确保下一代核反应堆的数字技术安全

文/Joanne Liou

所有创新都会带来可能改变行业的潜在利益，但也会带来潜在风险。在核领域，包括小型模块堆在内的先进核反应堆正在纳入创新技术，特别是产生新颖解决方案的数字技术。

人们对小型模块堆的兴趣日益浓厚。这些先进核反应堆具有有限的电功率，通常每台机组最高300兆瓦，约为传统核反应堆发电能力的三分之一。然而，在这些新反应堆中使用尖端的数字技术在核安全和核安保方面带来了新的挑战。全球有80多种处于不同发展阶段的小型模块堆设计和概念。

“部署小型模块堆的一个挑战是如何在保持遵守核安全和核安保标准的同时，加快其技术发展，并展示其准备水平。”原子能机构信息技术安全官员Rodney Busquim e Silva说，“这加强了在小型模块堆寿期中考虑和维护数字仪器仪表和控制以及计算机安全解决方案的必要性。”

“交换信息的必要性可能会引入网络犯罪分子可以利用的途径，因此需要对通信基础设施进行强有力的网络安全考虑。”

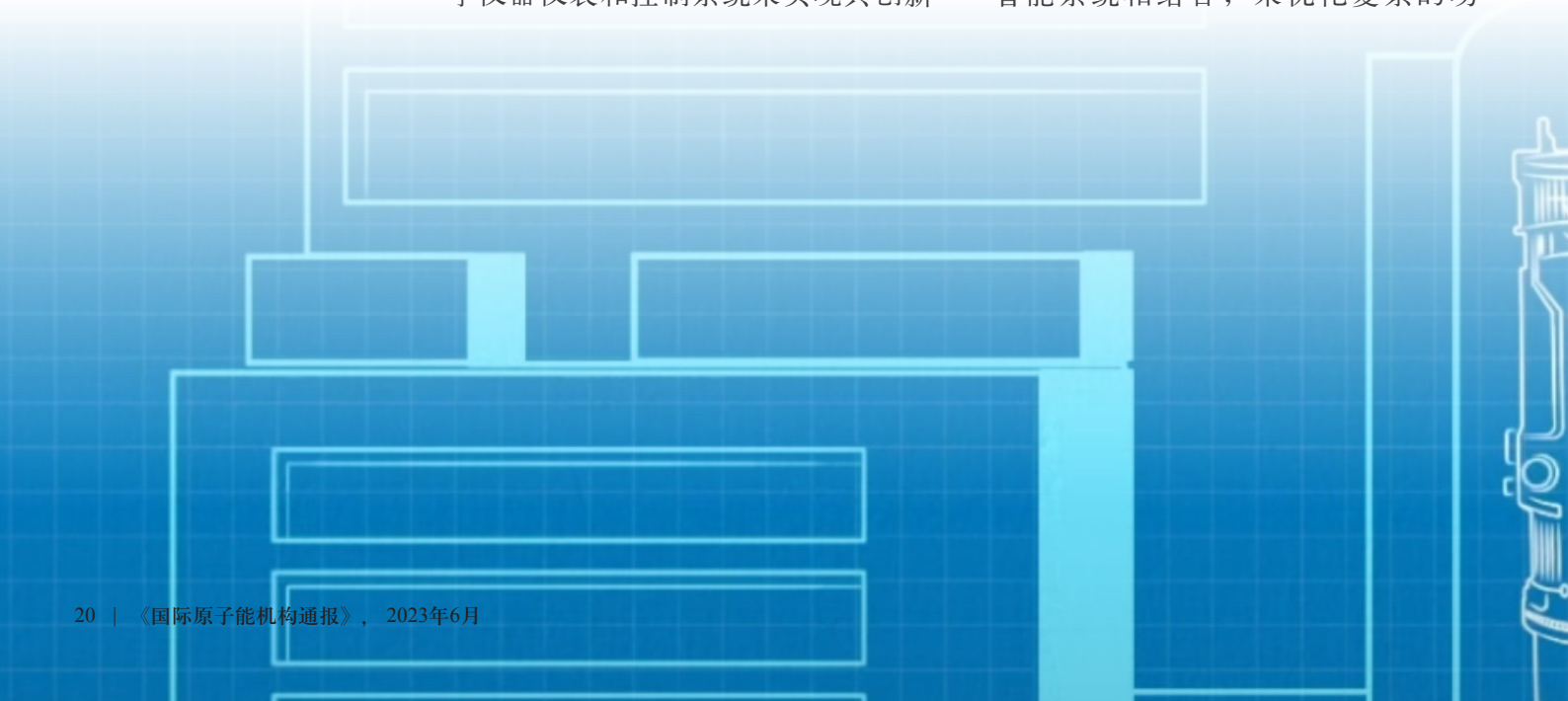
—英国计算机安全专家Mike St.John Green

计算机化解决方案和挑战

小型模块堆的创新设计依赖于数字仪器仪表和控制系统来实现其创新功能。自动化、远程监控和维护以及其他新功能所需的数字技术的增加，突出了对计算机化解决方案的需要。

