

ROSATOM NEWSLETTER

01.

文章

俄罗斯核电站带来的核能红利
无国界的核医学
NIITFA：医疗及更多领域



02.

趋势

热核技术：迈向实用能源之路

03.

地区文章

中国. 北方海路：新物流的驱动力



俄罗斯核电站带来的核能红利

俄罗斯国家原子能公司（Rosatom）愿与友好国家分享技术，帮助其构建新的经济格局和提升生活质量的能源与技术基础。该公司的合作伙伴，甚至在核电站建设阶段，就已经开始受益。10月15日至17日在莫斯科举行的“俄罗斯能源周”（REW）国际论坛上，与会者就此以及俄罗斯原子技术在太空领域的应用前景进行了探讨。



俄罗斯国家原子能公司占据了全球核电站建设市场约90%的份额。全球已建成110台俄罗斯设计的动力机组。俄罗斯总统弗拉基米尔·普京在“俄罗斯能源周”上表示：“俄罗斯是世界上唯一一个在整个核能产业链中都拥有核心能力的国家。我们在海外建设的不仅仅是设施，更是与合作伙伴共同创造能源领域及相关行业的未来，为整个国家的发展奠定坚实的本国人才、科学和技术基础。正是在这样的基础上，我们在埃及、孟加拉国、土耳其建设核电站。我们打算深化与“全球南方”国家和金砖国家在核领域的合作。”



俄罗斯核工业的完全自给自足，为俄罗斯国家原子能公司提供了这种独特的地位。俄罗斯国家原子能公司总经理阿列克谢·利哈乔夫（Alexey Likhachev）在全体会议上表示：“没有任何一个管理体系能像我们一样，整合从铀矿勘探开采到退役和生态项目的全产业链能力。”

自行业诞生之初，俄罗斯的核专家便通过在世界各地建造研究堆和动力堆，与各国分享原子技术。“与希望建设美好未来的国家分享技术，已融入我们的基因，”阿列克谢·利哈乔夫（Alexey Likhachev）说。

如今，俄罗斯国家原子能公司正在建设24台机组，赢得了在哈萨克斯坦建设双机组核电站的竞标，并与乌兹别克斯坦就扩大项目规模达成协议——将原计划的六台小功率机组改为建设两台大功率机组和两台小功率机组。白俄罗斯已表示希望建设第三台大功率机组，与埃塞俄比亚签署了核能发电设施建设路线图，与其他几个国家的谈判也已进入最后阶段。

运营阶段的效益

得益于俄罗斯国家原子能公司建造的双机组核电站，白俄罗斯共和国获得了清洁能源，并借此发展电动汽车和供暖。从发电到驱动和锅炉，这些环节完全实现了无碳化。该国现有4.1万辆电动汽车，预计到今年年底将达到5万辆。

白俄罗斯正在建造采用电供暖的多层住宅楼，并推动个人住宅转向电供暖。为该国大城市供应热电的“白俄罗斯能源公司”（BelEnergo）已安装了总功率达916兆瓦的电锅炉。

该国并未止步于此，正与俄罗斯国家原子能公司共同发展数字化、增材技术、核医学、储能系统等领域。“利用核能的国家不仅有机会加强能源安全，还能为提高公民的生活质量和舒适度创造条件。我可以毫不夸张地说：核能是进步的引擎。拥有核能的国家将永远领先一步，”白俄罗斯副总理维克多·卡兰科维奇（Viktor Karankevich）表示。

建设阶段的效益

土耳其在阿库尤（Akkuyu）核电站的建设阶段就已经获益。土耳其能源和自然资源部部长阿尔帕斯兰·拜拉克塔尔（Alparslan Bayraktar）表示，本地化率，即由土耳其公司提供工程、产品和服务的比例，已超过50%。“这将帮助我们发展第二个和第三个项目，甚至土耳其以外的项目。也许在匈牙利或其他地方，我们的公司也能参与其中，”他指出。

