附件1：

“核电安全监控技术与装备国家重点实验室”2019年度开放课题指南

本着“开放、流动、联合、竞争”的建设方针，围绕实验室重点研发方向，依据相关文件《依托企业建设国家重点实验室管理暂行办法》、《企业国家重点实验室建设与运行实施方案》，现面向高等院校、科研机构和其它单位发布开放课题指南，重点资助国重实验研究方向下应用基础研究和竞争前共性技术研究内容。本次共资助4个研究方向下17个项目。

2019年度具体资助方向如下：

1. **核电安全状态及其量化评估研究方向**
   1. **多堆厂址安全性评价（PSA）**

研究内容：包括多堆PSA的概率安全目标研究、多堆PSA与单堆PSA技术差异性对比研究、多堆风险分析方法及典型案例应用研究、多堆风险评价体系研究。

考核指标：提交研究报告：多堆的概率安全目标研究报告、多堆PSA与单堆分析技术差异性对比研究报告、多堆PSA分析方法及典型案例应用研究报告（2份典型案例研究报告及相应的电子模型）、多堆风险评价体系研究报告。发表SCI检索的期刊论文1篇，EI检索期刊论文1篇。

费用上限：18万。

* 1. **核反应堆源项精细计算和不确定性分析技术研究**

研究内容：建立核反应堆源项的精细计算方法，在保证计算精度和稳定性的前提下提高计算效率；建立核反应堆源项的不确定性分析方法，基于核数据库EAF-2007中的不确定性数据，给出主要参数的不确定性计算结果。内容包括核反应堆源项的直接计算方法研究、核反应堆源项的分解计算方法研究、核反应堆源项的中子活化计算方法研究、核反应堆源项的不确定性分析。

考核指标：提交研究报告5份：核反应堆源项的精细计算方法和不确定性分析、核反应堆源项的直接计算方法研究报告、核反应堆源项的分解计算方法研究报告、核反应堆源项的中子活化计算方法研究报告、核反应堆源项的不确定性分析报告。发表SCI检索的期刊论文2篇。

费用上限：18万

* 1. **停堆工况下蒸汽发生器U型管内冷凝回流特性研究**

研究内容：研究停堆工况下蒸汽发生器U型管冷凝回流的传热特性，建立合理的物理模型，并开展数值模拟计算，系统研究堆芯余热水平、一回路不凝气体、一回路水装量、一回路压力和温度等参数对冷凝回流导热能力的影响，并对冷凝回流的物理机理开展研究，内容包括：含不凝气体的蒸汽冷凝传热模型调研及评价、基于CFD技术的蒸汽冷凝传热方法调研及评价、冷凝回流物理模型建立、不同物理参数对冷凝回流导热能力影响的研究、冷凝回流物理特性研究。

考核指标：提交研究报告4份：含不凝气体的蒸汽冷凝传热模型调研及分析报告、基于CFD技术的含不凝气体蒸汽冷凝传热模型调研及分析报告、不同物理参数对冷凝回流导热能力影响研究报告（含模型建立、数值模拟分析计算）、U型管冷凝回流物理特性研究报告（含阻液现象等）。发表SCI检索的期刊论文2篇，EI检索期刊论文1篇。提交物理模型1套，CFD计算文件1套。

费用上限：15万

1. **核电风险预警与事故防控研究方向**
   1. **蒸汽发生器气含率（气液比）实时估计方法研究**

研究内容：根据蒸汽发生器的几何尺寸，基于质量和能量动态衡算建立蒸发器机理模型，并完成模型验证。建立基于质量和能量守恒的蒸汽发生器热工水力数学模型，开发适用于蒸汽发生器全运行工况的、可供实时调用的工质物性参数数据库，研究换热系数分布的实时计算方法、研究二回路侧工质气含率的实时估计方法、利用机组运行数据给出上述模型和方法的验证结果。

考核指标：提交研究报告：蒸发器机理建模和模型验证研究报告、二回路侧工质气含率实时估计方法研究报告。发表SCI检索的期刊论文1篇，EI检索期刊论文1篇。申请发明专利1项。

