

我国商业航天信息产业发展研究

马万卓¹, 钟兴², 董科研¹, 付颜玮¹, 潘仁顺¹, 徐胜男², 潘龙洋², 陆振刚³,
刘智¹, 姜会林^{4*}, 谭久彬³

(1. 长春理工大学光电工程学院, 长春 130022; 2. 长光卫星技术股份有限公司, 长春 130102;
3. 哈尔滨工业大学仪器科学与工程学院, 哈尔滨 150001; 4. 长春理工大学, 长春 130022)

摘要: 世界航天领域正在加快向商业化转型, 技术进步、成本降低等因素吸引更多的企业涉足航天信息产业, 航天信息产业市场化、竞争化趋势鲜明; 我国航天领域进展良好, 整体市场初具规模, 加快发展商业航天信息产业是航天强国建设的重要组成部分。本文面向我国商业航天信息产业发展实际, 以空间应用为主要切入点, 梳理了产业总体架构以及上中下游各环节的基本格局, 总结了产业主要发展趋势, 着重识别出星载深度融合卫星制造、先进光电载荷研制、高速率及高安全性通信、高级遥感数据产品与服务等支撑产业高质量发展的关键技术。在梳理我国商业航天信息产业现状并凝练存在问题的基础上, 提出了构建产业创新发展生态、扶持下游数据处理与应用企业、深化航天信息业务化应用、推动行业人才集聚、加快科技成果转化、深化“产学研用”合作等建议举措, 以精准驱动我国商业航天信息产业高质量和可持续发展。

关键词: 商业航天; 信息产业; 卫星遥感; 卫星通信; 卫星制造; 光电载荷

中图分类号: TN927.23 文献标识码: A

Development of Commercial Aerospace Information Industry in China

Ma Wanzhuo¹, Zhong Xing², Dong Keyan¹, Fu Yanwei¹, Pan Renshun¹, Xu Shengnan²,
Pan Longyang², Lu Zhengang³, Liu Zhi¹, Jiang Huilin^{4*}, Tan Jiubin³

(1. School of Optoelectronic Engineering, Changchun University of Science Technology, Changchun 130022, China;
2. Chang Guang Satellite Technology Co., Ltd., Changchun 130102, China; 3. School of Instrumentation
Science and Engineering, Harbin Institute of Technology, Harbin 150001, China; 4. Changchun
University of Science and Technology, Changchun 130022, China)

Abstract: Currently, the global aerospace information industry is accelerating its transition toward commercialization. Technological advances and reduced costs are encouraging an increasing number of companies to enter the aerospace information sector, driving the marketization and intensifying the competition in the industry. The rapid development of China's aerospace industry in recent years has led to an initially scaled market. Further developing the commercial aerospace information industry is crucial for strengthening the aerospace sector of China. Based on the development status of China's commercial aerospace information industry and focusing on

收稿日期: 2024-06-15; 修回日期: 2024-09-12

通讯作者: *姜会林, 长春理工大学教授, 中国工程院院士, 研究方向为光学系统设计理论、光电动态测试技术、自由空间激光通信;
E-mail: HLjiang@cust.edu.cn

资助项目: 中国工程院咨询项目“吉林省卫星及航天信息产业发展战略研究”(2023-DFZD-13), “以卫星激光通信为牵引加快促进吉林省激光产业高质量发展战略研究”(JL2024-02)

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

space application, this study summarizes the main architecture and development trends of China's commercial aerospace information industry. Moreover, it identifies the key technologies that support the high-quality development of the industry, involving satellite-payload integrated manufacturing, advanced photoelectric payloads, high-speed and high-security communications, as well as advanced remote-sensing data products and services. After reviewing the current status and existing problems of China's commercial aerospace information industry, we propose the following suggestions: (1) building an industry development ecosystem, (2) supporting downstream enterprises regarding data processing and application, (3) promoting the commercialization of aerospace information, (4) fostering talent aggregation, (5) expediting the transformation of scientific and technological achievements, and (6) deepening production-education-research cooperation.

Keywords: commercial aerospace; information industry; satellite remote sensing; satellite communication; satellite manufacturing; photoelectric payload

一、前言

近年来,在新一轮工业革命的驱动下,航天产业进入大发展、大变革的新阶段,不再局限于国防和军事工业,而是拓展到面向经济社会发展的商业航天领域。同时,航天技术发展迅速,为商业航天领域带来了机遇和变革。例如,在航天制造工艺方面,增材制造技术^[1]、重复使用运载火箭技术^[2,3]显著降低了商业航天的成本;在应用方面,高分辨率遥感卫星^[4]、高通量通信卫星^[5]、载有高质量铷钟的导航卫星^[6],为商业应用提供了更优质、更精确的数据服务^[7,8]。

商业航天的兴起为航天产业发展提供了新动力。国际商业航天企业追求技术创新、革新商业新模式,推动了航天产业的技术进步和应用升级。例如,美国 SpaceX 公司正在实施“星链”项目,发射了由数千颗小型卫星组成的全球卫星互联网^[9];欧洲的商业航天企业也在积极更新发展模式,以卫星通信为主的新兴业务进展良好^[10];此外,俄罗斯、日本等国家也在维持和提升在轨卫星的服务能力^[11]。

在我国,航天信息产业一直是科技创新的重点领域,成为国家战略性新兴产业之一。我国已发展成为世界航天产业的重要参与者和有力竞争者。也要注意,我国尽管建立了较为完整的卫星及航天信息产业链,但相较世界航天强国在技术水平、市场规模、应用效能等方面仍存在差距^[12]。从产业细分领域来看,卫星制造、运载火箭发射服务是航天产业的基础和核心,需要强大的技术能力作支撑,但相应市场规模较小;我国具备整星出口和在轨交付能力,但卫星制造、运载火箭发射的成本难以下降,导致在国际商业卫星市场上不占优势^[13];低轨卫星星座规模较小、建设缓慢^[14,15]、产业链生态不

