

目录

[返回目录](#)

[阿库尤核电站首次“吸气”](#)

[铅反应堆落实](#)

[微型Shelf-M反应堆](#)

[人类与大自然和谐共存](#)



阿库尤核电站首次“吸气”

Rosatom把第一批核燃料运抵阿库尤核电站一号机组。从这时起，核电站正式成为核工程项目，土耳其同时成为拥有核能发电实力的国家。国际原子能机构总干事拉斐尔·马里亚诺·格罗西、Rosatom总裁阿列克谢·利哈切夫和土耳其能源与自然资源部长法提赫·多梅兹出席了隆重的仪式。俄罗斯总统弗拉基米尔·普京和土耳其总统雷杰普·塔伊普·埃尔多安通过视频参与了活动。

利哈切夫说，“这是很令人激动的事情。这可以与小孩出生后第一次吸入空气相比。小孩未来还要经历很多事情：取名，学习走路、说话。但是我们的‘小孩’已经首次吸气了，已经向全世界宣布：地球上新出现了一座核电站。”

Rosatom总裁向多梅兹颁发证书，证明燃料符合一切安全标准。仪式以很有象征性的活动闭幕：住在居纳尔区的老年人、小学生和青年核工程师一起在阿库尤核电站升了民用核能旗，这象征着土耳其成为发展民用核能的国家。

普京总统说：“2023年恰逢土耳其喜迎共和国建立100周年，土耳其成为核能工业和技术发达国家俱乐部的一员，这极具象征意义。”

[目次へ戻る](#)

阿库尤核电站是土耳其的第一座核电站，由四个机组组成，每个机组装有俄罗斯设计的3+代VVER反应堆。根据政府间协议，ROSATOM在项目中享有100%股权，可以向一个或几个投资者卖出最多49%股权。阿库尤核电站是世界上按照BUILD-OWN-OPERATE模式（即“建立-拥有-投产”）建立的第一座核能项目。

格罗西指出说，“核能带来福祉，但是同时带来责任。因此，国际原子能机构从开头便一直协助项目，支持项目达到所需的安全标准。今天，我们心里充满着希望、成就感。100年以后，阿库尤核电站还是会生产清洁电能。从这一时刻开始，可以在每个阶段上依靠国际原子能机构。”

供应核燃料意味着机组达到了很高的完成度。利哈切夫介绍说，Rosatom将今年内完成一号机组的一切主要建设工作。11月开始调试工作。首先调试部分系统，后来把一切系统进行综合测试。下一阶段是调试和装料。利哈切夫与记者见面时说：“这一切需要很多个月的时间，但是无论如何，我方计划根据与土耳其签署的政府间协议，在明年进行反应堆物理启动，即让反应堆达到最低可控功率水平，开始分阶段增加反应堆功率，便于反应堆在2025年得以稳定供电。”

