中国核能行业协会
CHINA NUCLEAR ENERGY ASSOCIATION

先进核能系统专业委员会

双周报

2025年4月2日 2025年第5期 总第036期

本期要目

1政策动态 1
美能源部为推动小型轻水堆部署提供9亿美元资助 ... 1
韩国与泰国签署核能合作协议 2
2行业动态 2
2.1小堆 2
“玲龙一号”全球首堆首批操纵人员执照获国家核安全局批准颁发 2
美批准霍尔台克向印度出口小堆 3
美、瑞两国开发商分别推进瑞士小型堆项目 4
美国NANO核能公司即将启动微堆堆芯模块测试 4
Urenco将向西屋电气eVinci微堆供应HALEU燃料 5
巴西启动热管微堆研发 6

中国核能行业协会
先进核能系统专业委员会
地址：北京市西城区南礼士路21号六层
网址：https://xjhn.china-nea.cn/
电话：010-56971736 邮箱：su-zf@org-cnea.cn

印度推进3种小堆研发 7
韩国现代重工帮助泰拉能源小型堆加速商业化进程 .. 7
2.2第四代核能系统 8
一体化快堆创新联合体2025年度工作会议召开 8
2.3聚变堆 10
中国环流三号突破“双亿度”！中国聚变挺进燃烧实验 10
2.4先进核燃料与材料 11
俄罗斯VVER-S堆型与MOX燃料测试进入新阶段 11

1 政策动态

❖ 美能源部为推动小型轻水堆部署提供9亿美元资助*（点击查看来源）*

美国能源部近日重启总额9亿美元资助计划的招标工作，旨在加速模块化小型轻水堆的商业化部署，以落实特朗普总统提出的“释放美国能源与实现人工智能主导”战略。

能源部部长赖特强调指出：“美国核能复兴计划今日正式启动，充足且廉价的能源供给是经济繁荣和国家安全的重要基石。本次招标将重点支持具有先发优势的机构，通过部署小型先进轻水堆实现电力基础设施升级。”

该资助计划通过两条路径降低小型轻水堆部署风险。一是先导团队支持：最高8亿美元资助两个先锋团队，要求成员单位涵盖电力公司、反应堆供应商、工程建设方及终端用户。获选团队需在推进首堆建设的同时建立多堆订单机制，并与国家核军工管理局（NNSA）合作，将核保障监督与安保措施纳入反应堆设计方案。二是快速部署支持：预留约1亿美元专项资金，重点突破工程设计、监管审批流程、供应链体系建设和厂址前期准备等制约行业规模化发展的关键环节。

项目申报截止日期为2025年4月23日。值得注意的是，2024年度曾参与竞标的机构须依照新版招标规则重新提交申请材料。

❖ 韩国与泰国签署核能合作协议*（点击查看来源）*

2025年3月21日，韩国驻泰国大使朴永民和泰国高等教育与科研创新部部长素帕玛在曼谷正式签署韩泰核能合作协议。

素帕玛部长指出，该协议标志着两国政府间合作的深化。她特别强调，双方将重点推进模块化小堆联合研发。

朴永民大使表示，韩国将通过知识共享、技术转移和专家交流等方式支持泰国发展，合作范围覆盖核能利用、核安全体系构建、核聚变技术研发，以及人工智能与空间技术的协同创新。

2 行业动态

2.1 小堆

❖ “玲龙一号”全球首堆首批操纵人员执照获国家核安全局批准颁发（点击查看来源）

据海南核电3月19日报道，近日，国家核安全局发布《2025年第一批民用核设施操纵人员执照颁发名单》，海南核电运行二处首批34人获颁“玲龙一号”全球首堆操纵人员执照，这标志着小堆示范工程首批主控操纵人员取照考试任务圆满完成，为机组后续冷试、热试、装料和商运等关键节点提供了有力的人才支撑。作为海南省重点人才平台建设单位，海南核电始终将操纵人员培养列为重点工作。在公司党委和总经理部的领导下，运行二处秉承“敢为人先、奋勇攻坚、行业标杆、引领全球”的

首堆运行人员精神，特别成立“全球首堆考操攻坚党员突击队”，多措并举，全力保障取照考试万无一失。

经过一年多的实践探索、攻坚克难，“玲龙一号”首批操纵人员于2024年10月顺利完成取照考试，同步构建起首堆操纵人员标准化培训体系，为后续人才培养奠定了基础。未来，海南核电将持续深化“人才是第一资源”理念，不断完善技能人才评价体系，为实现公司“优秀人才锤炼地”战略定位提供坚实的技能人才队伍保障，努力打造“卓越首堆 国际玲龙”的人才高地。