一些小型模块堆的设计是为了在偏远地区部署核电和减少现场工作人员数量，这可能导致需要持续可靠的远程监控。鉴于数字仪器仪表和控制系统的设计，应用计算机安全措施应是小型模块堆现场与支持中心之间安全通信的先决条件。“交换信息的必要性可能会引入网络犯罪分子可以利用的途径，因此需要对通信基础设施进行强有力的网络安全考虑。”英国计算机安全专家Mike St.John Green表示，“远程操作必须保护信息的保密性、可用性和完整性，以确保小型模块堆和相关基础设施的安全可靠运行。”

人工智能和机器学习也支持小型模块堆的运行。人工智能技术可创造能够处理复杂问题的系统，而机器学习技术则学习如何基于数据完成特定任务。核工业试图通过将核设施和监控系统的数字模拟与人工智能系统相结合，来优化复杂的功



能，从而提高运行效率。然而，这些好处确实伴随着网络攻击的可能性。例如，人工智能和机器学习所需的基于软件算法依赖于数据库，而这些数据库可能会被操纵，从而导致人工智能的错误决策。

来自中国清华大学的博士生Si Wen说：“这些系统在开发过程、交付或软件安装过程中，可能会受到代码注入的影响，例如，故意向它们输入损坏的数据。总的挑战是如何使人工智能和机器学习算法具有足够的透明度。必须以可接受的风险水平对人工智能和机器学习的可接受使用进行明确定义。”