费用上限：20万

* 1. **核电厂复杂非线性系统容错安全控制研究**

研究内容：基于机器学习和故障诊断、容错控制等技术，针对核电厂给水控制等复杂非线性系统中典型的控制器、传感器、执行器故障问题，开展非线性动态故障模型建立、控制器/传感器/执行器的故障诊断、容错安全控制和实验验证研究。包括复杂非线性系统控制器、传感器、执行器的非线性动态故障模型建立；复杂非线性系统控制器、传感器和执行器的典型故障诊断；典型控制系统控制器、传感器和执行器故障下的容错安全及自适应控制；基于数据同化与验证平台的控制策略实验验证。

考核指标：提交研究报告：核电厂典型高故障复杂非线性系统的故障分析报告、容错安全控制策略方法及测试报告。发表SCI检索的期刊论文1篇，EI检索期刊论文1篇。申请发明专利1项。

费用上限：18万。

* 1. **核电厂电动调节阀故障诊断方法研究**

研究内容：根据核电厂电动调节阀的故障机理及机构传动特点，借助电厂已有运行数据及阀门厂家的生产测试数据，建立电动阀典型故障样本，研究基于机器学习的阀门性能检测与故障处理方法。包括核电厂电动调节阀状态检测故障机理及现象分析、管道流体特性对阀门故障影响分析、核电厂电动调节阀故障诊断算法研究、智能诊断算法有效性验证。

考核指标：提交研究报告：电动调节阀状态检测故障机理及现象分析报告、核电厂电动调节阀故障诊断方法技术总结、算法测试验证报告。发表SCI检索的期刊论文1篇，EI检索期刊论文1篇。申请发明专利1项。

费用上限：15万

* 1. **核设施气载放射性后果计算评价及呈现技术研究**

研究内容：开展核电厂辐射后果评价模式研究，从时间、空间、辐射剂量等多个事故评测放射性性后果并结合地理信息系统进行模拟和计算，从而对事故进行全方位的模拟和推演，精确预告严重事故的后果。包括按照安申中心要求处理当前气象预报数据，正确进行风场诊断和气象数据同化；掌握大气扩散模型最新进展及模型验证；利用地理信息系统引擎（GIS）及数据可视化技术，构建一套轻量级的渲染框架，对辐射后果数据进行实时在线渲染，同时发布一套基于WEB的客户端程序，提供良好的人机界面，实现数据管理操作功能。

考核指标：提交研究报告：符合中国环保部大气环境影响评价导则的大气扩散模型系统BREEZE AERMOD/ISC研究报告、MeteoInfo系统研究报告。形成软件成果：大气扩散原型系统、辐射后果数据可视化平台。发表SCI检索的期刊论文1篇，EI检索期刊论文1篇。专利2项。

费用上限：20万。

* 1. **压水堆稳压器压力控制体系瞬态问题研究**

研究内容：建立以稳压器为主体的压力控制系统的热工水力一维瞬态研究模型，研究动态反馈调节过程的关键问题及瞬态特性，优化调控策略与结构布局，提高控制系统敏捷度；整合稳压器的压力控制系统一维模型，建立稳压器及其直接关联构件为一体的热力-水力-应力一维瞬态监测预测模型。

考核指标：提交研究报告：压水堆稳压器压力控制体系瞬态问题研究总结报告。发表SCI检索的期刊论文1篇，EI检索期刊论文1篇。

费用上限：12万

* 1. **基于机器学习的核电厂复杂事故特征识别方法研究**

研究内容：基于机器学习的方法，通过在仿真机上引入各种不同事故工况，来建立并不断充实数据库，并选取复杂、典型故障作为事故识别样本，掌握基于机器学习的核电厂典型事故征兆识别方法，并开发典型事故识别的案例与系统，结合仿真机和核电厂中的实时信息监控系统（KNS）进行故障诊断效果的验证。内容包括调研国内外此领域最新研究成果，先进方法，形成调研报告；掌握基于机器学习的核电厂复杂事故特征识别最优算法方法；在仿真机上引入各种不同事故工况，来建立并不断充实学习数据库；开发一个有代表性的核电厂复杂事故诊断案例，如两种设计基准事故叠加的复杂事故并进行验证。

考核指标：提交研究报告：基于机器学习的核电厂复杂事故特征识别方法研究报告、复杂事故特征识别算法典型案列设计及验证报告。发表SCI检索的期刊论文1篇，EI检索期刊论文1篇。申请发明专利1项。

