

2025年招生计划

1. 博士论文研究方向：星表高速车辆行驶动力学特性；载人星表移动系统人机共驾权限转移；高冗余索驱并联系统的张力分布计算方法

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) 星表高速车辆行驶动力学特性分析及其稳定性控制：地外星球表面重力场低（月表为地球的1/6，火表为地球的3/8）、地形崎岖、星壤松软多变，弱重力载荷（静载荷）动力学约束下，车辆高速行驶过程中崎岖地形，星球车会面临严重的车轮附着和车身摆动问题。此外，车辆在崎岖地形高速行驶过程中，车轮与地面接触点会高频发生非连续变化，导致车轮运动状态的突变，这种突变会导致轮驱电机的内力对抗，恶化车轮附着、降低整车通过性能、增加能量消耗。因此，针对星表高速移动车辆所特有的问题，对星球车高速行驶过程进行动力学分析，揭示崎岖地形中整车附着稳定性及驱动协调性机理，并针对两者之间的耦合效应进行分析，设计主动调控策略来实现整车主动附着和高效驱动控制，提高整车的附着及驱动行驶稳定性。拟开展的主要研究内容包括：（1）考虑低重力约束的星球车高速移动动力学建模；（2）整车高速移动附着稳定性及驱动协调性机理研究；（3）考虑附着稳定性及驱动协调性的整车主动调控策略研究；（4）星表高速移动车辆行驶稳定性实验与评估分析研究。

2) 载人星表移动系统人机共驾权限转移及协调控制方法：星表低重力和松软崎岖地形不仅影响移动系统的稳定性，也极大的增加了宇航员驾驶的难度。星表的光照条件影响宇航员的视距，宇航员着服和低重力状态也会造成操作的灵活性下降。当载人车行驶在极限工况下，宇航员的操纵失误会使车辆的稳定性急剧恶化。为实现驾驶权限的转移，在移动系统层面需要完成两个内容：首先基于安装在移动系统上IMU、视觉传感器等检测车辆的运动状态，其次根据移动系统失稳机理建立载人车的稳定性判据；在宇航员层面也需要完成两方面的工作：基于宇航员操作状态判断宇航员是否能够继续驾驶载人车，宇航员驾驶个人驾驶意愿及辅助驾驶需求分析。基于上述两方面的分析建立载人月球车的人机共驾权限分配原则及无人自主驾驶的介入准则。在此基础上，考虑不同的驾驶需求，进行驱动子系统、转向子系统及主动悬架系统的控制权限转移策略，同时建立各个子系统之间的底层协调控制策略。拟开展的主要研究内容包括：（1）多传感器融合的移动系统运动状态估计方法研究；（2）系统瞬态稳定性判据及主动介入准则建立；（3）考虑人机共驾状态的协调控制策略研究；（4）崎岖多变地形的移动系统人机共驾策略及协调控制地面试验与评估。

3) 索驱并联系统是一种使用多根并联绳索来驱动末端执行器的机器人。由于绳索只能受拉不能受压，多索并联系统往往采用冗余驱动的方式，即绳索数多于自由度数。绳索张力可行解的数量是无穷的，需通过张力分布算法来选取唯一张力特解。利用计算几何方法，2冗余度的8索6自由度的机器人张力可行域可表示为2维平面凸多边形，被记录为有序顶点集合，张力特解为其中的点。2冗余度的张力可行域顶点坐标可采用2维矩阵表示，顶点之间的拓扑关系表示为1维的数组。推广至m-n冗余度的m索n自由度机器人，张力可行域被表示为m-n维的点集合，张力特解为内部点。张力可行域顶点坐标仍可采用2为矩阵表示，但顶点之间的拓扑关系则为m-n-1维数组，计算量大，效率极低，不满足实时性。而在轨迹在线生成应用场合，张力分布算法需具备实时性。现有2冗余的张力分布算法无法推广至高冗余（m-n>2）索驱并联机器人张力分布计算。另外，来自外界环境的未知干扰力负载和张力的波动均影响绳索是否被张紧，需分析张力特解鲁棒性和抗干扰能力。需针对高冗余索驱并联系统的张力可行域特点，设计实时高效的、鲁棒的张力分布算法。拟开展：（1）高冗余索驱并联系统的张力可行域实时计算方法研究；（2）张力特解在可行域内的鲁棒性及其选取方法研究；（3）基于负载裕度的控张力索选择方法研究；（4）张力分布算法的性能验证仿真与分析研究。

3. 该选题所依托的科研项目或研究经费来源情况

经费来源于与北京卫星制造厂的合作项目、国家自然科学基金联合基金和校内重大培育项目等。