

# 材料科学和技术的进步扩大了核电的清洁能源效益

文/Carley Willis

**材**料科学和技术的进步有助于延长核电厂寿期，使各国能够继续获得清洁能源效益。

“为长期运行而改造核电站的费用比建造新的核电厂低得多。”原子能机构核电厂运行和工程支持工作组组长Ed Bradley说，“核电厂的长期运行是提高当前核电可持续性的绝佳机会，因为它是最具成本效益的低碳电力来源之一。鉴于与过去相比我们今天所拥有的材料和技术，对于许多试图实现去碳化的国家来说，这已经成为有吸引力和竞争力的方案。”

大多数核电反应堆最初建造时的运行寿期为30至40年。延长核电厂寿期需要评估现有核电厂，并确定它是

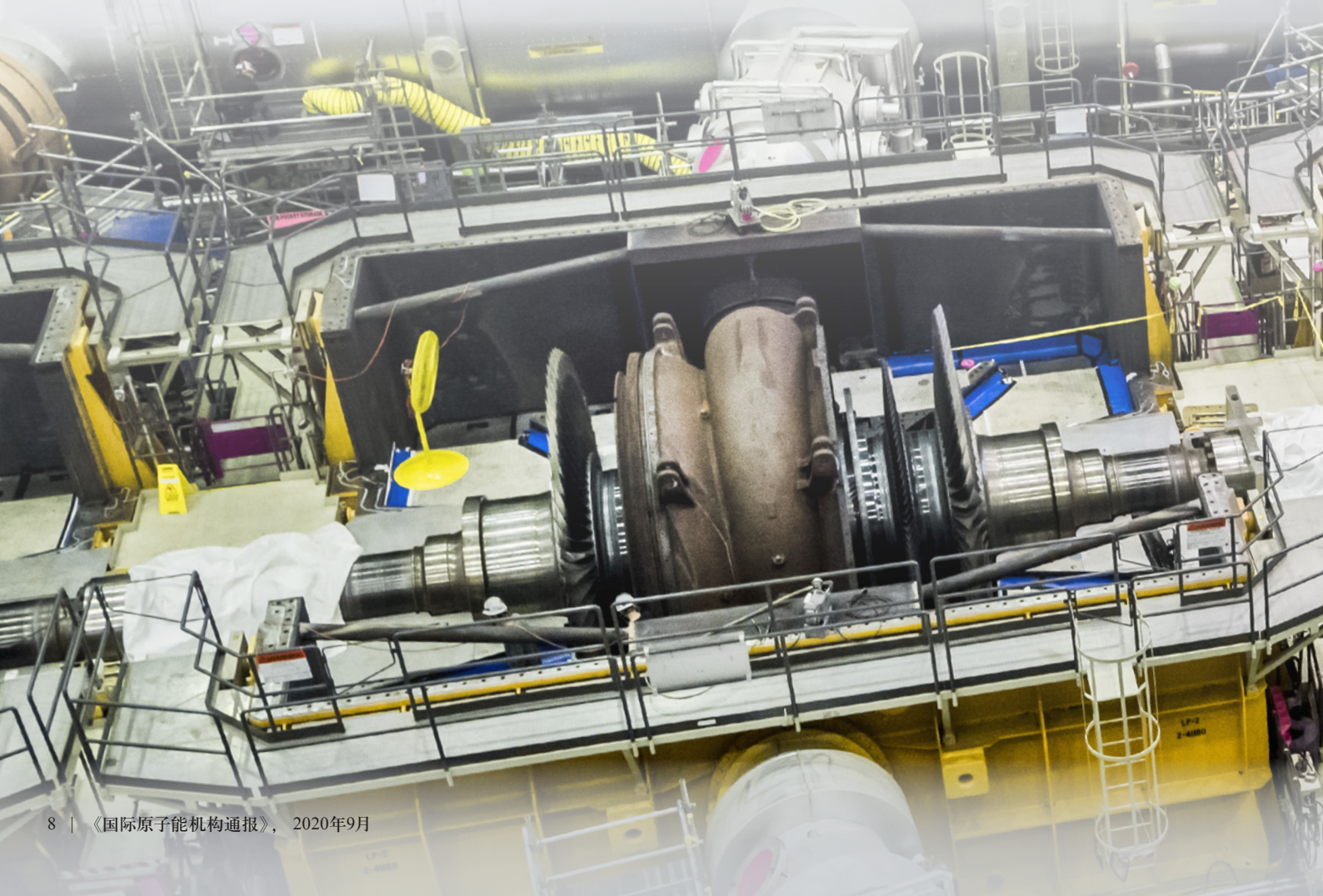
否可以安全、可靠和具有成本效益地继续运行到假定的退役日期之后。当核电厂运行寿期被延长时，通常可以继续运行20至40年。