费用上限：10万

1. **人因可靠性与人机交互研究方向**
   1. **核电厂主控制室操纵员疲劳状态对作业安全的影响实验研究**

研究内容：研究核电厂操纵员的身心疲劳状态对作业绩效，尤其是人误可靠性的影响；建立疲劳状态与人误可靠性及作业绩效的预测模型，包括脑力负荷水平及生理疲劳水平；建立多指标融合的操纵员身心状态监测体系，采用多种接触式、非接触式传感器进行数据采集研究，提高身心状态评估的准确性。

考核指标：提交研究报告：核电厂主控制室操纵员疲劳状态对作业安全的影响实验研究报告。发表SCI检索的期刊论文1篇，EI检索期刊论文1篇。申请发明专利1项。

费用上限：15万

* 1. **短暂注意力转移对调试作业人因失误的影响机制研究及对策**

研究内容：以核电厂调试人员为研究对象，研究调试试验过程中短暂注意力转移诱发人因失误的机理，不同类型、不同时长的注意力转移行为破坏调试人员情景意识的程度，并进一步探索预防人因失误的措施。内容包括调试工作中常见短暂注意力转移行为的分类；分析不同等级脑力负荷调试任务下调试人员短暂注意力转移行为的特点；开发适合调试工作特点的情景意识以及脑力负荷评估方法及工具；通过模拟实验研究不同类型、不同时长的注意力转移行为对情景意识、人因失误的影响机制及影响程度；提出有针对性的防人因失误策略并进行实验验证。

考核指标：提交研究报告：相关内容的国内外文献综述、实证研究方法设计和数据分析、短暂注意力转移行为分类结果、注意力转移特点、情景意识/脑力负荷评估方法及工具、注意力转移行为对人因失误的影响研究报告、降低人因失误的对策。发表SCI检索的期刊论文1篇，EI检索期刊论文1篇。

费用上限：15万

* 1. **核电厂调试人员工前状态评估的定量计算模型研究**

研究内容：对调试人员身心状态影响因素进行辨识，分析调试人员的工作任务特点，从生理负荷、心理负荷、体力负荷三个维度来辨识影响调试人员身心状态的影响因素；对所识别的影响因素进行筛选，保留可以更为有效和准确用于评估调试人员身心状态的指标; 建立用于调试人员工前身心状态评估的指标评价体系；根据所建立的评价指标体系，建立用于调试人员工前身心状态评估的定量计算模型; 采集工程实践数据对所建模型的有效性和准确度进行分析，并对模型进行修订，形成基于实验室的调试人员工前状态评估方法及工具；依据所建立的评估模型和需要的测量技术及手段，探究便携式调试人员工前身心状态评估工具开发及实现方案.

考核指标：提交研究报告：包括相关内容的国内外文献综述、实证研究方法设计和数据分析，核电厂调试人员身心状态定性评价指标体系、核电厂调试人员身心状态定量评价计算模型，基于实验室仪器设备的调试人员工前状态评估方法及便携式评估工具开发方案。发表SCI检索的期刊论文1篇，EI检索期刊论文1篇。

费用上限：15万

1. **核电装备服役安全研究方向**
   1. **复杂结构的弹塑性极限载荷和裂纹驱动力分析技术**

研究内容：以核电设备和管道中含缺陷复杂结构（如三通接管、容器接管等）为研究对象，通过有限元数值模拟，系统研究缺陷类型、位置、载荷等因素对含缺陷复杂结构极限载荷、SIF和J积分的影响，建立含缺陷复杂结构的FEM模型，掌握多轴载荷作用下含缺陷复杂结构的参考应力J估算方法，指导在役结构安全评定。包括含缺陷复杂结构的3D有限元模型建模技术；多轴载荷作用下含缺陷复杂结构的极限载荷分析；多轴载荷作用下含缺陷复杂结构的J积分分析；多轴载荷作用下含缺陷复杂结构的参考应力法估算J积分。

考核指标：提交研究报告：多轴载荷作用下含缺陷复杂结构的极限载荷分析报告；多轴载荷作用下含缺陷复杂结构的J积分分析报告；轴载荷作用下含缺陷复杂结构的参考应力法估算J积分报告。发表SCI检索的期刊论文2篇。

