

下一代反应堆：促进可持续能源的安全和经济性工具

文/Matthew Fisher

“小型模块化反应堆的概念是寻求更小的单元、模块化结构、简化设计和已证明的安全性，以增加灵活性，并使投资决策更容易。”

—法国原子能委员会核能主管
Francois Gauché

核工业会从旨在创造更具固有安全性和更高效率核电厂的新一代反应堆中受益。这些反应堆可能有助于发展更具可持续性的核能，也可用于各种工业应用。

具有独特性能和安全性先进反应堆

下一代反应堆在性能、安全性和可靠性方面达到了几个标准。例如，小型模块化反应堆作为先进反应堆，能够产生高达300兆瓦的电力，其部件可以以预制模块形式运输到安装现场。

“得益于预制的建造模式和较小的规模，小型模块化反应堆的资本成本低于目前正在建设或运行的典型大型反应堆的资本成本。”原子能机构核电技术发展科科长 Stefano Monti说：“由于模块预制，然后送到安装现场施工，因此预计施工期也会缩短。小型模块化反应堆本质上也不太容易

发生严重事故，因为它们在设计上减少了堆芯损害频率。”

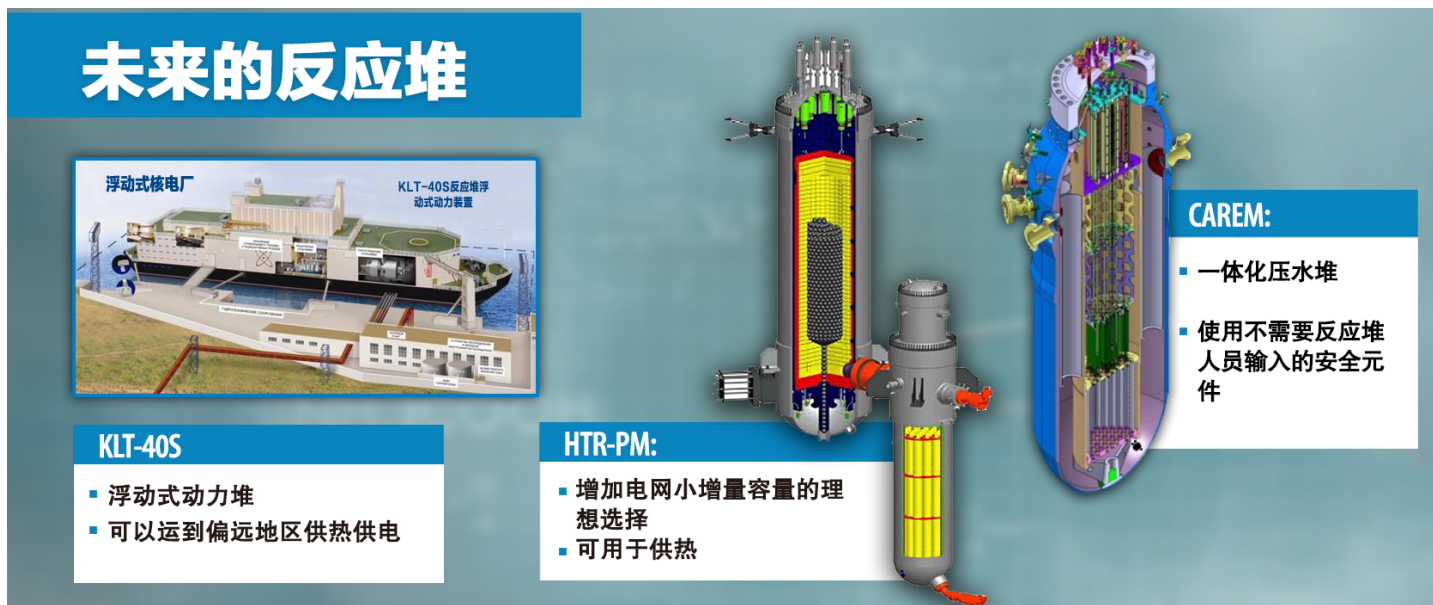
有了这些先进的反应堆设计，就有可能扩大核能的作用。到目前为止，核能主要用于发电，但是新一代反应堆可能更适合其他各种非电力应用。

