

ROSATOM NEWSLETTER

01.

文章

新生代核电机组
北方海航道全年通航
小测验：你对低功率核电站了解多少？



02.

趋势

铀：短缺还是过剩？



新生代核电机 组

今年四月底，孟加拉国鲁普尔核电站1号机组开始物理启动。这不仅是该国，也是俄原子能公司及全球核工业的重要里程碑。俄原子能公司核电机组遍布全球：该国有集团公司为海外核电站建设的世界领导者。让我们来介绍一下俄原子能公司各建设项目目前最新进展与亮点。



鲁普尔核电站（孟加拉国）

今年四月底，1号机组开始向反应堆装载核燃料。此是反应堆启动前关键步骤之一。“今日，孟加拉国加入将和平利用原子能作为可持续发展可靠来源的国家俱乐部。毫无疑问，鲁普尔核电站将成为国家能源系统的重要组成部分。对于俄原子能公司而言，该项目是发展世界核能、加强与海外合作伙伴友好关系的又一重要步骤”，俄原子能公司总经理阿列克谢·利哈乔夫指出。



“鲁普尔核电站项目是孟加拉国科学进步的象征，展示了我们国家负责任且高效地掌握先进技术的意愿和能力”，孟加拉国科技部长法基尔·马赫布卜·阿纳姆表示。

该核电站正在建设两台VVER-1200反应堆机组。

达巴核电站（埃及）

今年一月份，1号机组蒸汽轮机与环形起重机桥架运抵埃及。三月份，为1号机组运送了重要反应堆装置设备的组件——止推环。安装了鼓泡器——反应堆装置压力补偿系统的组件。反应堆厂房建设工作继续进行。正在安装安全壳内壳第四层和反应堆竖井衬砌。

2号机组一月份完成反应堆厂房0.100米标高楼板的混凝土浇筑以及运输闸门栈桥基础板的混凝土浇筑，二月份完成反应堆竖井干式防护的安装。开始对反应堆厂房安全壳内壳第四层混凝土进行浇筑。三月份安装了支撑桁架。

3号机组二月份完成安全壳内壳第一层混凝土浇筑工程第一阶段。

核电站上正在建设两台WWER-1200反应堆机组。

阿库尤核电站（土耳其）

1号机组正接近完成装载模拟燃料组件后冷热试车准备工作。今年主要任务是过渡到启动运行，然后进入商业运营。

4月份，2号机组反应堆厂房内安装了堆芯被动注水系统的蓄水池。各蓄水池将注入硼酸溶液。当一回路压力下降时，溶液将自动注入堆芯对其进行冷却。随后将开始安装安全壳内壳第六层及穹顶部分。

3月份，4号机组反应堆厂房内安装了止推桁架，下一步是用特殊配方的混凝土填充竖井。

核电站上正在建设两台WWER-1200反应堆机组。

帕克什核电站（匈牙利）

自2月5日起，匈牙利帕克什核电站5号机组建设现场的专家开始向反应堆厂房基础板浇筑混凝土。从该日起，根据国际原子能机构的分类，该机组被视为在建状态。混凝土浇筑将持续进行至2026年底。基础板建造需要近9千吨钢筋制品和4.3万立方米混凝土。各阶段工作都将受到监控，确保最高质量。下一阶段是建造反应堆厂房的内外安全壳。



该建设项目包括两台WWER-1200反应堆机组。

库丹库拉姆核电站（印度）

四月份，3号机组开敞反应堆开始进行安全系统冲洗。通过此方式清除安装后管道中残留的污染物，检验泵组、工艺安全系统与正常运行系统的工作状态。

核电站有两台机组在运行，另有四台在建，均采用WWER-1000反应堆。

乌兹别克电站（乌兹别克斯坦）

在乌兹别克斯坦吉扎克州的建设现场，RITM-200N反应堆机组建设项下正在进行反应堆厂房的混凝土准备工作。进行了约900立方米混凝土浇筑。在此阶段，平整反应堆厂房基础地基，进行防水处理和接地施工。建设下一个关键节点——向反应堆厂房基础板浇筑首罐混凝土——计划于2026年6月进行。

