

全天候低碳能源创新： 混合能源系统的魅力

文/Emma Midgley

部署所有低碳能源是减少能源部门排放的关键。为确保全天候低碳能源供应，间歇性可再生能源系统在电网中的份额不断增加，核电厂也被用于混合能源系统，以填补太阳能和风能发电的缺口。

核能是一种可调度的发电能源，能够适应不断变化的能源需求，全天候生产大量可靠的低碳电力。正是由于这种稳定性，核能通常被用作基荷发电——持续运行，输出几乎没有任何变化。核能与可再生能源结合，通过弥补可再生能源的间歇性输出变化，能够提高电网的稳定性。例如，美国的一些核电厂经常将发电量调整10%~15%，以适应电力需求的常见变化和可再生能源的间歇性特点。

“核能-可再生能源混合能源系统能够发挥有力协同作用，将核能的可靠性和基荷能力与间歇性可再生能源相结合。这种综合方案是实现弹性、低碳能源未来的关键，既能满足日益增长的需求，又能减缓气候变化。”

原子能机构水堆技术研发团队负责人Tatjana Jevremovic表示。

为使每小时的能源消耗脱碳，需要利用所有无碳技术。这些能源之间的协同增效潜力仍有待充分挖掘，专家们正在研究直接整合这些系统替代方案的战略优势。核能-可再生能源混合能源系统旨在利用这些能源的各自优势，将核能和可再生能源耦合。目标是为电网提供可靠和可持续的电力，同时为能源消费的各个部门提供低碳能源。

耦合系统

混合能源系统以两种不同的方式整合多种能源发电装置。第一种是通过松散耦合系统，将各种能源的输出结合起来，以提高整个系统的性能和可靠性。第二种是通过更集成、更紧密耦合的系统进行能源整合，但核能-可再生能源混合能源系统尚待实现。这种类型的系统利用每个组合能源系统的独特优势，实现优化能源生产和环境效益。

“核能-可再生能源混合能源系统能够发挥有力协同作用，将核能的可靠性和基荷能力与间歇性可再生能源相结合。”

—国际原子能机构水堆技术研发团队负责人Tatjana Jevremovic

“无论发电是来自核能、风能、水力、太阳能、生物质能还是地热能，向集成度更高的能源系统转型，都有可能确保持续满足电网需求。理想情况下，这类系统还将结合储能解决方案，以有效管理净电力需求的波动。” Jevremovic说，“此外，将碳税纳入采用核能-可再生能源混合系统的经济评价中，可能会使其运行成本甚至低于与传统化石燃料能源相关的成本。”

未来，将根据实时工况设计密切耦合的混合能源系统，以最大限度地发挥协同作用和优化发电。例如，可再生能源可与核电厂进行更大程度的整合，在高峰需求时提供补充电力，弥补核能不能灵活快速改变输出的缺陷。另一个例子是，如果核能与水电系统集成，那么在非高峰时段，核反应堆的多余能量可用于将水泵入高位水库，然后在高需求时段释放出来驱动水轮发电机发电。

核能-可再生能源混合系统还可用于管理和协调偏远或离网地区的发电，以确保医院或运输站等关键基础设施的电力供应。爱达荷国家实验室最近展示了一种称为“箱式微电网”的独立系统。在这种情况下，小型模块堆将与水力、太阳能或风能相结合，在发生停电或大范围电力中断时供电。

原子能机构的作用

原子能机构最近启动了一个关于核能-可再生能源混合能源系统技术评价和优化的协调研究项目。目标是改进评估核能-可再生能源混合能源系统在当前和未来能源系统中的潜在作用的方法，并确定机会，促进国际合作和知识共享，帮助各国实现净零排放目标。巴基斯坦是该项目参加国之一。“考虑到巴基斯坦能源需求和全球环境挑战，核能-可再生能源一体化战略大放异彩。”巴基斯坦工程应用科学研究所首席工程师、助理教授 Haseeb ur Rehman表示，“阳光和风充足，而核能增加了稳定的核心。这种组合既减少了排放，又提高了能源安全。”

原子能机构与设在巴基斯坦工程应用科学研究所的国际原子能机构协作中心合作开发了一个名为“在线核电厂部件任务模拟器中心”的平台。平台包括两个模拟器，分别基于核能-风能混合能源系统和核能-太阳能混合能源系统。这些在线模拟器使用户能够进行核电厂系统和子系统运行性能的培训。模拟器和相关文件可按要求免费分发给世界各地的核专业人员。

无论核能发电还是可再生能源发电，综合能源系统都有可能确保持续满足电网需求。

(图/国际原子能机构)

