

# 国家原子能机构文件

国原发〔2022〕2号

---

## 国家原子能机构关于印发《2022-2023年度核能开发科研项目申报指南》的通知

教育部、中科院，中国农业科学院，各省、自治区、直辖市国防科技工业管理部门，深圳市、青岛市国防科工办，中国核工业集团有限公司、中国工程物理研究院，中国华能集团有限公司、国家电力投资集团有限公司、中国广核集团有限公司，清华大学、哈尔滨工程大学：

现将《2022-2023年度核能开发科研项目申报指南》印发给你们。请根据本申报指南的有关要求，组织有关单位开展科研项目论证，择优筛选，严把项目质量关，提出项目立项建议。项目建

议书编写格式及具体要求见《核能开发科研项目管理办法》(科工二司〔2010〕592号)。

请于2022年6月1日前将项目建议书(一式3份)及电子文档报送国家原子能机构,逾期不予受理。

联系人及电话:系统工程司,宋天昊,010-88581905。

电子邮箱: [hnkfky@sastind.gov.cn](mailto:hnkfky@sastind.gov.cn)。

国家原子能机构

2022年4月13日

(此件公开发布)

# 2022-2023 年度核能开发科研项目申报指南

## 一、总体要求

坚持“四个面向”，把握新发展阶段、贯彻新发展理念，构建新发展格局，以科技创新为引领、问题为导向，实施先进核能科技创新战略为举措，充分利用全社会科技优势资源，加大自主创新、协同创新、开放创新力度，在加快补齐短板弱项的基础上，推动掌握一批“你无我有、你有我优”的关键技术，为加快推动核工业高质量发展，不断拓展核科学技术在国民经济领域应用的广度和深度提供技术支撑。

## 二、申报原则

### （一）战略引领，统筹谋划。

贯彻落实《“十四五”核工业发展规划》《核科技中长期发展规划（2021-2035）》部署，结合核工业发展实际，综合考虑核科学与技术当前与长远需求，按照整体谋划、分步实施的思路，布局技术攻关和成果应用。

### （二）问题导向，需求牵引。

研究方向应聚焦制约核能发展的难点、堵点，围绕推动核科学技术进步和产业转型升级的最后一公里，研究成果对促进核工业高质量发展具有重要的推动作用，对核技术在国民经济领域应用具有较大的推广意义。

### （三）创新驱动，联合攻关。

研究内容应立足核科技高水平自立自强，研究成果拥有自主知识产权，具有较高的技术含量和附加值。鼓励充分吸纳全社会优势资源，科研单位、高校、生产企业、产品需求方等单位联合申报，集智攻关，成果共享。

### （四）资源统筹，大力协同。

项目申报单位应符合《核能开发科研项目管理办法》规定的相关要求，并在科研基础条件、科研能力、人才队伍等方面具有良好的基础。鼓励有条件的单位自筹资金开展核能开发科研工作。