建设项目包括两台WWER-1000反应堆机组和两台RITM-200N反应堆机组。

田湾核电站和徐大堡核电站（中国）

田湾核电站7号机组、徐大堡核电站3号机组建设接近尾声。中国专家正在进行调试工作。下一阶段是向田湾核电站7号机组装载核燃料。

两座核电站的建设项目各包括两台WWER-1200反应堆机组。田湾核电站有四台WWER-1000反应堆机组在运行。

俄罗斯核电站

俄原子能公司正在库尔斯克和列宁格勒核电站厂址各建设两台机组，并在“突破”项目框架内建设一台BREST-OD-300反应堆机组。正在进行摩棱斯克、别洛亚尔斯克与滨海核电站厂址以及雅库特低功率核电站机组建设的正式启动准备工作。

北方海航道全年通航

在南方航线国际货运面临问题的背景下，利用北方海航道开辟新航线变得越来越重要。越来越多的国际参与者对通过该航道进行货运表示兴趣。俄原子能公司作为北方海航道的基础设施运营商，正在加大力度实现全年通航。



自今年二月以来，石油市场以及整个物流市场持续动荡。许多货运受阻。通过曼德海峡的运输也存在风险。2021年苏伊士运河因集装箱船搁浅引发的运输瘫痪记忆犹新。这些情况均促使托运人和物流公司寻找欧亚之间的替代运输路线。例如，可以绕行非洲或经铁路的陆上路线。但还有另一条路线——北方海航道。

“越来越多的国家与企业不仅考虑运输的速度和成本。运输路线、物流链的安全性和稳定性正成为决定性因素，这些路线较少受到危机、军事冲突和其他外部风险的影响。俄罗斯可以为世界提供此种解决方案”，俄罗斯总统弗拉基米尔·普京在今年四月初于圣彼得堡举行的首届国际运输物流论坛上的视频讲话中表示。

北方海航道的主要优势在于东亚至西欧航线的航行时间更短：约20天。作为对比：经苏伊士运河需要30~35天，绕行非洲需要40~45天。



全年通航指日可待。

北方海航道面临的问题是通航期短，但近年来此问题在得到解决。今年喀拉海的冰情比去年更为复杂。“尽管如此，北方海航道西段的季节性通航几乎按时刻表进行，像公交运营一样”，俄原子能公司北极发展问题特别代表弗拉基米尔·帕诺夫在国际运输物流论坛上表示。

在核动力破冰船原子能破冰船队的护航下，进行了实验性超早期与超晚期航行。“依托克里斯托夫·德·马热里型液化天然气运输船与破冰船的经验 and 能力，我们大大延长了北方海航道东段的通航窗口”，北方海航道航运参与者委员会主席谢尔盖·弗兰克在国际运输物流论坛上表示。

“我们派出破冰船值守，以确保船舶安全通行，包括非冰级船舶。北方海航道东段的开发与全年通航可能比我们预期的还要早”，弗拉基米尔·帕诺夫指出。

今年就将进行尝试。现代商船队公司计划在2026年再获得两艘Arc7冰级液化天然气运输船，将全年在整个北方海航道上执行航行。“这将是人类历史上的首次。2026~2027年通航期计划组织全年服务”，现代商船队公司总经理伊戈尔·通科维多夫在国际运输物流论坛上表示。谢尔盖·弗兰克认为，到2028~2030年，高冰级船舶在北方海航道的航行间隔可缩短至12小时。



由破冰船将保障全年通航。北极地区共有八艘核动力破冰船在海航。其中四艘是22220项目新款通用破冰船。同一项目的三艘破冰船（楚科奇号、列宁格勒号及斯大林格勒号）正在建造中。10510项目首制船俄罗斯号也在建造中。是专为北方海航道全年通航而设计的，将成为世界上最强大的破冰船。

对北方海航道的国际社会关注也日益增长。中国企业多年来一直执行集装箱航运任务，不断增加货运量。去年首次通过北方海航道完成从中国到西欧的过境航行。其他东亚、南亚国家对该航线也表现出极大兴趣。目前正在与一个国家准备首次集装箱航行，初步计划于今年九月进行。

