



情报杂志
Journal of Intelligence
ISSN 1002-1965, CN 61-1167/G3

《情报杂志》网络首发论文

题目: “星链”军事化发展对太空情报信息安全构成的挑战与应对
作者: 张恺悦, 张煌, 王沛文
网络首发日期: 2024-01-29
引用格式: 张恺悦, 张煌, 王沛文. “星链”军事化发展对太空情报信息安全构成的挑战与应对[J/OL]. 情报杂志.
<https://link.cnki.net/urlid/61.1167.G3.20240126.0955.006>



网络首发: 在编辑部工作流程中,稿件从录用到出版要经历录用定稿、排版定稿、整期汇编定稿等阶段。录用定稿指内容已经确定,且通过同行评议、主编终审同意刊用的稿件。排版定稿指录用定稿按照期刊特定版式(包括网络呈现版式)排版后的稿件,可暂不确定出版年、卷、期和页码。整期汇编定稿指出版年、卷、期、页码均已确定的印刷或数字出版的整期汇编稿件。录用定稿网络首发稿件内容必须符合《出版管理条例》和《期刊出版管理规定》的有关规定;学术研究成果具有创新性、科学性和先进性,符合编辑部对刊文的录用要求,不存在学术不端行为及其他侵权行为;稿件内容应基本符合国家有关书刊编辑、出版的技术标准,正确使用和统一规范语言文字、符号、数字、外文字母、法定计量单位及地图标注等。为确保录用定稿网络首发的严肃性,录用定稿一经发布,不得修改论文题目、作者、机构名称和学术内容,只可基于编辑规范进行少量文字的修改。

出版确认: 纸质期刊编辑部通过与《中国学术期刊(光盘版)》电子杂志社有限公司签约,在《中国学术期刊(网络版)》出版传播平台上创办与纸质期刊内容一致的网络版,以单篇或整期出版形式,在印刷出版之前刊发论文的录用定稿、排版定稿、整期汇编定稿。因为《中国学术期刊(网络版)》是国家新闻出版广电总局批准的网络连续型出版物(ISSN 2096-4188, CN 11-6037/Z),所以签约期刊的网络版上网络首发论文视为正式出版。

“星链”军事化发展对太空情报信息安全构成的挑战与应对

张恺悦 张 煌 王沛文

(国防科技大学军政基础教育学院 长沙 410073)

摘要：[研究目的]通过分析美国“星链”计划的军事化进程，一方面探究其对美军情报传输能力、情报侦察能力以及战略情报支援能力的提升作用，另一方面就如何应对“星链”军事化导致的太空情报信息安全问题提供对策建议。[研究方法]采用文献研究法和历史研究法对“星链”军事化应用进程、相关研究成果进行梳理，评估其对全球太空情报信息安全的影响。[研究结论]美国推动“星链”军事化加剧了太空情报资源竞争，挑战太空情报资源开发利用的制度规约，强化了美国在太空信息情报领域的霸权。为应对挑战，必须加快推进卫星互联网安全防御系统建设，完善和平利用太空情报信息资源的法律规范，构建“全国一盘棋”的军地协同创新体系。

关键词：星链；“星链”军事化；情报侦查；太空情报；情报安全；情报传输；太空霸权

中图分类号：E87

文献标识码：A

Challenges and Countermeasures Posed by the Militarized Development of “Starlink” to Space Intelligence and Information Security

Zhang Kaiyue Zhang Huang Wang Peiwen

(Faculty of Basic Military and Political Education, National University of Defense Technology Changsha 410073)

Abstract: [Research purpose] By analyzing the militarization process of the “Starlink” program of the United States, it explores its role in improving the intelligence transmission capability, intelligence reconnaissance capability and strategic intelligence support capability of the United States military. And, it provides countermeasures and suggestions on how to deal with the space intelligence information security problems caused by the militarization of “Starlink”. [Research method] Literature research method and historical research method are used to sort out the militarized application process of “Starlink” and related research results, and evaluate its impact on global space intelligence and information security. [Research conclusion] The militarization of the “Starlink” promoted by the United States has intensified the competition for space intelligence resources, challenged the regulations of the development and utilization of space intelligence resources, and strengthened the hegemony of the United States in the field of space information intelligence. In order to meet the challenges, it is necessary to accelerate the construction of a satellite Internet security defense system, improve the legislation for the peaceful use of space intelligence and information resources, and build a “a game of chess for the whole country” military-civilian collaborative innovation system.

Key words: Starlink; militarization of Starlink; intelligence reconnaissance; space intelligence; intelligence security; intelligence transmission; space hegemony

进入 21 世纪,美西方军事强国高度关注外层空间的“高边疆”战略价值,加速推进空间技术军事化、武器化进程,为拓展国家战略安全利益提供可持续的军

事竞争优势。作为美国推进空间技术军事化发展最新、最典型的范例,“星链”(Starlink)的军事化发展进程,既与美国太空军发展紧密关联,又是美国太空安全

基金项目:国家社会科学基金重点项目“ANT 视域下的颠覆性技术创新研究”(编号:20AZX006)研究成果之一。

作者简介:张恺悦,女,1999 年生,硕士研究生,研究方向:马克思主义军事思想;张 煌,男,1984 年生,博士,副教授,硕士生导师,研究方向:马克思主义军事思想、国家安全与军事战略;王沛文,女,2000 年生,硕士研究生,研究方向:马克思主义理论与国家安全。

战略转型和“无尽边疆”太空战略部署的重要体现。较之传统军用空间技术,“星链”是目前全球最大的商业低轨卫星星座,依托对于云计算、大数据和人工智能等新兴技术的深度利用,凭借大容量通信、低延时、光学成像等优势,在情报侦察监视、通信传输保障等方面展现重要的价值。同时,“星链”可能在侦查预警、导弹拦截、网络信息主权、轨道频谱资源利用以及外层空间探索等方面,对国际安全构成多层次、复合型挑战。其中,美国深度挖掘“星链”的军事情报信息价值,对美军信息支援能力建设构成何种影响?“星链”对全球太空情报信息安全又构成何种挑战?其他航天国家如何应对挑战?回答上述问题,不仅关乎外层空间的军事安全,也关乎人类太空探索的延续与可持续发展。

