

我国“十五五”核电发展的五个重点

文 中核战略规划研究总院有限公司 李言瑞 刘 日

核电作为清洁低碳、安全高效的优质能源,不仅是国家高技术战略产业和综合实力的重要标志,而且在构建现代能源体系、保护生态环境、推动“双碳”目标实现、建设新型电力系统和促进科技进步等方面也发挥着重要作用。当前世界正迎来新一轮核电建设热潮,多国制定了积极的核电发展规划。我国实施积极安全有序发展核电的政策,在技术研发、工程设计、装备制造、建设施工、安全运行等领域取得了显著成就,具备了引领全球核电发展的条件。“十五五”时期是我国决胜碳达峰目标的关键时期,2025年是规划编制年,在国家能源电力规划中宜继续做好积极安全有序发展核电的部署。

国际核能发展的主要做法

核电是国家高科技竞争力的重要支点和高点,全球主要国家积极部署开发先进核能技术与核能产业。在能源绿色转型环境下,国际重要能源机构认为核电将在国际能源新格局塑造过程中发挥不可替代的重要作用。

国际主要能源机构预测核电将会有数倍发展空间

根据国际原子能机构(IAEA)统计,目前全球在运核电机组416台,总装机容量3.8亿千瓦;暂停运行核电机组23台,总装机容量1969万千瓦;在建核电机组61台,总装机容量6383万千瓦。

全球核电已经积累了2万多堆·年的运行经验。2024年,全球核电发电量2.84万亿千瓦时,占全球总发电量的9.5%。IAEA按照高低两种方案对2050年全球核电发展作了预测,在低方案核电装机容量将达到5.1亿千瓦,高方案将达到9.5亿千瓦。IAEA连续4年提高了全球核电发展预测值。国际能源署(IEA)按照三种情景对全球2050年核电规模作了预测,在三种情境下核电都将会实现较大增长。在现行政策、已宣布承诺、实现净零排放等三种情景下,全球核电规模将分别增长到6.47亿、8.74亿、10.17亿千瓦。

主要核电国家积极部署核能战略规划

美国发布《加速先进核能法案》《安全负责地发展美国核能:部署目标和行动框架》《重振核工业基础》《2024年聚变能战略》等政策和报告,推动美国核电装机从目前的不足1亿千瓦提高到2050年的4亿千瓦,保障能源独立需求和电力安全供应,加大核电投入力度,为人工智能基础设施供电,提高核能产业链水平,进军国际核电市场,加速推进聚变能开发和商业化进程。俄罗斯公布《电力设施总体规划草案》规定,在未来18年里将建设37台核电机组,提高电力结构中核电占比,推进混合铀钚氮化物燃料等先进核燃料研发,积极开拓全球核电市场。法国发布《国家低碳

战略》《多年期能源规划》等文件,强调保持并延长现有核电机组运行,推进新机组建设,谋划建设6台EPR2核电机组,支持小型堆和先进反应堆部署。英国《民用核能:2050年路线图》规定,将核电装机规模由目前的588万千瓦扩大到2050年2400万千瓦,将核电占比由目前的15%提高到25%,为小堆研发提供政府支持资金,启动核电厂址开发,推进聚变堆商业化发展。此外,其他科技发达国家和“一带一路”沿线新兴国家也在大力推动核电产业发展。

积极布局先进核电技术研发和核能多用途利用

俄罗斯在运行BN-800钠冷快堆基础上,计划建设更大功率的BN-1200钠冷快堆。俄罗斯在谢韦尔斯克建设BREST-OD-300铅冷快堆,作为实现闭式核燃料循环的原型快堆之一,计划2027年开展调试工作。美国在沃格特勒核电站建成2台AP1000机组,还在开发更多型号的小型堆技术,mPower、VOTGR、BWRX-300、AP300、SMR-160等小堆技术研发工作走在前列。北欧等国家利用大型核电站在冬季为居民供暖。印度、日本等国家使用大型核电站进行工业供汽和海水淡化。现在全球正在研究新核电技术的核能多用途利用。俄罗斯建成供热、供水和发电用的浮动核电站,下一代浮动核电站将装载新反应堆型号。美国推动高温气冷

