

人工智能在航天领域的应用与思考

航天是探索和利用外太空的重大工程，人工智能技术应用将会带来航天装备制造、航天员训练、载人航天飞行任务执行等方面的智能化变革，为航天事业发展注入了新引擎和新动能。

文 | 姚志 王焰磊 赵东明 中国航天员科研训练中心
黄伟芬（通讯作者） 中国航天员科研训练中心

一、人工智能赋能航天工程的机理分析

当前，我国人工智能发展取得积极进展，在数字孪生、智能算法、智能芯片、图像识别、语音识别、专家系统、机器学习等关键核心技术领域取得了重要突破。在航天领域，通过 AI 技术实现了人、航天装备、控制系统等核心要素的相互识别、实时联通、高效控制、及时反馈，加速促进了航天员训练、复杂任务决策、航天器设计生产验证等智能化升级。

（一）有助于提升航天员训练效果

人工智能虚拟现实技术借助计算机系统及传感器技术生成三维环境，创造出

一种崭新的人机交互方式，通过调动用户的各种感官来感受更加真实的、身临其境的体验。虚拟现实技术在航天员训练方面发挥着至关重要的作用。虚拟现实训练系统集成沉浸显示技术、感知交互技术、三维渲染技术、基于物理的系统仿真等，能够营造人在回路的、逼真的、可虚实融合交互的训练场景得到广泛的应用，同时机器学习、机器人专家系统等人工智能技术也在航天员训练中发挥了明显作用。

（二）有助于优化航天复杂任务决策方式

如今，数字孪生技术在航天复杂任



赛迪网官方微信



数字经济官方微信

务决策、工程验证与任务推演、飞行器故障预测与处置、在轨医学管理等方面的重要性愈加明显。在轨飞行期间人工智能广泛应用于医疗、在轨锻炼、食品和营养、心理健康、飞行器应急等领域，确保了航天器、设备和人员的安全健康。此外，人工智能在飞行器控制中的应用，如辅助或完全自动驾驶的应用，进一步提高了飞行的安全性和可靠性。

（三）有助于变革航天装备生产方式

过去十几年，基于模型的系统工程在解决跨学科、跨领域复杂问题上发展迅速，随着AI技术进步，系统工程也在加快数字化转型，AI4MBSE（AI for MBSE）通过整合人工智能技术来增强MBSE的能力，从而提高系统设计和开发的效率与质量。航天装备设计、生产模式已从传统工业模式转向应用MBSE数字建模的手段开展系统工程研制模式，用于支持系统需求、设计、分析、检验与确认活动，人工智能加快了航天装备研发的效率，加速打造以自主可控、数据驱动、平台支撑、智能主导为特征的新型航天装备制造体系。

二、人工智能在航天领域的典型应用场景

在人工智能赋能航天的新时代，航天相关单位从航天员训练到任务决策以及装备研制等环节中挖掘“人工智能+场景”的可能性。

（一）人工智能+航天员训练

人工智能虚拟现实技术集成融合，在航天任务环境模拟技术基础上，基于大

量实验数据和环境数据，精准模拟航天器平台、舱外作业、月球表面及深空等特殊航天任务环境，也可通过虚实融合的增强现实技术在真实设备和场景上叠加虚拟设备或场景，形成虚实结合的新型仿真系统，使人在回路中参与并体验航天任务。

机器学习与航天员训练相结合，建立训练数据库与训练反馈系统，通过自动解析航天员操作的视频与图像，检测、分解出人体姿态的二维与三维解析结果，以及距离、速度、加速度、角速度等量化指标，有助于深入进行物理学分析，给出技术动作的分析结果，对优化操作规范、提升训练效果、客观评价绩效能力有显著帮助。通过长时间、多任务、大样本的数据积累与数据分析，可以总结出航天员技能形成规律和技能遗忘效应，提出合理可行的训练方法及评价指标体系，建立新型高效的训练系统和评价模型。

机器人专家系统，通过智能融合文本、语音、视频、图片、课件的大数据信息，形成航天员专业知识库，可以进行信息的智能查询、专业性问题交互、知识考评等，可以用来高效辅助航天员完成训练和飞行任务管理。同时，通过开发人体面部表情实时识别系统，也可以对航天员的情绪进行及时准确的判断，为航天员的心理调适提供有效支撑。

（二）人工智能+复杂任务决策

采用数字孪生开展飞行器天地伴飞，根据大量的天地数据研读，掌握飞行任务规律。采用AI技术辅助，建立针对性

的伴飞模型，自主运营模拟。集中有效数据，建立以大数据为驱动的复杂任务决策系统，高仿真人在回路的模拟能力。可以支持自主有人运营的确认及训练，可以在重大飞行阶段、飞行器排故、大型联合演练中为地面复杂任务决策提供技术支撑。

