

# 北斗卫星导航系统规模应用国际化发展战略研究

杨长风<sup>1</sup>, 杨军<sup>1</sup>, 杨君琳<sup>2\*</sup>, 王浚<sup>2</sup>, 李作虎<sup>1</sup>

(1. 中国卫星导航系统管理办公室, 北京 100034; 2. 北京航空航天大学北斗政策法规研究中心, 北京 100191)

**摘要:** 北斗卫星导航系统(北斗系统)规模应用国际化是北斗系统进入新发展阶段后面临的新要求, 对于推动“一带一路”高质量发展、构建国内国际双循环新发展格局、促进全球共享北斗系统建设发展成果、支持构建人类命运共同体具有重大意义。本文研判了北斗系统规模应用国际化发展的需求、全球卫星导航系统应用发展现状和趋势, 全面分析了北斗系统规模应用国际化的优势与短板、机遇与挑战; 提出了北斗系统规模应用国际化的概念内涵, 涵盖北斗系统形象国际化、北斗系统服务国际化、北斗系统应用产品国际化、北斗系统企业经营国际化, 进而明确了北斗系统规模应用国际化的发展目标及具体指标。研究建议, 建立统筹协调管理机制、强化产品服务供给能力、打造多层次企业体系、提高国际合作水平、加大财税金融支持、统筹国内法治与涉外法治、开展国际应用推广, 以此推动北斗系统规模应用国际化的稳健发展。

**关键词:** 卫星导航; 北斗系统; 国际化; 产业应用

**中图分类号:** TN967.1 **文献标识码:** A

## The International Development Strategy of the Large-scale Application of BeiDou Navigation Satellite System

Yang Changfeng<sup>1</sup>, Yang Jun<sup>1</sup>, Yang Junlin<sup>2\*</sup>, Wang Jun<sup>2</sup>, Li Zuohu<sup>1</sup>

(1. China Satellite Navigation Office, Beijing 100034, China; 2. BDS/GNSS Policy and Regulation Research Center, Beihang University, Beijing 100191, China)

**Abstract:** The international application of the BeiDou navigation satellite system(BDS) is a new requirement for BDS development in the new development stage, it is also significant for promoting the high-quality development of the Belt and Road, establishing a new development pattern that features domestic and international dual circulations, and promoting global sharing of BDS development achievements. This study explores the internationalization demand for BDS application, the development status and trend of global navigation satellite systems, and analyzes the advantages, disadvantages, opportunities, and challenges of BDS internationalization. Moreover, the implications of BDS internationalization are proposed, comprising BDS image, service, application product, and business operation internationalization. The development objectives and specific indicators of BDS internationalization is also clarified. Furthermore, to promote the international application of the BDS, we propose the following suggestions: establishing an overall coordination management mechanism, strengthening product service and supply capabilities, building a multi-level enterprise system, improving the level of international cooperation, increasing the fiscal, taxation, and financial support, coordinating domestic rule of

收稿日期: 2023-01-18; 修回日期: 2023-03-20

通讯作者: \*杨君琳, 北京航空航天大学北斗政策法规研究中心研究员, 研究方向为航天领域、卫星导航领域政策法规;

E-mail: yangjunlinbuaa@buaa.edu.cn

资助项目: 中国工程院咨询项目“国家时空信息安全战略研究”(2022-XY-131), “北斗规模应用国际化发展战略研究”(2022-HY-10)

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

law and that concerning foreign affairs, and encouraging international application and promotion.

**Keywords:** satellite navigation; BeiDou navigation satellite system; internationalization; industrial application

### 一、前言

北斗卫星导航系统（北斗系统）是中国自主建设运行的全球卫星导航系统（GNSS），具备向世界各国用户提供全天候、全天时、高精度的定位、导航和授时服务能力。北斗系统是我国的新型全球公共服务产品，实现北斗系统规模应用的国际化发展将使我国建设发展成果惠及世界各国，对于展现服务世界、贡献价值、全球治理能力，推动人类命运共同体建设具有深远意义。当前，北斗系统规模应用进入了市场化、产业化、国际化发展的关键阶段。

国际化是GNSS的天然属性、鲜明特征、应用目标，相关工作一直是各类GNSS建设发展的重点。例如，北斗系统自具备全球服务能力以来，已在世界一半以上国家和地区推广使用。然而，卫星导航领域的国际竞争不断加剧，美国的全球定位系统（GPS）、俄罗斯的格洛纳斯系统（GLONASS）、欧盟的伽利略系统（Galileo）、中国的北斗系统（BDS）并存的基本格局已经形成；美国、俄罗斯正在加快系统星座升级，欧盟积极推动Galileo系统的全球组网并布局新一代卫星研制，力求扩大商业应用规模；印度、日本、韩国则加紧部署本国的区域卫星导航系统，以自主掌握所需的时空信息。在应用市场方面，GPS占据着卫星导航国际市场的主要份额，而北斗系统应用起步较晚、国际市场占有率不高。整体来看，北斗系统规模应用国际化发展既面临国家支持的重大机遇，也存在国际竞争的巨大挑战。

当前，有关北斗系统国际化应用研究集中在北斗系统标准国际化、行业应用国际化、相关知识产权问题等方面，如总结了北斗系统在交通、通信、搜救等方向的国际化应用情况<sup>[1-3]</sup>，分析了北斗系统的标准国际化进展和技术指标情况<sup>[4-6]</sup>，基于实证研究辨析了北斗系统“走出去”面临的困难及风险<sup>[7-9]</sup>。已有研究仅着眼于北斗系统国际化应用的部分环节和局部领域，而北斗系统国际化应用的整体性构思、全局性举措等研究亟待展开。

本文围绕北斗系统规模应用国际化发展课题，分析全球范围内的GNSS应用需求、GNSS应用供给情况，研判北斗系统的需求和现状，分析面临的

优势与劣势、机遇与威胁，把握发展定位并提出战略目标与重点举措，以期为加快推进北斗系统规模应用国际化发展提供参考。

### 二、GNSS应用国际化的需求和现状

#### （一）GNSS应用的国际市场需求情况

##### 1. GNSS基础产品的国际市场需求

GNSS基础产品主要包括芯片、模块、天线、板卡等，是GNSS应用的基础，处于卫星导航产业的上游，国际市场对GNSS基础产品需求旺盛。据欧盟空间计划署（EUSPA）预测，全球GNSS接收器年度出货量（年度销售设备数量）将在未来十年内持续增长，从2021年的18亿台增加到2031年的25亿台；GNSS基础产品总体安装量将从2021年的65亿台增长到2031年的106亿台<sup>[10]</sup>（见图1）。从需求区位看，受人口基数和信息化进程影响，未来十年，亚太地区对GNSS基础产品的需求最为旺盛，欧洲和北美地区次之；从应用领域看，智能手机、车载终端、可穿戴设备等与大众消费有关的领域对GNSS基础产品需求最大。

