

# 我国空间互联网星座系统发展战略研究

李峰<sup>1,2</sup>, 禹航<sup>1</sup>, 丁睿<sup>3</sup>, 王宁远<sup>1,2</sup>, 王雨琦<sup>1,2</sup>, 周志成<sup>1,2</sup>

(1. 中国空间技术研究院, 北京 100094; 2. 鹏城实验室, 广东深圳 518000;  
3. 中国卫星网络集团有限公司, 北京 100029)

**摘要:** 空间互联网星座系统是国家空间信息基础设施的重要组成部分, 是未来国际竞争的重点方向。我国尚处于空间互联网星座系统构建的筹备阶段, 起步较晚, 面临空间资源地位落后、自主标准受制、技术发展基础薄弱、传统应用领域受限、网络安全不可控等诸多风险因素, 距离支撑经济社会发展的长远目标存在明显差距。针对面临的机遇和挑战, 本文开展空间互联网星座系统发展的综合性研究, 分析了空间互联网建设的宏观需求, 研判了国内外空间互联网星座系统的发展趋势, 提出我国空间互联网星座系统建设的发展思路、重点任务、技术路线。研究认为, 在推进我国空间互联网星座系统的论证设计、工程建设过程中, 应着重加强国家顶层统筹规划, 加快卫星互联网标准制定, 加大关键技术攻关力度, 促进融合创新应用并构建安全防护体系, 以此全面提升我国空间信息网络服务能力, 建设弹性空间体系。

**关键词:** 空间互联网星座; 频率轨道资源; 卫星互联网标准; 网络安全; 应用场景

**中图分类号:** T-9; F427 **文献标识码:** A

## Development Strategy of Space Internet Constellation System in China

Li Feng<sup>1,2</sup>, Yu Hang<sup>1</sup>, Ding Rui<sup>3</sup>, Wang Ningyuan<sup>1,2</sup>, Wang Yuqi<sup>1,2</sup>, Zhou Zhicheng<sup>1,2</sup>

(1. China Academy of Space Technology, Beijing 100094, China; 2. Peng Cheng Laboratory, Shenzhen 518000, Guangdong, China; 3. China Satellite Network Corporation, Beijing 100029, China)

**Abstract:** The space Internet constellation system is an important component of China's space information infrastructure and has become a focus of international competition in future. However, China is still in the preparatory stage of the space Internet constellation system construction. We started late and are faced with many risks such as a backward space resource position, lack of independent standards, a weak foundation for technological development, limitation in traditional application fields, and uncontrollability of network security; therefore, China's space Internet constellation system is still far from supporting rapid economic and social development. Facing the opportunities and challenges, we overview the space Internet constellation system development in China and analyze the macro demand for space Internet construction. Subsequently, we analyze the development trend of the system both in China and abroad and propose the development ideas, key tasks, and technical routes of the space Internet constellation system construction in China. To improve the service abilities of China's space information network and establish a flexible space system, we suggest that China should strengthen top-level planning at the national level in the design and engineering construction stages,

**收稿日期:** 2021-06-25; **修回日期:** 2021-07-08

**通讯作者:** 周志成, 中国空间技术研究院研究员, 中国工程院院士, 研究方向为通信卫星工程与航天器动力学; E-mail: zhouzc@cae.cn

**资助项目:** 中国工程院咨询项目“我国空间互联网星座系统发展战略研究”(2019-XZ-05); 国家重点研发计划项目(2019YFB1803100)

**本刊网址:** www.engineering.org.cn/ch/journal/sscae

formulate satellite Internet standards, intensify efforts to tackle key technologies, promote integrated and innovative applications, and build a network security and protection system.

**Keywords:** space Internet constellation; frequency and orbit resource; satellite Internet standards; network security; application scenarios

### 一、前言

空间互联网包括由各类在轨运行的飞行器、卫星或卫星星座构成的空间信息处理及通信设施, 各类地面站、核心网等相关地面基础设施, 各类应用系统融合构成的高性能全球网络基础设施, 是新一代全球互联网的发展重点方向、新一轮空间竞争的焦点。国际卫星产业龙头企业均在积极开展空间互联网业务投资, 力求抢占卫星空间网络高地, 争夺空间宝贵资源。以 Starlink、Oneweb 等为代表的低轨巨型星座工程已经进入实际部署阶段 [1,2], 新一代“千星座”乃至“万星座”的空间互联网低轨星座系统启动建设。在我国, 空间互联网作为国家空间信息基础设施的重要组成部分, 纳入了“新基建”范畴 [3]。

