

2020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： 高超声速飞行器自适应结构与智能驱控技术 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) 课题的背景和意义 随着飞行马赫数增大，高超声速飞行器结构承受的气动载荷和热载荷急剧上升。气动热传导到飞行器机体结构中，会导致机体材料的杨氏模量降低，造成结构动刚度下降，加剧由于气动力、推进力、弹性力和热应力相互耦合作用导致的结构被动变形，降低结构的承载能力和颤振阈值，严重影响飞行控制精度，甚至诱发飞行事故。因此，高超声速飞行器结构应该具备响应气动热载荷变化的适应性，飞行过程中主动提升结构刚度和承载能力，保证气动外形的动态稳定性。 未来的高超声速飞行器必然向环境自适应和可变气动构型方向发展。采用自适应结构的变体飞行器可根据飞行速度和气动热载环境，主动改变气动布局，增大结构刚度，适应高超声速稳定飞行及敏捷机动任务。传统的飞行器变体技术局限于亚/跨声速，主要关注机翼变化对飞行升阻比的影响，属于低速连续变体，不存在气动热环境的结构自适应问题。高超声速飞行器变体技术突出快速性、区域性和构态稳定性，寻求飞行稳定性与机动性的动态平衡，此外由于气动热弹性环境恶劣，存在多动力学行为和多扰动源强耦合，负载大且变化剧烈，飞行器结构需要适应复杂动态环境，实现快速驱动、精确控制和高刚度保持。近年来，智能材料与结构、自适应控制等技术快速发展，使得高超声速变体和结构自适应成为可能，并迅速成为高超声速领域研究的热点。据报道，美国THAAD导弹改型产品装备了可变截面尾裙装置，提升导弹高超声速机动的气动稳定性，美国JPL实验室提出了吸气式超燃发动机进气道变截面控制技术，用于改变推力特性曲线，提高发动机性能。 (2) 主要研究内容 1) 高比刚度自适应结构技术 揭示高超声速飞行器结构的气动热弹耦合作用规律，面向动刚度增强和截面变形需求，开展SMA作动器构型、数量和布局优化；研究NiTi基SMA合金与高强度合金复合界面的“合金元素+热处理”调控技术，解决弹体结构与SMA作动器一体化制备难题；研制高比刚度自适应结构和变截面结构，实现刚度自增强和截面主动变形。 2) 基于强化学习的SMA精密驱动 刚度自增强、变形自校正和主动变截面对分布式SMA作动器的驱动精度要求高。为规避SMA难以精确建模、迟滞性强等固有弊端，运用瞬时差分强化学习算法，建立表征不同用途SMA作动器驱动行为的行动-值函数及其状态/行动空间，设置典型场景进行大样本训练，收敛函数最优解，确定SMA作动器的精密驱动策略。 3) 自适应变体结构系统集成与验证 研制集成了传感、控制和驱动的自适应变体结构样机，搭建模拟气动热载荷条件下的结构刚度和截面变形测试系统，开展刚度自增强、变形自校正和主动变截面单项性能试验，获取飞行控制所需的输入参数，开发变体飞行动力学半物理仿真平台，系统验证高超声速飞行器变体驱控技术。

2020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： 基于电磁卫星编队的空间碎片消旋系统动力学与控制研究 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 (1) 课题的背景和意义 近年来，各航天大国纷纷开展在轨服务研究，希望通过建立服务卫星与空间碎片间的物理连接来实施空间碎片主动移除和在轨操控。但是，由于飞轮系统剩余角动量及空间干扰力矩作用，大型碎片或失效卫星一般会有复杂的翻滚运动，且角速度变化范围较大（以地球同步轨道为例，碎片转速可达210deg/s）。目前，空间机械臂可直接捕获的碎片转速不超过4deg/s，而且即使完成捕获，翻滚碎片的巨大惯量也会导致服务卫星的姿态失控；飞网或飞爪等远距离柔性捕获方式具有破坏性，无法用于操控维护。因此，如何对大型碎片实施有效消旋，以降低由于其运动不确定性及翻转惯量对服务卫星带来的作业风险，成为在轨服务领域研究的焦点。本课题针对碎片移除及在轨维护作业对目标消旋的迫切需求，提出了基于电磁卫星编队的空间碎片非接触消旋方法，通过服务卫星搭载的超导线圈构建星间可控磁场，建立服务卫星与目标体的非接触耦合关系，利用编队卫星的抵近、远离和姿态控制实现对翻滚目标的非接触消旋。本项目研究将有效解决目前电磁消旋技术存在的作用距离小、附加斥力大、吸收角动量有限等问题，预期成果可用于空间碎片主动移除和故障卫星的在轨维修，对提高轨道资源的利用率和可持续发展具有重要意义。 (2) 主要研究内容 1) 分布磁源与翻滚空间碎片相互作用机理 建立分布磁源所营造空间磁场及目标感应涡电流场模型，数值分析磁源指向、磁源相对目标距离、目标转速及目标材料分布等对涡电流场的影响规律，通过磁场对目标体的消旋作用分析，确定分布磁源的数量和分布构型；其次，建立翻滚目标和磁源的电磁力/力矩作用数值模型和远场近似解析模型，分析电磁力/力矩的影响因素，并通过试验对模型进行验证。 2) 目标-卫星编队多体系统动力学建模与特性分析 考虑空间环境扰动因素（如空间梯度力矩、近地磁场作用等），以目标与卫星编队系统的质心轨道坐标系为参考系，基于Hill方程及电磁力/力矩模型推导系统相对轨道动力学模型；考虑目标初始姿态有/无进动，利用欧拉方程建立目标-卫星编队系统相对姿态动力学模型；应用Kane法建立消旋系统六自由度耦合动力学模型，并与矢量力学法模型校验分析；分析系统动力学特性，研究轨道扰动对服务卫星姿态、运动轨迹及目标姿态的影响。 3) 空间翻滚目标的电磁编队消旋控制策略 根据翻滚目标的进动特征，兼顾接近目标过程的安全性，以快速消除章动角为目标，对服务卫星进行运动轨迹规划；应用鲁棒控制理论，开展电磁卫星编队的轨迹跟踪与控制研究；建立单位四元数表示的编队卫星绝对/相对姿态运动方程，应用分散协同策略和自适应控制方法，开展编队卫星姿态运动控制。 4) 卫星编队消旋系统地面微重力模拟试验 研制目标和服务卫星相互作用微小电磁力/力矩测量系统，验证本项目建立的电磁力/力矩模型，并对其进行修正；研制电磁卫星编队缩比模型，搭建气浮式非接触消旋地面微重力试验平台；提出翻滚目标非接触消旋地面试验方案，开展基于双星编队的消旋系统动力学特性及消旋控制策略验证试验。
3. 该选题所依托的科研项目或研究经费来源情况 选题依托军品横向课题，项目经费206万元。

七、招生计划申报导师确认

表中所填内容经本人确认属实。

导师签字：年 月 日

八、所在单位党支部意见：

党支部书记签字：年 月 日

九、所在院（系）党委（党总支）意见：

☐ 同意申报 ☐ 不同意申报

党委（党总支）书记签字：年 月 日

十、院（系）意见

☐ 同意招生计划，且建议给予 个博士生招生名额

☐ 不同意招生计划

其他需要特殊说明事项：

院长（系主任）签字：年 月 日

十一、研究生院审核备案意见

负责人签字（盖章）：年 月 日