

美国国防太空体系架构发展浅析^{*}

任远桢^{1,2}, 金胜¹, 鲁耀兵², 孙树岩², 李锦安²

(1. 北京跟踪与通信技术研究, 北京 100094; 2. 北京无线电测量研究所, 北京 100854)

摘要:美国国防太空体系架构是美国未来的空间能力架构,旨在统一和整合美国下一代太空国防能力,谋求太空优势。为了厘清美国国防太空体系架构产生的关键驱动要素,加深对其本质内核的理解与认知,把握未来的发展趋势方向,梳理了该体系架构的组成结构,分析了发展规划与现状,聚焦近期重点建设的传输层、跟踪层、监管层和作战管理层的卫星部署和技术攻关情况,重点从国家竞争、弹性发展及作战创新3个维度讨论了发展动因,针对国防太空体系架构及我国相关领域的发展建设给出了相关启示。

关键词:国防太空体系架构;发展动因;大国竞争战略;弹性发展思路;新型作战概念;美国太空发展局

DOI:10.3969/j. issn. 1009-086x. 2023. 06. 002

中图分类号:E15;TJ76 文献标志码:A 文章编号:1009-086X(2023)-06-0009-09

引用格式:任远桢,金胜,鲁耀兵,等.美国国防太空体系架构发展浅析[J].现代防御技术,2023,51(6):9-17.

Reference format:REN Yuanzhen,JIN Sheng,LU Yaobing,et al.Analysis of American National Defense Space Architecture Development[J].Modern Defence Technology,2023,51(6):9-17.

Analysis of American National Defense Space Architecture Development

REN Yuanzhen^{1,2}, JIN Sheng¹, LU Yaobing², SUN Shuyan², LI Jinan²

(1. Beijing Institute of Tracking and Communication Technology, Beijing 100094, China;

2. Beijing Institute of Radio Measurement, Beijing 100854, China)

Abstract:The national defense space architecture (NDSA) is the future space capability architecture of the United States, which aims to unify and integrate the next generation of the US space defense capabilities and seek space superiority. To clarify the key driving factors of NDSA, deepen the understanding and cognition of its essential core, and grasp the direction of future development trends, this paper sorts out the structure of the NDSA and analyzes the development plan and current situation. It focuses on the recent satellite deployment and technical research on the key transmission layer, tracking layer, supervision layer, and operational management layer. The development motivation is discussed from three dimensions of national competition, flexible development, and operational innovation. Finally, the paper gives relevant inspiration to the NDSA and related fields in China.

Keywords: national defense space architecture; development motivation; major power competition strategy; flexible development ideas; new combat concepts; space development agency

* 收稿日期:2022-11-08;修回日期:2023-02-06

第一作者简介:任远桢(1990-),男,江苏扬州人。高工,博士,研究方向为探测体系总体设计。

通信地址:100854 北京市 142信箱 203分箱 E-mail:ryz1123@163.com

0 引言

太空能力是国之重器,关乎一国的安全、发展乃至国际地位。近年来,美国越发重视太空领域的发展,秉持着“美国第一”的原则,制定并发布了许多太空政策,实施了大量的太空项目^[1-2]。美国太空发展局(space development agency, SDA)负责定义、规划和组织建设美国未来的空间能力架构,并加快发展和部署新的太空军事能力,以谋求美国在太空国防领域不断保持军事技术领先的优势。为了完成这一使命,SDA 正在建设国防空间体系架构(national defense space architecture, NDSA),以统一和整合美国的下一代太空国防能力^[3-4]。

1 概述

2019 年 7 月 1 日,美国太空发展局(SDA)发布了国防太空体系架构信息征询书,首次提出了下一代国防太空体系架构的概念,计划与商业航天力量进行合作,利用其相关成熟配套技术,采用灵活、螺旋式发展的模式,快速开发和部署一个激增的、多功能的由小卫星(50~500 kg)组成的星座群。按照该体系架构规划,预计将新研制千余颗小卫星,组成几十个星座,并通过国防部整合美国已有军事及商业太空能力^[5]。

1.1 架构设计

国防太空体系架构共包含 7 层,分别为传输层、作战管理层、跟踪层、监管层、导航层、威慑层,以及支持层。它们的定位与用途如下:

(1) 传输层:向全球范围各作战平台提供全天时、全天候、低延迟的数据传输与通信服务,为国防太空体系架构内卫星通信提供保障。

(2) 作战管理层:提供战场管理、指挥、控制与通信服务,为战术用户提供太空信息支援;支持战役规模状态下实现时敏杀伤链闭合。

(3) 跟踪层:提供先进导弹威胁目标(包括高超声速武器)的全球探测、预警、跟踪与指示。

(4) 监管层:用于全天时、全天候监控时敏目标,为射前攻击敌导弹发射架、雷达站、指挥节点等重要目标提供关键保障。

(5) 导航层:为 GPS 受限或拒止环境下提供备用的定位、导航与授时(positioning, navigation and

timing, PNT)能力。

(6) 威慑层:提供地月空间范围(从地球同步轨道到月球)的空间目标态势感知及快速进出与机动能力,并提供了太空攻防的能力选项。

(7) 支持层:提供大规模小卫星星座快速机动发射测控的运载系统与地面设施,部署便携式、系列化、智能化卫星应用终端,为灵活、弹性、敏捷的在轨系统提供配套的地面系统支持,确保对抗条件下小卫星星座的快速补充与更新,提高卫星大规模地面应用效能。

综合而言,这 7 层提供了通信传输、指挥控制、预警跟踪、侦察监视、导航授时、太空控制及应急补充能力,以太空传输层为基础,基于美国防高级研究计划局(defense advanced research projects agency, DARPA)“黑杰克”项目开展,重塑了一个更加面向实战化、灵活、弹性、敏捷的美国太空军事力量体系架构,共同为面向未来的一体化联合作战赋能^[6]。

1.2 发展愿景及规划

美国 SDA 针对国防太空体系架构提出的核心发展愿景主要包括 3 个方面:

(1) 传输层与导航层:全球实时 PNT 与通信传输能力。

(2) 监管层、跟踪层与威慑层:综合全面的天基感知能力,感知对象包括地面、海洋、先进导弹及太空目标。

(3) 作战管理层与支持层:全维指挥、控制和执行能力。

瞄准该愿景,根据美国 SDA 当前的规划,国防太空体系架构的建设初步分为 5 个阶段(0~4 期),每个阶段 2 年。如表 1 所示。

1.3 发展现状

目前,美国正围绕国防太空体系架构建设中的关键技术及体系架构验证开展一系列的演示验证,推进 0 期的能力建设,重点聚焦传输层、跟踪层以及部分地面系统。导航层的建设需要基于传输层的搭建,特别是星间光学链路的技术突破,故当前尚未开展相关卫星的发射部署,主要聚焦利用星座中各卫星协同实现授时的关键技术攻关。支持层则充分利用军民融合方式,正在开展任务数据处理器及高超声速和弹道跟踪空间传感器(hypersonic and ballistic tracking space sensor, HBTSS)地面配套设施

的建设。此外,由于资金紧张,SDA削减了威慑层的卫星计划,典型的是去除了初始规划的先进机动航天器,并将威慑层当前的建设定位于新兴技术研究,短期内没有卫星的发射部署计划。

表1 美国国防太空体系架构建设阶段及目标

Table 1 Phases and objectives of NDSA

阶段	时间节点	主要目标
0期	2022年	进行体系架构验证,重点在超视距瞄准和先进导弹探测跟踪方面形成有限的能力形成初始作战能力,实现区域性不间断
1期	2024年	的战术数据链路、先进导弹探测和超视距瞄准
2期	2026年	将1期中所有能力从区域性支持提升至全球性不间断支持
3期	2028年	对2期能力进行升级,包括提高导弹跟踪灵敏度、超视距瞄准能力、定位导航授时能力、激光与受保护通信能力
4期	2030年	对体系架构进行持续升级

下面重点对传输层、跟踪层、监管层及作战管理层的发展现状进行梳理:

(1) 传输层

传输层目前已经在0期中采购了20颗卫星,开展了2项原型系统试验验证,并计划开展1项验证。洛马公司和约克空间系统公司分别获得了1.875亿美元和9400万美元的合同,各承担10颗卫星的研制任务,截止2023年2月,已发射19颗。这项原型系统的试验验证分别是“曼德拉2号”(Mandrake-II)、“激光互联和网络通信系统”(laser interconnect and networking communication system, LINCS)以及XVI。其中Mandrake-II与LINCS都是为了解决卫星间光链路这一技术难题而进行的演示验证试验,旨在提高数据传输率,减小发射功率,并提升传输安全性。而XVI是为了实现Link 16的超视距传输,旨在提升战术数据链的通信能力,为战术杀伤链重构奠定基础。下面具体介绍一下这3项演示验证试验^[7]。