##### 2. GNSS应用服务的国际市场需求

GNSS应用服务主要包括基于GNSS的增强服务和增值服务<sup>[10]</sup>。GNSS增强服务是指提高GNSS性能（如精度、可靠性、完好性和可用性）的服务；GNSS增值服务主要指基于GNSS的下游服务，通过使用GNSS信号为用户提供额外的效用和利益。国际市场对GNSS应用服务和设备的需求保持持续增长，对服务多元化、场景化的要求将持续提高。据EUSPA预测，全球GNSS应用服务收入将从2021年的约1.15万亿元人民币增长到2031年的超3万亿元人民币<sup>[10]</sup>（见图2）。其中，GNSS增值服务收入在GNSS应用服务收入的比重将持续增大，到2031年占比将超过85%。

##### 3. GNSS行业应用的国际市场需求

GNSS行业应用正朝着精准、泛在、融合、安全和智能的方向发展。消费者解决方案、道路交通、旅游、健康、航空、农业、无人机、基础设施等领域需求旺盛（见表1）。其中，消费者解决方案

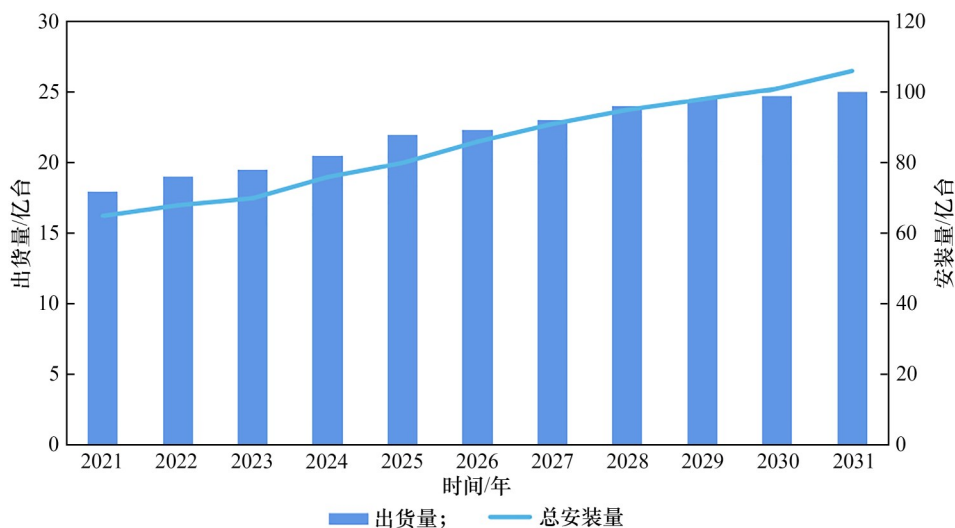


图1 全球GNSS接收器出货量和GNSS设备总安装量增长情况（2021—2031年）

注：相关数据来源于EUSPA: EO and GNSS Market Report.

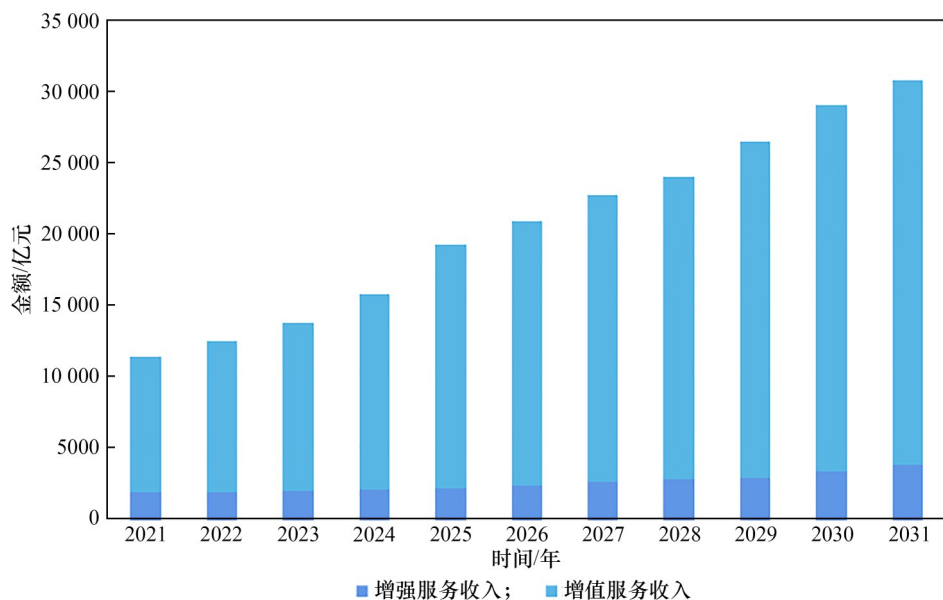


图2 全球GNSS应用服务收入增长情况（2021—2031年）

注：相关数据来源于EUSPA: EO and GNSS Market Report.

和道路交通领域的GNSS收入将占到所有行业收入的九成左右。消费者解决方案的收入主要来自使用基于位置的服务和应用程序的智能手机和平板电脑的数据收入；道路交通领域的大部分收入来自用于导航（车载系统）、紧急援助以及车队管理应用程序的设备。

## （二）GNSS国际化应用的现状

### 1. 全球服务能力持续提升

GNSS的全球服务能力是GNSS应用国际化的

基础。在全球范围内，GNSS的服务性能指标持续提升（见表2），服务类型更加丰富（见表3）。GPS持续推进现代化计划，GPS卫星将逐渐从GPS II逐渐过渡到GPS III卫星（可播发第四个民用信号L1C、性能更加优异、寿命更长），再到GPS IIIF卫星（可搭载搜救载荷和激光反射器）；GPS控制段将逐步过渡到与GPS III配套的OCX Block 0，并朝着控制新信号的OCX Block 1/2和OCX Block 2+发展<sup>[1]</sup>。GLONASS正进行全面的现代化升级，GLONASS-K2系列将成为未来主流卫星，以发展高轨卫星系统和

表1 GNSS应用领域需求

应用领域	应用需求
道路交通	车载导航系统、公共交通系统、紧急车辆管理、共享单车、交通监控、车辆自主导航、车辆跟踪监控、车辆智能信息系统、车联网应用
铁路	铁路运营监控、轨道测量和检测系统、铁路通信系统时间同步、车对车通信系统、碰撞和脱轨警告
海运河运	水下测量、浮标定位、电子海图、海港设施管理、自动识别系统（AIS）、船舶交通管制、远洋运输、内河航运、船舶停泊与入坞
航空	航路导航、机场场面监控、精密进近、空中交通管理系统、航线规划
农业	精准农业（自动驾驶、农场规划、测绘、土壤采样、农机引导、作物监测等）、牲畜可穿戴GNSS设备
生态	基于GNSS的动物地理定位、环境分析、潮汐监测
气候	通过GNSS进行一系列大地测量应用，以测量地球的特性，比如磁场和大气等，并对地球气候产生直接影响
日常生活	手机、可穿戴设备、地图、手机应用（社交平台、购物平台、游戏等）
应急救援	森林火灾管理和控制、地震预测、风暴追踪、洪水预测、紧急定位
能源	电力传输时间同步、电站环境监测、电力车辆监控
渔业	渔船出海导航、渔政监管、渔船出入港管理、海洋灾害预警、渔民短报文通信
林业	基于GNSS的无人机和跟踪设备、林区面积测算、木材量估算、巡林员巡林、森林防火、测定地区界线
金融	金融行业计算机网络时间同步、金融车辆监管、电子支付
太空	航天器导航、太空探测、授时、运载火箭跟踪、星座控制
城市发展	模型构建、地图测绘、城市规划