1 相关学术梳理

当前,国内外学界从产业经济、空间政治、军事战略、技术竞争以及总体安全等不同视角展开对“星链”的研究,相关研究成果覆盖宏观、中观、微观等不同维度。在俄乌冲突爆发之前,学界主要将“星链”视为美国太空探索技术公司开发的互联网络服务项目,着力从民用技术维度探讨“星链”卫星星座技术发展的动向,分析“星链”对互联网络产业、商业航天探索的影响。俄乌冲突爆发以来,伴随马斯克向乌克兰军方提供“星链”手持机和战时网络服务,学界围绕“星链”的研究议题和研究热点也随之发生转换,“星链”的军事化发展特别是在军用情报信息领域的应用,日益受到国内外学者的关注,相关研究体现为:

首先,在“星链”军事化方面,一是从战役、战术层面出发,聚焦俄乌冲突,分析“星链”军事应用对于俄乌战局的具体影响,如乔纳森·卡弗利梳理了“星链”在俄乌军事冲突中的应用情况,揭示了乌军对“星链”提供网络传输和卫星监视数据的高度依赖性^[1]。薇薇安·沃尔特将乌克兰比做“星链”卫星互联网网络服务的“试验场”,考察了便携式“星链”手持机对于俄乌冲突的信息支持作用^[2]。二是从军事战略层面出发,立足国家安全的战略高边疆,深入探讨“星链”军事化对于太空军事化、大国间战略力量运用和军事战略稳定产生的长周期、深远性影响。如俞润泽和江天骄分析了“星链”对于太空军事化、武器化的重新赋能,提出星链大规模部署可能加剧核大国之间误判和冲突升级风险^[3]。张煌和杜雁芸探讨了美国推进“星链”军事化发展对于全球战略稳定和核战略力量制衡带来的挑战^[4]。

在“星链”军事化对于全球情报信息安全的影响方面,一是从狭义的军事安全维度出发,如张睿健等人分析了网络攻击对于通信链路安全的潜在威胁,提出

构建“卫星互联网网络安全保障体系”的对策建议^[5]。二是从广义的总体安全视角,从总体国家安全观和国际安全的战略层面入手,评估与“星链”引发情报信息安全风险紧密相关的次生安全风险。如余南平和严佳杰分析了美国借助“星链”谋求情报信息霸权,可能对全球信息产业链、国家信息主权、国际频轨谱资源分配和空间探索等方面构成的挑战^[6]。

总体而言,虽然当前围绕“星链”军事化与情报安全风险的探讨已成为新兴研究热点,但仍存在以下两方面的不足:就研究背景而言,当前研究往往将俄乌冲突作为“星链”军事化应用的起始点,忽视了“星链”项目自运行之初就具有的军方背景,未能清晰勾勒出“星链”与美军方逐渐密切合作的渐进式发展过程。其次,就研究视域而言,当前学界关于星链引发的信息安全风险的研究,往往是在军事安全、国家安全或国际安全等更为宽泛的视域下展开的,缺乏聚焦军用情报信息领域安全风险的系统性、专题性研究,缺乏有针对性和操作性的对策分析。本文针对以上两个方面的不足,系统梳理“星链”军事化发展的历史脉络,分析其对美军信息情报支援能力带来的影响,在此基础上,揭示“星链”军事化对全球太空情报信息安全带来的潜在风险,并尝试从技术、法律和制度层面提出对策建议。

2 “星链”项目及其军事应用进程

“星链”军事化进程是一个渐进式发展过程。自2019年首批卫星发射以来,在SpaceX公司和军方共同推动下不断深化。初期主要由军方主导,通过项目经费支持的形式,牵引并推动“星链”系统为军方提供情报信息服务。伴随合作推进,SpaceX公司开始参与美军军事演习和武器测试,军事化进程日益体现出武器化发展态势。俄乌冲突爆发后,SpaceX公司开始更为主动地寻求与军方深度合作,推动军用版“星链”卫星和“星链”手持机等武器的作战应用。

2.1 “星链”项目的初始阶段

“星链”项目是由美国私人航天公司“SpaceX”开发的卫星互联网星座,旨在提供低成本的互联网接入服务和全球移动电话服务。2015年1月,SpaceX首次对外公布其卫星互联网项目提案,并披露该公司已向国际监管机构提交文件,初步计划将约4000颗小型卫星放置在近地轨道上^[7]。根据Spaceflight Now的数据,每颗Starlink卫星的重约573磅(260公斤),设计使用寿命约为五年。此后,SpaceX公司逐步扩大“星链”计划发射卫星的规模。公司首席执行官埃隆·马斯克在西雅图的一次演讲中透露该项目时指出,“从长远来看,我们计划在太空中重建互联网”^[8]。

2017 年 3 月和 2018 年 11 月,SpaceX 公司先后两次获得美国联邦通信委员会(Federal Communications Commission,FCC)许可,获准在近地球轨道部署 12000 颗 Starlink 卫星^[9]。2019 年 5 月 23 日,首批 60 颗 Starlink 卫星由 SpaceX Falcon 9 火箭发射升空,卫星成功达到了 340 英里(550 公里)的运行高度^[10]。此后,“星链”计划持续稳步推进。到 2022 年 11 月,SpaceX 公司共计部署了 3271 颗 Starlink 卫星,其中 3236 颗正常在轨运行^[8]。截至 2022 年 6 月,Starlink 已经为超过 50 万用户提供互联网接入服务。为实现占领价值 1 万亿美元的全 球互联网服务市场的远景目标,SpaceX 公司已向国际监管机构提交文件,在原有获准发射 12000 颗 Starlink 卫星基础上,计划增加发射 30000 颗卫星,从而在近地轨道构建拥有 42000 颗卫星的巨型星座^[11]。

2.2 “星链”军事化进程

长期以来,“星链”项目因其在战场通信、情报侦察、导弹预警等方面展现出巨大的军事应用价值而备受美军关注,SpaceX 公司也一直与美国国防部、各军兵种保持密切合作关系。

国防部方面,SpaceX 公司高效率的定制航天器设计、生产能力,与美国国防部在太空系统开发和采购中的敏捷性、创新性和可负担性诉求高度契合。2020 年 10 月,SpaceX 公司获得隶属美国防部的美国太空发展局(SDA)所授予的 1.49 亿美元合同,用于开发、发射 4 颗 OPIR 卫星,进而构建“跟踪层”星座系统^[12]。在此基础上,为提升侦察监视技术和强化跨域远程精确打击优势,美国国防部高级研究计划局(DARPA)尝试利用低轨卫星打造集导航定位、天地通信和快速信息分发等能力于一体的“庄家”自动任务管理系统,“星链”凭借强大的侦察监视优势成为“庄家”系统的重要搭载平台^[13]。

