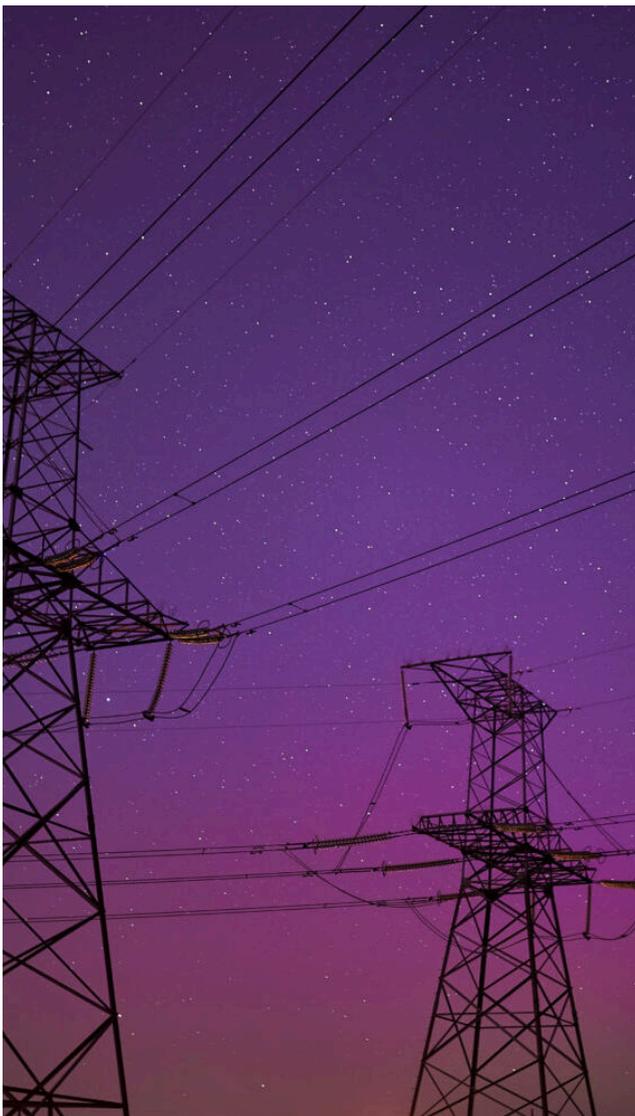


# ROSATOM NEWSLETTER

## 01.

### 文章

增材制造知识竞赛  
第一位核动力破冰船女船长  
极具吸引力的 MBIR



## 02.

### 趋势

电力



# 增材制造知识 竞赛

俄罗斯国家原子能公司（Rosatom）在俄罗斯增材技术市场占据领先地位，并与国外合作伙伴共同发展该领域：提供3D打印解决方案、材料以及将增材技术引入生产实践的方法。我们曾多次报道该国有企业如何发展增材技术。今天，我们邀请您测试一下自己在该领域的知识。



## 1. “增材技术”一词是什么意思？

- a) 通过去除材料来制造零件的技术。
- b) 通过逐层堆积和合成来构建物体的技术。
- c) 金属压力加工技术。
- d) 零件的大规模铸造技术。
- e) 表面化学处理技术。

## 2. 俄罗斯国家原子能公司主要使用哪种增材制造方法来生产核工业金属零件？

- a) 熔融沉积成型 (FDM)
- b) 立体光刻 (SLA)
- c) 选择性激光熔化 (SLM)
- d) 材料喷射 (Material Jetting)
- e) 粘合剂喷射 (Binder Jetting)

## 3. 增材技术的哪项优势对核工业尤为重要？

- a) 可以使用家用3D打印机
- b) 制造具有优化几何形状（晶格结构、内部冷却通道）的零件
- c) 无需进行设计
- d) 材料成本极低
- e) 几分钟内打印任何零件的速度

## 4. 俄罗斯国家原子能公司的增材制造中不使用哪种材料？

- a) 不锈钢
- b) 镍合金
- c) 钛合金
- d) 砂聚合物混合物
- e) 耐热合金

## 5. 使用哪些无损检测方法检查俄罗斯国家原子能公司SLM产品的质量？

- a) 目视检查
- b) 磁粉探伤
- c) 计算机断层扫描 (CT)
- d) 渗透检测
- e) 涡流检测
- f) 以上所有方法

## 6. 在俄罗斯国家原子能公司增材制造背景下，“数字孪生”一词意味着什么？

- a) 物理对象在虚拟现实中的图形副本
- b) 具有全套参数的产品虚拟模型，用于模拟和优化打印过程
- c) 设备的电子护照
- d) 缺陷数据库
- e) 3D打印机控制程序

