



## 目录

[返回目录](#)

---

[低功率核电站流水线](#)

[说得多, 做得少](#)

[可持续的核能现实](#)



## 低功率核电站流水线

开建浮动式机组壳体、开始设计装有 Shelf-M 微型反应堆的核电站以及在加纳推介低功率核电站——这三大事件都证明了 Rosatom 继续积极开发小型模块化反应堆并提高了在国内外推动整个项目流水线的准备程度。

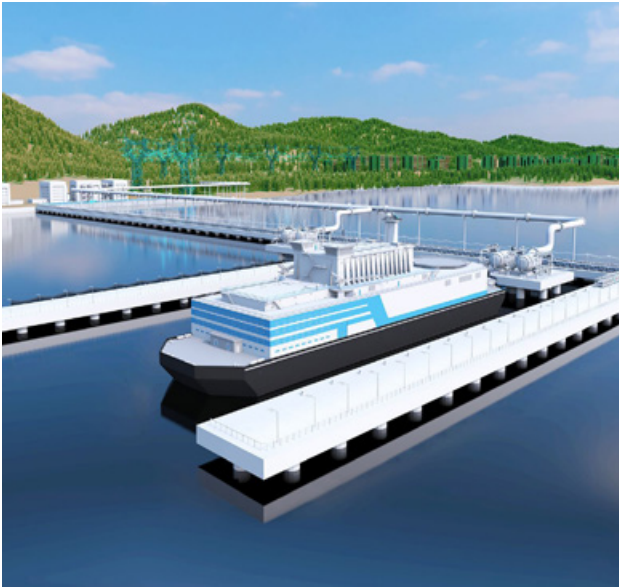
### 浮动式机组

在中国隆重举行了龙骨铺设仪式，开工建设第一座浮动式发电机组壳体。壳体在几个方向都是第一。这是世界第一座 RITM-200S 反应堆浮动式发电机组壳体，也是为拜姆斯基采矿选矿

联合企业供应的四座浮动式发电机组壳体之一。拜姆斯基采矿选矿联合企业是俄罗斯东北部楚科奇自治区最大规模的采矿企业，主要开发佩先卡金铜矿床。中国将建设两座壳体，2022 年四季度决定在哪里建造剩下的两座。

壳体长 140 米，宽 30 米，重 9549 吨。安装设备后驳船重量将达到 19088 吨。壳体预计在 2023 年就会运到俄罗斯。Atomenergomash (Rosatom 机器制造部门) 旗下企业目前为壳体制作设备。浮动式发电机组两台反应堆功率为 106 兆瓦。

Atomenergomash 总负责人安德烈·尼基佩洛夫指出说，“浮动式发电机组系列的历史起源于该项目。机组功率和用途不同，可分为北极地区和热带地区版本。Atomenergomash 希望让这种机组上市，毫无疑问，这些版本在实施大型工业项目和出口方面具有非常重要的潜力”。

[返回目录](#)

为拜姆斯基采矿选矿联合企业供应四座浮动式发电机组是建设浮式低功率核电站的第二个大型项目。第一个项目是2019年12月连网的浮动核能发电厂。该厂为楚科奇自治区佩韦克市供电供暖已近三年。

## 俄罗斯雅库特建设全新低功率核电站

多尔列扎利电工研究设计院 (NIKIET, Rosatom旗下单位) 中标了为装有Shelf-M反应堆的低功率核电站设计反应堆装置和主要设备。设计工作应于2024年底前完成。

NIKIET低功率核电站反应堆装置总设计师杰尼斯·库利科夫早就指出说, Shelf-M是联合现代化水冷反应堆, 基于Shelf一体化反应堆 (“M”字母指的是“现代化”)。设备将以组块形式供应。

Shelf-M的特点在于, 单机容量不超过10兆瓦。可以发电装置, 以便增加核电站功率。此外, 反应堆装有坚固壳体——是故障放射性核素射出的防护屏障。壳体安装在确保额外提供安全的防护建筑物中。

