

人工智能给太空领域发展带来的机遇与挑战

当前，世界主要国家和地区都在围绕人工智能深度挖掘其在太空领域的应用场景，塑造甚至重新定义太空整体格局，不断为太空发展注入新的活力与动力，也让两者的融合发展有了更深层次的意义。

文 | 李兰 中共中央党校（国家行政学院）图书和文化馆

人工智能与太空领域融合发展

1956年夏季，人工智能发展史上最具有里程碑意义的会议在美国达特茅斯举行，约翰·麦卡锡、克劳德·香农、赫伯特·西蒙等不同学科的科学家会聚一堂，讨论一个当时还基本不能算作研究领域的重大问题，就是“如何用机器来模仿人类学习以及其他方面的智能”。会上正式提出的“人工智能”这一专业术语，标志着人工智能领域正式诞生，并逐步发展成为一门充满活力的学科。1957年10月4日，斯普特尼克1号人造地球卫星从苏联拜科努尔航天发射场发射升空，这是卫星系统、运载火箭与发射场区的第一次成功联动，将人造卫星送入地球轨道。该卫星在当时主要用于获取高层大气密度、无线电电离层传输等方面的测量数据。斯普特尼克1号在轨正常运行共21天，之后又继续绕

地球飞行了71天，共绕地球1440圈，飞行6000万千米，于1958年1月4日再入大气层烧毁。斯普特尼克1号在轨工作时间虽然不长，构造也相对简单，却是世界历史上标志太空时代开启的伟大事件。它的成功不仅实现了技术突破，推动了现代航天科技、卫星通信、全球战略格局的发展，更是彻底改变了人类对太空的认知。

从时间上看，人工智能与人类开发利用太空几乎同时起步，并在日后的发展中始终相伴同行、持续融合。最早期的太空探索应用主要为基本自动化系统，如通过预编程执行信号传输或数据记录功能，从可行性上为太空飞行做了充分准备。

到20世纪60年代，集成计算系统开始支持载人任务，在阿波罗11号登月



赛迪网官方微信



数字经济官方微信

期间，阿波罗导航计算机系统已可实现轨道计算、导航等功能，并在超载情况下，生成故障警报，已具备优先处理关键任务的特质。发展到航天飞机以及国际空间站时代，人工智能工具的开发部署又有质的飞跃，高水平自动化、海量数据处理能力以及先进传感器技术和机器人系统应用，使得航天器自主能力得到极大提升。可以说人工智能的应用经历了平稳发展到指数级增长，尤其是伴随着硬件、计算能力、机器学习算法以及传感器技术的飞速发展，人工智能逐渐在太空应用中扮演更多更重要的角色。

当前，世界主要国家和地区都在围绕人工智能深度挖掘其在太空领域的应用场景，塑造甚至重新定义太空整体格局，不断为太空发展注入新的活力与动力，也让两者的融合发展有了更深层次的意义。虽然也有疑虑认为人工智能是否会取代人类角色，但从现有状况分析，人工智能基本都是在预设的参数环境内运行，无法产生原创性内容，其未来更多的是对人类智力的补充。

太空领域发展新形势

长期以来，太空领域的发展主要是由各国政府主导，以国家利益为第一位，并带有极强的军事背景，二战后美苏冷战时期一度上演为太空军备竞赛，成为美苏竞争大国地位的重要筹码。不仅彰显了军事实力，太空技术的发展更是一个国家经济实力的象征，它既能用于军事目的，也能服务于和平领域。随着以人工智能、信息技术为代表的颠覆性、

创新性技术应用到太空领域，国际社会开发利用太空的力度与速度已远超以往任何历史时期，人类的经济活动、安全活动、科技活动都越来越依赖太空，参与主体也逐渐形成军用、民用、商用三位一体的发展格局。

太空中丰富的资源也吸引了越来越多的国家参与太空活动，除美国、俄罗斯、中国、欧盟等传统国家和地区外，许多小国也在寻求与自身国家相匹配的太空能力，力争在太空开发中取得一席之地。太空活动也已突破探索与发现的领域，太空商业活动在市场需求带动下数量激增，商业航天企业在技术创新中占据的份额不断提升，轨道和频谱资源成为各参与主体的争夺焦点，空间碎片等太空交通安全问题日益凸显。

未来，太空的安全属性必须与地球经济、军事活动需求相匹配，甚至在某些方面超越陆域、海域、空域安全，成为国家安全中最重要的领域。

人工智能赋能太空领域发展

人工智能集成统计学、电子学、信息论、数据库等多学科理论，实现计算机或机器人在无须人类干预的情况下执行“智能”任务的功能。当前时代，人工智能以超越人类传统认知的速度在太空领域铺陈开来，成为对人力的强大补充，有效提升应对数据处理、任务规划、风险管控、多星协同、安全性及自主性等关键能力，推动太空领域经济、科技行为的能力与速度产生革命性转变。