## 7. 俄罗斯国家原子能公司对增材制造零件进行认证的基础原则是什么？

- a) 信任制造商，无需测试。
- b) 仅目视检查，不进行测量。
- c) 综合测试（机械测试、无损检测、微观结构分析）以确认符合安全标准。
- d) 仅依赖计算机模拟。
- e) 使用1970年代的方法。

## 8. 俄罗斯国家原子能公司参与的增材技术中心首次在俄罗斯境外哪里开设？

- a) 土耳其
- b) 埃及
- c) 白俄罗斯
- d) 乌兹别克斯坦
- e) 吉尔吉斯斯坦

## 9. 俄罗斯国家原子能公司发展增材技术带来了什么社会效应？

- a) 工业就业岗位减少。
- b) 创造高科技就业岗位并提升人员资质。
- c) 降低对工程师的教育要求。
- d) 过渡到远程工作。
- e) 取消工程类职业。

## 10. 俄罗斯国家原子能公司在哪些机构组织增材技术中心？

- a) 幼儿园
- b) 学校
- c) 高等教育机构
- d) 企业
- e) 在以上所有机构



### 正确答案：

1. “增材技术”即通过逐层堆积和合成来构建物体的技术。“增材”一词源于拉丁语 *additivus*（意为“添加的”）和英语 *add*（意为“添加”）。

2. 为了制造核能设备的高负荷金属零件，俄罗斯国家原子能公司使用选择性激光熔化（SLM）方法。SLM 技术允许获得具有特定机械性能的致密金属制品，这对于核工业至关重要。

3. 对于核工业而言，制造具有优化几何形状（晶格结构、内部冷却通道）的零件尤为重要。这允许在不损失强度的情况下改善热特性并减轻组件重量。

4. 俄罗斯国家原子能公司的增材制造中不使用砂聚合物混合物。砂聚合物混合物通常用于铸造生产中的模具制造。

5. 为了检查 SLM 产品的质量，俄罗斯国家原子能公司采用全方位的无损检测方法。

6. 在俄罗斯国家原子能公司增材制造的背景下，

“数字孪生”是指具有全套参数的产品虚拟模型，用于模拟和优化打印过程。数字孪生允许预测材料行为并在物理制造之前防止缺陷。

7. 俄罗斯国家原子能公司对增材制造零件认证的基础是综合测试（机械测试、无损检测、微观结构分析）。应用于核工业的产品必须符合监管机构（俄罗斯联邦生态、技术和原子能监督局）制定的安全标准。

8. 俄罗斯国家原子能公司参与的增材技术中心首次在俄罗斯境外开设于白俄罗斯。

9. 俄罗斯国家原子能公司发展增材技术意味着创造高科技就业岗位并提升人员资质。引入3D打印需要培养数字化设计和材料科学领域的专家。

10. 俄罗斯国家原子能公司在幼儿园、学校、高校和企业组织增材技术中心。其主要任务是尽早、全面、深入地未来和现有的专家介绍增材技术。

# 第一位核动力 破冰船女船长

俄罗斯国家原子能公司正系统性地发展北极航运，作为建立跨北极运输走廊的一部分。这可能会显著增加北方海路的货运量。在此背景下，核动力破冰船显得尤为重要。成为这样一艘船的船长绝非易事。人们通常认为这是男性的职业。但在俄罗斯国家原子能公司，刻板印象正在被打破：去年，玛丽娜·斯塔罗沃伊托娃（Marina Starovoytova）成为了世界上第一位核动力破冰船女船长。下面是她的故事。



玛丽娜·斯塔罗沃伊托娃的第一学历是俄语语言文学教师。但有一次，熟人告诉这位年轻的女教师，摩尔曼斯克航运公司正在招聘女性出海工作，她决定试一试。她说，是冒险精神和浪漫主义情怀在作祟。

起初，她做的是勤杂工：负责清洁、洗碗、送餐。但很快她就意识到，自己热爱大海，并想亲自驾驶船只。

为了实现梦想，玛丽娜·斯塔罗沃伊托娃考入了马卡罗夫海军上将国立海运学院的函授部，学习船舶驾驶。当时，全日制部门还不招收女生。她一边学习，一边继续做勤杂工。对她来说，最困难的是积累航海资历——需要在船上做水手或实习生满12个月。这是获得工作证书的必要条件。