完善^[16],机载通信普及率较低^[17]等问题较突出,卫星运营服务业的商业化程度、运营能力、综合竞争力等均待提升。

本文面向我国商业航天信息产业发展,以空间应用为主要切入点,识别产业总体架构、梳理发展趋势、研判产业关键技术、凝练发展现状与存在的主要问题,进一步提出产业发展建议。相关研究可为我国商业航天信息产业的建设和发展提供参考,也对完善我国商业航天信息全产业链、提升我国航天领域国际竞争力具有借鉴意义。

二、我国商业航天信息产业的总体架构

商业航天信息产业(见图1)是我国商业航天产业的代表性子领域,以其为剖析案例有助于精准辨识我国商业航天产业的总体架构。产业的上游主要涉及卫星制造及发射、卫星地面设备供应;产业的中游参与主体是卫星通信、卫星导航、卫星遥感等业务方向的经营企业;产业的下游主要是广阔的应用市场,已在农林、水利、环保、交通、自然资源、城市建设等14个领域开展了150余项精准服务^[18-22]。

(一) 商业航天信息产业的上游

1. 卫星制造及发射

卫星制造具有技术要求高、研究投资比重大的发展特点,主要涉及卫星系统及其部/组件的研发与制造、载荷系统研发及制造、卫星检测系统及设备研发。我国企业能够自主完成卫星研制与制造,且企业数量呈上升趋势。相关企业主要有中国空间技术研究院、上海航天技术研究院、中国东方红卫星股份有限公司、长光卫星技术股份有限公司、银河航天(北京)科技有限公司等。

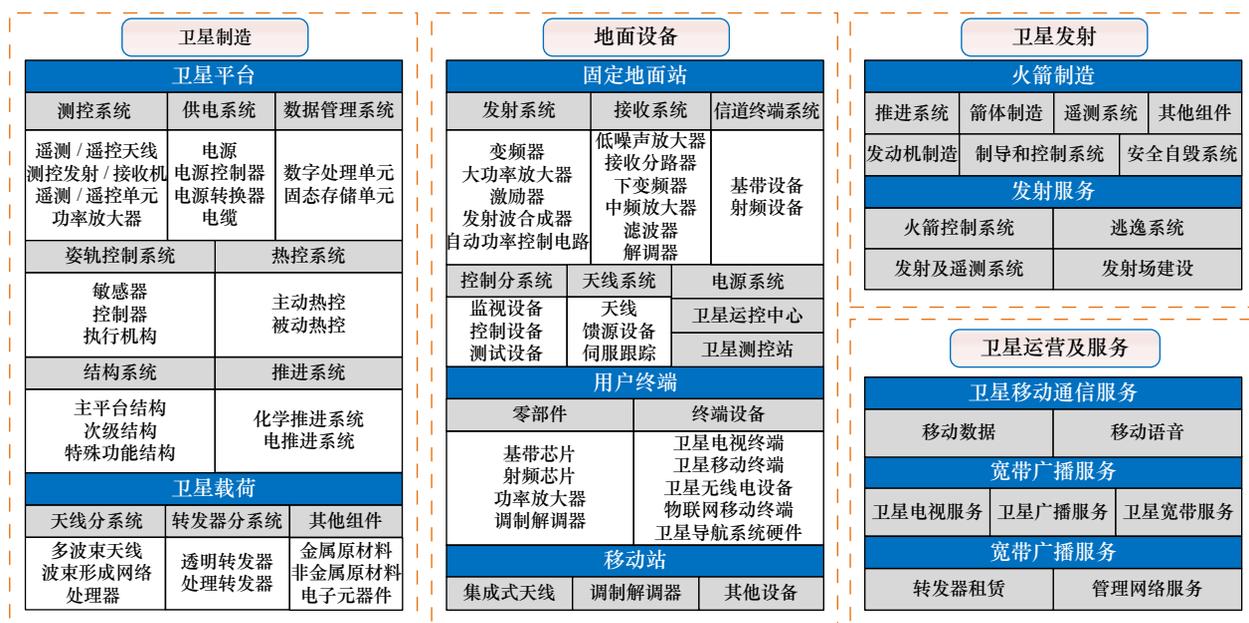


图1 我国商业航天信息产业的总体架构

商业运载火箭的研发生产具有周期长、技术门槛高、资金需求量大的突出特点，导致相关企业数量较少。中国航天科技集团有限公司等大型国有企业承担了大型运载火箭的研发与发射任务，占据着商业发射领域的较高市场份额。在行业政策、社会资本的积极推动下，商业航天公司的发展机遇显著改善，但市场份额依然较小。有效降低发射成本是商业运载火箭的重点发展方向，也是拓展发射市场规模的关键。

2. 卫星地面设备供应

卫星地面设备制造业的产品主要分为网络设备、大众消费设备：前者包括信关站、控制站、甚小孔径终端；后者包括卫星移动终端（含卫星电话）、数字音频广播服务设备、导航终端设备芯片及其组合件。能够提供卫星地面设备的企业较多，主要为处于产业链中游的卫星应用业务提供基础设施。中国东方红卫星股份有限公司、广州南方测绘科技股份有限公司、北京北斗星通导航技术股份有限公司等企业占据优势地位，在本土市场中具有较强的议价能力。然而，相关设备产品在国际市场上竞争力不足，国际合作的议价能力不强。