Mandrake-II是由SDA,DAPRA和空军研究实验室合作进行的演示验证试验,旨在验证2颗卫星之间、与地面系统以及与机载系统之间的光学星间链

路技术可行性及可靠性。2021年6月30日,2颗Mandrake-II卫星——“艾伯号”和“贝克号”(Able和Baker)成功发射,它们激光通信终端重约10 kg、功率50 W,成本极低,约为数十万美元。2022年8月,这2颗卫星完成了星间光链路天基激光通信演示验证,在114 km范围内传输了约280 G数据,工作时长超过了40 min。后续还将进行天地间激光通信演示。

LINCS是通用原子公司开发的2颗12U立方体光学互联演示卫星,旨在验证星间激光通信技术,并尝试在卫星与无人机平台之间建立激光通信链路。2021年6月30日,2颗搭载着C波段双波长全双工光通信终端和红外有效载荷的卫星成功发射,但是SDA和通用原子公司无法和卫星成功建立通信链路。虽然该试验进行得不顺利,但通用原子公司仍在继续开发下一代激光通信终端。

XVI是由空军研究实验室和Viasat公司共同开发的实验卫星,旨在拓展Link 16通信协议的应用范围,通过对Link 16终端之间通信的中继支持,实现超视距乃至全球尺度内更大范围的多平台间的战术通信。该卫星原计划于2020年发射,后来连续推迟,目前仍未发射。

(2) 跟踪层

跟踪层目前在0期中开展了1项原型系统试验验证,并采购了10颗卫星。原型系统的试验验证项目为“红外载荷样机”(prototype infrared payload, PIRPL),于2022年8月10日随“天鹅座”飞船成功发射,用于获取详细的地球红外背景,旨在为开发检测和跟踪暗淡、快速飞行的高超声速导弹能力奠定基础。

采购的10颗卫星载荷主要分为2类,宽视场(wide field of view, WFOV)和中等视场(medium field of view, MFOV),其中MFOV还被称为HBTSS(the hypersonic and ballistic tracking space sensor)。WFOV负责宽视场的探测与目标发现,从而为HBTSS提供目标指示信息。HBTSS的视场范围较小,根据WFOV提供的引导信息,对目标进行更高精度的探测,为地面拦截弹提供目指信息。两者协同的目标是实现对弹道导弹和高超声速飞行器的稳定探测,特别是对大气层中机动飞行的高超声速飞行器进行持续跟踪。SpaceX公司和L3哈里斯

公司于 2020 年 10 月分别获得了 1.49 亿美元和 1.94 亿美元的合同,各负责开发 4 颗 WFOV 卫星,目前已发射 4 颗^[8]。L3 哈里斯公司和诺斯罗普·格鲁曼公司于 2021 年 1 月分别获得了 1.21 亿美元和 1.55 亿美元的合同,各负责开发 1 颗 MFOV 卫星,目前尚未发射。

(3) 监管层与作战管理层

对于监管层和作战管理层,目前 SDA 重点开展了一种新型基础性软件演示,称为“轨道试验平台原型”(prototype on-orbit experimental testbed, POET),旨在为实现 SDA 星座的作战管理和监管奠定基础。POET 的试验卫星已于 2021 年 6 月 30 日发射入轨,实验有效载荷为一种支持人工智能的边缘计算机,主要包括 2 个功能:①初步的空间自主数据处理能力,能够实现对光电影像的智能数据融合和初始边缘处理。②自主任务响应及规划管理能力,能够响应用户的战术信息请求,并引导搭载其卫星执行特定区域目标探测任务,完成数据处理,将图像反馈给用户。此外,该卫星预期寿命为 5 年,期间软件可不断更新升级,从而支撑完成更复杂的任务。

2 发展动因分析

2018 年,美国国防部提出了未来太空力量发展的愿景,其中包含了 8 项能力,涵盖了先进导弹监视预警、备份 PNT、空间态势感知、太空威慑指挥通信、全球监视等多个方面^[9]。美国国防太空体系架构的提出,全面响应了国防部提出的能力需求,但更深层次的挖掘其发展动因,它既是对其太空力量发展思路的延续,又是立足当前的时代战略背景,更是契合了其未来作战理念。下面展开进行具体分析。

