

多物理场高效飞行科学基础与调控机理重大研究计划 2026 年度项目指南

南

“多物理场高效飞行科学基础与调控机理”重大研究计划面向一小时左右全球抵达高速民航和航班化天地往返运输国家重大需求，聚焦多物理场高效飞行重大基础问题（多物理场是指跨域变构高速飞行器在飞行过程中，表面与空气摩擦产生气体环境温度 $>3000\text{K}$ 的高温场，飞行器构型和表面气固界面非稳态时变、压强峰值 $\geq 7.5\text{kPa}$ 的气动力学场，跨域高速飞行产生 $10^{16}\sim 10^{20}\text{m}^{-3}$ 等离子体电子密度的复杂电磁环境）。重点针对两级入轨总体图像（一二级飞行器均可通过变形呈现近似火箭构型和近似飞机构型），建立跨大空域、宽速域、可重复的高效智能飞行器设计理论与方法，实现飞行器构型连续变化、主动流动调控和智能控制等核心基础理论与技术突破，为航天运输系统创新发展提供理论基础与技术支撑。

一、科学目标

瞄准中国航天运输系统国家重大需求，提出跨域高效智能飞行新思路，面向跨域、变构、可重复飞行关键特征，建立非定常空气动力学模型，发展多物理参数实时感知与智能控制理论，突破主动热防护、变构型机构-结构设计、主动流动控制和电磁力热环境模拟与科学实验等关键技术，取得一批多物理场高效飞行原创性成果，牵引学科深度融合与创新发展，革新面向航天巨系统的智能系统工程范式，为我国未来航天运输系统提供关键理论、方法、技术和人才队伍储备，促进中国航天运输系统发展规划的顺利实施。

二、核心科学问题

(一) 变构型材料与机构的多物理场耦合机理。

揭示柔性材料-变形机构在复杂约束下热防护、变形机构与结构、刚柔耦合等机理，建立结构健康监测、耐久性与损伤容限评价新方法，满足对飞行器变构材料与机构的极限需求。

(二) 跨域非稳态流动模型及调控机制。

研究复杂时变边界条件下飞行器流动与飞行变形的相互作用机制，发展主动流动调控手段，实现气动特性精确预示和高效降热减阻。

(三) 变构与飞行的一体化智能控制。

揭示强不确定环境下飞行动力学耦合控制机理，突破跨域无缝自主导航及环境-任务自匹配的在线自主规划决策等关键技术，构建变构型与飞行器的一体化智能控制方法。

三、2026 年度资助研究方向

(一) 重点支持项目。

围绕核心科学问题，以总体科学目标为牵引，2026 年拟资助前期研究成果积累较好、处于当前研究热点前沿、对总体科学目标有较大贡献的重点支持项目。

1. 跨域变构飞行器强热梯度环境新型冷却机理研究。

针对强热梯度下主动冷却结构传热恶化现象产生机理不清、结构表面再浸润难度大，严重制约其在飞行器上大面积使用的难题，提出强热梯度环境下大面积新型冷却机理，揭示表面传热恶化现象产生机制并提出结构优化途径，探索结构表面冷却均匀性强化机制，建立精细化的新型冷却结

构表面与高超声速环境耦合作用表征方法，制备原理样件完成模拟验证试验。

2. 跨域变构飞行器高比功率变驱动力变形驱动实现机制。

针对跨域变构飞行器变形翼严苛重量、空间和运动可靠性约束下，变形驱动机构难以满足驱动力要求的难题，提出机电伺服系统高可靠高比功率实现机制，建立机电伺服系统“电磁力热”模型，探索关键部件轻量化最优方案，探索机电伺服系统高精度快速自适应变驱动力控制机制，完成机电伺服系统集成设计，建立核心部件“设计-加工-集成-测试”孪生智造方法，制备原理样机完成模拟验证试验。

3. 跨域变构飞行器变构机构高温颤振动密封多目标优化原理与方法。

针对跨域变构飞行器跨域飞行过程变构结构的热密封难题，提出组合动密封多目标设计优化与性能评估技术，探索高温高压气流冲刷及振动等多物理场耦合作用下动密封宽温域高动态适应原理与方法，建立变构过程气动/结构耦合颤振模型，探索复杂变形结构飞行载荷减缓机制与实现方法，开展地面模拟环境综合实验验证。

4. 基于高效流动控制的跨域变构飞行器动态激波干扰抑制机理。

针对跨域变构飞行器表面复杂流动区域激波干扰造成“局部高热区”，严重影响热防护系统安全和可重复使用能力，提出高效流动调控机理与方法，建立跨域变构飞行器全包线气动特性优化方法，阐明飞行器几何构型动态变化与流场瞬态响应的内在关联，探索动态激波干扰的非定常演化规律，揭示低能耗主动流动控制技术在动态变化边界上的作用机理，制备原理样件完成模拟验证试验。