已有研究从空间互联网的体制、架构、关键技术等方面着手, 对我国相关领域的建设与发展进行探讨: 提出天地一体的空间互联网架构, 分析网络发展趋势与关键技术 [4,5]; 阐述空间互联网与地面第五代移动通信(5G)技术融合的网络架构、关键技术、应用场景 [6,7]; 研究 5G 与卫星通信融合的空中接口设置与标准化策略 [8]; 从技术及产业的角度论述卫星互联网与 5G/ 第六代移动通信(6G)的协同发展趋势 [9]。于此同时, 我国的国有企业、民营企业、初创公司纷纷开展空间互联网的试验摸索和建设尝试 [5]; 相关管理部门依托国家科技创新专项先期推动星座系统论证, 面向迫切需求、整合优势力量、推动工程建设。

也要注意, 目前我国依然缺乏有关空间互联网星座系统的全面综合分析, 统筹规划和建设步骤也有待深入研究; 在后续建设过程中, 将面临通信标准、信息安全、产业应用等诸多难题。因此, 尽快开展多方位的顶层分析论证、形成后续空间互联网产业体系发展规划建议显得尤为迫切。

### 二、我国空间互联网建设需求分析

发展自主可控的空间互联网星座系统是网络强国建设的重要内容, 可有效提升全球覆盖、安全可控的信息网络服务能力, 抢占空间信息领域发展制高点和主动权。空间互联网星座建设, 一方面要聚焦国家需求, 建设全球可通、自主可控的卫星互联网, 另一方面要推动形成“互联网+”航天的新兴产业。

#### (一) 服务国家重大战略, 支撑网络强国建设

空间互联网作为国家战略性基础设施, 对支撑和推动经济、政治、文化、社会各领域发展的作用显著。发展我国自主的空间互联网星座系统, 是占据空间信息网络发展制高点、实现网络强国战略目标的重要举措, 是构建国家重大能力、维护空间资源和地位的集中反映; 作为航天强国建设的标志性工程, 是牵引商业航天全面发展、引领信息产业和宇航技术升级的重要举措。

#### (二) 保障安全通信, 建设天基通信弹性空间体系

面对复杂、严峻的全球网络信息安全形势, 加快构建独立自主的空间互联网星座系统, 可显著提高我国天基通信体系的生存能力, 形成维护国家信息安全的有效手段, 对构建我国弹性空间通信体系意义重大。通过多功能结合的创新应用, 快速增强我国自主安全的通信保障能力, 保障国家长远战略利益。

#### (三) 综合一体化应用, 拓展信息网络覆盖范围

随着我国“走出去”战略的不断深化, 信息网络的全球能力覆盖势在必行。优先在海洋、极地、“一带一路”沿线等区域实现宽、窄带结合的通信保障能力, 进而形成全球覆盖、功能共用的空间信息基础设施。智慧海洋工程、航空器全球追踪与安

全监控等行业应用规划的推进,促进导航增强、广域监视及数据采集分发等行业服务的产业化发展。

#### (四) 促进经济社会发展,提升居民生活质量

空间互联网既可保障海外通信需求、服务国家经济活动、促进高质量“走出去”,又是信息产业发展的新引擎,对推动产业转型升级、实现新兴产业布局起到关键作用。空间互联网作为仍在快速发展的互联网升级方向之一,可为我国老少边穷地区提供普遍的互联网服务,是带动地区经济社会发展、缩小城乡发展差距、弥合数字鸿沟、提升居民生活质量的重大基础设施。

#### (五) 带动卫星产业发展,引领航天产业升级

空间互联网星座系统建设,将促进我国航天产业转型升级:催生卫星模块化、标准化、国际化设计理念转变,带动卫星、运载火箭的批产能力与生产线建设,实施地面系统与地面运营的国际化推广。通过面向世界一流的空间互联网能力建设,引领我国航天装备、信息服务领域的全面发展,推动我国战略新兴技术跻身国际先进行列。

### 三、国内外空间互联网发展趋势研判

#### (一) 星座巨型化、卫星宽带化

新型空间互联网星座动辄成千上万颗,如 Starlink (4425~41 943 颗)、Oneweb (720~6372 颗)、Lightspeed (298~1671 颗)、Kuiper (3236 颗);广泛采用 Ku/Ka/Q/V 频段点波束来实现全球覆盖 [10~13]。该发展趋势既是频率、轨道资源激烈竞争的结果,也是面向未来业务增长空间的必然选择。批量化卫星制造能力、低成本进入空间能力,也为巨型星座发展提供了现实可行的技术途径。

