技术正在引领通信技术的革新,目前全球范围内的 5G 网络建设和商用已经取得了显著的进展,包括在智慧城市、自动驾驶、远程医疗、智能制造等领域。物联网和人工智能是新一代通信技术中的重要组成部分,通过人工智能技术在物联网领域应用的不断深入,利用机器学习、深度学习等技术,实现对物联网数据的智能分析和处理,为各种应用场景提供智能化解决方案。

新一代网络信息技术的发展正在以前所未有的速度改变着人们的生活和工作方式。从 5G 技术的广泛应用到物联网和人工智能的融合发展,再到 6G 技术的探索和研究,新一代网络信息技术正在不断刷新人们对通信的认知和期待[17]。智能网联车路云协同如图 1 所示,通过智能网联车辆、智能网联道路、智能网联路测设施和智能网联云,打通车、路、云,集成车端、道路、路测、云端、车辆到电网及第三方平台的各类数据资源,实现车、路、云的一体化感知、决策与控制。智能网联车路云协同技术的发展,不仅在交通领域具有重要价值,其跨域协同、实时数据分析与通信处理能力,以及在标准化和智能化方面的实践,对 JADC2 的发展也具有一定启示。

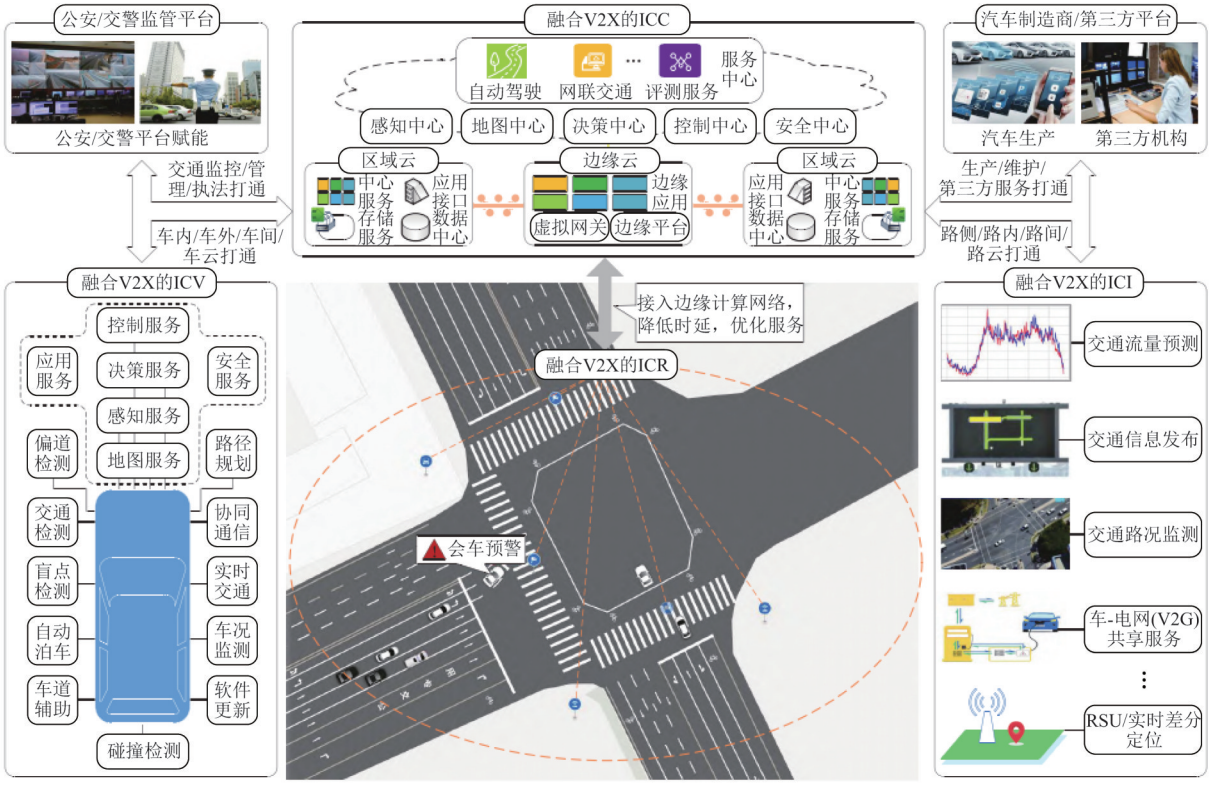


**图 1　智能网联车路云协同系统架构**

**Fig.1　Architecture of the intelligent connected vehicle-road-cloud collaborative system**

## 2.2　国外 JADC2 发展现状

### 2.2.1　国外 JADC2 发展历程

某军事强国发展 JADC2 技术的首要目的是通过全域融合的模块化弹性编组,实现作战部队的快速反应和极高的生存能力,从而反制对手的反介入/区域拒止能力,变革的核心是“以平台为中

心”转向“以网络为中心”,发展历程见表2。

**表2 某军事强国JADC2技术发展历程[10]**

**Tab.2 Development of the JADC2 technology[10]**

| 时间 | 事件 |
|---|---|
| 20世纪90年代 | 开始研究JADC2技术 |
| 2019年11月 | 海军、空军联合推出JADC2,取代原有空军多域指挥控制(MDC2)系统 |
| 2020年3月 | 空军将全域联合指挥控制纳入条令 |
| 2021年5月 | 国防部制定首份《全域联合指挥控制战略》,并提出JADC2的工作路线图 |
