

# 世界核电现状和发展趋势

## 核电对电力供应的贡献在增长

Leonard L. Bennett 和 Robert Skjoeldebrand

1985年，全世界核电的总装机容量增长了14%，有32台新核电机组30吉瓦(电)总装机容量联网。到1985年底，世界上已有374座核电厂在运行，总装机容量稍低于250吉瓦(电)。从能源角度来说，1985年间，核电厂发电量约为1400太瓦小时，比1984年增长19%，占1985年全世界发电量的15%左右\*。

这是多大的贡献？1985年间，在世界范围内，核电厂发电量与欧洲经济共同体10个成员国这一年的总发电量差不多一样。从另一个角度来看，目前的情况是，1985年核电厂发出的1400太瓦小时等于1954年全世界总发电水平。这相当于使用5.7亿吨煤的发电量。就西欧来说，1985年核电厂发电量为551太瓦小时，与1960年总发电量相等。

### 核电所占份额

核电在总发电量中所占份额方面，不同国家之间，以及美国等国的不同地区之间，都有很大差别。如附图所示，1985年核电厂发电量占总发电量10%或更高的国家有19个。在一些经济合作与发展组织(OECD)成员国中，1985年总发电量中约有20.4%是由核电厂生产的。

值得注意的是，尽管1985年加拿大核电厂提供的电力占全国总发电量的12.7%，但在安大略省核电所占份额为42%。同样，虽然美国的核电只占总发电量的15.5%，但该国6个州的核电占50%以上。(参看44页的图和表。)

核电对世界能源供应的贡献目前迅速增加，是因为人

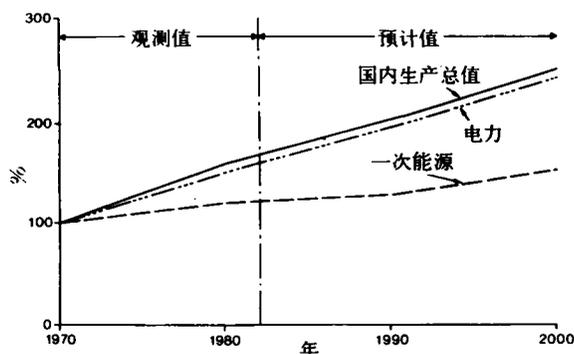
们在70年代签订了大量订购合同，这些合同还会使核电持续增长一两年。如果计划项目不被取消或延迟，这种增长持续下去，预期世界范围内的核电装机容量在1990年以前将达到370吉瓦(电)左右，核电将占世界总发电量的20%。

一些国家的计划和项目，一定会成为随苏联切尔诺贝利电厂反应堆事故而来的复查和争论的对象。尽管发生了这起事故，但是能源需求和许多有利于核电在90年代以及下个世纪继续发展的经济因素仍然存在，以下几节将讨论其中一些因素和发展趋势。