表2 四大GNSS全球公开服务能力

服务指标	GPS	GLONASS	BDS	GALILEO
空间信号可用性	优于98%	优于98%	优于98%	优于92%
空间信号连续性	优于99.98%	优于99.8%	优于99.8%	—
空间信号精度（95%置信度）	2 m	7.8 m	2 m	2 m
水平定位精度（95%置信度）	8 m	5 m	9 m	15 m
高程定位精度（95%置信度）	13 m	9 m	10 m	35 m
测速精度	0.2 m/s	—	0.2 m/s	—
授时精度	30 ns	40 ns	20 ns	30 ns

注：数据来源于四大GNSS所公布的服务性能标准<sup>[12-15]</sup>。

表3 四大GNSS全球服务类型

服务类型	GPS	GLONASS	BDS	GALILEO
定位导航授时服务	√	√	√	√
精密单点定位服务	—	—	√	√
星基增强服务	√（WAAS）	√（SDCM）	√（BDSBAS）	√（EGNOS）
国际搜救服务	√	√	√	√
短报文通信服务	—	—	√	—
开放服务导航消息认证服务（OSNMA）	—	—	—	√

注：WAAS为广域增强服务；SDCM为差分校正和监测系统；BDSBAS为北斗星基增强服务；EGNOS为欧洲地球同步导航重叠服务。

增强系统来提升系统可用性，通过建立星间链路、扩大国际监测站网络、更新原子钟、发布电离层/对流层延迟相关接口控制文件等措施提升精度，通过建立干扰监测与控制系统并促进向弹性导航接收

机的过渡来提升鲁棒性。北斗系统保持连续稳定运行，未来将继续开展备份卫星研制，完成备份卫星生产、状态优化和地面测试工作，根据需要发射性能更优的北斗三号备份卫星，进一步提高星座可靠



性<sup>[16]</sup>。Galileo 正加速向第二代 Galileo 过渡，计划发射 L12、L13 卫星，同时改善开放性能服务，推动高精度服务、公共服务导航电文认证、紧急预警服务等特色服务发展。

### 2. 国际市场规模不断扩大

GNSS 通过免费、开放、稳定地提供 PNT 信息，显著地提高了社会经济等领域的生产力，对维护生命安全、公共安全和国家安全日益重要。无论是从使用 GNSS 服务的群体数量、区域范围、行业领域等宏观层面来看，还是从 GNSS 产业链的上中下游来看，全球范围内 GNSS 市场规模在持续不断扩大。仅就 GNSS 设备安装量而言，已从 2012 年的约 18 亿台增长到 2021 年的约 65 亿台<sup>[10,17]</sup>。当前 GNSS 数据的可用性（不间断、即时、免费、准确、可靠、普适）已经成为地球上近 80 亿人口中大约一半人的日常生活基础<sup>[18]</sup>。随着以大数据、云计算、人工智能为代表的新一轮科技革命和产业变革突飞猛进，全球对作为基础的时空信息的需求更加强烈，GNSS 的国际市场规模将持续扩大。

### 3. 行业应用日益多元深化

随着 GNSS 在航空、航海、移动通信、搜救、道路交通等各行业领域应用的逐步深入和拓展，与 GNSS 应用相关的国际标准也不断发展。卫星导航应用领域的国际标准主要由国际标准化组织（ISO）、国际电工委员会（IEC）、国际电信联盟（ITU）、国际民航组织（ICAO）、国际海事组织（IMO）等国际组织发布，涉及卫星导航系统标准、卫星导航应用基础标准、电子地图标准、接口标准、关键件/终端设备标准和服务标准<sup>[19]</sup>，成为 GNSS 应用国际市场的通行证。四大 GNSS 也相继进入国际组织

标准框架（见表 4）。

## 三、北斗系统规模应用国际化的形势研判

### （一）北斗系统规模应用国际化的优势条件

北斗系统规模应用国际化的优势条件，指我国在推动北斗系统规模应用国际化方面所具备的内在的发展优势，包括制度优势、技术优势、管理优势和产业链优势。

1. 社会主义市场经济条件下新型举国体制优势提供组织力量保证

举国体制是在特定领域实现国家意志的一种特殊制度安排，是国家举全国之人力、财力、物力和各种社会资源去达成某一特定目标的工作体系和运行机制，深刻体现了“集中力量办大事”的原则和思想<sup>[20]</sup>。新型举国体制具有巨大动员能力，能够通过运用规划计划、政策法规、财政税收等工具，调动全社会、多部门、跨领域多方参与及协同作战，凝聚起推进北斗系统规模应用国际化所需的人力、财力、物力和各项资源。同时，新型举国体制遵循市场经济基本规律，能够运用市场的力量推动北斗系统规模应用国际化发展。通过建立健全卫星导航市场运行机制、应用管理制度、产品检验认证制度、知识产权保护制度等，营造市场化、法治化、国际化的营商环境，提高资源配置的效率和竞争力，使市场在促进北斗系统规模应用国际化发展中发挥更大作用。

2. 北斗系统精稳运行体系保证精度提升，运行连续可靠

任何卫星导航系统都存在因故障或破坏而中断、

表 4 四大 GNSS 进入主要国际标准情况

主要国际标准类型		GPS	GLONASS	BDS	GALILEO
国际民用航空组织（ICAO）标准	核心星座	√	√	—*	—
	增强系统	√	√	—*	—
国际海事组织（IMO）标准		√	√	√	√
国际海事无线电技术委员会（RTCM）标准		√	√	√	√
接收机自主交换格式（RINEX）		√	√	√	√
国际航海电子协会（IMEA/NMEA）NMEA0183 标准		√	√	√	√
国际搜救卫星组织（COSPAS—SARSAT）标准		√	√	√	√
国际电工委员会（IEC）		√	√	√	√
国际移动通信第三代合作伙伴计划（3GPP）标准		√	√	√	√