5. 跨域飞行器信息调控增强感知原理与实现机制。

针对跨域飞行器宽速域、高机动飞行中跨域感知交互难、干扰对抗烈度强的难题，揭示跨域飞行器感知交互增强的多维信息调控机理，研究电磁散射聚束增强的信息调控方法，突破快时变信息调控匹配的电磁感知交互增强与多维信息调控抗干扰的动态编码设计等关键技术，研制信息调控原理样机，开展电磁感知实验验证。

6. 空天跨域高速飞行器相控阵天线波束优化与多体制天基随遇互联方法研究。

针对飞行器空天跨域高速飞行过程力-热-电磁多物理场环境下多体制天基实时随遇互联接入难题，建立空天跨域高速飞行典型任务场景的多体制天基随遇互联和自适应通信架构，揭示 Ka 波段耐高温宽带相控阵天线的电磁辐射和大视场波束扫描调控机理，研究多物理场对相控阵电磁辐射畸变的自适应补偿模型和波束优化方法，研究多体制天基随遇互联任务驱动下的资源动态调度方法，实现高动态机动飞行条件下的时空频多域波形联合优化，研制原理样机并完成地面模拟环境实验验证。

7. 面向复杂动态任务的天地往返快速规划方法。

针对飞行器空天跨域飞行过程中点对点运输、在轨服务等多任务实时规划难题，建立点对点运输、在轨服务等典型任务场景以及区域规避等安全约束的形式化描述与分析架构，提出飞行任务时序和航迹的鲁棒规划决策方法；建立异构载荷和复杂飞行任务的逻辑模型，提出飞行器频繁进出空间场景下的任务航迹自动匹配、智能任务滚动规划与动态临机调度方法；突破融合环境态势预测和任务特征学习的快速自适应规划方法，进行动态

未知场景下基于经验学习的规划加速以及实时在线验证与评估，实现复杂动态任务下航班化天地往返的智能决策规划。

8. 跨域变构飞行器总体性能优化研究。

针对跨域变构飞行器在力-热-电磁多物理场环境下的变构型、主动降热减阻及智能自主飞行等带来的多学科强耦合综合优化难题，研究适用于跨域变构飞行器力-热-电磁多物理场耦合的关键参数训练基础架构；设计适用于多物理场耦合环境的 AI 算法轻量化内核，提出高效环境感知与三维建模方法；研究多源干扰与不确定性建模方法，建立多专业强耦合的跨域高速飞行器垂直 AI 模型，完成因果与溯源分析验证。

(二) 集成项目。

在本重大研究计划前期布局和资助成果的基础上，集中优势力量，围绕以下方向进行集成，力争实现跨越发展。

1. 跨域变构飞行器仿生智能导航与控制方法及集成验证。

面向跨域变构飞行器在复杂风场、电磁等环境以及力热耦合、天地差异等引起的模型不确定性下自主导航与智能控制需求,针对多源干扰不确定性的量化与学习、多物理场运动信息的融合解译与反演、基于速度/高度/来流适应性的仿生变构机制、边飞边学/终身学习等科学问题，研究跨域变构多源异构传感信息融合与表征、切变风、气动等多源复合干扰表征估计与学习，气动热辐射、气动光学效应下仿生自主导航与复合干扰滤波，基于气流主动利用的自适应轨迹规划和强抗扰控制，基于动态闭环不确定性量化的混合可靠性评估等理论方法，研制跨域飞行器仿生导航和自驾仪原理样机，完成关键技术集成，开展地面半物理综合实验、高马赫数飞行

验证。自主导航不依赖高精度初始对准、全巡航段航向稳态误差不超过 0.1 度，典型变构工况下姿态控制稳态误差不超过 1 度，可适应气动偏差不小于 30%。形成“多源异构传感信息表征-多源干扰学习-跨域自主导航-仿生变构控制-智能测试评估”的全链路技术体系。

2. 跨域变构飞行器感知 - 决策 - 变构 - 调控关键技术集成与验证。

面向复杂任务与极端环境耦合约束下跨域飞行器自适应变构最优飞行需求，针对“感知 - 决策 - 变构 - 调控”全要素集成设计与验证难题，集成重大计划关键科学与技术成果，开展跨域变构飞行多物理场效应下基于小样本数据的状态监测与环境重构、多任务约束下复杂状态空间在线快速自主决策、严苛重量 / 空间约束下高可靠往复变构设计、非稳态力热环境自主适应调控机制与策略、多元环境下闭环系统试验模拟研究，研制跨域飞行器关键技术集成原理样机，完成典型工况综合环境试验验证。具备对系统本体、环境在线感知与决策能力，在线决策时间不大于 500ms，可适应飞行速度 Ma6 以上气动力热环境下的变构与热调控需求，变构响应时间优于 500ms，最大调控降温效果优于 1000°C，为跨域变构飞行器系统集成与工程化应用提供支撑。

