

# 世界

# 核电形势

Alan McDonald

## 世界核能发电现状及其未来前途

**讨**论今天的核能发电必须考虑三个基本现实。

第一，对核电的期望正在上升。

第二，“一个尺码不适合所有的人”，意思指你无法用一个普遍适用的答案回答像“核电是否经济？”这样的问题。正如生活中其他事情一样，答案是“看情况”——有的时候是，有的时候不是。在核电情况下无疑也是一个答案不适合所有情况。

第三个要素是经济。核电能否适应这种上升的期望，将取决于它比其他能源便宜多少。无疑，原子能工业可以通过降低成本影响这个问题，然而还有一些不受行业控制的因素，诸如天然气或（二氧化碳排放限额交易中）碳额度的价格，对任何具体的投资者来说也将决定核能是否是一种成本低效益大的方案。

### 历史记录回顾

世界核发电容量从1960年到20世纪80年代中晚期迅速增长，在1986年占世界总发电量的16%。然后发电容量增长趋缓（见第47页图表“全世界核发电能力预测”），然而核电16%的电力份额在随后20年里大致保持稳定。稳定的16%份额意味着核发电量与世界总发电量以同样的速度稳步增长。这是由于在20世纪90年代发电容量缓慢持续增长和反应堆可利用因子稳定提高（见第48页上的图表“核发电能力和发电量的提高”）。能源可利用因子是一座反应堆全年生产的电量与全部时间以额定功率运行可生产的电量之比。

可利用因子在20世纪90年代因为几

个理由而提高，主要是技术和管理上的改进、解除监管和安全改进。

技术上和管理上的改进是最直接的。每个行业都在不断地改进，包括利用新型材料、新的计算机、新的质量控制程序，等等。原子能工业过去和现在都不例外。

解除管制意味着来自此类改进的成本节省没有以更低电力价格的形式自动地造福于消费者，而是可能部分由电力公司作为利润保有。这产生了对提高可利用因子的刺激。

在1986年切尔诺贝利事故以后引入了重大的安全改进。事故实际促进了向分享最佳实践、同行评审、事件报告和相互学习的转变。虽然这样做着眼于安全，但是也有改善性能和提高可利用因子的附加效果。一座更加安全的电厂结果变成效益更好的电厂。

正如图表“核发电能力和发电量的提高”的右边表示的那样，世界平均可利用因子的提高最近几年已经稳定。部分由于这个缘故，核发电量在2006年下降到只占世界总电力供应的15%。

### 世界一瞥

全世界核电当前状况有很大的不同。在30个已经具有核发电能力的国家中，核反应堆的发电百分比从法国的78%到中国的仅仅2%。

截至2008年3月，全世界总计有439座核反应堆，另有35座正在建造。美国最多，有104座，法国次之有59座，日本55座，而俄罗斯有31座并另有7座在建造中。

在30个已经具有核发电能力的国家中，核反应堆的发电百分比从法国的78%到中国的仅仅2%。

核电发展集中在亚洲。正在建造中的35座反应堆中总共有20座在亚洲，而最近并网发电的39座反应堆中的28座也是在亚洲。

### 上升的期望

有越来越多的人在谈论核能发电，常常涉及诸如全球变暖和气候变化之类的更广泛的问题。核能重新受到重视，促进了核能技术的赞成者和反对者，包括媒体、政治家和公众的公开辩论。然而这种上升的期望与实际情况吻合吗？

国际原子能机构核能司提出两种世界核装机容量预测，即低预测和高预测，并且每年更新。

低预测包括政府和电力公司宣布新建工程、延长寿期和退役的可靠计划。在这个情景中，核电有适度的稳定增长，在2030年总共达到447 GW(e)。高预测增加政府和电力公司长期规划所建议的反应堆。总容量在2030年上升到691 GW(e)。就发电量而言，到2030年按低预测是增长25%，而按高预测增长93%。

“全世界核发电能力预测”右边的条形图表明预计世界各地将发生的核电扩展。对于今后几十年，即使按照高预测，核电仍将主要是发达国家和发展中大国的技术。

因此，即使今天上升的期望得到满足，主要增加的原因可能是那些已经使用核电的国家要建造更多的核电厂，而不是因为有新的国家，不管是发达国家还是发展中国家，已经决定开始新建计划。然而将肯定会有新的国家加入核电领域。按照高预测，在2030年有核电厂的国家比目前大约多20个。

