

六、预计招收博士生的课题研究方向和研究工作简介

1. 博士论文研究方向：        着陆移动一体化的载人月球车移动系统研究

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

选题背景及意义：

中国的载人登月计划逐步开展，载人月球车移动系统的是一项重要的研究内容。传统上，载人月球车安装于着陆器上方，着陆器下部具有缓冲支腿，由缓冲支腿吸收着陆冲击。由于着陆器体积庞大、结构复杂，占用大量宝贵的发射重量。针对这种情况，开展载人月球车移动系统的着陆移动一体化研究。

载人月球车的具有摇臂式悬架和弹簧阻尼吸震器，用于吸收冲击的能力。在月球着陆末段，载人月球车由反推发动机减速、悬停、选择着陆点（参考嫦娥三号着陆器工作过程）；而后将载人月球车抛向月面，月球车车轮直接接触月，由月球车底盘吸收全部着陆冲击。着陆后，载人月球车使用同一套底盘行驶。这就是着陆移动一体化的含义。由于免除了着陆器，这种方案节省了大量发射重量，具有明确的技术优势。

在星球车移动系统领域，课题组完成了玉兔号月球车、中国火星车的移动系统设计，是国内最优秀的团队。有载人月球车方面，课题组于2012年开展研究，积累了深厚的技术资料 and 实验条件。

主要内容：

1、着陆行走一体化移动系统方案研究

载人月球车具有各轮独立驱动、独立转向、车体调姿功能。除此之外，移动系统能够吸收着陆缓冲。在这种约束下，考虑移动系统在实际使用中可能的工况，进行移动系统方案研究。

2、载人月球车着陆动力学特性分析及稳定性研究

载人月球车着陆时不仅有纵向冲击，还有少量水平速度，这对其抗倾覆性能提出要求。在着陆阶段，载人月球车车轮处于被动轮状态，但转向机构处于锁死状态，因此其前向稳定性和侧向稳定性是不同的。另外，载人车在着陆时不可能具有一定的俯仰角和自旋。结合这些因素，对载人车着陆过程进行动力学分析，研究其各向着陆稳定性。

3、移动系统操纵及行驶特性研究

在行驶与操控方面，载人月球车与普通地面车辆有很大差别。首先，载人月球车各轮独立驱动，各轮驱动力矩间没有类似差速器机构进行自行协调；其次，载人月球车各轮独立转向，而且车轮无法反驱转向机构。在这种条件下，载人月球车在通过性、行驶稳定性、操作手感方面与地面车辆差别极大。针对这种区别，估计潜在的风险，并做出针对性的设计。

4、着陆行走一体化载人月球车实验样机研制及实验研究

完成样机研制，并进行实验研究。检验载人星球车移动系统的通过性、操纵性、着陆稳定性等设计目标。

3. 该选题所依托的科研项目或研究经费来源情况

实验室受航天院所委托开展此项研究，资金由甲方提供。

2019年招生计划

六、预计招收博士生的课题研究方向和研究工作简介

1. 博士论文研究方向：          重载六足机器人脚力优化控制研究

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

我国是多山地国家且灾难频发，地震、山体滑坡等自然灾害对道路造成破坏导致灾区物资补给、救援人员输送困难，使得轮式和履带式行进方式在特殊地形条件下的局限性日益凸显。相比之下，作为移动机器人的另一种重要形式，足式移动机器人在移动过程中能够自由地选择支撑点并且能够随时随地地进行姿态调整以保持机身稳定，因此其能够比轮式或履带式移动机器人更加从容地应对复杂地形的挑战，并在实际应用中展现出了优越的机动性与灵活性，于是足式机器人研究日益受到了学者的重视。足式机器人根据腿的数量可分为单足、双足、四足、六足、八足等形式，其中六足机器人凭借着其优秀的稳定性和承载能力以及相对八足机器人更为简单的结构成为了复杂环境下人员和物资运输的最优构型。

欲实现稳定可靠的步行，六足机器人除了要满足机体重心的稳定性以外，还要满足机体作用力的平衡以及脚底作用力的约束等，所以多足步行机器人的力控制也非常重要。由于六足机器人关节自由度数多于机体平衡方程的个数，因此不可能根据力平衡方程的求解获得关节力矩的控制变量，且约束也比较复杂，包括机体力平衡、每个关节所承受的力矩必须在额定范围内等。针对以上问题，本课题在建立的机器人足地作用力学模型基础上，建立稳态行走的足力优化模型，并基于动力学约束、驱动约束、支撑腿安全性约束对足力优化模型进行简化。对典型扰动下的实时脚力分配规律与优化方法进行研究，探索脚力分配与运动姿态之间的关系，在此基础上研究六足仿生机器人由于足端打滑、重心变化、地形起伏、沉陷等情况产，的惯性扰动对脚力分配的影响，以及大冲击扰动下六足仿生机器人的脚力优化分配问题，进而对机器人的足地接触力进行优化与控制。

3. 该选题所依托的科研项目或研究经费来源情况

国家自然科学基金面上项目：基于足地作用的重载六足机器人脚力分配与优化研究（51575120）。

六、预计招收博士生的课题研究方向和研究工作简介

1. 博士论文研究方向：可重复使用火箭着陆机构设计、分析与地面等效实验研究

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

可重复使用运载器是航天运输系统发展的必然方向，它不仅具有重要的民用价值，更具有重大的政治和军事价值。美国在可重复使用运载器方面的研究较早，投入较大，1981年哥伦比亚图1-号航天飞机首次飞行成功，但由于航天飞机的维修费用远大于预期费用，限制了其发展，使其最终退出可重复使用运载器的舞台。同时各航天大国也纷纷推出自己的第2代可重复使用运载器。以美国为代表的航天大国近年来在可重复使用运载器领域发展迅猛。蓝色起源（Blue Origin）公司和SpaceX公司相继实现了陆地、海面的运载器回收测试。目前，美国已掌握了该项技术，相关前沿技术暂时属于技术保密状态。相对而言，我国在该领域仍处于探索阶段，尚未开展针对着陆机构及其箭体回收试验的相关研究工作，因此，开展重复使用运载火箭垂直返回着陆机构与箭体回收工况模拟技术研究，对加快我国重复使用运载火箭技术发展、降低我国航天运输成本、提高运载能力具有重要意义。

本课题聚焦于可重复使用运载器回收末期的着陆阶段，主要开展的研究内容如下：

（1）大收展比、轻量化、高刚度可重复使用火箭着陆机构设计与优化

（2）高性能驱动-缓冲-吸能一体化设计

（3）着陆机构冲击动力学建模与多参数耦合着陆稳定性分析

（4）地面回收等效实验研究

3. 该选题所依托的科研项目或研究经费来源情况

“十三五”民用航天项目 “XXX着陆支撑机构”  
航天科技创新基金（CAST）项目 “垂直起降重复使用运载器着陆机构设计研究”