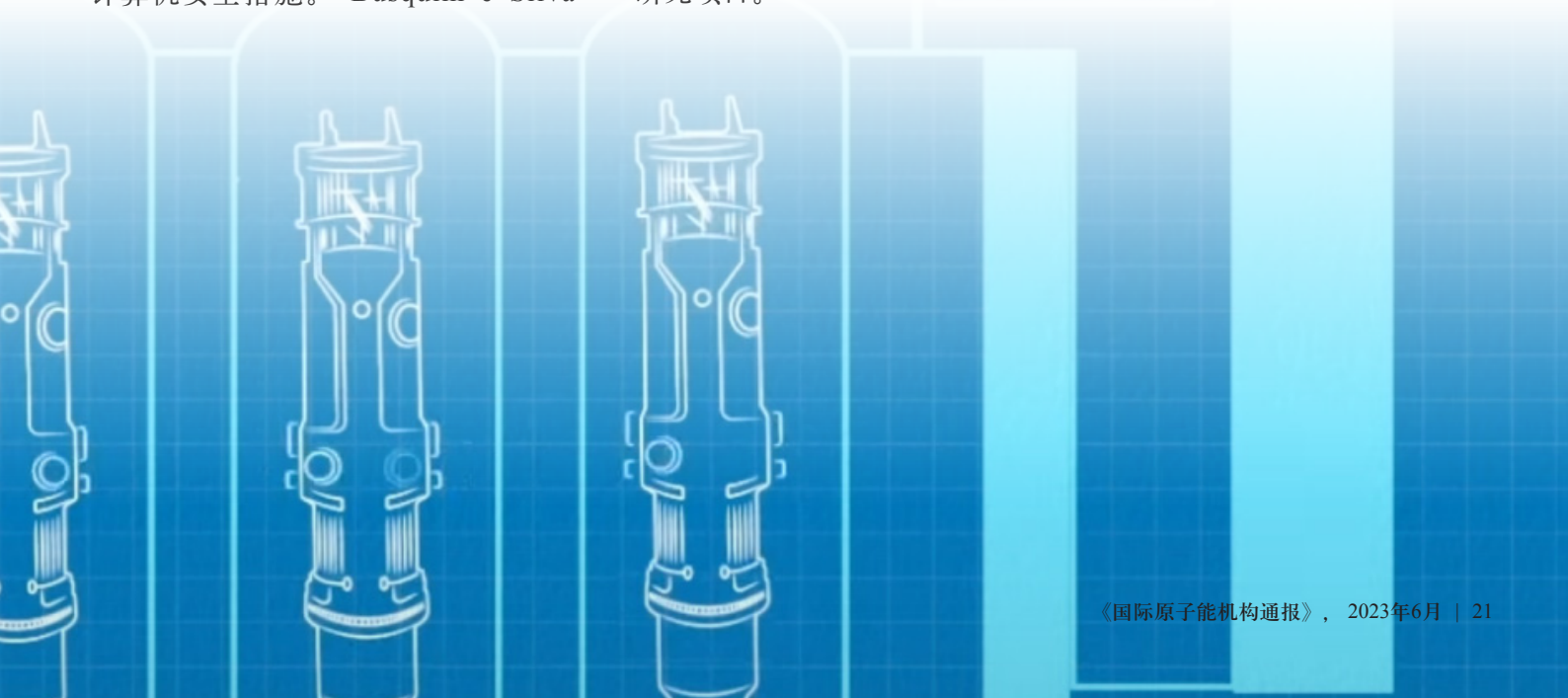
安保始于设计

专家们一致认为，核设施的计算机安全必须从一开始就加以考虑。这种积极主动的作法被称为“安保始于设计”，它借鉴了最佳实践和经验教训，并执行一种“始于设计”的概念，这种概念同样适用于核安全、核保障和核退役。

“计算机安全始于设计”旨在通过一种方案从源头上降低安保风险，这种方案考虑在设施寿期或流程的所有阶段采取系统和一致的安保。“在小型模块堆的整个寿期中，从设计到运行再到退役，都需要考虑和维护计算机安全措施。”Busquim e Silva说，“当从一开始就考虑安保（包括网络安全）时，设施开发者可以作出将使设施更安全可靠、更高效和更具成本效益的设计选择。”

国际原子能机构的作用

原子能机构将来自核组织和其他组织的专家联系起来，讨论和确定与小型模块堆的技术和运行特性有关的计算机安全相关问题和挑战。例如，2022年2月，原子能机构主办了一次小型模块堆仪器仪表和控制系统与计算机安全技术会议，以促进国际专家之间的合作和信息交流。与会者一致认为，有必要协调各国的方案和法规，以使小型模块堆国际市场变得可行。“标准化小型模块堆的仪器仪表和控制方案开启了一个全新的技术领域。新操作模式所需的自动化程度不断提高，以及数字系统的广泛使用，要求从设计层面采取计算机安全措施和工程解决方案，以确保电厂的安全可靠运行，”出席会议的阿根廷核监管局代表Jorge Casanova说。

2023年3月，原子能机构还举办了一次讲习班，进一步探讨小型模块堆计算机安全及仪器仪表和控制相关技术能力的发展。此外，原子能机构计划于2024年就该主题启动一个协调研究项目。

全球有80多种处于不同发展阶段的小型模块堆设计和概念。