### 推动因素

什么推动了对核电期望的上升？有五个可能的理由。

第一是安全记录。世界现在有了大约12 700堆-年的经验。当今运行中反应堆的性能和安全记录非常好。

第二，能源预测一直表明有持久的长

期增长。

第三是能源供应安全。20世纪70年代由石油危机触发的供应安全担心，是日本和法国发展核电的重要原因。类似的担心也可能是今天的一个重要因素。

第四，像中国和印度等主要国家的大规模发展计划，对世界的总预期具有很大的影响。

最后，新的环境限制——像京都议定书的生效——意味着存在避免温室气体排放的一些实际财政利益。

### 亚洲：扩大的景象

核电在全世界各个国家的远景如何？我们的观察从亚洲国家开始，这是世界大多数扩展发生的地区。

#### 印度

印度不到3%电力来自核能，然而它与中国和俄罗斯一起是当前新建工程的带头国家，世界35座在建反应堆中有6座在印度。

然而，印度将来的计划更引人注目：到2022年增长8倍，占电力供应的10%；到2052年增长70倍，占26%。70倍的增长听起来无疑十分显著，但是算起来每年平均增长率才是9.5%，还略低于1970年到2002年世界平均核电增长率。所以很难说是空前的。

#### 中国

中国像印度一样面临着能源需求的急剧增长，正在试图利用一切可能的能源包括核能来扩大其发电容量。中国有6座在建反应堆，计划到2020年增长近5倍。

然而，因为中国的能源需求增长如此迅速，到那时也仍然只占总发电量的4%。展望未来，中国是技术和服务的一个潜在供应者，特别是在亚洲。

#### 日本

与中国隔海相望的是日本。日本有55座反应堆，另有1座在建，计划到2020年使核能发电份额从2006年的30%增加到

40%以上。

## 韩国

另一个明显赞成核技术的亚洲国家是韩国。韩国有20座反应堆正在运行，另有3座在建造中。核能已经为韩国提供接近40%的电力。

## 欧洲：情况不一

欧洲是“一个尺码不适合所有人”原理的最贴切例子。

俄罗斯有31座运行中的反应堆，7座在建，并且有重要的扩展计划。作为普京总统关于世界核能基础结构倡议的一部分，俄罗斯也正在采取措施提供最终的全部燃料循环综合服务，包括可能出租燃料，为有关国家后处理乏燃料，甚至出租反应堆。

欧洲其余部分总共有167座运行中反应堆，6座在建。但是在欧洲有一些禁止核电的国家，像奥地利、丹麦和爱尔兰；逐步淘汰核电的国家，像德国和比利时；以及发展核电的国家，像芬兰、法国、保加利亚和乌克兰。在2005年，芬兰开始建造奥尔基洛托3号，这是自1991年以来西欧新建的第一座核电厂。法国在2007年开始建设弗拉芒维尔3号。

英国有19座正在运行的电厂，大部分比较老，一直是最大的犹豫不定者，直到2008年1月才决定投资者应该有在英国领土上新建核电厂的方案，而政府应该减小监管和计划风险。

三个波罗的海国家与波兰一起已经原则同意到2015年在立陶宛建设一座核电厂，立陶宛在2007年通过了必要的法规以使建造成为可能。土耳其也通过了新的法律使核电厂建设得以进行。

## 美洲：不断改变的前景

像欧洲一样，美洲的前景也是各种各样。

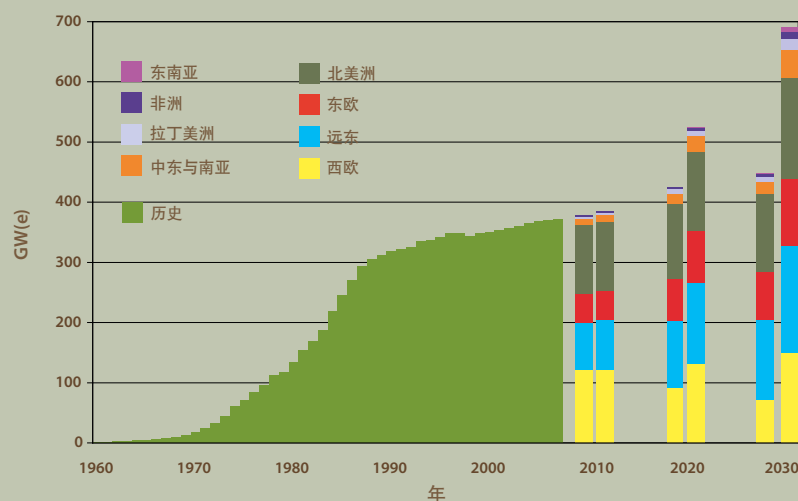
## 美国

美国有104座反应堆，提供这个国家

电力的19%。在过去20年里，主要工作一直是提高可利用因子，提高现有设备功率和获得许可证展期。目前已经有48座反应堆得到20年展期，从而把它们的许可证使用期限扩展到60年。

总而言之，美国反应堆的四分之三得到许可证展期、已经申请许可证展期或已经申明它们的申请意图。然而直到最近那里一直没有建造新核电容量的商业案例。美国的煤比较富饶，天然气一直很便宜，并且温室气体排放不受京都议定书的限制。此外，投资者一直警惕核电项目可能造成的金融风险 and 延迟。

