

# 我国天基信息系统发展现状及未来展望

李双博<sup>1,2</sup>, 张艳松<sup>1,2</sup>, 李德仁<sup>3</sup>, 王礼恒<sup>2,4</sup>, 王崑声<sup>1,2</sup>, 徐源<sup>1,2</sup>

(1. 中国航天系统科学与工程研究院, 北京 100048; 2. 中国航天工程科技发展战略研究院, 北京 100048;  
3. 武汉大学测绘遥感信息工程国家重点实验室, 武汉 430079; 4. 中国航天科技集团有限公司, 北京 100048)

**摘要:** 作为获取信息资源的重要手段, 天基信息系统服务于国防和经济建设, 正朝着一体化、动态化、实时化、智能化方向发展。本文立足中国航天长远发展, 以文献调研、专家咨询为研究手段, 详细开展国外天基信息系统发展现状梳理与总结; 凝练我国在本领域的政策、产业、装备和技术发展情况, 并对天基信息系统的未来发展趋势进行概括; 重点分析了我国天基信息系统面临的体制机制、政策保障、技术能力、产业发展等短板问题。研究建议, 完善体制机制来统筹协调天基信息系统资源, 健全法律法规来引导天基信息系统产业发展, 突出技术创新来建设天基信息实时服务系统, 创新发展理念来构建天基信息实时服务。

**关键词:** 天基信息系统; 实时服务; 体制机制; 技术创新; 政策保障

**中图分类号:** V474 **文献标识码:** A

## Development Status and Future Prospect of Space-Based Information Systems in China

Li Shuangbo<sup>1,2</sup>, Zhang Yansong<sup>1,2</sup>, Li Deren<sup>3</sup>, Wang Liheng<sup>2,4</sup>, Wang Kunsheng<sup>1,2</sup>, Xu Yuan<sup>1,2</sup>

(1. China Aerospace Academy of Systems Science and Engineering, Beijing 100048, China; 2. China Academy of Strategy on Aerospace Engineering Science and Technology, Beijing 100048, China; 3. State Key Laboratory of Information Engineering in Surveying, Mapping and Remote Sensing, Wuhan University, Wuhan 430079, China;  
4. China Aerospace Science and Technology Corporation, Beijing 100048, China)

**Abstract:** As an important means of obtaining information resources, space-based information systems, which serve national defense and economic construction, are developing in the direction of integration, dynamic, real-time, and intelligent. Based on the long-term development of China's aerospace sector, this paper conducts detailed review and summary of the development status of international space-based information systems by literature research and expert consultation, and analyzes the development of Chinese policies, industries, equipment, and technology in this field. And the future development trend of space-based information systems is summarized. This paper focuses on analyzing the shortcomings of domestic space-based information systems, involving institutional mechanisms, policy guarantees, technical capabilities, and industrial development. The research suggests that we need to improve the institutional mechanism to coordinate the space-based information system resources, consummate laws and regulations to guide the development of space-based systems industry, stress technical innovations, and innovate development concepts to build space-based information real-time service systems.

**Keywords:** space-based information system; real-time service; institutional mechanisms; technical innovation; policy guarantee

收稿日期: 2019-10-16; 修回日期: 2020-01-07

通讯作者: 李双博, 中国航天系统科学与工程研究院工程师, 主要研究方向为航天发展战略; E-mail: xnlishuangbo@126.com

资助项目: 中国工程院咨询项目“天基信息实时服务系统(PNTRC)发展战略研究”(2017-ZD-01)

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

### 一、前言

天基信息系统是利用遥感、导航定位与通信等技术手段,实现对地球表面自然景观和人类活动实时观测的卫星应用系统。作为当前建设热点的天基信息实时服务系统,由数百颗具有遥感、导航与通信功能的低轨卫星组成天基网,与高分辨率遥感卫星、新一代卫星导航系统进行异构协同,与卫星通信网、地面互联网、移动网进行整体集成,旨在实现全球高时空分辨率的数据采集、高精度实时导航定位和宽带移动通信 [1]。

天基信息系统有效服务于经济建设、国防建设和大众民生的需求,是体现国家科技实力的核心要素之一,也是当前最具辐射力和拉动力的高技术领域与战略性新兴产业。研究、建设、利用和推进天基信息系统发展,一直是世界航天大国未来发展的战略目标。例如,天基信息实时系统可以支撑国家战略需求、全面提升国家空间竞争力、推动形成经济发展新动能。

