

## “核安全与先进核能技术”重点专项 2020 年度项目申报指南建议 (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 2020 年度项目申报指南。

### 1. 核安全科学技术

#### 1.1 严重事故下安全壳系统性能研究

**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。

## 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

**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% 截面面积损失的缺陷完成快速检测与智能分析；适用于 5~100mm 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检测装  
置和智能分析系统，性能验证精度  $\leq 6\%$ 。

## 2. 先进创新核能技术

### 2.1 先进燃料及材料研究

**研究内容：**研发高导热率、高放射性包容率的芯块材料及  
高性能耐辐照耐腐蚀包壳材料，掌握制备工艺及检测技术，为  
研制高固有安全性的新型燃料元件奠定基础。

**考核指标：**1200℃时燃料芯块热导率比现役  $\text{UO}_2$  燃料提高  
10 倍以上，50000MWd/TU 时裂变气体释放率不高于现役  $\text{UO}_2$   
的 10%；包壳材料抗辐照能力不低于 200dpa，掌握包壳管制  
备工艺。

### 2.2 高温气冷堆超高温特性研究与实验验证研究

**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。

### **2.3 创新型可移动小型核反应堆技术**

**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堆芯设计、屏蔽设计、瞬态与事故分析以及创新型能量转换方式研究，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值；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管件技术论证报告。

### **2.4 创新型固定式小型核反应堆技术**

**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 100 kWe 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；设计上不可能发生大 LOCA 事故；开展反应堆设计、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、安全性研究报告及第三方评估。