在轨医疗领域的医疗决策支持软件和信息系统可以指导航天员进行诊断和治疗，提供电子监控记录和信息跟踪的医疗数据，使用集成数据架构产生数据驱动的医疗决策建议。医学成像、诊断治疗技术和医疗决策支持软件与信息系统相结合，能够满足日益增长的独立于地球的医疗能力需求。医疗风险模型和权衡分析工具利用地面和航天飞行循证数据库，为任务专属医疗概念、系统设计和改良提供信息，推动实现“半自治”行为健康和绩效的医疗能力。

在轨锻炼的信息控制台能够集成来自各种不同锻炼设备、航天器系统和人体生理数据，支持智能数据处理并建立人-系统互动界面。平台可以给航天员和地面医疗实施团队提供航天员健康状况的信息，预测乘员健康和绩效能力的变化，并提供调整对抗措施的指导（如锻炼方案更新）。体育锻炼对抗措施和评估工具，能够在微重力和减重力环境下监测生理健康，并持续探索关键任务的工作绩效。

食品和营养领域的食品管理系统保证了任务期间具有充足的食物种类，可以防止“菜单疲劳”，通过食品摄入跟踪，可以监测食品供应与摄入需求的匹配性，

避免热量摄入不足，从而在不断增加时长和独立于地球的任务期间，保持乘组的健康。

心理健康领域的航天员心理陪伴与任务优化智能系统，通过分析航天员绩效数据、身体数据、日程数据、心理咨询知识库等，感知航天员情绪变化，为封闭的航天环境中的航天员提供情感陪伴，有效缓解因长时间太空飞行带来的心理压力。

飞行器应急领域的故障预警和报警系统，通过持续监测和分析来自航天器的运行与配置数据，能够精准预测潜在的系统故障，并在故障发生前进行预防性处置。在应急故障处置方面，人工智能能够协助航天员与地面工作人员迅速识别故障类型，并根据预设的应急响应策略，主动生成处置方案。

（三）人工智能 + 航天器设计与制造

人工智能和先进制造等技术集成融合在航天装备设计与制造领域催生出具有感知、决策、执行、自主学习及维护等自组织、自适应的智能生产系统。

在工程早期，采用实物手段搭建装备验证评估平台制造难度大、周期长、成本高，且不能满足工程设计对方案快速迭代的需求；基于数字的仿真与推演验证是航天工程验证评估的重要技术手段，能够根据技术状态快速响应，方便进行各种方案的对比与验证评估。

在航天服设计中，航天服数字化设计流程采用基于模型的系统工程思想、方法、工具和手段，与工程现有研制流程有机融合，提升设计的系统性和完备性，

建立航天服数字化模型，以模型为载体支持需求分析、设计、验证和确认等活动，将统一数据源贯穿整个工程研制的全过程，提升研制过程精细化管理水平和研制效率。

在航天器设计环节，通过深度学习大数据分析，人工智能能够精确优化航天器的结构设计，降低能量消耗，提高安全可靠性和提升航天器的性能和效率。而在航天器制造过程中，机器学习技术的引入则进一步优化了生产流程。通过对生产数据的实时监测和分析，机器学习能够精准预测制造过程中的潜在问题，提高制造精度和效率。同时，智能生产系统还能够实现生产设施的协同化运作，确保生产过程的流畅性和稳定性。

三、进一步推动人工智能赋能航天领域发展的建议

为充分发挥人工智能技术创新的活力，进一步发挥人工智能的赋能作用，建议从以下几个方面加快推进航天领域的人工智能创新和应用。

（一）加强核心技术研发

一是构建人工智能赋能航天大数据平台。整合航天领域的训练数据、实验数据、环境数据、地面数据及任务数据，建立统一的数据标准和系统间共享机制，为人工智能算法的优化提供丰富的数据源。二是深化人工智能算法研究。针对航天领域的特殊需求，加强深度学习、强化学习等先进算法的研究与应用，提升人工智能在航天领域的精准度和效率。三是推动智能硬件升级。加大对智能传

感器、处理器、执行器等关键硬件的研发力度，提高其在太空极端环境下的稳定性和可靠性，为航天装备智能化提供坚实的物质基础。

（二）强化创新应用推广

一是深化人工智能与模拟训练的融合。利用虚拟现实技术构建虚拟的航天任务环境，结合人工智能的智能决策和交互能力，为航天员提供更加真实高效的训练体验。二是拓展航天领域的人工智能应用场景，提升航天任务的执行效率和安全性。三是促进人工智能与其他领域的跨界融合应用。加强人工智能与未来太空技术等领域的融合，推动人工智能技术在航天领域的跨界应用和创新发展，打造更多智能化外太空探索场景。

（三）完善发展环境建设

一是制定人工智能+航天发展专项规划。明确人工智能在航天领域发展的目标、路径和重点任务，为人工智能技术在航天领域的应用和推广提供清晰的指导与支持。二是加大政策扶持力度。鼓励研究机构、高校、企业积极参与人工智能技术的研发和应用，推动形成产学研用协同创新的良好生态。三是加强国际合作与交流。积极参与国际航天智能领域的合作项目和研究计划，交流国际先进经验和技术成果，进一步提升我国航天智能领域的国际竞争力。

责任编辑：杜玢翰 dubh@staff.ccidnet.com