俄原子能公司总经理阿列克谢·利哈乔夫在国际运输物流论坛上表示，今年的运输量比以往记录高出15%。他还表示希望今年此指标能突破4000万吨大关。

小测验：你对低功率核电站了解多少？

低功率核电站是俄原子能公司的旗舰产品之一。这并不例外，因为国有集团公司是历史上第一个也是迄今为止唯一一家建造浮动核电站的企业。当然，这并不是俄原子能公司在低功率核电站领域的唯一项目。让我们来测试一下您对俄罗斯低功率核电站的了解程度。



1. 世界上唯一正在运行的浮动核电站叫什么名字？

- a) 北极地带号
- b) 北方海航道号
- c) 罗蒙诺索夫院士号
- d) 北极圈号
- e) 北风号

2. 该浮动核电站安装了什么类型的反应堆？

- a) WWER-1000
- b) RBMK-1000
- c) BN-800
- d) KLT-40S
- e) RITM-200

3. 该浮动核电站两台反应堆的额定电功率是多少？

- a) 30兆瓦
- b) 50兆瓦
- c) 70兆瓦
- d) 85兆瓦
- e) 100兆瓦

4. 俄原子能公司正在研发的10兆瓦反应堆装置的名称中使用了哪个地理术语？

- a) 礁
- b) 大陆架
- c) 岛
- d) 海滩
- e) 海角

5. 俄原子能公司小型模块化反应堆的旗舰款是RITM-200反应堆。这些反应堆在哪里积累了超过400堆年的运行经验？

- a) 研究中心
- b) 核潜艇
- c) 比利比诺核电站
- d) 最新型核动力破冰船
- e) 尚未积累这么多经验

6. 俄原子能公司将在乌兹别克斯坦建设多少台RITM-200N反应堆机组

- a) 2台
- b) 3台
- c) 4台
- d) 0台
- e) 8台

7. 浮动核电机组RITM-200S反应堆计划多久更换一次核燃料？

- a) 每年
- b) 每2年
- c) 每3年
- d) 每5年
- e) 每10年

8. 俄原子能公司为低功率核电站研发不使用哪种冷却剂的反应堆装置？

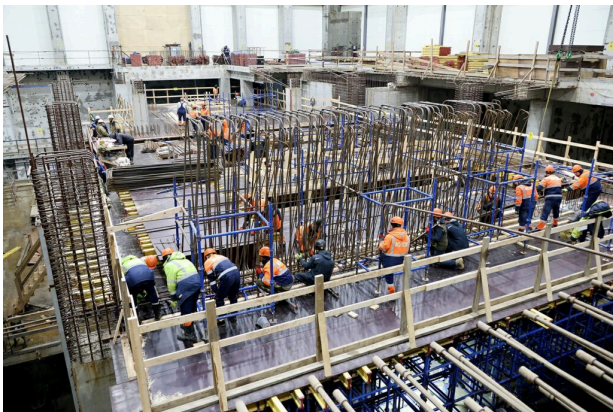
- a) 重水
- b) 铅铋合金
- c) 氦气
- d) 轻水
- e) 铅

9. 根据国际原子能机构分类属于小功率反应堆的 BREST-OD-300项目使用什么类型的反应堆？

- a) 压水堆 (WWER)
- b) 沸水堆 (BWR)
- c) 气冷堆 (HTGR)
- d) 钠冷快堆
- e) 铅冷快堆

10. 对于偏远与难以到达地区的用户而言，低功率核电站的哪个优势特别重要？

- a) 高度工厂预制化
- b) 紧凑性
- c) 零排放
- d) 发电稳定性及对气候及天气变化的适应性
- e) 以上全部



正确答案：

1. **罗蒙诺索夫院士号。**罗蒙诺索夫院士号浮动电源模块是世界上唯一在运的浮动核热电站。它位于佩韦克港。这是俄罗斯最北端的城市，位于北极圈内的多年冻土区。该电站随伟大的俄罗斯科学家、院士米哈伊尔·瓦西里耶维奇·罗蒙诺索夫命名。2019年12月19日首次并网发电。