“鉴于核电厂在最初选址、设计和建造期间所做的广泛而全面的工作，以及在整个运行过程中的老化管理，加上一定的升级和改造，许多核电厂能够在远超过原预期运行寿期后继续安全运行。”原子能机构高级安全官员Robert Krivanek说。不过，他补充说，一些核电厂的某些组件和设计不容易更新或更新不具有成本效益，这意味着它们不适合长期运行。

老化核电反应堆面临的主要挑战之一是退化。随着核电厂的运行，其

达林顿改造项目2号机组  
两台汽轮机俯视图。

(图/安大略电力公司R.  
Radell)





结构和部件必须承受住高温、紧张环境和连续运行，随着时间的推移，这些结构和部件可能会磨损。

“常规评价和部件更换可以缓解退化，但随着时间的推移，这可能不是经济上最佳方案，特别是在长期运行的情况下。”Bradley说。

## 新技术和新材料

激光束焊接和摩擦搅拌焊接等新技术的发展，以及双相不锈钢等材料的发展，提供了更好的抗腐蚀能力，这意味着一些部件现在能够更加长久耐用，使核电厂继续运行变得更加经济可行。

研究人员还在更好地了解核电厂的不同运行条件如何影响部件和结构。例如，加拿大安大略省的坎杜反应堆在1970年至1993年期间投入使用，通过材料科学研究和部件检测，一些部件可以在预期的30年后再次安全运行10年。而通过一项耗资185亿美元

的改造计划，将使运行时间第二次进一步延长，最多可延长40年。这意味着，一些建于20世纪80年代的反应堆将安全运行到21世纪60年代。

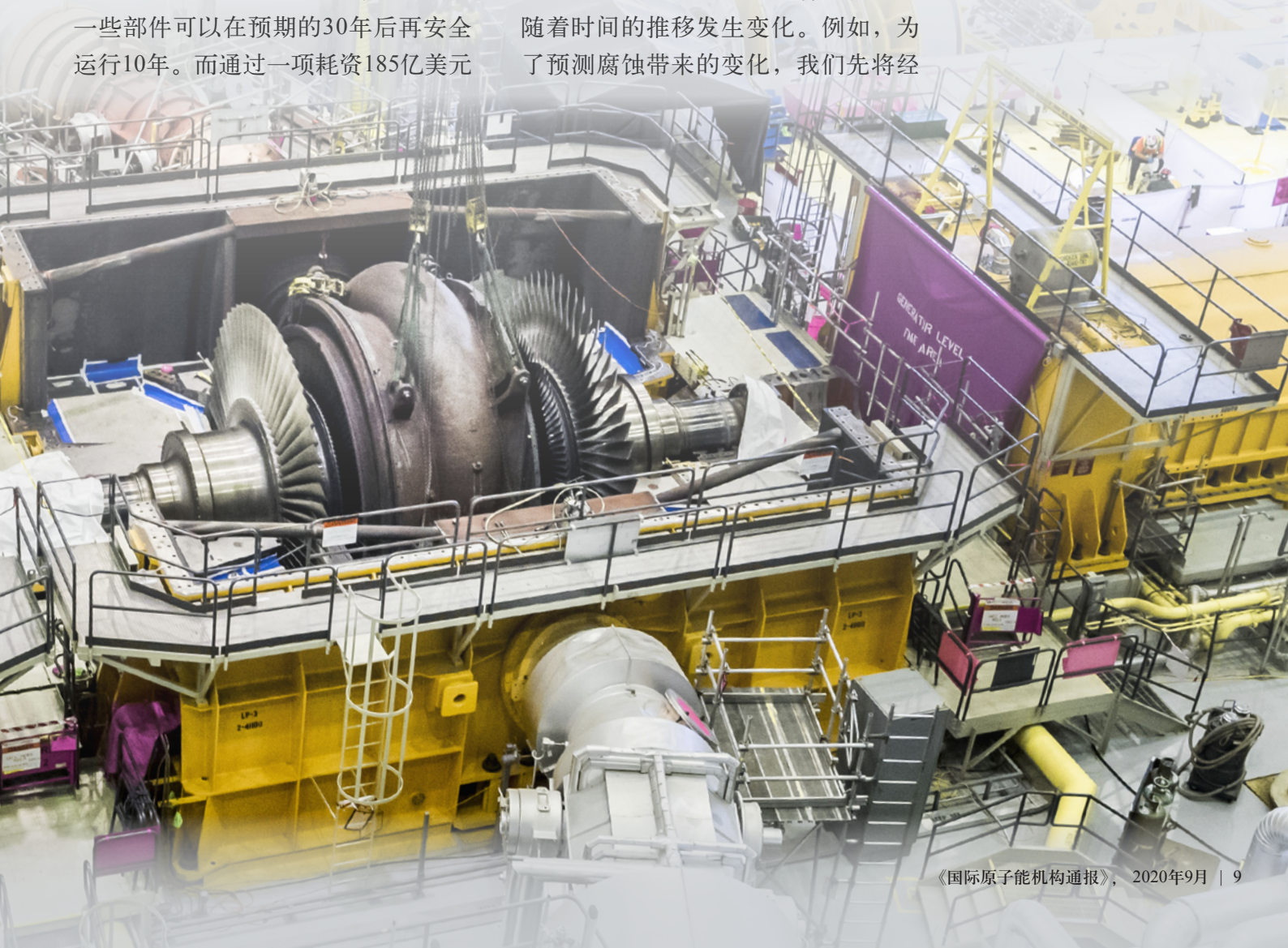
“我们的反应堆建造时核电厂在世界上刚起步不久，我们的反应堆设计的最初预期寿命保守估计为30年。”由分布在7个国家的坎杜堆核电运营者组成的行业集团，坎杜堆所有者集团的总经理兼首席执行官Fred Dermarkar说，“随着我们对这些设施的运行和熟悉，以及对它们老化情况的了解，我们可以认识到继续长期运行的巨大好处。”

