

行业洞察

AI与机器人深度结合，太空探索 进入无人化时代

企业标签：中国航天科技集团、中国航天科工集团、深蓝航天、中科院自动化所、亚马逊、微软

宇航机器人行业创新发展

China Aerospace Robots Industry

中国宇航ロボット産業

报告提供的任何内容（包括但不限于数据、文字、图表、图像等）均系头豹研究院独有的高度机密性文件（在报告中另行标明出处者除外）。未经头豹研究院事先书面许可，任何人不得以任何方式擅自复制、再造、传播、出版、引用、改编、汇编本报告内容，若有违反上述约定的行为发生，头豹研究院保留采取法律措施、追究相关人员责任的权利。头豹研究院开展的所有商业活动均使用“头豹研究院”或“头豹”的商号、商标，头豹研究院无任何前述名称之外的其他分支机构，也未授权或聘用其他任何第三方代表头豹研究院开展商业活动。

名词解释

- ◆ **宇航机器人：**专门设计用于太空环境作业的智能机械系统，具备在极端条件下执行复杂任务的能力，包括卫星维修、空间站建设、行星探测等功能。
- ◆ **自主导航：**机器人在没有地面控制中心实时指令的情况下，通过内置AI系统独立规划路径、避障和定位的技术，是深空探测任务的核心能力。
- ◆ **边缘计算：**在太空机器人本地进行数据处理和决策的计算模式，减少对地面通信的依赖，提高响应速度和任务执行效率。
- ◆ **计算机视觉：**使机器人能够理解和解释太空环境视觉信息的AI技术，用于目标识别、地形分析、对接操作等关键任务。
- ◆ **强化学习：**通过与太空环境交互学习最优策略的AI算法，使机器人能够适应未知环境并持续改进操作技能。
- ◆ **遥操作：**地面操作员通过通信链路远程控制太空机器人的技术，结合AI辅助减少通信延迟对操作精度的影响。
- ◆ **在轨服务：**太空机器人在轨道上为卫星和空间设施提供燃料补给、部件更换、轨道调整等维护服务的新兴产业领域。
- ◆ **辐射加固：**针对太空辐射环境对电子元件的损害，采用特殊材料和设计技术提高机器人系统可靠性的防护措施。
- ◆ **群体智能：**多个小型机器人协同工作，通过分布式AI算法实现复杂任务的集体智能行为，提高任务执行效率和系统冗余性。
- ◆ **太空制造：**利用机器人技术在太空环境中进行材料加工、组装和制造的工业化进程，包括3D打印、自动化装配等技术。
- ◆ **深度学习：**基于神经网络的机器学习技术，使太空机器人能够处理复杂的感知任务和决策问题，适应多变的太空环境。
- ◆ **星际通信：**太空机器人与地球或其他天体间的数据传输技术，采用先进的信号处理和网络协议应对长距离通信挑战。
- ◆ **太空采矿：**使用自主机器人系统开采小行星、月球等天体资源的新兴产业，需要高度智能化的勘探、开采和运输技术。
- ◆ **轨道维护：**机器人执行的太空垃圾清理、卫星修复、轨道调整等维护任务，保障太空环境的可持续利用。
- ◆ **多模态感知：**整合视觉、雷达、激光等多种传感器数据的AI技术，为太空机器人提供全面准确的环境感知能力。

Chapter 1

宇航机器人：太空探索的智能先锋

- 宇航机器人是指专门设计用于太空环境中执行各类任务的自主或半自主机器人系统。它们能够代替或协助宇航员完成空间站维护、行星探测、卫星服务等危险或复杂的太空作业，是人类拓展太空活动能力的重要工具。
- 这类机器人具有极强的环境适应性，能够承受极端温度、真空、辐射等恶劣太空条件。它们通常配备精密的传感器系统、灵活的机械臂、先进的导航定位技术，并具备一定程度的人工智能，能够自主决策和执行复杂任务，同时可通过远程操控与地面或空间站保持联系。
- 相比人类宇航员，宇航机器人无需生命保障系统，可长时间连续工作，能够进入人类难以到达的危险区域，大大降低了太空任务的风险和成本。随着技术发展，它们正成为深空探测、在轨服务、太空建设等领域不可或缺的角色，为人类太空探索开辟新的可能。