2. **KLT-40S。**罗蒙诺索夫院士号上安装两台KLT-40S型压水堆反应堆。该款延续并发展了北方海航道号载驳船上的KLT反应堆装置系列以及泰梅尔号与瓦伊加奇号核动力破冰船上的KLT-40M反应堆装置系列。

3. **70兆瓦。**两台KLT-40S反应堆装置在额定工况下能够向岸上电网输送70兆瓦电力，并为供热水加热提供高达每小时50吉卡的热能。足以为约10万人供电。

4. **大陆架。**俄原子能公司正在研发大陆架-M项目，是一种小功率（约10兆瓦）反应堆装置，用于偏远地区供电，包括海上平台和沿岸设施。

5. **最新型核动力破冰船。**所有22220项目的最新型核动力破冰船都配备RITM-200反应堆。该技术在整个生命周期的各个阶段都证明了其高效性和安全性。

6. **两台机组。**今年三月，俄原子能公司与乌兹别克斯坦原子能公司签署了合同补充协议，将建设新型一体化配置核电站。项目包括两台基于WWER-1000反应堆的大功率机组及两台各55兆瓦功率的RITM-200N反应堆机组。核电站达到满功率生产后，年发电量将达到约172亿千瓦时，可满足乌兹别克斯坦总用电需求的14%。

7. **每五年一次。**堆芯可运行长达五年而无需换料。运行现场不进行核燃料操作，所有操作均在专业企业进行。

8. **重水。**俄原子能公司正在研发使用轻水、铅、铅铋合金、氦气作为冷却剂的反应堆。

9. **铅冷快中子反应堆。**BREST-OD-300是一种创新型快中子反应堆，以铅为载热体。该项目实现固有安全和闭式核燃料循环的理念。

10. **以上全部。**与传统核电站相比，低功率核电站具有几个重要优势：高度工厂预制化、紧凑性、无大气有害排放、稳定的能源供应。此类电站发电不受气候和季节影响。

铀：短缺还是过剩？

所有相关方都在问的一个关键问题是：铀矿开采行业能否满足不断增长的核电站需求？目前没有明确答案：铀资源丰富，但开采可能跟不上需求。



世界核能协会（WNA）的基准情景预测，反应堆装机容量将从目前的372吉瓦到2030年翻倍至449吉瓦，到2040年达到746吉瓦，年均增长率为5.3%。与2023年的预测相比，到2040年预计将额外建设超过60吉瓦。主要集中于东亚、南亚国家与核电新兴国家。核电站数量的增加亦将推动对作为核燃料主要原料的天然铀需求的增长。在WNA的基准情景中从目前的6.7万吨到2040年超过15万吨/年。评估天然铀供需平衡需要考虑需求方面的几个因素。

资源未增长

根据《铀：资源、生产与需求——2024》（“红皮书”，由国际原子能机构和经合组织每两年出版一次）的数据，地下已探明的铀资源总量超过1070万吨。考虑到开采和加工损失，可采资源超过790万吨。

地下已探明的铀资源总量超过1070万吨

依据初步估算，这些资源足以满足未来50年核电机组的需求。然而，成本低于80美元/公斤的铀资源正在减少：目前约占总资源的四分之一。而虽然过去十年全球铀储量增加了28%，但成本低于80美元/公斤的资源减少了44%。另外，此种约90%资源属于在产和在采矿山。这可能意味着大部分资源勘探不足，成本低于80美元/公斤的资源尚未发现，或者自然界中根本不存在此类资源。

成本低于40美元/公斤的铀资源也有所减少。在对乌兹别克斯坦、巴西资源重新评估为10.3万吨后，此种资源量下降了20%。成本最高（低于260美元/公斤）的资源因纳入喀麦隆、埃及、印度、巴基斯坦和沙特阿拉伯新资源或此前未计入的资源而增加了2%，但因法国欧安诺公司对尼日尔伊穆拉伦和中非共和国巴库马矿床的重新评估而减少了几乎相同的量。因此，已探明资源总量几乎未变：仅增加0.2%。