#### (二) 星间组网成为技术潮流

新型空间互联网星座系统普遍支持星间链路,以此构建全球无缝连接、低时延的空间网络系统。国外在建的星座系统,星间链路应用与否不仅是技术问题,也受到成本、安全等因素限制。从技术角度看,星间链路存在路由、移动性管理、干扰抑制、轻量化等诸多挑战,新技术的突破、验证、应用还需要时间来检验。从成本方面看,现有的高通量星

间载荷价格不菲,装备于成千上万颗卫星则难以负担,需要在控制载荷成本的同时尽量精简部署结构(数量)。

#### (三) 高低轨卫星结合发展

针对低轨通信星座的迅猛发展势头,国际上的地球静止轨道(GSO)通信卫星运营商也迅速作出反应,综合考虑 GSO 和低地球轨道(LEO)系统的优缺点,启动了 GSO-非地球静止轨道(NGSO)混合系统的建设 [14]。目前主要存在两种模式:一是 GSO、LEO 系统联合运营,基于两者系统特性上的差别,实现服务能力互补,改善用户体验;二是 GSO 卫星处理 LEO 星座的测控操作,通过配置星间中继链路,利用广域覆盖的 GSO 卫星来提升 LEO 星座的测控效率。高、低轨通信卫星优势互补、协同发展,可进一步提升混合系统的服务多样性。

#### (四) 工程研制模式显著革新

现有的空间互联网星座系统研制模式主要有 3 种:以 Oneweb 为代表的生态圈资源整合、以 Starlink 为代表的自主垂直整合、以 Blackjack 为代表的项目分包。OneWeb 公司通过全球资源整合来建立产业链生态圈,采取融资方式筹集资金;自身主要负责星座运营,卫星制造依靠与空中客车防务及航天公司合作实现。SpaceX 公司依靠自主完整的商业航天产业链来建设 Starlink,集卫星、运载火箭、地面站制造,火箭发射与回收,卫星运营与服务于一身,实现产业链自主闭环。Blackjack 分阶段划分项目任务,不断筛选和缩减承研单位的数量,选择最优的承包商团队(大型宇航制造商、小型初创企业均有涉及)。立足自身状态并最大化自身优势,充分调动已有资源,保障设计、制造、发射、运营等全产业链的快速、安全、高效运行。

#### (五) 频率及关键技术储备布局

国外在建的空间互联网星座系统,均在加紧频率资源争夺,以用户链路所用频段争夺最为激烈。在现阶段,Ku 频率资源已基本被瓜分殆尽;Ka 频率资源虽已有低轨星座系统规划,但尚无实际卫星应用;V 频率资源已成为多个星座系统作为规模扩展阶段拟申报储备的目标。在储备频率的同时,各



大卫星互联网企业都在积极开发 Q/V 频段的应用潜力，着手研究 E 频段通信技术。相关企业在高效接入、星间链路组网、物联网应用、大规模干扰规避等关键技术方向都进行了研发布局，逐步形成专利储备。

### 四、我国空间互联网星座系统发展基础

#### （一）大规模星座工程建设

北斗卫星定位导航系统是我国目前在轨规模最大的星座系统 [15]，其成功研制和有效运营积累了卫星、运载火箭的中等规模批产与批次发射经验，具备了长期管理、异常处置等在轨管理能力。与北斗系统相比，空间互联网星座系统的规模更大、功能更加复杂，对产品的批量生产、质量保证提出了严峻挑战；还需要进一步提高运载火箭批量化生产能力，改善测控条件和发射环境。目前，我国还缺少数百颗甚至上千颗卫星所构成星座的建设经验。

#### （二）运载火箭能力

经过六十余年的发展，我国形成了以长征系列运载火箭为主的航天运输系统，支撑了多项国家重大宇航任务的实施。综合考虑经济性、规划整体性，CZ-2C、CZ-2D、CZ-5B、CZ-6A、CZ-8 液体运载火箭均可承担“一箭多星”发射任务，CZ-11A、KZ-11 固体运载火箭可用于快速补网，新型重复使用运载火箭可逐步承担 2025 年后更大规模的组网发射任务 [16]。新一代液体火箭发动机（液氧/煤油、液氢/液氧）的产能受限问题，可能为空间互联网星座系统建设带来一定的风险。

