

ROSATOM NEWSLETTER

01.

文章

这一切共同构成了世界原子能周（WAW）的盛况。
走近“突破项目”
“北极号”服役五周年



02.

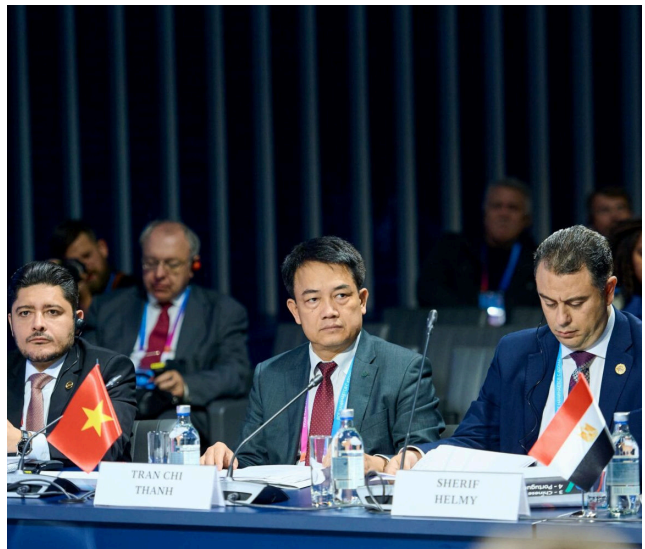
趋势

核能绩效持续提升

03.

地区文章

中国. 原子能：服务当下与未来



这一切共同构成了世界原子能周 (WAW) 的盛况。

九月底，世界原子能周国际论坛在莫斯科举行，汇集了来自世界各地的政界人士、行业及公共组织代表、科学家和记者。重点关注了青年人才培养和俄罗斯核能工业的推广工作。为您报道论坛主要盛况。



来自全球118个国家的2万余名代表参加了庆祝俄罗斯核能工业80周年的论坛。为期两天的商务活动涵盖了高层会晤、协议签署以及现场交流联络。青年项目活动同样精彩纷呈——核能工业领导人、意见领袖、科学家和专家们面向大中小学生们进行了系列讲座。

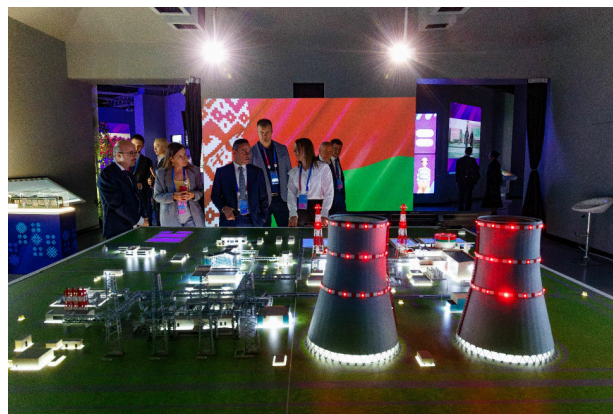
俄罗斯总统弗拉基米尔·普京在商业议程开幕致辞中指出：“越来越多的国家和大型企业将和平原子能视为长期加速发展的关键能源资源。显然，这种范式转变具有深刻的内在原因。这不仅关乎可靠的能源解决方案，更重要的是：新的能源格局正在形成。”他强调，目前只有俄罗斯掌握了核能全产业链的技术能力。俄罗斯设计的核电站是全球最受欢迎的。

当天圆桌会议的所有与会者都强调了与俄罗斯合作的益处。白俄罗斯总统亚历山大·卢卡申科指出：“我们建造了最现代化、最美丽的核电站。”缅甸代理总统敏昂莱介绍了与俄罗斯国家原子能公司在该国合作建设核电站的计划，双方自2022年起就该项目展开合作。

亚美尼亚总理尼克科尔·帕希尼扬阐述了由苏联核专家建造的亚美尼亚核电站的现代化前景。尼日尔矿业部长乌斯曼·阿巴尔奇提出了原子红利的概念，意指参与原子能工业的所有各方均能获益。他还邀请俄罗斯国家原子能公司参与铀的勘探和开采，并建设两座总装机容量为2 GW的核电机组。这成为世界原子能的一大亮点。埃塞俄比亚总理阿比·艾哈迈德表示，该国希望制定一个透明且安全的示范性核能发展计划。