当前,有关天基信息系统的研究聚焦在以下几方面 [2~9]:国内外系统建设情况分析,一体化管控体系,作战指挥控制应用,系统故障处理,军民功能集成服务体系构建等。从宏观层面着手、分析天基信息系统发展形势和面临的问题等的研究仍有待开展。对应于此,本文系统梳理国内外天基信息系统的发展现状及趋势,研究分析我国在本领域存在的问题,进而论证提出建设我国天基信息实时服务系统的构思建议,以期为航天系统关键领域及重大装备的长远发展提供参考借鉴。

### 二、国内外天基信息系统发展情况分析

#### (一) 国外情况

天基信息系统具有信息制高点独特优势,在作战指挥、深空探测和导航测控等方面得到广泛应用,成为推动国家战略利益由传统范畴向海洋、太空和电磁空间延伸的重要手段。美国、欧盟、俄罗斯、日本、印度等主要航天国家或地区都在大力发展一体化的天基信息系统,开展概念研究、体系设计与技术验证,并从国家战略、运行机制、商业模式等方面推动应用创新。

1. 制定发展战略,通过国家力量推动天基信息系统发展

航天大国高度重视天基信息系统,通过国家战略推进系统的建设和发展。美国制定了“国家天基信息系统战略”,通过开发和部署覆盖全球的实用型天基信息系统,扩大在本领域的技术领先地位。欧盟为提升空间领域竞争力,先后颁布实施了《欧洲太空战略》《2018年欧盟能力发展计划》等天基网络系统规划,确定了包括“重点发展天基信息和通信服务”在内的行动方针。俄罗斯在《2030年及未来俄罗斯航天发展战略(草案)》[10]中提出,发展空间技术是国家战略目标,建立数量和质量均能满足国际竞争需求的航天装备系统。日本以《宇宙基本法》为契机,加速推进空间科学、载人航天活动、天基太阳能发电、小型实验卫星等研究项目,逐步完善天基信息系统建设。

2. 优化体制机制,统筹协调国家部门管理和产业发展

航天大国在天基信息系统领域均采取政府高度集中管理的模式,以此管控系统建设、统筹各类信息资源。根据卫星特点、应用需求和部门分工,建立了相对完整、涉及多类卫星的投资、建设和应用体制。以美国为例,2004年发布《美国国家天基定位、导航和定时政策》文件,作为整体战略决策依据;国家天基定位、导航和定时(PNT)委员会负责综合协调与管理,国防部统筹国防领域监督和决策;天基信息系统产品及服务的商业化运作则由洛克希德·马丁公司等航天企业具体承担。

3. 提升技术能力,保持天基信息系统先进性和稳定性

航天大国不断采用科技创新成果来优化天基信息系统,使系统的稳定性和服务能力不断提升。①研制新型卫星,改进并完善星座功能,如俄罗斯加强了全球卫星导航系统(GLONASS)的现代化改造与卫星补网;②加强备选技术研究,低轨卫星增强系统成为发展潮流(见表1),被视为天基信息系统的能力拼图;③加强国家间的空间技术合作,弥补单一系统的不足,增强系统服务稳定性,如2004年开始,美国全球定位系统(GPS)、俄罗斯GLONASS、欧盟GALILEO三大卫星导航系统之间在互操作性、兼容性等方面开始协作;

表 1 国外代表性的低轨卫星星座计划

系统名称	卫星数量/颗	轨道高度/km	组网时间/年	业务	研发机构
铱星系统 (Iridium)	66	780	1998	语音	摩托罗拉公司 (Motorola)
全球星系统 (Globalstar)	48	1400	2000	语音	全球星公司 (Globalstar)
一网星座系统 (OneWeb)	900	1200	2019	宽带	一网公司 (OneWeb)
V 波段卫星星座 (V-band)	2956	1000~1200	2016	宽带	波音公司 (Boeing)
星链计划 (Starlink)	4425	1100~1325	2020	宽带	太空探索技术公司 (SpaceX)
鸽子系列卫星 (Dove)	188	420	2017	遥感	美国行星公司 (Planet)
天空卫星星座 (SkySat)	21	600	2017	视频	美国行星公司 (Planet)
BlackSky 计划 (BlackSky)	60	—	2019	视频	卫星影像公司 (BlackSky Global)