| 2023年9月 | 国防部表示,正在将JADC2系统扩展为“CJADC2”,增强与盟军联合的力量 |

2.2.2 国外JADC2应用情况

落实全域作战构想,推动JADC2技术的实战化演变,某军事强国聚焦全域联合作战核心的网络技术,提出以联合网络作战架构为总体架构,基于通用联合网络作战架构理念,多军兵种步调一致,具体措施为:

1)空军重点发展“先进战斗管理系统”(Advanced Battle Management System ,ABMS),又称军事物联网,以空基平台为核心,提供安全的战术边缘节点,集成各域传感器,同时探索天基平台为指挥节点的技术路径,进一步提升系统抗毁性;2)陆军推进“会聚工程”(Project Convergence,PC)演习,通过联合部队作战演习,直面标准化信息交互、空域冲突消解等实际挑战,找出穿透对手“反介入/区域拒止”能力的技术路线,提高轻型战术行动中心为核心节点的全域作战能力;3)海军实施“对位压制工程”,旨在解决数据传输和处理障碍,探索新型网络基础架构,以及跨多个作战域进行数据传输的方法,加速构建基于航空母舰打击群的全域联合指挥控制能力[10]。

目前,某军事强国正在不断改进和完善JADC2的技术应用和系统性能,以提高其在战场上的适应性和有效性[18]。JADC2在战场上的应用将深刻影响未来战争的形态和作战方式[19-20]。

2.2.3 国外JADC2主要成果

由于某军事强国ABMS的5次试验和“会聚工程”演习连续3年的成功举行,以及关键技术“能力集”2年一次的更新频率,JADC2已由最初的理论研究阶段开始向设备制造、产品应用方面转变[21]。相关成果主要包括智能化系统、云环境和通信能力集[9]。

1)智能化系统

“PC2021”演习中重点关注人工智能和机器学习使能系统,共使用了“造雨者”、“普罗米修斯”、“火力风暴”和“射击”4种人工智能系统见表3,在全域联合作战指挥下构建杀伤网[22-23]。

**表3 JADC2中应用的人工智能系统**

**Tab.3 Artificial intelligence system of JADC2**

| 名称 | 功能 |
|---|---|
| 造雨者 | 标准化处理来自不同平台的多源异构数据并传输至作战云服务器 |
| 普罗米修斯 | 从作战云服务器中获取、处理海量数据,发现目标 |
| 火力风暴 | 针对发现目标生成打击方案,提供指挥官决策 |
| 射击 | 根据选定方案引导武器系统完成射击 |