空军方面,2019 年 3 月,SpaceX 公司与空军签订价值 2800 万美元的合同用于测试“星链”卫星的互联网加密服务,要求在三年内开展军事服务演示验证。

同年 11 月,美空军就对“星链”进行了包括卫星和美国空军战斗机的天线阵列进行直接互联的早期的低轨技术验证试验,旨在利用“星链”卫星星座在太空打造全球范围内高弹性、高带宽、低延时的通信设施,以支持其空军的各项作战和演习行动^[14]。2020 年 9 月,“星链”不仅在空军大规模实弹演习中与作战系统连接,还为 AC-130、F-35 和 F-22 提供信息情报服务^[15]。2021 年 3 月,SpaceX 公司又在爱德华兹空军基地参与“地对空作战场景”实验并为其提供信息支持^[16]。

陆军方面,2020 年 5 月,美国陆军与 SpaceX 公司签订“合作研究与开发协议”(CRADA),将“星链”卫星连接到陆军通信网络并评估其网络服务性能,得出“星链”具有“抗干扰、高精度、可替代 GPS 全球定位系统”的结论^[17]。在此基础上,“星链”深度参与陆军各项作战训练任务,在“项目融合-2021”实弹演习中,陆军通过“星链”卫星进行目标探测、火力引导和信息传输,用“灰鹰”无人机将数据传输至“泰坦”地面站进行智能决策,最后交给目标作战系统完成打击摧毁,完成整个流程仅用时 20 秒^[18]。

太空军方面,2020 年 10 月,SpaceX 公司在国家安全太空发射第二阶段合同下获得了一份价值 2960 万美元的合同,允许美国太空部队监测和研究该公司商业和民用太空任务的数据^[19]。此外,美国太空军还使用“猎鹰 9 号”火箭发射军用 GPS 卫星,太空军基地也成为“星链”卫星的重要发射场地。如 2022 年 5 月,在加利福尼亚州范登堡基地,美空军发射载有“星链”卫星的 Falcon-07 火箭,这次发射标志着范登堡基地第四次参与“星链”卫星组网部署^[20]。2023 年 9 月,太空军再次在佛罗里达州卡纳维拉尔角站发射“星链”卫星^[21]。同时,美太空军正在部署用于导弹跟踪、数据传输以及星地通信的新型防御卫星星座,计划从私营公司购买定制卫星,如与 SpaceX 签订一组新卫星采购合同,为其研发搭载宽视场传感器的定制卫星以实施导弹跟踪和预警^[22]。

表 1 “星链”军事化应用进程一览表

时间	合作对象	合作内容
2019 年 3 月	美国空军	合作测试“星链”卫星与军用飞机的加密互联网服务。
2019 年 11 月	美国空军	在低轨技术验证试验中,为美空军 C-12 运输机提供高达 610Mbps 带宽的网络服务。
2019 年 11 月	DAPPA	打造“庄家”系统,“星链”或成为搭载平台之一。
2020 年 5 月	美国陆军	签订“合作研究与开发协议”(CRADA),使用“星链”宽带进行跨军事网络传输数据。
2020 年 9 月	美国空军	为“高级战斗管理系统”提供服务,联通 AC-130“空中炮艇”、KC-135 空中加油机等。
2020 年 10 月	美国太空军	与 SpaceX 签订 2960 万美元合同,用于监视非军事发射,第二年用猎鹰 9 号发射军用 GPS 卫星。
2020 年 10 月	SDA	授予 1.5 亿美元合同,开发军用版“星链”卫星。
2021 年 4 月	美国国防部	开发能够可靠接入“星链”商业互联网服务的微型接收系统。
2021 年 11 月	美国陆军	参与“项目融合-2021”实弹演习,探测目标并进行数据传输。
2022 年 5 月	美国太空军	在范登堡基地发射“星链”卫星。
2023 年 9 月	美国太空军	在卡纳维拉尔角基地发射“星链”航天器。

2.3 “星链”的作战运用

“星链”的军事化进程并非仅仅停留在演习训练和武器测试阶段,在俄乌冲突中,“星链”成为乌克兰军方实现战场通信、情报侦察乃至目标定位打击的重要技术手段,从而开启了“星链”军事应用的实战化阶段。为乌军保障稳定的战时通信,“星链”卫星互联网可以覆盖乌克兰全境,并通过周边立陶宛、波兰、土耳其等国地面基站,为其提供网络接入服务。同时,“星链”还支撑乌军精确打击行动。乌军通过“星链”将无人机与地面作战力量相联系,大大提升了对俄军重要

目标以及军方要员的打击效果。(详见表2)譬如,乌克兰军队使用与“星链”终端相连的侦察无人机向火炮系统发送目标信息^[23]。再如,在对俄海军“莫斯科号”巡洋舰的打击行动中,通过“星链”与北约提供的目标支持,精准定位了“莫斯科号”的位置并实施打击。通过“北约侦察监视平台——乌军指挥控制中心——“星链”网络——行动执行”的情报信息传递链路,“星链”已经无缝嵌入乌军作战指挥体系,成为其实施远程精准“斩首”行动的“杀手锏”。

表2 “星链”支撑乌军精确打击情况一览表

时间	事件	作用
2022 年 3 月 21 日	马里乌波尔地面攻防作战行动	运用“星链”卫星收发器为直升机提供信号,亚速钢铁厂内的守军通过“星链”卫星上网向全球直播实况。
2022 年 4 月 14 日	“莫斯科号”导弹巡洋舰沉没	利用“星链”卫星系统定位“莫斯科号”位置,并接收北约的数据情报。
2022 年 4 月 30 日	对俄军总参谋长格拉西莫夫“斩首行动”	利用“星链”卫星获取格拉西莫夫的活动轨迹,炮击伊久姆基地并导致约 200 俄军士兵受伤。
2022 年 10 月 29 日	对俄塞瓦斯托波尔海军基地实施攻击	通过“星链”远程控制无人机、无人艇,导致俄军 1 艘护卫舰、1 艘扫雷艇受损。