### 能源供应方式

在一些工业化市场经济国家中，目前存在着明显的一次能源消耗与国内生产总值(GDP)脱钩的现象。不过，已有许多事例清楚地说明，电力由于最终应用中效率较高，

一些经济合作与发展组织国家的经济和能源发展趋势



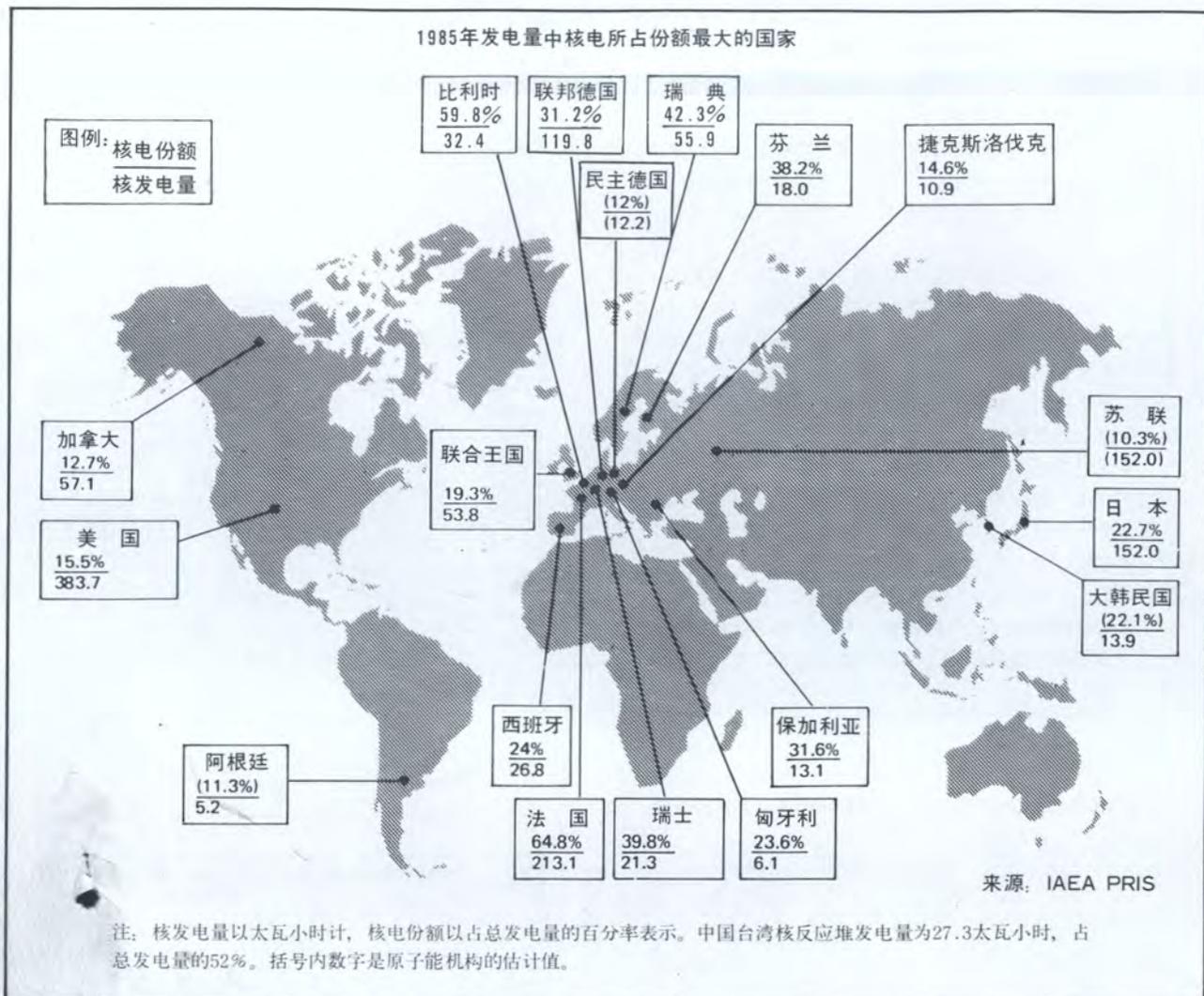
注：每条曲线都归一化到1970年为100%。

来源：原子能机构能源和经济数据库(EEDR)。

Bennett先生是经济研究科科长, Skjoeldebrand先生是反应堆工程科科长，两个科均属机构的核动力处。

\* 1吉瓦等于 $10^9$ 瓦，1太瓦等于 $10^{12}$ 瓦。

1985年发电量中核电所占份额最大的国家



在节能中具有重要意义。因此, 电力需求与国内生产总值紧密相关。在经济合作与发展组织国家中, 1974-84年间国内生产总值增长了27%。与此同时一次能源的总消耗量稍有减少, 但电能消耗量增加了30%。这意味着, 一次能源的节约是通过在最终应用中, 多用电力少用石油而实现的。预计整个90年代这种趋势都将持续下去。

对一些个别国家来说, 这种效果甚至更为显著, 1974年, 法国总能源的84%要靠进口, 1985年, 这个数字已下降到64%; 电力相当于一次能源的38%, 而在电力中核电份额差不多已达65%。众所周知, 法国重视核电, 这是因为核电不仅可使减少能源进口成为可能, 还可将电力价格稳定在欧洲最低水平之一上, 从而对国家发展起到一种原动机的作用。(参看本期有关文章。)

### 发电能力和后备

人们经常提到, 经济合作与发展组织成员国家现在拥有不小的后备发电能力。设在巴黎的国际能源机构 (IEA) 在1985年发表的一份研究报告中警告说, 90年代, 在经济合作与发展组织许多成员国家中, 这种后备发电能力可能迅速消失, 甚至在1995年前就会发生发电能力短缺的问题。理由是现有许多后备发电厂都是烧油的, 并且许多已经过时。这样, 可以预料, 这些国家中至少有一些在90年代将需要进一步扩大其核发电能力。