注：\*表示北斗系统将于 2023 年纳入。

发生错误的风险。一旦发生故障，将影响全球用户对系统的信心，给国际化应用带来负面影响。从2019年7月11日起，Galileo陷入完全瘫痪状态，中断服务117 h，除测试中的两颗卫星外，其余22颗卫星全部无法使用，导致使用Galileo的电子装置无法接收时间和定位信号<sup>[21]</sup>。中断事件对Galileo信誉造成严重负面影响。北斗系统的安全稳定运行是北斗系统规模应用国际化的生命线，为保证北斗系统安全稳定运行，我国建立了“问题导向、四位一体”的精稳运行体系<sup>[22]</sup>。针对北斗二号、北斗三号的45颗在轨工作卫星、57个地面站、万余台设备星-星-地协同组网，跨代升级与稳定运行同步的难题，实施精稳工程，设计“业务运行、产品状态、外部监测”多源多维大数据融通架构，创建“运行维护、监测评估、性能提升、平稳过渡”精稳运行体系（见图3）。实现“先于问题发现苗头，先于影响解决问题”的全流程、多手段一体化控制。大幅提升系统状态实时评估、故障预测与健康管理等能力，确保了系统连续稳定运行。通过五位联动体系化工程管理模式的科学有效实施，确保了北斗系统运行服务“零中断”。

3. 核心芯片产品日趋成熟，已形成产业链完整内循环

目前我国已构建起集芯片、模块、天线、板卡、终端和运营服务为一体的完整卫星导航产业链，具有自主知识产权的卫星导航芯片性能指标与国际主流产品相当。当前，我国卫星导航与位置服务领域企事业单位总数量保持在14 000家左右，从

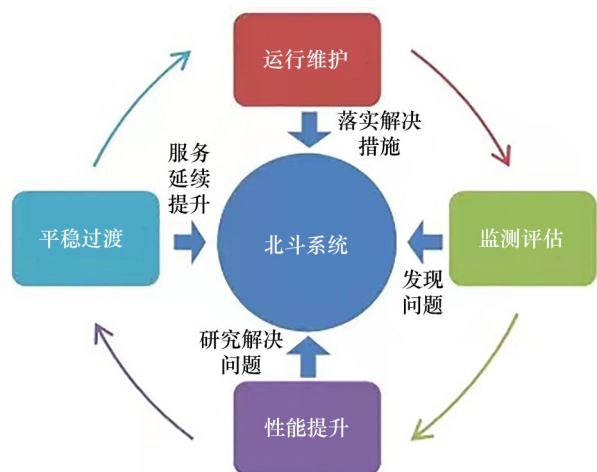


图3 北斗系统精稳运行体系

业人员数量超过50万人<sup>[23]</sup>。截至2021年年底，业内相关上市公司（含新三板）总数为90家，上市公司涉及卫星导航与位置服务的相关产值约占全国总体产值的8.7%<sup>[24]</sup>。在用户段，国内已形成了自基础器件至终端最后至运营的完整体系，提高了对国际市场的供给能力。核心芯片产品日趋成熟，为终端开发奠定了基础，带动了卫星导航产业发展。我国目前已拥有多品种北斗三号芯片产品，可满足多元应用需求。2020年9月，中国卫星导航系统管理办公室发布《北斗三号民用基础产品推荐名录（1.0版）》，公布了5款RNSS射频基带一体化芯片、2款双频多系统高精度射频基带一体化芯片、6款多模多频宽带射频芯片（全球信号）；国产卫星导航芯片工艺也从130 nm提升到14 nm，尺寸从150 mm<sup>2</sup>缩小到5 mm<sup>2</sup> <sup>[23]</sup>，具有良好的市场竞争力。

## （二）北斗系统规模应用国际化的短板弱项

北斗系统规模应用国际化发展的短板弱项，是指推动北斗系统规模应用国际化我国所存在的内部劣势条件。

1. 企业基础能力较弱，面向国际市场的产业链还不完整

我国卫星导航企业的技术能力与国际上的领先企业相比仍有一定差距。大众消费和交通是GNSS应用的主要市场，GNSS产值主要指嵌入在手机、可穿戴设备、车载终端中集成GNSS功能的核心芯片模组。在手机芯片方面，美国博通公司和高通公司、韩国三星集团、中国台湾积体电路制造股份有限公司为核心模组主要供应商，在车规级GNSS芯片方面，欧洲意法半导体公司、瑞士U-blox公司、美国瑟福和高通等公司是主要供应商，从产业链角度来说，GNSS设备和服务的最终受益者仍为以美国为核心的利益团体<sup>[25]</sup>。在卫星导航芯片制造上，我国卫星导航芯片厂商的国际竞争力较弱，欧美主流厂商仍然主导芯片市场。同时，当前北斗系统规模应用国际化，还处于应用产品输出的初级阶段，应用服务链、产业链的国际化布局刚刚起步，面向国际用户覆盖产品、终端、平台、服务的完整产业链尚未形成。

2. 企业经营风险较大，尚未形成具有国际竞争力的跨国企业

整体来看，受到近几年来中美贸易战和新型冠

状病毒感染疫情造成全球经济不景气、原材料价格上涨以及“缺芯”对国内相关企业造成的压力，目前我国卫星导航企业的资产报酬率较低，盈利能力较差。此外，诸如智能驾驶等新兴领域技术商业化较慢、新兴需求尚未爆发，导致一些企业的巨额研发投入没能获得高回报。以合众思壮科技股份有限公司为例，从公开披露的数据显示，合众思壮科技股份有限公司近些年的研发投入占到营收的一半左右。但是由于全球范围内智能驾驶研发和应用进度较慢，巨额研发投入无法在短时间内形成直接收益。总体来看，由于我国卫星导航企业成立时间较短，领军企业尚未形成，还需进一步提升国际竞争力。

### 3. 北斗系统规模应用国际化生态环境还不健全

《中华人民共和国卫星导航条例》尚未发布，顶层还没有出台专门指导支持北斗系统规模应用国际化的政策安排，减弱了市场对北斗系统规模应用国际化发展的预期。在标准方面，北斗系统还没有完全进入所有的国际主流行业标准，利用国际标准来实现规模应用效果的能力还有待提高。我国卫星导航企业对海外知识产权保护意识和风险应对能力还较弱，缺乏对国际专利的前瞻性、针对性布局。同时，尚未建立完善的卫星导航领域国际市场风险识别、预警、防范和化解机制，对北斗系统规模应用国际化所面临的各类风险的预判和应对能力还有待提高。

## （三）北斗系统规模应用国际化的外部机遇

北斗系统规模应用国际化的外部机遇，是指推动北斗系统规模应用国际化我国所面临的潜在有利外部因素。

1. 全球数字经济加速发展，对卫星导航产品和服务需求强劲

当下新一轮科技革命和产业变革深入发展，数字经济已成为当前最具活力和创造力、辐射最广的经济形态。互联网、大数据、云计算、人工智能、区块链等技术加速创新，日益融入经济社会发展各领域全过程，推动着新的信息密集型服务高速发展。智慧地球、智慧城市、智慧生活都需要实时的、泛在的感知信息的支持，而泛在感知的绝大部分信息都需要时间和位置信息<sup>[26]</sup>。工业互联网、物联网、车联网等新兴应用领域，自动驾驶、自动泊车、自动物流等持续创新，交通、电力、通信、能

源等关键行业领域日益依赖精准安全可靠的时空信息，卫星导航系统在国家基础设施中的战略地位更加突出，成为基础设施的基础，对基于卫星导航的高精度定位导航授时服务需求强劲。