在铀矿开采公司中，按已探明资源总量计算，俄原子能公司凭借在俄罗斯、哈萨克斯坦、坦桑尼亚和纳米比亚的资源位居榜首。其次是哈萨克斯坦的哈原工、法国的欧安诺、加拿大的卡梅科以及中国的中核集团和中广核。哈原工拥有最多成本低于80美元/公斤的铀资源。俄原子能公司位居第二，其次是卡梅科、中国的中核集团和中广核以及法国的欧安诺公司。

在铀矿开采公司中，按已探明资源总量计算，俄原子能公司位居榜首

产量增加。

哈原工仍是全球铀生产的领导者。公司正在增加产量。比如，2023年哈萨克斯坦生产了21,109吨铀，而2025年达到创纪录的25,839吨。此与2024年同比增长11%。2026年计划生产2.75~2.9万吨铀。

产量增长与布杰诺夫斯科耶矿床第6和第7区块矿山达到设计产能（每年千吨）有关。2025年，哈原工在储量为8.31万吨铀的因凯-3项目开始试生产。其生产周期为四年。工业生产计划于2030-2032年启动，设计产能为每年4吨铀。

2025年哈萨克斯坦通过了《矿产资源法》修正案，规定哈原工在新采矿合同中的持股比例至少为75%，在续签现有合同时则为90%。从2026年起，矿产资源税率将根据每项采矿协议的实际年产量和现行铀现货价格而变化。

2025年，加拿大有两座地下矿山在进行开采：麦克阿瑟河矿和雪茄湖矿。同年年中，欧安诺公司的加拿大子公司在麦克莱恩湖矿采用SABRE（地面钻孔资源提取）地浸技术开始采铀。根据麦克莱恩湖矿共同所有者加拿大丹尼森矿业公司的数据，2025年铀生产量达到了250吨。

2024年，纳米比亚三座矿山（湖山、罗辛及兰格海因里希）的产量为7,332吨（占全球的12%）。过去七年，湖山和罗辛保持了稳定的生产水平。2024年，分别生产4,437吨和2,205吨铀。2024年兰格海因里希矿生产了690吨铀，2025年约为1,540吨铀。

乌兹别克斯坦近几年一直在增加产量。2025年的初步目标为6千吨铀。计划到2030年产量超过7千吨。根据SRK咨询公司报告，截至2025年1月1日，纳沃伊铀业公司的矿产资源基础约为11.6万吨铀，但40个矿床中没有一个资源量超过1万吨铀。最大矿床资源量在4千吨至9千吨之间。



2025年，澳大利亚产量预计略高于2024年。澳大利亚必和必拓公司的奥林匹克坝矿稳定生产约每年3~3.4千吨铀。2025年基本也不例外：2025日历年产量达到了3,479吨。

俄罗斯2024年铀产量为2,738吨。俄原子能公司下属企业100%完成了开采计划。“俄原子能公司拥有可供数十年使用的自有矿产资源基础，在全球铀市场占据领先地位”，俄罗斯国家原子能公司总经理阿列克谢·利哈乔夫在接受《俄罗斯国家原子能报》采访时表示。

根据初步数据，中国铀产量约为2.2千吨。2025年，中国有四座铀矿在开采（三座采用地浸法，一座采用井下开采法）。三座地下矿山因生产成本低而暂停运营。根据中核集团的数据，2025年鄂尔多斯盆地的国家铀矿1号新矿开始试生产。该企业的设计产能为每年1千吨铀。

关闭前景

没有成功的地质勘探和资源基础补充，产量增长即将意味着现有矿山在2030年至2040年代末期间不得不关闭。这首先涉及2000年代初开始运营的企业。

鉴于这一前景，铀生产商近期一直在采取措施扩大资源基础。俄原子能公司乃是其中之一。“我们的关键任务在于扩大铀矿产资源基础，满足俄罗斯核能的需求。我们已经与俄罗斯矿产资源署及自然资源与生态部达成协议，成立资源基础开发工作组。2026年，我们将完成希龙杜库伊矿床主要矿山的基建工作，以便从2028年起在此开采约400吨铀。我们将开始在普里阿尔古斯克生产矿山化工联合企业第6号矿山的掘进工作。我们将尽一切努力重启埃利孔项目”，俄原子能公司矿产资源公司第一副总经理兼执行董事维克多·斯维亚杰茨基在接受《核工业通报》杂志采访时表示。