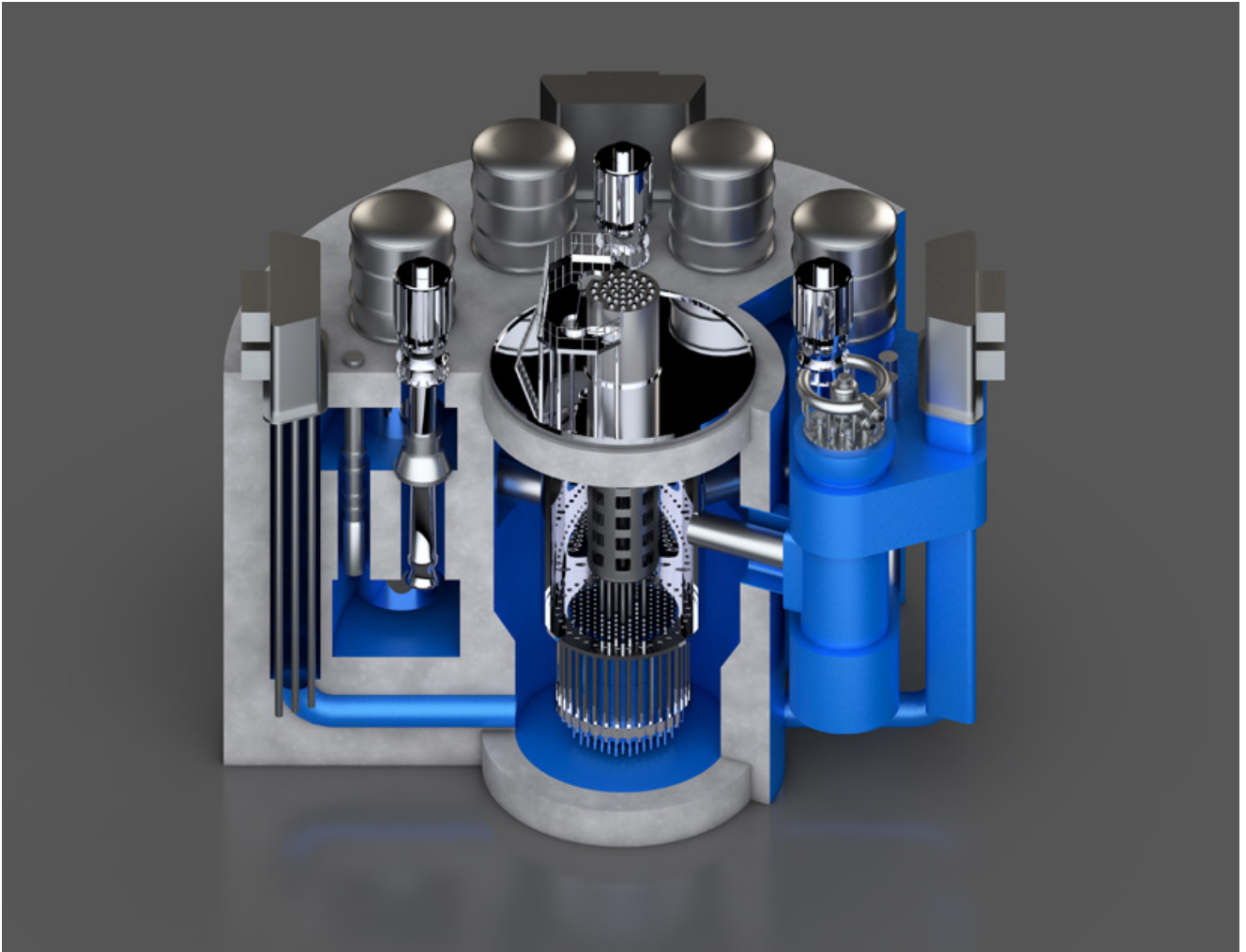
项目按计划进行，某些阶段甚至出现超前，成功克服了前所未有的“黑天鹅事件”：这些包括疫情、制裁、以及土耳其遭遇的大地震。利哈切夫指出说，俄土团队的团结和协调工作以及两国总统对项目的密切关心，令建设工作得以按期进行。

世界核能协会总干事萨玛·毕尔巴鄂·伊·里昂在自己的贺信中强调：“这个时刻的重要性超越土耳其的国界。阿库尤核电站是世界核能社区坚持按照所需要的速度和规模建设新核电站的强有力象征。在大约5年内完成一号机组凸显了国际合作，证明核能产业可以有效地建设反应堆。”

完成建设后，核电站的四座机组将每年产生350亿千瓦时无碳电能。相当于国家电能需求的10%左右。阿库尤核电站将助力土耳其落实零排放目标，以及加强国家的电能自主。

阿库尤核电站是俄土的第一个项目，但是并不是唯一的项目。土耳其计划在包括锡诺普区在内的几个地区建设几座大型核电站。利哈切夫说，“我方当然了解土耳其政府的计划，支持这些计划，准备进行正式谈判。我方对技术、本地化、经济方案都能提出自己的建议，便于安排好新项目的管理。”利哈切夫还介绍说，Rosatom在大小型核电站方面都可以合作。^{NL}

[返回文章开头](#)



铅反应堆落实

BREST-OD-300反应堆是绝无仅有的快速反应堆, 氮化物燃料采用铅载热体, 不仅呈现在草图上, 已经开始变成现实。反应堆的核心任务是展示闭式核燃料循环和先进反应堆技术的可行性和成功。

反应堆如何运转

“BREST-OD-300”全称为“功率300兆瓦的自然安全试验示范快速反应堆”。其载热体为已熔化的铅。采用混合铀-钚氮化物燃料。2021年6月, 反应堆地基的第一罐混凝土成功浇筑。

新型载热体要求必须使用特殊的反应堆结构。BREST-OD-300堆芯位于装满液态铅的钢骨水泥水池中心空处, 蒸汽发生器和循环泵位于侧面空处。

载热体的熔化温度、沸点温度等物理特点, 以及反应堆自身的特点使反应堆无需熔融物捕集器和大量的支持系统, 以及降低反应堆外设备的安全级。反应堆结构的一体化和物理参数排除了发生导致周围地区居民疏散事故的可能性。