2)云环境

空军乃至整个国防部定制了基于云的“通用开发、测试、生产计算环境”计划,允许相关团队和其他分支机构快速获取安全云服务。

为了提高效率,JADC2将需要企业级云能力,将数据从陆地的最高军事总部无缝转移到战术边缘。即使在通信中断的情况下,也可为射手提供集中信息,确保完成关键任务。

3)通信能力集

“能力集-21”为部队提供了前所未有的战场态势感知能力,而“能力集-23”则第一个提供了安装和拆卸态势感知的能力,即通过提供通用的作战画面和移动指挥哨所,更易获得部队在战场上的位置。这也是指挥哨所第一次能够通过视距连接到其他平台,并在该链路断开时自动切换到卫星通信。“能力集-23”能够为JADC2奠定良好的基础。

### 2.3 国内JADC2研究情况

国内JADC2的研究起步相对较晚,通过理论探讨和技术探索,相关技术储备也日渐丰富。例如,结合全域指挥控制的宏观尺度活动特点,提出了JADC2活动的过程机理分析的理论工具,即筹划-准备-执行-评估(Planning-Readiness-Execution-Assessment,PREA)环,运用PREA环剖析全域指挥与控制过程,在不同的作战域有各自的PREA环,在不同的尺度上有不同的PREA环,采用多域多尺度多PREA环真实展现了JADC2过程[24-25]。提出了基于“云-网-端”的指挥与控制体系总体设计方案,重点分析了面向全域联合作战指挥控制系统

涉及的关键技术,给出了面向JADC2的部署使用模式[26-28]。

## 3　基于网络信息体系的JADC2研究

### 3.1　架构设计

支撑JADC2实现的“云-边-端”架构设计如图2所示。1)中心云。中心云一般依托固定节点构建,具备强大的计算能力,通过基础环境与服务支撑、部署知识中心库、智能训练平台等,实现调度计算、存储和网络资源,提供算力服务、数据管理等支撑。2)边缘云。边缘云可依托机动车辆、指挥所等节点部署轻量云,成为云中心的边缘侧,由中心云进行管控。边缘云一般由较少的硬件、部分服务构成,具备一定的计算能力,且能够实现边缘自治。3)端节点。端节点一般为作战资源,依托通信技术支持和应用层识别机制,能够动态入网和即插即用,可以实现边端协同。