2. 地区冲突刺激了全球对依赖单一卫星导航系统的担忧，为国产北斗系统的全球应用带来了机遇

近年来，地区冲突不断，精确制导武器的运用再次彰显了卫星导航系统是智能化战场的基础支撑。冲突各方围绕“导航战”展开激烈角逐，卫星导航信号的干扰与抗干扰、欺骗与反欺骗对经济社会带来的影响，刺激了全球对依赖单一卫星导航系统的担忧，欧洲航空安全局（EASA）发布警告称，冲突中有关的GNSS服务会出现间歇性中断，在某些情况下，GPS干扰甚至导致飞机无法安全着陆目的地。这种担忧，为在全球范围内推动兼容北斗系统信号的基础产品和终端设备提供了利好。

## （四）北斗系统规模应用国际化的外部挑战

北斗系统规模应用国际化面临的外部挑战，是指推动北斗系统规模应用国际化我国所面临的潜在不利外部因素。

1. 单边主义、保护主义冲击卫星导航国际贸易

当前，逆全球化思潮抬头，单边主义、保护主义明显上升，贸易壁垒和经济制裁持续加码。一些外部势力恶意诋毁北斗系统，说其具有网络安全威胁，运用国家安全相关法律“工具箱”，制造北斗系统相关产品、服务、技术和解决方案进入国际市场的壁垒。虽然西方国家还未专门针对北斗系统直接采取措施，但是对广州海格通信集团股份有限公司、北京华力创通科技股份有限公司等北斗系统产业链企业采取的限制措施也为北斗系统国际化发展提出了警示。未来也不排除西方国家在卫星导航领域直接针对北斗系统实施制裁措施，以进一步削弱北斗系统优势，遏制北斗系统规模应用国际化发展。

2. 跨国经营和海外投资的地缘政治压力较大

在多个国家，卫星导航系统已被定位为与国家安全相关的两用航天技术，涉及具有战略性意义的关键基础设施、高新技术、两用物项和国家安全等多个领域，因而对卫星导航领域的外国投资采取了一定的限制性措施，包括禁止投资、限制投资比例或接受国家安全审查。这些措施在一定程度上影响



了我国卫星导航企业对外投资合作和对外承包工程的展开。

### 3. 卫星导航产业链供应链安全风险依然存在

当前，全球产业链、供应链的韧性和稳定性遭遇了巨大挑战，全球产业链区域化、本土化、短链化发展趋势明显，“断链”“脱钩”风险持续攀升，卫星导航产业链供应链也面临安全风险。尤其是包括芯片在内的卫星导航产业上游基础部件，是卫星导航中下游产业发展的重要支撑、卫星导航产业链安全的关键环节。产业链、供应链的安全风险在卫星导航车载终端行业已经显现。自2020年12月以来，全球汽车行业因缺乏芯片而面临停产问题，车载卫星导航终端的制造受到较大影响，甚是有制造商在汽车前装终端中取消了卫星定位导航功能。可以认为，全球卫星导航产业链、供应链的安全风险给北斗系统规模应用国际化发展带来负面影响。

## 四、北斗系统规模应用国际化的基本构想

### （一）北斗系统规模应用国际化的内涵界定

“国际化”是经济发展冲破国界限制，国际经济联系变量连续变化而导致一国市场同国际市场的融合并最终朝向经济无国界方向转变的过程。北斗系统规模应用国际化内涵包括4个层次：品牌国际化、服务国际化、应用产品国际化、企业经营国际化。北斗系统品牌国际化指将北斗系统打造为享誉全球的品牌，从而在进入国际市场的过程中发挥品牌形象的规模经济效应。北斗系统服务国际化指从系统服务层面推动北斗系统服务在世界范围内被越来越多的人信赖和使用。北斗系统应用产品国际化指基于北斗系统的商品、服务、技术及解决方案、数据等，全面突破国界进行销售，实现国际市场的充分拓展。北斗系统企业经营国际化指我国卫星导航企业在国外设立多种形式的分支机构，对国内外的生产要素进行统筹配置，实现从国内经营走向跨国经营、从国内市场进入国外市场。

北斗系统规模应用国际化的4个层次中，品牌和服务的国际化是宏观层面的国际化，应用产品和企业经营的国际化是微观层面的国际化。北斗系统品牌和服务的国际化，是北斗系统应用产品、企业经营国际化的前提和基础，能够有效促进北斗系统应用产品、企业经营的国际化；北斗系统应用产品

和企业经营的国际化是北斗系统品牌和服务国际化的实现方式。因此，界定和评价北斗系统规模应用国际化的程度，不能仅以微观层面应用产品和企业经营的国际化水平来衡量，也不能将微观层面和宏观层面割裂开来衡量，而是要将品牌国际化、服务国际化、应用产品国际化、企业经营国际化相结合进行综合评价。

### （二）北斗系统规模应用国际化的愿景目标

北斗系统规模应用国际化是一个跨经济、社会、政治、安全等领域的综合性战略目标，“中国的北斗、世界的北斗、一流的北斗”蕴含着与全球共享北斗系统成果以促进全球卫星导航事业进步，让北斗系统更好服务全球并造福人类的宏伟目标，服务于实现中华民族伟大复兴的中国梦、构建人类命运共同体的世界梦。根据北斗系统规模应用国际化的使命，可从科技创新引领力、经济社会推动力、政治外交影响力、全球安全支撑力4个维度，构建北斗系统规模应用国际化所要达到的目标效果。

#### 1. 发挥全球科技创新引领力

卫星定位导航授时技术是当今世界科技发展的重要技术前沿，对于基础材料、高端制造、高性能芯片研制、海量信息处理、第五代移动通信（5G）运用、物联网发展等具有重大牵引和带动作用。推动北斗系统规模应用国际化的目的之一，是要以北斗系统规模应用引领和带动全球尤其是发展中国家的科学技术、产业链、供应链创新发展。

#### 2. 发挥全球经济社会推动力

互联网、移动通信、卫星导航是世界公认的信息化领域的三大支柱产业。卫星导航作为新兴产业和经济进步新的增长点和发动引擎，对拉动传统产业结构变革升级，催生新的经济形态和产业模式，培育大数据、物联网、人工智能等战略性新兴产业，提高居民生活质量和保障水平具有重要意义。推动北斗系统规模应用国际化的目的之一，是要以北斗系统规模应用促进全球卫星导航产业及直接关联产业产值规模和质量，促进卫星导航在工业、农业、服务业、社会保障事业等行业领域的应用范围和深度，不断满足世界人民对美好生活的向往。

#### 3. 发挥全球政治外交影响力

大国通过主动供给全球公共产品让他国获益的同时增加自身的战略影响力，提供全球公共产品是



供给国发挥国际领导力、争取他国支持认可的重要方式<sup>[27]</sup>。卫星导航系统作为信息化时代人类社会至关重要的空间基础设施，集中代表和体现一个国家的综合实力和地位，对彰显政治制度优势、保障国家综合安全、提振民族精神和自信、扩大国际外交影响具有重大意义和突出作用。推动北斗系统规模应用国际化的目的之一，是要增强其他国家及其人民对北斗系统的认可，进而增强其对中国崛起、对中华民族伟大复兴的认可，通过北斗系统在全球的规模应用扩大我国的国际影响力。