(二) 商业航天信息产业的中游

1. 卫星通信业务

商业通信卫星市场是航天领域唯一实现商业化

的市场。我国卫星通信业务的覆盖范围包括空中、陆上、海上移动站、地方站，鑫诺卫星通信有限公司、中国亚太移动通信卫星有限责任公司等企业具有优势地位。

我国卫星通信以C频段（4~8 GHz）、Ku频段（12~18 GHz）、Ka频段（26.5~40 GHz）为主。常规固定卫星业务已经充分使用了Ku频段的频率资源。Ka频段是高轨道通信卫星的主用频段，中星16、中星18等均采用该频段。以低轨道为主的高通量卫星，正在成为卫星通信的发展方向。随着地面通信技术（如第五代移动通信技术）、互联网技术的快速发展，传统静止轨道通信市场规模将逐步缩小，而低轨道移动通信卫星市场将逐步扩大。

2. 卫星导航业务

卫星导航市场规模较大，以汽车导航、农业管理、物流管理、安全监控等业务为代表。随着北斗卫星导航系统全球服务功能的开通，我国的卫星导航与位置服务打破了区域发展格局，进入了全球服务的新阶段。北斗卫星导航系统及相关产业成为我国卫星导航与位置服务行业发展的重大基础设施，也是未来我国卫星行业发展的重点领域。北京北斗星通导航技术股份有限公司、广州中海达卫星导航技术股份有限公司等本土企业，主要以价格优势占据消费类终端市场；而上游核

心技术的缺失导致产品附加值不高，制约了产业发展水平。

3. 卫星遥感业务

卫星遥感的代表性业务有智慧交通、地质调查、资源调查、地形测绘、精准农业等。我国在轨运行的商业遥感卫星数量超过 150 颗，由不同的企业负责运营。我国商业遥感企业的区域集中度极高，多数企业位于北京市，产业链较为完整；少量企业位于广东、吉林、湖北、江苏等省份。广州南方测绘科技股份有限公司、中科星图股份有限公司等企业具有优势地位。

（三）商业航天信息产业的下游

商业航天信息产业的下游集中在卫星应用服务领域中的卫星终端研发与服务方面。我国航天技术深度融入了经济社会的诸多行业，提供了能力全面的卫星应用服务（见表 1）。例如，北斗导航服务全球，中星、亚太、天通等卫星提供连续通信服务，风云、资源、海洋、高分、环境等卫星形成全天时、全天候的对地观测能力。

面向企业的应用场景集中在能源、金融、资源领域，包括石油、天然气资源勘探，矿区、林业资源监测及管理^[23-26]；衍生出的供应链风险评估能力可为相关企业运营提供及时的风险预警。此外，通过遥感数据可以分析人口分布、消费模式、经济活动^[27]，支持管道、电网、交通网络的监测与维护以及大型工程项目的监测与管理^[28]。

面向个人的应用场景也在逐步出现，集中在个人导航与定位、户外探险及旅行规划、房产投资决策等方面。例如，手机直连卫星通信成为个人卫星通信服务的重要场景。随着卫星应用技术的发展和普及，预计面向个人的应用场景将会更加丰富和多样化。

三、我国商业航天信息产业发展趋势与关键技术

（一）我国商业航天信息产业发展趋势

1. 卫星制造低成本化

卫星小型化渐成趋势，航天产业链、供应链不断完善，驱动卫星制造、运载火箭发射成本稳步降低。小卫星具有成本低、研制周期短、质量轻、功耗低的优点，可以满足通信、遥感、导航等领域的应用需求。在低成本卫星制造技术的支持下，数量为数百颗甚至上千颗的微小卫星星座成为可能，将为航天领域带来新的技术能力、开辟空间应用的新领域。

2. 卫星星座巨型化

2018 年以来，我国卫星发射数量明显增加，空间基础设施建设更为完备，在轨运行卫星超过 600 颗。后续，卫星发射继续保持较高数量，服务于经济社会、特种领域的空间基础设施能力更强。在应用需求、组网成本、国际空间政策等因素的影响下，卫星星座巨型化趋势明显，将加快卫星应用商业化进程。巨型星座提升天基系统的弹性，支持全球覆盖、高频重访、快速响应等应用需求，从而拓展卫星应用场景、加速商业化卫星应用落地。

3. 卫星体积小型化

小卫星的研制生产灵活，单星成本较低，技术进步则拓宽了小卫星的任务场景，使小卫星在通信、导航、遥感、科研试验等方面的应用迅速拓展。① 大卫星的研制周期通常在 30 个月以上，设计与生产过程高度定制化；小卫星广泛采用一体化、标准化、模块化的设计理念以及批量生产模式，研制周期短、成本低、可批量生产、发射方式灵活。② 得益于卫星平台与载荷技术的进步，小卫星的数据处理、姿态控制、数据传输等能力获得了

表 1 商业航天信息产业下游的代表性应用场景

应用领域	相关终端
通信广播	卫星通信手机、中国联通“领航者相控阵”通信终端、北斗短报文通信系统
气象观测	便携气象水文卫星接收设备、风云地球平台、北斗短报文通信系统
应急管理	北斗卫星定位系统、北斗应急救援终端、天通卫星电话、Ka 卫星通信基站
农业生产	北斗卫星导航系统、车载全球定位系统卫星测亩仪、北斗农机远程监控终端
生态环境	北斗卫星定位系统、北斗短报文数传终端、环境监测卫星
交通运输	北斗卫星导航系统、北斗高精度手机、单北斗智能视频终端