## 全世界核电能力预测，2020年—2030年



预计核电主要在已经建立了核电厂的地区发展。

来源：国际原子能机构

然而迹象表明，情况可能要发生变化。在2007年，一座停闭几十年的美国反应堆重新启用，并且另一座反应堆重新开始积极建造。对于新建工程，2005年的《能源法》包括了贷款保证、税收抵免及其他减小财政风险的手段。核管理委员会2007年发放了其第一个初步场址许可，确认了三个场址适合于新建工程，并且正在处理另外两个初步场址许可申请。也是在2007年，它收到四份综合许可证的申请——将近30年来在美国的第一批建造新核反应堆的申请。预期到2009年年底之前总共有21份此类申请，总共建造32座反应堆。

## 加拿大

加拿大有18座反应堆，满足其电力需要的16%。两家电力公司已经提出在安大略可能新建机组的场址准备申请文件，而去年阿尔伯塔能源公司申请了在阿尔伯塔省西北部建造一座新核电厂的场址许可证。

## 阿根廷、巴西和墨西哥

阿根廷、巴西和墨西哥各有两座反应堆，阿根廷还有一座在建造中。近期另外的新建工程最可能出现在阿根廷和/或巴西。

## 非洲

在非洲大陆，南非是唯一有运行中动力反应堆的国家——它有两座动力堆。南非也正在进行论证其自己设计的新小型反应堆的工作。

## 核电领域的“新来者”

30个有运行中核反应堆的国家中的12个现在正在建造另外的核反应堆，而另一些国家正在认真地考虑新建工程。伊朗是唯一正在建造一座核电厂而没有运行中核电厂的国家。除了上述的几个发展中国家，诸如印度尼西亚、埃及、约旦和越南等国家已经论及建造一座核电厂的可能性并采取了初始步骤。然而，即使今天上升

的预期出现，今后几十年内大的增加也将发生在已经有执行中核计划的那些地区。

## 封闭循环

只要辩论核发电，总要提到乏燃料问题。虽然法国、中国、印度、日本和俄罗斯联邦后处理了（或贮存起来将来后处理）他们的大部分乏燃料，但是加拿大、芬兰、瑞典和美国已经选择了直接处置。同时，大多数国家还没有决定采取哪一种策略。他们在贮存乏燃料的同时也进行与两个备选方案有关的开发。

然而，现在有几个减少高放废物中长寿辐射负担的倡议。2006年2月，美国宣布了一个“全球核能伙伴关系”的倡议，其中包括开发先进的回收利用技术。与此同时，法国有一个三轴心策略：分离和转变以减少长寿的负担；可回取和不可回取的地质处置库；以及形态调整和长期贮存。其他国家正在进行减少高放废物方法的研究。

## 底线

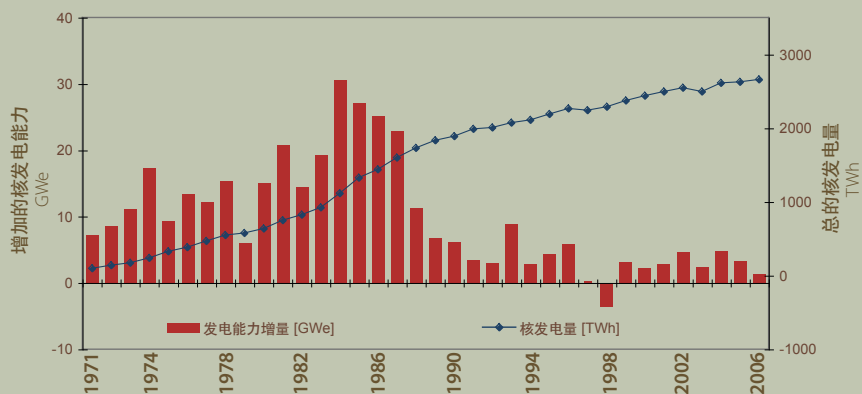
与烧化石燃料的备选方案相比，核电厂是建设费用昂贵而运行成本低廉。这使得核电在某些情况下对一些投资者来说是一个有吸引力的方案，然而并不是所有人的能源选择。

一般说来，核电更有吸引力的地方是：能源需求快速增长的地方，例如中国和印度；备选方案缺乏或者代价昂贵的地方，例如日本和韩国；能源供应安全是优先考虑问题的地方，再次例如日本和韩国，将来还可能包括欧洲；减少空气污染和温室气体是优先考虑问题的地方；可以长期融资的地方；以及金融风险低的地方。

底线是以经济现实为基础实现上升的核电期望。

Alan McDonald是国际原子能机构核能司高级分析人员。电子信箱：[A.McDonald@iaea.org](mailto:A.McDonald@iaea.org)。

## 核发电能力和发电量的提高 1971—2006年



核发电量的增加一直比发电能力提高得快。

来源：国际原子能机构