

附件

国家磁约束核聚变能发展研究专项

2019 年度定向项目申报指南

聚变能源由于资源丰富和近无污染，成为人类社会未来的理想能源，是最有希望彻底解决能源问题的根本出路之一，对于我国经济、社会的可持续发展具有重要的战略意义，是关系长远发展的基础前沿领域。

本专项总体目标是：在“十三五”期间，以未来建堆所涉及的国际前沿科学和技术目标为努力方向，加强国内与“国际热核聚变实验堆”（ITER）计划相关的聚变能源技术创新，发展聚变能源开发和应用的关键技术，以参加 ITER 计划为契机，全面消化吸收关键技术；加快国内聚变发展，开展高水平的科学研究；以我为主开展中国聚变工程试验堆（CFETR）的详细工程设计，并结合以往的物理设计数据库在我国的“东方超环”（EAST）、“中国环流器 2 号改进型”（HL-2M）托卡马克装置上开展与 CFETR 物理相关的验证性实验，为 CFETR 的建设奠定坚实科学基础。加大聚变技术在国民经济中的应用，大力提升我国聚变能发展研究的自主创新能力，培养并形成一支稳定的高水平聚变研发队伍。

2019 年，本专项将以聚变堆未来科学研究为目标，加快国内

聚变发展，重点开展高水平的科学研究、大规模理论与数值模拟，CFETR 关键技术预研及聚变堆材料研发等工作，继续推动我国磁约束核聚变能的基础与应用研究。

本专项 2019 年拟支持 3 个定向委托项目，国拨经费总概算为 1.3 亿元。本专项的项目执行期一般为 5 年。原则上所有项目应整体申报。下设课题数不超过 4 个，每个项目参与单位数不超过 6 个。

申报单位根据指南支持方向，面向解决重大科学问题、突破关键技术及建立规模化资源共享平台进行整体设计、合理安排课题；项目负责人应具备较强的组织管理能力。

1. CFETR 核设计与关键安全分析软件开发及数据库建立和完善

研究内容：基于 CFETR 核设计与安全分析评价的需求及关键软件自主可控的要求，在国内已有的自主研发核电软件基础上，构建聚变堆中子物理、安全分析、粒子输运模拟与活化计算、停堆剂量率计算等核心功能的自主化软件系统研发、集成。开发聚变堆核截面、材料热物性、热工水力等数据库。

考核指标：（1）完成具有自主知识产权的聚变堆中子输运与活化计算集成、热工安全分析、事故工况仿真分析等软件，与国际通行程序计算结果对比验证；（2）建立并完善上述程序所需的核截面、材料热物性及热工水力等数据库；（3）对考核指标（1）与（2）进行部分实验验证。

有关说明：由中科院作为推荐单位组织申报，由中国科学技术大学作为项目牵头单位申报。

2. 面向 CFETR 偏滤器材料和模块的高热负荷等性能的规范化测试与评价

研究内容：基于先进钨基材料的研究进展和 CFETR 偏滤器的设计要求，特别是 20MW/m^2 稳态热负荷的要求，建立偏滤器面对等离子体材料和偏滤器模块的高热负荷测试评价标准，并规范其它性能测试规范；研发满足 CFETR 要求的先进钨基材料以及基于先进钨基和铜基材料的水冷偏滤器模块。开展以高热负荷测试为主的综合性能评价，建立包括材料热力学、高热负荷及其它服役性能评价的方法及验收规范。优化后的钨基材料/模块在大型托卡马克装置上进行测试。

考核指标：(1) 规范用于高热负荷测试的水冷偏滤器模块制备工艺和规格，获得适合于 CFETR 先进钨基材料及水冷偏滤器模块的高热负荷测试和验收规范；(2) 先进钨基材料的单锭规模不小于 40 公斤；室温热导率 $\geq 150\text{ W/mK}$ ；韧脆转变温度 $\text{DBTT} \leq 100^\circ\text{C}$ ；再结晶温度 $\text{RCT} \geq 1500^\circ\text{C}$ ；室温抗拉强度 $\text{UTS} \geq 1\text{ GPa}$ ， 1000°C $\text{UTS} \geq 500\text{ MPa}$ ， 1500°C $\text{UTS} \geq 200\text{ MPa}$ ；获得钨基材料在 $1000\sim 1500^\circ\text{C}$ 范围的蠕变和疲劳（低周和高周）数据；获得先进钨基材料的高通量低能等离子体辐照损伤、H/He 滞留和高能粒子辐照数据，数据指标均需优于 ITER 级纯钨。(3) 先进钨基材料能够承受 20 MW/m^2 稳态热负荷；水冷偏滤器模块能承受稳态 20

MW/m²、2000 次以上的循环热负荷。(4) 获得先进钨基材料/模块在大型托卡马克装置上的测试数据。

有关说明：由中国核工业集团有限公司作为推荐单位组织申报，由核工业西南物理研究院作为项目牵头单位申报。

3. 面向 CFETR 水冷包层模块的整体制造关键技术及验证

研究内容：针对 CFETR 水冷包层防氦渗透和整体制造等需求，开展包含钨第一壁、阻氦材料、结构材料、冷却流道的水冷包层模块结构设计、中子学计算和安全评估；开发与基材（RAFM/ODS 钢）结合良好、氦渗透率低的铁基阻氦材料体系；研发水冷包层模块的结构及阻氦功能的整体制造及相关检测技术；开展模块及材料的氢同位素渗透、高热负荷试验、重离子辐照、大型托卡马克装置验证等工作。

考核指标：完成水冷包层模块的结构及阻氦功能整体设计，实现“结构+流道+阻氦+钨第一壁”的整体制造；完成 1~2 种铁基阻氦材料体系筛选，阻氢因子>10000（500℃），并获得 10 dpa 重离子辐照下材料结构与阻氢性能变化特性；掌握模块整体制造及无损检测技术，完成 1/5 缩比模块研制；测试模块综合阻氢因子>1000（500℃），通过 5 MW/m² 热负荷考核，并完成模块在大型托卡马克装置上的电磁力及热工水力实验验证。

有关说明：由中科院作为推荐单位组织申报，由中科院合肥物质科学研究院作为项目牵头单位申报。