论坛还深入探讨了未来可能面临的天然铀短缺问题。

为解决这一问题，俄罗斯国家原子能公司提出了核燃料循环闭合概念，通过快中子反应堆实现燃料的多次再循环，从而更充分地利用已开采铀的能源潜力，并减少放射性废物的产生量。



WNA总干事萨马·比尔巴奥-莱昂在记者简报会上表示：“核燃料可以反复处理和重复利用。毫无疑问，俄罗斯是这一领域的先行者。我认为在未来十年内，我们将看到许多国家开始将乏核燃料视为宝贵资源。”

论坛期间还举行了金砖国家原子能平台年度会议。与会者批准了该平台的第一个战略文件——概念文件，其中确定了主要工作方向。关键方向包括：发展人才潜力、为核能项目吸引融资、建立可持续供应链、推进反应堆制造和核燃料循环技术、确保核能社会接受度等。

在世界原子能周期间签署了多项合作协议。

在世界原子能周期间签署了多项合作协议。

在世界原子能周期间，俄罗斯国家原子能公司及其下属机构签署了约50项协议。介绍与海外合作伙伴达成的最重要协议。

论坛前夕，俄罗斯国家原子能公司总经理阿列克谢·利哈乔夫与伊朗副总统、伊朗原子能组织主席穆罕默德·埃斯拉米签署了关于在伊朗建设小功率核电站的谅解备忘录。该文件规定了项目实施的具体步骤。

在俄罗斯总统弗拉基米尔·普京和埃塞俄比亚总理阿比·艾哈迈德的见证下，俄罗斯国家原子能公司总经理阿列克谢·利哈乔夫与埃塞俄比亚电力公司首席执行官阿沙比尔·巴尔查签署了埃塞俄比亚核电站项目发展行动计划。该计划包括建立工作组、制定路线图、签署政府间协议以及提供核基础设施支持。

与乌兹别克斯坦签署了一系列文件，涉及建设全球首个能源综合体，包括两台VVER-1000型反应堆机组和两台单机功率55 MW的RITM-200型反应堆发电机组，并为其提供燃料保障。

俄罗斯国家原子能公司旗下海外发电公司与越南电力工程咨询第二股份公司签署了谅解备忘录，为越南宁顺一号核电站项目的合作奠定了基础。

白俄罗斯核电站与技术供应出口公司签署了一份合同，内容包括白俄罗斯核电站乏核燃料的处理。

吉尔吉斯斯坦内阁、俄罗斯国家原子能公司燃料部门、俄罗斯国家原子能公司驻吉办事处以及Elbrus建筑公司签署协议，致力于在吉尔吉斯斯坦本地化生产锂离子电池。

俄罗斯国家原子能公司燃料部与北京铀地质研究所签署了TVEL加入MonEH项目的协议。俄罗斯专家将获得在“北山”地下实验室开展高放射性废物安全隔离现场研究的权限。

医疗扫描集团与俄阿商业之家公司达成协议，共同发展面向中东国家患者的、提供全周期医疗服务的医疗旅游业务。

扎列奇内市（斯维尔德洛夫斯克州）与杜瑙菲尔德瓦尔市（匈牙利）签署的谅解备忘录促进了国际人文交流。

俄罗斯国家原子能公司技术学院与仰光科技大学（缅甸）签署了谅解备忘录，旨在培养专业人才和推动科学研究。

原子能是青年的事业

青年科学家、工程师、大学生和中学生已成为世界原子周的正式参与者。例如，年轻的聚变物理学家自豪地分享了他们参与国际热核聚变反应堆ITER项目的经历。中学生参与了机器人节。最引人注目的是机器人乌鸦演员——它在戏剧中客串演出。



行业人才培养议题在各级层面均得到广泛讨论：从国家元首和部委负责人在金砖国家平台会议上的发言，到专题会议及高校领导的讲话均有涉及。会议探讨了跨学科教育的重要性、实践技能的必要性，以及核能教育为各国带来的益处——这些国家正在逐步形成受过良好教育的技术精英阶层。