世界核能界设定了将核电站总装机容量增加两倍的目标。部长解释说，要实现这一目标，不仅需要资金和技术，还需要人力资本。土耳其拥有这一点：数百名在俄罗斯接受了核教育的土耳其青年已经开始在阿库尤核电站工作。“发展人力资本是我们核能发展计划中最重要的部分，”部长总结道。

国际原子能机构玛丽·居里奖学金获得者、来自埃及的索海拉·阿布代夫（Sohaila Aboudeif）的故事，是核工业如何积极影响个人命运的一个例子。她也在“俄罗斯能源周”上发了言。索海拉·阿布代夫（Sohaila Aboudeif）在俄罗斯接受了高等教育，毕业于莫斯科物理技术学院研究生院，并在新沃罗涅日核电站进行了实习。如今，索海拉从事工业生产过程的自动化和数字化工作。她还在实施一个科研项目：与同事们共同创造了一套利用电离辐射处理塑料的装置。



太空计划

“俄罗斯能源周”还讨论了原子技术如何塑造未来。其中最有趣的方向之一是太空探索。“核能是通往太阳系的关键。依靠化学发动机，我们飞不了多远，人类将注定在近地低轨道上盘旋，”宇航员奥列格·科诺年科（Oleg Kononenko）在论坛上说。

俄罗斯国家原子能公司和俄罗斯国家航天集团（Roscosmos）正在合作建造月球核电站。它对于在月球上生活、工作、进行实验、从极地陨石坑中开采水冰、为火箭燃料生产氧气和氢气以及为激光通信系统供能都是必需的。更长远的设想是为外星殖民地的生命维持系统提供原子反应堆。

“为建立月球核电站这一任务所激励。人类从未解决过这样的任务。但它们已被写入国家太空项目，因此我们必须完成它们，”阿列克谢·利哈乔夫（Alexey Likhachev）说。

无国界的核医学

作为医用同位素生产的全球领导者，俄罗斯国家原子能公司正在扩展其在核医学领域的能力和產品，并加强与其他国家在该领域的合作。近期的活动包括参加“生物产业-2025”和“世界原子能周”等国际论坛并与合作伙伴会晤。



“生物产业-2025”论坛

在十月初于格连吉克举行的“生物产业-2025”论坛上，俄罗斯国家原子能公司组织了题为“放射性药物（RFMP）生命周期中的监管策略”的分论坛。论坛上，放射性药學领域的专家们探讨了核医学的法律监管、科研成果转化、临床前和临床研究、新方法和新技术的应用以及人才培养等问题。

正如讨论主持人、俄罗斯国家原子能公司前瞻性方向总监兼科技合作方向负责人叶卡捷琳娜·查班（Ekaterina Chaban）所指出的，保障公民健康是俄罗斯的优先事项之一，而核医学在其中的重要性日益增长。“俄罗斯国家原子能公司的下属企业正在生产用于诊断和治疗肿瘤及其他疾病的广泛放射性同位素产品。还有许多有前景的放射性同位素有待研究，”叶卡捷琳娜·查班指出。



与会者讨论了俄罗斯及国际上创新型放射性药物的注册实践。俄罗斯联邦卫生部副部长谢尔盖·格拉戈列夫（Sergey

Glagolev）介绍了加速推广创新药物、将其快速纳入临床指南和国家保障计划的条件。阿斯利康制药公司（俄罗斯及欧亚地区代表处）注册部总监叶卡捷琳娜·雅科夫列娃（Ekaterina Yakovleva）指出，领先的外国制药公司已将放射性药學视为未来的市场，并在此下注。

