

# 关于征集“多物理场高效飞行科学基础与调控机理”重大研究计划 2025 年度项目指南建议的通知

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 $10^{16} - 10^{20} \text{m}^{-3}$ 等离子体电子密度的复杂电磁环境），国家自然科学基金委 2022 年启动了“多物理场高效飞行科学基础与调控机理”重大研究计划，重点针对于两级入轨总构型图像（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、可重复复杂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持。

为进一步做好“多物理场高效飞行科学基础与调控机理”重大研究计划的项目立项和资助工作，经本重大研究计划指导专家组和管理工作组会议讨论决定，面向科技界征集 2025 年度项目指南建议。

## 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

本重大研究计划围绕以下三个核心科学问题开展研究：

### （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理，发展主动流动调控手段，实现气动特性精确预测和高效降热减阻。

### （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、指南建议书的主要内容

根据《国家自然科学基金重大研究计划管理办法》，重大研究计划项目包括培育项目、重点支持项目、集成项目和战略研究项目 4 个亚类，本次指南建议征集主要针对重点支持项目亚类。重点支持项目是指研究方向属于国际前沿，创新性强，有很好的研究基础和研究队

伍，有望取得重要研究成果，并且对重大研究计划目标的完成有重要作用的项目。2025 年度重点支持项目主要以跨域变构智能飞行器为对象，以飞行器力、热、电磁环境特征为约束，拟征集如下方向的项目指南：

(1) 针对飞行器多维光滑连续变形翼在气动、结构、热环境耦合作用下复杂的动力学稳定性问题和可靠建模难题，重点开展高速飞行器多维光滑连续变形翼动力学特性与主动调控方法研究；

(2) 针对飞行器表面非稳态流动力热特性与主动流动调控复杂耦合的问题，重点开展典型流控手段与飞行器气动力热特性耦合应力机制研究；

(3) 针对飞行器弱模型飞行控制难题，重点开展面向弱模型飞行需求的飞行器全表面力热环境响应在线重构方法研究；

(4) 针对飞行器宏观跨域飞行过程中的节点动态运维，在轨服务等多任务实时规划难题，重点开展面向复杂动态任务的航班化天地返智能规划决策方法研究。

(5) 针对多学科耦合的飞行器总体优化难题，重点开展跨域高速变构飞行器高性能 AI 大模型研究；

(6) 针对跨域飞行器可重复使用效率与可靠性迫切需要提升的问题，重点开展飞行器多学科耦合设计与优化方法研究。

#### **指南建议表的主要内容包括：**

(1) 与本重大研究计划的关系，包含与解决核心科学问题和重大研究计划目标的贡献；

- (2) 拟开展的研究内容，强调其创新性和特色；
- (3) 预期可能取得的进展及其可行性论证；
- (4) 国内外研究现状，及建立团队的研究基础。

#### 四、已发布指南方向及相关材料

- (一) 2024 年度项目指南：

<https://www.nsf.gov.cn/publish/portal0/tab948/info92115.htm>

- (二) 2022、2023 年度项目指南见附件 2 和附件 3。

#### 五、指南建议书提交方式

请于 2024 年 12 月 31 日前通过 Email 将“指南建议书”（见附件 1）发送至联系人邮箱，附件名/邮件名请按照“高效飞行 25+项目名称+第一建议人姓名”规则命名。

联系人：秦杰

邮箱：qinjie@nsf.gov.cn

联系电话：010-62329548

---