费用上限：18万

* 1. **高空间分辨伽马成像用碲锌镉像素探测器**

研究内容：研究高空间分辨、高探测效率的CZT像素探测器，开展CZT像素探测器存在的边缘效应、电荷串扰等物理本质及其影响机理研究，基于射线与CZT相互作用的规律和CZT载流子输运特性，研究基于射线作用深度及康普顿效应修正的高分辨成像算法，优化伽马成像算法。

考核指标：提交研究报告：CZT像素探测器边缘效应与电荷串扰影响研究报告；高分辨伽马成像 CZT 像素探测器成像算法研究。发表SCI检索的期刊论文1篇，EI检索期刊论文1篇。申请发明专利1项。

费用上限：10万

* 1. **基于结构安全的焊接缺陷修复原则研究**

研究内容：针对核电典型管道焊缝（例如：主管道焊缝），选取1～2个管径与壁厚之比具有代表性的结构，采用裂纹尖端的应力场分布的广义膜应力与弯曲应力分析方法，开展理论分析和数值模拟计算，以及少量典型试验验证，明确缺陷修复引入的残余应力对结构服役安全的影响，建立满足结构服役安全的缺陷修复原则。内容包括基于管道几何尺寸、焊接接头特征和焊接工艺参数，分析管道焊接塑性区尺寸和大小，建立焊接热循环与塑性区分布的对应关系；基于缺陷尺寸、管道几何特征开展缺陷修复中热输入、挖补尺寸等对残余应力场再分布的影响研究；开展含不同尺寸缺陷结构安全性分析，明确结构残余应力对结构安全的影响；明确结构临界缺陷尺寸并制定最佳的修复原则与工艺。

考核指标：提交研究报告：焊接修复残余应力分析报告；基于结构安全的管道焊缝缺陷修复指导方案。发表SCI检索的期刊论文1篇，EI检索期刊论文1篇。

费用上限：15万

* 1. **核电厂复杂电磁环境仿真模型研究**

研究内容：针对智慧核电建设中对日趋复杂和恶劣的电磁环境进行仿真研究，研究电磁波传播模型，分别从理论模型、确定性模型和经验模型研究适用于核电复杂电磁环境仿真模型；针对特定场景，开展电磁信号传播衰减数据采集；结合真实采集数据，并结合ITU-R传播模型，进行核电电磁环境matlab建模；将所建模型生成并导入无线信号发生器信道仿真中，在电波暗室内实现核电特定场景电磁环境回放试验环境。针对核电站可能面临的有意电磁干扰（IEMI），研究核电站有意电磁干扰的理论模型，根据核电站厂区布置分析潜在的电磁脉冲干扰源位置，分析有害电磁能量馈入核电站系统的电磁途径；建立核电站厂区关键厂房建筑结构模型，根据模型仿真计算IEMI对核电站厂房关键房间关键位置的耦合电场强度水平；结合经验及设备试验数据分析其威胁水平；分析计算核电站构筑物的屏蔽效能

考核指标：提交研究报告：核电复杂电磁环境仿真建模分析报告；核电特定场景电磁环境回放试验方案；核电特定场景电磁环境回放试验报告；核电站有意电磁干扰仿真建模分析报告。发表SCI检索的期刊论文1篇，EI检索论文2篇。申请发明专利1项。

费用上限：20万

* 1. **在建在役构筑物裂缝监测技术**

研究内容：调研目前建构筑物监测装置、数据记录、展示分析系统现状，着重于应用研究，研发一套能够实现对建构筑物裂缝发展状态进行在线监测，适时记录、适时数据分析，并能在终端平台予以展示的先进监测方法。邀请观测经验丰富的工程公司调试部门安全壳打压试验小组的专家参与，在一个核电项目实现示范试用，并对实际适时监测数据与裂缝理论结果进行分析并形成对比结论。

考核指标：提交研究报告：在建在役构筑物裂缝监测技术研究报告（含市场调研、适时裂缝监测可行性方法研究、与理论对比分析结论）。发表SCI检索的期刊论文1篇，EI检索期刊论文1篇。

费用上限：12万