

# 全球核电发展浪潮与中国应对

◎ 徐海燕 陈虎

**【摘要】**为应对气候变化和加快能源消费结构转型，各国将发展核电作为实现“净零”承诺的关键举措。为此，发达国家和发展中国家通过政策规划提高核电在国家能源消费结构中的占比。未来，新一轮核电发展浪潮将出现多元主体参与、小型核反应堆加快布局、关键矿产资源争夺加剧等趋势，发展中国家日益成为核电发展的新空间。中国需要从技术更新、安全保障、供应稳定、国际合作、扩大民营企业参与等多个方面积极行动，把握核电发展战略机遇期。

**【关键词】**气候变化；能源安全；核电

**核**电是原子核通过核裂变释放出核能，经核反应堆转为热能以发电的电力类型。2024年3月首届全球核能峰会上，各国就发展核电达成共识，提出加快发展以应对气候变化和能源消费转型。2024年3月我国发布《2024年能源工作指导意见》，提出积极安全有序推动沿海核电项目核准。目前，我国已投入运营与在建核电数达到11313万千瓦。此外，法国、哈萨克斯坦、俄罗斯等国也出台了相关政策，积极推动核电站建设，全球迎来新一轮核电发展浪潮。

## 一、新一轮核电发展浪潮的兴起

核电成为全球范围内各国关注的焦点，随之迎来新一轮核电发展浪潮。这一现象的出现是多种因素综合作用的结果。

### （一）核电是应对气候变化，实现能源消费结构转型的新动力

2022年12月，国际能源署发布报告《核电与保障能源转型：从今日的挑战到明日的清洁能源体系》，提出

“核电在确保能源部门快速、安全实现净零排放方面能够发挥重要作用”。2015年《巴黎协定》签署后，各国为应对气候变化采取了大量措施。然而成效方面并不理想，2024年11月第29届联合国气候变化大会（COP29）在巴库召开前，欧盟气候监测机构称，2024年全球平均气温可能比工业化前高1.5°C，这意味着实现《巴黎协定》的预定目标需要采取更有力的措施。气候变暖会增加极端天气出现的概率，极大地威胁各国人民的生产生活。发展包括核电在内的清洁能源是降低碳排放、应对气候变化的关键举措之一。

### （二）核电在应对气候变化与保障国家能源安全方面具有独特优势

核电主要依靠核裂变释放能量产生电力，具有清洁、低碳、安全、高效、稳定等特征。俄乌冲突导致世界能源供应形势出现变化。欧洲部分国家受外部能源供应风险影响较大，提出要实现能源多元化与供应安全。核电因供应稳定和自主性，成为各国关注的新焦点。据统计，截至2023年12月，全球共有437个在运行的反应堆。核电约占全球发电量的9%，是仅次于水电的清洁能源。除电力

供应外，核电还可为加快工业脱碳提供助益。通过技术更新以及数字化应用能够使先进的核电技术为可持续、公平和有韧性的能源未来提供解决方案。

### （三）各国对核电需求旺盛，政策支持力度增强

2023年11月的COP28会议上，22个国家签署了“到2050年将核电发电能力增长到2020年基准的三倍”的联合宣言。目前已经有超过70个国家做出实现净零排放的承诺，并将发展核电作为实现承诺的重要方式。俄罗斯赋予核电清洁、低碳能源的地位，为核电发展提供更多和更优惠的绿色融资；法国开始积极发展核电，并提出到2050年新增2500万千瓦核电装机的目标；美国通过《核能创新能力法案》《通胀削减法案》等，以税收减免、资助等方式支持核电发展；中国提出加快核电项目核准，在2025年核电装机达到7000万千瓦的目标。日本、印度、韩国、哈萨克斯坦等国也正在加速核电站建设与核电开发，提升核电在能源消费结构中的比例。总体而言，随着核电技术逐渐成熟与安全保障能力提高，全球范围内的核电建设正在加速，这是脱碳与维护能源安全等多种因素共同作用的结果。