#### 4. 发挥全球公共安全支撑力

我国提出坚持共建共享，建设一个普遍安全的世界，主张尊重和照顾各国的安全关切；各国都有平等参与地区安全事务的权利，也都有维护地区安全的责任，要以对话协商、互利合作的方式解决安全难题。自主、可靠、先进的时空信息系统是支撑全球公共安全治理的重要基础和保障，建设普遍安全世界的重要工具。推动北斗系统规模应用国际化的目的之一，是为全球关键基础设施和重要行业尤其是关系公共安全和生命安全的行业领域提供安全稳定持续的时空信息，增强全球关键基础设施和重要行业的安全弹性。

### （三）北斗系统规模应用国际化的具体形式

北斗系统规模应用国际化将会对卫星导航领域国际分工与国际资源配置体系产生影响。这种影响通过我国和其他国家或地区之间的经济联系进行传导，首先体现在贸易和投资这两个环节。贸易是产品的流动，投资则是资本的流动。根据北斗系统规模应用国际化发展的愿景和使命，北斗系统规模应用国际化的具体实现形式，可进一步从北斗系统服务使用量、国产北斗系统商品和服务出口量、北斗系统相关对外投资服务量的角度予以评估。

#### 1. 世界范围广泛使用北斗系统服务

世界范围内广泛使用北斗系统服务是实现北斗系统规模应用国际化发展的具体形式之一。判断“广泛使用”，需基于对北斗系统服务使用量的分析，即全球范围内使用北斗系统服务的用户数量。具体可从全球GNSS终端和行业应用两个维度来衡量。在GNSS终端层面，使用北斗系统服务量，即全球范围内可接收使用GNSS服务的终端中使用北斗系统服务的占比。使用类型包括单一使用北斗系

统信号和服务及兼容使用北斗系统信号和服务。目前，全球九成以上使用GNSS服务的终端使用了GPS提供的服务。对标GPS，北斗系统规模应用国际化发展的具体目标之一，是使全球九成以上的GNSS终端使用北斗系统提供的信号和服务。在国际行业层面，使用北斗系统服务量，即国际民航、海事、移动通信、搜救卫星组织将GNSS作为重要技术手段或工具的行业领域，使用北斗系统信号和服务的程度。这些行业基本都具备其国际技术标准、工业标准，纳入这些国际标准是北斗系统在这些行业领域大规模应用的前提。

#### 2. 国产北斗系统相关商品服务遍布全球

国产北斗系统相关产品和服务品类多。上游基础产品研制、生产及销售环节，是产业自主可控的关键，主要包括基础器件、基础软件、基础数据等；中游是当前产业发展的重点环节，主要包括各类终端集成产品和系统集成产品研制、生产及销售等；下游是基于各种技术和产品的应用及增值运营服务环节。北斗系统规模应用国际化发展，依赖于国产北斗系统商品和服务出口产值的提高、国产北斗系统商品和服务出口市场的拓展，以实现北斗系统产品和服务贸易的全球化。一方面，在全球范围内，国产北斗系统商品和服务产值在全球卫星导航产品和服务产值中的占比要显著提升，在相应的类目中占比要超过三成以上。另一方面，国产北斗系统商品和服务出口市场持续扩大，应当瞄准使国产北斗系统产品和服务出口至全球绝大部分国家和地区的发展目标。此外，要大幅提高国产北斗系统产品和服务出口量对我国总体产品和服务出口量的贡献率。就国内而言，主要是衡量国产北斗系统产品和服务出口额、国产北斗系统产品和服务出口增长、出口的产业结构等指标。

#### 3. 北斗系统相关对外直接投资显著增长

北斗系统相关的对外直接投资包括海外基础设施建设，如地面增强系统建设、地面监测站建设；海外应用服务平台建设，包括基于北斗系统的农业、测绘、监控等平台建设；海外研发和销售基地，包括在海外建设的卫星导航技术和产品研发制造实验室、卫星导航产品、服务、解决方案的销售基地等。对国内而言，北斗系统相关的对外投资，有利于转移国内卫星导航相关产业、优化国内卫星导航产业结构，推动国内卫星导航产业高质量发展，也有利

于我国卫星导航跨国公司的成长和我国在卫星导航国际市场地位的提升；对于当地而言，北斗系统相关的对外投资，能够增加当地的就业机会、税收等，有较大的技术溢出效应。因此，北斗系统规模应用国际化发展，也要求北斗相关海外直接投资显著增长。北斗系统相关对外直接投资量，可以通过北斗系统相关的对外直接投资流量、对外直接投资存量，以及对外直接投资存量增长率来衡量。

### 五、北斗系统规模应用国际化的重点举措

#### （一）建立统筹协调管理机制，形成发展合力

北斗系统规模应用国际化发展战略的管理与实施是一项长期复杂的系统工程，涉及外交、科技、贸易、投资、法律等多个方面。这需要在顶层建立推动北斗系统规模应用国际化发展的统筹协调机制，明确卫星导航业务主管部门、外交主管部门、对外贸易主管部门、国有资产管理部、标准化主管部门、知识产权主管部门等的职责分工，强化顶层战略部署，建立常态化的议事、协调和信息沟通机制，促进各相关部门之间、部门和企业之间协同发力。

#### （二）强化产品服务供给能力，筑牢发展根基

强大的系统服务和应用产品服务供给能力，是北斗系统规模应用国际化发展的根基。在系统层面，完善中国特色北斗系统运行管理体系，持续优化北斗系统安全稳定运行机制，完善工作责任制，压实各方责任，健全日常监管、风险管控、监测评估等方面的制度机制，保障北斗系统安全稳定运行，持续提供优质服务。在应用产品和服务方面，在政策上要支持卫星导航与大数据、区块链、云计算、人工智能等技术的融合创新突破，围绕拓展时空数据服务领域的“+北斗”，不断推动北斗系统融网络、融数据、融终端、融服务，创新应用产品和服务。同时，要依法实施北斗基础产品认证制度，持续完善GNSS应用服务监管制度。

#### （三）打造多层次企业体系，覆盖多元化市场

卫星导航国际市场具有多元化特征，高端市场与中低端市场并存，新兴市场与传统市场并存，专业市场与大众消费市场并存，上游市场与中下游市场并存，不同类型的市场对卫星导航产品和服务方面的具体需求各不相同。一些国家或地区受国际政

治环境、经济发展水平的影响，卫星导航系统应用存在空白，具有较大发展可能性<sup>[28]</sup>。在“双循环”新发展格局下，不能局限于某一类市场，也不能盲目追求高端市场，应当面向多元化的卫星导航市场需求，打造多层次的北斗系统企业体系和卫星导航产品服务体系，不断优化出口结构，有针对性、有步骤地培育和拓展国际市场。