#### （三）发射场

现阶段，国内具备运载火箭发射能力的主要有酒泉、太原、西昌、文昌等发射场，海阳海上发射平台也具有一定规模的发射能力。综合现有发射计划，未来 3 年剩余工位的总运载能力不足 150 t，保障空间互联网星座的大规模发射任务风险较大；这是星座卫星规模的制约瓶颈，应予以突破 [17]。太原发射场 CZ-6A 发射工位计划于 2021 年建成，短期内具备 4 发/年的发射能力。此外，文昌、象山、烟台等地都在筹建新的商业发射工位。

#### （四）终端技术研制

目前，我国电子、航天领域的一些单位具备为卫星通信系统提供信关站、网络主站、部分应用终端的生产能力。尽管随着高轨高通量卫星的推广应用，地面信关站、终端技术正在快速发展演进，但空间互联网低轨系统所需的快速跟踪、高集成、低成本相控阵天线，适应新体制的高集成基带芯片，地面核心网产品及运控管理系统等，尚无成熟产品，需要尽快部署研制。

#### （五）标准化

地面移动通信的标准演进“十年一代”，我国在这一发展过程中实现了第三代移动通信（3G）跟随、第四代移动通信（4G）赶超、5G 领跑。地面移动通信的标准化过程，为我国空间互联网标准突破提供了技术基础和实施经验 [18]。也要注意，我国卫星通信标准化工作尚缺乏成熟经验，中国通信标准化协会、全国宇航技术及其应用标准化技术委员会等均未开展相关工作，对国际卫星电视广播标准（DVB-S2X）、第三代合作伙伴计划（3GPP）非地面网络（NTN）标准的跟踪和参与都有所不足。

### 五、我国空间互联网星座系统发展思路

我国空间互联网星座系统的发展，应以航天强国、网络强国战略为牵引，秉持“创新、协调、绿色、开放、共享”的理念，通过创新驱动、融合发展，开展先进系统、新兴技术的前瞻研发布局。以空间互联网星座系统建设为依托，拓展空间信息服务的深度与广度，把握网络信息技术革命的历史性机遇，赢得参与全球空间信息基础设施竞争的独特优势。预计到“十四五”末期，形成高低轨协同、天地一体的空间互联网星座系统总体布局，具备全球覆盖、技术自主、安全可控的空间互联网服务能力，成为全球卫星互联网发展的重要主导力量。

统筹规划，突出重点。加强天基网络信息体系的顶层设计和综合布局，融合威胁驱动、需求驱动、创新驱动三重要素，统筹实施我国高、低轨天基信息装备体系协同发展；重点建设空间互联网星座系统，实质性提升我国天基网络信息体系弹性。

阶段实施，持续演进。鉴于空间互联网星座系统建设的持续性和复杂性，相关体系架构设计应支

持分阶段实施、持续演进，不断挖掘技术进步带来的能力提升；尽快实现基本应用能力，持续保持近地空间系统的竞争力与生命力，抢占近地空间新高地。

功能融合，弹性建设。把握国内相关系统建设进展，加强多功能融合与衔接，通过采购服务、寄宿搭载、波形加载，形成面向应用的增强服务能力；深度挖掘系统规模优势，形成天地融合的低轨网络与信息体系，加速在我国诸多领域的应用渗透。

创新驱动，体系带动。瞄准世界航天和网络领域发展前沿，创新包括研发、制造、应用在内的天基信息体系，牵引重点领域发展模式演进；加强卫星批量制造能力，提升运载火箭发射和测控能力，扭转领域滞后发展局面，带动重大装备的供给侧结构性变革。

## 六、我国空间互联网星座系统建设的重点任务与技术路线

### （一）空间互联网星座系统规划

空间互联网星座系统主要包含空间段、地面段、

用户段（见图1）。①空间段采用用户灵活接入、星间高速互联、系统弹性高效的空间混合星座网络架构，按照“星箭一体化、平台通用化、载荷模块化、接口标准化、组合多元化”的卫星设计思路，实现全球宽带互联网和移动通信服务能力，按需提供应用服务和专用载荷搭载服务。②地面段面向多用户、多业务、全球化的服务需求，主要完成星座运行管理、星地一体化网络管理、全球站网管理、用户终端管理、全球运营服务支撑等任务；细分为运行控制中心、网络管理中心、运营服务中心、全球信关站网，通过地面通信网络实现互联互通。③用户段按照“终端模块化设计、系统开放扩展”等设计原则，开展终端结构化设计、应用平台化集成、数据云化配置等。