## 二、全球核电发展未来趋势

通过发展核电提升国家能源自主性与能源安全保障水平成为不可阻挡的趋势。同时，未来围绕核电技术使用、燃料供应等方面的竞争态势也将有增无减。

### （一）围绕核电站运行所需的关键矿产资源供应竞争将会加剧

随着全球核电建设加速，未来将会有更多核电站投入运营，以实现核电占全球发电总量30%的预期目标。核电建设需要锆、钼等用于反应堆建设与维护，铀、钍等关键矿产将作为运行燃料。核电站数量增加将会提升对关键矿产的需求。风能、太阳能等其他清洁能源的发展也需要关键矿产作为支撑，多个能源系统同步转型对关键矿产稳定供应提出了巨大挑战。同时，全球范围内的关键矿产资源分布不均、高品质矿产数量有限、加工和提炼技术被少

数国家掌握。受市场供求关系影响，关键矿产价格会出现较大波动，目前铀矿价格上涨就是最明显的例证。因此，未来各国为增强核电发展的持续性，将大力维护关键矿产资源的供应链安全，此过程将伴随着对原材料需求的扩大和资源的激烈竞争。

### （二）发展中国家对核电需求提升

核电可为发展中国家实现减少碳排放与保障能源安全提供有力方案。虽然仅有数个国家拥有自主核电技术，但是发展中国家能够通过项目招标吸引国际核电技术提供者，实现本国发展核电的目标。目前，多个国家将核电纳入国家能源综合保障战略，启动或计划建设多个核电项目，以缓解国内能源危机。同时，发展中国家发展核电的诉求与供应国的技术出口需要高度契合。这主要由于核电项目投资拥有相对较高的回报率，经济利益驱使相关企业积极拓展海外业务。美国、俄罗斯、日本、韩国、法国、中国等在全球范围内与未拥有自主核电技术的发展中国家进行核电技术开发与运用方面的合作。由于近期发达国家的核电未有大型项目推进，而诸多发展中国家对发展核电的诉求出现极大提升，并寻找技术供应商，因此发展中国家市场未来将成为全球核电发展的新空间。

### （三）私营企业正日渐加入核电发展行列

生成式人工智能蓬勃发展导致数据运营中心所需电力激增。据统计，一座人工智能资料中心运行能源需要1GW电力。虽然该电力可以通过太阳能板、风机等实现，但却需要近百万块太阳能板。相较而言，一座核电站就可以满足1GW的电力需求。因而，微软、亚马逊、谷歌等科技巨头开始加快核电方面布局，通过核电提供的清洁能源以维持资料中心运转。另一方面，各国政府鼓励私营企业进入核电发展领域。私营企业具有极强的科技创新活力，贯通于核电发展的上中下游。虽然目前除美国外，大多数国家核电发展规划仍然由国家控制，但这一现象正在改变，通过放宽核电融资的资格限制，私营企业可从核电“供应商”转为“投资方”，为核电发展盘活更多资金。

### （四）小反应堆或成为未来核电发展新增长点



图为“华龙一号”漳州核电项目1号机组（无人机照片）新华社记者 林善传/摄

小型模块化反应堆主要是指每个模块发电量不超过300MW的先进反应堆。随着工业化、城市化和脱碳目标的推进，小型模块化反应堆的投资将会迎来增长。2024年11月，Markets and Markets（市场研究与咨询公司）发布报告称，小型模块化反应堆市场预计将从2024年的60亿美元增长至2030年的71.4亿美元，年均增长率为3%。亚太和北美地区将成为增长最快的区域，这主要归结于小型模块化反应堆更加灵活，能够适应供电、供暖、脱碳等多重目标。目前，中国、俄罗斯、美国等已经完成部分小型模块化反应堆建设，加拿大、罗马尼亚等国也在考虑相关部署与建设。小型模块化反应堆适用场景多元，将成为许多国家灵活且负担得起的发电方式。

### 三、中国应对新一轮核电发展浪潮的战略举措

作为第三代自主核电技术拥有国，我国应在新一轮核电发展浪潮中把握机遇，以国内国际双循环布局核电发展与建设，为实现全球净零目标贡献中国力量。

#### （一）以统筹安全与发展的逻辑部署核电技术，制定核电发展中长期规划

第一，将安全性能作为核电发展的首要标准。受“三

里岛事件”和东京核泄漏等核安全事故影响，中国一度停止审批与建设核电项目。从2013年至2019年，中国核电建设基本处于停滞状态。其中最为根本的原因是发展核电涉及安全风险。2015年我国第三代核电技术研发完成，其中将避免安全事故以及缓解事故风险作为重要设计标准。目前公众对发展核电的担忧与疑虑，主要是在安全方面。因而第四代核电技术在研发和运用中，也需要将安全和可靠性作为基本出发点。核电发展建设需要构建多层级核安全责任体系，实施最严格的安全标准和最严格的监管。

