# 下个世纪核动力、核科学和技术展望

G. G. ANDRADE, C. RODRIGUES 和 J. GOLDEMBERG

40年前，人们曾认为核动力作为一种主要能源的利用前景将是无限的。船舶推进、电力生产和工业供热是人们非常感兴趣的应用，并为发展核技术的和平利用进行了巨大投资。

对于商用船舶推进来说，核技术被证明是能满足需要的，但也出现了一些困难。它们主要与港务局所要求的辐射与安全控制有关。随着时间的推移，商用核动力船舶的灵活性表现出不如其它动力源船舶，对所考虑的商用级船舶而言的成本优势也没有实现。

工业供热应用涉及若干个工业部门，它们对蒸汽的温度和压力条件有特定要求，范围从低温地区供热应用到高温钢、玻璃和水泥加工应用。技术上从轻水堆(LWR)热回收到相关高温气冷堆的研究专门设计有所不同。而且，如同船舶推进情况一样，工业供热方面的核应用在技术上证明是可行的，但在市场上无法与常规能源相竞争。

核动力在电力生产方面的情况则不同。70年代到80年代期间全世界的核装机容量增长迅速。(见第44页图。)

到90年代中期，核电在总发电量中的比例超过了17%，与水电的比例大致相同。核电用了30年的时间达到了这一水平，是水电达到这一比例所用时间的1/3。

核电在70年代初具有竞争力的其它证据可以通过比较几种能源发电百分比加以说明。(见第44页表。)从1973年到1993年，核电的比例增长了10倍，而另一种增长迅速的燃料——天然气，在总发电量中的比例只增加了一倍。

进一步研究这些数据，可以很明显地看出尽管核电的增长率给人留下了深刻的印象，但在这段时间内它的增长是不平衡的。在某些情况下，政府的政策和财政补贴在这一过程中起到了一定的作用。另外，有关核动力应用的一些地区性因素变得越来越明显了。

将来会怎么样？基于历史数据和IAEA的预测，能够根据几种假设对核电的将来比例进行估计。本文中对核电在动力生产中的比例的预测是以假设直至2020年期间低增长情景为基础的。

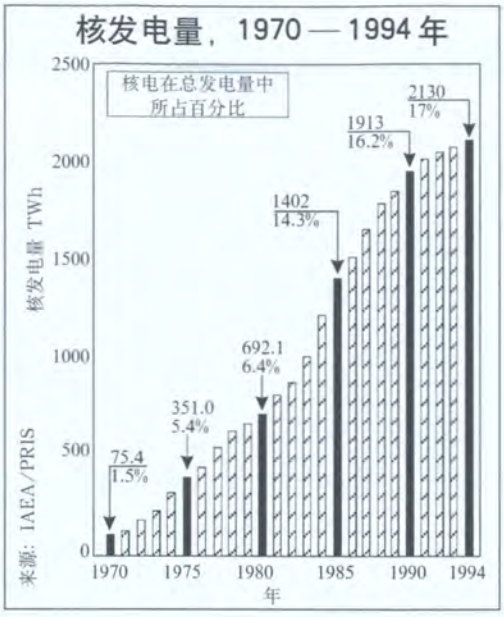
历史数据清晰地表明，从1985年年中开始核电的发展开始下降。(见第45页图。)预测的结果是核电的市场份额可能从1997年的16%以上下降到2010年的13%。(见第45页表。)

从短期来看，核电下个世纪在总发电量中仍将占有较小但非常重要的比例。它的比例预计与水电的相当，这也表明水电从长期来看在市场的份额将呈持续下降趋势。

## 各地的现实情况

了解这一下降预测背后的原因对于全面分析这一趋势至关重要。为了清晰地勾勒出核电的真实情况和未来预测情景，我们在亚洲、拉丁

Andrade先生和Rodrigues先生在巴西圣保罗核能研究所工作，Goldemberg先生在圣保罗大学工作。




**各种能源的电力供应，1973—1993年**

| 能源来源 | 供应量（TWh） | 1973年（占总发电量的百分比） | 供应量（TWh） | 1993年（占总发电量的百分比） | 增长率（%） |
|---|---|---|---|---|---|
| 煤 | 2032 | 37.5 | 4436 | 36.6 | 92 |
| 石油 | 1462 | 23.8 | 1182 | 9.8 | −19 |
| 天然气 | 700 | 11.4 | 1631 | 13.4 | 133 |
| 核 | 197 | 3.2 | 2148 | 17.8 | 990 |
| 水力 | 1276 | 20.8 | 2256 | 18.6 | 76 |
| 其它 | 202 | 3.3 | 456 | 3.7 | 125 |
| 总计 | 6139 | 100.0 | 12108 | 100.0 | 97 |