❖ 美批准霍尔台克向印度出口小堆（点击查看来源）

2025年3月26日，美国能源部（DOE）正式批准霍尔台克国际公司（Holtec International）在印度设计及建设核反应堆的申请，标志着美印两国核能合作取得重要突破。

根据能源部最新批准的授权文件，霍尔台克公司可以向三家印度企业转让模块化小型压水堆SMR-300技术，包括其印度子公司霍尔台克亚洲公司（Holtec Asia）、塔塔咨询工程公司（TCE）和拉森特博洛有限公司（L&T）。该授权有效期为十年，每五年审查一次，并严格限定技术必须应用于国际原子能机构（IAEA）监管下的民用核能项目，禁止任何涉及核武器及军事用途的行为。

此次授权突破了美印核能合作领域长期存在的技术壁垒。此前美国政府仅允许向印度出口核能设备，但严格限制相关技术在印度本土的应用，尤其禁止核设施的设计与制造环节落地印度。作为由印裔创始人领导的跨国企业，霍尔台克已在印度

进行本土化布局：在印度浦那（Pune）设立了工程中心，在达赫杰（Dahej）建设了制造厂。

❖ 美、瑞两国开发商分别推进瑞士小型堆项目（点击查看来源）

美国Oklo公司和瑞士Deep Atomic公司正就各自项目与监管机构进行对话。其中，Oklo公司准备提交在爱达荷国家实验室（INL）建设和运行Aurora电厂的申请，Deep Atomic计划提交MK60小型堆的设计认证申请。

Aurora采用快堆设计，装机容量50MWe。Oklo已于2019年获得美国能源部签发的厂址使用许可证，可以在INL建设和运行原型堆。

MK60采用轻水堆设计，装机容量60MWe，Deep Atomic计划2029年四季度实现该堆型批量化建设。

❖ 美国NANO核能公司即将启动微堆堆芯模块测试（点击查看来源）

美国NANO核能公司已完成ZEUS固态堆芯电池反应堆首个堆芯硬件组装工作，即将开展非核测试。

该1:2比例模块精确模拟了ZEUS微堆的燃料元件结构。初期测试阶段将重点评估模块在反应堆典型工况下的热机械性能，测试结果将为后续反应堆开发提供关键数据，对于验证工程方案、优化物理模型及改进堆芯和热管理系统至关重要。

NANO核能公司核反应堆设计与材料部门负责人彼得·霍斯曼（Peter Hosemann）表示，将使用线性加热器模拟燃料棒对

部件进行常规加热，从而验证温度分布、检测装配公差并建立模型基准，为后续更大规模测试奠定基础。

ZEUS微堆采用全密封堆芯设计，通过高导电性慢化剂基体实现裂变能传导，无需堆内流体系统。据NANO核能公司介绍，该反应堆堆芯与电力转换系统可集成于标准集装箱内，能够为数据中心、偏远地区、工业场所、军事行动和救灾提供灵活电力。

除ZEUS和ODIN微堆设计外，NANO核能公司还在开发KRONOS微堆和LOKI可移动反应堆，这两项核技术于2024年底从超安全核能公司（USNC）收购获得。

2024年12月，NANO核能公司与美国能源部爱达荷运营办公室签署谅解备忘录，评估在爱达荷国家实验室建设实验堆的可行性。

❖ Urenco将向西屋电气eVinci微堆供应HALEU燃料（点击查看来源）

2025年3月18日，美国西屋电气公司（Westinghouse）发布声明称，全球铀浓缩公司（Urenco）将为其eVinci微堆供应高丰度低浓铀（HALEU）。

根据双方签署的原则性协议，Urenco将为西屋电气提供HALEU浓缩服务，以支持eVinci微堆未来五年的部署。声明中未提及交付时间表、合同金额和合同执行时间。根据西屋电气官网信息，eVinci微堆将使用浓缩度达19.75%的三层各向同性包覆颗粒（TRISO）燃料，并嵌入石墨基体中。

西屋电气计划在爱达荷国家实验室建设首座eVinci微堆。近日，宾夕法尼亚州立大学宣布，将与西屋电气合作建设一座eVinci设计研究堆。此外，西屋电气还与美国能源部及国家航空航天局合作开发太空反应堆。eVinci设计目前正在加拿大接受预许可审查。此外，阿联酋已与西屋电气签署谅解备忘录，以评估该设计。

西屋电气该管表示，eVinci微堆可用于供热和供电，非常适合偏远社区、矿山、军事设施及太空应用。该反应堆将完全在工厂内制造，并运输至部署厂址。

❖ 巴西启动热管微堆研发*（点击查看来源）*

巴西国家核能委员会（CNEN）近日宣布启动一项为期三年的国家级项目，目标是研发一款功率为3000至5000千瓦的微型热管堆。

该微堆可集成于40英尺标准集装箱内，具备远程操作能力，无需更换燃料即可连续运行超过10年，适用于偏远城镇、医院、工厂等场景，以提供稳定电力，降低对柴油发电机的依赖。

