

附件 2

“核安全与先进核能技术”重点专项

2019 年度项目申报指南

(征求意见稿)

为落实《国家创新驱动发展战略纲要》《国家中长期科学和技术发展规划纲要（2006—2020 年）》，以及国务院《能源发展战略行动计划（2014—2020 年）》《“十三五”国家科技创新规划》等提出的任务，国家重点研发计划启动实施“核安全与先进核能技术”重点专项，根据本重点专项实施方案的部署，现发布 2019 年度项目申报指南。

本专项总体目标是：与已有核能项目相互衔接，瞄准国际发展前沿，围绕核安全科学技术、先进创新核能技术两个方向，开展核能内在规律与机理研究，突破“瓶颈”与关键技术，开展前瞻性、创新性研究，从基础研究、重大共性关键技术研究到规模化验证全链条布局，解决制约自主化发展的核心技术瓶颈问题，推动我国核能技术水平的持续提高和创新，促进向核能强国的跨越。

本专项重点在核安全科学技术、先进创新核能技术 2 个创新链（技术方向），共部署 9 个重点研究任务。专项实施周期为 5 年（2018—2022 年）。

1. 核安全科学技术

1.1 反应堆严重事故分析程序研发（共性关键技术类）

研究内容：在前期“严重事故下堆芯熔融物行为与现象”试验研究基础上，研发压水堆严重事故一体化分析程序。程序至少应包含冷却剂两相流动与传热、堆芯熔融与迁移、熔融物-冷却剂相互作用、多维碎片床冷却与蒸干后传热、碎片再融化与熔池形成、非均匀熔池对流与换热、安全壳直接加热、裂变产物与气溶胶运输、氢气燃烧等分析模型。

考核指标：计算结果与实验数据相比平均差异小于 20%，优于国外同类程序。

实施年限：4 年

经费配套：自筹经费总额与中央财政经费总额比例不低于 1:1

1.2 严重事故下安全壳系统性能研究（共性关键技术类）

研究内容：研究严重事故下气溶胶迁移与热力学现象；研究安全壳失效机理，特别是安全壳贯穿件等薄弱环节；开展安全壳内热力和结构试验与数值分析，评价安全壳包容能力；研究严重事故下安全壳的释热与减压新技术，研发新型高效过滤排放技术。

考核指标：建立气溶胶行为的实验数据库和机理模型；形成一套安全壳结构的分析评价方法，给出安全壳失效概率曲线和结构分析评价规范（建议稿）；在容尘量 1 吨的条件下，过滤排放气溶胶去除效率 $\geq 99.99\%$ 、元素碘去除效率 $\geq 99.9\%$ 、甲基碘去除效率 $\geq 85\%$ 。

实施年限：4 年

经费配套：自筹经费总额与中央财政经费总额比例不低于
1:1

1.3 核电站实时风险监测评估与管理技术研究（共性关键技术类）

研究内容：研究核电站核安全相关系统、关键设备实时在线运、停状态监测与故障诊断技术，开发核电站系统、设备状态监测与可靠性数据采集、分析系统软件；研究核电站全范围、全工况实时更新风险模型与评估技术，开发包含实时风险建模、风险监测、风险评估、管理优化等功能的一体化实时风险监测与管理工程软件；研究核电站实时风险限值、风险指引管理的技术标准，建立我国核电站风险管理的技术体系；研究建立示范核电站全范围、全工况实时风险评估模型，开发示范核电站风险监测与管理软件系统，完成规模化技术验证。

考核指标：实时在线监测核电站关键设备的运、停与故障状态，准确率 99.9%；一体化实时风险监测与管理工程软件具有风险建模、监测、评估与管理优化功能，事件不少于 5 万个，风险状态实时更新时间小于 1 分钟，可用度大于 99.9%；提出核电站各工况风险限值与管理规程；完成在核电站的规模化技术验证。

实施年限：4 年

经费配套：自筹经费总额与中央财政经费总额比例不低于
2:1

1.4 在役核电站重要构筑物及设备材料老化退化行为规律和预测模型研究（共性关键技术类）

研究内容：研究在役核电站重要构筑物及设备材料在多因素耦合条件下的老化与退化行为规律，至少包括安全壳结构和堆坑混凝土等重要构筑物，以及反应堆压力容器堆芯段、堆内构件紧固螺栓、铸造奥氏体不锈钢部件、蒸汽发生器传热管、镍基 600 合金焊缝等一回路重要设备（部件）材料；编制数据规范，开发或完善相关数据库；结合核电工程数据，建立相关的寿命预测模型及分析程序。

考核指标：获得上述对象在多因素（ ≥ 3 个）耦合条件下的材料老化退化规律；寿命预测模型不少于 8 个（至少有 3 个模型包含中子辐照效应），模型准确性 $R^2 > 80\%$ （数据样本量 10^2 以上）；行业或者国家标准稿 3 项以上。

实施年限：4 年

经费配套：自筹经费总额与中央财政经费总额比例不低于 2:1

2. 先进创新核能技术

2.1 先进核燃料元件设计研究及材料研制（基础研究类）

研究内容：研发高铀密度、高导热率芯块材料及耐辐照耐腐蚀包壳材料，研究固有安全性明显提高的新型燃料元件，研究燃料元件的先进制备工艺与检测技术。

考核指标：燃料芯块比现役 UO_2 燃料铀密度提高 15% 以上，

1200℃时热导率提高 5 倍以上，包壳高温腐蚀速率比现役锆合金至少低一个数量级；完成新型燃料元件初步设计，设计燃耗不小于 68000MWd/TU。

实施年限：4 年

经费配套：自筹经费总额与中央财政经费总额比例不低于 1:1

2.2 高温气冷堆超高温特性研究与实验验证研究（共性关键技术类）

研究内容：开展第四代超高温气冷堆的反应堆物理和热工水力特性，以及超高温运行的关键技术研究。至少包括超高温反应堆物理和热工控制特性研究，氦净化及其再生系统、一回路绝缘密封系统、蒸汽发生器换热材料等超高温运行性能分析，以及超高温运行模拟仿真技术研究，并完成运行实验验证。

考核指标：堆芯出口设计温度达到 950℃，实验验证的堆芯出口温度达到 850℃。

实施年限：4 年

经费配套：自筹经费总额与中央财政经费总额比例不低于 1:1

2.3 新型海洋核反应堆技术（基础研究类）

研究内容：面向海洋应用场景，开展各种新概念、新原理创新小堆研究。支持 4 个系统简化、固有安全、智能与自主控制，不同原理与形式的创新型小堆研究。开展海洋反应堆设计、高效

能量转换系统方案研究，分析论证关键技术，开展新型核动力概念设计研究。

考核指标：完成海洋应用场景新型 100kWe 至 MWe 级核动力装置概念设计，完成关键技术论证，建立虚拟仿真模型；其固有安全性能、智能与自主控制水平、重量、体积和寿命满足海洋应用环境，每 kWe 重量低于 0.3 吨；完成技术方案、系统和设备配置可行性研究、安全性研究报告及第三方评估。

实施年限：3 年

经费配套：全部来自于中央财政经费