与会者还讨论了现代放射性核素诊断和治疗方法及药物的可及性、保障性和安全性。

世界原子能周

在九月于莫斯科举行的“世界原子能周”国际论坛上，多国代表分享了与俄罗斯国家原子能公司在核医学领域的合作经验。

吉尔吉斯斯坦卫生部核医学中心创建项目负责人巴克特古尔·苏尔坦加济耶娃（Baktygul Sultangazieva）介绍说，苏联时期，该国肿瘤与放射学研究所曾设有核医学科，但在1990年关闭。此后，利用核技术的研究和治疗便中断了。但这对国家来说极为需要，因为吉尔吉斯斯坦每年新增约7000例肿瘤病例，其中约一半在一年内死亡。情况自2022年开始改变，在俄罗斯国家原子能公司和国际原子能机构的帮助下，吉尔吉斯斯坦国家肿瘤与血液病学中心开始筹备开设核医学科。“俄罗斯国家原子能公司”无偿提供了诊断试剂盒。

核医学科于2024年6月接收了首批患者。此后，已为400多名患者进行了检查。下一步是在比什凯克组建一个核医学中心。“这是一个功能齐全的大型中心，包括带回旋加速器的放射性药房、符合GMP标准的放射性药物生产设施、使用PET扫描仪和伽马相机的分子影像技术，以及利用放射性同位素和诊疗一体化技术进行治疗。我们正与俄罗斯国家原子能公司就此展开合作，”

巴克特古尔·苏尔坦加济耶娃说。该中心将不仅为肿瘤患者，也为心脏病、内分泌及其他疾病患者提供帮助。“这是为吉尔吉斯斯坦人民提供医疗服务的黄金标准，”她强调。

塞尔维亚抗癌协会主席、神经外科医生达妮察·格鲁伊契奇（Danica Grujičić）表示，她对俄罗斯核医学的成就印象深刻。“尤其是在神经母细胞瘤方面，因为你们已经开始使用锶，”格鲁伊契奇分享道。她指出，塞尔维亚的诊断基础不错，但仍需发展，而治疗能力则相对不足。目前塞尔维亚所有放射性药物都依赖进口，但该国正研究与俄罗斯合作，像吉尔吉斯斯坦一样开设核医学中心。“令我高兴的是，越来越多的年轻同事选择核医学作为自己的专业，这表明人们对它的兴趣正在增长。我认为，未来属于核医学，”达妮察·格鲁伊契奇总结道。

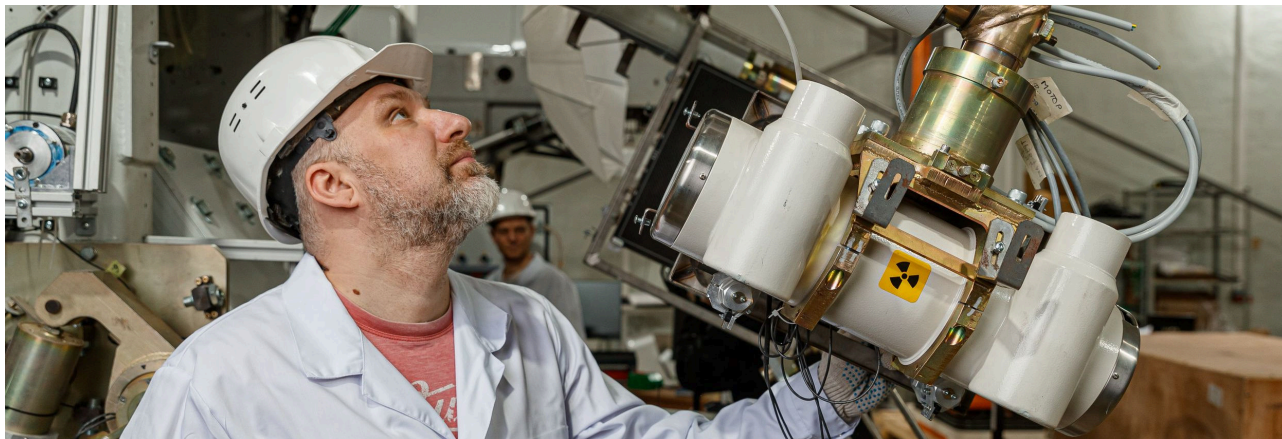


埃及卫生总局主席艾哈迈德·索布基（Ahmed el-Sobky）表示，他在论坛期间与俄罗斯同事讨论了改善核医学领域基础设施的问题。这不仅涉及埃及，也包括其他非洲国家。“谈判进行得非常成功。我们希望能在这一方向与俄罗斯国家原子能公司合作，”艾哈迈德·索布基说。