另一个例子是哈原工。2025年1月，公司在2025~2034年新版发展战略中表示，致力于通过地质勘探和优化运营活动来补充和有效利用其矿产资源基础。

因此，从长远来看，最能够保障自身资源储备的铀矿开采公司将占据优势。



跨栏赛跑

产量增长、新产能投产甚至地质勘探工作常常受到经济、监管、社会等问题的阻碍。这些问题增加了新项目筹备的时间和成本。

关键问题之一是价格膨胀。设备、柴油燃料、电力、硫酸价格以及人员价格均在上涨。另外，利率上升，银行融资变得更加困难和昂贵。

有时问题在于缺乏工人、设备或试剂。例如，加拿大麦克阿瑟河矿的复产因招聘合格人员困难和长期停产设备启动问题而放缓。哈萨克斯坦因硫酸短缺和辅助基础设施建设延误导致产量下降。

复杂的监管程序也阻碍了项目启动。在某些国家，许可审批周期可能超过十年。公司不得不更新可行性研究报告并推迟最终投资决定的时间。当地社区的反对可能导致矿山建设项目被放弃。例如，澳大利亚贾比卢卡矿床项目就是如此。

政治因素也有所影响。最典型的例子是尼日尔矿山收归国有以及由此与法国欧安诺公司产生的争议。



几点结论

未来几十年，全球核能的主要原料需求将由天然铀一次开采来满足。根据WNA估计，到2040年需要15万吨。但届时所有确定来源的开采量仅可达7万吨。由于资源枯竭，现有矿山的产量将减半：从目前的6.02万吨降至2.95万吨。此前封存的、在建的和计划新建的矿山投产将弥补部分退出的产能，但仅达5万吨。2030年后投产的远景矿山到2040年可能增加2万吨，但其前景存在风险和不确定性。

2024年至2040年期间，确定的二次来源供应将再增加约千吨铀。

因此，尽管地下铀资源充足，但到2040年，铀需求可能比确定来源的供应超出7.5万吨。预计这一需求将由所谓的不确定来源来满足。其中包括未计入的二次来源，以及公司尚无明确计划的封存矿山和未开发矿床。

鉴于这种情况，需要在地质勘探领域付出巨大努力，引进最新的开采技术，增加投资并改善监管环境，以便将新的铀资源纳入核燃料循环。

俄原子能公司立场

资源基础的动态显示，全球市场上的廉价铀正在枯竭。全球核电装机容量的增长将伴随着低成本大型铀矿项目的退出和二次来源的减少。在此背景下，俄原子能公司优势明显：国有集团公司在国内外都拥有优质的铀资源基础。能够确保铀产量的长期增长，满足集团公司核燃料循环的需求。



与此同时，俄原子能公司还在发展不依赖天然铀的第四代能源系统。俄原子能公司总经理阿列克谢·利哈乔夫在接受《俄罗斯国家原子能报》采访时表示，“铀委员会现在负责协调与核燃料循环相关的所有工作。产品线扩展、建设不依赖资源基础的第四代能源系统、在国内外大规模建设核机组，都将需要新的方法来管理热中子和快中子反应堆双组元核能系统的整个核燃料循环。”为了协调这项工作，成立了核燃料循环委员会。俄原子能公司的几乎所有高层管理人员均加入该委员会。铀委员会将成为在这一关键领域制定战略和战术的团体机关”，阿列克谢·利哈乔夫强调。俄原子能公司将发展浓缩、燃料制造和乏核燃料后处理能力，制定国家铀计划。该计划通过闭式核燃料循环技术降低天然铀单位消耗，同时扩大资源基础以提高核能发电比重。