## 三、申报单位要求

（一）非外资控股的独立法人。

（二）涉密重点方向申报单位应具备相应的保密资质。

（三）具备开展申报课题研究所需的科研条件和专业人才队伍。

（四）项目负责人须具有高级技术职称。多个单位联合承担项目，应明确牵头责任单位（主要承研单位）。

## 四、支持重点

（一）反应堆及核动力领域。

**重点方向 1:**兆瓦级陆基移动式气冷微型核反应堆电源方案设计与集成验证。

**研究目标:**形成兆瓦级陆基移动式气冷微型核反应堆电源总体技术方案，完成非核原理性集成试验验证。

**研究内容：**开展兆瓦级移动式气冷微型核反应堆电源总体设计方案研究，完成反应堆堆芯、燃料、屏蔽、热电转换系统、堆本体结构、安全系统和余热排出系统等关键部件和系统研制，确定反应堆总体以及各系统的技术方案和关键参数，完成非核原理性集成试验。

**重点方向 2：**新型高通量快中子研究堆设计关键技术研究。

**研究目标：**对标新一代多功能高通量辐照研究堆，形成新型高通量快中子研究堆设计方案，突破和掌握高通量堆芯设计、主工艺设计、辐照孔道与考验装置设计等关键技术，支撑研究堆工程建设。

**研究内容：**开展新型多功能高通量研究堆需求分析与总体设计研究，堆芯方案设计研究，超铀核素辐照方案研究，辐照装置与孔道设计方案研究，中子单向过滤技术研究，共振中子阱设计与共振靶件研制，独立辐照考验回路设计方案研究，堆本体与燃料操作方案研究，冷却剂系统设计方案研究，安全系统设计方案研究，主要工艺系统布置方案研究，总造价匡算及技术经济评估。

**重点方向 3：**超高温气冷堆及核能制氢工程化关键技术研究。

**研究目标：**通过开展超高温气冷堆总体与关键技术研究、核能高效制氢技术研究，掌握超高温气冷堆关键系统及设备、反应堆与制氢系统耦合、高温电解制氢、碘硫循环制氢等关键技术，具备中试规模制氢能力，支撑第四代先进核能系统及核能制氢技术高质量发展。

**研究内容：**超高温气冷堆总体与单项关键技术研究，超高温气冷堆与制氢系统耦合特性研究。中试规模高温电解制氢关键技术研究，开展高温电解制氢关键设备中试样机研发、固体氧化物电解单元开发、中试全流程设计及运行技术研究。中试规模碘硫循环制氢关键技术研究，开展热化学循环制氢关键设备中试样机研发、催化剂及其规模制备技术研究、中试全流程设计及运行技术研究。

**重点方向 4：**新型特种微型核反应堆电源概念设计。

**研究目标：**围绕“海、陆、空、天”能源及动力应用需求，完成新型特种微型核反应堆电源概念设计，具备独创性技术特点和优势，形成若干技术储备。

**研究内容：**根据特定应用场景，开展特种微型核反应堆电源方案原创性概念设计，确定反应堆堆芯、核燃料、冷却剂、屏蔽、热电转换、堆本体结构、安全系统和余热排放等单项系统技术解决途径；开展总体方案及各单项系统技术成熟度分析与自评价，针对待解决的关键技术问题，研究提出攻克思路与攻关计划，以及距离工程化应用所需相关工作的时间表、路线图；开展经济性、安全性分析评价，完成核燃料、关键设备等与当前核工业产业链、供应链的匹配衔接论证；与当前国内外公开的同类技术方案，开展技术优势对比分析，展望拓展应用潜力。

（二）核燃料循环领域。

**重点方向 5：**复杂新区新深度先进铀资源综合预测技术。

**研究目标：**以北方砂岩型、南方花岗岩型铀矿为重点类型，构建复杂新区、新深度铀资源先进预测技术，实现新地区、新层位、新类型、新深度铀矿找矿突破，落实新的铀矿产地和后备勘查基地。

**研究内容：**①复杂低工作程度区砂岩型铀资源突破高效预测技术研究，研发砂岩型铀矿大数据智能化预测技术体系。②南岭花岗岩型铀矿深部成矿环境与富大铀矿先进预测评价技术研究，创新发展深部找矿理论，构建深部花岗岩型铀矿先进探测和综合预测技术。③国产自主卫星铀资源遥感探测技术研究，研发基于卫星遥感解译的综合智慧填图技术。

**重点方向 6：**低渗透铀矿、砂质泥岩铀矿和铀多金属矿规模化采冶技术。

**研究目标：**针对低渗透铀矿、砂质泥岩铀矿、铀多金属矿等，突破缓薄矿体精细化采矿、采剥复垦一体化和堆冶联合处理、低渗透砂岩铀矿储层改造、铀稀土多金属矿选冶工艺、智能铀矿山等关键技术，解决低渗、深埋藏铀矿开发技术难题及铀多金属综合回收工程化应用难题，建立智能化铀矿山数字化孪生系统示范工程，为我国铀矿山高效开发提供技术支撑。