④加强与新技术的融合,协同观测、新体制通信、在轨实时处理、天基信息融合处理、安全防护等一系列新兴技术获得应用与整合,使得天基信息系统应用与服务能力取得重大提升。

4. 创新产业模式,综合多种形式保障军民商需求

航天大国通过天基信息系统的应用创新来满足军民商的多种需求,其市场服务和产业发展主要表现为以下形式:①公开服务,向用户提供定位、导航和授时等免费的时空基准服务;②商业服务,天基信息系统与各种行业技术结合后推广应用,如基于位置信息的商业服务满足了地面交通、航空运输和海事监管等的商业需求;③社会保障服务,将多个卫星导航系统进行应用协同,提高传统服务稳定性,创造新型应用模式,在船舶航行、机车操作、交通导航和机器人应用方面展现出前景;④公共控制服务,利用天基信息系统的专有频段,为本国政府提供精确的紧急服务。

## (二) 国内情况

经过 60 年来的发展,我国天基信息系统实现了“从无到有、从有到优”的技术跨越。亚米级高分辨率遥感卫星的研制与应用技术已经成熟;北斗卫星导航系统在 2020 年形成全球服务能力,低轨星基导航增强技术取得重大进展;低轨灵巧通信卫星研制取得技术突破,低轨卫星通信网络发展势头稳健;形成较为完善的卫星研制和应用技术体系,具备天基信息实时服务系统建设、示范应用与产业化的基础条件。

1. 我国卫星综合能力大幅提升,体系健全

截至 2019 年 10 月,我国在轨卫星总数为 323 颗,仅次于美国 [11]。包括商业航天在内的卫星研

制、运营和应用体系较为完善,通信/遥感/导航卫星的体系化和型谱化发展态势良好,卫星应用体系覆盖国家安全、国民经济的众多方面,契合国情、具有特色的天基信息系统初步成型。

2. 国家出台多项政策引导天基信息产业发展

近年来,我国相关部门发布了《国家民用空间基础设施中长期发展规划(2015—2025 年)》《关于加快推进“一带一路”空间信息走廊建设与应用的指导意见》等若干政策文件,从国家政策角度来引导天基信息系统服务经济社会的发展方向和实施路径。这为相关系统的建设与产业推广应用提供了政策层面的基本保障,也为推动空间资源规模化、业务化和产业化提供了先决条件。

3. 我国天基信息产业处于快速成长期,发展前景良好

分析我国的卫星应用市场,产值集中在以车载、手持、指挥型等终端设备为代表的产业链中游(约占 60%),而以特殊需求、个性化服务为代表的下游(约 30%)和以芯片、板卡、天线为代表的产业链上游(约 10%)的占比均较小。这表明,我国卫星应用产业仍处于初级发展阶段,未来仍有较大的市场空间。随着行业市场、大众市场、特殊市场以及智慧城市等新兴行业的发展,以卫星服务为代表的天基信息产业有望继续扩大应用范围,尤其是下游应用市场将快速发展。预计到 2025 年 [12~14],我国下游服务市场占比将达到 50%,系统集成和终端等中游产业占比将下降至 40%,数据、芯片市场等上游产业占比将稳定在 10% 左右。结合当前发展规划和卫星产业整体发展形势,预计 2025 年我国天基信息市场可达 7365 亿元,其中导航市场为 6300 亿元,通信市场为 950 亿元,遥感市场为 115 亿元(见图 1)。

4. 我国卫星技术快速发展，部分关键技术比肩国际前沿

高分辨率对地观测、低轨卫星导航增强、低轨卫星通信等技术发展迅速，先后取得重要突破。①在相关国家科技重大专项的推动下，高分辨率遥感卫星研制与应用技术体系已经成熟，开展了较大规模的业务化应用。②北斗系统初步具备全球服务能力，低轨星基导航增强技术取得了预期进展，系统导航精度、完备性和实时性大幅提升。③“珞珈一号”等卫星应用实践表明，低轨卫星可辅助增强北斗系统性能，将实时定位精度从5~10 m提升至亚米级。④我国低轨通信卫星系统建设如火如荼，航天科技集团有限公司、航天科工集团有限公司启动了“鸿雁”“虹云”工程建设，实现了基于星间链路的宽带数据传输能力，为天基信息提供了数据传输通道，也为导航增强载荷提供了搭载平台。