显著增强，能够适应复杂性任务。③小卫星多以多星组网的星座形式运行，可通过增加、替换小卫星实现星座的扩容与升级，系统的安全冗余度比单颗大卫星更高。

4. 卫星数据处理智能化

遥感卫星一般（在综合平衡各技术要素后）设置固定的成像参数，无法灵活调整，难以针对不同应用需求提供最优的数据；任务链主要由地面任务规划、数据星上存储、星地数字传输、地面接收处理等环节组成，信息获取技术链条长，影响卫星数据的使用时效。因此，具有星上成像参数自适应优化、星上信息数据快速处理及下传能力的“智能型”遥感卫星系统成为发展热点。“智能型”遥感卫星系统具备差异化的数据获取功能、智能化的信息感知能力，可按需获取高质量的遥感数据并同步进行数据采集和生产，便于普通用户应用，支撑快速增长的时空数据需求，促进遥感技术的商业化和大众化发展。人工智能（AI）、大数据等技术的引入，将变革卫星遥感大数据的智能化、规模化、实时性分析及处理能力，驱动遥感服务朝着精准化、便捷化、大众化、智能化方向转变。

5. 卫星应用多样化

卫星及航天信息产业应经济社会发展的重大需求而快速发展，导航、遥感、通信技术进步驱动面向企业用户的应用场景逐渐成熟。北斗卫星导航系统不仅提供高精度定位、导航、授时服务，还具备短报文通信能力，在智能交通、公共安全、智能城市等领域获得普及应用。卫星遥感技术在金融机构的信息咨询服务，电力领域的管线巡检、山火监测服务等方面获得创新应用。卫星通信技术保障了电力运维及巡检效率、智能水表远程监控系统设计等新兴应用需求。空天大数据显著提升了自然灾害监测预警能力，在改善灾害响应和救援速度、支持灾后评估和重建，减少灾害损失方面成效凸显。未来，面向企业用户和大众市场的卫星应用类型更为多样，下游需求的迅速增长也将带动卫星应用产业规模扩大。

（二）支撑我国商业航天信息产业高质量发展的关键技术

1. 星载深度融合卫星制造技术

随着高分系列卫星、商业遥感系列卫星的投入

应用，我国初步实现了亚米级卫星遥感数据的自主可控，但较高的卫星研制和发射成本导致卫星遥感数据成本居高不下，难以满足诸多行业对低成本、高分辨遥感数据的应用需求。

依托新型材料、高集成度器件、图像传感器等方面的技术进步，采取“替换”手段，可在一定程度上实现商业卫星的载荷小型化、平台集成化，但仍不足以支撑超高性价比的卫星系统设计，因而需要卫星顶层设计理念的革新。“星载一体化”设计理念有别于“通用平台+差异化载荷”的传统卫星设计理念，认为卫星平台是服务于有效载荷的，应以有效载荷为核心开展卫星设计。半导体技术、大规模集成电路发展迅速，大量低成本、高密度的芯片得到了在轨验证，为电子学高度集成、平台结构显著精简创造了条件。对应地，低轨和中轨卫星的设计理念逐渐演变为“载荷即平台”“无平台卫星”，追求实现星载深度融合。当然，高轨道卫星对平台的依赖度更高，需要更强大的姿态控制、轨道维持、通信保障能力，上述卫星设计理念的适用性需谨慎考量。

星载深度融合的一体化卫星设计是实现卫星轻量化、小型化的有效手段，而突破传统卫星研制模式、实现工业化批量生产是大规模星座部署的必然要求。整合卫星生产链，将卫星的形成过程从科研主导转变为工业化生产主导，引入工业化标准管理和数字化设计及制造方法，重构从设计研发到生产测试的全过程；建设涵盖设计开发、工艺制造、集成测试等环节的卫星技术研发平台，支持“设计-工艺-生产”全流程数字化条件下的批量化生产制造。

2. 先进光电载荷研制技术

光电载荷是航天遥感信息获取的“源头”，占据着光学遥感卫星相当比例的研制成本及周期，在遥感卫星系统中具有重要的地位。光电载荷是“光机电”高度集成的产品，生产过程涉及光学元件制造、结构组件制造、光学精密装调、整机集成、热控实施、测试标定等。从光电载荷的顶层设计入手，研究“端到端”的全链路优化技术，提升有效载荷性能，实现高几何辐射质量的遥感影像获取；采用标准化设计、模块化组件，减少生产过程变量，降低生产成本，缩短生产周期，建立批量生产能力。科学分解和管理光电载荷的生产流程，优化各个环节的生产效率并提高并行

化程度，减少批量生产过程中的人工消耗和时间成本；建立自动化生产流程，将各类组件的制造和测试过程进行高度集成，进一步提高生产效率和产品一致性。

在星载激光通信方向，追求卫星和其他空间平台上载荷的极致轻量化，以降低发射成本并提高平台能力。对应地，光电载荷设计采用轻量化材料和结构优化技术，满足尺寸、质量方面的严格要求。为了在有限的平台空间内实现激光通信系统的高集成度，需要采用小型化的激光器、光电探测器、调制器、集成光波导、微光学元件等光电器件。采用模块化组件和标准化设计，提高光电载荷的通用性并降低生产成本。应用先进的光电转换材料、节能的信号处理算法，提高光电载荷的能效比。

3. 高速率及高安全性通信技术

推动高通量卫星的通信标准化工作。参与国际卫星通信标准化组织，推动商业航天企业参与高通量卫星通信的国际标准制定，确保国内技术与国际接轨，提升产品的全球市场竞争力。

建设卫星通信测试验证平台，提供模拟实际卫星通信环境的实验设施条件，如地面站模拟器、信号干扰模拟器等，支持新技术研发和验证。加强空间环境模拟设施、卫星网络仿真系统、电磁兼容性测试等卫星试验与测试环境条件，支持新一代通信卫星研发。