关于建设计划，分阶段建成独立自主、全球覆盖、先进高效、安全可靠的空间互联网星座系统。先期开展试验卫星发射、地面段建设，实施通信体制、关键技术试验验证，初步形成具有自主知识产权的标准体系，突破卫星规模制造和发射瓶颈，基于典型场景开展应用示范。未来5年，实现全球覆盖、全面服务，完成第一代系统建设，提升重点区

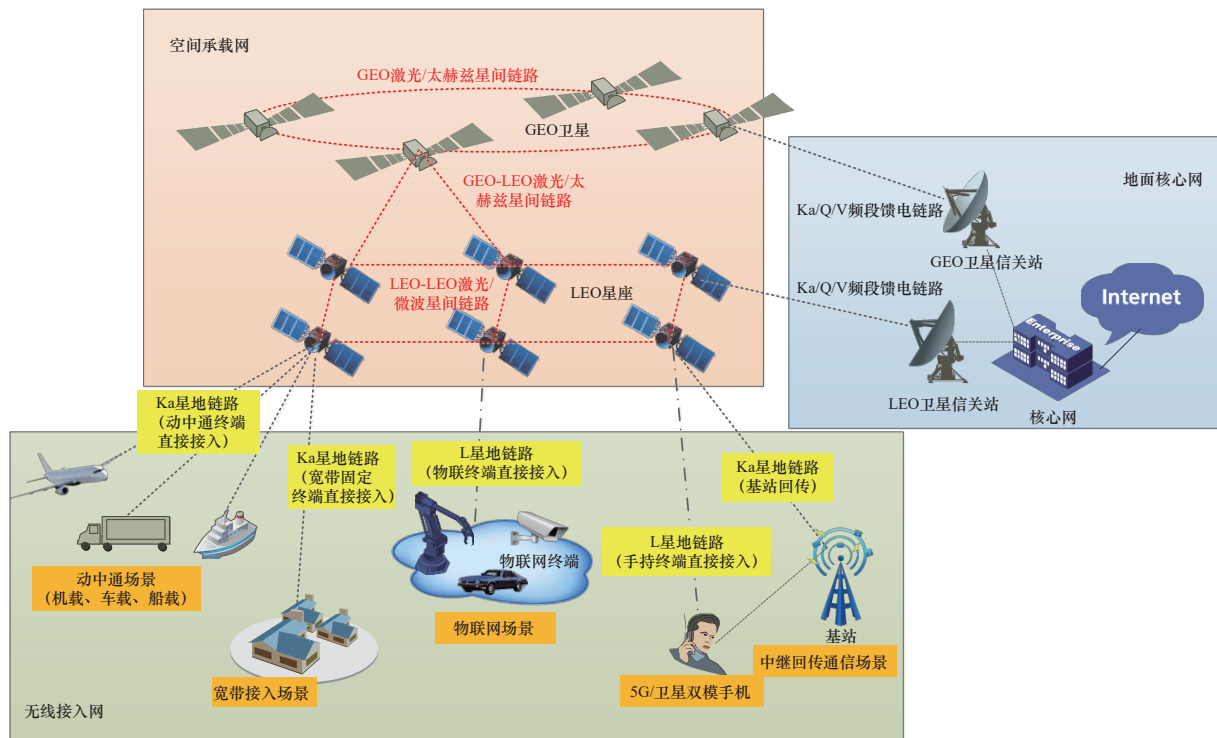


图1 空间互联网星座系统架构图

域覆盖能力和服务质量，增强时空信息体系能力。未来 10 年，完成拓展系统建设，实现增强覆盖、优质服务，建设分层部署、协同分工、多重覆盖的第二代星座系统，建成天地同步发展的全球综合信息服务网络，全面满足国家战略需求和智能化社会应用需求。

### （二）空间互联网标准策略

近年来，包括大型航天企业、民营企业在内，我国发布了 10 余个低轨星座计划，从产业发展、商业利益的角度看，需要重点进行空间组网理论研究，及时建立关于空间互联网的协议体系规范和标准。目前国内外的相关发展仍存在突出问题：空间网络组网的基础理论薄弱，标准网络协议体系空白，对于巨型低轨卫星网络的地面模拟测试环境欠缺。因此，一方面需要对网络架构、业务场景、服务质量、接入网技术、承载网技术、核心网技术、网络安全、设备与测试规范等制定相关标准，另一方面需要建设完整有效的地面测试与评估系统，支持系统研发质量提升，降低系统在轨故障风险。

未来 5 年，着重突破天地复杂环境下高可靠高速率传输技术、多时空尺度密集型巨星座信息组网技术、动态网络频率干扰规避及共享技术、面向多业务特性的空间网络资源分配技术、通信 / 感知 / 定位一体化技术，形成相关标准规范。