在东欧经济互助委员会 (CMEA) 的一些成员国家中, 目前核电约占总发电量的10%, 并且建造新核电厂的计划不断有重大增长。值得注意的是, 在最近的苏维埃社会主

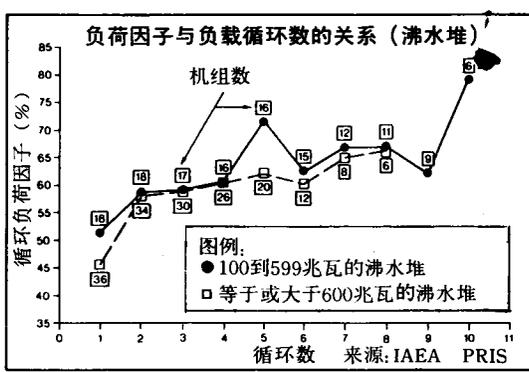
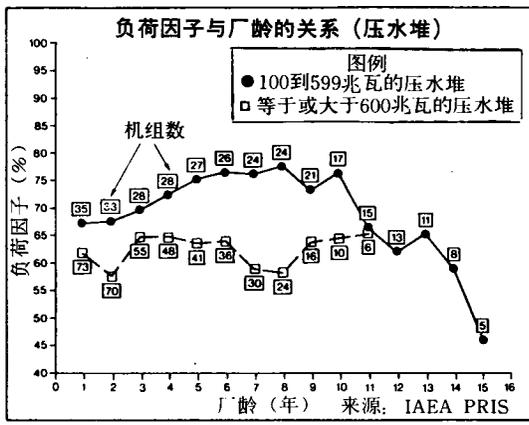
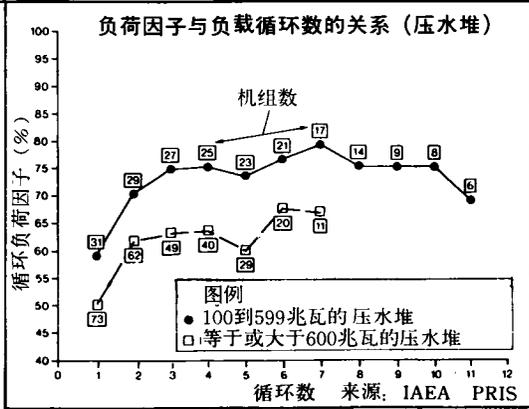
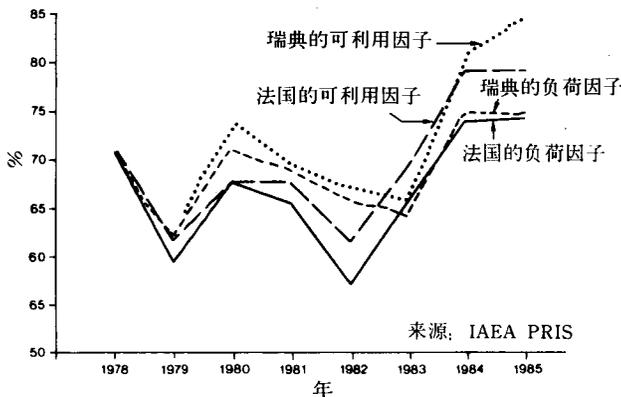
性能和核电厂厂龄

原子能机构报告《核电现状和发展趋势, 1985年版》已经表明, 通常那种将核电厂负荷因子表示为其日历年年龄的一个函数的做法很易使人误解。特别是, 日历年数不能表示出初始“试运行”期以后改进性能的成熟期的作用, 而这正是一些成套核电厂运行中的一种正常特性, 如附图所示。

照理, 核电厂经营者应该采用该电厂的负载循环, 其定义是从计划停堆换料和维修后的起动到下一次这种停堆终了所经过的时间。如果采用的是负载循环而不是日历年年龄, 则如附图所示, 正常的成熟作用就可明显显现出来。目前, 愈来愈多的核电厂把12个月的负载循环改为更长的负载循环。这种变更是不无道理的。