这些例子表明，全球医学界对俄罗斯国家原子能公司及其他俄罗斯专业机构在核医学领域的成就抱有浓厚兴趣，并且该领域的国际合作正在不断加强。

NIITFA：医疗及更多领域

技术物理与自动化科学研究院（NIITFA）迎来了其65周年庆典。该研究院历史上一直生产辐射技术设备、放射性核素能源装置、无损检测设备，如今正在开发其“布拉希姆”（Brahium）伽马治疗仪的出口版本，并从事组织和器官的生物制造，准备采用增材制造方法生产钛植入物。



NIITFA（前身为全苏辐射技术科学研究院；VNIIRT）成立于1960年10月6日，是辐射技术和工艺领域的牵头组织。研究院发展迅速。在VNIIRT，研究人员研究了电离辐射对各种材料和食品的影响，创造了如伽马探伤仪等用于金属结构无损检测的控制设备，并开发了如放射性同位素热电发生器（RTG）等发电装置。这些装置用于为北极和太空中的低功率设备供电。所有苏联和俄罗斯的RTGs都是在NIITFA开发的。

核医学领域长期以来仅有一款系列化产品——“玛瑙”（Agat）伽马治疗仪。其工作原理是：根据医生和医学物理师制定的照射图，通过机械方式将同位素引导至肿瘤处，利用高能伽马量子摧毁肿瘤。

1989年，研究院在萨兰斯克设立了分院。那里生产盖革-弥勒气体放电计数管（俗称盖革计数器）和用于测量中子通量的电离室。

现状

如今，NIITFA的核心能力是利用核技术开发和生产医疗设备。其旗舰产品是“布拉希姆”伽马治疗仪，用于小骨盆、乳腺、食道、鼻咽和口腔的近距离放射治疗。“布拉希姆”已开始向俄罗斯的诊所供货：例如，在2025-2026年期间，将有10台这样的设备交付给医疗机构。

研究院的生产能力完全能够满足俄罗斯市场的需求，因此NIITFA计划在2027年底前制造出该设备的出口版本。出口版本将配备自主开发的、性能更优的软件，整体尺寸和重量将减少约20%。用于引入同位素源的施源器也将得到改进，并将增加专用适配器，以便能够使用进口施源器。现代化改造完成后，这些创新也将应用于俄罗斯国内版本，相关注册文件的变更工作已经启动。



NIITFA还在开发一款磁场感应强度为1.5特斯拉的磁共振成像仪（MRI）。这是医疗领域的“主力军”，在日常实践中表现出色。NIITFA计划满足俄罗斯市场25%的需求，即每年约40台设备。预计首批三台系列化设备将于2027年交付试用。2028年，研究院将生产10台MRI，并计划于2029年达到全产能。

未来展望

研究院最有趣的发展项目之一是植入物的增材制造。在这一领域，俄罗斯国家原子能公司正开展综合性工作：从粉末制造、软件开发到最终产品和灭菌。NIITFA与谢切诺夫第一莫斯科国立医科大学合作，即将完成一个关于制造带有骨亲和性涂层的植入物的项目。研究院的专家已经成功制作了这种能改善植入物融合度的涂层。该合作项目的成果预计将用于一个关于增材制造个性化和系列化产品的投资项目，目前正在对其进行财务经济模型计算。