在世界原子周的最后一天，举行了首届国际大学生竞赛Global HackAtom的决赛。来自俄罗斯和九个伙伴国的50多名全国赛段优胜者参加了比赛。决赛的主题是利用核技术探索太空。各团队展示了星际旅行、首个空间核电站以及太空‘丝绸之路2100’项目等方案。

来自巴西的TUPI Tech团队赢得了比赛。该团队展示了一种能够为星际旅行生产资源的模块化空间核反应堆创新项目。印度尼西亚的Tahu Sumedang团队获得第二名。她提议将核技术应用于星际旅行期间的昼夜节律（生物过程的波动）。第三名由匈牙利的IsotopeX团队获得，他们提出了用于太空旅行期间监测睡眠者体液滞留和生命体征设备的核动力源方案。

走近“突破项目”

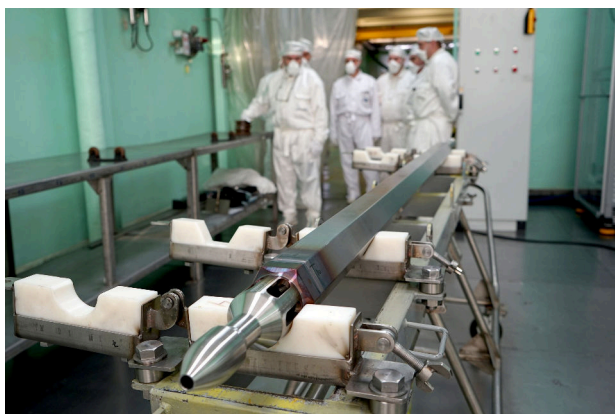
突破项目又向前迈进了重要几步，更接近实现其目标。BREST-OD-300反应堆一回路的关键设备已运抵谢韦尔斯克（托木斯克州）实验示范能源综合体的建设现场。此外，同样属于实验示范能源综合体的制造-再制造模块内，分析实验室已投入使用。



9月，西伯利亚化学联合企业实验示范能源综合体建设现场运抵了用于建造300 MW BREST-OD-300铅冷快堆的关键部件。该组件包括反应堆装置中心腔室的金属壳体、活性区吊篮的内壳层以及外围腔室的第一层壳体。此类壳体共计四件。所有设备均在俄罗斯国家原子能公司机械制造部门的企业生产。

需要说明的是：BREST-OD-300的设计与传统轻水堆不同。若将轻水堆（极度简化地）比作金属桶，那么BREST-OD-300反应堆则是由多个腔室构成的复杂金属-混凝土系统。主腔室中将容纳活性区吊篮。正是在这里，燃料组件将工作并发生裂变链式反应。四个外围壳层中将安装主循环泵、两台蒸汽发生器以及反应堆应急冷却系统热交换器。腔室之间的空间将在施工过程中分阶段用混凝土填充。

BREST-OD-300的壳体尺寸大于轻水堆，因此只能分部件运至现场。反应堆将在施工现场进行组装。这些部件通过俄罗斯河流和北方海航道运输了两个月。在托木河上的萨穆西港，这些设备被转运至多轴平台，并通过牵引车运送至施工现场。为了让特种运输工具通过，不得不临时升高输电线路并拆除道路标志。



西伯利亚化学联合企业技术总监康斯坦丁·伊兹梅斯季耶夫承诺：“今年BREST-OD-300反应堆的主要部件将安装就位，反应堆不仅将获得墙体形式的外壳，还将配备金属容器。”安装工作于9月开始，计划在今年年底前将结构件安装至设计位置。

截至9月底，反应堆中心腔室金属外壳已安装至设计位置。下一阶段是安装四个外围腔室的壳体。

实验室级精度

实验示范能源综合体的燃料制造-再制造模块的分析实验室已投入运行。实验室配备了约90台高科技设备，用于对模块中生产的混合氮化物铀钚燃料进行分析，并确认其符合既定工艺标准和安全要求。

实验室的核心设备包括三台固相质谱仪，用于测量燃料的基本参数（同位素组成、铀和钚的质量分数），以及箱式结构的电感耦合等离子体光学发射光谱仪。它们能够同时测定约17种金属杂质，精度达到百万分之几。



