

2020年招生计划
六、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： 转子动力学 以重型燃气轮机轴系为研究对象，对其轴系动力学设计，动力学特性等进行研究。 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 重型燃气轮机是高维、非线性和强耦合的复杂动力系统。高维性主要来源于压气机和涡轮机多级动静叶片及拉杆转子等复杂结构形式，用有限元方法离散化后往往具有几百或几千自由度；非线性因素主要来自于微小间隙（如轴承非线性油膜力、级间和叶顶不均匀非线性密封力等）非线性激励源、界面气动摩擦等；强耦合作用则主要表现在温度、压力、流固、气固与转子-轴承-密封系统之间的多场耦合。对于重型燃气轮机轴系动力学设计问题的研究，存在着两个方面的难题：一是动力学建模问题，这类系统动力学建模极其复杂；二是这类高维复杂动力系统的求解理论和分析方法尚不成熟。项目预期成果将解决重型燃气轮机轴系动力学设计的两大科学难题，研究成果在多场耦合激励下重型燃气轮机轴系的动力学设计方面取得若干重要进展和突破，创新成果必将拓展转子动力学科领域，其工程应用对于提高我国燃气轮机装备制造业的自主创新设计水平具有重要意义。 （1）燃气轮机转子系统结构动力学设计方法 对燃气 轮机转子系统进行临界转速、稳定性、不平衡响应及扭振频率与强度校核的动力学设计，基于燃气轮机转子设计任务和设计参数要求，分析转子临界转速、稳定性，在满足设计准则的前提下进行不平衡响应、扭振频率及强度校核，构建燃气轮机转子系统转子动力学设计流程和设计方法。 （2）燃气轮机转子结构动力学设计关键参数的选取准则 分析轴系预紧力、接触界面几何、工艺等参数变化对燃气轮机转子系统动力学特性的影响及灵敏度变化规律；确定燃气轮机转子结构动力学设计的关键设计和运行参数；形成燃气轮机转子系统结构动力学设计准则。 （3）燃气轮机转子结构动力学设计数据库 综合研究和吸纳国外燃气轮机轴系动力学设计数据库的具体组成形式、条款内容等成果形式，建立我国燃气轮机转子系统结构动力学设计数据库。收集整理各类数据，包括：收集和管理各种材料特性数据，以及通过数值计算以及实验等手段获取的关键部件的刚度和阻尼的动力学模型参数等。 （4）燃气轮机拉杆转子系统结构动力学分析软件 开发高效的动力学方程求解器和方程组耦合求解器；实现高效的完成转子系统非线性动力学模型的求解；针对燃气轮机转子系统设计人员的需求，以提高人员使用效率为目标，完成人机界面的设计，实现设计模型的高效管理，简化动力学参数的录入，以及开发主流转子动力学软件具有的结果可视化功能；集成上述研究成果，以及数据库，求解器，人机交互系统等各个模块，完成燃气轮机转子系统结构动力学分析与振动控制设计软件的开发，形成我国自主知识产权的燃气轮机拉杆转子系统高效设计工具。 （5）燃气轮机转子系统动力学模型工程等效约化方法 开展燃气轮机转子系统动力学模型工程等效约化方法研究，建立工程等效模型。建立燃气轮机模化工程等效约化方法试验台，验证考核整体软件计算分析结果与模型转子实验验证结果的吻合程度；验证考核整体软件计算分析结果与实际燃气轮机组实验测试数据吻合程度。
3. 该选题所依托的科研项目或研究经费来源情况 国家两级重大专项：燃气轮机转子系统的结构动力学与振动控制研究；