2022年6月, Rosatom与萨哈(雅库特)共和国签署协议, 协议规定起草制定路线图来建

设装有Shelf-M反应堆的低功率核电站。核电站计划2030年投运。

Shelf-M低功率核电站是在雅库特境内落实的第二个低功率核能项目。Rosatom正在准备为雅库特开建装有RITM-200反应堆的核电站。该核电站将为克尤邱斯金矿企业供电, 计划2028年投运。

## Rosatom低功率核电站进入加纳

Rosatom为来自世界各国的客户提供地功率核电站技术。9月初, Rosatom在东方经济论坛上与缅甸科技部和缅甸电气化部签署2022-2023年民用核能合作协议, 其中规定可能在缅甸境内建设低功率核电站。

此外, 8月末为加纳领导人和专家举行了小型模组化反应堆推介会。推介会上, Rosatom工作人员介绍了小型反应堆的发展历史、运用经验以及完成/在落实中的项目, 详细说明低功率核电站优势、安全标准、技术结构和运用经济。Rosatom工作人员还介绍了同类核电站所装有的能动安全系统和非能动安全系统, 只采用可靠的解决方案和技术。此外, 同类核电站材料消耗量很低, 也可以在生产地配置, 无需前往现场, 因此比功率更大的核电站更节省时间和资金。连网及电网基础设施调试也可减少工作量和费用。低功率核电站特别适于绝缘的电力系统和偏远地区。最后, 与热力发电厂相比, 核电站基本不受燃料调价的影响。

来自加纳的专家介绍该国在发展核能方向所需要达成的目标。加纳核能计划核能和替代能源协调员兼副经理罗伯特·索格巴吉说, 加纳能源部目前起草计划来让加纳改用更加清洁的能源, 核电站在发电基础设施中发挥决定性作用。

推介会上, 双方宣布建立联合协调和信息交流工作小组。NL

[返回文章开头](#)



## 说得多, 做得少

世界核能协会(World Nuclear Association)发布了《2022年世界核电厂运行实绩报告》(World Nuclear Performance Report 2022), 总结了世界核能产业2021年的成绩。但是本期报告中最值得指出的不是统计, 而是世界核能协会总干事萨玛·毕尔巴鄂·莱昂批评没有采取必要的实际行动来增加核能在全全球能源结构中的份额。

### 核能统计

2021年, 核电站发电量达到2653万亿千瓦·时。这在全球核能发电量史上排名第三, 略低于2019年(2657万亿千瓦·时)和2006年(2660万亿千瓦·时)。2012年因日本福岛第

一核电站事故后停运相关机组导致的发电量急剧下降之后, 最近9年来形成了发电量明显增加的趋势。

不过, 本趋势并不涉及所有地方。俄罗斯、亚洲、非洲、南美和东欧发电量提高。而中西欧和北美现况与这些地区不同: “西欧和中欧的核能发电量也有所增加, 但该地区的核能发电量总体趋势仍在下降。随着美国关闭的反应堆日益增多, 北美的核能发电量已连续第二年下降。”

总装机容量也分情况。一方面, 2021年发电反应堆的总装机容量(包括暂时停运但未永久关停的反应堆)为370吉瓦, 这是有史以来反应堆总装机容量最高的一年, 相比2020年增加1吉瓦。另一方面, 反应堆总数仅为436座, 比2020年减少5座。在所有可运行反应堆中, 近70%为压水堆。

[返回目录](#)

2021年全球反应堆平均容量因子为82.4%，高于2020年的80.3%，延续了自2000年以来全球容量因子持续走高的趋势。2021年不同类型反应堆的容量因子与此前五年的大体一致。报告指出，“核反应堆性能未发生与使用寿命相关的下降趋势。此前五年中，反应堆的平均容量因子未随使用寿命的减少而呈现出显著变化。在处于各个使用寿命阶段的反应堆（而不仅仅是具有更先进设计的新反应堆）中，全球平均容量因子都有所提高。”

2021年，有6座反应堆并网发电。世界各地核电站主要运行了30-39年。少于10年的反应堆比例在2000年代下半段下降之后开始提高。2019年开始出现运行50多年的核电站。

