

四、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： 民航发动机安全风险监测与辅助决策关键技术研究

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

本课题以保障民航发动机运行安全为基本目标，开展民航发动机安全风险监测与辅助决策关键技术研究。民航发动机运维过程是一个多主体、多流程、强耦合的复杂运行系统，目前面临如下问题：一是安全风险数据源管控问题。安全风险数据源具有多维时空和多源异构的特点，通过结果性事件的逆向分析可以溯源出多风险要素的耦合作用机制。但目前安全风险数据源分布在不同的管理部门，信息孤岛严重，数据共享困难，难以进行不同数据源的融合计算和关联分析，同时现行的数据源数据质量不高，噪音较大。二是安全风险评估和预测问题。现行的安全风险评估和预测模型都是面向单一主体、基于单一风险源的，无法全面表征多风险源耦合导致的风险，更难以适应多主体交界面产生的风险，加之依据统计分析和深度学习等方法建立的安全预测与评估模型往往具有可解释性差、易受数据干扰等弱点，容易产生隐患排查的盲区和管控措施的偏差，对小样本风险事件的风险管控、运行环境急剧变化产生的风险管控、小概率不可预测风险事件的管控都具有很大的不适应性。三是安全风险监测与辅助决策支持系统问题。目前我国民航还缺乏民航发动机安全隐患、危险源、风险事件等信息的统一管理平台，软件孤岛严重，业务融合困难，同时仅从单一过程、单一风险源、单一主体描述的风险具有片面性，无法实现全维、精准地描述风险源与风险之间的多重耦合关联关系。具体研究内容如下：

（1）民航发动机安全多源异构数据关联集成与融合计算。针对目前民航发动机安全相关数据（安全隐患信息、危险源信息、事件应急预案、事件发生记录、事件调查报告、安全信息月度统计分析报告、飞行数据等）分散在多主体建立或发布的各种信息系统、半结构化文件或非结构化文件等多源异构数据中，导致数据难以有效综合利用问题，本课题围绕多源异构数据空间建立、数据质量检测与修复、多源异构数据关联集成、领域知识图谱补全展开研究，为民航发动机安全风险要素分析与建模、安全风险评估与预测提供数据及知识支撑。

（2）民航发动机安全风险要素多维时空特征分析与建模。民航发动机安全风险要素多维时空特征分析与建模，是在民航发动机安全风险多因素致因分析的基础上，结合民航发动机安全风险多因素耦合及潜在、乃至叠加等复杂的表现形式，应用多模态与安全风险相关的数据，采用认知与可解释智能技术，运用风险解耦与多尺度建模技术，在时空维度实现对民航安全风险要素的深层次特征分析，实现深入认知民航发动机安全风险。

（3）“安全-经济”综合平衡与“模型-数据”混合驱动的安全风险预测。面向数据，结合民航发动机安全风险形成机制，实现数据与模型的精准互动，提高模型的可信度和学习能力，实现精准预测安全风险，主动排查安全隐患，智能挖掘潜在与未知安全风险，形成对特定场景的模型与数据的交互学习，提升安全风险预测能力。其与经济性的平衡体现在，一是通过主动排查安全隐患，避免其演化为事故导致的损失；二是通过优化风险控制措施，提高经济性水平。

（4）基于人机交互的民航安全辅助决策。基于民航发动机安全风险要素特征的深层次提取和对各类关键风险的准确预测，研究基于人机交互的民航发动机安全辅助决策技术，定位于民航发动机安全风险管控中迫切需要的精准监管、实时风险预警和面向应急情景的多方协同安全决策等需求，提高民航发动机安全主动管理能力，提升安全管理的效果与效率。