Dermarkar解释了最先进的材料科学如何用于预测未来许多年的材料特性。他说：“坎杜反应堆使用称作压力管的部件冷却燃料。在反应堆环境中，由于高中子通量、高温和高压以及冷却水的腐蚀，压力管的特性会随着随着时间的推移发生变化。例如，为了预测腐蚀带来的变化，我们先将经

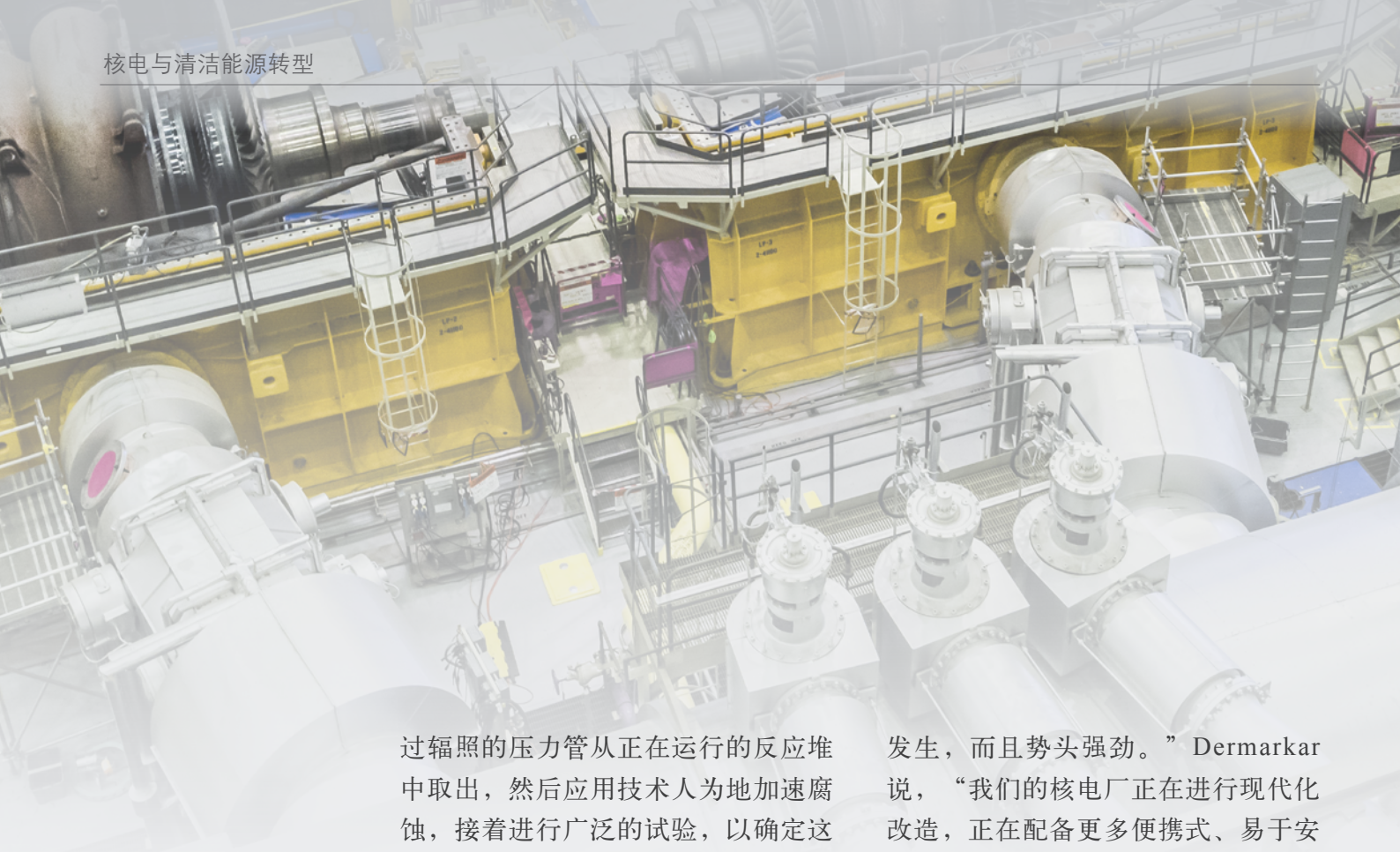
---

“随着我们对这些设施的运行和熟悉，以及对它们老化情况的了解，我们可以认识到继续长期运行的巨大好处。”  
—坎杜堆所有者集团总经理兼首席执行官Fred Dermarkar

---







过辐照的压力管从正在运行的反应堆中取出，然后应用技术人为地加速腐蚀，接着进行广泛的试验，以确定这些人为老化部件的材料特性。通过这种方式，我们可以证明这些部件能用多久。在实验室里领先一步，我们就可以有把握地认为，这些部件将继续安全、可靠地运行，直到其预定的改造日期。”

## 大数据与核电

研究人员现在也在探索如何利用大数据评估和确定核电厂长期运行的可行性。大数据是一个术语，用于描述对非常快速、往往实时收集的极为复杂且数量庞大的数据分析，以确定趋势和模式，并预测结果和行为。