得益于“星链”在俄乌战场上的出色表现,2022 年 12 月,太空探索技术公司正式推出了军用卫星项目“星盾”(Starshield),服务对象主要是美国政府、国防部和情报机构。目前“星盾”项目主要涵盖三个方面:一是图像遥感服务;二是低轨通信技术以实时快速回传数据;三是“托管有效载荷”。升级后的“星盾”尺寸更大,能搭载专注于军事领域的各类功能化载荷。在国家安全及数据保密方面,SpaceX 公司将“星盾”作为“端到端”产品的中心,将其建立在“星链”系统使用的数据加密之上。“星盾”增加了额外的高保证加密功能来托管军事载荷,用于安全处理和传输机密数据^[24]。表面上,“星链”为商业用途设计,“星盾”用于军事用途。实际上,“卫星间激光通信”链路能够使“星盾”与“星链”相互连接,两者能够互通组网,成为“合作伙伴卫星”。从军用角度看,军民混合部署大大降低了研发成本,同时能够达到良好的掩护和伪装效果。

3 “星链”军事化对美军情报信息支援能力的影响分析

作为太空情报信息资源开发的领航者,自 20 世纪 80 年代以来,美国就将军用侦察卫星作为获取情报信息的重要手段,在战场情报侦察与信息支援保障等方面发挥重要作用。随着大数据、云计算、人工智能等新兴技术引领的军事革命日益临近,美军亟需开发抗干扰能力强、支持全天候、全地形情报信息服务的新型卫星系统。“星链”作为集网络通信、图像成像、遥感监

测等服务于一体的巨型星座,在精准导航定位、目标无缝监视、信息快速传输等方面具备先天优势,有利于美军进一步强化单向透明的战场环境,提升其情报传输能力、情报侦察能力以及战略情报支援能力。

3.1 对情报传输能力的影响

第一,保障战场情报传输的稳定性。随着人工智能逐渐成为现代战争的重要手段,互联网接入成为困扰军事智能化发展的一个瓶颈问题。美国特种作战司令部希望能够研制出随时随地接入互联网的军用人工智能系统,但面临诸多不确定性和技术瓶颈。“星链”由于成本低、体积小且易于设置的优点,加之数量庞大足以覆盖全球,可以保证士兵随时随地创建互联网热点。俄乌冲突中,“星链”手持机就证明了其安全稳定的战场通信能力。如在亚速钢铁厂被俄军层层围困的情况下,乌军利用“星链”向外界发出过求救信息、照片和视频等^[25]。

此外,“星链”还可以在动态环境和恶劣条件下保障情报信息的稳定传输。一方面,“星链”终端简便灵活、易于安装,具有强抗干扰能力,能够满足移动作战环境下的稳定情报传递。另一方面,“星链”网络在特殊载体(如核潜艇通信和远程通信方面)具有更广泛的应用空间。核潜艇通常行踪隐秘、机动性强,当前使用的长波通信传递的情报能力有限,而“星链”与光纤或地面无线网络等有线宽带互联网接入相比,具有无线传输信号更强、网络覆盖范围更广的优势,能够保障海量数据传输并支持远程控制^[26]。

第二,提升信息传输速度以获取情报优势。相比

于传统通信卫星,“星链”能够提供更快的通信速度,其低延时性能够帮助美军掌握战场制信息权。就技术实现能力而言,“星链”卫星突破了陆地基地的移动连接模式,网速大大超越传统光纤。就部署位置而言,较之传统通信卫星,分布在近地轨道的“星链”卫星更具距离优势,可以将通信延迟控制在15-25毫秒之间。美国空军战略发展规划利用“星链”的传输优势,于2019年开展“星链”军事通信能力测试。据美媒披露,美军C-12运输机飞行测试“星链”网络通信时,取得了大约610Mbit/s带宽的网络通信速率,较之美军目前军用卫星5Mbit/s的最低通信速率,提升了两个数量级。同时,就当前大多数机载通信所使用“国际移动卫星”5~50Mbit/s的通信速度而言,也是一个数量级的提升^[27]。

第三,支撑新型作战样式的信息传输能力建设。近年来,美军陆续提出了“马赛克战”、“决策中心战”等未来战争新样式,也对情报信息传输能力提出了更高的要求。以“马赛克战”为例,美国战略与预算评估中心在2020年2月发布的《马赛克战:利用人工智能和自主系统实施决策中心战》研究报告,为了更好地应对大国竞争带来的作战挑战,国防部应该接受通过比对手更快、更好的决策,而不是通过消耗来取得成功的作战概念^[28]。“马赛克战”强调将现有的各类传感器、指挥控制系统和武器系统分解为马赛克碎片,分布至各作战域的多种有人或无人平台。与此同时,“马赛克战”不受特定作战场景限制的优势,使其可以根据战场环境、作战任务等灵活确定符合要求的平台组合方式,并快速形成不同配置、不同功能的作战体系,这些马赛克碎片相互独立,因而需要高速和大容量的网络通信支持。此外,“马赛克战”还要求保证信息传递的稳定性,即使某一部分或某个网络节点受到攻击,还能通过其他节点继续共享和传输信息。“星链”不仅凭借庞大的低轨星座群为新型作战理念提供高容量、低成本的网络通信支撑,而且由于其高分布性、灵活性、快速重构性等特点,使其具有高抗毁伤能力,即使部分节点遭破坏,也不会影响作战体系的整体效能^[29]。

3.2 对情报侦察能力的影响

首先,“星链”进一步提升了美军全天候、全地形目标监控能力。侦察卫星一直在美军情报监控体系中扮演至关重要的角色。例如,上世纪六十年代,美国发射的第一台侦察卫星——“锁眼”-1拍摄到了苏联洲际导弹发射场的相关信息;伊拉克战争中,KH-12光学成像卫星和“长曲棍球”雷达侦察卫星为美军行动的展开提供了大量有价值的情报^[30]。较之单颗卫星存在功能单一、难以全天监控的缺陷,“星链”具有覆

盖广泛、抗干扰能力强等特点,有利于提升全天候态势感知能力。目前,地面通信基站只覆盖了大部分陆地地区,未能涉及占地球表面70%的海洋地区以及荒无人烟的极地冰川等特殊区域。一旦基于“星链”的天基互联网完成组网,4.2万颗“星链”卫星搭载重访率高的光学观测载荷,将真正实现全球覆盖和24小时全天候的监控。此外,结合当前大数据、人工智能、高超声速等前沿技术,“星链”将会进一步优化美军“侦查——识别——打击”的整体链路。