“大功率物理反应堆上的实验室具有独特性，因为它首次将混合氮化物铀钚燃料作为分析对象，这种燃料此前在全球范围内从未进行过工业化规模生产。用于质谱分析的色谱分离工段同样独一无二，能够以连续模式进行样品制备和测量。事实上，就多项技术指标而言，谢韦尔斯克的实验室目前在核燃料制造行业所有工厂实验室中，在所解决问题的复杂性方面处于领先地位，”混合氮化物铀钚燃料燃料元件和燃料组件开发联合行业项目负责人米哈伊尔·斯库波夫指出。

预计突破项目将使全球核能提升到新的水平。该项目旨在基于快中子反应堆和厂内燃料循环，实现工业规模的闭合核燃料循环。突破项目的任务是提高核能安全性、更充分利用天然铀的能量潜力并减少产生的放射性废物。实验示范能源综合体属于第四代能源系统。

除实验示范能源综合体外，俄罗斯还在研究在别洛亚尔斯克核电站建设配备BN-1200M快中子钠冷反应堆机组的项目。

“北极号”服役五周年

今年，Atomflot庆祝首艘通用核动力破冰船“北极号”升旗五周年。这艘破冰船的出现开启了破冰船队发展、小型核电站建设以及北方海航道开发的新纪元。



关于俄罗斯在现有核动力破冰船基础上还需要新破冰船的考虑，早在本世纪零零年代就已开始。开发大型北极矿床和护送出口其产品的商船需要更强大、更现代化的核动力破冰船。

头部通用核动力破冰船的技术设计由冰山中央设计局于2009年完成。与早期方案的关键区别在于设计中采用了热功率为175 MW的最新型RITM-200反应堆装置。该破冰船的专用反应堆由阿弗里坎托夫实验机械设计局的科学家和工程师特别研发。该反应堆装置的主要特点是一体化布置：蒸汽发生器与反应堆置于同一压力壳内。得益于这一设计，RITM-200反应堆装置比前代产品轻了近一半且更加紧凑，显著提升了破冰船的机动性，同时在船上占用空间更小。因此其运行更具经济效益。

“北极”号的第二个特点是采用双吃水设计：该破冰船可根据作业需求调整吃水深度，既能在北极海域作业，也能适应叶尼塞河和鄂毕河河口的水文条件。第三个特点是自动化程度较前代产品更高。这显著减少了对人员的需求并简化了装置的管理。如今，“北极号”的航行值班仅在驾驶桥楼和中央控制站进行，本地值班岗位已取消。在巨大的四层机舱内，通过仪表监测和定期巡检进行监控。

“北极号”核动力破冰船的技术参数如下：船长173.3米，吃水10.5米/9.03米，破冰能力可达3米。核燃料需要每7年更换一次。设计服役年限为40年船员编制54人

船员舱室——海员在数月航程中的家，他们在值班间隙在此休息——类似于舒适温馨的酒店客房。舱室内设施齐全：带淋浴的独立卫生间、带写字台的工作区、电视、小冰箱、睡眠区、休息沙发以及个人物品存放处。破冰船上最受欢迎的设施是综合体育馆，船员可在此进行迷你足球、篮球或排球比赛，甚至举办乒乓球锦标赛。

还设有专门为力量训练爱好者准备的健身房。破冰船上设有桑拿房、游泳池和日光浴室。

建造与运行纪事

建造北极号的决定于2012年做出。该破冰船于2013年11月铺设龙骨，2016年6月16日下水。这艘核动力破冰船以传奇破冰船“北极号”命名，后者是历史上首艘在水面状态下抵达北极点的船舶（这一壮举发生于1977年8月17日）。

新“北极”号破冰船的国旗升旗仪式于2020年10月21日在摩尔曼斯克举行。俄罗斯总理米哈伊尔·米舒斯京当时表示：“核动力破冰船队是俄罗斯的重要竞争优势。当然，其扩建是对未来的重大投资。首先，这将为俄罗斯及区域经济发展注入强劲动力。”



11月14日，该破冰船启程执行首次工作航行，五年来持续为北方海航道冰区船舶提供引航服务，有力推动了北极项目的发展。自建成以来，核动力破冰船“北极”号已在冰区航行126,166海里，为677艘船舶提供破冰引航服务（数据截至2025年10月初）。