在该项目中，巴西能源与核能研究所（IPEN）负责关键材料研发，包括氧化铍慢化剂和碳化硼控制棒；核工程研究所（IEN）负责建设用于验证反应堆物理特性的次临界装置建设。此外，巴西海军、亚马逊蓝色防务技术公司（Amazul）及多所高校亦参与其中，共同推动项目进展。

❖ 印度推进3种小堆研发（点击查看来源）

印度国务部部长吉坦德拉·辛格2025年3月27日在接受媒体采访时表示，印度正在研发3种模块化小堆:电功率20万千瓦BSMR200小堆和5.5万千瓦小堆以及热功率5000千瓦高温气冷堆。

BSMR-200是一种加压重水堆，采用略微浓缩的低浓铀燃料，大部分设备可由印度本土企业制造。该堆由巴巴原子研究中心（BARC）和印度核电公司（NPCIL）设计开发，将用于三个领域：为钢铁、铝和水泥等高耗能行业提供自备电力；改造已关闭的燃煤电厂，实现“以核代煤”；以及为偏远地区供电。BSMR-200概念设计已经完成，正在接受评审，预计建设周期为60至72个月。首台示范机组将建在原子能部的现有场址，后续机组将根据用户需求部署在高耗能企业的工厂或已关闭燃煤电厂。

5.5万千瓦小堆将用于满足偏远地区能源需求，目标是在2033年前在原子能部的现有场址建成首批两台示范机组。

5000千瓦高温气冷堆将用于提供高温工艺热，满足制氢设施的能源需求。

❖ 韩国现代重工帮助泰拉能源小型堆加速商业化进程（点击查看来源）

日前，美国泰拉能源公司（TerraPower）宣布与韩国HD现代重工（HD Hyundai）达成战略合作，旨在扩大Natrium小型堆（SMR）的全球制造供应链，推动先进核技术快速商业化。该协议将HD现代重工的制造专长与泰拉能源的尖端反应堆技术相

结合，并将建立新的供应链能力，以实现Natrium电厂的大规模生产和全球部署。

此次合作以双方2024年建立的合作关系为基础，当时HD现代重工通过竞标被泰拉能源选中，负责开发首台Natrium机组的圆柱形反应堆容器。

2.2 第四代核能系统

❖ 一体化快堆创新联合体2025年度工作会议召开（点击查看来源）

3月28日，一体化闭式循环快堆核能系统（简称一体化快堆）创新联合体2025年度工作会在中国原子能科学研究院长阳科技协同创新中心召开。这是一体化快堆创新联合体成立以来召开的首次年度大会，旨在深入贯彻落实中央企业科技创新精神，交流技术发展、分享科技成果，加快推进一体化快堆关键核心技术攻关，共同探讨一体化快堆创新联合体的高质量发展之路。

国务院国资委科技创新局，国家国防科工局二司、十司，国家能源局核电司等上级部委和相关直属中心莅临指导。中核集团党组成员、副总经理，一体化快堆创新联合体指挥部常务副总指挥辛锋，中国科学院院士叶国安出席会议并讲话。中国科学院、工业和信息化部电子第五研究所、中国核能行业协会、中国核学会，以及有关央国企、科研机构和高校、民企代表等200余人参加会议。

辛锋指出，一体化快堆作为快堆发展的高级阶段，是我国核能“三步走”战略的关键一步，是实现核能可持续发展的必然选择。中核集团作为联合体牵头单位，将持续发挥牵引性、组

织性、服务性作用，联合各参研单位凝聚共识，充分调动主观能动性，合力攻克技术难题，加快推进一体化快堆研发。辛锋向联合体各成员单位提出三点倡议：一是进一步提高政治站位，扎实推进一体化快堆产业高质量发展。二是进一步加强战略协同，发挥各单位优势特长，全力推动一体化快堆联合体创新链、产业链建设。三是进一步推动科技创新，优化一体化快堆技术体系，加快一体化快堆关键核心技术攻关。

叶国安表示，一体化闭式循环快堆核能系统已经成为业界普遍认同的解决核能大规模可持续发展问题的重要方案，希望联合体成员单位坚定信心、形成共识、鼓足干劲，合力推进一体化快堆相关工作开展，通过工程实践，为一体化快堆商业推广奠定坚实基础，推动国家战略落地。