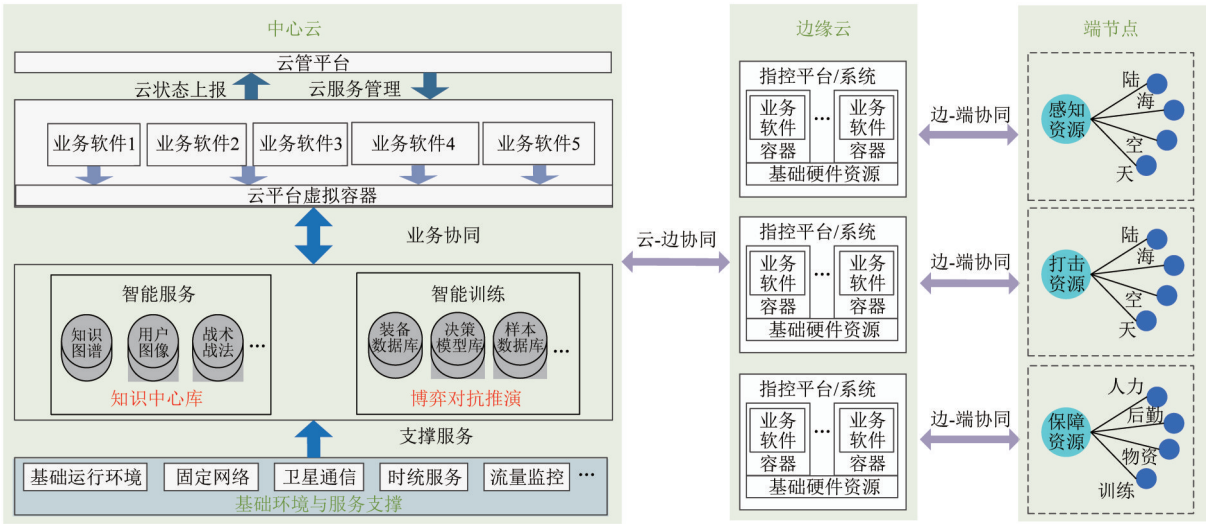


**图2　支撑JADC2实现的“云-边-端”架构**

**Fig.2　Cloud-edge-endpoint architecture supporting JADC2**

### 3.2　应用设想

1)架构开放兼容,要素齐备

架构的开放性特征体现在向上提升,有机集成新质新域武器装备;向下兼容,即插即用、高效集成现有作战资源;向外拓展,动态接入全域作战资源;向内通用,各要素通过组件化、服务化、标准化实现解耦,提升灵活性,从而构建要素齐备的作战体系,以应对各种突发空袭态势[29]。

2)广域分布部署,灵活运用

通过在各域增加指挥节点,一方面避免穿透打击造成的地面指挥节点受损,作战资源无法接续完成作战任务;另一方面可以通过广域分布部署的指挥节点与信息交互中心,为分布式部署的作战力量提供指挥决策支持,更加灵活、安全地调度各作战要素,避免作战失势。

3)云网智能指控,边缘赋能

通过边缘指控赋能,实现联合层级下沉和决策权迁移。基于网络信息体系,打造云、边、端一体的指挥控制软件,并通过预先授权方式或协同机制,实现一线自适应指挥作战。

## 4　关键技术

### 4.1　新一代网络通信与信息安全技术

为支撑JADC2的应用,对互联网络提出了更高带宽、更低延迟、更广连接和更安全等要求,必须发展新一代网络通信与抗干扰技术[9]。目前,网络通信技术正在向以天地一体组网融合为核心的6G通信发展,其主要由地面无线通信网络+卫星互联网组成[30]。

地面无线通信网络以5G为代表,其具备高带宽、低延迟和动态频谱共享等优点,能够实现通信系统被干扰情况下传输和接收数据,解决通信拒止环境下的大容量通信。得益于我国商用通信技术

的发展,5G 网络技术储备和产业配套拥有比较优势。

卫星互联网具备广域覆盖的特殊优势,能够摆脱地理环境约束,保障全球各个位置的通信互联[31]。作为一种规模巨大、造价昂贵的太空基础设施,卫星互联网的建设关键在于大运载可回收火箭,以降低卫星发射成本。目前,世界上仅有SpaceX 公司掌握了可回收火箭技术,已经完成了“星链”系统 6 000 余颗卫星在轨部署,并首次实现了手机用户直连卫星进行视频通话。

在新一代网络通信架构下,未来所有的装备资产、作战人员都将在网络空间进行连接与交互,通信抗扰与网络安全将变得无比重要。同时,云技术的引入,将使得大量数据在云平台中进行存储和计算,更加凸显网络信息安全的重要性。因此,必须建立可靠的网络信息安全技术,加强用户认证、数据加密、防火墙、入侵检测、安全预警、数据备份与恢复等技术的研究,提升安全防御能力[32-33]。

### 4.2 基于算网一体的云平台技术

基于充沛的网络和计算资源,采用云平台技术,构建具备超大规模数据存储和数据高速计算、处理、分析能力的云基座,为人工智能提供算力与算据支撑;塑造“云-边-端”装备体系架构,支撑分布式作战和马赛克战概念落地,全面提升JADC2体系的抗毁性和灵活性。

基于云平台构建情报云、指挥云,可支撑复杂作战态势下的空情信息“一点发现、全网感知”,武器装备“随遇接入,全域调度”,真正意义上实现“全域网络态势、通信、指挥和决策信息,按需共享”。

### 4.3 基于大模型的人工智能技术

在联合作战中,情报态势信息将出现海量增长,杀伤路径在“马赛克”要素拼图下也出现了倍增[34]。为进行更加高效、精确、快捷、动态的态势感知与指挥决策,亟须发展基于大模型的人工智能技术[35]。