2.1 大国竞争战略的驱使

近年来,美国已将国家战略重心由反恐转向大国竞争,并处于全面、日益激烈的战略竞争期,针对对手国家实施全面打压和挑战的行动明显加快了速度和加大了力度,太空作为战略制高点“首当其冲”。在 2017 年《国家安全战略》中,美国提出了“太空领域对美国的民生、国家安全和战争至关重要”,美国打算通过保持太空优势赢得战略竞争。近期美太空政策也表明,美已将太空领域视为战略竞争的关键领域,意在通过太空部署,赢得太空竞争,最

终取得大国竞争的胜利^[10]。2022 年《联合太空作战愿景 2031》中,再次强调了太空在现代战争中的战略地位,并认为战略竞争对手已经具备了拒止和破坏美国天基系统的能力,因此提出加快提升和盟友间的联合太空军事行动能力,确保其太空进出与行动自由^[11]。

美国认为,对手国家正在研究新型作战装备和作战样式,利用美国太空资产的漏洞实施攻击,从而抵消它的太空优势。因此,重点针对新兴威胁,通过大力发展下一代国防太空体系架构,旨在继续保持,甚至进一步提升战略竞争优势。具体表现在以下 3 个方面:

(1) 先进导弹探测预警

美国现有的导弹早期预警高度依赖以 DSP (defense support program), SBIRS (space-based infrared system) 为代表的地球同步轨道及大椭圆轨道卫星,造价昂贵、缺少备份及替代方式的天基导弹预警系统。此外,当前高超声速武器正蓬勃发展,而它与弹道导弹差异极大。弹道导弹一般会飞出大气层,关机后遵循自由抛物体运动规律,现有的导弹预警卫星通过捕获弹道导弹的尾焰获取其轨迹,进而进行落点预报。而高超声速武器主要在临近空间飞行,行进中还会进行轨道机动,并且其目标特性与弹道导弹也有较大差异,传统的天基导弹预警系统对高超声速武器的探测预警能力存在不足。因此,通过国防太空体系架构跟踪层的建设,可作为现有天基导弹预警系统的备份与补充,提升对先进弹道导弹的探测跟踪与指示能力,并形成对高超声速武器的有效探测预警能力。此外,为了更好应对各类先进弹道导弹及饱和攻击样式,美国提出在导弹发射前对其进行打击,提升反导作战的效费比及成功率。在美国下一代国防太空体系架构中,通过监管层的建设,力争实现对陆地、海上时敏目标的实时侦察、监视及瞄准,支撑先发制人的反导作战实施^[12]。

(2) GPS 拒止条件下的备份

GPS 系统为美军提供了导航、定位及授时服务,提升了部队机动作战和快速反应能力,实现了战区移动目标的指挥监控,并为精确制导武器提供了制导,大大提升了美军的作战效能,同时美军对导航、定位及授时服务的依赖程度也越来越高。但是随

着对手国家不断发展GPS干扰技术,美军提出发展定位、导航和授时服务的备份系统以及各类替代方案,以保证其部队在失去提供该类服务的卫星支持时,仍能够继续作战。在美国下一代国防太空体系架构中,通过构建低轨导航层星座,从而在GPS信号受到干扰或攻击时,提供替代GPS服务的能力,保证部队在复杂环境中仍具备遂行任务的能力。

(3) 空间威慑

在近年来的局部战争中,美国90%军事通信、95%侦察监视、90%导航定位和100%气象预报都要依靠太空力量,可见天基信息支援对美军作战贡献度极大。特别地,地球同步轨道卫星以重、大、贵和寿命长为特点,结合其能够相对地面静止的轨道特性,是美军大量部署军事卫星的重要区域。然而,随着世界多国不断发展轨道机动、在轨操控等各类技术,航天器的安全越发得不到保障。此外,在美国国防情报局《2022年太空安全挑战》中,重点提到了将对手国家在地球轨道以外深空区域行动视为潜在威胁,认为其有可能威胁美国高价值卫星,并且难以监控应对^[13]。美国提出保护其太空资产,在下一代国防太空体系架构中发展威慑层,增强空间目标态势感知能力,具备应对太空攻防挑战的条件,强化太空备战和联合运用能力、推动太空体系和作战能力变革^[14]。

2.2 弹性发展思路的延续

早在2010年,在美国国家航天政策中,最早提出了增强系统弹性,但未对其进行具体定义。2012年,国防部空间政策中,首次给出明确表述,将弹性定义为一个系统在敌对或不利条件下,支持提高任务成功概率所需功能、缩短能力恢复时间、应对更宽广想定、条件和威胁的能力。2013年,在美国空军航天司令部发布的《弹性和分散太空体系》白皮书中,提出了“弹性太空”的概念,它是指体系面对系统故障、环境挑战或敌对行动时仍然能够持续提供所需能力,包括威胁摄止、体系健壮、系统重构、能力恢复等。同年,《抗毁与分解式空间体系架构》文件中,美国提出了要走廉价、大规模制造和发射小卫星星座的技术路线,提高美国太空体系的生存和恢复能力,提升体系的“弹性”。2015年《弹性和分散太空体系》白皮书中,提出了实现“弹性”的6种途径,包括分散、分布、多样化、防护、扩散以及欺