四、项目遴选的基本原则

（一）紧密围绕核心科学问题，注重需求及应用背景约束，鼓励原创性、基础性和交叉性的前沿探索。

（二）优先资助能够解决多物理场高效飞行科学基础与调控机理难题并具有应用前景的研究项目。

(三) 重点支持项目应具有良好的研究基础和前期积累，对总体科学目标有直接贡献与支撑。

五、2026 年度资助计划

拟资助重点支持项目不超过 8 项，直接费用资助强度约为 200 万元/项，资助期限为 3 年，重点支持项目申请书中研究期限应填写“2027 年 1 月 1 日 - 2029 年 12 月 31 日”；拟资助集成项目不超过 2 项，直接费用资助强度约为 1200 万元/项，资助期限为 3 年，集成项目申请书中研究期限应填写“2027 年 1 月 1 日 - 2029 年 12 月 31 日”。

六、申请要求及注意事项

(一) 申请条件。

本重大研究计划项目申请人应当具备以下条件：

1. 具有承担基础研究课题的经历；
2. 具有高级专业技术职务（职称）。

在站博士后研究人员、正在攻读研究生学位以及无工作单位或者所在单位不是依托单位的科学技术人员不得作为申请人进行申请。

(二) 限项申请规定。

执行《2026 年度国家自然科学基金项目指南》“申请规定”中限项申请规定的相关要求。

(三) 申请注意事项。

申请人和依托单位应当认真阅读并执行本项目指南、《2026 年度国家自然科学基金项目指南》和《关于 2026 年度国家自然科学基金项目申请与结题等有关事项的通告》中相关要求。

本重大研究计划项目实行无纸化申请。申请书提交日期为 2026 年 3 月 1 日 - 2026 年 3 月 20 日 16 时。

(1) 申请人应当按照科学基金网络信息系统(以下简称“信息系统”)中重大研究计划项目的填报说明与撰写提纲要求在线填写和提交电子申请书及附件材料。

(2) 本重大研究计划旨在紧密围绕核心科学问题,对多学科相关研究进行战略性的方向引导和优势整合,成为一个项目集群。申请人应根据本重大研究计划拟解决的核心科学问题和项目指南公布的拟资助研究方向,自行拟定项目名称、科学目标、研究内容、技术路线和相应的研究经费等。

(3) 项目申请人在信息系统中选择“在线申请”——“新增项目申请”——“申请交叉科学部项目”进行项目申报。

申请书中的资助类别选择“重大研究计划”,亚类说明选择“重点支持项目”或“集成项目”,附注说明选择“**多物理场高效飞行科学基础与调控机理**”,受理代码选择 T02,并根据申请的具体研究内容选择不超过 5 个申请代码。

重点支持项目的合作研究单位不得超过 2 个,集成项目的合作单位不得超过 4 个。集成项目主要参与者必须是项目的实际贡献者,合计人数不超过 9 人。

(4) 申请人在申请书起始部分应明确说明申请符合本项目指南中的资助研究方向(写明指南中的研究方向序号和相应内容),以及对解决本重大研究计划核心科学问题、实现本重大研究计划科学目标的贡献。

如果申请人已经承担与本重大研究计划相关的其他科技计划项目，应当在申请书正文的“研究基础与工作条件”部分论述申请项目与其他相关项目的区别与联系。

2. 依托单位应当按照要求完成依托单位承诺、组织申请以及审核申请材料等工作，于 2026 年 3 月 20 日 16 时前通过信息系统逐项确认提交本单位电子申请书及附件材料，并于 3 月 21 日 16 时前在线提交本单位项目申请清单。**未按时提交项目清单的申请将不予接收。**

3. 其他注意事项。

(1) 为实现重大研究计划总体科学目标和多学科集成，获得资助的项目负责人应当承诺遵守相关数据和资料管理与共享的规定，项目执行过程中应关注与本重大研究计划其他项目之间的相互支撑关系。

(2) 为加强项目的学术交流，促进项目群的形成和多学科交叉与集成，本重大研究计划将每年举办 1 次资助项目的年度学术交流会，并将不定期地组织相关领域的学术研讨会。获资助项目负责人有义务参加本重大研究计划指导专家组和管理工作组所组织的上述学术交流活动，并认真开展学术交流。

(四) 咨询方式。

国家自然科学基金委员会交叉科学部交叉科学二处

联系电话：010-62329548