在态势处理方面,大模型有着大规模数据处理、挖掘与预测能力,可实现情报告警、意图识别、威胁判断,增强指挥员的战场态势感知能力[36]。在作战指挥方面,通过大模型实现不同作战环境与对抗态势下的作战方案推荐,辅助指挥员决策,有助于实现兵力最优聚合释能[37]。

在大模型训练上,可以采用离线训练与在线训练相结合的模式,基于云平台提供的大规模算力支撑,综合利用不同数据,开展模型训练。

### 4.4 分布式指挥控制技术

为处理更加复杂、动态和充满不确定性的作战问题,指挥控制将向分布式指挥控制方向发展[38]。

在分布式指挥控制架构下,中心节点将以任务式指挥为主,负责把控态势、塑造战局、监管任务,确保整体作战意图得到贯彻。同时,针对重点作战任务,又可以进行指令式指挥,对作战资源进行直接控制,确保任务的执行。边缘节点得益于网算体系的应用,具有情报获取和指挥控制能力,基于上级赋予的任务,以自组织的形式进行任务自发现、资源自组织、行动自控制、结果自评估,实现边缘自治[39-40]。

分布式指挥控制是任务式指挥与指令式指挥相结合的新型指挥范式,是马赛克战落地的重要技术途径。其以边缘自治为创新点,缩减了指挥与信息链条,有利于应对充满动态变化和不确定性的战场环境,同时,也减轻了指挥中心的处理负载,有利于提升JADC2体系的整体负荷能力。

## 5 发展启示

### 5.1 环境挑战

未来JADC2作战,必定要面临跨域、多兵种且地理环境多样、电磁频谱拥挤干扰、作战环境复杂多变的问题,但这是不得不进行考虑且必须要提出解决方案的关键问题。

构建JADC2稳定、可靠且安全的作战环境,本质上来说,就是技术问题,比如:即使是卫星通信,也存在较大延迟[41],如何解决实时且安全的通信和大量数据传输问题?如何解决电磁干扰和频谱拥挤问题[41]?如何确保各兵种武器装备跨域使用的可行性或稳定性问题?环境带来的这些问题,都是未来需要攻坚的关键技术难点。

### 5.2 技术挑战

从技术角度上来说,为实现JADC2,跨域的通信技术是当前的主要技术瓶颈[20],不但要解决环境挑战带来的问题,也需要解决指挥与控制带来的管

理与技术实现问题。

要构建并形成一个开放、万物互联、可靠、安全且拥有多重加密的“网络信息云共享”环境,即多兵种、跨域的部队可在该环境中根据作战需求来获取不同类别的信息[41];然后需要构建一个具有统一中心的人工智能和自动化控制系统;最后,JADC2需要构建跨域的高可靠网络通信系统,对上适应新通信技术特性,对下能兼容现有的通信体制,且应具备低时延、高带宽、抗干扰、高可靠、远距离等特点,这对于当前的通信技术是颠覆性的。

### 5.3　装备发展

装备要素进一步解耦,从分布式作战向马赛克战发展。目前,综合作战指挥系统(Intergrated Battle Command System,IBCS)只是实现了指挥、控制、通信、探测(传感器)、发射(绑定火力、制导)的装备要素解耦。发射、火力、制导之间的绑定关系还没有解除。按照分布式向马赛克发展的理念,下一步必然将发射、火力、制导3个要素解耦。从而催生典型的远程发射(只管发射、不管制导)、远程制导(只管制导、不管发射)的运用模式,使得杀伤链资源要素有更加灵活的使用,例如,无人机或者卫星作为制导平台制导地空/地地导弹。

### 5.4　作战运用

从作战角度上来说,若要实现并释放JADC2的作战效能,还存在作战指挥权责划分不明晰、不合理、不准确且甚至可能存在矛盾,多域、全域一体指控运用不成熟等问题[41]。在网络通信能力足够的条件下,IBCS采用云服务技术实现云指挥,将催生更加扁平式的指挥平台,将逐级指挥的决策线改变为决策面。同时,高速网络运行进行大规模数据传输,将实现远程服务调用大模型(中心云),进行智能指挥决策,提升边缘指挥的智能水平。