中国宇航机器人行业探析——宇航机器人的定义及分类

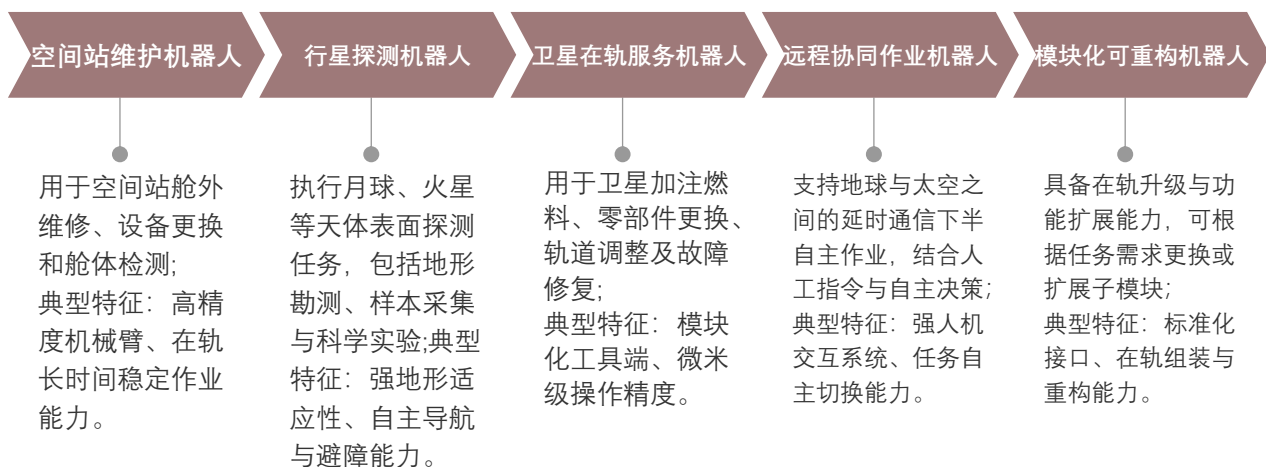
- 宇航机器人是服务于空间探索和航天任务的专用机器人，按功能可分为舱内操作机器人、舱外机械臂、在轨服务机器人及探测类机器人，涵盖辅助操作、维修维护与深空探测等应用

宇航机器人的定义及分类

- 宇航机器人是专门为太空环境设计的自主或半自主机器人系统，能够替代或协助宇航员完成空间站维护、行星探测、卫星在轨服务等高风险或复杂任务。

其显著特征包括：
 极强环境适应性：可承受-150°C至+120°C的极端温度、真空环境及强辐射。高精度感知与操作：配备激光雷达、立体视觉、红外传感器等多模态智能感知系统，并拥有灵活机械臂，支持精密操作。先进导航与自主能力：依托SLAM与星图匹配技术，在无GPS环境下实现厘米级定位和路径规划。任务智能化：利用深度学习持续优化策略，具备环境适应与任务调整能力。高可靠性设计：通过容错冗余与自诊断机制确保长期稳定运行。人机协同与模块化：支持地球-太空远程协同操作，采用可重构架构以实现功能扩展与在轨升级。

宇航机器人分类（按功能与应用场景划分）



传统航天器和AI宇航机器人对比



来源：头豹研究院

中国宇航机器人行业探析——宇航机器人的发展历程

- 空间机器人正由“远程工具”向“智能伙伴”演进，在在轨维护与深空探测中承担越来越关键的任务，推动人类航天活动效率与安全性跨越提升

宇航机器人的定义及分类

■ 空间机器人技术的发展历程体现了人类在太空探索中不断突破的智慧与能力。

从20世纪80年代起，早期的空间机器人主要依赖地面遥操作，人类通过远程指令完成基本的抓取、搬运和探测任务，其功能单一，智能化程度较低。在这一阶段，空间机器人更多扮演的是“远程工具”的角色，主要目标是替代航天员执行危险或重复性工作。进入21世纪，随着机械工程、计算机科学和控制理论的进步，以及视觉识别、智能优化算法等新兴技术的快速应用，空间机器人逐渐具备了局部自主操作能力。在轨作业中，它们以“机器人助手”的身份出现，能够独立完成部分决策与任务执行，显著提升了任务效率和操作安全性，同时有效降低了航天活动的成本。