鉴于目前正在进行关于核电厂寿命和可延长期决定因素的讨论, 曲线的下降部分(对小型压水堆从10年或从第10个负载循环起)一直是人们所关心的部分。主要因为沸水堆中并不存在这种下降现象, 人们正在开始一项研究工作, 来确定这种现象发生的原因, 以及在技术上是是否有特殊的意义。与此同时, 人们将合乎逻辑地用可利用因子而不是负荷因子, 作为衡量核电厂性能的程度。

法国和瑞典核电厂负荷因子与可利用因子之间的差别



义共和国联盟的党代表大会上宣布了1990年以前使现有的28000兆瓦(电)的核发电装机容量增加约40000兆瓦(电)的计划。

苏联切尔诺贝利核电站事故无疑将使所有国家的核工业界都来寻求能够进一步保证核电站安全和可靠的办法。不过, 值得注意的是, 苏联当局已宣布该事故将不影响苏联核电发展计划的实施。另外, 1986年5月, 七国首脑在东京会晤时同样宣称, 他们确信, 严格管理的核电现在, 并将继续是一种应用日益广泛的能源。\*现在, 世界电力的

15%左右是核电厂生产的, 而苏联当局和其他各国的领导人都认为, 核电仍将是一种重要能源。

发展中国家的核电

发展中国家的核电发展比预计的慢。在这些国家中,

\* 参加这次首脑会议的国家有加拿大、法国、德意志联邦共和国、意大利、日本、联合王国和美国。

各国核电厂的可利用因子 (百分数)

	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985
阿根廷	51.9	96.9	85.3	74.1	90.2	59.8	80.3	98.7	93.2
比利时	77.6	81.9	74.2	81.5	83.9	82.0	77.7	86.8	87.4
保加利亚	76.6	78.4	80.2	79.6	82.0	87.2	89.7	88.1	89.8
加拿大	87.3	79.5	81.2	83.7	90.2	86.9	86.3	76.5	70.4
捷克斯洛伐克				73.9	65.9	77.8	82.0	83.9	72.2
芬兰		79.0	81.8	60.3	81.3	83.5	86.9	90.3	90.1
法国	73.4	70.2	64.5	66.4	65.0	62.2	70.3	80.1	77.9
德意志联邦共和国	65.0	59.4	57.1	61.0	67.9	69.4	71.7	81.0	85.4
日本	38.1	51.7	48.6	61.4	60.5	68.3	70.1	71.1	72.5
瑞典	58.7	70.6	62.2	3.3	72.3	67.3	72.4	81.1	84.7
瑞士	86.6	89.3	87.7	80.0	84.6	84.4	87.1	89.4	84.2

来源: IAEA PRIS

各电力公司核电厂的可利用因子 (百分数)

	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985
BG&E (美国)	69	69.9	68.1	76.3	79.9	71.8	80.9	79.8	69.0
BKW (瑞士)	86.7	88.0	88.3	88.5	89.5	93.3	89.8	88.3	88.2
EBES (比利时)	78.2	79.2	81.4	81.9	83.6	83.3	78.2	84.1	92.8
INTERCOM (比利时)	77.1	83.8	67.7	80.8	84.2	80.9	76.7	85.1	82.3
NOK (瑞士)	86.6	90.0	87.4	84.7	87.1	86.3	87.3	88.8	85.8
NSP (美国)	81.8	85.4	85.3	74.2	75.6	76.2	87.8	62.2	85.9
OH (加拿大)	87.3	79.5	81.2	83.9	90.2	86.9	86.3	74.9	68.4
OKG (瑞典)	66.8	77.7	73.5	82.7	76.0	81.3	84.5	87.4	80.3
SYDKRAFT (瑞典)	54.2	77.6	61.9	76.1	82.3	89.4	81.8	81.7	95.7

BG&E = 巴尔的摩煤气电力公司  
 BKW = 伯尔尼电厂股份公司  
 EBES = 埃斯考盆地能源联合公司  
 INTERCOM = 比利时区间煤气电力公司  
 NOK = 瑞士东北部电力公司