### 什么是“突破项目”

ROSATOM建立的核动力联合企业会包括核电站以及核燃料再生制企业。“突破项目”所产生的放射性废料最终从工艺周期中排除。联合企业会符合基础标准：

- 1、排除在核电站发生需要疏散人员甚至人口迁移的事故的可能性；
- 2、用LCOE对比分析确保太阳能装置和风电装置可与蒸气装置竞争；
- 3、形成核燃料封闭循环，全部应用铀材料的发电能力；
- 4、逐步接近放射性废料的零辐射埋藏处置；
- 5、用技术加强不扩散措施，包括逐步减少核能用的浓缩铀，减少武器级钚胜场，减少乏核燃料处理过程中所产生的排泄物，减少核材料运输。

2021年，为8座大型核电站浇灌了地基，还开建两座低功率核电站，其中包括俄罗斯制造、装有铅载热体的BREST-OD-300快中子反应堆，其功率为300兆瓦。这是去年唯一一次为快中子反应堆浇灌地基。本机组属于“突破项目”（详情见什么是“突破项目”）。

2021年，10座反应堆永久关停。报告中指出，“由于政府决定逐步淘汰核电，德国关闭了三座反应堆，台湾关闭了一座反应堆。”

### 谈核能，用煤炭

在报告总结发言中，毕尔巴鄂·莱昂解释2021年的主要事件，最重要的是指出2022年上半年的关键趋势。

其中最值得关注的是核能减少肥料，因此协助建立绿色的未来：“每增加1兆瓦·时的核能发电量都会有助于应对气候变化，每个反应堆都有助于提供安全可靠的电力。”

第一个趋势是承认核能在脱碳目标所发挥的作用。“在会议厅的会场上，各国代表（包括一个由Nuclear4Climate代表组成的出色代表团）感觉到，与几年前相比，核能正作为气候变化行动的一个重要部分而得到更多的拥护。当我在参加第26届联合国气候变化大会期间，似乎每天都有来自我们的成员公司或其他政府的重大公告，承诺将核能作为减缓气候变化战略的一部分。”

第二个趋势是供应链遭到破坏：“化石燃料供应链的脆弱性已暴露无遗。化石天然气价格飞涨，电价也随之飙升。更严重的情况可能还未到来，因为随着北半球进入冬季，电力和供暖需求预计将在今年下半年开始上升。”笔者提示因欧洲对俄罗斯实施严重制裁的压力以及从俄罗斯进口各种能源产品的价格都上涨了。制裁逐步加强，这也会影响能源供应的稳定性。

这个趋势令核能再达到气候中目标所作出的贡献功尽弃，因为各国不是考虑新建核电站，



而是要探索价格最低的核燃料。毕尔巴鄂·莱昂痛心地说，“现实非常残酷，尽管承诺增加对核能和其他低碳技术的使用，但随着全球经济开始从新冠肺炎疫情中复苏，满足能源需求增长的主要措施仍是增加使用化石燃料。”她指出，许多国家政府面临着—项艰巨的任务，即在当前复杂的地缘政治环境中确保持续的能源供应。在德国、奥地利、荷兰和英国，濒临关闭的燃煤电厂正在恢复运行，以支持电力供应。在印度和中国，建设新燃煤电厂的步伐再次加快。“我们实际上已经看到化石燃料的反弹。为创造一个更安全的低碳未来而制定的长期计划，不得不排在转向任何可用能源（包括清洁能源和污染能源）的短期计划之后。”

相反，尽管核能为无碳发电做出贡献，技术上可以继续运行的核电站因政治和经济原因停运。尽管美国帕利塞兹核电站获得了运营至2031年的许可证，并有可能在此之后继续运营数年，但我们看到，今年上半年，帕利塞兹核电站已被关停。再举个例子：德国核电站运行期间刚刚超过30年，但却因政治原因停运了。毕尔巴鄂·莱昂强调，“在每千瓦时的清洁安全能源都弥足珍贵，并且应鼓励延长现有核电站的运行寿命的时候，被误导的政治教条却使情况雪上加霜。”

2021年，许多国家宣布会新建反应堆。但是毕尔巴鄂·莱昂承认说，“我们需要建立人力、物力、商业和制度基础设施，使全球核部门能够真正快速扩大规模，满足迫切的大规模脱碳需求。”

