

# 小堆推进，大堆引领

文/Joanne Liou

**将** 核电规模扩大到实现净零排放所需的水平，是一项重要而多元化的任务。虽然许多类型的反应堆都可能发挥作用，但大型反应堆必将引领这一进程。大型水冷堆是20世纪核工业崛起的核心，目前已规划或在建的先进反应堆，其中许多功率在1000~1700兆瓦，有望成为新建核电的主体。

“对于已拥有在运核电厂的国家而言，推动核电容量增加的是大型轻水堆，而不是小型模块堆。”原子能机构核电司司长Aline des Cloizeaux表示，“大型反应堆是一项成熟的技术，可以经济地提供大量可靠的基荷能源。但我们也确实期待各国和各行业也能利用小型模块堆的潜力。”

必须扩大核能，以实现世界净零排放目标——这是原子能机构总干事拉斐尔·马利亚诺·格罗西去年12月在《联合国气候变化框架公约》缔约方大会第28届会议（COP28）上发表的一项宣言中发出的明确呼吁。该宣言得到数十个国家的支持。在大会近30年的历史中，核电首次被纳入“全球盘点”，从而确定了其地位。

根据原子能机构预测，高值情况下，到2050年核电容量将增加一倍以上，从2022年的371吉瓦（电）增加到2050年的890吉瓦（电），预计只有约10%的增长来自小型模块堆的部署。实现这一目标，意味着每年至少增加20吉瓦（电）。原子能机构规划和经济研究处处长Henri Paillere说：“高值预测雄心勃勃，但在技术上可行。”

小型反应堆，如小型模块堆和微型反应堆，可能特别适合为工业终端用户和电网较小的偏远社区供电，以及为制氢和海水淡化等非电力应用供电。然而，小型模块堆在更广泛部署之前，还需要示范；在未来几年，大型反应堆将继续主导核电格局。

目前正在建的58座核反应堆几乎都是大型反应堆，已运行核电国家的扩建计划和新启动核电国家大多集中在百万千瓦级的反应堆，尽管其中许多国家也在关注小型模块堆的最终部署。波兰是一个新启动核电国家，其目标是在本世纪30年代中期建成核电，计划利用大型核反应堆使装机容量达到6~9吉瓦（电）。中国目前在运反应堆达55座，预计到2060年，主要

根据原子能机构预测，高值情况下，到2050年核电容量将增加一倍以上，从2022年的**371吉瓦（电）**增加到2050年的**890吉瓦（电）**，预计只有约10%的增长来自小型模块堆的部署。



通过部署大型反应堆，将核电装机容量扩大八倍，达到约400吉瓦。

## 扩展核电面临的挑战

Paillere认为，扩大核电容量的最大挑战是与财政和人力资源有关的挑战，“需要有机制吸引投资者和私营部门投资新的核电项目，有足够的资金为清洁能源转型提供投资。令投资者对核电持谨慎态度的是风险，例如施工拖延。”

在核电新建项目中断数十年后，因为需要重新学习技能和恢复流程活力，西方国家大型首创核电项目建设经常受到成本超支和施工拖延的困扰。“其中一些国家已20年没有进行过建设。人才队伍需要培训，供应链需要重建。” Paillere说，“增加核电容量意味着增加建设和联网，这就需要有更多的工程师、技术人员、焊工等。人力资源问题不是核电所特有的，而是清洁能源技术面临的共同挑战。”从以往项目中吸取的经验教训，包括项目管理和利益相关方参与方面的经验教训，对于及时完成新建项目至关重要。

在白俄罗斯、中国、韩国、俄罗斯和阿联酋等一些国家，新建项目——其中大部分涉及先进水冷堆建设——基本按时在预算内完

成。des Cloizeaux表示：“先进反应堆的标准化设计加快了许可证审批，降低了基建成本，缩短了工期。”

## 核电的过去和未来扩展

20世纪70年代，主要在北美和欧洲的推动下，核电扩建蓬勃发展。1970年，核电运行国家有15个，核反应堆总数为90座，总装机容量达到16.5吉瓦（电）。在整个20世纪70年代中，每年都有25~30台新的核电机组开工建设。到1980年，核电运行国家达22个，核反应堆总数为253座，总装机容量达到135吉瓦（电）。到1990年底，全球核电装机容量增加了一倍多，达到326吉瓦（电）。

“核工业和供应链已相当完善，每年能够建造30吉瓦的核电容量。” Paillere说，“情况令人鼓舞，因为当时只有法国、日本和美国等少数几个国家引领这一趋势。如今，中国和俄罗斯已成为核电建设的中坚力量，并建立了扩大核电发展的配套供应链和产业链。”

无论是通过大型反应堆还是小型模块堆，复兴和扩大核能以实现全球目标，都需要政策支持和严格的成本控制。des Cloizeaux表示：“虽然有了实现目标的动力，但需要更多的政治行动。”

# 核电 扩展