第二，核电应成为实现我国“双碳”目标的重要支点。虽然我国核电装机水平快速提升，但是核电在国内能源消费的比重仍低于世界水平。2023年我国核电发电量为4333.71亿千瓦时，占全国消费总电力约4.87%。全球层面，核电装机总量为3.92亿千瓦，发电量约占全球发电总量的9%。未来，我国实现“2030年碳达峰”“2060年碳中和”目标过程中，核电应与风电、光伏发电等清洁能源一同发挥作用。需要安全有序地发展核电，实现2025年装机达7000万千瓦、2035年核电在发电量中占比10%的目标，助力我国早日实现净零承诺。

第三，完善核电发展制度框架，明确未来核电发展



图为“华龙一号”漳州核电项目1号机组（无人机照片）新华社记者 林善传/摄

规划。2007年，我国批准了《国家核电发展专题规划（2005—2020年）》，对我国核电发展方向、项目规划、核电站选址、技术服务体系、燃料保障体系做出了规定。2022年《“十四五”现代能源体系规划》中指出，要积极安全有序发展核电。目前，在全球范围内各国加快核电发展的趋势下，我国根据国内核电发展状况制定核电发展中长期规划显得尤为必要。

## （二）建立稳定、安全、可持续的核电建设所需关键原材料供应链

第一，推动关键原材料供应来源多元化。核电主要通过核裂变释放能量产生电力，主要以铀作为燃料。随着全球新一批核电站开始建设并投入运营，对铀矿的需求将会急剧增加。根据世界核电协会（WNA）预测，2024年全球铀需求量为67517吨，其中我国需求量为13132吨。从2022年我国铀矿供应数据看，国内铀矿开采量与使用量缺口较大。我国的铀矿进口来源主要集中在三个国家：2022年我国从哈萨克斯坦进口7444.83吨（占比60.79%）、从纳米比亚进口4230.71吨（占比34.55%）、从乌兹别克斯坦进口570.84吨（占比4.66%）。虽然2024年5月，我国从俄罗斯进口了超过2.33亿美元的放射性矿产资源，一定程度上降低了铀矿

供应的单一性依赖，但未来需持续在全球范围内拓展铀矿等关键矿产资源的供应渠道，维护关键矿产资源的供应链安全。

第二，提升关键原材料战略储备水平，保障核电燃料供应稳定。截至2024年8月，我国在建核电站46座，在运营56座。随着一系列新核电站建成运营，我国对铀矿的需求量将持续增加。因此，保持充足的战略储备至关重要。实现该目标需要扩大国内铀矿勘探开采、以国际贸易多元化提升铀矿进口、提升铀矿利用效率等多措并举，以应对国际铀矿市场价格变动和供应风险对核电运用的冲击。

第三，参与全球关键原材料治理，提升国际话语权。关键矿产已经成为全球竞争的新场域。西方国家目前掌握关键矿产的定价权，并提出矿山开采的ESG（即环境、社会与治理）标准，试图限制我国在其他国家的矿产开采。且以美国为首的西方国家通过组建矿产联盟，推行俱乐部式治理，全球关键矿产治理机制碎片化现象严重。对此，我国应在联合国及其他多边平台内，推动关键矿产治理与合作，支持联合国框架内关键矿产公平开采与合理利用倡议，建立公平、公正、开放、包容、合理、有序的关键矿产治理机制与利用路径。

## （三）抓住全球核电发展浪潮，加快核电技术“出

## 海”进程

第一，积极回应发展中国家及全球南方国家发展核电的诉求。《2024年世界核电厂运行实绩报告》称，目前15个国家有64个核电站正在建设，还有20多个国家正在制定政策建设首座核电站。其中在建以及未来将要建设核电站的国家中，多数为全球南方国家。目前，我国拥有成熟第三代核电技术，包括“华龙一号”“国和一号”“CAP1000”。中核集团、中广核等企业已经与沙特、阿根廷、巴基斯坦、泰国等签订核电站建设协议，助力全球南方核电发展。2024年5月，巴基斯坦卡拉奇核电2号（K-2）机组通过验收，表明我国自主研发的“华龙一号”核电机组能够为全球南方国家核电建设提供稳定且安全的技术支持。