为了能当上水手，玛丽娜向摩尔曼斯克的船长协会求助。她得到了支持，并在一艘商船上找到了一份二等水手的工作。她向年长的同事学习，参与系泊、甲板作业。后来，她通过了考试，获得了一等水手的资格证书，并开始掌舵，驾驶船只。

获得学历证书和工作证书后，玛丽娜·斯塔罗沃伊托娃成为了一名三副。她经历了系泊作业、在北极复杂的自卸作业，并凭借辛勤工作赢得了海员们的尊重。“运输船队磨练了我，给了我宝贵的经验。我带着温暖和深深的敬意回忆那些岁月，以及那些在海上与我结缘的人。我和许多人仍保持着联系，”玛丽娜·斯塔罗沃伊托娃回忆道。



## 梦想 —— 核动力破冰船

后来，玛丽娜想驾驶核动力破冰船。“破冰船专业人员精细地凿开冰层引导运输船，这让我着迷。而且破冰船的威力令人印象深刻。我问自己：我能像他们一样吗？我决定试一试，”玛丽娜·斯塔罗沃伊托娃说。

她被“亚马尔”号（Yamal）破冰船录用——不过职位有所降低：在核动力破冰船上工作需要特殊的技能和本领。但在导师的帮助和指导下，学习过程变得容易了。她通过了考试，成为了二副，后来又升为大副。破冰船上有三位大副：一位负责运营部门，一位负责生活服务部门，第三位负责船舶演习和消防设备。



玛丽娜·斯塔罗沃伊托娃并没有刻意追求成为船长。她说，对她而言更重要的是感觉到自己适得其所，从事着热爱的事业，而她每一次成功的引航都是这项伟大工作的一部分。

去年8月，在庆祝俄罗斯核工业80周年的庆典仪式上，玛丽娜·斯塔罗沃伊托娃被任命为船长。“北极不仅仅是冰雪，还有大海，严酷、雄伟且美得令人难以置信。每片海域都各不相同。我们最常作业的喀拉海，寒冷刺骨，常有雾气和风暴，一年中大部分时间被冰覆盖。巴伦支海则是海蓝宝石般的颜色，如同镶嵌着绿松石的水晶，但却十分严酷。每片海都有自己的性格，就像破冰船，就像人一样，”玛丽娜·斯塔罗沃伊托娃说道。

新船长于9月30日正式接手工作。玛丽娜·斯塔罗沃伊托娃指挥了“亚马尔”号的进坞、计划维修和出坞工作。随后，便是首航以及在北极西部区域的引航任务。

作为“亚马尔”号的新任船长，她给自己设定的主要任务是安全、高效地完成工作。“在海上从来都不轻松。你要对整个船员团队和破冰船负责。这需要极度的沉着和持续的专注，”玛丽娜·斯塔罗沃伊托娃指出。

另一项任务是保持良好的工作氛围。“作为一名曾经的教师，我运用不同的激励方法。但倾听他人的声音非常重要。我的船员经验丰富且能力出众，他们的意见对我来说很重要，我们会讨论很多事情，因为团队中的信任是安全的基础，”“亚马尔”号船长分享道。此外，玛丽娜·斯塔罗沃伊托娃希望大家不仅视她为“第一位女船长”，更仅仅把她看作一名船长。

玛丽娜·斯塔罗沃伊托娃本人将她的新职位视为攀登到了一个新的高度——但这并非终点，相反，是一个新的起点。她还需要学习很多东西：引领货船穿越冰区，以新的身份领导团队。“船长是管理者、法官、外交官、心理学家和救援人员。他是船旗国的官方代表。船长必须预见一切，做好应对一切的准备，并对船上发生的一切负责，”玛丽娜说。

# 极具吸引力的 MBIR

MBIR —— 多功能钠冷快中子研究堆，正日益成为国际科学界关注的焦点。这并不奇怪：该反应堆将拥有独一无二的特性，并能在其上进行独特的实验。



MBIR 将成为世界上功率最强的研究堆之一：其热功率将达到150兆瓦。它正在俄罗斯乌里扬诺夫斯克州季米特洛夫格勒市的俄罗斯国家原子能公司（Rosatom）科学研究所厂区内建设。2025年，该反应堆紧急热导出系统回路的冷阱过滤器已安装到位，热管段向反应堆容器的过渡接头及首批管道组件的焊接工作已完成，钠仓库大楼内的主要工艺设备也已安装完毕。乏燃料组件（SFA）的换料机构和汽水清洗插座已运抵现场。2026年，两台重7.3吨、高5米、直径1.5米的紧急热交换器已安装到位，反应堆一回路设备的安装工作仍在继续。