**研究内容：**开展深部胶结层砂岩铀矿床钻成井技术研究，储层改造后地浸强化浸出技术研究；开展大型砂质泥岩铀矿智能化开采技术研究；开展大型砂质泥岩铀矿水冶工艺关键技术研究；开展智能铀矿山智能装备与数字生产孪生系统研发；开展特大型

铀稀土矿综合回收工艺研发与工程化验证。

**重点方向 7：海水提铀研究。**

**课题一：海水提铀海试研究。**

**研究目标：**开展海水提铀海洋吸附试验，探索并解决海水提铀吸附材料工程化制备及海洋试验过程中可能存在的问题，推动海水提铀向工程化、工业化迈进。

**研究内容：**海水提铀吸附材料工程化的研究，研发百公斤级乃至吨级吸附材料的生产工艺；工程化吸附材料海试布局、投放、脱附及回收工艺研究；研究海文条件对吸附材料性能的影响，如温度、深度、盐度及海洋微生物等；开展经济性评价。

**课题二：海水提铀新材料研究。**

**研究目标：**开展新型海水提铀吸附材料的研究，研发新型海水提铀工艺和方法，进一步提高吸附材料的吸附容量，提高吸附材料的吸附效率和吸附选择性。

**研究内容：**新型海水提铀吸附材料研究；新型海水提铀工艺研发，如光热协同等；提高吸附材料吸附容量，提升材料吸附效率和吸附选择性；初步开展经济性评价。

**重点方向 8：先进核燃料组件应用关键技术与装备研究。**

**课题一：新型燃料组件应用关键技术及基础技术研究。**

**研究目标：**掌握环形燃料组件应用关键技术，先导组件具备入堆辐照条件，优化堆芯设计，支撑环形燃料组件在商用压水堆规模化应用；掌握基于 Cr 涂层包壳、FeCrAl 包壳、SiC 复合包壳、

高铀密度芯块的耐事故燃料元件关键技术；掌握基于 TRISO 颗粒和 SiC 基体的全陶瓷微封装弥散燃料关键技术，提升反应堆本质安全性。

**研究内容：**①开展环形燃料组件结构设计优化研究、制造工艺优化研究和安全性能研究，实施组件热工水力、机械特性验证试验；完成控制棒组件、阻流塞组件的堆外性能验证，优化环形燃料组件制造、组装和检测工艺流程；完成多工况临界热流密度（CHF）试验，建立环形燃料 CHF 关系式；完成丧失冷却剂事故（LOCA）试验。②开展大型压水堆 Cr 涂层燃料组件工程化应用研究和商用堆内辐照考验；开展 FeCrAl 包壳缺陷控制及关键服役性能研究；SiC 复合包壳材料研制关键技术和工艺优化研究；开展高铀密度芯块燃料研制技术及堆外性能研究。③开展燃料 TRISO 颗粒和 SiC 基体粉末的混料、成型、烧结工艺研究及设计优化，开展燃料性能检测分析工作，进行燃料入堆考验。