未来 10 年，重点突破超大规模网络跨域态势感知与智能网络协同传输技术、星地一体频率感知与同频共用技术、星地协同组网与融合共用技术、太赫兹高速传输技术，形成相应标准规范。

未来 15 年，着重发展空间边缘计算与信息融合处理技术、天基智联网架构技术、星地融合无缝切换技术、天地智能协同组网技术，形成相应标准规范。

### （三）空间互联网安全体系

卫星节点暴露且信道开放，异构网络互联且网络拓扑高度动态变化，高链路误码率对网络性能造成负面影响，长时延和间歇性降低网络反馈的及时性，天上资源受限影响计算能力，这些都是空间互联网星座系统安全性受限的因素。国外的空间互联网星座系统在国内落地应用后，将带来一系列的安

全问题。我国的空间互联网在全球运营后也将面临泄露敏感数据、威胁重要基础设施和关键设备、窃取宽带资源等安全风险。

在物理安全、运行安全、数据安全等层面开展空间互联网网络安全架构研究。空间互联网星座系统在设计之初就应充分考虑网络安全的要求，各个分层、各个系统的业务需求要与安全需求相互融合，安全能力要嵌入各个分层、各个系统的方方面面；有效阻断外来恶意攻击，有效遏制内部人员的违规和恶意行为，实现“数据拿不走、网络扰不瘫、应用阻不断、踪迹隐不掉”。

未来 5 年，对空间互联网设计的安全协议、安全机制、安全措施进行聚合，实现对空间互联网的全面安全监管和治理；构建涵盖物理层、链路层、网络层、传输层、应用层及跨层通讯安全的协议标准。

未来 10 年，重点网络安全态势感知可全方位、全流程把握空间互联网的运行安全态势，持续检测各个尺度、维度、层次的安全威胁，结合历史安全事故、威胁情报对未知威胁进行分析检测，作出安全威胁预判和并启动预置防护措施，保持安全事件应急的自动化响应。

未来 15 年，空间互联网配置先进的安全防护技术和管理保障制度，将网络安全防护能力全方位融入业务系统，为空间互联网应用提供持续的安全服务保障。

### （四）空间互联网应用场景

我国空间互联网采取分阶段建设、弹性扩展、持续演进的策略，系统在教育层面上呈现循序渐进的特征。短期来看，受卫星数量、空间网络技术的制约，系统建设初期支持的用户数量、应用场景均有限，将主要面向政府机构、科学考察、救灾应急、自然保护等重点领域提供服务；随着系统能力提升，逐步开放面向民航、海上、偏远地区的行业用户服务；最终待系统服务能力充足后，面向普通消费者提供大规模服务。

未来 5 年，重点面向政府机构开展典型场景下的应用示范，面向海洋科考、极地勘探、抢险救灾、应急保障、危化运输、自然资源保护等领域推广应用。

未来 10 年，面向行业用户不断拓展，重点开



拓民航交通、海上交通及作业、无人机作业、石油开发、远洋运输、偏远地区基建等应用市场。

未来 15 年，在网络建设不断成熟的基础上，面向普通消费市场拓展应用，采用新型通信技术，解决天地一体融合接入难题，提供天地无感切换的高质量网络体验。

## 七、对策建议

### （一）加强顶层统筹规划，促进产业协同发展

统筹我国卫星互联网建设规划，建立高、低轨星座协同发展机制；整合优势力量与资源，形成新兴领域发展合力，实质性推进我国空间互联网星座系统的体系化发展。

构建关联企业协同发展模式，倡导市场主导下的多元投入、多方合作，以产业联盟、技术标准为纽带，积极引导社会力量参与空间互联网星座系统的建设、应用、维护。

有机整合我国现有的星座互联网建设规划，统筹优势力量和资源，加强频率轨道相关基础研究，面向长期发展需求储备空间频率资源；瞄准产业全链条发展目标，优化低轨星座互联网建设规划，加快推进空间系统建设，积极参与全球资源协作与竞争。

### （二）加快标准制定，支持自主核心竞争力提升

统筹推进、加快建立统一的空间互联网星座系统标准体系。充分借鉴我国地面移动通信标准研制的成功经验，及时论证制定有关业务需求、网络、测试、信息安全、应用等系列标准，指导相关系统的建设与应用推广。