堆热电联产,拓展核能在海岛供电、海水淡化、制氢、供汽、供热等领域的应用。沙特和韩国推动使用 SMART 100 小堆为沙漠地区提供淡化海水。

研发先进核燃料,优化核电安全性和经济性

美国西屋电气、通用电气、法国法马通公司等积极研发涂层锆基、不锈钢覆层耐事故燃料。俄罗斯在研发铀钚氮化物耐事故燃料,保证燃料不会熔化,确保不会发生重大事故。韩国加大环形燃料研发力度,增加燃料传热面积和提高换热效率,延长燃料循环周期,堆芯输出功率可以提升 20%~50%,大幅提高核电经济性。

健全法律体系推动核能可持续发展

美国形成包括《原子能法》、联邦能源法规、核安全管理导则、核管会技术文件、核电标准及规范 5 个层级的法规体系。俄罗斯《原子能利用法》是其民用核能利用基本法,旨在促进核能科技发展、放射性废物处理处置和保护公众与周边环境免受辐射影响。法国具有《核领域透明与安全法》《重要核设施法令》《放射性废物管理研究法》《关于适用放射性保护的欧洲核能基本标准法令》等核能利用管理法律法规。英国形成了《原子能法》等涵盖原子能、环境卫生等相关法律及有关国际公约的核能法律体系。

推动我国核电发展的主要路径研究

积极安全有序发展核电,发挥新型电力系统压舱石作用

核电利用小时数高,2024 年,我国核电设备平均利用小时数为 7805 小

时,相当于全年约 11 个月安全稳定运行。如果使用 18 个月换料方案和先进核燃料元件,核电机组可以做到全年稳定运行。核电单台机组功率大、发电量多、运行稳定,是新型电力系统长期稳定运行的重要基荷电源。面向以高比例、波动性可再生能源为主的新型电力系统,发挥核电稳定运行特性,推动核电与风电、光电、储能等形式互补,对于保障电力系统稳定性与安全性具有重要意义。

推动核能多用途利用,助力“双碳”目标实现

核能也是优质清洁的低碳热源。核能可以提供出口温度在 100 至上千摄氏度宽谱系的出口温度,是实现多用途应用的理想热源。加强核能综合利用和核能梯级利用,提高核能利用效率,研究核能在供热、海水淡化、绿氢、冶金、石油化工、稠油热采、LNG 卸载等领域的应用,将更有效地发挥核能在实现“双碳”目标中的支撑作用。实现核能水热同传,将核能加热的热水像自来水一样传遍千家万户,将会进一步增加民众的幸福感。核电能生产多种同位素,推动商用核电生产同位素,有助于健康中国和国家安全建设。为推动核能综合利用发展,在国家能源电力规划和地方“十五五”规划中,宜做好核电厂址周边部署高用能产业的顶层设计,出台鼓励高用能产业使用核能的政策方案。

加强关键技术研发,培育核电发展创新驱动力

加快先进核电技术试验示范,形成“建设一批、储备一批、保护一批、示范一批”的核电发展格局。在三代核电方

面,开展“华龙一号”后续机型研究工作,对堆芯、设备、工艺、布置和施工等优化研究。在四代核电方面,开展相关工业软件、关键材料、堆芯物理及热工分析等关键技术和基础研究工作。在小堆方面,开展浮动堆技术研究,突破移动堆高效热电转换、微电网等关键技术,建成具备可灵活移动的先进核电源装置。在核能全产业链上下游环节,掌握耐事故燃料、混合氧化物燃料、环形燃料等生产技术。

加强核能公众沟通,破解邻避效应

核电发展离不开全社会和广大公众的支持,公众沟通是伴随核电事业发展的一项重要主题。由于受到“谈核色变”的影响,部分民众对核电安全的认知还有待进一步沟通交流。这需要不断健全涉核突发事件应急处置公众沟通制度,在央地规划、经济、产业、生态、文化、社区等方面做好融合,加强与公众沟通和科普教育,营造知核、亲核的良好环境,凝聚社会共识发展核电。

完善核能法律标准体系,促进核能可持续发展

我国形成了 5 个层级的核安全法规体系,但是仍然缺少统领性的基础法,为更好统筹核能事业发展和安全,有必要尽快出台《原子能法》。随着科技进步和社会发展,核电技术也在进步,既有的法规标准有的不再适应核电技术的发展要求,需要与时俱进地出台或修订。如适用于小堆和先进堆的非居住区和应急计划区半径的确定,《核事故损害赔偿法》《核电管理条例》《核安保条例》等法规条例的出台或修订,加快进行核能全产业链标准体系的研究。CPEM