近年来，人工智能的深度融合使空间机器人在功能和角色上发生质变。通过智能感知、深度学习和决策推理能力，它们不仅能够适应复杂多变的太空环境，还可以在动态条件下自主制定执行策略。这一演进使得空间机器人逐步从“助手”转向“伙伴”，在人类航天员的任务体系中发挥更大作用，承担起更多复杂乃至关键性的工作。在航天器维护领域，目前中国在轨工作的航天器数量已经超过600颗，2023年完成航天发射67次，涉及载荷200余个，未来还将开启探月工程四期和行星探测工程等一系列航天重大工程。然而，在地球同步轨道（GEO），平均每年有2颗卫星因故障需要作离轨处理，4颗卫星提前耗尽燃料，20颗卫星因寿命到期退役，严重制约中国航天事业的进一步发展，迫切需要进行故障维修、辅助展开、燃料加注等在轨维护任务。

未来，随着高性能传感器、先进材料及人工智能技术的持续突破，空间机器人将在自主操控层面实现跨越式发展。



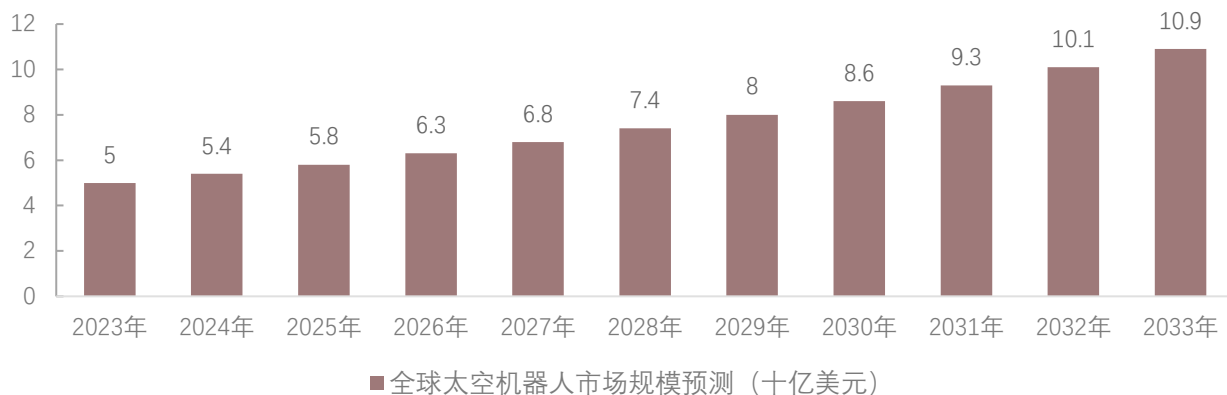
来源：头豹研究院

中国宇航机器人行业探析——太空机器人的市场规模

- 全球太空机器人市场正处于由“辅助探索”向“核心支撑”的转型阶段。在产业需求、技术突破与成本压力的共同驱动下，太空机器人将在未来十年迎来更加广阔的发展前景

宇航机器人的市场规模现状及预测，2023-2033年

全球太空机器人市场规模现状及预测（十亿美元）



■ 全球太空机器人市场正处于稳步扩张阶段。

根据最新测算，市场规模预计将从2023年的约50亿美元增长至2033年的109亿美元，在2024年至2030年的预测期内，年复合增长率（CAGR）达8.10%，体现出较强的发展韧性与长期成长潜力。

这一增长不仅反映了太空探索任务的持续增加，也折射出航天产业对自动化与智能化装备需求的不断升级。从当前发展状况来看，太空机器人已成为航天活动的重要组成部分。无论是在深空探测、空间站建设，还是在卫星维护与在轨服务中，机器人都在发挥着不可替代的作用。相比传统依赖人类航天员的操作方式，太空机器人能够在高风险、强辐射和极端环境中执行任务，大幅提升作业效率与安全性。同时，随着人工智能、视觉识别、智能控制和材料技术的进步，太空机器人具备更强的自主感知与决策能力，正在从“辅助型工具”逐步迈向“独立作业伙伴”。