开展卫星通信网络安全专项研究。卫星通信系统面临着网络安全挑战，需要发展加密通信、抗干扰、数据完整性保护、抗量子计算攻击、卫星通信数据隐私保护、卫星通信网络入侵检测等专项技术。针对区块链、边缘计算、联邦学习等新技术，开展通信卫星应用验证，增强卫星通信全链路的安全性与可靠性。

在星地/星间激光通信技术方面，提高功率效率与光源稳定性，研发高效率、长寿命的激光源，确保空间激光通信系统在实际服役环境中的稳定性和可靠性。探索新型激光材料及制备技术，提高空间激光通信系统的综合功率效率。研究高效的大气补偿算法，精准处理信号受到的天气影响，从而提高通信质量；必要时采取重传机制，降低遥感数据传输误码率。

研究空间激光通信设备的小型化、轻量化设

计方法，如采用新型材料、集成电路技术、微纳技术，满足卫星小型化和低成本发射的需求。应用AI技术提高空间激光通信系统的自动化故障诊断与维护能力。开展空间激光通信系统的标准化工作，确保不同任务设备之间的兼容性和互操作性，支持空间激光通信系统的成本降低和技术演进。

4. 高级遥感数据产品与服务技术

发展通用化的高级遥感图像产品生产技术，支撑大规模星座的高效、高质量数据处理。攻关几何及表观质量处理通用化设计技术，研究自动化、智能化处理技术，支持数据管理及生产全流程上全要素信息的自动化获取，赋予数据生产及质检以全流程无人监管能力。提高处理技术的通用性和覆盖率，智能适配多类型、差异化需求的数据生产，简化算法模块操作，减少对人工操作和运行平台的依赖度，以自动化稳定生产保障高级遥感数据产品的质量。

研发遥感智能解译技术。以图像识别、目标检测、地物分类、变化检测等为应用背景，研究机器视觉领域中各种机器学习、深度学习、大模型方法的运行机理，明晰相关方法在遥感信息解译各阶段的应用价值。创新应用这些方法，提高遥感数据的自动化解译能力，支持对大规模遥感数据的快速分析和智能化处理。

建设遥感大规模算力平台。在数据层面，研制泛化性更强、适用场景更丰富的大模型，开展PB量级遥感数据中心建设。在算力方面，部署高性能专用加速器、分布式计算架构，支撑大规模数据处理和复杂模型应用需求。在软件框架方面，支持主流的通用学习框架，针对专用需求提供优化的框架方案。从网络安全、数据安全、身份认证、权限管理等角度出发，全面增强大模型算力平台的安全性和稳定性。

建设多元化的智能场景应用平台。关联遥感影像内容、相关的文本或语音描述，构建多模态遥感-文本大模型，实现更准确、更智能的信息处理与检索能力，支撑多元化的应用场景需求。大量采集遥感-文本数据对，训练多模态遥感-文本大模型，再将训练好的多模态遥感-文本大模型应用于实际场景，形成无样本、无训练状态下对非通用、多限定条件解译任务的智能解译能力。

四、我国商业航天信息产业发展现状与存在的问题

(一) 我国商业航天信息产业发展现状

“十四五”时期，国家对商业航天信息产业的政策支持导向更为明确，发布了一系列鼓励商业航天信息发展的政策措施。《国家综合立体交通网规划纲要》（2021年）提出，推动卫星通信技术、新一代通信技术、高分遥感卫星、AI等应用；《“十四五”信息通信行业发展规划》（2021年）提出，加强卫星通信顶层设计和统筹布局，推动高轨卫星与中低轨卫星协调发展；《“十四五”数字经济发展规划》（2021年）提出，积极推进空间信息基础设施升级，加快布局卫星通信网络，推动卫星互联网建设；《“十四五”国家综合防灾减灾规划》（2022年）提出，依托国家航天部门与商业卫星协同，构建全要素、全过程应急卫星立体观测体系。与此同时，北京、上海、吉林、广东、湖南、四川、陕西等省份都发布了针对商业航天发展的地区性支持措施，促进商业航天信息产业的精准落地。可见，在政策支持、科技发展、企业壮大、资本助力的背景下，我国商业航天信息产业逐渐形成良性循环。

当前，商业航天成为备受社会关注的战略性新兴产业，是推进航天产业高质量发展的重要动力；商业运载火箭、卫星及地面设备是商业航天装备制造制造业的重要构成。国家政策层面逐步放开限制，为商业航天信息产业规模化、业务化发展提供了有利环境。例如，《国务院关于创新重点领域投融资机制鼓励社会投资的指导意见》（2014年）即鼓励民间资本参与国家民用空间基础设施建设；《国家民用空间基础设施建设中长期发展规划（2015—2025）》提出，亚米级高分辨率遥感卫星星座实行商业化运营模式，空间分辨率优于0.5米级的民用卫星遥感数据逐步开放。通过多年发展，我国商业航天信息产业已向市场提供了类型丰富的产品和服务，逐渐形成商业闭环。

从卫星应用的角度看，我国卫星地面设备制造仍处于政策推动和能力成长期，与资本市场的关联度不强，相关产品的市场占有率不高。在中国航天科技集团有限公司、中国航天科工集团有限公司、中国科学院所属单位以外，大量的民营企业开始进