为破冰船和小功率核电站进行系列化生产

头部通用核动力破冰船“北极号”开启了22220型破冰船的系列化建造。该项目的西伯利亚号、乌拉尔号和雅库特号破冰船正在北方海航道作业。前两艘破冰船于2022年投入运营，第三艘于2024年投入运营。目前，“楚科奇”号破冰船正在加紧建造中此外，同型号的“列宁格勒”号破冰船正在建造中，“斯大林格勒”号破冰船的建造准备工作也在进行中。

同样重要的是，RITM-200反应堆的建造已实现系列化。目前，俄罗斯国家原子能公司已具备成熟能力，可向客户提供采用适配改进型反应堆装置的陆基和浮动式小功率核电站。另一个重要发展方向是研发热功率为315 MW的РИТМ-400反应堆装置，其性能显著超越所有现有船用反应堆装置。10510项目的俄罗斯号破冰船将配备两台РИТМ-400反应堆。这些反应堆因其卓越性能获得了专属命名——“伊利亚·穆罗梅茨”和“多布雷尼亚·尼基季奇”（源自俄罗斯史诗中的英雄人物）。第一台РИТМ-400于今年5月制造完成，第二台于9月完成。

核能绩效持续提升

世界核协会在过去两个月发布了两份重要报告：《世界核能绩效报告》（聚焦核电站建设与运营状况）和《世界核燃料报告》。后者提出了三种供需关系情景，并对截至2040年的供应可用性进行了评估。实际结果和预测指标均呈现增长趋势。



核电站创纪录表现

世界核协会指出，2024年全球核电站运行的主要成就是创纪录的发电量：2667 TWh，较前一年的2601 TWh有所增长。该指标超过了2006年创下的纪录——2660太瓦时。自2012年以来，北美地区一直保持着核电站发电量的领先地位。欧洲在2000年代前半期曾处于领先地位，在2000年代后半期和2010年代初期与北美保持同等水平，但现已降至第三位，被亚洲超越。去年，即使得益于法国反应堆，欧洲发电量增加了40 TWh，也未能改善这一状况。它们在2022年和2023年经历短暂停运后已恢复运行。

2667TWh

2024年全球核电站发电量

亚洲地区发电量增长最为显著，目前核电发电量位居全球第二，已逼近北美地区。其他地区（包括俄罗斯和东欧）2024年的核电发电量与2023年相比基本持平。

截至2024年底，全球在运反应堆440座，总装机容量398 GW。这比2023年增加了3座反应堆和6 GW装机容量。

报告指出，2024年日本（19 GW）、印度（低于1 GW）和其他国家（11 GW）的部分反应堆未发电，原因是这些反应堆目前处于暂停运行状态。因此，2024年参与发电的反应堆总装机容量达到369 GW，较去年增加1 GW。

全球在运反应堆中压水堆数量最多（313座），2024年较2023年新增5座。其次是沸水堆（60座），其数量在2024年没有变化。重水堆数量减少一座，降至46座。2024年铀-石墨反应堆也减少了一座——目前为10座。



从历史发展来看，1970年代和1980年代投运了大量反应堆，而1990年代和2000年代的投运频率则有所下降。2010年代，新反应堆的数量再次开始增长。因此，“年轻”（15年以下）和“老旧”（42年以上）反应堆的数量同时增加。然而，在运核电站机组的主体由中等年龄机组（15至42年）构成。需要指出的是，俄罗斯国家原子能公司目前正在建造设计服役期为60年并可再延长20年的核电机组。

2024年新动态

去年有九座反应堆开工建设。其中6座在中国，埃及、巴基斯坦和俄罗斯各有一座。例如，俄罗斯于3月14日开始为列宁格勒第二核电站3号机组地基浇筑第一罐混凝土。今年9月，施工人员完成了反应堆厂房安全壳内层的首层安装，并开始准备汽轮机厂房的基础施工。

根据2024年底数据，全球共有63台核电机组在建，其中俄罗斯有4台：3台采用VVER反应堆，1台为第四代快堆。

年内共有七台反应堆首次并网，其中中国三台，美国、法国、印度和阿联酋各一台。这些反应堆机组的建设周期相差数倍。漳州1号机组（中国）表现最佳：从第一罐混凝土浇筑到并网仅耗时61个月。建设周期最长的是弗拉芒维尔3号机组（法国），其建造和并网共耗时204个月。2024年并网的机组平均建设周期为114个月，即不足10年。一个值得注意的细节是：由于没有发布第一罐混凝土浇筑的声明，石岛湾国核1号机组的建设工程不得不通过卫星图像来确定。