未来发展方向将主要聚焦于三个方面：第一，深空探测任务的持续拓展，将带动高性能、多功能太空机器人的研发与应用，如月球基地建设、火星探测等。第二，在轨服务市场快速崛起，尤其是卫星加注、维修、更换组件及空间碎片清理，这些任务将对高精度、长寿命机器人提出更高要求。第三，轨道建造与空间制造将成为新兴应用场景，太空机器人将在大型航天器组装、空间基础设施搭建中发挥关键作用，为未来空间经济奠定基础。

典型应用与增长因素

应用领域	增长因素
卫星维护	对卫星维修和保养用机器人手臂需求增加
太空探索	机器人进行行星和卫星探测，减少人类风险，支持远程操作
空间站维护	机器人承担空间站及航天器的维护和修理任务
行星采矿	机器人在其他天体的自主探测和采矿中发挥关键作用
太空旅游	机器人用于人机交互和辅助技术，提升太空旅游体验

来源：头豹研究院

中国宇航机器人行业探析——宇航机器人的发展趋势

- 宇航机器人正沿着“机械臂辅助—智能化探索—多场景扩展—深空自主—人机共生”的演进路径逐步迈向航天作业核心力量，并在深空探测与基地建设中发挥关键作用

全球宇航机器人的目标及未来发展趋势

宇航机器人发展线路图



■ 全球宇航机器人产业呈现出动态变化的趋势

未来的宇航机器人将朝着更高智能化和自主化方向发展。量子计算、生物启发算法和自适应材料技术的融合，将使下一代宇航机器人具备更强的环境适应能力和决策智能。这些技术突破将为人类深空探索开辟新的可能性。通过这些先进技术的集成应用，现代宇航机器人已经能够在极端的深空环境中独立完成复杂任务，为人类探索宇宙奥秘提供了强有力的技术支撑。

技术发展趋势

智能化水平持续提升：未来宇航机器人将具备更强的自主学习和适应能力，能够处理未预设的复杂情况。模块化设计成为主流：通过标准化接口实现不同功能模块的灵活组合，提高任务适应性。群体协作能力：多个机器人协同作业将成为解决复杂太空任务的关键技术。

序号	挑战	使命
1	Survive (生存)	恶劣环境的长寿命、可靠、稳定工作
2	Safe (安全)	目标的安全接近停靠，航天员的安全保证
3	Soft (软体)	仿生软组织机构，自旋目标柔性捕获
4	Sensing (敏感)	复杂光照条件下的目标精确测量、视觉触觉融合
5	Swift (敏捷)	能工巧匠式的精细柔顺操作
6	Smart (智慧)	未知空间环境的知识学习与自主作业
7	Slave (奴隶)	沉浸感遥操作及大时延监督控制
8	Service (服务)	自主维修、燃料加注、模块更换

来源：光子盒研究院，头豹研究院

中国宇航机器人行业探析——空间在轨服务机器人分析

- 中国空间在轨服务机器人已由实验性应用进入实用化阶段，形成机械臂+灵巧手的作业体系，能够支持空间站运行和在轨维护，但在极端环境适应、自主控制精度和长期独立运行等方面仍面临关键技术瓶颈

中国的主要空间在轨服务机器人现状与问题

时间/年	名称	类型	主要任务
2013	试验七号	机械臂	空间碎片观测和空间机械臂操作等空间维护技术科学试验
2016	天宫二号空间灵巧作业机器人	6自由度机械臂和五指仿人灵巧手	验证服务机器人软硬件设计、人机协同关键技术、遥操作技术
2021	空间站天和舱机械臂	7自由度机械臂	舱段转移，设备安装、维修更换，辅助航天员转移，舱外状态监视等
2022	空间站问天舱机械臂	7自由度机械臂	载荷照料、支持航天员舱外活动、舱外状态检查