NSP = 北方州电力公司  
 OH = 安大略水电公司  
 OKG = 奥斯卡斯哈门电力集团股份有限公司  
 SYDKRAFT = 许德文斯加电力公司

只有21个运行中核电机组和18个建造中机组,而且这些机组约有半数左右集中在印度和大韩民国这两个国家。当然,发展中国家的电气化虽尚处于相当低的水平,但应该看到,发电装机容量会迅速增加。在这些国家中电力的重要性是特别明显的,因为电力消耗在日益增加,这种增加不仅快于一次能源消耗,而且也比工业化国家中电力消耗快得多。可是还必须看到,这些国家之间有很大差别。10个发展中国家的发电量现在占发展中世界总发电量的63%,值得注意的是,其中8个国家有核电计划。

核电厂建造周期

人们从原子能机构动力堆情报系统 (PRIS) 的电厂情况文档,可以获得有关核电厂建造周期的情报。这里的建

造周期是指从核电厂第一批大范围水泥浇注到电厂联网经过的时间。如第45页上的表所示,各个国家在过去一个十年中的核电厂平均建造周期及其发展趋势方面有很大差别。

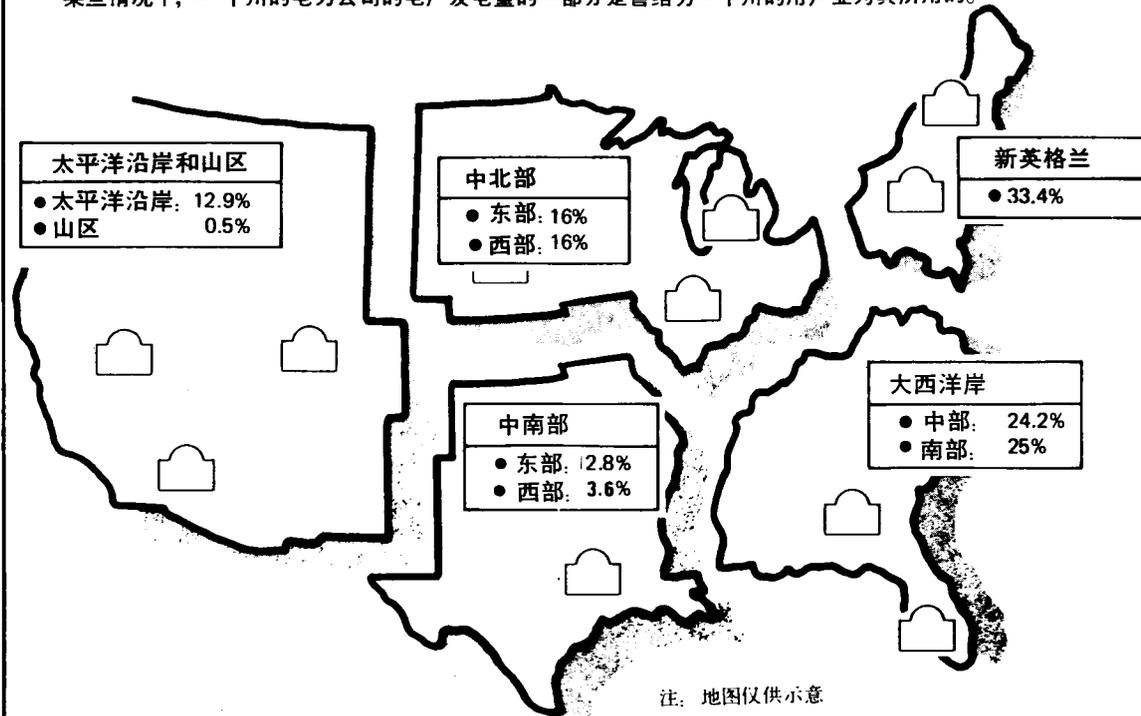
尽管平均建造周期有很大的差别,但仍须指出很多项目是在很短时间内完成的。在1980~85期年间,至少有64座核电厂是以不到7年的建造周期建成的。日本和瑞典两国都达到了非常短的建造周期,其原因是精心进行项目管理和采用新建造技术。比如日本就已采用现场分段装配法和使用大型吊车。采用这些新建造技术中的一些,既可节省费用又可加强质量保证。

核电厂性能

核电厂可利用因子方面的最近发展方向,一般已趋于

1985年美国核发电量

在美国，31个州有核发电能力。本图表示出这些州1985年的核发电份额：地图上示出地区的核发电份额。数据以占州或地区总发电量的百分率表示。然而这些数字不一定表示各州或地区的实际耗电量，因为在某些情况下，一个州的电力公司的电厂发电量的一部分是售给另一个州的用户并为其所用的。