### 三、天基信息系统发展趋势分析

随着空间技术的发展和太空需求的提升，世界天基信息系统呈现出以下发展趋势：①天基信息系统朝着群网式方向发展，多种类、多功能、多数量

卫星进行组网来实现系统功能的重构与创新；②系统中的卫星协同方式由静止发展为动态化，具有立体可重构的动态拓扑结构形态显著提升了系统的稳定性；③融合先进地面网络技术，在各卫星节点上协同应用天地一体化的路由、服务和控制技术，支持系统的实时化智能化信息服务；④瞄准国防应用需求，注重核心节点卫星的骨干网络功能、战术小卫星多功能综合之间的协同与匹配发展。

相比之下，我国天基信息系统立足国情、自主研发，所具有的特色发展趋势为：①注重天基信息系统综合能力，提高大容量高速率传输、系统智能调度、系统间综合管控和信息服务保障等的技术水平；②重点突破核心关键技术，如卫星激光通信、空间 IPv6、星间链路和卫星星座技术等；③遥感、导航和通信等卫星应用技术趋于融合，用于支撑实时化、智能化、网络化、一体化的天基信息功能实现（见图2）；④信息技术的高速发展，引发天基信息与地面信息集成技术的深度融合，拓展了天基信息产业的广度和深度。

### 四、我国天基信息系统发展存在的问题

当前，我国正处于由航天大国向航天强国迈进的关键时期。与发达国家相比，我国应用卫星的水平 and 卫星应用产业的发展仍有不小的差距，导致天基信息系统的发展还存在一些问题。

#### （一）体制机制方面的统筹协调不足

我国现有的通信、导航、遥感卫星系统各成体系，使得系统孤立、信息分离、服务滞后。一方面，卫星数据共享及应用发展领域的统筹协调力度不够，信息安全保障不足；另一方面，部门和行业的

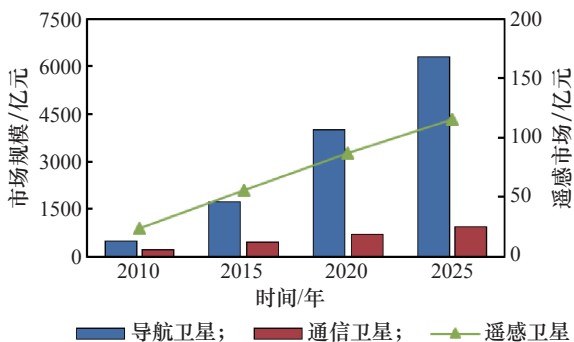


图1 我国天基信息市场发展情况（2010—2025年）

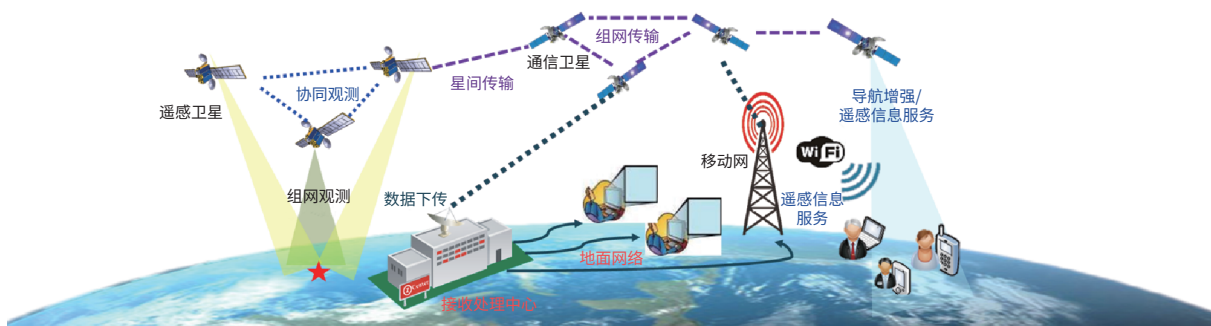


图2 天基信息系统实时智能服务模式示意图

卫星专用通信网还无法实现资源的统一调配和系统间的协同,资源浪费与不足的现象共存。

## (二) 政策保障方面的法律法规不健全

我国天基信息系统领域尚未形成完善的法律法规与产业政策体系,特别是通信/导航/遥感卫星系统的商业化标准规范尚不完善,尚未形成统一的标准体系,制约了天基信息产业的发展。