空间极端环境下机器人操控面临的问题



- 中国空间在轨服务机器人已从实验性探索逐步进入实用化阶段，形成了机械臂与灵巧手相结合的技术体系。

2013年“试验七号”机械臂完成了空间碎片观测与在轨维护实验，2016年“天宫二号”灵巧作业机器人实现多自由度协作验证，2021至2022年空间站机械臂则已能承担舱段转移、设备安装、航天员出舱支持和状态检测等任务，成为空间站运行的重要支撑。然而，在长期在轨任务中，机器人仍面临极端环境适应、复杂光照下感知识别、微重力环境下精密控制、刚柔耦合的高精度稳定操作，以及长期自主运行与冗余备份能力不足等瓶颈，亟需在高性能材料、传感器及人工智能技术方面实现突破。

来源：光子盒研究院，头豹研究院

中国宇航机器人行业探析——为太空而生的人形机器人

- 全球范围内，美国、德国、俄罗斯等国都在致力于研发能在航空航天领域应用的机器人宇航员，并且已经有了一些实际应用案例，中国航天局也一直在进行相关研发工作

太空人形机器人模型分析

样式					
代号	Valkyrie	Robonaut 2	GUTAI G1	Rollin'Justin	AILA
年份	2013	2010	2020	2008	2010
国别	美国	美国	日本	德国	德国
开发者	NASA	NASA、通用汽车	GITAI	德国航空航天中心 (DLR)	DFKI机器人创新中心
高度	190厘米	1010.6厘米	200厘米	195厘米	173厘米
重量	125公斤	149.7公斤	120公斤	199公斤	97公斤
动力	1.8kw双电压电池	电源转换系统	电池或外部电源，取决于应用	52V电池	48V 4.5Ah镍氢电池
自由度	44个	42个	21个	58个	50个
处理器	2个Intel Core i7	38个PowerPC处理器	NVIDIA Jetson 计算模块	4块Mini-ITX主板，配备Intel Core i7四核处理器	3台带有双河CPU的嵌入式PC、基于FPGA的定制控制器等
传感器	摄像头、激光雷达、六轴力扭矩传感器等	超过350个传感器	高分辨率相机和其他视觉和执行传感器	立体相机、陀螺仪、加速度计等	摄像头、短程激光扫描仪、3D飞行时间相机等

来源：光子盒研究院，头豹研究院

中国宇航机器人行业探析——为太空而生的人形机器人

- 太空人形机器人厂商模型主要依托航天机构与商业企业协同，结合人工智能与仿生技术，形成研发驱动、任务导向和产业链协作并行的发展格局

太空人形机器人模型分析

样式					
代号	Toro	Skybot F-850/FEDOR	Kirobo	小天	灵龙
年份	2013	2019	2013	2015年	2021年
国别	德国	俄罗斯	日本	中国	中国
开发者	德国航空航天中心 (DLR)	JPC NPI Android Technics	电通 东京大学尖端科学技术研究中心、Robo Garage、丰田和JAXA	中国航天科技集团八院805所	中国航天科技集团一院18所
高度	174厘米	182厘米	34厘米	/	/
重量	76公斤	160公斤	1公斤	/	/
动力	2个48V、6.6Ah钠离子锰氧化物电池组	连续工作时间为1小时	/	/	/
自由度	39个	/	/	24个	42个
处理器	2台Intel Core i7计算机, 1台Intel Core i3计算机	/	/	/	/
传感器	扭矩传感器、惯性测量装置、Intel Real Sense SR 300等	48个传感器	摄像头和其他视觉传感器	/	摄像头、数据手套等

