

1. 博士论文研究方向：天地往返航天器结构性能检测、损伤分析与可重用评估

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

面向天地往返航天器结构的重用性评价与性能预测等需求，开展可重用航天器结构检测与性能评估技术相关研究。该方向预期成果在发展复杂环境下航天器可靠性评价、多场耦合跨尺度结构损伤建模与演化分析、可解释深度学习智能结构设计、复杂数字孪生系统集成与协同优化等理论和技术方面具有重要科学意义和工程价值。

一、可重用航天器结构性能检测与评价

1) 开展多模态信息集成平台研发，通过数据驱动的航天器结构损伤演化机理分析、多物理场耦合建模与仿真，结合多源信号采集与溯源，为航天器结构损伤检测提供原创工具。 2) 基于可重用航天器气动设计与结构损伤模型，运用数据采集与传输、数据处理与分析、模态分析与动态测试技术，开展数据驱动的结构损伤机理解析，研判损伤成因并量化损伤程度，提出结构修复方案。 3) 融合流固耦合动力学理论与传热学原理，模拟计算不同修补方案对应的复飞性能参数，量化修补后的性能折损或可能增益。

二、可重用结构创新设计与智能评估

1) 面向可重用航天器关键结构，以数字化和参数化为基础，结合进化算法、元胞自动机等方法，实现自动化设计方案搜索与优化。 2) 在深度神经网络中融合设计知识与经验规律，借助神经网络提取结构设计图中高维特征信息，形成具备设计经验学习与新设计思维推理能力的对抗生成式结构设计方法。3) 解决数据特征语义化、训练数据无畸变增广、算法关键超参数分析、计算机视觉和工程师经验多维度融合评价等技术问题。逐步将以数值模拟为基础的数字化设计替代为以机器学习为工具的智能化设计，实现由定性结构力学到程序结构力学的智能评价范式变革。

3. 该选题所依托的科研项目或研究经费来源情况

国家部委重点项目，经费1300万元。

1. 博士论文研究方向： 基于数字孪生的空间机构在轨性能监测与预测

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

一、空间机构服役性能数字孪生与监测

1) 开展长期在轨大型航天器关键机构全生命周期数字孪生综合应用，融合空间复杂环境智能感知，创制空间机构在轨性能评价标准。

2) 实施空间机构的物理实体设计、制造、运行及回收等全生命周期数字模拟，基于多源探测数据开展数据驱动的服役性能态势研判。

3) 预测动态目标行为及其对自身影响，进行预防性变构，优化机构作动、制动策略，建立空间机构性能动态监测方法，并开展地面模拟验证。

二、空间机构在轨性能地面孪生模拟试验

1) 开发航天器典型机构性能地面孪生模拟系统，构建孪生体并提出数字化模拟方法。基于在轨故障模式分析，构建空间机构状态监测物联网平台，精准采集典型工况下多模实时数据。

2) 在虚拟空间中创建与实体装备相对应的数字映射系统，整合物理空间的多源数据，实现数字模型与物理实体之间的全周期实时双向交互。

3) 对比试验、历史和操作数据，确保数字孪生模型的准确性和系统可靠性。动态调整和完善数字孪生系统，确保其与实际航天器的高拟合度。

3. 该选题所依托的科研项目或研究经费来源情况

头雁计划项目，经费247万元。