提升遥感数据分析能力

遥感数据指通过卫星等航天器平台搭载的传感器从太空对地球或其他天体进行远距离探测所获取的信息，经分析处理后可形成图像、光谱或数据集，是开展地球观测、环境监测、天气预报等任务的重要依据。人工智能采用先进算法，通过处理大量数据，实现对图像、特征、模式的分析、识别和处理。通过预处理操作，可减少传输至地面站的数据量，从而快速高效地分析遥感数据；利用机器学习模式处理海量数据集，识别趋势和模式，实现对特定趋势的精准预测；还可引导卫星只针对特定感兴趣区域优先进行数据收集，极大提升监测的精准度。可以说，人工智能的应用带来了遥感技术的变革性飞跃，彻底改变了卫星图像的分析与处理方式，使遥感数据更快、更高效、更准确地得以利用，也使得复杂的地球表面测绘成为可能，并极大提升了遥感图像在气象学、水文学和海洋科学应用的认可程度。

提高卫星通信质效

卫星通信为全球用户提供服务，主要包括即时连接、广泛覆盖、高质量传输以及便捷的网络通信等。在严酷的太空环境中卫星通信的可靠性、准确性与效率都将面临严峻挑战，极高温、真空、辐射干扰可能降低卫星性能、中断传输，甚至彻底失效。人工智能具有优异的大量数据处理能力和识别复杂模式能力，能够利用数据分析及先进算法预测并优化特定带宽及功率需求；还可根据环境变化调整波束分配，从而有效支持卫星通信中波束跳变、抗干扰/干扰缓解、

流量预测、异常检测等关键性任务。

实施太空感知及交通管理

随着商业太空行为的迅猛发展，卫星发射数量的激增以及大型星座的出现造成太空拥挤程度显著增大，尤其是近地轨道，几乎承载了全世界90%的运行卫星，但很少有卫星持有者制定可控的轨道移除计划，给正常的太空活动安全带带来威胁。太空态势感知通过跟踪监测空间物体的运动可以预测其未来位置，为太空交通管理提供“眼睛”。人工智能通过算法分析从多个传感器、望远镜和雷达系统收集数据，可实时跟踪、预测物体运动，并通过识别空间物体之间的近距离接近或交汇，为实施规避碰撞操作预留时间；同时人工智能算法可直接在星上处理数据，有效缩短了延迟时间，提升了决策效率，实现快速实施轨道调整；通过机器学习算法还可检测卫星行为或轨迹异常，辅助识别潜在故障或威胁，降低空间碰撞风险，为太空交通管理提供安全可靠的技术支撑。

有效监测航天器与航天员健康状态

随着人类进入太空的频次日渐增高，远距离、强辐射及极端温度等现实情况对航天器与航天员健康状态的影响急需更为实时、有效的监测。航天器在太空环境中运行，高度控制失效、电池问题等是可能出现的故障模式，人工智能用于监测和维护航天器系统，可优化其电力、燃料等资源的使用，利用机器学习模型对星上数据进行收集与分析，可预先识别异常情况或故障状态，甚至识别星上潜在的网络安全威胁。针对航天员

身处微重力、强辐照的太空环境，人工智能能够整合来自生物医学、环境传感器的数据，对航天员的健康状况进行实时监测、评估和诊断，帮助他们应对可能出现的疲劳、脱水、压力以及其他健康问题；人工智能算法还可为航天员定制个性化监测方案，在长期任务中，通过监测语音模式、面部表情等，检测心理健康压力变化，对心理健康问题实施早期介入和干预。

拓展深空探索领域

人类活动的足迹在进一步向深空拓展，近40年来，人类已先后发射过100多个行星际探测器，包括任务规划、导航、控制、故障处理等技术在内，都需要完全自主实施，完全无人干预。人工智能的应用将使航天器系统能够独立自主导航、分析数据及决策，无须等待地球指令，也无须考虑星际与地球间的时间延迟，极大地提高了深空探测任务的可行性、效率和自主性。同时，人工智能应用还将使探测器具备收集、处理大量数据的能力，快速进行数据分析、优化时间分配，加速太空探索进程。伴随太空任务复杂性的不断增加，航天员也可能加入深空任务，应用人工智能对任务整体进行统筹协调，将进一步增强深空长时间长航程领域的探索能力。