不同国家向未来核能项目的投资规模体现该国对发展核能的实际意愿。世界核能协会报告提出十几个国家的核能计划投资数据。

美国能源部宣布了60亿美元的民用核信贷计划，其将为那些因经济因素而面临关闭风险的运营中的核电站放贷。2022年4月，日本国际合作银行向NuScale Power注资1.1亿美元。

### 快中子反应堆第一

俄罗斯是世界快中子反应堆技术的领先者。除“突破项目”和装有铅载热体的BREST-OD-300快中子反应堆以外，ROSATOM在建设多功能研究用MBI快中子反应堆。俄罗斯是运行两座钠快中子反应堆的唯一国家：BN-600反应堆和BN-800反应堆，两座反应堆都属于别洛亚尔斯克核电站。9月，BN-800反应堆装满了MOX核燃料。此外，俄罗斯正在设计功率为1200兆瓦的BN-1200钠快中子反应堆。

瑞典能源署宣布已向Uniper Sweden和LeadCold基金的合资企业投入超过9900万瑞典克朗（1060万美元）资金，以支持在奥斯卡港现场建造示范LeadColdSEALER（瑞典先进铅反应堆）。

2022年5月，比利时政府表示，该国的核研究中心SCK-CEN将获得1亿欧元的预算以用于小型模块化反应堆的研究工作。

2021年12月，荷兰联合政府将核电置于其气候和能源政策的核心，宣布计划建造两座新的核动力反应堆。此外划拨约50亿欧元用于支持2030年前新建核电站的项目。

法国宣布将建造6座新反应堆，并考虑再建造8座，2028年动工，还考虑在2050年前能源计划下建设几座低功率核电站。具体投资金额待定。法国总统马克龙提到“数百亿欧元”。

2021年3月，Akkuyu Nükleer（Rosatom旗下的项目）从俄罗斯联邦商业银行获得了高达2亿美元和1亿美元的两笔贷款，以帮助为该项目融资。除这两笔贷款以外，当年4月Akkuyu Nükleer还与开放银行签署协议享受非循环信贷，额度为5亿美元。笔者提示



[返回目录](#)



Rosatom为土耳其建设该国的第一座核电站,共有四座VVER-1200反应堆机组,四座机组都在建设中。

需要指出的是,报告也举出取消向核电站提供投资的例子。“2021年10月,科兹洛杜伊核电站宣布降低利润,以向工业客户补贴56欧元每MWe时。该措施旨在保护工业免受天然气和煤电价格的影响。”

国际原子能机构副总干事米哈伊尔·丘达科夫在俄罗斯能源周活动上说,为达到环保目标,未来30年需要向核能投资大约3万亿美元。

核能现况是否令人满意?毕尔巴鄂·莱昂认为目前增速不够快:“新核电站的建设速度必须加快。2021年,完成了10个新反应堆第一批混凝土的浇筑工作。虽然这一情况比近几年要好,但每年仍需要有20座、30座或更多的新反应堆开工建设,方可确保核能在提供一个安全可持续的净零排放未来中发挥应有的作用。”<sup>NU</sup>

[返回文章开头](#)



## 可持续的核能现实

9月末, Rosatom集团发布了《2021年可持续发展报告》。自2020年起, Rosatom成为联合国全球契约组织的成员, 积极实现可持续发展的全部17个目标。本文介绍的正是该工作的主要方面。

可持续发展目标是联合国在2015年制定的, 是整个世界的发展战略, 以人类利益为核心。

鉴于Rosatom的业务和核电站具体建设项目的规模, 集团将下述内容视为优先目标:

● 平价和清洁的能源;

- 创造适当的岗位和经济增长;
- 工业化、创新、基础设施;
- 负责任的生产 and 消费;
- 应对气候变化;
- 为促进可持续发展而开展伙伴合作。

核能产业的特点也对下述可持续发展目标产生了直接影响:

- 良好的健康和福祉;
- 高品质的教育;
- 城乡可持续发展。



[返回目录](#)

