

俄罗斯在运浮动核电站监管情况简介



2026 年 5 月，俄罗斯原子能公司（Rosatom）发布官方新闻，庆祝“罗蒙诺索夫院士号”浮动核电站迎来投运六周年纪念。六年来，该浮动核电站累计发电量超过 13 亿千瓦时，且 2026 年以来稳定运行，前 5 个月的发电量为 1.4 亿千瓦时，同比增长 2 倍，充分证明了其在北极环境下的高效性和可靠性。

俄浮动核电站基本情况

“罗蒙诺索夫院士号”核电站始建于 2007 年，2019 年获批 10 年运行许可，2020 年正式投运。其所配置的 KLT-40S 反应堆源自俄罗斯核动力破冰船技术。KLT 系列反应堆研发历程包括：OK-150（第一代，用于列宁号破冰船）、KLT-40（第二代，用于“泰米尔”号和“瓦伊加奇”号破冰船）、KLT-40S（第三代，进行了民用化改造）、RITM-200（第四代，用于新破冰船和正在建设的第二代浮动核电站）。

根据俄罗斯核电公司官网及阿夫里坎托夫机械工程试验设计局的相关资料，“罗蒙诺索夫院士号”为非自航平底驳船，船长 144 米，船宽 30 米，吃水深度 5.6 米，船员编制约 70 人（轮班制）。船上配置 2 台 KLT-40S 型压水反应堆，单堆热功率 146 MWt、电功率 38 MWe，整体对外供热功率为 50 Gcal/h（约 58.15 MWt），蒸汽产量为 240 t/h。KLT-40S 反应堆的一回路冷却剂工作压力为 12.7 MPa，堆芯入口温度 280℃，出口温度 320℃。堆芯高度 1.2 米，堆芯等效直径 1.155 米，由 121 个六角形燃料组件构成，每个组件内含 102 根燃料棒。其所采用的燃料是富集度小于 20%的低浓铀。“罗蒙诺索夫院士号”的设计寿命约为 40 年，最高可延寿至 50 年。

辐射环境监测

相关资料显示，“罗蒙诺索夫院士号”配备了较为完善的辐射监控系统，对反应堆、通风系统、废液排放口等关键区域实施不间断在线监测，监测数据自动存储并同步上传监管平台，相关配置与运行模式遵循 NP-022-17《船舶核动力装置通用安全规定》所规定的监测要求。

在佩韦克港的卫生防护区内，俄罗斯联邦水文气象局布设了固定式辐射监测站，其被纳入全俄辐射监测网络，并定期发布官方辐射环境公报。此外，依据 RB-126-17《核设施辐射环境监测组织方法》导则的要求，相关单位按月、季度开展人工采样工作，采集大气、海水、海底沉积物等样品送检分析，监测结果同步纳入区域生态报告与月度辐射公报。

综合俄罗斯国家原子能集团（Rosatom）及运营方历年环境报告，以及俄罗斯联邦环境、工业与核监督局（Rostekhnadzor）、联邦自然资源与生态监督局、联邦水文气象局发布的监管报告、区域生态公报、辐射状况年报，并参考相关专业学术论文，“罗蒙诺索夫院士号”投运至今，其气态、液态放射性流出物及常规污染物排放量均远低于俄罗斯法定限值；周边大气、海域、海底沉积物中放射性核素浓度与天然本底水平基本一致。浮动核电站的运行未破坏区域原有生态格局，放射性排放与温排水均未对海域生物群落、沿岸植被造成显著不良影响

换料、放射性废物管理与大修

根据 Rosatom 官网消息，“罗蒙诺索夫院士号”首次换料工作于 2023 年底启动，1 号机组于 2024 年初完成换料，2 号机组的换料则于 2024 年底前完成。为确保区域电力供应不间断，换料采用顺序作业模式。与陆基大型压水堆每 12 至 18 个月更换部分燃料棒不同，KLT-40S 反应堆采用弹筒式（cassette core）换料设计，需将整个堆芯整体一次性取出并进行替换。换下来的乏燃料组件会被临时放置于船上的特殊贮存舱中，并保持完全隔离状态，经数年冷却后，再通过专用船舶运输至摩尔曼斯克，之后通过铁路转运至后处理厂。

浮动核电站燃料组件由 Rosatom 的燃料部门 TVEL 在位于莫斯科地区的叶列马什机械制造厂生产，然后由专门用于在北极恶劣环境下运输乏燃料和放射性废物的多功能核燃料运输船“罗西塔号”运输至

摩尔曼斯克（相关资料显示，Rosatom 为其申请了 2023 年 9 月至 11 月北极北海航线航行许可），再通过北极北海航线运送至佩韦克现场。在放射性废物管理方面，浮动核电站在运行期间产生的放射性废物，包括固体与液体废物等，均暂存于专用的船载设施中，定期转运至岸上处理设施进行后续处置，确保“北极不存废物”。