其次,“星链”能够提供更具弹性的天基情报预警。预警卫星系统在美国情报信息网络中发挥至关重要的作用。如冷战时期的“国防支援计划”(DSP),曾在海湾战争中及时预测了伊拉克飞毛腿导弹的弹道和落点,为美军“爱国者”反导系统击落伊军导弹提供了保证^[31]。2020年1月,由美国太空部队运营的天基红外系统(SBIRS)成功预测伊朗向驻伊拉克的美军基地发射的16枚弹道导弹,由此避免了大量人员伤亡^[32]。然而无论是DSP还是SBIRS,都存在耗资巨大且抗损能力弱的缺点。美国核力量全球指挥和控制的战略司令海顿指出,使弹道导弹预警系统更具弹性的一种方法是部署更小、更便宜的卫星网络,如果它们受到攻击,可以更容易地被替换^[33]。为此,美国军方已经与“星链”项目进行了合作,SpaceX公司与美国太空发展局签订了专门用于建造对导弹的预警和跟踪卫星的合同。“星链”计划目前已呈现出天基互联网的雏形,随着其发射卫星数量不断增加,局部打击将不会影响其整体预警功能,而且凭借低成本、可回收的优势还能实现快速“补网”。

再次,“星链”强化了对高超声速等新型武器的动态监测。当前以俄罗斯为代表的军事强国正加速推进高超声速武器的研发与应用,从而对美国的国家安全构成了新挑战。由于高超声速武器在空间高速飞行并具备卓越的机动能力,如何对其进行监测与追踪成为首要问题。当前,美国主要通过天基传感器进行大范围监测,而已有的天基情报系统存在轨道过高、精度有限,数量少难以全面覆盖等问题。为此,美国迫切需要发展新型天基预警探测跟踪传感器,因而导弹防御局(MDA)宣布将开发下一代天基高超音速武器传感器(HBTSS),以应对高超音速导弹威胁^[34]。而利用“星链”低轨巨型卫星星座可以实现对高超声速和其他弹道导弹武器的实时监测与追踪,以获取情报优势。一旦HBTSS监测系统与庞大的“星链”星座有机融合,利用其覆盖广和延时低的优势,将会进一步推进HBTSS项目的进程,同时对高超声速武器的情报监测能力也会得到同步提升。

3.3 对战略情报支援能力的影响

从军事战略以及总体战略层面出发,“星链”计划对于导弹预警、网络空间以及舆论认知等方面的战略情报支援也具有举足轻重的作用。

一方面,在军事战略层面,星链的军事化发展有助于提升美军以核打击力量为核心的战略威慑能力。回顾历史,美国天基情报信息支援力量的发展,与美军战略核力量的发展密切相关。冷战时期,太空威慑是核威慑的组成部分,何奇松指出:“此时的太空威慑,就是利用太空资产的‘千里眼、顺风耳’功能,及早了解对手的战略意图、军事行动等,向对手发出警告或实施精准打击,威慑各种威胁^[35]。”这一时期美国太空威慑力量的功能定位,就是利用太空资产的信息支援能力,确保和强化战略核威慑的实施效果。在美国核安全领域的专家眼中,俄罗斯等国的陆基移动式战略核导弹长期以来一直是抗衡美军先发制人战略打击的重要制衡力量,陆基移动式导弹发射车的优越机动性能,使其难以被成功定位和清除,进而成为美国战略对手谋求核生存能力的重要手段和工具^[36]。当前美国依托“星链”系统所构建的天基战略预警系统,具备每小时以亚米级分辨率覆盖全球任意一点的监控能力,可针对战略对手的陆基移动式核弹发射车构筑全天候的监控和预警系统^[37]。“星链”在战略情报支援领域带来的技术优势,将进一步降低俄罗斯等国陆基战略力量的生存能力,破坏“相互确保生存”的核战略稳定,激励美国在危机环境下采取先发制人的战略突袭方式。丘巴等人认为:“从那些被认为可能成为攻击目标的国家的角度来看,‘星链’即使客观上具有不完善和脆弱性,也可能破坏战略稳定。即便‘星链’公开专用于民用目的,或者‘星链’不是公开用于支持第一次打击,它在将来的形势改变中可能迅速转化成具备这种意图”^[36]。

另一方面,在国家总体战略层面,“星链”可以成为一国对潜在对手发动总体战的战略工具。在俄乌战场上,乌克兰成功运用“星链”对俄罗斯发动认知战、心理战,谋求整体战略优势。一是乌情报机构利用“星链”卫星互联网进行舆论造势,鼓舞军心士气,争取国际舆论支持。如乌安全局窃听俄罗斯士兵对话并在卫星互联网上选择性公布,包括“50%的士兵被冻伤,物资严重缺乏,只有20%的俄罗斯军事人员有冬季制服,帐篷也很少”等^[38],向世界民众展示俄方能力受限,士兵有厌战情绪等重要信息,以此增强胜战信心。乌总统以及乌政府数字化转型部部长等高层官员也利用“星链”对其他国家发表演讲、接受外媒采访,煽动各社交媒体对俄制裁。如YouTube封锁俄罗斯官媒,禁止俄罗斯广告商投放广告。苹果公司停止对俄罗斯销售产品,并停止俄罗斯境内支付等。这也直

接导致原本保持中立的国家纷纷扭转方向,进一步恶化了俄方形势。这些情报信息的获取和舆论话题的扩散离不开“星链”卫星的支持以及美国政府的推波助澜。二是“星链”助力乌克兰民众开展信息情报领域的人民战争。“星链”网络成为乌克兰军民传递情报的重要渠道。乌政府鼓励民众利用手机传输可能发现的情报信息,如俄军的活动位置、装备照片、演练视频等。乌方称,仅仅在冲突爆发的两个多月时间里,就有约26.7万名乌民众通过手机平台提交数据,平均每天收到2000条俄军位置等信息^[39]。经过乌数字化转型部门的及时分析处理,指挥部得到的情报信息更加精准有效。其技术链路可能为:手机—“星链”网络—情报分析平台—北约或乌军情报指控部门——“星链”网络——战场前线。北京大学副教授胥涛指出,过去战争过程中处于胶着状态时,那些本该是在外围的东西,突然成为当代战争整体中的重要部分,甚至会影响战争本身^[40]。因此,当“星链”卫星与大数据、算法以及流量等叠加,结合平民视角、群众视角等演绎手段来呈现战争、介入战争,就成为了颠覆局势的致命武器。