骗。2017年,在《太空危机稳定性——中国及其他挑战》报告中阐述了应采用分布式弹性架构使太空体系具备弹性,提升抗毁伤及对抗能力。2018年,美国《国家太空战略》文件中提出应加速太空体系架构转变,提高弹性、防御和受损后重建能力。2021年,《美国太空优先事项框架》提出了9项太空政策优先事项,其中一项为捍卫其国家安全利益,免受来自太空的威胁,而具体实现方式就是加速推动太空体系弹性化,并增强太空态势感知能力^[15]。此外,在2021年和2022年美国的《航天工业基础状况》报告中,多次提到了“混合太空架构”(hybrid space architecture, HSA)概念,它旨在将新兴小卫星和美国政府传统的太空系统相集成,连接不同的民用、军用、商业和盟军太空系统,并强调了显著提高太空系统的弹性和威慑力,并成为联合全域指挥与控制的关键^[16-17]。

近十几年来,围绕提升太空体系的“弹性”,美国出台了多份文件,虽然实现方式在不断拓展,但其核心内涵依然与2012年国防部空间政策中的定义基本一致^[18]。

同时,美国认为其传统的太空体系架构弱点十分突出,容易受到物理域、网络域及电磁类的各式攻击影响,在体系降效失能后,以高价值大型卫星为主的体系十分脆弱,缺少替代备份卫星,并且难以快速补充恢复体系能力。因此,美国提出了下一代国防太空体系架构,而这正是“弹性”发展思路的典型实践,通过与商业航天公司的深度合作,大幅度降低了国防太空体系架构的构建成本,利用大量小卫星形成星座组网,形成分散式、扩散式、多样化部署的太空体系,具备了解散、重组、重构、重建与自我修复能力,显著提高了效费比、生存力及战时补充能力。

2.3 新型作战概念的载体

作战概念是战争理论层面的概念描述,通过对作战能力和作战任务的有序组织,实现既定的作战构想和意图。为了更好把握科技发展带来的新机遇,应对各式威胁挑战,把握战争形态发展方向与规律,抢占制胜先机,美军一直十分重视作战概念的开发与创新。美国认为对手国家正在发展和实施“反介入/区域拒止”的作战概念,在冲突发生后,将会凭借体系化、持续性的压力,不再给美军从容

的作战力量部署时间,并通过太空、电磁等多个维度对美军的主要数据链、网络等关键节点进行袭扰,试图割裂、致瘫美军的指挥控制体系,破坏杀伤链。在此背景下,美军近年来提出了一系列新型作战概念。而其下一代国防太空体系架构的设计规划也与各类新型作战概念的理念相一致,并为它们的实现提供了基础,旨在保证美军在“反介入区域”仍然具备兵力投送和杀伤链快速闭合能力。最具代表性的新型作战概念是马赛克战与联合全域作战。

(1) 马赛克战

美国于2017年提出了“马赛克战”概念,旨在建立一支由高性能武器系统和大量分散作战要素为核心,可以灵活定制、跨域协同作战的混合兵力,加快美军行动速度,使美军在与大国对手的长期竞争中获胜。该作战概念是决策中心战的赋能手段,能够让美军指挥官更快、更有效地做出决策,同时降低对手决策的质量和速度^[19]。

国防太空体系架构的设计在很多方面都与马赛克战的理念一致,甚至可以将其称之为实现马赛克战的一个载体。在国防太空体系架构中,通过海量小卫星组网,提高体系的灵活性和抗毁伤能力。它以跟踪层、监管层和威慑层的部分单元为探测节点、以传输层作为通信纽带,以作战管理层为智能指挥控制节点,根据任务需要,灵活组织,相互协作,快速高效完成任务,即使体系遭受了部分破坏,它仍然可以自适应调整,而不会影响任务完成。同时,由于其动态聚合实现任务的特点,改变了传统的杀伤链,形成了动态杀伤网,给对手造成了“战场迷雾”,使其难以判断作战体系结构与意图,降低了决策速度与质量,影响了作战效能,从而自身获得了决策优势,掌握了战场主动权,并且颠覆了传统的太空安全体系^[20-21]。