反应堆采用双回路: 核燃料由一回路液态铅加热, 通过蒸汽发生器把热能转至二回路中的水; 蒸汽使涡轮机转动; 涡轮机把动力转至发电机; 发电机借此发电。



BREST-OD-300是试验示范电能中心(ODEK)的一部分。ODEK还包括铀-钚燃料生产模块和乏燃料处理模块。将根据碳热合成技术,用钚和贫铀生产新燃料。

ODEK的三大部分可展示贫燃料生产循环,燃料使用和乏核燃料处理的稳定性,即核电站现场上闭式核燃料循环的可能性。

发展的不同方向

今年3月初,负责建设ODEK的西伯利亚化学企业(CkhK, TVEL旗下的企业)开始装配液态铅循环泵试验样件。样件采用高合金钢和陶瓷材料,其重量超过30吨。2023年3月末把循环泵运到现场。安装后样件通过特别熔化开铅试验台进行测试。BREST应用的循环泵可在1秒内通过反应堆一回路运输11吨液态铅,容量堪比装载铅品的中型卡车。

员工将今年内测验循环泵的特能和功能。计划根据所得到的结果以及可能所需的完善之处,生产四台系列循环泵。

新西伯利亚化学浓缩物工厂(Rosatom旗下企业)负责建设模拟区,即燃料盒模型;预计2024年末完成工作,把设备运到ODEK现场。



BREST-OD-300所将采用的燃料元件和燃料组件已经通过多次测验测试。最后一次测验和测试后的研究于2022年9月结束,测验内容为脉冲式反应堆(哈萨克斯坦)燃料元件。结果确认燃料元件超设计事故情况下的行为正常(主要是涉及正反应性的行为)。

员工同时研究新材料,便于提升燃料的特性。比如说,今年2月VNIINM (Rosatom旗下的企业)试制了铁素体钢安全层双金属管,安全层厚度为0.3毫米。这些金属管可用于作为反应堆铅载热体燃料元件外壳,也可用于作为堆芯燃料元件定位板的基础单元。新型结构材料未来有望把快速反应堆铅载热体燃料的燃耗深度增加20-25%,从而增加反应堆经济效率。

同时进行大规模的员工培训。3月,30多位ODEK制造/重新制造模块员工在分析练习台接受了培训,操演工艺线工作、各种技术流程,了解意外状态下所需行为的规程。

今年,别洛亚尔斯克核电站开始针对CkhK员工组织为期的两周进修。

反应堆建设、设备安装调试、乏燃料后处理模块设计等工作按日程表推进。计划ODEK会在2030年投入运营。NL

[返回文章开头](#)



微型Shelf-M反应堆

Rosatom不止研发小型反应堆,也发展微型反应堆,Shelf-M是最接近落实的微型反应堆。本文介绍该反应堆的特点和建设前景。

设计亮点

Shelf-M热功率为35兆瓦,电功率为10兆瓦,是一体化水-水反应堆装置。以硅铝合金保护层二氧化铀为燃料。燃料供应期限为8年。Shelf-M长11米,直径为8米,反应堆模块

整机重量为370吨,寿命周期为60年。按需要可以用驳船等运输工具运输。

Rosatom和俄罗斯北部地区地方政府所设立的工作小组确认了旗舰小型核电站可能的所在地。NIKIET (Rosatom旗下的企业) 小型核电站反应堆装置总设计师丹尼斯·库利科夫说,“我们已经开始根据可能采用的地址研究核电站的外部设计以及工程解决方案。”

Shelf-M的堆芯是压力管式的,堆芯和燃料组件与核能破冰船相同。

旗舰核电站所采用的燃料元件由不同化学元素构成。比如说,反应堆外壳由广泛使用的42XHM铬镍合金制作,十字架形燃料元件的

[目次へ戻る](#)

几何参数与SM-3和PIK研究反应堆一样。基础燃料元件设计和工程工作由VNIINM无机材料研究所 (Rosatom旗下的企业) 负责。

Shelf-M可以以自然循环模式运行：一回路热载体占最大功率的30%。NIKIET员工认为无需只用自然流程支撑循环，因为反应堆装置总成运输，反应堆也需要保持合理尺寸。但是Shelf-M安全系统的一部分以自然循环模式设计：比如说，反应堆应急冷却系统和冷却系统正常运行无需供电系统或抽水机。

未来研发

NIKIET员工正在进行反应堆装置的初步设计，计划今年夏季结束前完成。然后需要为机组主要系统和设备研发材料。

研发工作同时进行，目标为通过试验证明反应堆技术方案的可行性。其中与员工分析反



Denis Kulikov, chief designer of reactors for small nuclear power plants at the Dollezhal Research and Development Institute of Power Engineering

应堆是否可安装增材设备或用复合材料制造的设备。库利科夫介绍说，“其中一个方向是考虑以复合材料替代较重的坚固外部保护层。这会使模块重量减少数十吨，同时不影响机械性能和坚固性。”

