



# 核能复兴

出于能源安全而采用核能的理由越来越充分  
泰德·诺德豪斯和朱泽尔·劳埃德

## 最

近几个月，发达国家核能的命运发生了巨大的转变。随着俄罗斯入侵乌克兰将新冠疫情后的能源短缺变成了一场全面的能源危机，欧洲各地关停核电站的计划在最后一刻被叫停了。在被冻结十年之后，日本宣布计划重新启动多个反应堆——这些反应堆在福岛第一核电站发生事故后便一直处于闲置状态。法国在马克龙总统的第一个任期内推出了减少核能依赖的计划，但现在已经转变了方向，计划建造6座新反应堆和十几座小型模块化反应堆。英国已经启动了一项富有雄心的计划，将建造8座新反应堆和16座小型模块化反应堆。就连反对核能的德国也承认了能源地缘政治的基本现实，延长了该国最后三座在产核电站的使用期限。

重新启用核能，是灰暗地缘政治格局中的一线希望。尽管我们在降低可再生能源成本以及提高其可行性方面取得了重大进展，但当前这场能源危机提醒我们：世界仍然十分依赖化石燃料。欧洲可以说是全球最富有、最环保的地区，也是过去二十年来投入数万亿美元推动风能、太阳能经济转型的地区。但现在，欧洲却被迫竭力寻找化石燃料，以取代俄罗斯的石油和天然气。欧洲开始从美国和其他地区进口液化天然气，快速推进位于北非的新管道项目，并启动了原已封存的燃煤电厂，以维持电力供应和工厂的运转。

新兴市场和发展中经济体的情况更加糟糕。欧洲正在用钱解决能源短缺问题。但世界许多其他地区则没有资源来这样做。大幅上升的能源价格导致发展中国家出现能源

## 重新启用核能，是灰暗地缘政治格局中的一线希望。

短缺、电力中断和抗议活动，并使数亿人重新陷入极端贫困。与此同时，由此导致的化肥价格大幅上升威胁着粮食产出，引发了人们对饥荒的恐惧——近几十年来，即便是全世界最贫穷的地区也基本未出现饥荒，而如今这可能再次出现。

### 可再生能源的局限性

综上所述，这些情况说明两个相互关联的结论。首先，世界仍然过于依赖化石燃料。在减少对化石能源的依赖和减少碳排放方面取得的进展是实实在在的。但这一进展仅仅在于可再生能源在电力行业中比例的上升以及全球能源经济其他领域的能效的增量提高。对于前者，电力行业仅占全球能源使用和排放的约20%；而对于后者，目前全球能源经济几乎仍然完全由化石燃料驱动。

其次，仅靠风能和太阳能不足以打破这种依赖。即使在世界上几个最富裕国家的电力行业中，风能和太阳能的发电量也没能超过总发电量的三分之一。即使是表现最突出的国家也是这样。丹麦——绿色转型的典范——约有50%的电力来自风能。但丹麦全面融入了更大的北欧国家电网，其涵盖了瑞典、挪威和芬兰，以水电和核电为主。丹麦引以为豪的风能发电仅占北欧国家电网每年总发电量的4%左右。

核能是这两个问题的一个潜在答案，它提供了一种稳定的电力来源，可以补充电网上的各种可再生能源，就像其在北欧国家电网中发挥的作用一样。它还具有为众多工业和其他能源密集型行业（从炼油、化肥制造到钢铁和制氢）提供无碳排放的热能和电力的能力——这些经济活动很难完全实现电气化。

然而，要想在技术先进经济体的电力行业发挥发电之外的作用，核技术就需要变

革。在适当的经济和制度环境下，过去主导该行业的大型轻水反应堆技术可以十分有效地替代电网中的化石燃料。法国75%的电力来自核能，而瑞典和其他几个发达经济体的这一比例约为50%。

但大型轻水反应堆技术复杂，需要训练有素的人员来维护和操作。它们的堆芯中含有大量裂变物质，因此依赖于多种主动安全系统来保障运行安全。这反过来又需要完善的监管能力，以确保核电站的安全运行。大型轻水反应堆也需要定期添加燃料，大约每18个月一次。这使得在任何特定地点将反应堆运行与核燃料循环分离的实际操作变得更加困难，引起了一系列核扩散问题。

在较低温度下运行的轻水反应堆无法满足许多重要产业对热能的需求，因此其作用仅限于电力行业。即使在发电领域，由于轻水反应堆调节发电量的能力较为有限，因此对于存在大量风能、太阳能等可变发电的电网而言，轻水反应堆并不是最优的选择。