入卫星应用服务领域，引发更为激烈的市场竞争。受商业航天热潮的驱动，部分民营企业建立了地面站，主要为立方星、微小卫星提供测控支持，但未能形成足够的市场规模。

(二) 我国商业航天信息产业发展存在的问题

1. 下游应用产业欠发达

航天信息产业链复杂，上下游界限不明显，涉及环节众多。商业运载火箭、卫星制造领域逐步成型，成为我国航天产业的增量能力与重要补充。在应用服务领域，遥感、导航、通信等传统应用场景居主导地位，而载人航天、深空探测、空间站等业务仍处于萌芽阶段；以卫星运营商为代表的下游，主要承接上游和中游的产品及服务，开展卫星通信、导航、遥感等应用服务。然而，我国商业航天信息产业在规模上呈现“哑铃”状，即上游制造与下游应用两端技术实力较强，而位于中间的服务转化能力薄弱，这一格局限制了下游应用的发展水平，不利于产业链的均衡发展和效能提升。

2. 产业政策有待细化

商业航天信息产业是极具挑战性的高新技术领域，近年来的快速发展离不开国家和地方的大力扶持。包括北京、上海、重庆、河南、山东在内的近20个省份发布了与商业航天信息产业直接相关的政策文件，产业支持举措更为实质化。例如，北京市在卫星发射补贴、商业航天企业税费减免方面走在前列，《北京市加快商业航天创新发展行动方案（2024—2028年）》明确了各项行动的牵头落实部门。也要注意，不少地方的商业航天信息产业支持政策仍然较为宏观，缺乏细化指导和实质性支持，不利于精准扶持当地的商业航天企业发展壮大。

3. 信息化发展水平不足

商业航天信息产业发展取决于社会的信息化水平。我国的经济和社会信息化进步显著，信息基础设施更为完善，信息技术的社会应用日益广泛。从加快商业航天信息产业发展的社会需求角度看，我国信息化水平与传统航天强国相比还存在不小的差距，如信息共享机制不完善、信息共享与业务协同有待提升。社会信息化水平的不足导致信息技术行业应用的智能化程度偏低，也表明数字信息驱动的业务化应用生态未能全面形成，不利于商业航天信

息产业的健康可持续发展。

4. 产业人才仍有欠缺且分布不均

人才是产业发展的基础性、决定性、战略性要素，商业航天信息产业的发展需要以产业人才为支撑。应清醒地认识到，我国商业航天信息产业尽管发展迅速，但仍处于初期阶段；商业航天信息企业的人才质量、梯队建设等依然薄弱，企业的核心人才来源比较单一，培养航天信息产业人才的主要机构仍是科研院所和高校，没有形成航天信息产业人才的发展格局。另外，地域影响不可忽视，在现行经济格局下北京市、长江三角洲地区、珠江三角洲地区等经济发达区域对于航天信息产业人才具有较强的吸引力，而以吉林省为代表的中等经济发展地区，较难形成航天信息产业人才聚集效应，不利于当地航天信息产业发展，阻碍了区域性技术创新和产品开发进程。

5. 国际环境不利于产业关键技术发展

传统航天强国本就具有技术和经验优势，对商业航天企业的扶持更为积极和精准。世界商业航天领域竞争激烈，国际市场上隐性壁垒存在，对我国商业航天信息产业的发展构成了直接挑战。在发达国家奉行贸易保护主义的背景下，美国通过《沃尔夫修正案》（2011年）禁止美国国家航空航天局在卫星及航天信息产业领域与我国企业合作，通过《国际武器贸易条例》等单边制裁的方式排挤与我国企业的科技合作，实质上阻断了我国商业航天信息产业对国际前沿技术的合理需求。相关国际环境不利于我国商业航天企业开展国际技术与应用合作以及拓展国际市场，对我国商业航天信息产业关键技术的突破和提升造成了不利影响。

五、我国商业航天信息产业发展建议

（一）构建产业创新发展生态

建立共同投入、联合开发、优势互补、利益共享、风险共担的商业航天科技创新生态。以行业需求为导向，整合有关科技资源，集聚创新要素，持续解决航天信息产业中的共性、关键性、前沿性技术难题，形成技术创新链。着力发展卫星公共服务平台，加快构建覆盖数据共享、应用集成、技术测试认证、网络数据、信息安全评测的公共服务平台，为企业提供数据支撑和共性技术服务。建设卫

星大数据交易中心，优化卫星数据交易和流通的市场环境，加快发展交易撮合、安全审计、合规评估、资产评估、交付服务等方面的数据服务机构，完善遥感数据的交易模式。鼓励科研团队以成果转化方式开展创业，在细分领域中培育富有创造力的中小微企业。聚焦卫星发射装备、卫星数据应用等产业链上的薄弱环节，引导行业龙头企业带动配套企业集聚，促进产业集群化发展。

（二）扶持下游数据处理与应用企业

下游数据处理与应用企业是商业航天信息产业闭环发展的最终环节，应用场景多元化是带动商业航天信息产业闭环发展的根本性因素，数据深度应用开发不足将导致产业发展迟缓。着眼商业航天信息产业整体发展质量，引进、培育、扶持下游数据处理与应用企业并促进其深度参与产业发展，从而补齐产业发展短板、促进上下游企业协同，支撑航天信息服务业的发展壮大。建议为下游企业提供财政补贴、税收减免等形式的资金支持，促进其技术创新和业务拓展；引导金融机构为下游数据处理和应用企业提供更多的融资支持。鼓励、支持上游企业开展技术创新，引进、培育、扶持更多的下游数据处理与应用企业，驱动上下游力量协调发展，激发卫星应用市场潜力，形成全产业链竞争与合作发展的新格局。

（三）深化航天信息业务化应用

深入推进航天信息业务化应用，实施一批示范性应用项目，精准培育市场并助力业务推广。建议设立常态化的数据统筹采购机制，由管理部门牵头进行遥感数据统筹，在项目终端实现管理闭环，推动遥感资源配置“帕累托最优”，为公共管理决策提供充分和客观的依据；设立专项资助经费，支持自主遥感应用产业快速发展。加强包括以商业遥感卫星为代表的空间基础设施，以卫星测运控平台、卫星地面接收站为代表的地面基础设施，以数据存储中心、算力中心为代表的数字化基础设施在内的信息化基础设施建设，促进航天信息产业的可持续、高质量发展。