来源：光子盒研究院，头豹研究院

业务合作

会员账号

可阅读全部原创报告和百万数据，提供PC及移动端，方便触达平台内容

定制报告/词条

行企研究多模态搜索引擎及数据库，募投可研、尽调、IRPR等研究咨询

定制白皮书

对产业及细分行业进行现状梳理和趋势洞察，输出全局观深度研究报告

招股书引用

研究覆盖国民经济19+核心产业，内容可授权引用至上市文件、年报

市场地位确认

对客户竞争优势进行评估和证明，助力企业价值提升及品牌影响力传播

行研训练营

依托完善行业研究体系，帮助学生掌握行业研究能力，丰富简历履历

报告作者



袁栩聪
首席分析师



莫舒棋
行业分析师

• Kay.mo@leadleo.com

业务咨询

- 客服电话：400-072-5588
- 官方网站：www.leadleo.com



商务咨询与深度合作

深圳办公室

广东省深圳市南山区粤海街道华润置地大厦E座4105室

邮编：518057

上海办公室

上海市静安区南京西1717号会德丰国际广场 2701室

邮编：200040

南京办公室

江苏省南京市栖霞区经济开发区兴智科技园B栋401

邮编：210046

方法论

- ◆ 头豹研究院布局中国市场，深入研究19大行业，持续跟踪532个垂直行业的市场变化，已沉淀超过100万行业研究价值数据元素，完成超过1万个独立的研究咨询项目。
- ◆ 研究院依托中国活跃的经济环境，研究内容覆盖整个行业的发展周期，伴随着行业中企业的创立，发展，扩张，到企业走向上市及上市后的成熟期，研究院的各行业研究员探索和评估行业中多变的产业模式，企业的商业模式和运营模式，以专业的视野解读行业的沿革。
- ◆ 研究院融合传统与新型的研究方法，采用自主研发的算法，结合行业交叉的大数据，以多元化的调研方法，挖掘定量数据背后的逻辑，分析定性内容背后的观点，客观和真实地阐述行业的现状，前瞻性地预测行业未来的发展趋势，在研究院的每一份研究报告中，完整地呈现行业的过去，现在和未来。
- ◆ 研究院密切关注行业发展最新动向，报告内容及数据会随着行业发展、技术革新、竞争格局变化、政策法规颁布、市场调研深入，保持不断更新与优化。
- ◆ 研究院秉承匠心研究，砥砺前行的宗旨，从战略的角度分析行业，从执行的层面阅读行业，为每一个行业的报告阅读者提供值得品鉴的研究报告。

法律声明

- ◆ 本报告著作权归头豹所有，未经书面许可，任何机构或个人不得以任何形式翻版、复刻、发表或引用。若征得头豹同意进行引用、刊发的，需在允许的范围内使用，并注明出处为“头豹研究院”，且不得对本报告进行任何有悖原意的引用、删节或修改。
- ◆ 本报告分析师具有专业研究能力，保证报告数据均来自合法合规渠道，观点产出及数据分析基于分析师对行业的客观理解，本报告不受任何第三方授意或影响。
- ◆ 本报告所涉及的观点或信息仅供参考，不构成任何投资建议。本报告仅在相关法律许可的情况下发放，并仅为提供信息而发放，概不构成任何广告。在法律许可的情况下，头豹可能会为报告中提及的企业提供或争取提供投融资或咨询等相关服务。本报告所指的公司或投资标的的价值、价格及投资收入可升可跌。
- ◆ 本报告的部分信息来源于公开资料，头豹对该等信息的准确性、完整性或可靠性不做任何保证。本文所载的资料、意见及推测仅反映头豹于发布本报告当日的判断，过往报告中的描述不应作为日后的表现依据。在不同时期，头豹可发出与本文所载资料、意见及推测不一致的报告和文章。头豹不保证本报告所含信息保持在最新状态。同时，头豹对本报告所含信息可在不发出通知的情形下做出修改，读者应当自行关注相应的更新或修改。任何机构或个人应对其利用本报告的数据、分析、研究、部分或者全部内容所进行的一切活动负责并承担该等活动所导致的任何损失或伤害。

2026 福布斯中国行业发展领创者评选

2026 FORBES CHINA PIONEER INNOVATORS IN
INDUSTRY DEVELOPMENT SELECTION

百年福布斯 权威标杆

行业最具影响力的荣誉殿堂

<覆盖核心赛道>

AI科技 | 新能源 | 医疗健康 | 大消费 | 制造业 | 服务业

<全球媒体矩阵传播>

赋能个人与品牌，提升市场影响力

<设立多重荣誉>

- ①主评选：行业发展领创者
- ②子评选：领军企业 / 创新品牌 / ESG标杆
/ AI企服标杆 / 新锐分析师