来源：选自1995年世界能源理事会《国际能源数据：国家能源概况》中报道的数据。

美洲和非洲对11个国家进行了现场研究，那里当地的现实情况是，决定是强制规定的。

正如我们所知，对核动力在发电方面的推广应用的系统化历史分析得出了一个明确走势，从50年代在美国建造第一座核电站开始转向在欧洲以及其后在亚洲建造若干新的核电站。

这一走势背后的一些原因是：

■ 50年代美国在发展商用核技术方面居于领导地位。在随后的几十年里，核动力的竞争性是有意识地促进的，因为人们认为这种新资源代表着一种技术突破，为以非常低的成本生产能源促进多种应用提供了机会。

■ 欧洲国家的兴趣不断提高。70年代，核技术的领导地位转向了欧洲，核动力被缺少化石燃料供应的国家当作一种重要的替代能源。这是那十年与石油禁运有关的能源危机造成的结果。

■ 亚洲国家的发展很显著。90年代，动力生产的技术领导地位有向亚洲转移的趋势，其中以日本为中心。核动力被认为是一种高成本的发电方法，但它有利于减轻对材料供应和能源进口的依赖。长期燃料供应可以通过后处理或其它替代工艺技术来保证。因此核动力几乎成了“国家资源”，即使在一些自己没有铀资源的国家也是如此。除了要获得廉价能源供应这一问题之外，还出现了其它一些关键问题，如供应的多样化和能源资源的长期控制。只要附加成本合理，这些问题为核动力提供一个优越条件。

这些不断变化的趋势和对具体国家而言的核动力的预期重要性认识均表明，未来的趋势难以估计。这次现场研究得出主要结果是证实了如果要对未来能源需求作出恰当的预测，则对当地现实情况了解是一个关键因素。

如果不能在全球范围内对能源的竞争性进行评估，那么必须在地区或区域一级对其进行评估，当涉及核能时则尤为如此。为了分析一种技术（如核能）应用的最可能的过程，需要了解当地持股人的意见和尽可能倾听不同的和不一致的意见。