## (三) 技术能力方面无法满足创新需求

我国现有的天基信息技术尚不具备快速、精确、灵活且面向全球的信息保障能力,无法完全满足国家经济建设、国防安全的需求。一方面,天基信息系统的建设涉及航天、信息、测绘、通信、人工智能等领域,装备体系复杂,技术攻关难度较大;另一方面,我国天基信息技术发展仍受到核心元器件、专用芯片、数据处理软件等的制约,亟需在信息科学、宇航科学、地球科学、人工智能等方面开展协同创新研究。

## (四) 产业发展方面尚处于初级阶段

我国天基信息产业的规模和层次尚处于初级发展阶段,卫星应用水平不高,大规模的专业市场有待建立,信息应用模式单一,商业化大众服务的格局尚未形成。另外,我国天基信息产业呈现出了由高技术专用网络向互联网大众化发展的转变趋势,而消费观念、配套政策、行业标准、资本运作等方面未能同步,需要全产业链层面上的调整、优化和完善。

# 五、关于我国天基信息系统发展的建议

## (一) 完善体制机制, 统筹建设天基信息系统资源

统筹天体一体化,使卫星系统与地面应用系统的建设紧密衔接,有效提升卫星应用的整体效益。一是统筹规划建设,改变“重天上、轻地面”的现状,推进卫星应用与空间系统之间的协调发展,提升产品质量和服务的时效性。二是创新管理机制,完善卫星系统的综合观测、星地一体化调度、数据资源共享等业务能力建设,突出产业发展的规模化、工程化和自动化,充分释放卫星应用综合效益。三是创新卫星应用的共享机制,破除制约卫星数据共享

及应用发展的非技术性障碍,显著提高资源利用效率。四是强化部门和行业之间的业务连通与技术融合,统一调配各部门和行业的天基信息资源,避免重复建设、提高使用效率。

## (二) 健全法律法规, 引导天基信息产业发展

为全面推进我国空间资源的规模化、业务化和产业化发展,建议国家行业主管部门制定促进空间信息基础设施发展的政策与措施,营造天基信息产业的良好发展环境和生态,促进产业的快速成长和健康发展。另外,建议围绕产业应用,对现行法律和法规进行必要的调整和优化,健全法规标准体系,设置行业准入制度,推出鼓励公平竞争的条款,逐步建立并天基信息系统的互联标准及共享机制。

## (三) 突出技术创新, 建设天基信息实时服务系统

建设天基信息实时服务系统,保障全球范围的动目标实时跟踪、固定目标实时监测等国家重大需求。建议组织国内多方力量、建立协同工作机制,开展天基信息智能获取平台与载荷、空地一体化信息处理、智能天基信息应用三大系统联合研发;实施低轨星基导航增强、天地一体化网络通信、多源成像数据在轨处理、天基信息智能服务、天基资源调度与网络安全、多载荷集成一体化平台、空地一体化的时空基准构建七大关键技术联合攻关。

## (四) 创新发展理念, 构建天基信息实时服务系统

面向日益增长的市场需求,建议准确把握世界天基信息系统及技术的发展趋势,创新开展我国相关系统的建设与运营。通过集成我国现役通信卫星系统、导航卫星系统、遥感卫星系统、地面互联网、移动网络等资源,科学论证并补充发展必要的增量系统,尽快构建我国天基信息实时服务体系,实现导航、定位、授时、遥感、通信一体化实时服务。我国自主建设天基信息实时服务系统,不仅可以抢占天基信息服务这一重大领域的战略制高点,还是推动国家数字经济发展的的重要举措。

### 参考文献

- [1] 李德仁,沈欣,李迪龙,等.论军民融合的卫星通信、遥感、导航一体天基信息实时服务系统[J].武汉大学学报(信息科学版),2017,42(11):1501-1505.  
Li D R, Shen X, Li D L, et al. On civil-military integrated space-

