

智能、稳定、可靠

低碳能源系统中的智能电网与核电

文/Sinead Harvey

核电与智能电网——连接生产者和消费者并使用新技术的双向网络——相结合，可以帮助各国向低碳电力资源过渡，确保可靠、稳定和可持续的能源供应。

许多国家正在使低碳能源结构多样化，以帮助他们经济去碳化和实现气候目标。这使得全球向可再生能源转变；然而，仅靠这些能源还不能完全可靠地满足需求。

“低碳可再生能源对气候友好，但由于太阳能和风能的间歇性，以及缺乏大规模的储能能力，它们并不总是容易控制或能够满足能源需求。这意味着电网往往需要补充能源。”原子能机构规划与经济研究科科长Henri Paillere说，“随着更多样化的能源输入网络，电网不得不变得更加灵活、更具有适应性，以确保可靠和有适应能力的能源供应。”

核电可以每周7天、每天24小时产生低碳能源。它为各国转向低碳能源系统提供了能源安全。核电厂通过灵活运行，可以补充可再生能源的可变发电量，凭借其大型蒸汽轮机的惯性，这些核电厂还可以帮助稳定电网，确保清洁可靠的电力供应。

传统上，电网依靠燃烧煤炭和天然气等化石燃料发电厂，通过开启和关闭满足能源需求。

而智能电网则可以接受多种不同

的能源，并且与不太灵活的传统电网不同，可以在不同能源之间动态切换。虽然智能电网早已存在，但技术进步使其更上一层楼。智能电网可以利用人工智能和物联网（一种通过互联网连接的计算机和设备系统，可以动态地分享和处理数据）等最新技术收集信息，提高运行效率和自动化流程。

例如，智能电网可以利用人工智能生成的预报来预测阴天和无风的日子，并动态地从太阳能和风能生产切换到核能等可替代能源，以实现不间断的供应。人工智能还可以预测风暴可能袭击的地点和可能持续的时间，在输电线路受损的情况下，向电网发出信号，以扩大生产规模，实现生产多样化。

如果输电线路出现断裂或停电，电网物联网系统的传感器和设备可以通知电网运营者需要进行维修工作，并改道供电或从其他来源取电。

在传统的电网中，风暴的影响只能在风暴过后才能评估。因此，生活在断电线路的下游，往往意味着在线路修复之前没有电。智能电网由于能够找到电力生产和输送的替代方案，因而适应能力更强，可以减少用户的停电时间。

以全球最大的电力生产商之一法国电力公司（EDF）为例，目前正在开发的一些创新型智能电网技术包括

使用5G（新一代移动互联网技术）来加强物联网，以及开发更高效的电流混合网络。区块链技术为跟踪和处理交易提供了一种高度安全的方式，也正在被引入，以证明正在生产清洁能源的地点和数量。法国电力公司正在使用一种名为“数字孪生”的方法来构建虚拟环境，用于预测电网维护需求和减少维修费用。

“我们对智能电网的研发重点是应对一系列挑战。我们也在考虑社会对更绿色的电力基础结构的期望，并为风险做好准备，如气候变化的影响、网络风险以及确保网络对潜在危机的适应能力。”法国电力公司研发部门经理Bernard Salha说，“当然，计算能力的提高所带来的任何新方法都将经过在现有模型上的测试，以提高其准确性。”

原子能机构高级核安全官员Dian Zahradka说，评价这些技术进步的影响是这一过程的重要组成部分。“新技术只有在安全的情况下才是有益的。根据原子能机构的安全标准，任何设计修改，包括人工智能和物联网技术的使用，都要经过严格的安全评定，以评价这些变化和现代化可能对核电厂产生的任何影响，以及它们如何与电网互动。原子能机构组织技术会议，以讨论潜在的影响并分享核电厂使用这些技术的经验。”

电网惯性与核电

智能电网可以让更多的能源主动连接并动态使用。然而，这也为电频率的更大波动打开了大门，从而带来了更多的不稳定性。

电网以特定的频率运行，并被设计为保持在一定范围内，以确保能源的稳定供应。当人们打开和关闭电气设备时，频率的变化会不断发生。这些变化通常被能源的发电运动部件所吸收，如核电厂或化石燃料电厂的旋转涡轮。

这种沉重的旋转质量可以转动得稍快或稍慢，就像一个减震器，帮助平衡频率波动，缓冲快速变化。这些部件的运动方式及其对电网中能量的影响称为电网惯性。

然而，像太阳能这样的可再生能源没有这些运动部件。其他有这些运动部件（如风力涡轮机）的可再生能源，这些运动部件并不直接连接到电网，而是通过变频器运行，这意味着它们不具备必要的电网惯性。

“没有惯性，电网吸收波动的能力有限，会变得不稳定。”美国爱达荷国家实验室综合能源系统国家技术总监Shannon Bragg-Sitton说，“在大的变化面前，它也会变得特别脆弱，比如能源的突然中断、净负荷的大幅变化或严重的输电事件。这些变化可能会导致突然的电力过载或短缺，并可能最终停电。核电可以协助应对这一挑战，并为电网提供一些必要的稳定性。”

原子能机构通过出版物、讲习班和技术会议，支持各国评估电网的可靠性和适应力，包括使用核电。原子能机构还将核工业和电网系统的利益相关者联系起来，使他们能够交流信息，介绍良好实践，讨论共同的挑战和机遇。这些活动有助于各国制定实现能源安全和可持续性的能源战略。