**课题二：核燃料组件锆合金包壳低真空激光柔性焊接技术与装备研究。**

**研究目标：**围绕核燃料组件的研制和生产对锆合金包壳结构高品质柔性焊接技术的迫切需求，针对锆合金包壳结构电子束焊接柔性差、周期长、研制生产“卡脖子”问题，开展核燃料组件锆合金包壳结构真空激光柔性焊接技术及装备研究。

**研究内容：**开展真空环境下锆合金与激光交互作用机理及羽辉、熔池行为研究；开展锆合金真空激光焊接工艺特性及焊接质

量控制研究；开展低真空环境三维数控柔性激光焊接设备研制；开展单光源-多舱室焊接系统控制技术；开展锆合金包壳结构产品应用验证、工艺规范及数据库研究。

**课题三：新型核燃料元件开发研究。**

**研究目标：**提出先进核燃料元件相关技术概念和适用场景，形成相关技术基本原理。

**研究内容：**建立分析模型。开展元件尺寸、设计特点、物理参数、临界条件等研究。开展包壳材料研制、堆外关键性能试验和评价。开展制造工艺研究，进行制备技术优化。

**重点方向 9：干法后处理研究。**

**课题一：干法后处理关键技术研究。**

**研究目标：**突破干法后处理关键工艺、材料及设备技术，建立 10kg 级干法后处理冷铀试验线。

**研究内容：**围绕干法后处理存在的科学及工程问题，开展复杂熔盐体系下多元素的分离与分布规律、工艺放大规律、严苛环境下材料的服役特性及新材料开发、干法后处理设备的设计与集成匹配方法研究。

**课题二：聚变中子综合利用与处置乏燃料先期技术研究。**

**研究目标：**突破压水堆乏燃料高温干法后处理系列技术，完成克量级乏燃料芯块干法后处理工艺验证，掌握粉体再成型工艺，为乏燃料综合利用与处置探索新技术途径。

**研究内容：**压水堆乏燃料高温去除关键裂变产物技术研究，

克量级不同燃耗深度二氧化铀乏燃料芯块的高温干法后处理工艺验证；乏燃料裂变产物捕集、分析检测装置研制，不同条件关键裂变产物去除率、乏燃料回收率等参数检测。处理后乏燃料粉体的重整技术研究，基于乏燃料核素的聚变堆包层芯块研制工艺验证。

**（三）核技术应用及保障支撑领域。**

**重点方向 10：稳定同位素规模化制备技术。**

**研究目标：**掌握高丰度硼-11（B-11）、氦-3（He-3）、镱-176（Yb-176）等重要稳定同位素规模化制备技术，满足自主化供给需求。

**研究内容：**①开展超高丰度 B-11 同位素生产工艺设计及设备装置建造，三氟化硼原料气体深度净化技术研究，获取超高丰度 B-11 产品。②开展 He-3 分离提取技术研究。③开展 Yb-176 同位素制备技术研究。

**重点方向 11：重要医用同位素制备技术。（后补助）**

**研究目标：**掌握重要医用同位素制备关键技术，实现部分重要医用同位素自主化供给规模化生产。

**研究内容：**①开展镭-226（Ra-226）制备关键技术研究。②开展钯-103（Pd-103）制备关键技术研究。③开展锆-89（Zr-89）制备关键技术研究。④开展锗-68（Ge-68）制备关键技术研究。⑤开展砹-211（At-211）制备关键技术研究。