- based real-time information service system [J]. Geomatics and Information Science of Wuhan University, 2017, 42(11): 1501–1505.
- [2] 姚天鸷, 李新洪. 多源天基信息融合体系研究 [J]. 信息通信, 2019 (8): 268–270.  
Yao T Z, Li X H. Research on multi-source space-based information fusion system [J]. Information & Communications, 2019 (8): 268–270.
- [3] 田伟, 王健, 李焯. 天基信息系统的干扰来源及规避 [J]. 中国无线电, 2019 (6): 49–52.  
Tian W, Wang J, Li Y. Interference sources and avoidance of space-based information systems [J]. China Radio, 2019 (6): 49–52.
- [4] 柳罡, 陆洲, 胡金晖, 等. 基于云架构的天基信息应用服务系统设计 [J]. 中国电子科学研究院学报, 2018, 13(5): 526–531, 544.  
Liu G, Lu Z, Hu J H, et al. Study on the spatial information service system based on cloud architecture [J]. Journal of China Academy of Electronics and Information Technology, 2018, 13(5): 526–531, 544.
- [5] 孙亚楠, 钟选明, 王俐云, 等. 天基信息支持远程精确打击作战及其体系建设的需求 [J]. 战术导弹技术, 2018 (5): 13–18, 30.  
Sun Y N, Zhong X M, Wang L Y, et al. Space-based information supports long-range precision strike operations and its system construction [J]. Tactical Missile Technology, 2018 (5): 13–18, 30.
- [6] 雍鑫, 陈勇, 刘德生. 基于天基网络信息体系的支援模式研究 [C]. 北京: 中国指挥与控制学会, 2018.  
Yong X, Chen Y, Liu D S. Research on support model based on space-based network information system [C]. Beijing: Chinese Institute of Command and Control, 2018.
- [7] 张满超, 王犇. 天基资源信息服务体系构建 [J]. 指挥信息系统与技术, 2017, 8(5): 62–69.  
Zhang M C, Wang B. Construction of space-based resource information service system [J]. Command Information System and Technology, 2017, 8(5): 62–69.
- [8] 李广侠. 天基信息系统在军民融合领域的应用展望 [J]. 卫星与网络, 2017 (7): 22–27.
- Li G X. Application prospect of space-based information system in the field of military-civilian integration [J]. Satellite & Network, 2017 (7): 22–27.
- [9] 刘红云, 王康年, 卢明伦. 美军天基信息系统建设发展及几点启示 [C]. 北京: 中国指挥与控制学会, 2016.  
Liu H Y, Wang K N, Lu M L. Development of space-based information system of the US military and relevant enlightenments [C]. Beijing: Chinese Institute of Command and Control, 2016.
- [10] 俄罗斯联邦航天局. 2030年及未来俄罗斯航天发展战略 [EB/OL]. (2017-04-01) [2019-05-17]. <https://www.roscosmos.ru/media/files/docs/2017/dokladstrategia.pdf>.  
Roscosmos. Russia's space development strategy in 2030 and beyond [EB/OL]. (2017-04-01) [2019-05-17]. <https://www.roscosmos.ru/media/files/docs/2017/dokladstrategia.pdf>.
- [11] UCS. UCS卫星数据库 [DB/OL]. (2019-04-01) [2019-05-17]. <https://www.ucsusa.org/nuclear-weapons/space-weapons/satellite-database#.XCcxUVAzbDd>.  
UCS. UCS satellite database [DB/OL]. (2019-04-01) [2019-05-17]. <https://www.ucsusa.org/nuclear-weapons/space-weapons/satellite-database#.XCcxUVAzbDd>.
- [12] 崔文昌, 龚思兰, 徐浩神. 卫星通信市场发展及应用预测 [J]. 中国电信业, 2019 (1): 67–69.  
Cui W C, Gong S L, Xu H S. Satellite communication market development and application forecast [J]. China Telecommunication Trade, 2019 (1): 67–69.
- [13] 郝雅楠, 刘中道, 祝彬. 国内外卫星应用产业发展现状及趋势 [J]. 国防科技工业, 2018 (11): 68–70.  
Hao Y N, Liu Z D, Zhu B. Development status and trend of satellite application industry at home and abroad [J]. Defence Science & Technology Industry, 2018 (11): 68–70.
- [14] 王文跃, 万屹, 卢海萌, 等. 卫星移动通信市场现状及我国市场发展空间研究 [J]. 电信网技术, 2017 (10): 34–37.  
Wang W Y, Wan Y, Lu H M, et al. Current situation of satellite mobile communication market and its development space in China [J]. Telecommunications Network Technology, 2017 (10): 34–37.