## 巨大的机遇

计划在 MBIR 上进行旨在开发和完善双组分核能技术、创建安全的第四代系统及闭式核燃料循环的实验。具体而言，计划对用于金属冷却剂反应堆、熔盐反应堆、高温气冷堆及其他创新项目的结构材料和燃料成分进行研究。此外，该反应堆还将用于生产同位素。

MBIR 是国际研究中心的核心组成部分。该联盟的成员将获得使用反应堆设施进行研究的优先权。2025年7月，乌兹别克斯坦科学院核物理研究所加入了该联盟。12月，上海智丹国际贸易有限公司（Shanghai ZDAN International Co.）加入。

2026年2月，阿拉伯原子能机构也加入了该联盟。“对我们而言，这是实施阿拉伯和平利用原子能战略的重要一步。签署合作协议为发展我们的关键项目提供了具体工具，”阿拉伯原子能机构总干事萨利姆·哈姆迪（Salem Hamdi）博士表示。这不仅涉及应用科学或基础科学，还直接关系到阿拉伯国家的经济和生活质量。“例如，我们与 MBIR 国际研究中心的合作将有助于加速建立区域放射性废物管理系统项目的工作，这对于环境安全至关重要。在 MBIR

反应堆上的联合研究将使我们在开发和生产用于医疗保健领域肿瘤诊断和治疗的放射性药物方面获得新机遇，”萨利姆·哈姆迪说。此外，获得研究基础设施的使用权将有助于提高未来阿拉伯专业培训中心专家的专业水平，并为实施首个核电站建设项目的国家提供技术支持。值得注意的是，该机构包括 14 个阿拉伯国家：巴林、埃及、约旦、伊拉克、也门、科威特、黎巴嫩、利比亚、毛里塔尼亚、巴勒斯坦、沙特阿拉伯、苏丹、叙利亚、突尼斯。



未来研究的规划工作已经在进行中。2025年9月，基于 MBIR 的国际研究中心顾问委员会举行了会议。来自 15 个国家的科学中心和相关组织的代表讨论了联合研究方向、实验计划及核工业人才培养问题。

根据国际原子能机构（IAEA）的数据，世界上大多数研究堆建于20世纪60年代和70年代。目前在运的研究堆有两百多座。全球一半在运研究堆的“年龄”超过40年，约70%的反应堆超过30年。显然，MBIR作为一座新型大功率反应堆，将能最好地满足俄罗斯及其合作伙伴日益增长的核科学需求。

# 电力

2026年2月，国际能源署（IEA）发布了题为《电力2026：分析与2030年展望》的报告。据专家预测，电力需求将比以往增长得更快。核电机组将成为满足这一需求的低碳电力来源之一。



IEA专家预测，2026年至2030年间，电力需求将以年均3.6%的速度增长。这比过去十年的平均水平高出约50%。这一趋势至少在两年前就已经显现。2024年，受高温热浪导致的空调需求增加以及工业需求增长的推动，全球电力消费平均增长了4.4%。2025年，全球电力需求增长了3%。

IEA专家自2024年以来观察到的第二个趋势是：电力需求的增长速度超过了经济增长速度。此前，这两个指标是相关联的。此外，预计到2030年，电力需求的增长速度将至少是其他能源需求增长速度的2.5倍。



报告中记录的第三个重要趋势是：所谓的发达国家电力需求恢复增长。报告指出：“2025年，发达经济体占全球电力需求增长的近20%，高于2024年的17%。我们预计，在预测期内，这一份额平均将保持在20%左右，这主要得益于工业活动的扩大以及数据中心、电动汽车和其他终端用电领域的持续增长。”具体而言，预计未来五年美国的电力消费年均将增长近2%。其中约一半的增量将来自新的数据中心。IEA专家预计欧盟也将出现同样的增长指标。但这在很大程度上不仅是增长，更是恢复：“预计消费量在2028年之前不会恢复到2021年的水平，”报告指出。在澳大利亚、加拿大、日本和韩国，预计到2030年电力需求的增长速度也将比过去几十年更快。

不过，需求的主要驱动力仍然是发展中国家。预计中国在2026年至2030年间增加的电力消费量将相当于欧盟目前的需求总量。中国的电力需求年均增长率为4.9%。报告称：“这接近其2025年5%的增速，但低于其过去十年6.5%的平均水平。”预计印度和东南亚国家也将出现增长。原因在于经济发展和高强度的空调使用。