就核电厂长期运行而言，从运行日志、反应堆测量和报告事件等核电厂运行情况中收集数百万个数据点。通过使用核相关大数据软件对这些数据进行挖掘，研究人员可以利用模拟工具预测核电厂的系统、结构和部件在不同状况下的老化情况，并确定哪些可能需要更换，以及需要进行更换的大致时间。

“大数据不仅仅是未来，它正在

发生，而且势头强劲。” Dermarkar 说，“我们的核电厂正在进行现代化改造，正在配备更多便携式、易于安装的仪器，以收集数据并及早预测问题，使我们能够及早采取纠正行动。我们看到实实在在的好处：我们的核电厂今天的性能比历史上任何时候都要好。”

帮助各国实现核电厂的长期运行是原子能机构工作的一部分。原子能机构制定国际公认的安全标准，通过技术出版物提供导则，例如通过《核电厂老化管理：国际通用老化经验教训》出版物提供导则，以及通过长期运行安全问题同行评审工作组访问共享专门知识。原子能机构还为世界各地的运营者、监管者和决策者讨论经验和共享良好实践协调了一个工作组。

“长期运行的主要挑战是保持最高的安全标准，并以经济的方式实现这一目标。”安特吉公司核电分公司许可证展期服务负责人、原子能机构长期运行工作组组长 Garry G Young 说，“我们的工作正在不断探索如何确保高效和安全，并传播在该领域取得的成果和进展，使研究和发展对大家都是最有益的。”