

# 2024 年度国家自然科学基金专项项目“非理想爆轰推进高超流动机理及调控”指南

爆轰波是一种激波与释热强耦合形成的自增压燃烧波，以气动增压替代复杂的机械增压，可将动力装置的等压燃烧升级为增压燃烧，进而大幅提升热循环效率。然而，推进系统爆轰波受非均匀混合和复杂流道构型影响，爆轰与爆燃并存、非理想释热特征突出，超出了已有理论模型的范畴。非理想爆轰涉及强激波、剧烈放热反应、可压缩湍流，共同诱导形成多尺度复杂燃烧流动现象，厘清现象背后的主导因素并建立相应模型成为基础研究的瓶颈难题。

为发挥国家自然科学基金解决国家重大需求背后基础科学问题的支撑作用，针对斜爆轰和旋转爆轰的高超流动机理共性基础难题，国家自然科学基金委员会数学物理科学部现启动“非理想爆轰推进高超流动机理及调控”专项项目，开展复杂流道中燃料-空气非均匀混合条件下的爆轰波动力学和流动调控方法基础科学问题研究。

## 一、科学目标

本专项围绕爆轰推进系统的实际爆轰波系，开展高速气流中燃料-空气混合不均匀对爆轰波形成和传播的影响规律研究，揭示喷注诱导小尺度漩涡与大尺度爆轰波面/波头耦合作用机制，建立波速、起爆特征、波头结构预测模型。开展复杂几何构型内流道中波系形态及其演化规律研究，揭示边界层突变局部湍流结构影响大尺度爆轰波系机制，突破一维模型局限，获得三维流动对爆轰波系结构的影响规律。开展波头前、波后远场、边界层/接触面周围非理想释热区分布规律研究，揭示小尺度次生燃烧影响下大尺度燃烧流动特征及其演化机制。

建立涵盖设计与非设计状态，波系与内流一体化高动态调控方法，为斜爆轰与旋转爆轰实现高效能量转换奠定科学基础。

## 二、拟资助研究方向和研究内容

### 1. 非理想混合斜爆轰波动力学（申请代码 1 选择数学物理科学部 A09 下属代码）

开展喷射、雾化、蒸发对混合效率与总压损失影响的研究，建立含波前漩涡的非均匀介质斜爆轰波形态、起爆特征预测模型；厘清热化学非平衡效应对斜爆轰典型现象的影响，揭示其对波系结构及位置的影响机制；研究宽雷诺数范围下，斜爆轰波与受限空间壁面、层流/湍流边界层、接触面、漩涡等的干扰过程，揭示斜爆轰波反射及绕射时空演化规律；建立非理想混合斜爆轰波系预测模型，完成实验验证。

### 2. 复杂流道旋转爆轰波动力学（申请代码 1 选择数学物理科学部 A09 下属代码）

考虑稳定波系与增强掺混设计约束，开展流道截面变化对波头及其衍生激波影响的研究，揭示流道收缩/扩张/突变对爆轰波自持传播的影响机制；阐明射流、漩涡、提前燃烧共同作用下次生波形成机制，发展波头特征和传播模态预测方法；揭示大尺度爆轰波系受边界层突变局部湍流结构影响机制，建立包含主波与次生波的非理想旋转爆轰波系预测模型，完成实验验证。

### 3. 爆轰波诱导非理想释热机理与模型（申请代码 1 选择数学物理科学部 A09 下属代码）

开展液体碳氢燃料爆轰波演化机制研究，发展高动态响应光学观测技术和爆轰主导多尺度流动表征方法，阐明来流速度和喷注条件对提前燃烧的影响规律；揭示波前寄生、波后伴生、接触面卷吸三种典型非理想释热形成机制，揭示小尺度次生燃烧影响下大尺度燃烧流动特征及其演化机理；研究爆轰/爆燃混合流动释热区随来流速度、当量比的变化规律，获得非理想释热区演化机理，建立非理想释热表征模型，完成实验验证。

#### 4. 非理想爆轰推进一体化高动态调控方法（申请代码 1 选择数学物理科学部 A09 下属代码）

研究能量转换过程的热循环效率受非理想释热影响规律，发展液体碳氢燃料-空气在复杂流道中、非均匀混合条件下的旋转爆轰与斜爆轰推进性能快速评估方法；针对典型设计工况，以性能提升为优化目标，探索分布式燃料喷注等调控手段，通过构建高效分区燃烧削弱非理想释热效应，发展内流道波系上下游一体化调控方法；针对非设计点工况，探索射流、边界层抽吸、内流道变构型等调控手段，建立耦合进排气的内流高动态调控方法，完成宽速域爆轰推进集成实验验证。