未来在作战层面上,应按照分阶段、多级、多层实践安排的计划丰富相应的多域或全域一体的作战样式,然后采用“智能分析+人工决策”的方式,预置多种指挥权责划分模式,根据不同情况对边缘指控进行实时动态赋权,以训代战,缩减指挥、决策和授权时间,适应未来JADC2全流程顺畅作战。

## 6　结束语

JADC2是军事领域中体系化指挥与控制能力的一次变革性飞跃,它提供了在现代大规模战争冲突中取得至关重要的集成化的全域网络化能力。通过整合和联网所有领域的能力,JADC2可以实现快速决策、增强态势感知和高效资源分配。通过利用数据、分析、先进人工智能算法和通信技术的力量,JADC2可使军事领导人能够做出更快、更明智的决策[6]。

然而,JADC2系统的实施需要基于强大的网络信息体系一体化,克服网络安全、互操作性、资源分配、智能决策甚至有关道德考量等技术、管理和组织方面的挑战[41]。

随着技术的不断进步,JADC2将在塑造未来军事行动和在不断变化的世界中确保国家安全方面发挥关键作用。

**参考文献**


[1] 中华人民共和国国务院新闻办公室.新时代的中国国防[EB/OL].(2019-07-24)[2024-05-11].http://www.mod.gov.cn/ gfbw/fgwx/bps.

[2] 孟二龙,高桂清,董浩,等.武器装备智能化发展思考[J].兵工自动化,2021(6):12-15.

[3] 逯杰.跨域联合,未来联合作战新趋势[EB/OL].(2020-09-16)[2024-05-11]. https://mp. weixin. qq. com/s/USEdLHP-RiorfXwJP0JX9Q.

[4] 95100部队.增加新域新质作战力量比重,用新的伟大奋斗创造新的伟业[N].解放军报,2022-12-5(6).

[5] 孙全,高雅,陈宇威,等.全域作战理论下陆军防空反导装备发展思考[J].空天防御,2018,1(3):1-4.

[6] 袁超,步项禹,张霖,等.美军联合全域指挥与控制发展分析与启示[J].战术导弹技术,2023(6):134-141.

[7] LINGEL S,HAGEN J,HASTINGS E,et al.Joint all-domain command and control for modern warfare [R]. Santa Monica:RAND,2020.

[8] TERRENCE J. O’ SHAUGHNESSY. Decision superiority through joint all-domain command and control [J].Joint Force Quarterly,2020,99(4):74-80.

[9] 王欣欣.美联合全域指挥与控制概念发展状况分析[C]//中国指挥与控制学会.2023首届空天防务体系工程高层论坛论文集.北京:中国指挥与控制学会,2023:5.

[10] 信息安全与通信保密杂志社.美军JADC2最新发展及其面临的网络安全挑战[EB/OL].(2023-11-07)[2024-05-11]. https://mp. weixin. qq. com/s/IMyDPGBsvPswGcF0gzUNAA.

[11] WORLD-JAPAN NewsNHK.(2024).统一指挥自卫队所需法案获参院通过[EB/OL].(2024-05-10)[2024-05-11]. http://www3. nhk. or. jp/ nhkworld/zh/news/

20240510_ML04/.

[12] 阳东升,李强.联合全域指挥与控制[J].指挥与控制学报,2020,8(1):1.

[13] 陈彩辉,缑珊珊.美军“联合全域作战(JADO)”概念浅析[J].中国电子科学研究院学报,2020(10):917-921.

[14] 张谦一.解读美军作战概念[N].中国社会科学报,2021-04-01(4).

[15] 杨欢.统筹网络信息体系建设运用[N].解放军报,2023-02-13(3).

[16] 陈竹梅.系统思维视角下网络信息体系发展演进及时代特征探讨[J].中国电子科学研究院学报,2021(8):746-755.

[17] 英创立.新一代通信技术发展现状如何?[EB/OL].(2023-12-12) [2024-05-07]. https://mp. weixin. qq. com/s/cGzLJvbfhNXzw54O1nf6Yw.

