**密级：公开**

航 空 科 学 基 金

项 目 指 南

**民发专项**

**（2021年度）**

### 航空科学基金“民发专项”指南概述

航空科学基金设立于1985年，定位于航空科技发展和航空装备研究中的基础研究和应用基础研究，特别是探索新思想、新概念、新原理和新方法的科学研究活动，目的是为航空科技发展和解决新型航空装备研制中的技术问题提供科学依据。

2021年，航空科学基金联合中国航发商用航空发动机有限责任公司设立“民发专项”专项类基金，主要面向航空科学基金公开和定向发布单位发布相关指南，开展商用航空发动机基础性、前瞻性探索研究。

2021年度“民发专项”项目研究周期为2年（2022.6—2024.5），项目资助经费为重点项目30万，一般项目20万。在项目申请过程中须注明“民发专项—项目名称”。

本指南为专项类指南，定向发布。

### 备选项目

**（5）高通量实验及机器学习辅助高代次粉末高温合金抗氧化涂层设计（重点项目）**

**研究目标：**

瞄准新一代航发高压涡轮设计和应用需求，通过高通量制备与表征实验，结合机器学习加速建立高代次镍基粉末高温合金抗氧化涂层材料“成分-工艺-组织-性能”数据库，推动高代次粉末高温合金抗氧化涂层设计与发展。

**研究内容：**

* 以四代镍基粉末高温合金及其抗氧化涂层为研究载体，在扩散多元节、物理气相沉积基础上发展高通量制备技术；
* 结合Micro-XRF、Large-area SEM、Micro-hardness、图像识别等高通量表征手段，分析提取氧化物种类、氧化层和γ΄相贫化层厚度等特征，明确抗氧化性能与成分的耦合关系，评估不同代次粉末高温合金及带涂层粉末高温合金800-850℃的抗氧化性能；
* 通过表征抗氧化涂层与基体界面元素扩散情况、扩散层成分梯度下微观组织和力学性能的演化规律，建立抗氧化涂层适用性的定量判据，进而判断抗氧化涂层对不同代次合金的适用性；
* 基于高通量实验获取的基础数据，融合监督式和非监督式的机器学习技术，探究“成分-工艺-组织-性能”数据间的内在关系，构建组织、性能预测模型，发展带涂层粉末高温合金专用数据库；
* 基于粉末高温合金抗氧化数据库，结合预测模型开展由目标出发的高效设计，匹配粉末高温合金成分和涂层体系，设计出适用于粉末涡轮盘用的抗氧化涂层材料。

**主要指标：**

* 单个块体中关联基础数据≥1000个；
* 基于深度学习提取组织特征≥5个；
* 800-850℃/1000h无有害相析出；
* 技术成熟度达到4级。

**（6）基于模型更新方法的发动机组合结构动力学特性高精度预测（重点项目）**

**研究目标：**

航空发动机中含有大量的连接结构，导致动力学分析成本高，精度无法保证。通过开展考虑连接特性的结构动力学建模及更新方法研究，制定分级策略，平衡模型精度与计算效率；研究连接结构数值模型更新方法，为发动机结构力学分析建模与验证提供支撑。

**研究内容：**

* 基于分级策略的精细化连接数值建模方法：充分考虑连接结构的计算精度和效率，采取分级连接建模策略。通过对连接结构整体进行结构动力学分析并结合实际情况确定各连接结构的动力学行为贡献度；根据贡献度分别采用不同的动力学建模方法对连接结构进行数值模拟，平衡模型的计算精度与计算效率；
* 基于数据驱动的连接数值模型更新方法：利用牛顿迭代、神经网络等优化算法对连接结构数值模型的参数进行更新，最终实现数值模型与真实连接结构的动力学特性匹配；
* 结构构件随机动力学分析方法：包含大规模连接结构的组合结构动力学分析成本高，可通过采用组件子结构综合技术，保留被连接结构之间的物理界面自由度，实现模型降阶。采用虚拟激励法进行频域上的结构构件随机动力学分析，实现频域上的动力学响应分析。

**主要指标：**

* 精细化连接建模的自振频率与试验结果的相对误差减小40%以上；
* 连接组合结构的动力学预测精度提升30%。

**（7）镍基单晶材料在力学-氧化/热腐蚀耦合环境作用下的损伤失效机理研究（重点项目）**

**研究目标：**

针对发动机涡轮叶片为代表的高温热端部件，在服役工况条件下力学-氧化/热腐蚀问题，开展镍基单晶合金材料在典型环境中的腐蚀-及疲劳研究，探索环境因素对材料强度/寿命的影响规律，揭示耦合环境作用下镍基单晶材料力学-氧化/热腐蚀损伤机理，建立考虑环境氧化/热腐蚀影响的材料级强度/寿命预测方法。该方法达到技术成熟度3。