特别地,国防太空体系架构在战术层面,给用户提供了更快速有效的杀伤链闭合方案。当前美国的主要战术数据链是Link 16,已经实现了陆海空三军的互联,但它自身只能进行视距内的通信。而通过传输层对Link16通信服务的支持,不仅实现了超视距的战术通信,更重要的是实现了更多探测、指挥控制及火力打击单元的互联,并大大缩短了战术杀伤链,能够为马赛克战作战概念的实现奠定坚

实的基础,全面提升了作战效能。

(2) 联合全域作战

2020年,“联合全域作战”概念首次提出,是由于美军认为仅依靠空海一体战的优势不足以取得胜利,而需要在陆、海、空、天、网和电全域协同,并充分发挥其在太空和网络空间的优势,提升其作战效能,从而获取胜势^[22]。此概念在“多域战”和“多域作战”的基础上发展而来,以“联合全域指挥与控制”(joint all-domain command and control, JADC²)概念为核心,目前已成为美国全军共同发展的目标,是美军顶层概念之一。JADC²提出需要近实时连接所有分布式传感器与射手,将各军种指挥控制系统连接成一体化指控网络,实现所有作战域之间高速且无缝的信息交流,从而遂行跨域指挥控制,压缩作战决策周期,提升美军高效准确打击与摧毁时敏目标的能力。

国防太空体系架构是实现联合全域作战的重要支撑,具体体现在:

1) 国防太空体系架构的传输层可作为JADC²的一个主干网络,它能够给各作战域的作战单元提供近实时的通信服务,联通国防部所有的指挥和控制系统,打破了各军兵种指挥控制系统连接的壁垒。

2) 国防太空体系架构的跟踪层、监管层及威慑层的部分单元可作为分布式传感器,而它们已经以传输层为基础,实现了无缝连接,并在此基础上,再次通过传输层,近实时实现传感器与射手的连接。

3) 国防太空体系架构的作战管理层可作为指挥控制系统,实现智能的指挥控制,并以传输层为基础,连接了传感器与射手,缩短了杀伤链闭合时间,压缩了作战决策周期,并为跨域指挥控制提供了条件,实现了作战与信息优势^[23]。

3 相关启示

(1) 注重作战概念发展革新

美国立足新材料、人工智能等前沿领域技术突破,针对性地不断创新发展新型作战概念,旨在掌握未来战争主动权。美国国防太空体系架构的由来与演化与新型作战概念的发展密不可分,是新型作战概念实现的关键载体与基础,并充分沿袭了其弹性发展理念,是美国未来作战体系的重要组成部分

分。因此为了抢占未来战略竞争的制高点,一方面应加强对美国新型作战概念的研究,深入挖掘概念内涵,梳理核心要素,剖析内在机理;另一方面,应参考借鉴美作战概念,在充分研究的基础上,与新兴技术相结合,推动理论和概念创新。

(2) 加强国防太空体系架构深入研究

美国国防太空体系架构最初提出的是一个较为宏大且理想的发展目标,涵盖了太空能力的诸多方面,同时,自提出后,受关键载荷研制进度及预算所限等因素影响,不断在调整其规划与进度安排。因此,需要进一步加强对国防太空体系架构的跟踪研究,把握其最新发展动态与方向。此外,还应进一步对其进行深入研究,一方面分析各个能力层的详细组成结构,设计理念及能力实现机制,另一方面还应从体系视角,综合多层乃至整个体系架构,分析其动态运行机理,厘清其运用方式。

(3) 强化创新太空体系架构设计

美国国防太空体系架构的设计规划基于战略引领、政策牵引及威胁驱动,并根据功能用途划分了逻辑层,创新性地采用了大规模分布式的小卫星星座,打破了传统的以少量、关键卫星为核心的太空国防体系建设思路,颠覆了传统太空体系架构的设计理念。同时,更加注重体系建设的弹性、整体性以及互联互通互操作性,并将云计算、人工智能等前沿技术进行了深度融合与实践,大幅提高了杀伤链闭合的速度,提升了体系的作战效能。我国也应充分借鉴美国国防太空体系架构的开发理念与设计思路,强化体系架构的顶层设计与能力牵引,加快发展应用新兴前沿技术,不断丰富完善国家太空能力的建设。