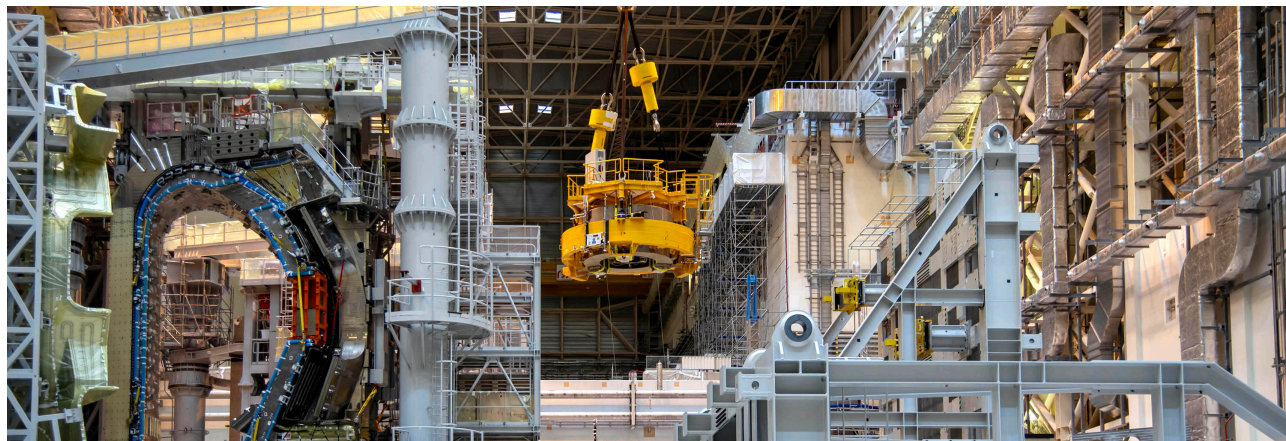
此外，NIITFA正在实施一个前沿方向：组织和器官的生物制造。科学家们已经成功在生物制造仪中培育出兔子的血管等效物，并成功将其植入动物的股动脉。这些技术未来将能为患者替换受损的组织甚至器官。目前，该方向的工作仍在继续：科学家们希望在2026年2月的未来技术论坛上展示新的研发成果。

太空计划

NIITFA并未忘记核仪器制造。他们正在生产硼浓度计等产品，并计划根据印度和俄罗斯客户的要求进行现代化改造。具体而言，专家们正在讨论将信号处理单元从高温区移至一个独立机柜的方案。研究院还计划发展RTGs主题。它将随着北方海路和太空（尤其是月球和火星）的进一步开发而发展。

热核技术：迈向实用能源之路

国际原子能机构（IAEA）发布了《2025年聚变展望》报告，其中介绍了关键项目、总体形势、技术、法律保障和战略的趋势，并首次对聚变能源的成本及其对全球能源和经济的影响进行了财务评估。最重要的趋势是从研究和科学开发转向建设和实际应用。作为聚变领域的全球领导者之一，俄罗斯通过参与国际项目和发展自主项目，正在引领这些趋势。



主要趋势

“我们再次见证了聚变能源相关领域的飞速变化。过去完全属于实验研究和长远前景范畴的事物，如今正日益被视为国家能源战略和工业发展计划的基本要素，”国际原子能机构总干事拉斐尔·格罗西（Rafael Grossi）在报告的前言中说。

主要趋势如下：各国正在制定和批准聚变能源领域的行动战略。企业正在为聚变电站选址并设计第一代解决方案——根据国际原子能机构（IAEA）的数据，全球计划、在建或在运的聚变装置超过160个。监管机构正在发布指导性文件——近40个国家已实施聚变能源领域的专项计划。终端用户正在商讨购电协议，能源公司正与聚变技术开发商建立战略联盟，而关键行业（汽车制造、传统能源、航空航天和数字服务）的代表则将聚变领域的研发纳入其长期投资组合。全球对该领域的私人投资额已超过100亿美元。

国际原子能机构总干事拉斐尔·格罗西（Rafael Grossi）评论道：“科学思想、商业利益和政治资源的融合，标志着一个划时代的转变：聚变能源正进入一个新阶段——真实世界的应用。”

2024年，国际原子能机构成立了世界聚变能源集团。该集团成员包括政府和私营领域的利益相关组织、科研院所、教育机构和监管机构。其任务是交流经验、建立联系和增进理解。