2020年招生计划
六、预计招收博士生的课题研究方向和研究工作简介
转子动力学 1. 博士论文研究方向：以重型燃气轮机轴系为研究对象，对其轴系动力学设计，动力学特性等进行研究。 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 以重型燃气轮机组轴系转子-轴承系统为主要研究对象，应用转子动力学、非线性动力学、热力学、流体和固体力学等多学科理论与方法，综合考虑轴系的高维、非线性和强耦合的动力学特点，建立重型燃气轮机轴系非线性耦合动力学模型，对其动力学模型进行工程等效约化处理，求解燃气轮机轴系临界转速、不平衡响应、稳定性；分析结构、轴承/密封、通流和连接介面特性等关键设计和运行参数变化对轴系非线性稳定性、稳定裕度及失稳模式的灵敏性影响规律；开发重型燃气轮机拉杆转子轴系模拟实验台，实验验证燃气轮机轴系的动力学特性；采用优化设计理论和方法，以轴系稳定裕度为目标函数对其进行优化设计研究，给出机组轴系的设计和运行参数的选取准则，形成燃气轮机轴系动力学设计准则。开发重型燃气轮机轴系动力学设计软件，解决重型燃气轮机组轴系动力学设计关键技术问题。为重型燃气轮机组迈入数字化设计、保证机组的安全可靠运行提供技术支撑。 （1）重型燃气轮机轴系非线性耦合动力学建模及求解方法 1）典型燃气轮机组轴系微小间隙（级间和叶顶气固耦合不均匀密封、界面接触摩擦等）非线性耦合模型及表征方法； 2）重型燃气轮机轴系非线性耦合动力学关键设计与运行参数分析； 3）重型燃气轮机整个拉杆转子轴系非线性耦合综合动力学建模理论与方法； 4）燃气轮机轴系动力学模型工程等效约化、动力学降维及求解方法。 （2）重型燃气轮机轴系非线性耦合动力学特性分析 1）在建立燃气轮机整个拉杆转子轴系动力学模型的基础上，对其动力学模型进行工程等效约化处理，求解其轴系临界转速、不平衡响应、模态振型、失稳转速等动力学特性； 2）分析轴承、密封、支承布置和拉杆分布方式等关键设计参数对轴系临界转速及失稳转速的动力学特性影响规律； 3）分析不平衡量大小与位置、气动压力脉动、不同支承布置等对不平衡响应的动力学特性影响规律； 4）重型燃气轮机轴系线性及非线性耦合动力学设计（包括轴系临界转速、不平衡响应和稳定性等）。 （3）重型燃气轮机轴系非线性稳定性优化及设计准则 1）分析结构、轴承、密封、通流和连接介面特性等关键设计和运行参数变化对轴系非线性稳定性、稳定裕度及失稳模式的灵敏性影响规律； 2）确定重型燃气轮机轴系稳定性优化设计的设计变量和约束条件，建立其轴系非线性稳定性优化设计数学模型； 3）应用全局映射的现代优化算法，找出最优参数解集，优化影响轴系动力学特性的关键设计和运行参数； 4）确定影响轴系动力学特性的关键设计和运行参数，给出重型燃气轮机轴系线性及非线性动力学设计准则。 （4）重型燃气轮机轴系动力学特性模拟实验研究 1）建立重型燃气轮机拉杆转子系统模拟实验台，实验揭示拉杆松紧程度、拉杆紧力不对称、拉杆数量、摩擦传扭面不均、传扭面粗糙度和端面不均匀等参数变化与动力学特性之间的内在规律； 2）实验测试轴承参数变化对重型燃气轮机拉杆转子模拟实验系统的动态性能的影响规律； 3）实验测试轴系的密封动力学特性，实验测试密封结构齿腔平均压力和脉动压力周向分布规律； 4）实验测试密封结构参数变化对流场分布、泄漏量、临界转速和密封效率的影响规律等。
3. 该选题所依托的科研项目或研究经费来源情况

国家自然科学基金项目：重型燃气轮机轴系非线性耦合动力学特性及设计准则。

七、招生计划申报导师确认

表中所填内容经本人确认属实。

导师签字：年 月 日

八、所在单位党支部意见：

党支部书记签字：年 月 日

九、所在院（系）党委（党总支）意见：

☐ 同意申报 ☐ 不同意申报

党委（党总支）书记签字：年 月 日

十、院（系）意见

☐ 同意招生计划，且建议给予 个博士生招生名额

☐ 不同意招生计划

其他需要特殊说明事项：

院长（系主任）签字：年 月 日

十一、研究生院审核备案意见

负责人签字（盖章）：年 月 日