## IEA预测，2026-2030年间，全球电力需求将以年均3.6%的速度增长。

第四个重要趋势是意识到发展电网的迫切性。如今，该领域的投资低于发电领域的投资，电网发展滞后已成为一个问题。为了应对不断增长的电力需求，必须将电网投资从目前的每年4000亿美元增加约50%。此外，还需要大幅扩展与电网相关的供应链。采用提高电力系统效率的技术将有助于增加450至700吉瓦的发电能力。具体而言，报告提到了输电线路参数的动态调整 改进的潮流控制以及更换输电线路导线以增加电网输送能力和提高电压。报告指出：“随着电网和灵活性在政策议程中的地位上升，在继续努力扩展电网的同时，更有效地利用现有系统有助于缓解拥堵并加速整合。”

改善电力系统参数的另一种方法是部署大规模储能电池。在可再生能源发电比例较高的系统中——如德国、加利福尼亚州、南澳大利亚州、得克萨斯州和英国——对这种系统的需求尤为迫切。近年来，这些地区部署的储能电池数量显著增加。



## 核能在增长

报告指出：“预计到2030年，全球一半的电力将来自可再生能源和核能。”核电站的发电量将继续增长。2025年，法国核电站的产量有所增加，日本重启了部分机组。此外，新机组也已投入运营，其中包括俄罗斯库尔斯克核电站二期1号机组：该机组于2025年12月31日并入电网。报告称：“在许多发达经济体中，核能也正在重新获得战略重要性，这得益于旨在延长反应堆寿命和增加新产能的支持性政策框架。”

## H预计到2030年，全球一半的电力将来自可再生能源和核能。

“俄罗斯国家原子能公司”正致力于推动全球核能的发展。在该俄罗斯国有企业的海外投资组合中，共有11个国家的41个项目。同时，“俄罗斯国家原子能公司”也在国内积极实施项目：目前，俄罗斯境内共有20个大功率及小功率机组项目正处于不同实施阶段。

根据国际能源署（IEA）专家的评估，未来五年内，可再生能源（RES）电站的发电量将以年均8%的速度增长。其中，太阳能电站将贡献最大的年度增量（超过600太瓦时）。

燃煤发电机组的发电动态因国而异。在印度和中国，由于电力需求增长放缓以及可再生能源发电的快速发展，煤电发电量有所下降。相反，在美国，由于天然气价格上涨以及燃煤电厂退役速度低于最初计划，2025年的煤炭消费量有所增加。结果导致电力部门的煤炭消费量上升。在欧盟，太阳能电站创纪录的发电量伴随着水电和风电发电量的减少，因此煤炭消费量仅略有下降。

IEA专家认为，未来五年，中国燃煤电厂的发电量将会下降。欧洲和美洲的煤电发电量也将出现下降。相反，在印度和东南亚，这一指标将会上升。

预计到2030年，全球燃气电站的发电量将以年均2.6%的速度增长。相比之下，此前五年的年均增长率约为1.4%。IEA分析师将燃气发电需求的增长与美国电力总需求的上升以及中东地区从石油向天然气的转型联系起来。

报告作者总结道：“在2026-2030年期间，预计可再生能源、天然气和核能加在一起，将满足全球所有新增的电力需求。”

## 在俄罗斯

报告作者提到获取俄罗斯2025年数据的困难。在此，我们填补这一空白并提供相关数据。根据俄罗斯联邦统计局的数据，2025年俄罗斯的发电量为11940亿千瓦时，比上一年下降了1.5%。进口量为23亿千瓦时，出口量为74.4亿千瓦时。2025年核电站发电量为2190亿千瓦时，比2024年增长了1.3%。

根据俄罗斯联邦统计局的数据，2026年1月，俄罗斯电力系统恢复增长。1月份的发电量为1190亿千瓦时，比上一年同期增长了4.4%，比2025年12月增长了2.9%。同期核电站发电量为206亿千瓦时，比上一年同期增长了9.4%，比2025年12月增长了4%。

## “俄罗斯国家原子能公司”的海外投资组合包括11个国家的41个项目。

2026年1月，俄罗斯能源部长谢尔盖·齐维廖夫（Sergey Tsvilev）主持了一次会议，会议的中心议题之一是实施国家电力发展计划，以应对预测的需求增长及能源基础设施超前发展的必要性。“近期我们将对所有计划和战略进行调整，并做出必要的修改，”谢尔盖·齐维廖夫说，他特别提到了数据中心的能源保障问题。

因此，俄罗斯正处于全球电力行业主要能源趋势的主流之中：包括因数据中心数量增加而导致的消费增长，以及核能发电量的增长。