第二，将核电合作作为高质量共建“一带一路”的有机组成部分。2023年11月推进“一带一路”建设工作领导小组办公室发布的《坚定不移推进共建“一带一路”高质量发展走深走实的愿景与行动——共建“一带一路”未来十年发展展望》中指出，推进“一带一路”能源合作伙伴关系建设，与沿线国家推进清洁能源合作。核电合作是打造绿色“一带一路”与“一带一路”能源合作伙伴关系的重要支撑。在“一带一路”合作框架下，我国与更多国家开展核电合作，将有助于全球核电技术扩散与核电应用，推动“一带一路”倡议走深走实。

第三，强化核电运用方面的国际合作，打造核电“中国标准”与“中国品牌”。2022年《“十四五”现代能源体系规划》中提出要推动核电国际合作，尤其是加强与有关国家在先进能源技术和解决方案等方面务实合作，重点在高效低成本新能源发电、先进核电等先进技术领域开展合作，积极参与能源国际标准制定，加快我国能源技术、标准的国际融合。我国需要在与国际原子能机构、核电供应国等合作中，致力于先进核电技术的研发，提升核电安全性、经济性和我国技术的竞争力，扩大国际市场占有率。

## （四）发掘民营企业科技创新潜力，鼓励民营企业参与核电产业链

第一，扩大民营企业在核电融资中的企业资格审查范围。核电站建设是国家重大项目，具有投资大、周期长的特点。民营企业参股核电项目过程中需要对相关资质进行评估。一方面，核电项目需要巨额前期投资和持续资金支持，因而企业需要具备足够的财务能力；另一方面，核电项目建设周期和投资回报周期长，一般而言核电站建设周期为4—6年，成本回收周期约为20年。民营企业是否具备长期发展规划和可持续发展能力以应对市场变化将成为考察其是否能够参股的重要标准。

第二，探索国有企业与民营企业合作新模式。长期以来，核电基本为国有企业负责开发、运营。目前国内在运营核电站56座，由中核集团、中广核与华能集团运营。随着民营企业对参与核电建设积极性的提高，2024年8月，国务院核准的5个核电项目，江苏徐圩一期、浙江三澳二期、山东招远一期、广东陆丰1号和2号机组、广西白龙一期，均有民间资本参与。与此前吉利能源相比，此次民营企业参股比例增至10%，且均为核电建设上下游企业，表明国有企业和民营企业能够形成合力，推动核电发展，也可为未来民营企业参与国家重大项目建设提供前期经验。①

（作者徐海燕系中国社会科学院政治学研究所研究员、中国社会科学院大学政府管理学院教授；陈虎系兰州大学政治与国际关系学院研究生）

### \* 参考文献：

- ①World nuclear association, The World Nuclear Performance Report 2024, 来源：<https://world-nuclear.org/images/articles/World-Nuclear-Performance-Report-2024.pdf>
- ②《国际原子能机构通报》2024年10月，来源：<https://www.iaea.org/sites/default/files/netzeroneedsnuclearvoctzt.pdf>
- ③赵行姝.清洁能源转型背景下美国核能竞合策略及其逻辑[J].美国研究,2024,38(03):107-136+7-8.
- ④Small modular reactors market size, share and trends, 来源：[https://www.marketsandmarkets.com/Market-Reports/small-modular-reactor-market-5001546.html?gad\\_source=1&gclid=EA1alQobChMlz5TOrpn1iQMV72QPAh1giTkbeAAYASAAEgJSvD\\_BwE](https://www.marketsandmarkets.com/Market-Reports/small-modular-reactor-market-5001546.html?gad_source=1&gclid=EA1alQobChMlz5TOrpn1iQMV72QPAh1giTkbeAAYASAAEgJSvD_BwE)
- ⑤中国核能行业协会，中国核能发展报告2024.北京：社会科学文献出版社，2024年。