4 “星链”军事化对太空情报信息安全构成的影响

“星链”作为目前全球规模最大的低轨卫星互联网星座,在发射数量不到10%的情况下,已经在情报传输、侦察和支援方面显示出强大的军事潜能。可以预计,随着在轨卫星数量不断增加以及与美国军方的深度合作,“星链”必然导致太空情报资源的争夺、太空情报安全环境的恶化以及美国在太空领域的霸权行径进一步加剧。

4.1 加剧了太空情报资源竞争

外层空间历来是大国情报信息竞争的必争之地,卫星星座作为实现太空情报支援的重要战略平台,近年来日益成为航天国家之间开展情报资源竞争的重要领域。“星链”计划庞大的卫星数量将进一步加剧太空情报资源的竞争。一方面,“星链”对于情报信息支援的显著优势,可能导致其他航天国家追随美国的脚步,开展新的巨型卫星星座项目。近年来,诸如俄罗斯的Yliny公司、中国卫星网络集团、英国OneWeb、德国KLE Connect公司、韩国三星公司、印度Astrome公司以及加拿大AAC Clyde公司和Telesat公司,纷纷推出大型互联网星座部署计划^[3],围绕太空情报资源的竞争正在如火如荼地展开。另一方面,这一竞争也必然导致针对卫星互联网络的网络攻防态势日趋严峻。一直以来,军用侦查卫星的数据传输终端成为国际网络攻击的重要目标,伴随“星链”的军事化推动卫星互联网成为各国军用情报信息侦查和传输的重要平台,针

对这一新型平台的网络攻击和情报窃取事件也将随之增长。2022年8月,一名比利时电脑黑客在国际信息安全会议“黑帽大会”上公然展示其自主研发的“星链”破解芯片,这一芯片能够规避卫星网络安全认证系统,非法获取“星链”底层系统的访问权限,从而为情报信息窃取打开了“方便之门”^[5]。在主要航天国家纷纷推进互联网星座项目的背景下,针对卫星互联网的网络攻击将成为太空情报信息攻防的重要战场。

4.2 挑战太空情报资源开发利用的制度规约

主要航天国家之间围绕太空情报资源的竞争日趋激烈,也不可避免地挑战了国际和国家层面颁布的一系列太空资源开发利用的法律规约。首先,在国际层面,“星链”的军事化破坏了现有的维系太空情报资源开发利用的安全秩序。从国际法来看,美国积极推进“星链”军事化发展,已经超出国际社会和平利用太空的范畴,违反了一系列太空国际法律规则。譬如,联合国《外层空间条约》第四条“禁止建立军事基地、设施和防御工事,禁止试验任何类型的武器,禁止对天体进行军事演习”^[41]。美军多次利用“星链”卫星进行军用信息情报传输测试,并致力于打造“星盾”计划,显然违背了这一原则,可能诱发军事强国围绕提升太空情报能力的新一轮军备竞赛,给太空安全秩序带来一系列负面影响。其次,在国家层面,网络空间是继陆地、海洋、天空、太空等之后的人类活动新领域,国家主权拓展延伸到网络空间,网络空间安全也成为国家安全的重要组成部分^[42]。“星链”网络覆盖广,支持跨境通信等特点使得网络监管难度加大,威胁他国网络安全和信息主权。根据国际电联《无线电规则》,除卫星广播业务外,本国不能向其他国家提出该国卫星网络不可覆盖国家领土的要求^[43],意味着“星链”卫星可以在其覆盖的国家和地区境内开展网络服务,且不受该国或地区的监管。由于全球数据信息的跨国传播和监控还存在很多监管空白,“星链”一旦被用于拦截、篡改或窃取网络数据等情报获取,必然涉及侵犯他国的信息主权等国家安全问题。最后,在个人用户层面,“星链”通过连接地面智能设备能够快速进行大数据分析以获取重要数据信息,使用户成为可以被定位的“透明人”,由此挑战对个人信息的安全保护。最典型的案例是在俄乌冲突中,乌方鼓励民众使用“星链”互联网收集各类情报信息,并通过个人移动智能设备进行上传。但这一过程仍然面临用户数据被窃听以及网络攻击导致泄密等安全问题。

4.3 强化美国在太空信息情报领域的霸权

太空领域是当前获取情报信息的制高点,是美国监视其他国家太空活动现状、判定威胁、维护太空资产安全与美国太空霸权的重要手段^[44]。冷战时期,军用

太空资产就为大国间的战略威慑提供了重要的信息情报支撑,20世纪80年代,里根政府提出“星球大战”计划,至20世纪90年代,美国军用卫星在海湾战争、科索沃战争这两次高技术局部战争中大显身手,标志着卫星已经成为美军核常一体的重要情报支援和信息作战力量。然而,由于太空资产固有的脆弱性,制约了其战略情报支援能力的发挥。正如何奇松所指出的:“太空资产天生具有与生俱来的缺陷是对攻击具有相当的脆弱性,这种依赖性和脆弱性造就了美国太空威慑的根本性困境”^[35]。以“星链”为代表的新一代军用太空装备,凭借其在数量规模上的冗余性结构优势,能够在一定程度上规避传统军用太空资产的脆弱性,从而进一步巩固美国在太空战略信息传输方面的领先地位。美国前参联会副主席海滕将军认为,大型精巧军事卫星因其脆弱性而成为敌人的理想目标。相比之下,大型星座更能承受敌人的攻击。即使部分卫星损毁,星座仍将继续工作^[45]。伴随“星链”日益成为攻防兼备、核常一体、功能多元的综合化天基作战平台,2022年12月,太空探索技术公司专门推出代号“星盾”的军用版卫星星座项目,开创了巨型卫星星座服务于战争领域的先河。一些国际安全领域的学者认为,以“星链”为代表的大型星座能够实现保护太空资产、防控太空危机和确保太空竞争优势等威慑功能提供强有力的信息情报支持,成为美国进一步强化太空霸权的有力工具^[6]。

5 “星链”军事化背景下太空情报安全治理对策分析

美国推动“星链”军事化引发的一系列全球性情报信息安全问题,鉴于安全议题的前沿性,目前联合国和国际社会针对相关议题的安全治理实践尚处于探索阶段。对我国而言,既要密切跟踪、积极应对“星链”军事化对我方的情报信息安全威胁,又要适时推出国产卫星星座发展计划,争取在近地情报信息资源利用领域的后来居上,从技术手段、法律法规和体制机制等方面综合施策,实现治理模式与其治理能力的同步增长。