**研究内容：**

* 力学-氧化/热腐蚀耦合作用对镍基单晶合金宏观性能的影响规律，研究氧化/热腐蚀和力学行为之间的耦合作用；
* 力学-氧化/热腐蚀耦合作用导致材料失效的细微观机理，研究载荷、腐蚀介质对细微观结构演化的影响，揭示氧化/热腐蚀和力学耦合作用引起的材料性能变化机理；
* 考虑细微观机理的寿命评估方法。建立细微观特征量和宏观性能之间的关系。形成氧化/热腐蚀环境中镍基单晶合金的寿命分析方法。

**主要指标：**

* 获得力学-氧化/热腐蚀的交互作用对材料强度/寿命的影响规律，揭示力学-氧化/热腐蚀耦合作用下的材料损伤失效机理，至少包含3个温度点；
* 氧化/热腐蚀环境下的镍基单晶合金强度/寿命危险部位分析结果与试验件误差在2.5倍分散带内；
* 高温试验最高温度需要达到1100℃。

**（8）SiC/SiC复合材料涡轮导叶特征结构强度试验及规律研究（重点项目）**

**研究目标：**

针对SiCf/SiC高压涡轮导叶特征结构强度评估问题，开展适应于CMC材料特点的特征结构设计和强度试验方法研究；基于试验和数值模拟结合的方法，研究导叶典型特征结构形式及其强度的变化规律。最终，提出一套适用于CMC导叶的典型特征结构设计方案和强度评估技术。该技术达到技术成熟度3。

**研究内容：**

* 开展面向SiCf/SiC涡轮导叶的典型结构特征模拟试验件设计与加工，并对典型结构特征、参数等对结构强度的影响敏感性进行分析；
* 设计并开展刚度、强度及高温变形等试验，总结不同结构特征和典型参数对强度的影响规律；
* 研究特征结构数值建模与强度分析方法，与试验结果进行对比验证，建立相应的强度数值模拟方法。

**主要指标：**

* CMC高压涡轮导叶典型特征结构设计方案和模拟试验件不少于2种；
* 包括几何特征、工艺特征等不少于两种因素对结构强度、刚度和高温变形的影响规律；
* 特征结构数值模型静强度计算误差与试验结果相比不超过10%。

**（12）航空发动机风扇后传噪声与湍流边界层噪声分离技术研究（重点项目）**

**研究目标：**

准确获取发动机声源信息是航空发动机声学设计和评估的基础。在风扇后传噪声测试中，因湍流边界层充分发展，采用壁面压力脉动传感器进行测试时会将声音信号和流体压力脉动信号同时记录。因此需发展噪声分离技术，获取风扇后传噪声与湍流边界层噪声，得到准确的风扇声源信息，为声衬设计和风扇噪声评估提供数据基础。

**研究内容：**

依据航空发动机风扇后传噪声声学特性和背景流场特性：

* 建立剪切背景流场下管道内风扇后传噪声与湍流边界层噪声分离模型；
* 建立旋转背景流场下管道内风扇后传噪声与湍流边界层噪声分离模型；
* 形成管道内风扇后传噪声与湍流边界层噪声分离程序；
* 采用数值算例或公开的标准算例，验证分离模型；
* 形成实验室级别管道内湍流边界层噪声与噪声声源分离测试方案，验证分离模型。

**主要指标：**

* 声源分离模型应能考虑风扇后传环形管道下剪切背景流场和旋转背景流场的影响;
* 在500-5000Hz频率下声源分离模型应能准确识别管道模态数；
* 在500-5000Hz频率下声源分离得到的管道模态幅值和标准值比较误差在2dB以内。

**（13）航空发动机滑油系统故障模拟与多参数融合故障诊断方法研究（重点项目）**

**研究目标：**

针对航空发动机滑油系统健康监测问题，构建滑油系统故障仿真模型，筛选并建立表征发动机滑油系统性能的参数体系，开展多参数融合异常识别和故障诊断方法研究，基于仿真和试验数据进行故障诊断方法验证，有效提升发动机滑油系统异常识别和故障检测的可靠性。

**研究内容：**

* 构建发动机滑油系统的故障仿真模型：针对航空发动机的滑油系统的部件进行数学建模，以此为基础构建发动机滑油系统故障仿真模型；开展零部件典型故障模拟，获得滑油系统故障数据集。
* 构建表征滑油系统性能的参数体系：根据航空发动机滑油系统的原理和特点，筛选出具有代表性的参数进行融合；
* 滑油系统多参数融合方法研究：开展滑油系统多参数融合方法研究；通过对仿真和试验数据梳理，建立一种表征滑油系统性能的多参数融合模型；
* 多参数融合异常识别和故障诊断方法研究：开展多参数融合异常识别和故障诊断方法研究；
* 多参数融合故障诊断方法验证：结合滑油系统故障模拟数据和台架测试数据验证多参数融合故障诊断方法的有效性。

**主要指标：**

* 滑油系统故障仿真模型，模拟故障类别≥4类；
* 表征发动机滑油系统性能的参数体系；
* 多参数融合异常识别和故障诊断方法，故障识别准确率≥90%；
* 分析方法研究报告。