[18] 陈方舟,李靖,李浩.多域战背景下的美太空作战指挥体系研究[C]//中国指挥与控制学会(Chinese Institute of Command and Control).第八届中国指挥控制大会论文集.北京:中国指挥与控制学会,2020:5.

[19] 章华平,赵朔,黄松平,等.联合全域指挥与控制机理与过程模型探析[J].火力指挥与控制,2023,48(9):51-55,62.

[20] 刘涛,蒋超,崔玉伟.美军联合全域指挥控制概念与启示[C]//中国指挥与控制学会(Chinese Institute of Command and Control).第十届中国指挥控制大会论文集(上册).北京:兵器工业出版社,2020:4.

[21] 刘禹彤.ABMS! 美空军完成“先进作战管理系统”第五次“架构演示与评估”[EB/OL].(2021-08-01)[2024-05-11]. https://mp. weixin. qq. com/s/y8PYO8CgEBxtCCRF5c4JOw.

[22] 李学朋.美陆军人工智能系统在杀伤网构建中发挥的作用[EB/OL].(2021-12-28) [2024-05-11]. https://mp.weixin.qq.com/s/USEdLHP-RiorfXwJP0JX9Q.

[23] 江宁.20秒内开火—美陆军“项目融合”演习及相关技术发展[J].兵器,2021(2):4.

[24] 易侃,钟元芾,曾逸凡,等.联合全域指挥与控制机理模型及应用分析[J].指挥与控制学报,2022(1):1-13.

[25] 钟元芾,曾逸凡,张英朝,等.基于PREA环的联合全域作战过程建模与分析[C]//第十届中国指挥控制大会.第十届中国指挥控制大会论文.北京:兵器工业出版社,2020:1-7.

[26] 林旺群,李妍,罗海龙,等.面向全域联合作战指挥控制系统总体框架设计[J].指挥与控制学报,2022(1):14-22.

[27] 贾奋励,王光霞,田江鹏,等.面向全域作战态势感知的战场全息地图[J].指挥与控制学报,2022(1):30-36.

[28] 邓克波,黄松平.全域作战及其制胜机理探析[J].指挥信息系统与技术,2022,13(1):74-78.

[29] 唐明南,张承龙,魏然,等.以智赋能构建现代化空天防御体系[J].现代防御技术,2023(5):1-7.

[30] 程锦霞,邓伟,翁玮文,等.面向6G的天地一体无线网络技术研究[J].无线电通信技术,2023,49(5):788-794.

[31] 张世杰,赵祥天,赵亚飞,等.星地融合网络:一体化模式、用频与应用展望[J].无线电通信技术,2023,49(5):775-787.

[32] 张浩,谢大智,胡云晟,等.基于半监督学习的网络异常检测研究综述[J].信息网络安全,2024,24(4):491-508.

[33] 季新生,黄开枝,邬江兴,等.6G天地一体化信息网络内生安全技术[J].天地一体化信息网络,2023,4(2):2-12.

[34] 顾灏冰,田少华,周丹发,等.基于OODA环的马赛克战理念及关键技术分析[J].空天防御,2021,4(3):65-69.

[35] 林波,黄今辉,尹峻松.一种分布式智能指挥控制体系架构[J].指挥与控制学报,2023,9(4):425-432.

[36] 周觐,高岚岚,刘巍.智能态势认知关键需求分析[J].指挥控制与仿真,2024,46(2):8-17.

[37] 胡志强,刘永普,姜松,等.分布式智能化作战的概念、内涵与未来发展[J].指挥信息系统与技术,2023,14(5):62-68.

[38] 林波,黄今辉,尹峻松.一种分布式智能指挥控制体系架构[J].指挥与控制学报,2023,9(4):425-432.

[39] 黄松平,闫晶晶,张维明,等.从重心到边缘:指挥控制的历史及进程[J].指挥与控制学报,2020,4(6):341-348.

[40] 张维明,黄松平,朱承,等.指挥控制的新范式:边缘指挥控制[J].指挥信息系统与技术,2021,1(12):1-7.

[41] 安美娜.《全域联合指挥与控制:国会背景及议题》翻译实践报告[D].石家庄:河北科技大学,2023.