可控热核聚变领域的进展

全球最主要的聚变项目是国际热核聚变实验反应堆（ITER）。俄罗斯是该项目的发起国和关键参与方之一。目前，俄罗斯专家正准备制造钨制第一壁板（原计划使用铍），并研究在其上涂覆碳化硼的技术，以防止杂质进入等离子体。俄罗斯的科研机构计划通过电子束进行循环热试验，并通过脉冲等离子体团辐照来检验涂层质量。对于ITER而言，这些是至关重要的研究，直接关系到项目的未来。同时，俄方也正在履行其全部义务，为ITER项目供应其负责范围内的设备。

报告还列举了在不同国家实施的聚变项目：日本与欧洲合作的JT-60SA、中国的EAST、美国的SPARC和NIF、德国的W7-X等。在这些装置上进行的实验已取得重要成果，包括在等离子体温度和约束时间方面创下纪录。



国家战略

国际原子能机构的报告指出，过去一年中，许多国家更新了其聚变发展战略，不仅将其定位为科学计划，更将其视为能源、工业和外交政策的组成部分。报告作者们指出：“这反映出人们越来越广泛地认识到基于聚变能源发电的实际可行性。考虑到新出现的机遇，各国政府正在投入资金并制定政策措施，以促进未来聚变能源的应用。”

在俄罗斯，作为“新型原子能与能源技术”国家项目的一部分，正在实施“聚变能源技术”联邦项目。其主要目标是为未来的聚变能源开发基础技术，并建立必要的研究基地。

俄罗斯

俄罗斯运行着多座聚变装置，例如托卡马克装置 T-15MD、T-11M，以及球形托卡马克“Globus-M2”。

俄罗斯科学家已完成新一代托卡马克——反应堆技术托卡马克（TRT）的初步设计，计划于近年内开始建造。TRT项目基于俄罗斯在磁约束聚变领域多年的经验，预计将成为该国研究的基础，为全球聚变研发做出贡献。预计TRT将能够进行等离子体物理实验、测试先进材料，并将被整合到国际研究合作中。

法律基础

国际原子能机构的报告中提到：“目前，全球尚无关于聚变电站的统一界定，但许多法律体系已认识到，有必要为旨在商业化生产电能或热能的聚变装置建立明确的监管框架。”



各国正积极探索聚变领域的监管方法。一些国家已经针对研究性聚变装置出台了法规。这些法规为建立法律框架和法律关系基础提供了依据和先例，可以直接或经必要修改后适用于未来的聚变电站。

由于时间限制，报告可能未能包含俄罗斯联邦在聚变能源监管方面的最新法律变化。8月1日，俄罗斯总统签署了第342-FZ号联邦法律，即《关于利用原子能法》的修正案。根据该修正案，在利用原子能过程中产生的关系的法律基础和监管原则，将适用于在建和在运的、旨在利用轻原子核聚变反应的聚变装置，包括那些含有核材料、特殊非核材料和放射性物质的装置。该修正案将于2027年1月1日生效。

高温超导体

国际原子能机构的报告中有一个专门章节论述了高温超导体（HTS）。报告的作者们指出：“高温超导（HTS）材料能够提供更强的磁场，从而有望实现更紧凑的设备，这为加速聚变技术的发展、创造具有经济吸引力的成熟设计开辟了新的可能性。”报告列举了在制造、安装和使用高温超导磁体时遇到的挑战：更强的磁场会给电磁系统带来巨大的负载，而更紧凑的几何结构，在没有特殊补偿措施的情况下，会加剧等离子体热流对装置内壁的影响。但报告作者们也指出，尽管存在这些挑战，利用高温超导磁体来减小设备尺寸、降低建造成本和缩短开发周期的公共和私人项目数量仍在不断增加。

聚变技术对能源和经济的影响

聚变技术已发展到一定水平，全球已开始评估聚变电站的建设成本。例如，报告引用了由麻省理工学院（MIT）能源倡议组织与等离子体科学与聚变中心联合撰写、并经国际原子能机构调整发布的《聚变能在脱碳电力系统中的作用》报告的片段。