目前在建的大多数核电机组是在过去七年内开始建造的。只有快中子增殖反应堆原型堆PFBR和Rajasthan-8号PHWR反应堆机组（两者均在印度）的连续建设时间超过了10年。其他建造周期超过10年的机组，其建设过程曾出现或仍处于中断状态。

2024年有四座反应堆最终停运。这些机组包括加拿大Pickering核电站的1号和4号机组、位于台湾岛的Maanshan核电站1号机组以及俄罗斯库尔斯克核电站的2号机组。总结：2024年有7台机组并网，4台机组停运，净增量为正。

2024年有7台核电机组并网，4台机组停运，净增量为正。

高强度运行

去年全球核电站平均容量因子达到83%，较前一年提升1个百分点。非洲的容量因子增长最为显著。该国在唯一运行的Koeberg核电站依次对两个机组进行了包含现代化改造元素的维修。第一台机组的大修期为2022年12月至2023年11月，第二台机组为2023年12月至2024年12月。两个机组在计划延长20年运行寿命前都进行了维修。

北美的容量因子保持稳定，其他地区则略有下降。“正如前文所述，根据不同年龄反应堆的平均装机容量利用率，过去几年并未观察到核电站发电量因反应堆老化而下降。这一结论适用于运行40年及以上的反应堆，表明在过渡到延长运行期限后，反应堆仍具有持续高效运行的潜力，”报告中指出。



铀供应：悬而未决的议题

第22版《世界核燃料报告》对核能工业的未来发展前景进行了分析。其基础是全球核能发电发展的三种情景。与2023年提出的情景相比，所有这些预测都上调了原子能份额。

根据基准情景预测，核电站装机容量将从398 GW（截至2025年6月）增至2040年的746 GW（较2023年增长60 GW）。在上限情景下将达到966 GW（增加35 GW），下限情景则为552 GW（增加66 GW）。

因此，核电站对铀的需求也将随之增长。据世界核协会专家评估，2025年全球核电机组铀需求量预计为6.892万吨。按照基准情景，2040年需求将增至略高于15万吨；若按高限情景，则需超过20.4万吨。为实现低情景方案，需要超过10.7万吨铀。

主要挑战在于，来自初级来源（矿山）的铀供应，即使加上次级来源的供应，也无法满足预期需求。采矿公司面临的主要困难是投资不足以及铀矿开采许可证审批周期过长（8至15年）。

在9月底于莫斯科举行的世界原子周活动上，萨马·比尔巴奥-莱昂呼吁缩短这些审批周期，以加速已探明但尚未投产铀矿的铀生产。她在记者简报会上表示：“幸运的是，铀属于在各大洲分布相当广泛的资源。与此同时，我们显然需要投资于这种资源的勘探和开采。与此相关的任务是与监管机构及负责发放矿床开发许可的部门合作，以优化和加速许可获取流程。”

她进一步阐明：“当然，这并不意味着我们需要在安全问题上作出任何妥协。我的意思是，我们仍需保持应有的审慎，确保全面评估采矿许可所需的各个方面。但让我们以最高效的方式推进这项工作。”

原子能：服务当下与未来

未来核能、热核研究、核医学发展前景——这些议题成为中国代表团在9月底于莫斯科举行的World Atomic Week国际论坛上与其他国家同行讨论的主要内容。此外，在世界原子周期间，多家中国公司与俄罗斯国家原子能公司签署了一系列协议。



核能是未来全球能源体系的关键组成部分。在“核能中的永动机：科学对抗迷思”专题讨论会上，专家深入探讨了核能在满足全球日益增长的能源需求方面的重要作用。中国科学院上海应用物理研究所副所长黄和飞介绍了中国科学家在2024年启动2 MW实验性钍燃料熔盐堆方面取得的成就。他还分享了中国计划于2030年投运一座功率为10 MW的类似反应堆。俄罗斯国家原子能公司下属突破项目方向总设计师瓦迪姆·列梅霍夫介绍了基于快中子反应堆的闭合核燃料循环的研发与工业实施工作。在突破项目框架下，正在建设一个核能综合体，包括核电站、核燃料再生（后处理）和核燃料再制造设施。