注：地图仅供示意

美国各州发电量中核电份额

佛蒙特	71.7%	马里兰	30.7%	亚拉巴马	19.7%	密苏里	14.0%
南卡罗来纳	59.4%	阿肯色	27.8%	宾夕法尼亚	19.4%	佐治亚	12.5%
缅因	58.6%	威斯康星	26.7%	密执安	18.1%	华盛顿	8.6%
弗吉尼亚	53.0%	内布拉斯加	25.9%	马萨诸塞	16.9%	衣阿华	8.2%
新泽西	51.7%	北卡罗来纳	25.9%	加利福尼亚	15.4%	路易斯安那	5.5%
康涅狄格	50.4%	佛罗里达	24.3%	田纳西	14.5%	亚利桑那	2.4%
伊利诺斯	37.7%	密西西比	22.6%	俄勒冈	14.3%	俄亥俄	1.8%
明尼苏达	37.4%	纽约	21.6%	堪萨斯	14.0%		

来源：1986年4月原子工业公会信息数据库

与1985年原子能机构关于核电现状和发展趋势的报告所指出的相一致。这个事实还进一步肯定了，那份报告的提法，即决定核电厂运行性能的主要条件有：

- 核电厂设计和建造中标准化程度
- 采用的质量保证标准
- 管理状况
- 运行组织的能力。

在一些国家和电力公司中，核电厂一直运行良好或性能一直在不断得到改进。这些国家和电力公司中核电厂的可利用因子及其发展趋势，如第43页两表所列。这些数据的主要特征看来会说明：在过去已达到良好性能的单位，

这种良好性能会继续下去，在性能得到改进的单位，仍在不断地改进。

在加拿大，性能的明显下降可部分地归因于平均不可利用因子（1985年为4.2%），而这种不可利用因子又是由多次工人罢工和飓风等外部因素所引起的。另一个影响核电厂利用率的主要因素是皮克灵1号和2号机组更换管件。由于这个原因，加拿大核电厂可利用因子在1985年全年里都是低的。

值得指出的显著成就有：

- 在比利时7个商用核电厂的平均可利用因子达到84.0%，其中两个核电厂于1985年9月投入商业运行。

- 芬兰保持了高达90%的平均可利用因子。1985年，每个反应堆预定停堆时间仅22天。
- 法国维持着高达78.0%的全国平均可利用因子。900兆瓦系列的核电厂1985年运行情况极好，可利用因子达81%。
- 在联邦德国，1985年的平均可利用因子达85.4%，这主要是靠减少3.5%的计划性停堆和1.5%的非计划性停堆来达到的。
- 在日本，虽然有规定的年度检验要求，显著的改进已使平均利用率持续到72.5%，这使得计划性的不使用率为26-27%。计划外的不使用率平均值是1.5%。值得注意的是，日本某些电力公司正打算设法把年度计划停堆从90-100天减少至65天左右。快速停堆的频率一直很低，为0.2每堆年。
- 在瑞典，可利用因子继续提高，现已达84.7%。
- 在大韩民国，1985年KN-2创214天连续满功率运行记录。



输电线上的工人。(来源: 美国电力研究院)

反应堆建造周期

国家	联网年份					
	直到1979年		1980—1985年		1986年以来	
	机组数	平均月数	机组数	平均月数	机组数	平均月数
比利时	3	58	4	86		
加拿大	8	72	7	98	7	87
捷克斯洛伐克	1	56	4	87	11	99
芬兰	2	62	2	76		
法国	11	63	31	66	19	79
德意志联邦共和国	10	63	6	97	6	81
日本	21	52	11	52	14	69
大韩民国	1	81	3	73	5	76
西班牙	3	50	5	113	2	101
瑞典	6	56	6	81		
瑞士	4	51	1	124		
美国	63	68	27	127	26	151
苏联	14	69	19	96	31	81

注: 仅计高于或等于100兆瓦(电)装机容量的非原型反应堆。包括当前计划的和建造中的反应堆, 不包括已经停堆的反应堆。有55个反应堆, 其建造或联网日期未向原子能机构报告。  
来源: IAEA PRIS