### 三、资助计划

本专项项目资助期限为 4 年，申请书中的研究期限应填写“2025 年 1 月 1 日-2028 年 12 月 31 日”。计划资助 4 项左右，平均资助强度 250 万元/项左右。

### 四、申请要求及注意事项

#### （一）申请条件

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人员不得作为申请人进行申请。

## （二）限项申请规定

1.本专项项目申请时不计入申请和承担总数范围，正式接收申请到自然科学基金委做出资助与否决定之前，以及获资助后，计入申请和承担总数范围。

2.申请人同年只能申请 1 项专项项目中的研究项目。

3.其他限项申请要求按照《2024 年度国家自然科学基金项目指南》“限项申请规定”执行。

## （三）申请注意事项

1.专项项目实行无纸化申请。申请书提交时间为 **2024 年 10 月 22 日~10 月 28 日 16 时**。

2.申请人注意事项

（1）申请人在填报申请书前，应当认真阅读本申请须知、本项目指南和《2024 年度国家自然科学基金项目指南》的相关内容，不符合项目指南和相关要求的申请项目不予受理。

(2) 本专项项目旨在紧密围绕核心科学问题，集中国内优势研究团队进行研究，成为一个专项项目群。申请人应根据本专项项目拟解决的具体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、关键科学问题、技术路线和相应的研究经费等。

(3) 申请人登录科学基金网络信息系统 <https://grants.nsf.gov.cn/> (没有系统账号的申请人请向依托单位基金管理联系人申请开户)，按照撰写提纲及相关要求撰写申请书。

(4) 申请书中的资助类别选择“专项项目”，亚类说明选择“研究项目”，附注说明选择“科学部综合研究项目”，申请代码1应当按照拟资助研究方向后标明的代码要求选择数学物理科学部的申请代码。以上选择不准确或未选择的项目申请将不予受理。

(5) 按照“专项项目-研究项目申请书撰写提纲”撰写申请书时，请在申请书正文开头注明“非理想爆轰推进高超流动机理及调控”之研究方向：**XXX**（按照上述4个研究方向之一填写）。

申请书应突出有限目标和重点突破，明确对实现本专项项目总体科学目标和解决核心科学问题的贡献。

如果申请人已经承担与本专项项目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。

(6) 申请人应当严格按照《国家自然科学基金资助项目资金管理办法》等相关规定和《国家自然科学基金项目资金预算表编制说明》的具体要求，认真如实编报项目预算。

### 3. 依托单位注意事项

(1) 依托单位应对本单位申请人所提交申请材料的真实性、完整性和合规性进行审核；对申请人编制预算的目标相关性、政策相符性和经济合理性进行审核。

(2) 应在规定的项目申请截止日期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，无需报送纸质申请书。项目获批准后，将申请书的纸质签字盖章页装订在《资助项目计划书》最后，一并提交。签字盖章的信息应与电子申请书严格保持一致。

(3) 如依托单位在 2024 年度未上传过《2024 年度国家自然科学基金项目申请承诺书》（以下简称《承诺书》），应从信息系统中下载《承诺书》，由法定代表人亲笔签名并加盖依托单位公章后，将电子扫描件上传至信息系统（本年度只需上传一次）。依托单位完成上述承诺程序后方可提交申请。

(4) 依托单位在项目申请截止时间后 24 小时内，通过信息系统在线提交本单位项目申请清单。清单提交后，自然科学基金委方可接收项目申请材料。

### 4. 本专项项目咨询方式：

国家自然科学基金委员会数学物理科学部

联系人：张攀峰

联系电话：010-62327178

(四) 其他注意事项

1.为实现专项项目总体科学目标，获得资助的项目负责人应当在项目执行过程中关注与本专项其他项目之间的相互支撑关系。

2.为加强项目之间的学术交流，本专项项目群将设专项项目总体指导组和管理协调组，并将不定期地组织相关领域的学术研讨会。获资助项目负责人必须参加上述学术交流活动，并认真开展学术交流。