（四）推动行业人才集聚

加强商业航天信息产业各层次人才培养力度，

由高校、科研机构、企业开展教育合作, 按需设置航天特色专业, 为产业高质量发展提供坚实的智力支撑。发布商业航天信息产业人才集聚政策, 结合行业发展布局 and 实际需要, 提供适宜的工作、生活环境以及配套设施, 补助、税收优惠等激励措施, 同步建立科学的人才评价体系, 保障产业人才的发展空间及前景。将产业人才引进及培育与地方经济发展紧密结合, 精准吸引适合城市及关联产业发展的人才, 构建实现价值、健康成长的发展环境, 显现具有地方特色的人才虹吸效应。加强复合型人才队伍建设, 注重新兴交叉学科背景, 培养创新能力强的复合型人才队伍, 驱动商业航天信息产业在大众市场上“扎根”发展。

(五) 加快科技成果转化

以航天信息产业为代表的商业航天产业已是现代科技前沿领域之一, 行业发展成熟度对经济、社会、科技有着深远的影响。技术创新水平决定行业发展的高度, 加快前沿科技成果转化在推动航天信息产业发展中极为关键。建议进一步完善相关政策支持体系, 在财政、税收、金融等方面给予必要的政策支持, 落实有利于科技成果转化的政策; 加强知识产权保护, 保障企业和技术人员的核心权益, 激发创新积极性, 促进科技成果的转化效率, 加快将研究成果转化为实际生产力。

(六) 深化“产学研用”合作

推动企业、高校、科研院所、用户建立紧密的合作关系, 深化“产学研用”合作, 联合开展以航天信息产业为代表的商业航天产业研发、生产和应用。通过共享资源、优势互补, 实现商业航天信息产业上下游的紧密衔接, 促进技术创新和产业升级。共建卫星及航天信息产业创新平台, 集中行业优势力量开展关键技术攻关和创新产品研发; 针对性能未达标的国产化替代产品, 设立重点支持项目以引导企业、高校和科研院所协同攻关, 提高“产学研用”协作水平和领域创新效能。

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: June 15, 2024; **Revised date:** September 12, 2024

Corresponding author: Jiang Huilin is a professor from Changchun University of Science and Technology, and a member of Chinese

Academy of Engineering. His major research fields include optical system design theory, optoelectronic dynamic testing technology, and free space laser communication. E-mail: HLjiang@cust.edu.cn

Funding project: Chinese Academy of Engineering project “Research on the Development Strategy of Satellite and Aerospace Information Industry in Jilin Province” (2023-DFZD-13), “Strategic Research on Accelerating the High Quality Development of Jilin Province’s Laser Industry Through Satellite Laser Communication” (JL2024-02)

参考文献

- [1] Boretti A. A techno-economic perspective on 3D printing for aerospace propulsion [J]. *Journal of Manufacturing Processes*, 2024, 109: 607–614.
- [2] Costa B A, Parente F L, Belfo J, et al. A reinforcement learning approach for adaptive tracking control of a reusable rocket model in a landing scenario [J]. *Neurocomputing*, 2024, 577: 127377.
- [3] Isaev S, Baranov P, Popov I, et al. Ensuring safe descend of reusable rocket stages—Numerical simulation and experiments on subsonic turbulent air flow around a semi-circular cylinder at zero angle of attack and moderate Reynolds number [J]. *Acta Astronautica*, 2018, 150: 117–136.
- [4] Abolghasemi N M, Kazemi I. Systemic design of the very-high-resolution imaging payload of an optical remote sensing satellite for launch into the VLEO using a small launch vehicle [J]. *Heliyon*, 2024, 10(6): e27404.
- [5] Zhang S J, Wang P, Wan Y, et al. V/Ka-band LEO high-throughput satellite and integrated satellite-terrestrial network experiment system: First two years flight results [J]. *Acta Astronautica*, 2022, 201: 533–553.
- [6] Wang W, Wang Y P, Yu C, et al. Spaceborne atomic clock performance review of BDS-3 MEO satellites [J]. *Measurement*, 2021, 175: 109075.
- [7] 周建平, 吴季. 统筹空间科学、空间技术、空间应用协调发展的思考 [J]. *中国工程科学*, 2023, 25(2): 59–66.
Zhou J P, Wu J. Coordinated development of space science, space technology, and space application in China [J]. *Strategic Study of CAE*, 2023, 25(2): 59–66.
- [8] 李帅, 申志强, 侯宇葵, 等. 我国空间应用发展总体构想 [J]. *中国工程科学*, 2023, 25(2): 67–78.
Li S, Shen Z Q, Hou Y K, et al. Overall concept of space application development in China [J]. *Strategic Study of CAE*, 2023, 25(2): 67–78.
- [9] 宋国梁. “星舰”第三飞落下帷幕, SpaceX 有望再次颠覆航天发射市场 [J]. *国际太空*, 2024 (4): 6–9.
Song G L. The third flight of Starship came to an end, and SpaceX is expected to subvert the space launch market again [J]. *Space International*, 2024 (4): 6–9.
- [10] 毕俊凯, 肖武平, 何慧东. 2023 年全球航天发射统计分析 [J]. *国际太空*, 2024 (2): 12–16.
Bi J K, Xiao W P, He H D. Statistical analysis of global space launch in 2023 [J]. *Space International*, 2024 (2): 12–16.
- [11] 杨青格, 张帆. 2023 年俄罗斯航天发射任务分析 [J]. *国际太空*, 2024 (3): 28–31.