## 电能、工业化、气候变化、经济增长

核能是低碳发电的源泉，同时可确保电网的基础负荷。2021年10月，联合国欧洲经济委员会发布报告，证明核电站在整个周期所排放的废物相比其它发电类型而言是最低的。

在俄罗斯，核能是第一大低碳能源来源：2021年，俄罗斯核电站发电2224亿千瓦时，占全国总发电量的19.7%。借助核电站，俄罗斯每年能减排上亿吨二氧化碳当量（2020年为1.09亿吨二氧化碳当量）。

Rosatom的首席执行官阿列克谢·利哈乔夫在可持续发展报告中指出，“核能为我公司的关键产品，顺应了对稳定、平价洁净能源的需求，有效促进能源转型。我方深知，巴黎协定气候目标的达成不可缺少核能，便采取了一切必要措施，从可持续发展的优先性出发，不断完善核能技术。”

一座功率1200兆瓦的双堆核电站能创造约3000个就业岗位（在电站工作）以及1万个就业岗位（相关领域）。这种类型的核电站建设项目可确保地方企业获得总额30-40亿美元的订单。

建设和运营核电站时，需特别关注处理乏核燃料、肥料加工产品和放射性废物，以及退役

和存在核辐射危险的设施。核能产业正在积极研发核燃料封闭循环技术。

除传统核能以外，Rosatom自2017年起开始开发“绿色”能源，如风能。2021年，在俄罗斯罗斯托夫州和斯塔夫罗波尔边疆区建成并投运了五座新的风力发电厂，总功率570兆瓦。另有几座风力发电厂处于建设当中。Rosatom在2027年以前建成的风能项目的总功率将达到1.7吉瓦。

Rosatom还实施了若干制氢项目，其中相当关键的是参与萨哈林岛上的制氢基地建设。俄罗斯将在萨哈林岛生产所谓的“绿色”氢，会把其中一部分出口至亚太地区国家。

## 环保、医疗

Rosatom不仅通过生产洁净能源，为促进可持续发展作出贡献，还在俄罗斯境内负责打造一二级废物综合处理系统。它要求形成覆盖整个生产链（从形成废物到加工废物）的安全系统，以及建设一二级废物处理所需的基础设施。Rosatom正在建设7个环保技术园。

发展核医学也是Rosatom工作的主要方面。Rosatom企业研发高技术的医用设备，为核医学中心制作诊断和放射治疗模块。俄境内生产医用放射性同位素的反应堆占全球总量的30%，俄罗斯生产的放射性同位素占全球市场份额的25-50%（个别放射性同位素产品占100%）。Rosatom的放射性同位素产品出口至世界55个以上的国家和地区，从而能够向数千万病人提供医疗服务。

## 社会责任

Rosatom是俄罗斯最大的雇主之一。利哈乔夫介绍说：“共有近29万人在俄罗斯的核能领域就业，全国有27个城市拥有核电设施，居住总人口超过200万，我们公司可以说是每天都需要对他们的日常生活负责。”2021

[返回目录](#)

年, Rosatom继续在拥有核电设施的城市落实22个项目和倡议, 包括宜居环境、通信和教育项目, 共有20万多人参与相关项目。27个核城市中的17个城市被评为宜居城市。

为了吸引更多的年轻人才进入核能领域就业, 提升学生对自然科学和精密技术工作的兴趣, Rosatom举办教育活动、比赛等。6732名高校学生结束了在核能企业的实习。1690多名毕业生已就业, 其中70%以上来自业内高校(18家核能领域的高等学府)。

[返回文章开头](#)

### ROSATOM在中国为落实可持续发展目标所作出的贡献

ROSATOM与中国同行合作建设了装有VVER-1000反应堆的田湾核电站一、二、三、四号机组。该核电站是中俄最大规模的合作项目。约2万人在核电站工作。核电站能够大幅减少污染物的排放: 每年一座机组能少排放650万吨二氧化碳、25万吨二氧化硫、15万吨氧化氮。

如此一来, 一号机组15年来共减少了约1亿吨二氧化碳的排放, 二号机组14年来——9000万吨以上, 三号机组——3200多万吨, 四号机组——2600万吨。

目前, ROSATOM正在建设田湾核电站的七八号机组和徐大堡核电站的三、四号机组。