关于核动力发展趋势的现场研究结论表明，不同的国家情况各异，其范围包括：

■ 没有明确的核动力计划的国家。没有任何把握谈论将来原子能可能对电力生产的贡献。泰国和印度尼西亚就属于这种情况。

■ 核动力的份额日益下降的国家，如阿根廷、墨西哥和南非。

■ 核动力的份额小但在不断增长的国家，如巴西、中国和印度。

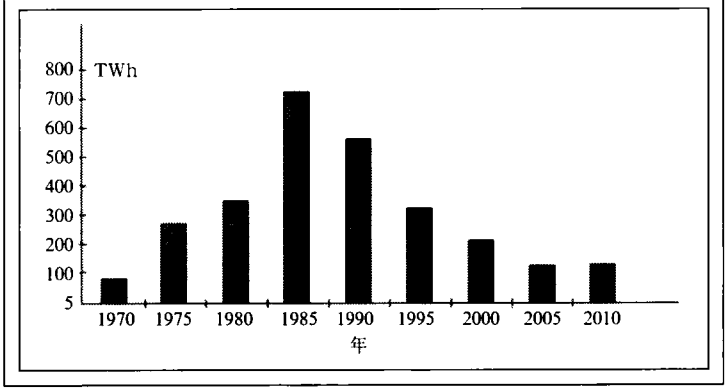
■ 核动力的份额大并且保持较大份额的国家，如韩国。

## 总发电量估计值和核电所占份额

| 国家地区 | 1997年 | | | 2000年 | | | 2010年 | | | 2020年 | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 总发电量 TWh | 核 TWh | % | 总发电量 TWh | 核 TWh | % | 总发电量 TWh | 核 TWh | % | 总发电量 TWh | 核 TWh | % |
| 北美洲 | 4050 | 707.3 | 17.5 | 4173 | 678 | 16 | 4610 | 616 | 13 | 5092 | 419 | 8.2 |
| | | | | 4298 | 692 | 16 | 5240 | 687 | 13 | 6387 | 859 | 13 |
| 拉丁美洲 | 880 | 20.9 | 2.4 | 976 | 20 | 2.1 | 1350 | 25 | 1.8 | 1797 | 22 | 1.2 |
| | | | | 1034 | 20 | 1.9 | 1644 | 32 | 1.9 | 2387 | 69 | 2.9 |
| 西欧 | 2678 | 838.2 | 31.3 | 2792 | 836 | 30 | 3114 | 837 | 27 | 3339 | 639 | 19 |
| | | | | 2892 | 836 | 29 | 3684 | 882 | 24 | 4602 | 1013 | 22 |
| 东欧 | 1725 | 250.8 | 14.5 | 1725 | 287 | 17 | 2051 | 307 | 15 | 2626 | 230 | 8.8 |
| | | | | 1777 | 298 | 17 | 2274 | 372 | 16 | 3208 | 482 | 15 |
| 非洲 | 384 | 12.6 | 3.3 | 419 | 13 | 3.0 | 606 | 13 | 2.2 | 897 | 13 | 1.5 |
| | | | | 425 | 13 | 3.0 | 676 | 13 | 2.0 | 1102 | 33 | 3.0 |
| 中东和南亚 | 949 | 9.1 | 1.0 | 1099 | 10 | 0.9 | 1790 | 24 | 1.4 | 2915 | 46 | 1.6 |
| | | | | 1146 | 12 | 1.0 | 2152 | 39 | 1.8 | 4040 | 89 | 2.2 |
| 东南亚和太平洋地区 | 494 | | | 556 | | | 863 | | | 1341 | | |
| | | | | 572 | | | 977 | 4.7 | 0.5 | 1669 | 54 | 3.2 |
| 远东 | 2782 | 437.5 | 15.7 | 3130 | 446 | 14 | 4632 | 706 | 15 | 6857 | 835 | 12 |
| | | | | 3221 | 448 | 14 | 5246 | 895 | 17 | 8545 | 1335 | 16 |
| 世界总计 | 13924 | 2276.3 | 16.3 | 14869 | 2291 | 15 | 19017 | 2529 | 13 | 24864 | 2204 | 8.9 |
| | | | | 15365 | 2319 | 15 | 21894 | 2925 | 13 | 31940 | 3933 | 12 |

注：2000年、2010年和2020年的预测中，各有二个数字分别表示低估计值和高估计值。

### 核发电量的增加份额，1970—2010年




这些不同的情况表明，核动力在未来很长的一段时间内将存在不同程度的应用。许多年来，致使各国选择核电站的原因发生了重大的变化，但没有人怀疑在可预见的将来国际社会仍将利用这种技术来发电。

尽管核动力没有达到它的潜力，但它作为一种基于科学和技术的长期的和多样性的能源来源，仍保持了其在满足能源需求中的地位。这是在考虑核动力应用对某个特定国家的作用时需要强调的一个关键因素。

更重要的是，需要了解核动力所基于的核科学是在医学、农业、工业、科学和其它领域的所有其它和平核利用中所通用的，这使这种技术的全部影响延伸到社会。在美国，1992年的一项研究发现，与核科技有关的非动力和平应用每年涉及3570亿美元经费和370万个相关工作职位，其中160万个直接与核领域有关。这项研究还表明，美国非动力核应用工业似乎比核动力工业规模大4倍多。这反映了几乎所有从事核科技的国家所经历的方式。

对核动力早期预测的下降和市场因素对能源决策的直接影响似乎已使核动力的发展达到不能再前进的地步，但这些以及其它因素也促使人们相对核能在电力生产和其他利用方面的具体优势和局限对核能所有和平应用进行更认真的研究。 □