

2025年招生计划

1. 博士论文研究方向： 基于增量式模仿学习的星球车智能控制技术研究

选题类别：☐基础性研究

☐应用性研究

☐工程技术攻关研究

☐新开辟的研究方向

☒已有研究方向的继续

☐其他

2. 博士论文的选题背景及意义和主要研究内容简介

1. 研究目的及意义

我国已成功发射了玉兔号、祝融号等星球车，其运动控制主要采用“地面遥操作+有限器上自主”的半自主探测方式。然而，星球探测存在环境复杂不确定、通讯时延大、以及器上资源约束严苛等难题，导致星球车面对多维、非线性约束场景时的智能化水平严重受限，地面工作人员遥操作工作量巨大，探测效率低。因此，如何有效提升探测器的器上自主水平，实现在未知不确定星表环境中的自主类人操控，保证探测任务安全、高效地完成，已成为星球移动机器人亟待解决的重要科学问题之一。因此，本项目拟基于地面遥操作的人机协同交互数据集与模仿学习理论，开展星球车由地面遥操作→半自主遥操作→全自主的智能化演进方法研究。

本项目的研究成果能够有效提升星球车面对未知环境的适应性与自主机动控制性能，加快星球车由地面遥操作到全自主的演变进程，为星球探测任务提供理论支撑及可行性技术方案，对未来星球探测工程中的星球车全自主表面巡视、多地取样归集、移动采集和设施建造等操控任务具有重要的意义。

2. 研究内容

本课题基于地面遥操作的人机交互过程与深度强化学习理论，以建立星球车智能演变方法为目标，重点研究地面遥操作与器上自主的协同作业机制、基于人机协同遥操作的增量式模仿学习方法。

（1）基于地面遥操作与器上自主的星球车人机协同控制技术研究

针对星球车在多苛刻约束下，人机协同作业面临的指令可信度评估难题，本项目拟构建通过性与安全性评价方法，提出星球车全驱动轮力矩智能分配方法，建立全局与局部运动的耦合规划决策方法；建立融合地面力学、月球车动力学、虚拟力的从端机器人模型，基于前馈补偿与阻抗控制算法，建立基于月球车双边遥操作方法；基于环境与运动信息构成的多维任务空间，提出基于任务空间的加权矩阵设计方法，实现地面遥操作与器上自主的人机协同作业机制。

（2）基于遥操作增量式模仿学习的星球车器上自主智能演进技术研究

针对星球车器上自主水平较低与智能化程度受限的难题，本项目拟提出基于人机协同操作数据逐步提升星球车自主探测水平的解决方案，建立基于人机协同操作方法的增量式模仿学习框架；实现星球车对地面操作者行为决策模型的深度类人模仿，通过自动学习、自动更新，逐步完成星球车由遥操作到全自主的智能演进；研究星球车在自主、遥操作、人机协同、模仿学习等多运动模态下的自主切换策略，形成基于增量式模仿学习的星球车智能控制理论与技术。

（3）星球车智能控制系统集成与演示验证

本项目拟基于前两部分研究成果，进一步设计星球车智能控制系统的技术框架，实现各分系统软硬件开发及系统集成，研制星球车原理样机实验验证平台；模拟松软、崎岖等星表环境，开展星球车遥操作到全自主演进过程的实验与演示验证，对前述关键理论与技术进行迭代优化。

3. 创新点

（1）基于任务空间加权矩阵的人机协同作业机制

针对星球车在多苛刻约束下，人机协同作业面临的指令可信度评估难题，本项目构建了通过性与安全性评价方法，提出了星球车全驱动轮力矩智能分配方法，建立了全局与局部运动的耦合规划决策方法；基于环境与运动信息构成的多维任务空间，创新地提出了基于任务空间的加权矩阵设计方法，实现地面遥操作与器上自主的人机协同作业机制。

（2）基于增量式模仿学习的星球车器上自主智能演进技术

针对星球车器上自主水平较低与智能化程度受限的难题，本项目创新地提出了基于人机协同操作数据逐步提升星球车自主探测水平的解决方案，建立了基于人机协同操作方法的增量式模仿学习框架，实现星球车对地面操作者行为决策模型的深度类人模仿，通过自动学习、自动更新，逐步完成星球车由遥操作到全自主的智能演进。