### 调整核电

由于这些原因，如果要让核能在世界许多地区发挥重要作用，解决能源安全问题和气候挑战并让其不仅仅只用于发电，就需要在一些重要方面做出调整。几种新的先进反应堆技术正在开发中，这些技术更适合工业生产，目标是取代现有的燃煤能源生产。中国已经实现其首座高温气体反应堆并网发电，预计其最终将取代现有的燃煤电厂，并将用于其他工业用途，如制氢和化工生产。美国承诺在本十年内建造两座先进的示范反应堆。其中一个由X-energy公司设计，用于提供工业热能和电力；另一个由TerraPower公司设计，其目的是替代燃煤电厂，并将使用集成的





熔盐储能系统对其进行优化，以作为可变风能、太阳能发电的备用来源。

同样，规模较小、复杂程度较低的先进反应堆——其更适合满足那些没有维护、运行和管理大型常规反应堆的技术知识和制度能力的国家的能源开发需求——目前正在开发中。新的先进技术，如奥克罗（Oklo）的极光反应堆正在美国和加拿大申请许可证。这些非常小的反应堆是密封的，不需要定期添加燃料，因此非常适合将整个反应堆接入电网或在偏远的离网地区使用。这些反应堆可以在不添加燃料的情况下运行多年，并在最后由新装置替换，自身则会被送回工厂添加燃料和翻新。

如果要让核能在许多发展中经济体发挥重要作用，并让其不仅仅局限在发电行业或其技术本身，那么这种创新将是必要的。为此，我们需要新的商业模式；新的、更灵活的监管、许可和出口规则；需要修订全球核不扩散框架，以充分发挥这些新技术的潜力，在全球范围内提供与取代化石能源相一致的低碳热能和电力。

我们也需要对气候发展融资这一长期以来的虚伪做法进行深刻反思。当富裕国家为应对能源危机而争相垄断全球化石燃料资源时，欧盟、美国拜登政府和全球气候运动给世界上最贫穷的国家带来了巨大压力。若能获得前者的一小部分财富、基础设施和技术能力，这些最贫穷的国家将有望实现世界上最富有的国家无法实现的目标，即在不需要进一步大规模开发化石燃料的前提下为它们的经济提供能源——这是由于有关国家以减缓气候变化的名义，全面禁止了化石燃料的开发融资。

由于大多数开发银行将核能和水电排除在外（这主要是由于捐助国在环境方面的反对），当前的气候发展融资实际上限制了最贫穷国家的发展愿望，使其只能使用可再生能源。虽然风能和太阳能已经开始在许多贫

穷国家站稳脚跟，但其规模仍然很小，对帮助这些国家修建可通行的道路、制造钢铁或化肥，或在快速发展的城市中建造现代住房和基础设施几乎没有帮助。

### 为非洲提供能源

如果说世界上有哪个地方应该能够实现上述所有能源议程，那就是撒哈拉以南非洲地区。该地区的人口是西班牙的18倍，但用电量却与西班牙相当。在那里，超过6亿人无法获得电力、清洁烹饪燃料和现代交通。整个非洲大陆只有两家工厂能够生产氨——也即生产合成肥的关键投入品，而由于无法获得负担得起的化肥，小农户们处于不利地位，产量比美国或欧洲的同行人低了5倍。

核能和风能、太阳能一样，不是万能的，也不能解决所有的这些问题。根据非洲的需求设计和推广的新的核技术，至少还需要十年时间。

但许多非洲国家，包括加纳、肯尼亚、纳米比亚、尼日利亚、南非、苏丹、坦桑尼亚、乌干达和赞比亚，近年来都对发展新的核电站表现出了浓厚兴趣。任何在未来实现繁荣、现代化非洲的长期道路，都很可能需要它们。预计到2050年，非洲人口将翻一番，成为世界上人口最多的地区之一。

与最富裕的国家一样，在未来几十年里，非洲和其他大部分发展中国家的化石燃料很可能仍然是现实生活中能源的主要来源。在全球范围内加速摆脱化石燃料依赖，需要考虑新的低碳选项，而不是避而远之。毫无疑问，核能是选项之一。当富裕国家重新考虑原子的价值时，它们早就应该重新考虑其在应对全球发展挑战和全球气候挑战中的潜力。 **FD**

**泰德·诺德豪斯（TED NORDHAUS）**是美国突破研究所的创始人兼执行董事，**朱泽尔·劳埃德（JUZEL LLOYD）**是该研究所的气候和能源分析师。