“罗蒙诺索夫院士号”的换料周期为 3 至 5 年，每 10 至 12 年需返回摩尔曼斯克进行大修，大修持续时间约为 1 年，主要涉及相关设备更新、系统全面检修及安全评估等关键环节。2025 年，Rosatom 官方通报了“罗蒙诺索夫院士号”开展年度计划性检修的有关情况。超过 100 名员工采用错峰检修方式，保证佩韦克区域的电力与热力供应不中断。

浮动核电站的监管

根据 2025 年新修订的《原子能利用法》，Rostekhnadzor 对核动力船舶、浮动核电站等特殊核设施实施全生命周期持续性国家监管。因此，浮动核电站无论在建造调试阶段、拖行状态还是靠岸发电状态，均被认定为核设施，因此其全生命周期接受双重监管。其中，俄罗斯海事船舶登记局（RMRS）作为船级社，主要负责船舶属性、船体稳定性、常规船舶系统检验、航海性能及海事合规方面的监管。

Rostekhnadzor 作为核安全监管机构，则专门负责核与辐射安全方面的监管，包括反应堆系统、承压边界、核工艺见证、反应堆控制系统、

辐射防护、核材料衡算与实物保护等。此外，参与建造浮动核电站的企业也被纳入全过程监管范围。

在项目建造和调试过程中，两个监管部门共同开展了数千次现场监督，以确保符合相关安全标准。RMRS 主要关注该浮动核电站作为船舶的完整性，并根据《核动力海上浮动设施入级规范》和《海船入级和建造规范》签发了船级证书；而 Rostekhnadzor 则依据本国原子能相关法规与《核动力装置一回路系统承压设备试验安全规程》，全程见证反应堆一回路系统各类承压试验与密封性核验工作，并依法发放运行许可证（首次颁发的运行许可有效期至 2029 年）。

进入运行阶段后，Rostekhnadzor 持续对浮动核电站开展定期检查与安全评估，包括开展持续监测、现场监督、换料和大修期间实施专项监管，并负责运行许可证的延期审查工作等。在现场监督方面，远东地区监督站派出的现场监督人员常驻在浮动核电站配套岸基控制中心，每日会登船巡检，实行 24 小时轮班在岗，并实时对接运营方运行数据、运维记录。浮动核电站的运行参数、辐射报警信号会实时同步至 Rostekhnadzor 总部和远东地区监督站。

浮动核电站的法规标准体系

总的来说，俄罗斯针对核动力船舶及浮动核电站建立了一套体系较为完善，层级清晰且持续更新的法规标准体系。该体系的演进整体可分为以下三个阶段。

早期基础构建（2004 至 2006 年）

2005 年出台的 NP-062-05《浮动核电站水冷堆核动力装置设备与安全运行规则》是俄罗斯首部专门针对浮动核电站的设计运行规范，直接适配 KLT-40S 等船用堆技术；2004 年发布的 NP-054-04《舰船核蒸汽发生装置设备部件和管道强度计算标准》则为船用核级设备在低温、摇摆等工况下的结构完整性提供了计算依据。

顶层体系完善（2017 至 2019 年）

2017 年，俄罗斯对《船舶核动力装置通用安全规定》（NP-022-17）进行了重大修订，首次全面对标 IAEA 安全标准 SF-1，建立了五层纵深防御体系，补齐了旧版缺乏全生命周期顶层设计的短板。同年配套修订的《船舶及浮动设施核安全规范》（NP-029-17）细化了船用反应堆设计准则及冰区、倾斜工况验证标准。此外，2018 至 2019 年间还陆续出台了辐射事故应急（NP-079-18）、实物保护（NP-085-19）及水体排放评估（RB-126-17）等专项标准，填补了多项制度空白。

专项细化升级（2020 年至今）

2020 年，俄罗斯发布《船舶核动力装置安全分析报告要求》（NP-023-20），更新了安全分析报告要求，新增北极海况、拖运等特殊工况审评内容；《核物料向放射性废物转化管理规范》（NP-072-23）及 2026 年的修订细化了乏燃料与放射性废物从产生到海上转运的全流程管理；《船舶及浮动核设施退役安全规则》（NP-037-24）则确立了“密封移除”与“绿色离域”两大退役原则，严禁在北极遗留放射性废物。2025 年俄罗斯新修订《原子能利用法》，首次建立核设

施风险评估分级制度，并将浮动核电站建造企业纳入全过程监管范围。同年出台的《船舶及浮动核设施运行违规调查与审计规定》（NP-088-25）则系统规定了运行违规的调查与审计流程。至此，俄罗斯已基本建立起覆盖设计、运行、废物管理、退役全周期的浮动核电站法规标准体系。

对外交流合作部 曾超 供稿

摘自俄罗斯原子能公司、监管机构等网站

文章内容不代表本公众号观点