(4) 推动太空体系架构快速建设落地

美国太空发展局在开展国防太空体系架构的实际建设中十分务实,特别注重交付能力的速度,并不拘泥于体系架构的现有规划,引入了大量的商业航天力量,采用了螺旋式上升、灵活、敏捷的开发方式,大大提升了建设速度和开发效率,并不断根据技术验证现状和建设进展,动态调整相关规划,力求最快速度推动体系架构建设。在实际运用中,充分利用了商业航天的技术与资源,优先服务紧迫需求,积极开展技术验证,并通过软件化等方式进行快速迭代。此外,十分注重跨域融合,真正做到

了体系规划、体系建设与体系运用。因此,我国也应积极借鉴美国的体系架构开发与运用方式,以成体系方式推动太空体系架构快速发展、落地及开展运用,并立足当前大力发展商业航天现状,继续加大扶持力度,鼓励并牵引其不断进行技术创新,为太空体系灵活、弹性及敏捷建设赋能。

4 结束语

美国国防太空体系架构以传输层、跟踪层、监管层及作战管理层为重要抓手,计划通过5个阶段发展建设,全面提升通信传输、指挥控制、预警跟踪、侦察监视、导航授时、太空控制及应急补充能力。该架构的提出,是大国竞争战略的驱使,是太空力量弹性发展思路的延续,更是新型作战概念的载体。为了进一步加深对体系架构各层内在关系的认知与理解,把握未来发展趋势,积极应对并借鉴其发展思路与理念,应注重作战概念发展革新,加强国防太空体系架构深入研究,强化创新太空体系架构设计,推动太空体系架构快速建设落地,助力我国维护空间安全与推动太空体系发展建设。

参考文献:

- [1] United States Space Force. Spacepower: Doctrine for Space Forces [M]. Washington, DC, USA: United States Space Force, 2020.
- [2] MESSIER D. Trump Administration Unveils America First National Space Strategy [EB/OL]. (2018-03-24) [2022-11-01]. <https://parabolicarc.com/2018/03/24/trump-administration-unveils-america-national-space-strategy>.
- [3] MESSIER D. Space Development Agency Seeks Next-Gen Architecture in First RFI [EB/OL]. (2019-07-07) [2022-11-01]. <https://parabolicarc.com/2019/07/07/space-development-agency-issues-rfi/>.
- [4] STROUT N. The Pentagon's New Space Agency Has an Idea About the Future [EB/OL]. (2019-07-04) [2022-11-01]. <https://www.c4isrnet.com/battlefield-tech/2019/07/03/the-pentagons-new-space-agency-has-an-idea-about-the-future/>.
- [5] 李洪波. 美国太空绝对优势的衰减[J]. 中国航天, 2021(10): 33-38.
LI Hongbo. The Decay of Absolute Advantage in Outer Space for the United States[J]. Aerospace China, 2021(10): 33-38.