（5）民航发动机安全风险监测与辅助决策支持系统研制。

3. 该选题所依托的科研项目或研究经费来源情况

国家科技重大专项课题，发动机外场运维信息管理与维护决策方法研究，202101-202412，380万，在研，主持。

2024年招生计划

四、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： 基于数字孪生的民航发动机智能运维关键技术研究

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

当前，民航发动机运维主要依赖发动机机队健康管理技术，来提高发动机运行维护质量和效率，进而保证发动机运行安全可靠，降低发动机运行维护成本。发动机机队健康管理技术通过对发动机运行维护和监控数据、运行环境、运行特点等多源信息充分挖掘，来评价和预测发动机的性能和健康状态，预测可能发生的故障，提前安排维修工作，避免或减少不必要的维修，提高飞行的安全性和正点率。然而，民航发动机内部多学科深度耦合，各部件及系统之间的交联耦合极为复杂；同时，复杂运行环境下系统动态特性快速多变，民航发动机运行维护的难度显著增大。现有的民航发动机机队健康管理技术，一方面，因民航发动机机载传感器数量有限，同时发动机运行维护数据呈现出多源、异构等典型特征，难以实现发动机在动态多变环境下的状态实时评估和高精度预测；另一方面，由于发动机制造、装配、安装公差以及因工作环境多变、载荷不同而产生的性能差异及其衰退和寿命消耗差异，缺乏能够反映发动机个体差异的实时、高精度、多影响因素融合的运行维护动态模拟手段，难以满足航空公司提高发动机运行维护的质量和效率的迫切需要。综合了多领域建模技术和新型信息技术的数字孪生技术体系，使得高精度动态地模拟发动机复杂系统的行为特征，提升民航发动机机队健康管理技术，提高发动机运行维护的质量和效率成为了可能。基于此，本课题将数字孪生技术与民航发动机运行维护相结合，重点突破面向发动机等效运行及运维需求的关键部件数字孪生模型动态构建，基于数字孪生架构的发动机性能评估模型构建，不确定扰动与运行可靠性的关联耦合对机队维修计划柔性的影响机理等关键问题。具体研究内容如下：

（1）面向民航发动机运行维护的数字孪生模型构建理论研究。针对如何精准反映民航发动机的运行状态并准确评估其运行性能难题，本研究内容旨在提出面向民航发动机运维的数字孪生体系架构，从多学科角度出发，基于现有几何及机理模型，探讨发动机关键部件（如气路系统）孪生模型构建方法；为进一步实现对实体发动机性能状态的精准刻画，探究关键部件孪生模型的动态修正方法，为面向民航发动机运行性能评估及维修优化的数字孪生模型构建及等效运行提供理论支撑。

（2）基于数字孪生的民航发动机性能评估研究。针对民航发动机性能监控受限于气路传感器数量而无法开展深入部件级研究的问题，本研究内容旨在提出数字孪生架构下的发动机气路性能评估架构，以机理驱动的深度学习为研究手段，解决发动机在翼工作中未知故障的识别及预警，进一步探究部件级退化趋势预测模型构建原理，为提高发动机维护效能提供技术支撑。

（3）发动机送修后性能状态更新与全寿命运行可靠性分析方法研究。为了基于数字孪生模型精准预测民航发动机全寿命的整机/部件性能状态，开展发动机送修后性能状态更新方法研究；在此基础上，为了掌握发动机全寿命的机队运行可靠性，探讨基于数字孪生模型的机队全寿命运行可靠性分析方法，为发动机全机队全寿命维修优化提供理论支撑。

（4）基于数字孪生的民航发动机全机队全寿命维修优化方法研究。针对传统的发动机维修优化难以准确把握全寿命整机/部件性能状态带来的优化效果受限问题，开展基于数字孪生模型的发动机单机全寿命维修优化、机队维修计划优化与重优化、维修工作范围优化等研究，有效降低发动机的运行维护成本。

（5）基于数字孪生的民航发动机智能运维系统研制。

3. 该选题所依托的科研项目或研究经费来源情况

国家科技重大专项课题，发动机外场运维信息管理与维护决策方法研究，202101-202412，380万，在研，主持。