#### （四）提高国际合作水平，加大对外开放力度

北斗系统规模应用国际化发展也应纳入对外开放总体战略、“一带一路”倡议等国际合作战略部署，借助我国国际合作机制、合作平台推动与其他国家和地区共享北斗系统发展成果。加快推动北斗系统全面进入卫星导航相关国际标准，促进行业领域应用。与物联网、互联网、5G、交通网、高铁网、电力网等领域基础设施的融合发展，促进北斗系统应用产品和海外服务落地。加快北斗特色服务开放进程，开展分米级星基增强和短报文特色服务面向“一带一路”沿线国家的应用推广<sup>[7]</sup>。发挥好国内商协会、驻外机构、海外中资企业协会作用，积极对接国外商协会。

#### （五）加大财税金融支持，激发市场主体活力

进一步发挥财税金融政策保障，支持实体经济发展和财政资金引导带动社会资本投入的作用，更大激发市场主体活力。一是建立北斗卫星导航领域的产融对接平台，加强产融合作，建立北斗系统相关对外贸易和投资企业与项目信息共享机制，向国内银行，尤其是政策性银行发布相关企业和项目数据，确保精准支持。二是创新覆盖卫星导航全产业链的综合性金融产品，打造信贷、贸易结算、投资等一揽子金融服务方案，设置支持北斗系统规模应用国际化发展的低成本专项资金，引导政策性金融资源向北斗系统领域倾斜。三是发挥好包括亚洲基础设施投资银行、金砖国家新开发银行、丝路基金等开发性金融机构，国际多边金融组织与各类商业银行，以及上合组织银联体、中国-东盟银联体、中国-中东欧银联体、中阿银联体组成的新型国际多边投融资框架的作用，促进北斗系统相关贸易和投资。

#### （六）统筹国内法治与涉外法治，强化支撑保障

推动卫星导航法治工作纳入国家涉外法治建设的总体布局。一是完善国内卫星导航法律制度，确

立系统建设、运行服务、应用推广、安全保障、国际合作等方面的基本制度,向全球用户彰显中国以法治来保障北斗系统可持续发展的信心和决心。二是积极参与卫星导航国际治理,研究把握与西方国家、发展中国家的共同利益关切,提高相关议题设置和规则制定能力,推动构建公正合理的卫星导航国际秩序。三是完善北斗系统规模应用国际化发展法律服务体系,加强涉外法律风险管控,提高快速应对危机的能力。

### (七) 开展北斗系统国际推广, 彰显负责的国际形象

构建北斗系统话语体系和外宣体系,加强北斗系统国际传播能力,全面提升北斗系统国际传播效能,形成同北斗系统战略地位相匹配的国际话语权。适应新媒体蓬勃发展的趋势,把握国际传播内容简明化和微观化趋势,利用好国际传播所处“自由开放、多元平等、多向交互”的网络空间,向世界讲好中国北斗系统故事。打造融通中外的新概念、新范畴、新表述,更加充分、更加鲜明地展现北斗系统服务人类进步事业的精神力量,塑造可信、可爱、可敬的中国形象。巩固并持续丰富北斗系统品牌形象。

### (八) 加强复合型人才培养, 强化队伍和能力支撑

北斗系统规模应用国际化发展需要具有国际化视野与卫星导航专业知识,熟悉国内外卫星导航政策制度、国际规则惯例、国际标准制定的国际化复合型人才。应加快建设北斗系统规模应用国际化发展人才培育中心、创新高地和专门队伍,壮大人才队伍规模,培养既懂卫星导航,又懂国际化应用各方面发展需要的高素质工作人才,重视涉外法治人才培养。充分发挥相关院校和机构的平台作用,推动设立北斗系统规模应用国际化发展战略研究智库,强化涉及北斗系统规模应用国际化发展的重点难点问题研究。

### (九) 建立风险监测网络, 开展风险警示和应对

针对北斗系统规模应用国际化发展可能面临的各类风险,持续开展监测与管理,健全安全风险监测评估机制,制定安全风险预警、防范和处置措施,加强突发事件信息公开和危机沟通,完善公共

舆情应对机制,增强应对北斗系统规模应用国际化发展安全风险的弹性、韧性和化解能力。完善政府服务职能,为北斗系统规模应用国际化发展的企业主体等提供风险防范指引。

#### 利益冲突声明

本文作者在此声明彼此之间不存在任何利益冲突或财务冲突。

Received date: January 18, 2023; Revised date: March 20, 2023

**Corresponding author:** Yang Junlin is a research fellow from the BDS/GNSS Policy and Regulation Research Center of Beihang University. Her major research fields include policies and regulations in the field of aerospace and satellite navigation. E-mail: yangjunlinbuaa@buaa.edu.cn

**Funding project:** Chinese Academy of Engineering project “Research on National Spatiotemporal Information Security Strategy” (2022-XY-131) and “Strategy of International Application of BeiDou Navigation Satellite System” (2022-HY-10)

#### 参考文献

- [1] 王淘, 欧志伟, 柳井明, 等. 交通运输行业北斗系统国际化应用综述 [J]. 卫星应用, 2021, 112(4): 12–16.  
Wang X, Ou Z W, Liu J M, et al. An overview of the international application of BDS in transportation industry [J]. Satellite Application, 2021, 112(4): 12–16.
- [2] 宋溱, 庞波波, 翁艳云, 等. 北斗短报文在全球海上遇险与安全通信领域的应用与展望 [J]. 中国航海, 2022, 45(4): 65–69.  
Song Z, Pang B B, Weng Y Y, et al. Application of BeiDou short message in global maritime distress and safety communication service [J]. Navigation of China, 2022, 45(4): 65–69.
- [3] 汪万维, 吴仁彪, 孙可, 等. 基于北斗的亚太航班安全监视与追踪 [J]. 安全与环境学报, 2022, 22(6): 3259–3268.  
Wang W W, Wu R B, Sun K, et al. Asia-Pacific flight safety surveillance and tracking based on BeiDou [J]. Journal of Safety and Environment, 2022, 22(6): 3259–3268.
- [4] 吴海玲, 李作虎, 刘晖, 等. 卫星导航系统国际标准工作的现状分析与对策研究 [J]. 地理信息世界, 2014, 21(6): 35–42.  
Wu H L, Li Z H, Liu H, et al. Analysis and countermeasure on working status of international standard for the satellite navigation system [J]. Geomatics World, 2014, 21(6): 35–42.
- [5] 陈颖, 卢璠, 刘成, 等. 北斗卫星导航系统国际民航标准重点问题研究与指标验证 [J]. 天文研究与技术, 2022, 19(5): 447–457.  
Chen Y, Lu J, Liu C, et al. Research and assessment on key issues of ICAO SARPs for BeiDou navigation satellite system [J]. Astronomical Research & Technology, 2022, 19(5): 447–457.
- [6] 李作虎, 吴海玲, 汪陶胜, 等. 北斗海事国际标准总体研究及发展思考 [J]. 中国标准化, 2015, 463(4): 79–83.  
Li Z H, Wu H L, Wang T S, et al. General study on BDS international maritime standard and its development [J]. China Standardization, 2015, 463(4): 79–83.
- [7] 周建华, 陈俊平, 张晶宇. 北斗“一带一路”服务性能增强技术研究 [J]. 中国工程科学, 2019, 21(4): 69–75.  
Zhou J H, Chen J P, Zhang J Y. Service performance enhancement