此外，对系列机组所可以采用的新型燃料元件进行研发。这是Luch研究所 (Rosatom旗下的企业) 所设计的双金属燃料元件。堆芯结构、燃料元件类型以及燃料元件的几何特性都不受影响，燃料组件考虑采用铌合金中的铀金属丝。哈萨克斯坦IVG.1M研究反应堆堆芯就采用根据相同技术制造的锆燃料元件。

远程控制

同时确定反应堆机器人化概念。因为运行时员工无法通过反应堆进入保护层，许多技术流程由机器人负责。

库利科夫说，“拟制造关键机器人模块的模型，已开始在工作环境内进行测试。我觉得最值得关注的是建设远程控制调度管理系统。我们没办法全部在旗舰核电站应用，本核电站会采用一般的工作台。但是希望系统在旗舰机组中以备用模式测试、确认可靠性和安全后把流程管理变为远程。”

Shelf-M建设计划

2024年——完成核电站机组反应堆和主要设备的技术设计。开始现场工作。

2026年前——完成对主要模块的耐久测试。

到2027年——开始向目标地供应设备。

2030年——物理启动、发电启动、开始商业运行。

2032年——开始建设二号及更多Shelf-M机组。



[目次へ戻る](#)

市场空缺

对功率达到10兆瓦的核能装置的需求较大，中期可替代已到使用寿命的核能发电装置和有机燃料发电装置，同时可以建设本地发电中心，便于为偏远地区、供电系统分散的新工业项目供电。^{NI}

[返回文章开头](#)



人类与大自然和谐共存

5月底, 在圣彼得堡举行的第10届涅瓦国际生态大会讨论了创造清洁能源、消除环境污染、改善居民生活质量以及国家、科学界和商业界在环保问题上的合作等主题。Rosatom积极参与了活动。

俄罗斯联邦委员会主席瓦莲京娜·马特维延科在全体会议上致辞时强调, 身处健康的环境是每个国家的权利。爱护自然是俄罗斯国家政策的优先方向。

出席会议的Rosatom总裁阿列克谢·利哈切夫也就会议所提出的主要问题给出了自己的答案——《人类和大自然是否能共存?》。“Rosatom继续落实主要目标, 即创造清洁能源。这是我们一贯为地球健康生态所做出的贡献。所有核能基础设施每年节省多达20亿吨人为气体排放, 这包括俄罗斯境内的1.1亿吨气体。未来这些数字会进一步增加。”他还提醒各位, Rosatom还是核反应堆出口方面的领导者: 国外建设的核电站中大约80%使用俄罗斯技术。

利哈切夫还介绍说, Rosatom在《环保》国家项目框架内完成三重任务: 建立I-II级危险废物处理信息系统、建设生态科技园和处理数十年来积累的废物。

[目次へ戻る](#)

Rosatom总裁也谈到Rosatom的另一个重要项目，即研究监测北方航道水域。项目与莫斯科大学海洋研究所共同进行。

利哈切夫介绍说，“覆盖3000海里（即5.6千公里）的50个环保站上的生态学家、水文学家、水化学家、兽类学家和鸟类学家每年对空气进行研究，采集海水、海底沉积物和微塑料，测量海水温度和盐度，记录大片垃圾，研究海洋各层的动植物群。”结果，今年制定了北方航道水域环境和生物多样性检测综合计划。

Rosatom机器制造和工业解决方案副总裁安德列·尼基佩洛夫提醒各位，Rosatom提供广泛的高技术生产流程解决方案，涉及医疗、造船、石油天然气、航天等领域。尼基佩洛夫指出，“我司目前共有100个全新业务发展方向。所有方向都有同一个目标：用高技术解决复杂问题，保证人类的安全和生态系统的可靠性。”

大会还讨论了环保教育的重要性。Rosatom人事副总裁塔季扬娜·捷连季耶娃指出，环保教育并不限于分享环保方面。“这是系统性的过程，要求养成环保习惯、环保价值观和新环保文化，应当贯穿幼儿园到成年时期。Rosatom作为基于绿色技术的国企，对28个城市担负责任，在这些城市启动了《人们和城市》项目，在项目中支持促进环保文化和建设强化环保习惯的基础设施的青少年项目。”

大会参与者饶有兴致地参观了Rosatom的展位。展位展示Rosatom在绿色电能方面落实的项目以及核燃料循环后段和放射性废物处理方面的技术和解决方案：比如，FREMES放射性废物分类装置和用于拆卸和粉碎大型设备的移动式激光装置。^{NL}

[返回文章开头](#)