人工智能给太空领域带来的挑战

人工智能引入安全与可靠性难题

人工智能的快速发展得益于大量高质量训练数据集、大量高性能硬件处理单元以及高效运行的计算方法等。

ChatGPT、DeepSeek生成的高质量回复很大程度上得益于高质量训练数据集的应用，但针对特殊环境的实际应用也要基于对特殊问题的基本认知，公开的互联网数据来源广泛，虚假、错漏，甚至人为操纵都可能带来数据集的不准确，从而造成人工智能输出无用、错误或混乱的结果，出现一本正经的“胡说八道”。高效人工智能模型所需的大量、准确、可靠、合理的训练数据集针对太空环境往往更加难以实现，尤其是地月空间、深空等特殊环境的相关数据几乎都是不完整或不公开的，很难建立起准确可靠的训练模型供人工智能使用。虽然生成式人工智能工具可通过合成数据来模拟场景及训练模型，但与真实数据的差别具体有多大还不得而知。要将其应用于远离地球、环境恶劣、通信延迟、意外情况频发的太空活动，无疑将存在极大的不确定性。另外，在远离地面的太空环境，航天器的尺寸、重量及能源供应都受到极大限制，航天器上计算处理资源的部署将极为有限，能利用的计算能力也将低于地面环境。

人工智能的本质是信息技术，其本身也存在安全漏洞及安全防御能力不足的问题，在交互使用中可能面临网络攻击、数据被操控或利用等风险，进而对太空安全造成严重影响。只有通过更进一步的发展增加人工智能系统的安全性、可靠性，才能为更深入探索、发展、利用太空做好准备。

人工智能带来法律与制度挑战

人工智能技术发展应用的趋势是逐

步减少人类的干预，在太空领域亦是如此。受距离甚远、时间延迟等因素影响，人工智能辅助下的自主决策能力可极大提升航天任务的时效性，但完全自主的系统有可能出现误判、监管缺失等问题，面对误触的进攻行为、意外冲突等情况将很难界定责任及责任归属，从而造成太空环境的混乱与失衡。

这些潜在问题迫切需要明确、完善的法律与制度体系，保障人工智能在太空领域中可靠、负责任地发展与应用。国际上现有与太空监管相关的法律文件主要涉及太空活动管理、安全、责任以及资源利用等方面，如1967年的《外层空间条约》核心监管目标是“防止太空领土化、限制军事化、规范国家及私营航天活动、促进国际合作与透明”；1972年的《空间物体造成损害的国际责任公约》主要明确“发射国对空间物体造成的损害（如卫星碰撞、碎片坠落）需承担绝对责任或过错责任”；1975年的《关于登记射入外层空间物体的公约》则要求“强制各国登记发射的太空物体（如卫星、火箭），并向联合国提交轨道参数等信息，以追踪太空活动”。这些条约无一例外都旨在要求明确具体的责任主体，确保问责机制。美国及其盟国近些年先后制定发布了《国家太空战略》《太空负责任行为准则》《欧盟太空安全与防务战略》等政策文件，也主要是确定太空领域的优先发展地位，深化太空战略布局，与人工智能应用的关联程度并不高。

2024年3月13日，欧洲议会批准通

过了欧盟《人工智能法》，这是全球首部人工智能法案，主旨在于保护基本权利、民主、法制和环境可持续性免受高风险人工智能的影响，同时促进创新，并根据人工智能的潜在风险和影响程度规定了人工智能的义务。该法案采用风险分级的方法，将人工智能系统分为四个等级，并逐级上调监管强度。涉及太空安全领域的人工智能系统属于何种风险等级还不明确，具体的监管要求也无法统一。

目前，还没有任何级别的具体标准能够应对人工智能给太空领域带来的特殊挑战。太空活动主要参与国及相关国际组织需要加速填补法律和制度空白，针对上述问题制定明确的政策、制度和法规，加强国际合作，建立坚实有力的监督框架，以保障人工智能在太空领域中规范、安全、有效地应用。

结束语

人工智能已成为现代太空领域探索与操作不可或缺的工具，显著提升了空间任务的自主性、安全性与执行效率。当前世界各国都在积极利用人工智能推动太空力量的建设与发展。但人工智能的应用犹如一把“双刃剑”，在赋能太空领域发展的同时，给安全可靠、法律制度规范等方面也带来不可忽视的挑战。要综合考虑人工智能技术本身的优势与缺陷，同时加强规范与制度建设，确保人工智能在太空领域的应用能够发挥最大优势。

责任编辑：金焯 zhouhl@staff.ccidnet.com