在技术手段方面,首先,针对网络攻击对于情报信息传输的威胁,要加快提升卫星互联网络安全防护能力。密切关注全球卫星互联网络安全防护技术发展前沿动向,充分考虑卫星互联网规模庞大、链路开放、结构复杂、节点透明、网络拓扑动态变化等网络环境特点,有针对性地研发多层次、体系化、可升级、具备纵深防御能力和在不可控环境下体现鲁棒性的卫星互联网络安全防护体系。其次,针对卫星互联网络使用过程中个人信息存在被窃取的风险,应当着重加强用户身份管理与信息保密系统的建设,综合运用数字签名、

公钥密码、数字身份免疫和基于下一代身份安全平台的高级身份威胁检测等技术手段,实现“端到端”的用户信息加密防护,充分保障用户身份和隐私信息安全。再次,面对“星链”军事化发展对我国国家情报信息安全带来的潜在威胁,还应当探索必要的制衡与威慑手段,确保关系国家战略安全和国计民生的核心关键信息不受威胁。

在法律法规方面,针对“星链”军事化对于太空情报资源开发利用制约的现实挑战,主要航天国家之间应当本着协商一致原则,在和平利用信息资源、频谱与轨道资源共享、信息情报基础设施建设、部署和使用等方面,切实制定反映世界各国共同安全利益和关切的治理规范、原则、标准和政策。当前,虽然在联合国外空委多年的努力下,出台了《和平利用外层空间委员会外层空间活动长期可持续性准则》(以下简称《可持续性准则》)^[46],但是其作为一项自愿准则本身不具备法律约束力。因此,各国家和相关主体应积极推动《可持续性准则》由“软法”向“硬法”转变的进程,同时,有必要将和平利用太空情报信息资源作为一个独立专题纳入《可持续性准则》的内容体系加以完善,重点从近地小型航天器登记、军用情报信息功能披露、卫星网络信息失窃密风险应对等方面提出具有可操作性的法律规范。

在体制机制方面,针对美国利用“星链”军事化发展强化太空情报信息霸权的风险,必须构建灵活的体制机制,以实现核心关键技术领域的并跑、领跑。首先,我国应当充分发挥社会主义国家集中力量办大事的制度优势,对卫星星座项目进行统筹规划和专项归口管理,综合利用军地多方力量,开展卫星互联网信息安全关键技术协同创新,瞄准建设世界一流低轨卫星星座的战略目标,密切低轨小卫星运营商与上下游企业间的技术合作,推动卫星互联网络产业链以及相应安全防护技术的快速发展。其次,应当在全球范围内充分吸纳成熟商业技术和研发能力。当前,全球大型卫星星座领域的前沿性技术创新和工程实践,更多地源自于以 OneWeb、KLE Connect、AAC Clyde 和三星等大型跨国公司为代表的民间企业,因此,有必要与全球领先的私营企业、战略智库、大学以及太空安全研究机构等非政府组织开展形式多元的合作,汇聚全球热爱和平的科学家和工程技术力量,共同应对美国太空情报信息霸权。

参 考 文 献

- [1] Caverley J. Horses, nails, and messages: three defense industries of the Ukraine war[J]. Contemporary Security Policy, 2023, 44(4): 606–623.
- [2] Walt V, Pedorych V. SpaceX's satellite lifeline to Ukraine[J]. Fortune, 2022, 185(3): 35–38.
- [3] 俞润泽, 江天骄. “星链”对太空军控的影响[J]. 现代国际关系, 2022(6): 35–41.
- [4] 张 煌, 杜雁芸. “星链”军事化发展及其对全球战略稳定性的影响[J]. 国际安全研究, 2023, 41(5): 29–53.
- [5] 张睿健, 颀 靖, 乔 榕. “星链”潜在威胁及网攻反制方法分析[J]. 中国电子科学研究院学报, 2023, 18(7): 652–655.
- [6] 余南平, 严佳杰. 国际和国家安全视角下的美国“星链”计划及其影响[J]. 国际安全研究, 2021, 39(5): 67–91.
- [7] Peter B. SpaceX to build 4,000 broadband satellites in Seattle [EB/OL]. [2023–11–15]. <https://www.space.com/28305-spacex-satellite-internet-seattle.html>.
- [8] Pultarova T, Howell E. Starlink satellites: everything you need to know about the controversial internet megaconstellation [EB/OL]. [2023–11–15]. <https://www.space.com/spacex-starlink-satellites.html>.
- [9] Wall M. SpaceX reveals ‘Starshield’ satellite project for national security use [EB/OL]. [2023–11–15]. <https://www.space.com/spacex-starshield-satellite-internet-military-starlink>.
- [10] Thompson A. SpaceX launches 60 Starlink satellites on thrice-flown rocket, sticks landing [EB/OL]. [2023–11–15]. <https://www.space.com/spacex-launches-60-starlink-internet-satellites.html>.
- [11] Wall M. SpaceX's Starlink constellation could swell by 30,000 more satellites [EB/OL]. [2023–11–15]. <https://www.space.com/spacex-30000-more-starlink-satellites.html>.
- [12] Eric R. SpaceX's Starlink successes secure US military contract for custom satellites [EB/OL]. [2023–11–15]. <https://www.teslarati.com/spacex-starlink-us-military-contract-custom-satellites/>.
- [13] 陈志华. “星链”如何助力美军作战指挥能力提升 [EB/OL]. [2023–11–15]. <https://www.163.com/dy/article/HR6R3DJ00511DV4H.html>.
- [14] 环球网. 两次危险靠近中国空间站, 美国卫星到底是想干什么? [EB/OL]. [2023–11–15]. <https://3w.huanqiu.com/a/23aedd/46A8K80jePT>.
- [15] Thiruchitrabalam M. SpaceX's Starlink Project: examining its military potential [EB/OL]. [2023–11–15]. <https://delhidefencereview.com/2020/08/12/spacexs-starlink-project-examining-its-military-potential/>.
- [16] Sheetz M. SpaceX prepares for Air Force test connecting an aircraft to its Starlink satellite internet [EB/OL]. [2023–11–15]. <https://www.cnn.com/2021/03/12/spacex-prepares-for-air-force-test-of-starlink-satellite-internet.html>.
- [17] 张 帅. “星盾”计划出台, 美“星链”计划迈出军事化一步 [EB/OL]. [2023–11–15]. <http://military.people.com.cn/n1/2022/1214/c1011-32586996.html>.
- [18] Strout N. Satellites played a starring role at Project Convergence [EB/OL]. [2023–11–15]. <https://www.defensenews.com/>