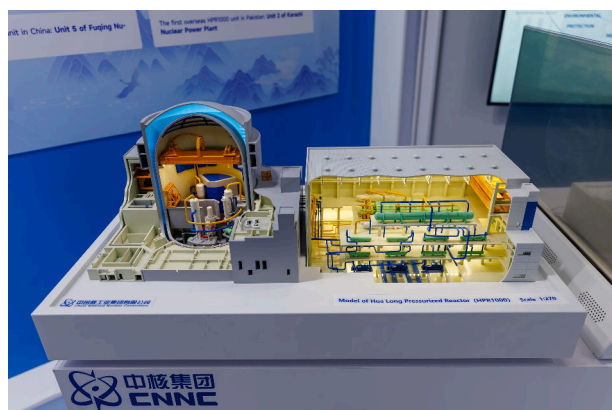
热核聚变

受控热核聚变是人类长期以来的梦想，未来有望成为几乎取之不尽的清洁能源来源。该领域最宏大的项目是国际热核实验堆ITER的建设。该反应堆由包括中国在内的多个国家共同建设。在世界原子周某圆桌会议上，与会者讨论了受控热核聚变的发展前景、ITER项目实施进展，以及俄中在热核研究领域双边合作的发展态势。参加活动的中国科学院等离子体物理研究所副所长徐国绅表示，相信这一合作方向对两国具有特殊意义：“中国很荣幸能参与ITER项目。我们已经成功获得等离子体并实现长时间维持，预计到2028年将取得更大成就。中国不仅是项目的参与方，还积极投身于联合研究，推动新技术发展。我们确信热核聚变技术将很快实现突破性进展，而国际合作在此过程中发挥着关键作用。”

核医学

论坛的关键议题之一是医疗技术的发展，特别是核医学领域。放射性药物的使用现已能够在早期阶段诊断并治疗许多复杂疾病。中国同位素与辐射公司技术总监金都介绍称，中国利用研究堆生产最急需的医用同位素，特别是广泛用于治疗转移性前列腺癌的镭-177以及铯-161。

现代医学界对铯-161展现出特殊兴趣：根据临床前研究，基于该同位素的药物在疗效上可能超越镭-177。俄罗斯国家原子能公司科学股份公司放射性核素产品与核医学方向负责人谢尔盖·苏罗夫强调，该领域需要大规模国际合作：“我们提议建立国际平台——核医学铯相关方向跨国专家组，整合核素制备、纯化技术、新型放射性药物研发及临床转化等全链条技术。”



青年

世界原子周四天会期中有两天专门用于青年项目。特别是，发布了首份由来自33个国家的百名青年领袖共同制定的青年核能合作宣言。这份包含从核安全到平等获得教育和技术等七项关键原则的文件，已提交给各国核能行业领导人和国际原子能机构代表。前100强工作组发言人包括中国代表徐宗苏，他是Impact Team 2050成员、IDEAS研究员、清华大学全球青年对话项目成员。

核能工业领导层批准了该宣言，承诺支持其实施，并强调核能的未来前景可期。该宣言将成为与国际青年受众开展工作的基础。

签约仪式

此外，在世界原子周期间，多家中国公司与俄罗斯国家原子能公司签署了一系列协议。俄罗斯国家原子能服务公司与江苏省核工业公司（JNPC，隶属于中国核工业集团公司）双方扩展了田湾核电站合作范畴，签署了为1~4号核电机组配备俄制全范围模拟机技术支持的合同。

该协议将为模拟器提供全面的技术支持，包括质量控制和维护，这对于提高操作员培训质量以及增强电站的可靠性和安全性至关重要。

此外，俄罗斯国家原子能服务公司与中核运营维护公司签署了战略合作协议，扩大了双方合作领域，并增加了接受俄罗斯国家原子能服务公司技术支持服务的中国核电机组数量。签署的协议确保为田湾核电站1-4号机组以及新建投入运行的田湾核电站7、8号机组和徐大堡核电站3、4号机组提供及时的技术支持服务，以保障其安全可靠运行。