建立空间互联网星座系统知识产权服务平台，构建完备的知识产权保护体系，提升产业创新和知识产权综合运用能力，保障产业化过程的稳健发展。针对新应用、新业态，研究空间互联网星座系统的知识产权战略、标准开源协议、知识产权风险，构建标准体系知识产权保护全链条，支持形成空间网络核心竞争力。

推动自主标准体系的国际化进程，积极参与空间互联网星座系统的国际标准研究与制定，提升中国标准的国际影响力。加强我国相关标准体系在国际移动通信、民航组织、国际海事组织等重要

行业的应用推广，支持我国空间互联网星座系统“走出去”。

### （三）实施关键技术攻关，提速网络建设进程

加快空间互联网星座系统的核心元器件自主化进程，开展宇航级核心元器件、关键部组件的研制，打牢大型空间系统工程的基础条件。超前部署 Q/V 频段射频关键器件、高效率天线等核心部组件的自主研发计划，增强我国空间互联网星座系统的频率保障能力。

加强运载火箭关键前沿技术突破，提高大推力火箭发动机、运载火箭重复使用等技术的成熟度，提升我国运载火箭整体技术水平。优化制造工艺与生产模式，突破火箭发动机、箭体结构等大型部件的低成本、规模化制造关键技术，显著提高运载火箭发射性价比，保障空间互联网星座系统的规模化建设、可持续发展。

加快提升地面应用终端关键技术，实施用户终端先期研发计划，突破低成本相控阵天线、核心芯片、高频段器件、终端测试环境等技术，形成批量的原创性成果。改善卫星应用终端领域核心元器件、高性能部件的自主可控水平，尽快形成与空间互联网星座建设计划相匹配、具有较好性价比的用户终端规模化生产能力。

### （四）促进融合创新应用，提升网络服务能力

加强空间互联网应用创新，依托于卫星星座、移动通信、新一代互联网、工业制造、智慧城市、智能交通等领域的技术发展，扩宽空间互联网的多元化、智能化应用。拓展空间互联网的应用广度和深度，提升我国空间互联网应用产业的国际竞争力，促进空间互联网的可持续发展；发挥产业带动力，支持金融、物流等现代服务业的快速发展与供给侧结构性改革。

推动空间互联网应用，发挥卫星网络全球覆盖的优势，以资源共享、功能互补、能力互备为目标，实施多类业务共同承载，实现低轨星座对现有通信系统能力的差异化补充，适应低延时、高带宽、全球覆盖的应用需求。

### （五）构建先进防护体系，维护空间网络信息安全

合理加大空间互联网安全架构、安全协议、安

全标准、密码算法及安全管理體系等方面的基础研究投入，在系统建设过程中规避安全隐患。加强网络安全态势与对抗分析，提升威胁评估与预警能力，支撑网络强国建设。着力建设高水平的空间网络安全人才队伍，培育“卫星+网络安全”跨领域技术人才，提升我国空间互联网星座系统的核心竞争力。

加快空间互联网新技术冲击下的网络安全防护体系建设，完善网络安全法规，加强国外卫星的过境信号监测、非法卫星通信终端管控分析能力，防止利用境外卫星信息进行跨境走私，固守网络信息安全阵地。