研究人员承认，未来聚变发电的成本难以确定，因此，他们评估了不同预期成本范围的影响，并考虑了学习曲线。研究人员使用了按单位装机容量千瓦计算的资本成本估算值，这些估算值反映了美国聚变电站的成本。研究人员指出，在其他国家，这些成本将有所不同，并将取决于电价、劳动力成本以及资本投资的动态。

在基准情景下（8000美元/千瓦），研究人员估计，聚变发电量将从2035年的2太瓦时（TWh）增长到2050年的375太瓦时，到2100年将达到2.5万太瓦时。在基准情景下，聚变能在全世界发电量中的占比到2075年将达到15%，到2100年将达到27%。

研究人员还模拟了聚变能源可能带来的经济效益：“与没有聚变能源的脱碳情景相比，在基准方案下（2050年资本成本为8000美元/千瓦），全球累计GDP将增长0.4%；当成本降至5600美元/千瓦，则增长0.9%。这些结果表明，对聚变技术研发和部署的投资能够为全球经济创造效益，并有助于在本世纪内实现脱碳目标。”

北方海路：新物流的驱动力

俄中在北极地区的合作正在加强。这不仅体现在俄中北方海路合作分委会的定期会议上，也体现在史上首次从中国经北方海路到欧洲的过境航行中。



今年秋天，一次历史性的航行得以实现：史上首次集装箱货物从中国经北方海路过境运输至欧洲。一艘载有总重近2.5万吨货运集装箱的货轮于9月23日从中国宁波港出发，10月1日进入北方海路水域，并于10月13日抵达英国费利克斯托港。卸货后，该集装箱船将驶往其他欧洲港口。

途经俄罗斯北极的航程耗时20天，几乎比使用传统的南部航线缩短了一半时间。这次航行凸显了北极航线的核心竞争优势：大幅缩短运输时间，并因此显著降低运营成本和温室气体排放。在全球海运物流脱碳的大背景下，这一点尤为重要。

“北方海路正以迅猛的速度发展，逐渐成为一条真实且高效的全球物流路线。多种因素促进了这一发展，包括先进技术的进步、新一代核动力破冰船的建造以及外国发货人日益增长的兴趣，”俄罗斯国家原子能公司北极发展事务特别代表弗拉基米尔·帕诺夫（Vladimir Panov）指出。



北方海路是连接欧亚大陆西部与亚太地区的最短航运路线，全长约5600公里。2024年夏秋航季，在俄罗斯西北部港口与中国之间共完成了14次国际集装箱航行，是2023年的两倍。

官方层面

十月，俄中政府首脑定期会晤筹备委员会下属的北方海路合作分委会第二次会议在中国哈尔滨举行。双方批准了进一步发展俄中之间北方海路运输的行动计划。该路线图的制定和批准旨在形成一个可持续的交通走廊。合作内容包括引入现代物流和技术解决方案，以提高运输效率和促进重大项目的发展。

“俄罗斯将北方海路视为21世纪的关键交通大动脉，它能够确保各大洲之间更快速、更高效、更安全的连接。我相信，今天所做的决定将为俄中在开发北方海路潜力领域的合作注入新的动力，并使合作机遇能够转化为重大的资本项目。我们的合作不仅使我们能够实现世界贸易路线的多元化，还能在开发复杂的北方高纬度地区时引入先进技术，”俄罗斯国家原子能公司总经理阿列克谢·利哈乔夫（Alexey Likhachev）表示。

在访华期间，阿列克谢·利哈乔夫（Alexey Likhachev）还访问了中国顶尖的理工大学之一——哈尔滨工程大学。他会见了在该校学习的俄罗斯留学生和研究生。哈尔滨工程大学为中国核工业培养人才，同时也是该国船舶制造领域的领先教育中心之一。俄罗斯国家原子能公司的负责人参观了专门介绍该校科研工作的展览，并考察了教学实验室。