- technologies for BeiDou navigation satellite system along the Belt and Road [J]. Strategic Study of CAE, 2019, 21(4): 69-75.
- [8] 韩立岩, 陈建宇, 姚婷. 北斗走出去, 赋能数字“一带一路”[J]. 经济与管理研究, 2021, 42(5): 3-11.  
Han L Y, Chen J Y, Yao T. Going global with BeiDou navigation satellite system, empowering digital Belt and Road [J]. Research on Economics and Management, 2021, 42(5): 3-11.
- [9] 杨蔚玲, 汪澍, 王媛媛. 我国北斗企业“走出去”进程中的知识产权风险及其应对[J]. 电子知识产权, 2022, 373(12): 108-116.  
Yang W L, Wang S, Wang Y Y. Analysis of intellectual property risks and countermeasures in the “going out” process of Chinese BDS related enterprises [J]. Electronics Intellectual Property, 2022, 373(12): 108-116.
- [10] EUSPA. EO and GNSS market report [EB/OL]. (2022-01-15)[2022-06-16]. [https://www.euspa.europa.eu/sites/default/files/uploads/euspa\\_market\\_report\\_2022.pdf](https://www.euspa.europa.eu/sites/default/files/uploads/euspa_market_report_2022.pdf).
- [11] GAO. GPS modernization: Better information and detailed test plans needed for timely fielding of military user equipment [EB/OL]. (2022-05-09)[2022-06-16]. <https://www.gao.gov/assets/gao-22-105086.pdf>.
- [12] DOD. Global positioning system standard positioning service performance standard(5th Edition) [EB/OL]. (2020-04)[2022-06-16]. <https://www.gps.gov/technical/ps/2020-SPS-performance-standard.pdf>.
- [13] Russian Defense Ministry. GLONASS open service performance Standard OS PS) edition 2.2 [EB/OL]. (2020-02)[2022-06-16]. [https://glonass-iac.ru/upload/docs/stehos/stehos\\_en.pdf](https://glonass-iac.ru/upload/docs/stehos/stehos_en.pdf).
- [14] 中国卫星导航系统管理办公室. 北斗卫星导航系统公开服务性能规范(3.0版) [EB/OL]. (2021-05)[2022-06-16]. <http://www.beidou.gov.cn/xt/gfzx/202105/P020210526215541444683.pdf>.  
China Satellite Navigation Office. BeiDou navigation satellite system open service performance standard (Version 3.0) [EB/OL]. (2021-05)[2022-06-16]. <http://www.beidou.gov.cn/xt/gfzx/202105/P020210526216231136238.pdf>.
- [15] EUSPA. European GNSS(Galileo) open service-service definition document [EB/OL]. (2021-12-16)[2022-06-16]. [https://www.gsc-europa.eu/sites/default/files/sites/all/files/Galileo-OS-SDD\\_v1.2.pdf](https://www.gsc-europa.eu/sites/default/files/sites/all/files/Galileo-OS-SDD_v1.2.pdf).
- [16] 杨长风. 进入全球服务新时代的北斗系统[J]. 卫星应用, 2022 (4): 8-9.  
Yang C F. BDS entering a new era of global service [J]. Satellite Application, 2022 (4): 8-9.
- [17] GSA. GNSS market report issue 2 [EB/OL]. (2012-05)[2022-06-16]. [https://www.euspa.europa.eu/system/files/reports/Market%20Report%20MEP7%202012%20WEB\\_0.PDF](https://www.euspa.europa.eu/system/files/reports/Market%20Report%20MEP7%202012%20WEB_0.PDF).
- [18] Peter Weiss. The global positioning system(GPS): Creating satellite beacons in space, engineers transformed daily life on earth [J]. Engineering, 2021, 7(3): 1-14.
- [19] 杜辉, 陈倩. 卫星导航应用标准分析研究 [J]. 全球定位系统, 2020, 45(3): 115-118.  
Du H, Chen Q. Analysis and research on application standards of satellite navigation [J]. GNSS World of China, 2020, 45(3): 115-118.
- [20] 黄寿峰. 准确把握新型举国体制的六个本质特征 [J]. 国家治理, 2020 (42): 7-10.  
Huang S F. Accurately understand the six essential features of the new nationwide system [J]. Governance, 2020 (42): 7-10.
- [21] 兰顺正. “伽利略”系统再遭“停摆”危机 [N]. 中国国防报, 2019-07-23(4).  
Lan S Z. Galileo once again encountered shutdown crisis [N]. Zhongguo Guofangbao, 2019-07-23(4).
- [22] Yang C F. Innovation and development of BeiDou Navigation Satellite System(BDS) project management mode [J]. Frontiers of Engineering Management, 2021, 8(2): 312-320.
- [23] 杨长风, 卢鋈. 加快建设下一代北斗系统筑牢国家时空信息服务重要基石 [J]. 中国网信, 2022, 5(5): 43-47.  
Yang C F, Lu J. Accelerate the construction of the next generation of BDS and build a solid foundation for national space-time information service [J]. China Netcom, 2022, 5(5): 43-47.
- [24] 中国卫星导航定位协会. 中国卫星导航与位置服务产业发展白皮书(2022年) [R]. 北京: 中国卫星导航定位协会, 2022.  
GNSS & LBS Association of China. China satellite navigation and location service industry development white paper(2022) [R]. Beijing: GNSS & LBS Association of China, 2022.
- [25] 翁艳云, 卢红洋, 于渊, 等. 国际卫星导航系统发展动态简析 [J]. 中国航天, 2022, 531(7): 38-43.  
Weng Y Y, Lu H Y, Yu Y, et al. Brief analysis on the development of international satellite navigation system [J]. Aerospace China, 2022, 531(7): 38-43.
- [26] 杨元喜, 王建荣. 泛在感知与航天测绘 [J]. 测绘学报, 2023, 52(1): 1-7.  
Yang Y X, Wang J R. Ubiquitous perception and space mapping [J]. Acta Geodaetica et Cartographica Sinica, 2023, 52(1): 1-7.
- [27] 曹德军. 全球公共产品理论反思与重构 [N]. 中国社会科学报, 2022-09-15(003).  
Cao D J. Reflection and reconstruction of global public goods theory [N]. Chinese Social Sciences Today, 2022-09-15(003).
- [28] 江博, 李光. 科技创新对北斗产业发展的驱动引领 [J]. 科技管理研究, 2019, 39(10): 101-107.  
Jiang B, Li G. The drive of scientific and technological innovation to the development of the Beidou industry [J]. Science and Technology Management Research, 2019, 39(10): 101-107.