3. 该选题所依托的科研项目或研究经费来源情况

（1）面向月球探测的移动机械臂变时延多边动力学遥操作技术研究， 国家自然科学基金面上项目， 58万，2022-01 至 2025-12，主持

（2）移动机械臂人机协同作业技术，纾困项目，15万，2023-05 至 2025-05，主持

（3）施工现场无人化物料水平运输机器人研究与应用，企业横向，619万，2022-07 至 2025-06，主持

| | | |
|---|--|--|
| 2025年招生计划 | | |
| 1. 博士论文研究方向：人形机器人沉浸式遥操作技术研究 | | |
| 选题类别： <input type="checkbox"/> 基础性研究 <input type="checkbox"/> 应用性研究 <input checked="" type="checkbox"/> 工程技术攻关研究 <input type="checkbox"/> 新开辟的研究方向 <input type="checkbox"/> 已有研究方向的继续 <input type="checkbox"/> 其他 | | |
| 2. 博士论文的选题背景及意义和主要研究内容简介 | | |
| <p>1. 研究目的及意义</p> <p>人形机器人以其肢体灵活、作业能力强等特点，我国逐渐将机器人研究重心转移到人形机器人方向上，由于起步较晚，目前还存在着机器人对野外、灾后等复杂环境的适应能力低，遥操作临场感不足等难题，导致机器人在作业中无法对突如其来的障碍做出及时应对。因此，如何提升遥操作中操作者的临场感以及机器人自主作业能力，保证救援等任务安全、高效地完成，已成为当前人形机器人亟待解决地重要科学问题之一。本课题拟基于环境及机器人自身动力学约束开展分层规划控制，搭建沉浸式遥操作控制及模仿学习网络框架，开展人在环沉浸式监督与机器人自主作业相结合的智能控制方法研究。</p> <p>本项目的研究成果能够有效提升人形机器人对复杂环境的适应性与自主机动控制性能，加快机器人由遥操作到全自主的演变进程，为野外探索、抢险救灾任务提供理论支撑及可行性技术方案，对未来危险场景中的人形机器人沉浸式遥操作及全自主清障救援、移动采集、包裹拆卸和设施建造等操控任务具有重要的意义。</p> <p>2. 研究内容</p> <p>本课题考虑人形机器人作业过程中与环境之间的交互过程并基于沉浸式遥操作及模仿学习理论，以建立人机协同智能交互方法为目标，重点研究考虑环境物理约束的人形机器人全身规划控制方法、基于沉浸式遥操作及模仿学习的人机协同交互作业机制。</p> <p>（1）考虑物理约束的人形机器人全身分层规划及控制方法研究</p> <p>针对复杂野外、灾后环境，考虑机器人与环境间的物理交互及自身运动约束，本课题拟构建人形机器人整体动力学模型，提出肢体运动中的合理分配方法，实现机器人整体最优作业位形作业；搭建轨迹优化-简化模型-全身动力学分层式规划控制框架，根据环境及动力学模型约束对复杂环境下机器人动作轨迹进行优化，提出机器人重心稳定性维持及判定方法，形成机器人自身底层智能控制理论与技术。</p> <p>（2）基于沉浸式遥操作及增量式模仿学习的人形机器人人机协同控制方法研究</p> <p>考虑多变环境对操作者环境感知程度的需求，本课题拟搭建基于VR设备的沉浸式遥操作框架，提升操作者与机器人人机协同的临场感；考虑救援等任务的复杂化及操作者疲劳作业的影响，搭建模仿学习网络框架，提升人形机器人自主作业能力；考虑模仿学习过程中的失误概率，将机器人动作决策结果进行可视化预测呈现，搭建力反馈双向遥操作框架，提出人在环在线监督干预方法及机器人反向动作指导技术，提升遥操作框架的通用简易化，实现操作者零经验遥操作与机器人增量式自主学习相结合的双向学习智能演进。</p> <p>（3）人形机器人智能控制系统集成与演示验证</p> <p>本课题拟基于前两部分研究成果，进一步设计人形机器人智能控制系统的技术框架，实现各分系统软硬件开发及系统集成，开发人形机器人原理样机实验验证平台；模拟野外、灾后等复杂环境，开展机器人全身规划控制及人在环协同控制的实验与演示验证，对前述关键理论与技术进行迭代优化。</p> <p>3. 创新点</p> <p>（1）面向人形机器人的全身分层规划器设计</p> <p>基于人形机器人作业环境的复杂多变及自身动力学约束，搭建轨迹优化-简化模型-全身动力学分层式规划控制框架，根据环境及动力学模型约束对复杂环境下机器人动作轨迹进行优化，提出机器人重心稳定性维持及判定方法，形成机器人自身底层智能控制理论与技术。</p> <p>（2）基于沉浸式遥操作的人在环双向学习智能演进技术</p> <p>考虑遥操作控制中操作者临场感较差、对操作者熟练度的需求过高以及模仿学习存在失误等难题，提出了基于沉浸式遥操作的机器人模仿学习及在线指导方法，搭建双向力反馈遥操作控制及模仿学习自主控制框架，在机器人作业过程中操作者对复杂动作的在线学习以及对作业精准度的在线干预，实现操作者及机器人双向学习，推动机器人由遥操作到全自主的智能演进。</p> | | |
| 3. 该选题所依托的科研项目或研究经费来源情况 | | |
| <p>（1）面向月球探测的移动机械臂变时延多边动力学遥操作技术研究， 国家自然科学基金面上项目， 58万，2022-01 至 2025-12，主持</p> <p>（2）移动机械臂人机协同作业技术，纾困项目，15万，2023-05 至 2025-05，主持</p> <p>（3）施工现场无人化物料水平运输机器人研究与应用，企业横向，619万，2022-07 至 2025-06，主持</p> | | |