[1] Caverley J. Horses, nails, and messages: three defense industries of the Ukraine war[J]. Contemporary Security Policy,

- digital-show-dailies/ausa/2020/10/12/us-army-uses-satellites-to-affect-the-state-of-the-battlefield/.
- [19] Erwin S. SpaceX gets \$29 million Space Force contract for surveillance of non-military launches[EB/OL]. [2023-11-15]. <https://spacenews.com/spacex-gets-29-million-space-force-contract-for-surveillance-of-non-military-launches/>.
- [20] Peterson M. Starlink mission launches from Vandenberg[EB/OL]. [2023-11-15]. <https://www.spaceforce.com/news-events/starlink-mission-launches-from-vandenberg>.
- [21] Wall M. SpaceX launches 22 Starlink satellites after 1-day delay (video)[EB/OL]. [2023-11-15]. <https://www.space.com/spacex-starlink-launch-group-6-16>.
- [22] Skibba R. The Space Force is launching its own swarm of tiny satellites[EB/OL]. [2023-11-15]. <https://www.wired.com/story/the-space-force-is-launching-its-own-swarm-of-tiny-satellites/>.
- [23] Simonite T. How Starlink scrambled to keep Ukraine online[EB/OL]. [2023-11-15]. <https://www.wired.com/story/starlink-ukraine-internet/>.
- [24] Sheetz M. SpaceX unveils 'Starshield,' a military variation of Starlink satellites[EB/OL]. [2023-11-15]. <https://www.cnn.com/2022/12/05/spacex-unveils-starshield-a-military-variation-of-starlink-satellites.html>.
- [25] 陈 蓝. 星链卫星在俄乌战争中的作用及启示[EB/OL]. [2023-11-15]. <https://www.secrss.com/articles/42926>.
- [26] Ivankov A. SpaceX Starlink review: advantages and disadvantages[EB/OL]. [2023-11-15]. <https://www.profolus.com/topics/spacex-starlink-review-advantages-and-disadvantages/#:~:text=Pros%3A%20Capabilities%20and%20Advantages%201%201.%20Low%20Latency,4%204.%20Reachability%20Even%20in%20Remote%20Areas%20>.
- [27] 杨广华, 王 强, 陈国玖, 等. 美国“星链”低轨星座军事应用前景探析[J]. 中国航天, 2022(9): 60-63.
- [28] Bryan C, Dan P, Hassison S. Mosaic warfare exploiting artificial intelligence and autonomous systems to implement design-centric operations[R]. Center for Strategic and Budgetary Assessments, 2020.
- [29] 中国指挥与控制学会. “星链”或成美军未来作战理念新载体[EB/OL]. [2023-11-15]. https://www.sohu.com/a/415603778_358040.
- [30] 谢瑞强. 大力发展侦察卫星, 强化天军太空情报收集能力[EB/OL]. [2023-11-15]. <https://baijiahao.baidu.com/s?id=1604220701728956281>.
- [31] 王云萍. 美国天基红外导弹预警技术分析[J]. 光电技术应用, 2019, 34(3): 1-7.
- [32] Missile Defense Advocacy Alliance. Space-Based Infrared System (SBIRS)[EB/OL]. [2023-11-15]. <https://missiledefenseadvocacy.org/defense-systems/sbirs-geo-1/>.
- [33] Erwin S. The end of SBIRS: Air Force says it's time to move on[EB/OL]. [2023-11-15]. <https://spacenews.com/the-end-of-sbirs-air-force-says-its-time-to-move-on/>.
- [34] McCormick W. MDA to develop next generation space-based hypersonic weapon sensors[EB/OL]. [2023-11-15]. <https://executivegov.com/2021/05/mda-to-develop-next-generation-space-based-hypersonic-weapon-sensors/>.
- [35] 何奇松. 脆弱的高边疆: 后冷战时代美国太空威慑的战略困境[J]. 中国社会科学, 2012(4): 183-204.
- [36] Christopher F. New technologies & strategic stability[J]. Daedalus, 2020, 149(2): 150-170.
- [37] Capella Space. Leaders in Synthetic Aperture Radar (SAR)[EB/OL]. [2023-11-15]. <https://www.capellaspace.com/data/>.
- [38] Ermochenko A. CIT: российские военные оказались без зимней одежды и получили обморожения в Украине[EB/OL]. [2023-11-15]. <https://www.moscowtimes.ru/2022/03/25/morozi-a18975>.
- [39] 彭中新, 祁振强, 钟 圣, 等. “星链”在俄乌冲突中的运用分析与思考启示[J]. 战术导弹技术, 2022(6): 121-127.
- [40] 李 静. 社交媒体、算法与流量凝视之下的俄乌冲突[EB/OL]. [2023-11-15]. <http://www.inewsweek.cn/cover/2022-03-15/15249.shtml>.
- [41] United Nations Office For Outer Space Affairs. Treaty on principles governing the activities of states in the exploration and use of outer space, including the moon and other celestial bodies[EB/OL]. [2023-11-15]. <https://www.unoosa.org/oosa/en/ourwork/spacelaw/treaties/outerspacetreaty.html>.
- [42] 陈 鹏. 星联网的发展挑战与启示[N]. 学习时报, 2019-12-18(2).
- [43] 何 康. “星链”: 全球卫星互联网时代的传播体系重构[J]. 湖南工业大学学报(社会科学版), 2020, 25(4): 22-31.
- [44] 赵雪研. 美国太空军情报机制: 组织架构、运作逻辑与现实启示[J]. 情报杂志, 2023, 42(5): 1-9.
- [45] Mariel B. The military use of small satellites in orbit[EB/OL]. [2023-11-15]. https://www.ifri.org/sites/default/files/atoms/files/m._borowitz_military_use_small_satellites_in_orbit_03.2022.pdf.
- [46] United Nations Office For Outer Space Affairs. Guidelines for the long-term sustainability of outer space activities of the committee on the peaceful uses of outer space[EB/OL]. [2023-11-15]. https://www.unoosa.org/documents/pdf/PromotingSpaceSustainability/Publication_Final_English_June2021.pdf.