**重点方向 12：核探测仪器仪表关键技术研究。**

**课题一：高纯锗工程化制备技术。（后补助）**

**研究目标：**突破高纯锗单晶材料和能谱仪工程化制备关键技术，实现高纯锗单晶制备和高纯锗能谱仪工程化。

**研究内容：**①高纯锗多晶原料的高效提纯技术研究；②高纯锗单晶高效制备技术研究；③高稳定性高纯锗能谱仪研究；④建立适合量产化的高纯锗区熔提纯、单晶拉制、高纯锗能谱仪批量化生产线。

**课题二：反应堆缪子成像探测技术研究。（后补助）**

**研究目标：**开展反应堆缪子成像探测技术研究，掌握高效率漂移管缪子探测器、信号电子学国产化及缪子反应堆成像识别等关键技术，为反应堆运行及事故后的堆芯状况和位置监测提供技术支撑和实用装置。

**研究内容：**开展大尺寸高效率漂移管缪子探测器工艺与制备技术研究；开展时间信号数字化与甚多路集成技术；开展缪子反应堆成像与材料智能识别技术研究；开展大面积缪子散射成像装置的研制及软件开发；开展基于模拟堆芯的缪子成像实验验证。

**重点方向 13：功率芯片质子辐照关键技术研发及示范生产应用。（后补助）**

**研究目标：**掌握高性能功率芯片质子及氦离子辐照技术，形成批量化生产能力。

**研究内容：**①开展高性能 FRD 晶圆局域少子寿命控制质子及氦离子辐照技术研究。②开展高性能 IGBT 晶圆背面缓冲层质子及

氮离子辐照工艺技术研究。③开展功率芯片质子辐照后退火关键工艺技术研究。④开展批量化功率芯片晶圆质子及氮离子辐照生产工艺技术研究。

**重点方向 14：农产品辐照灭菌关键技术研究（后补助）**

**研究目标：**开展适用于高原环境的多能电子束灭菌技术研究，掌握针对高原农产品的低剂量多能量电子加速器辐照灭菌技术。

**研究内容：**研制适用高原环境的多能量电子束灭菌装置；开展藏药材等高原农产品中有效成分与辐照剂量之间的量效关系研究，开展藏药材等高原农产品辐照灭菌效果快速评价技术研究，藏药痕量放射性物质的快速检测技术研究。

**重点方向 15：原创靶向放射性药物的研制及临床转化。（后补助）**

**研究目标：**根据临床需求，发挥放射性药物的特点，特别是核医学诊疗技术在精准医学中的优势，研制原创的放射性药物，加快其在临床的转化和应用，改善患者生存率和生活质量，推动我国核医学发展。

**研究内容：**针对不同靶点，研制具有自主知识产权的原创放射性药物，阐明其在疾病诊疗中所发挥的作用，包括早期诊断、分期、疗效监测以及指导个体化治疗等，启动新药申报，切实加快放射性药物的临床转化和应用。建立相应的临床前放射性药物评价方法和体系。

**重点方向 16：电子束辐照技术处理煤化工废水研究。**

**研究目标：**针对煤化工废水等复杂高难度废水，应用电子束辐照技术，研发经济适用、工艺简单、适用性强的废水新处理技术。

**研究内容：**针对煤化工废水等复杂高难度废水，开展废水电子束辐照机理研究，开展中试规模联用工艺研究及应用验证。研制移动式自屏蔽电子束辐照装置(中试规模)、电子束辐照预处理装置(中试规模)、辐照后处理装置(中试规模)、深度处理装置(中试规模)。

**重点方向 17：**核燃料循环设施核安全分析、核应急与核法证学研究。

**研究目标：**构建核燃料循环重点设施事故进程模型，建立事故后果评价体系；掌握核与辐射事故放射性风险控制及精准响应技术，提升我国核应急响应综合技术能力和水平；构建核材料属性分析专业数据库，为核材料取证提供技术支撑，实现核材料管制现场视察数据与国家核安保管控平台智能联动。

**研究内容：**①重点针对核燃料循环产业重点环节，开展事故模式及机理研究，确定事故分析关键参数，对不同类型设施 and 不同物料形态，确定合理、可信的事故初因、事故进程、事故参数和事故验收准则；开发通用核燃料循环设施事故分析程序。②开展事故释放高效控制技术、大范围精准辐射监测技术、辐射场快速仿真技术、事故后精准评估技术研究，建立相关试验系统、装备样机及软件集成系统；开展重点核设施或核活动的示范应用，

为后续推广提供经验反馈。③针对核材料取证归因所需数据、资料等信息，开展相关核材料样品的属性分析及评价工作。建立标准分析流程，重点对核材料中铀同位素、铀含量、稀土元素等进行属性分析，并对分析数据进行评价；开发核材料管制视察应用系统样机，制定现场视察技术标准。

---

抄送：中国核学会、中国核能行业协会、中国辐射防护协会、中国同位素与辐射行业协会。

---

国家原子能机构

2022年4月14日印发

---