

附件 9

“核安全与先进核能技术”重点专项 2020 年度项目申报指南

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 2020 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）。

2018—2019 年本重点专项在 2 个技术方向已经启动实施 13 个项目。按照全链条布局、分步实施、重点突出的原则，2020 年

拟在 2 个技术方向启动 9~12 个项目,拟安排国拨经费总概算 1.455 亿元。基础研究类项目经费以中央财政经费为主,共性关键技术类项目鼓励企业参与。

项目申报统一按指南二级标题(如 1.1)的研究方向进行。2.2 创新型可移动小型核反应堆技术和 2.3 创新型固定式小型核反应堆技术,两个方向瞄准国际最前沿,支持全新概念的创新研究,通过新概念研究带动技术创新,引导核能技术向国际并跑、领跑跨越,每个方向拟支持项目数 3 项,且必须为完全自主创新,没有获得过国家财政支持的设计方案;除此之外,拟支持项目数均为 1~2 项。申报项目的研究内容须涵盖该二级标题下指南所列的全部考核指标。基础研究类项目,每个项目下设课题数不超过 4 个,参与单位总数不超过 6 家;其他类项目,每个项目下设课题数不超过 5 个,参与单位总数不超过 10 家。项目设 1 名项目负责人,项目中每个课题设 1 名课题负责人。

指南中“拟支持项目数为 1~2 项”是指:在同一研究方向下,当出现申报项目评审结果前两位评分评价相近、技术路线明显不同的情况时,可同时支持这 2 个项目。2 个项目将采取分两个阶段支持的方式,第一阶段完成后将对 2 个项目执行情况进行评估,根据评估结果确定后续支持方式。

1. 核安全科学技术

1.1 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,如安

全壳内气溶胶去除及缝隙滞留研究等；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；研发先进的严重事故下安全壳系统性能综合分析软件，并进行综合试验验证。

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 $\geq 85\%$ ；开发一套完整的严重事故下安全壳系统性能综合分析程序，程序至少包括安全壳内热力行为、核素迁移、氢气行为、力学行为等模型，与综合试验结果比，计算误差不大于 20%；综合试验实施规模能够满足大空间模拟要求。

实施年限：3 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。

1.2 核电站重要设备部件先进智能老化监检测技术开发与验证（共性关键技术类）

研究内容：针对核电站核安全重要设备与部件的服役老化与退化行为，研发先进监检测装置和智能系统，开展老化状态和结构完整性方面先进智能监检测技术的开发与验证，研究对象至少包括：反应堆压力容器辐照监督试样先进复用技术、堆内构件紧固螺栓先进智能检测技术、一回路不锈钢部件热老化状态和结构

完整性先进监检测技术、核电管道先进检测和智能成像技术、混凝土老化状态和结构完整性先进监检测技术。

考核指标：RPV 辐照监督复用试样自动测试装置和智能分析系统，高注量快中子辐照后性能验证的样品有效比提升至 70%以上；堆内构件紧固螺栓水下自动检测装置和智能分析系统，性能验证重复定位精度优于 $\pm 0.5\text{mm}$ ，对不大于 20%截面积损失的缺陷完成快速检测与智能分析；适用于 5mm~100mm 壁厚金属焊接接头和高密度聚乙烯管道熔接接头的核电管道先进检测装置和智能成像系统，性能验证检出率至少 95%；一回路不锈钢部件和混凝土老化状态和结构完整性先进监检测装置和智能分析系统，性能验证精度 $\leq 6\%$ 。

实施年限：3 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 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。至少包括超高温气冷堆反应堆物理、热工和运行特性研究，氦净化及其再生系统、一回路绝缘密封部件、一回路关键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；开展商业规模中间换热器组件的研究，包括商业中间换热器模块与超高

温气冷堆、工艺热利用等回路耦合特性的研究，商业规模中间换热器组件的初步设计及关键部件制造技术研究。

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约 850℃；商业规模中间换热器组件换热功率不低于 10MW。

实施年限：3 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 创新型可移动小型核反应堆技术（基础研究类）

研究内容：面向海陆空移动式电源或动力装置的应用场景，开展各种新概念、新原理创新型小型核反应堆研究。支持 3 种超长寿期、固有安全、机动性强、智能与自主控制、不同原理与形式的小型移动式核反应堆概念设计。结合特定应用场景的需求分析，重点开展创新型核反应堆设计和创新型能量转换方式研究，开展安全性、经济性、环境友好性分析，并论证关键技术。

考核指标：完成满足应用场景需求的 10MWe 以下核反应堆堆芯设计、屏蔽设计和能量转换系统设计，完成关键技术论证，建立数值模拟平台；堆芯寿期不少于 3000 等效满功率天，无需场外应急，放射性物质外泄概率低于 10^{-7} /堆年，自主控制水平满足应用场景对于机动性的要求，屏蔽设计满足运行和移动过程中人员与设备的辐射安全剂量标准，重量和体积满足可移动应用场景限制；完成技术方案、系统和设备配置可行性研究，瞬态与事故分析研究及关键技术论证报告。

实施年限：3 年

经费配套：全部来自于中央财政经费。

2.3 创新型固定式小型核反应堆技术（基础研究类）

研究内容：面向不同场景、不同用途，开展各种新概念、新原理创新型固定式小型核反应堆探索研究。支持 3 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，电功率范围为 100kWe 至 100MWe 或热功率范围在 300MWt 以内，设计寿命 40~60 年；要具有体积小、建造工期短、非能动固有安全性等特点；适宜于建造在恶劣气候、偏远环境或者地下；取消场外应急；开展反应堆设计、高效能量转换系统方案研究，开展安全性、经济性、环境友好性分析，论证关键技术，开展新型核动力概念设计研究。

考核指标：完成相应应用场景新型核反应堆概念设计，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、体积和寿命满足相应应用环境；完成技术方案、系统和设备配置可行性研究，完成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。