#### 参考文献

- [1] Albulet M. SpaceX non-geostationary satellite system: Technical information to supplement schedules [EB/OL]. (2016-11-15) [2021-05-30]. <https://cdn.geekwire.com/wp-content/uploads/2016/11/Technical-Attachment.pdf>.
- [2] Portillo I D, Cameron B G, Crawley E F, et al. A technical comparison of three low earth orbit satellite constellation systems to provide global broadband [EB/OL]. (2018-10-01) [2021-05-30]. <https://pdfs.semanticscholar.org/a2b7/931f4e93c6044d5cc4af78d6c60b1db6dbc3.pdf>.
- [3] 赛迪顾问物联网产业研究中心, 新浪5G. “新基建”之中国卫星互联网产业发展研究白皮书 [EB/OL]. (2020-05-30) [2021-05-30]. <https://n2.sinaimg.cn/tech/cbc3161f/20200528/SatelliteInternetWhitePaper.pdf>.  
Research Center of Internet of Things Industry, CCID, Sina 5G. White paper on the development of China's satellite Internet industry in the “new infrastructure” [EB/OL]. (2020-05-30) [2021-05-30]. <https://n2.sinaimg.cn/tech/cbc3161f/20200528/SatelliteInternetWhitePaper.pdf>.
- [4] 徐晓帆, 王妮炜, 高瓊园, 等. 陆海空天一体化信息网络发展研究 [J]. 中国工程科学, 2021, 23(2): 39–45.  
Xu X F, Wang N W, Gao Y Y, et al. Development of land-sea-air-space integrated information network [J]. Strategic Study of CAE, 2021, 23(2): 39–45.
- [5] 吴巍. 天地一体化信息网络发展综述 [J]. 天地一体化信息网络, 2020, 1(1): 1–16.  
Wu W. Survey on the development of space-integrated-ground information network [J]. Space-Integrated-Ground Information Networks, 2020, 1(1): 1–16.
- [6] 汪春霆, 翟立君, 卢宁宁, 等. 卫星通信与5G融合关键技术与应用 [J]. 国际太空, 2018 (6): 11–16.  
Wang C T, Zhai L J, Lu N N, et al. Key technologies and application of satellite communications and 5G integration [J]. Space International, 2018 (6): 11–16.
- [7] 王柏岩, 韩笑冬, 刘治军, 等. 低轨卫星接入网与5G系统融合网络架构及关键技术分析 [C]. 北京: 第十六届卫星通信学术年会, 2020.  
Wang B Y, Han X D, Liu Z J, et al. Network architecture and key technology analysis for integration of LEO satellite access network with 5G system [C]. Beijing: The 16th Satellite Communications Conference, 2020.
- [8] Ding R, Chen T, Liu L, et al. 5G integrated satellite communication systems: Architectures, air interface, and standardization [C]. Nanjing: The 12th International Conference on Wireless Communications and Signal Processing, 2020.
- [9] 陈山枝. 关于低轨卫星通信的分析及我国的发展建议 [J]. 电信科学, 2020, 36(6): 1–13.  
Chen S Z. Analysis of LEO satellite communication and suggestions for its development strategy in China [J]. Telecommunications Science, 2020, 36(6): 1–13.
- [10] McDowell J C. The low earth orbit satellite population and impacts of the SpaceX Starlink constellation [J]. The Astrophysical Journal Letters, 2020, 892(2): 36–45.
- [11] Pritchard-Kelly R. Application for fixed satellite service by WorldVu satellites limited [EB/OL]. (2020-05-25)[2021-05-30]. <https://fcc.report/IBFS/SAT-MPL-20210112-00007>, 2021.
- [12] Telesat. Telesat global LEO constellation: Enabling edge operations with broadband connectivity [EB/OL]. <https://static1.squarespace.com/static/5274112ae4b02d3f058d4348/t/5e0c5916a5b0832cb78c2db4/1577867573707/2019-3-2f-3.pdf>, 2019.
- [13] Kuiper Systems LLC. Application for fixed satellite service by Kuiper Systems LLC [EB/OL]. (2020-07-30)[2021-05-30]. <https://fcc.report/IBFS/SAT-LOA-20190704-00057/1773885>.
- [14] 王悦, 王权, 袁丽, 等. GEO及NGSO卫星通信系统融合应用研究 [J]. 航天器工程, 2020 (4): 11–18.  
Wang Y, Wang Q, Yuan L, et al. Research on fusion application of GEO and NGSO satellite communication system [J]. Spacecraft Engineering, 2020, 29(4): 11–18.
- [15] 杨军. 北斗卫星导航系统建设与发展 [J]. 卫星应用, 2020 (12): 8–11.  
Yang J. Construction and development of Beidou satellite navigation system [J]. Satellite Application, 2020 (12): 8–11.
- [16] 汪小卫, 郑正路, 张雨佳, 等. 运载火箭空中回收技术研究 [J]. 航天返回与遥感, 2020, 41(3): 10–15.  
Wang X W, Zheng Z L, Zhang Y J, et al. Aerial recovery technology of launch vehicle [J]. Spacecraft Recovery & Remote Sensing, 2020, 41(3): 10–15.
- [17] 肖士利, 郭振, 谢志丰, 等. 中国运载火箭地面系统发展方向研究 [J]. 宇航总体技术, 2020, 4(2): 25–32.  
Xiao S L, Guo Z, Xie Z F, et al. Research on the development directions of Chinese launch vehicle ground system [J]. Astronautical Systems Engineering Technology, 2020, 18(2): 25–32.
- [18] 周一青, 潘振岗, 翟国伟, 等. 第五代移动通信系统5G标准化展望与关键技术研究 [J]. 数据采集与处理, 2015 (4): 714–724.  
Zhou Y Q, Pan Z G, Zhai G W, et al. Standardization and key technologies for future 5G of mobile communication systems [J]. Journal of Data Acquisition & Processing, 2015 (4): 714–724.