会议听取了一体化快堆创新联合体任务推进进展与2025年度总体工作计划报告，以及一体化快堆顶层设计要求专题报告。中国核能行业协会秘书长郭利民，联合体副总指挥、哈电集团副总经理刘清勇，中国一重股份副总裁许崇勇、东方电气副总经理王军、上海电气高级副总裁陆冬青、中国科学院金属所副所长吴欣强、哈尔滨工程大学核学院副院长李磊、浙富控股副总经理宋磊，作为央企、科研院所、高校、民企代表进行大会发言，介绍了本单位承担的关键技术研发任务、最新进展，并表示，将锚定国家战略，强化使命担当，确保相关工作任务按既定目标开展，切实履行好联合体成员单位职责。

会议发布了创新联合体第二批任务清单，举办意向协议签署仪式。与会专家还围绕反应堆关键技术、燃料及燃料再生关键技术等开展专题技术研讨。

2.3 聚变堆

❖ 中国环流三号突破“双亿度”！中国聚变挺进燃烧实验（点击查看来源）

3月28日，中核集团核工业西南物理研究院新一代人造太阳“中国环流三号”，国内首次实现原子核温度1.17亿度、电子温度1.6亿度，综合参数聚变三乘积实现大幅跃升，中国聚变挺进燃烧实验。

中国环流三号最新实验创造了我国聚变研究多项新纪录，涌现一批原创性、前沿性、突破性成果：

自主研发并成功应用多型国际一流的聚变研发核心装备，取得国际领先的硬核成果。一是自主研制的高功率微波回旋管成功投入运行，最高注入功率达2.5MW，掌握了稳定获得电子内部输运垒的控制技术，实现电子温度1.6亿度。二是建成并投运2套具有完全自主知识产权的高功率中性束注入加热系统（提升原子核温度的核心设备），单条束线最大功率达7兆瓦，跻身国际第一梯队。三是成功突破高压电源的多项核心技术，自主研制的高压电源最高可实现120kV的直流输出，精度优于1%，总体技术达到国际先进水平。

首次提出并实现了提高芯部能量约束的新方法，掌握了提升原子核温度的运行策略。独创性探索了芯部能量约束调控方

法，成功抑制了制约原子核温度提升的芯部磁流体不稳定性，攻克了电流剖面及密度剖面控制等技术难题，在国内首次实现原子核温度超过1亿度的可重复放电，标志着中国聚变装置运行的综合水平稳居世界前列。

高效解决聚变堆堆芯亿度级温度和等离子体密度精准测量的核心难题。自主研制的国际首套、精准度2倍于国际同行的三光栅精密光谱仪及紧凑型汤姆逊散射多色仪等数十余套核心装备，系统性突破了高时空分辨率、强抗辐射干扰、毫秒级动态响应等困扰聚变大科学装置诊断测量的核心技术壁垒，部分关键技术入选国际学术组织ITPA诊断国际联合实验课题。

关键“中枢神经系统”实现广泛应用。自主研发的聚变装置控制系统（CODIS）已在国内外10余家科研院所和高校的聚变装置得到应用，为未来聚变堆提供强健、有力的“中国芯”。

原创核心技术走出国门，引领世界聚变国际标准制定。原创超声分子束聚变加料技术并实现技术升级，发展了矢量注入及混杂注入原创性技术，保障聚变装置高参数运行的调控需求。该技术已立项ISO国际标准，成为中核集团西物院热氦检漏技术获批发布世界核聚变领域首项ISO标准后的又一重大创举。

2.4 先进核燃料与材料

❖ 俄罗斯VVER-S堆型与MOX燃料测试进入新阶段（点击查看来源）

目前，俄罗斯A.I.Leypunsky物理与动力工程研究所已启动测试，研究使用混合氧化物燃料（MOX）燃料的VVER-S反应堆的中子物理特性。根据BFS-1临界测试设施的研究结果，俄罗

斯国家原子能公司（Rosatom）旨在验证使用MOX燃料的VVER机组（包括未来先进机组）在各种运行模式下的中子物理特性及安全性。

VVER-S是一款正在开发的600MWe级水冷堆设计。与其他VVER设计相比，VVER-S的根本区别在于其采用光谱调节机制，即在燃料燃耗过程中，通过改变水铀比来调节堆芯反应性裕度，并在反应堆功率运行期间完全摒弃液态硼调节。在VVER-S反应堆中，多余的中子不再被硼酸吸收，而是被铀-238吸收，从而生成新的可裂变燃料——钚。首批2台VVER-S机组将作为科拉（Kola）二期项目的一部分，拟于2028年开工，2035年投运。

目前，俄罗斯生产的MOX燃料主要用于快堆，包括别洛亚尔斯基（Beloyarsk）的BN-800快堆。MOX燃料由从乏燃料中提取的钚与铀混合制成。针对VVER机组，已开发出铀-钚REMIX燃料。Rosatom表示，若VVER-S能完全使用MOX燃料，其天然铀使用量将减少50%，且在高铀价背景下，其全寿期节省的费用可与单台机组的建设成本相当。