- Yang Q G, Zhang F. Analysis of Russian space launch mission in 2023 [J]. *Space International*, 2024 (3): 28–31.
- [12] 董宏伟, 孙灼昕. 卫星互联网产业加速发展 开辟万物互联新赛道 [J]. *通信世界*, 2024 (7): 26–29.
Dong H W, Sun Z X. Accelerate the development of satellite Internet industry and open up a new track for the Internet of everything [J]. *Communications World*, 2024 (7): 26–29.
- [13] 刘珺, 王先峰. 新时期我国卫星产业面临的机遇与挑战 [J]. *信息通信技术与政策*, 2021 (10): 44–48.
Liu J, Wang X F. Opportunities and challenges faced by China's satellite industry in the new period [J]. *Information and Communications Technology and Policy*, 2021 (10): 44–48.
- [14] 蚩梦. 下游应用: 卫星产业的蓝海与暗礁 [J]. *卫星应用*, 2023 (9): 15–17.
Chi M. Downstream application: Blue ocean and reef of satellite industry [J]. *Satellite Application*, 2023 (9): 15–17.
- [15] Gu Y, Xu T H, Feng K, et al. ISAC towards 6G satellite-terrestrial communications: Principles, status, and prospects [J]. *Electronics*, 2024, 13(7): 1369.
- [16] 黄涛, 马芳, 郑梦圆. 基于产业链链长思维发展我国卫星通信产业 [J]. *通信企业管理*, 2023 (1): 6–12.
Huang T, Ma F, Zheng M Y. Developing China's satellite communication industry based on the chain length thinking of industrial chain [J]. *C-Enterprise Management*, 2023 (1): 6–12.
- [17] 杨君屹, 赵杰, 王逸璇, 等. 基于卫星网的机载内容自动更新系统的设计与可行性分析 [J]. *数字通信世界*, 2022 (11): 1–3, 7.
Yang J Y, Zhao J, Wang Y X, et al. Design and feasibility analysis of airborne content automatic updating system based on satellite network [J]. *Digital Communication World*, 2022 (11): 1–3, 7.
- [18] 曲春梅, 朱瑞飞, 徐则双, 等. 吉林一号卫星在吉林省中东部松林变色立木监测中的应用 [J]. *卫星应用*, 2022 (3): 35–41.
Qu C M, Zhu R F, Xu Z S, et al. Application of Jilin-1 satellite in monitoring discolored stumps of pine forests in central and eastern Jilin Province [J]. *Satellite Application*, 2022 (3): 35–41.
- [19] 王冬梅, 石一凡, 王轶虹. 江苏省河湖动态遥感监测探索与实践 [J]. *中国水利*, 2024 (11): 52–55.
Wang D M, Shi Y F, Wang Y H. Explorations and practices of dynamic remote sensing monitoring of rivers and lakes in Jiangsu Province [J]. *China Water Resources*, 2024 (11): 52–55.
- [20] 吴玮, 王汇, 苏伟, 等. 基于卫星遥感的铁路灾害监测与评估应用研究 [J]. *航天返回与遥感*, 2024, 45(1): 1–14.
Wu W, Wang H, Su W, et al. Application of satellite remote sensing in railway disaster monitoring and evaluation [J]. *Spacecraft Recovery & Remote Sensing*, 2024, 45(1): 1–14.
- [21] 李彤, 王春月, 范昕桐. 吉林一号卫星在盐碱地精细提取中的应用——以吉林省乾安县为例 [J]. *卫星应用*, 2023 (3): 61–66.
Li T, Wang C Y, Fan X T. Application of Jilin-1 satellite in fine extraction of saline-alkali land—A case study of Gan'an county, Jilin Province [J]. *Satellite Application*, 2023 (3): 61–66.
- [22] 李卓键. 关于加快发展吉林省商业遥感卫星产业的研究分析与思路途径 [J]. *中小企业管理与科技*, 2021 (7): 43–44.
Li Z J. Research analysis and thinking way of accelerating the development of commercial remote sensing satellite industry in Jilin Province [J]. *Management & Technology of SME*, 2021 (7): 43–44.
- [23] Saha S K. Remote sensing and geographic information system applications in hydrocarbon exploration: A review [J]. *Journal of the Indian Society of Remote Sensing*, 2022, 50(8): 1457–1475.
- [24] 丁庆. 基于卫星遥感的一体化综合管理平台在南疆天然气利民工程中的应用 [J]. *卫星应用*, 2024 (6): 63–67.
Ding Q. Application of an integrated comprehensive management platform based on satellite remote sensing in the natural gas project benefiting the people in Southern Xinjiang [J]. *Satellite Application*, 2024 (6): 63–67.
- [25] Li S Y, Wang R, Wang L, et al. An approach for monitoring shallow surface outcrop mining activities based on multisource satellite remote sensing data [J]. *Remote Sensing*, 2023, 15(16): 4062.
- [26] Wang C J, Zhou H M, Zhang G D, et al. High spatial resolution leaf area index estimation for woodland in Saihanba forestry center, China [J]. *Remote Sensing*, 2024, 16(5): 764.
- [27] Wu J, Yang S, Zhang X. Evaluation of the fairness of urban lakes' distribution based on spatialization of population data: A case study of Wuhan urban development zone [J]. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 2019, 16(24): 4994.
- [28] Mu H X, Liu C, Xu L X, et al. Onshore hydrocarbon seep detection using the GF-5 hyperspectral image: A case study in the Karamay Area, NW China [J]. *Journal of Maps*, 2023, 19(1): 2186276.