

2025 年招生计划
预计招收博士生的课题研究方向和研究工作简介
<div>1. 博士论文研究方向：<u>基于绝对节点坐标法的月面 3D 打印机械臂多体动力学研究</u></div> <div>选题类别：<input type="checkbox"/> 基础性研究 <input checked="" type="checkbox"/> 应用性研究 <input 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</div>
<div>2. 博士论文的选题背景及意义和主要研究内容简介</div> <p>本课题来源于课题组与航天五院的合作项目，将针对一类空间建设所需的使用晶格桁架结构进行轻量化填充的 3D 打印机械臂开展动力学分析与研究。虽然对传统机构的动力学研究已经取得许多成果，但目前多体系统动力学研究中对具有轻量化填充结构，无法直接获得其弹性本构关系的构件的动力学研究仍然存在不足。对绝对节点坐标梁单元的研究从平面梁扩展到三维梁，随着维度的升高，剪切闭锁问题被提出，而对异形截面梁单元的探索方面，圆形截面梁和多层材料圆截面梁被提出，但对其他异形截面梁的研究还比较欠缺。随着动力学方程复杂化，为提高动力学方程数值仿真的效率，动力学系统的降阶方法得到广泛研究，而目前对于 ANCF 建模的非线性系统降阶方法的研究尚不深入。针对目前研究现状，为解决相关问题，博士主要研究内容包括：</p> <div>1. 分层异形截面 ANCF 梁单元创建</div> <p>传统的 ANCF 全参数三维梁单元在采用数值积分时，三个方向独立互不影响，因此只适用于矩形截面的梁单元建模。而工程应用中非方形的异形截面应用也十分广泛，如滑轮钢丝绳、高压输电线等，而现有的研究仅构建出了圆截面 ANCF 三维梁单元，因此需要在传统的 ANCF 三维矩形截面梁单元基础上对异形截面 ANCF 三维梁单元进行推导。拟基于圆形截面 ANCF 梁单元的构造方式，对截面积分的积分方法进行修改，使得可以描述任意异形截面。除了异形截面的影响，还希望考虑内外材料不一致的情况，推导建立起分层的异形截面梁单元。</p> <div>2. 异形截面晶格桁架填充梁动力学建模</div> <p>目前对含有轻量化填充结构这一类构件的动力学研究尚有不足，考虑到带晶格桁架填充结构的构件应用广泛，因此拟对晶格桁架结构进行研究，对结构中关键节点的位置进行表达，进而推导出该结构的宏观弹性本构关系，建立起该结构的动力学模型。在建立起结构的动力学模型后，将该动力学模型结合分层异形截面 ANCF 梁单元，搭建起异形截面晶格桁架填充梁动力学模型，能准确模拟内部采用晶格桁架填充结构，外部使用匀质金属蒙皮的构件。</p> <div>3. 多柔体系统动力学模型降阶方法研究</div> <p>由于基于连续介质力学理论描述的 ANCF 单元的弹性力及其雅克比矩阵是广义坐标的高度非线性函数，模态综合法不能直接应用，因此拟采用一种基于自由界面模态综合法，对绝对节点坐标描述的大范围运动和大变形耦合的多柔体系统通用的降阶方法进行研究。需要先将动力学运动过程划分成 N 个准静态的区域，在每个区域内对动力学方程进行泰勒展开，然后每个区间内分别进行模态分析，之后采用自由界面模态综合法对线性化后的动力学方程进行降阶。</p> <div>4. 月面打印机械臂运输、展开、工作状态的力学分析</div> <p>最后基于上述研究对一类使用晶格桁架填充结构构件，具有不规则横截面的月面 3D 打印机械臂进行动力学分析。对该机械臂的运输、展开、工作状态分别进行随机振动分析、机构动力学分析、结构动力学分析，并将动力学分析结果与商业软件对比，总结动力学响应结果，得出对月球车设计、机械臂优化、机械臂控制有指导意义的结论。</p>
<div>3. 该选题所依托的科研项目或研究经费来源情况</div> <p>本课题依托北京空间飞行器总体设计部项目 *****（编号：JH20240092），研究经费 50 万元。</p>