- [6] 徐嘉,王天喆,梁巍.美国新太空战略观及其军事航天力量建设分析[J].中国航天,2020(11):18-22.
XU Jia, WANG Tianzhe, LIANG Wei. Analysis on the U. S. New Space Strategy Viewpoint and Military Space Development [J]. Aerospace China, 2020 (11): 18-22.
- [7] 谢珊珊,梁晓莉.国外卫星激光通信技术发展分析[J].中国航天,2021(12):42-46.
XIE Shanshan, LIANG Xiaoli. Development of Foreign Satellite Laser Communications Technology [J]. Aerospace China, 2021(12): 42-46.
- [8] MESSIER D. Airbus, Raytheon Protest SDA Contract Awards to SpaceX & L3Harris [EB/OL]. (2020-11-11) [2022-11-01]. <https://parabolicarc.com/2020/11/11/airbus-raytheon-protest-sda-contract-awards-to-spacex-l3harris/>.
- [9] 张小林,顾黎明,吴献忠.美国下一代太空体系架构的发展分析[J].航天电子对抗,2020,36(6):1-6.
ZHANG Xiaolin, GU Liming, WU Xianzhong. The Development of the U. S. Next-Generation Space System Architecture [J]. Aerospace Electronic Warfare, 2020, 36(6): 1-6.
- [10] 粟锋,徐能武.美国国防太空力量发展的动向及应对——基于对美国2020年《国防太空战略》的解读[J].国防科技,2021,42(3):91-97.
SU Feng, XU Nengwu. Countermeasures and Developmental Trends of the US Defense Space Force Based on the Interpretation of the US Defense Space Strategy in 2020 [J]. National Defense Technology, 2021, 42(3): 91-97.
- [11] CSPO. Combined Space Operations Vision 2031 [EB/OL]. (2022-02-22) [2022-11-01]. <https://media.defense.gov/2022/Feb/22/2002942522/-1/-1/0/CSPO-VISION-2031.PDF>.
- [12] STROUT N. The Data Challenge of Space-Based Hypersonics Defense [EB/OL]. (2019-10-10) [2022-11-01]. <https://www.c4isrnet.com/battlefield-tech/space/2019/10/09/the-data-challenge-of-space-based-hypersonics-defense/>.
- [13] Defense Intelligence Agency. Challenges to Security in Space 2022 [EB/OL]. (2022-04-12) [2022-11-01]. https://www.dia.mil/Portals/110/Documents/News/Military_Power_Publications/Challenges_Security_Space_2022.pdf.
- [14] 胡旂旒,钟江山,魏晨曦,等.美国"下一代太空体系架构"分析[J].航天器工程,2021,30(2):108-117.
HU Yini, ZHONG Jiangshan, WEI Chenxi, et al. Analysis of US Next Generation Space Architecture [J]. Spacecraft Engineering, 2021, 30(2): 108-117.
- [15] The White House. United States Space Priorities Framework [EB/OL]. (2021-12-01) [2022-11-01]. <https://www.whitehouse.gov/wp-content/uploads/2021/12/United-States-Space-Priorities-Framework--December-1-2021.pdf>.
- [16] OLSON J, BUTOW S, FELT E, et al. State of the Space Industrial Base 2021: Infrastructure & Services for Economic Growth & National Security [EB/OL]. (2021-11-18) [2022-11-01]. https://assets.ctfassets.net/3nanhbfr0pc/43TeQTAmDYym5DTDrhjd3/1218bd749befdde511ac2c900db3a43b/Space_Industrial_Base_Workshop_2021_Summary_Report_-_Final_15_Nov_2021.pdf.
- [17] OLSON J, BUTOW S, FELT E, et al. State of the Space Industrial Base 2022: Winning the New Space Race for Sustainability, Prosperity and the Planet [EB/OL]. (2022-08-24) [2022-11-01]. https://assets.ctfassets.net/3nanhbfr0pc/6L5409bpVlnVyu2H5FOFnc/7595c4909616df92372a1d31be609625/State_of_the_Space_Industrial_Base_2022_Report.pdf.
- [18] 魏锦文,李颖.太空系统弹性架构发展研究[J].中国航天,2017(10):52-55.
WEI Jinwen, LI Ying. Research on the Development of Elastic Architecture of Space System [J]. Aerospace China, 2017(10): 52-55.
- [19] 邓连印,侯宇葵,申志强.美军新型作战概念发展分析与启示[J].航天电子对抗,2020,36(5):18-23.
DENG Lianyin, HOU Yukui, SHEN Zhiqiang. Analysis and Enlightenment on the Development of New Combat Concept in the US Army [J]. Aerospace Electronic Warfare, 2020, 36(5): 18-23.
- [20] 邓连印,侯宇葵,阙渭焰,等.马赛克战与类脑星群作战[C]//第八届中国指挥控制大会论文集.北京:兵器工业出版社,2020:351-356.
DENG Lianyin, HOU Yukui, QUE Weiyan, et al. Mosaic Warfare and Brain-Like Constellation Operation [C] //Proceedings of the 8th China Conference on Command and Control. Beijing: Weapon Industry Press, 2020: 351-356.
- [21] 王振宇,方良,才宝林.美军创新作战概念盘点分析

- [J]. 军事文摘, 2022(1): 33-38.
- WANG Zhenyu, FANG Liang, CAI Baolin. An Analysis of American Innovative Operational Concepts [J]. Military Digest, 2022(1): 33-38.
- [22] 潘清, 梁汝鹏, 张政伟, 等. 全域智慧行动: 作战概念与样式[J]. 指挥信息系统与技术, 2020, 11(6): 15-19, 58.
- PAN Qing, LIANG Rupeng, ZHANG Zhengwei, et al. All-Domain Smart Operations: Operation Concept and Pattern [J]. Command Information System and Technology, 2020, 11(6): 15-19, 58.
- [23] 王彤, 郝兴斌. 美国"联合全域作战"概念下指挥控制能力发展分析[J]. 战术导弹技术, 2022(1): 106-112.
- WANG Tong, HAO Xingbin. Analysis of Command and Control Capability Development Under US Joint All-Domain Operations Concept [J]. Tactical Missile Technology, 2022(1): 106-112.