“核能的好处不应局限于电力生产，还应针对其他应用，如热能生产。”第四代核能系统国际论坛政策工作组主席、法国原子能与可替代能源委员会核能主管 Francois Gauché说。“小型模块化反应堆的概念是寻求更小的单元、模块化结构、简化设计和已证明的安全性，以增加灵活性，并使投资决策更容易。”

一些国家正在开发和设计下一代反应堆，并且已有4座小型模块化反应堆在阿根廷、中国和俄罗斯开始建设。

促进可持续能源的创新型反应堆

迄今最先进的气冷反应堆——球



(图/国际原子能机构 F. Nassif)

床模块式高温气冷堆（HTR-PM），目前正在中国进行建设。清华大学核能与新能源技术研究院副院长兼副总工程师孙玉良表示，这种模块式反应堆是为了优化能源效率而设计的，是增加电网小增量容量的理想选择。这种反应堆类型也非常适合于热电联产应用，特别是用于较高温水平的热应用。

阿根廷正在建造一座一体化压水堆 CAREM，计划于2018年底投入运行。这座小型模块化反应堆的设计采用了不需要反应堆人员输入的安全元件，包括在检测到反应堆故障时自动停堆的功能。

KLT-40S 非常独特，是俄罗斯在建的浮动式动力堆。这种反应堆类型具有在偏远地区供热供电以及向单独消费者供电的潜在应用。俄罗斯在建的 RITM-200 用于破冰船的船舶推进，但也可以作为陆基或驳船安装的小型模块化反应堆，用于供热供电。

提高核能效率的快堆

快堆的设计目标是使铀产生的能量比现有的热堆高出60至70倍。通过回收乏燃料和利用“快”中子（裂变产生的没有被慢化剂慢化的中子），这些反应堆非常高效，产生的核废物少得多，并且可能具有核能非电力应用的巨大潜力，特别适用于工业过程。

目前在商业运行中使用的唯一快堆是俄罗斯BN-800反应堆。该反应堆在2015年12月并网发电，采用混合氧化物燃料，具有先进的安全特性。BN-800燃料效率非常高。

俄罗斯国家原子能公司副总经理 Vyacheslav Pershukov 说：“BN-800反应堆是迈向快堆全面商业化的又一步，它在成本方面将能够与压水堆竞争。”

原子能机构一直在支持这些创新技术的进展，特别是通过举办一系列关于促进可持续发展的新型反应堆技

核能界妇女

Patricia Paviet

美国能源部材料与化学技术办公室主任



Paviet 博士负责与核燃料循环后端相关的研发活动，包括材料回收和废物形式开发、材料保护、衡算和控制技术。在加入美国能源部之前，她曾担任核能科学与技术研究所主管爱达荷国家实验室燃料循环研究与教育副所长，负责加强和扩大大学在钢系元素科学、分离、保障和仪器仪表等领域的合作伙伴关系。Paviet 博士是第四代核能系统国际论坛教育和培训工作组主席。

“核燃料循环的未来活力、繁荣和可持续性取决于专业核工程师、科学家和放射化学家队伍的形成。同时还需要新的想法和创新的解决方案。教育和培训应该是优先事项，不仅是为了应对保持强大的受过良好教育的工作队伍的挑战，而且也是为了满足这一领域的预计增长。”

术会议。2017年6月，原子能机构在俄罗斯叶卡捷琳堡举行了第三次“快堆及相关燃料循环国际会议”。这些活动汇集了该领域的广泛专业人士，讨论如何最好地将新型反应堆设计应用于提供清洁和可持续的能源。

有助于克服挑战的新设计

虽然小型模块化反应堆可能提供许多好处，但是它们的实施还存在一些挑战。“由于先进小型模块化反应堆尚未部署，这些反应堆的监管基础结构尚未巩固。” Monti 说。“另一个挑战是在小型模块化反应堆设施中为所有模块设置一个单一的控制室。这一点以前没有做过，如果成功的话，可以帮助简化反应堆运行。”他补充说，虽然小型模块化反应堆的许可证审批最初可能需要较长时间，但一旦监管框架完善建立起来，这个过程应该会大大加快。