

亚洲的核电发展

迅速增长的经济和电力需求

正在促使一些国家开始采用或扩大核电的利用

胡传文
和 Georg Woite

亚洲——世界上人口最多的一个洲——的经济在最近二三十年内已获得很大的增长。在许多国家中，人口和经济的迅速增长已经造成对能源和电力的巨大需求，这么大的需求是化石燃料加水力所满足不了的。因此可以预计，核电将成为一种能够持续地满足该地区远期的电力需求的一种重要选择。

举例来说，日本和大韩民国正在顺利实施的核计划，已使其核电在总发电量中占有很大的份额。中国和印度这两个世界上最大的发展中国家，目前正在积极执行本国的核能计划。还有几个亚洲国家已宣布准备在其远期能源规划中考虑核电。

本文探讨该地区最近的能源发展情况，尤其是核电的现状和前景。在探讨过程中，将简要回顾亚洲地区的人口和经济增长率、能源需求以及能源供应的环境与资金限制因素等问题，并提及各国在核能的潜在作用方面的不同情况。

经济和能源的发展

世界近 60% 的人生活在亚洲。这一地区大多数国家的国民生产总值和人均能源消费量都相当低。南亚是世界上人口增长率最高的地区之一，预计这种趋势将持续到本世纪末和下个世纪。大多数人居住在

农村地区，他们几乎不使用商业能源。然而，未来的城市化程度和生活水准的提高，将使以商业能源尤其是电力为重点的能源供应需求量更大。在许多亚洲国家中，经济的迅速增长是使能源需求量增长的推动力。这种形势已使该地区已经存在的电力短缺更加严重，城市地区的停电和限电已成了家常便饭。

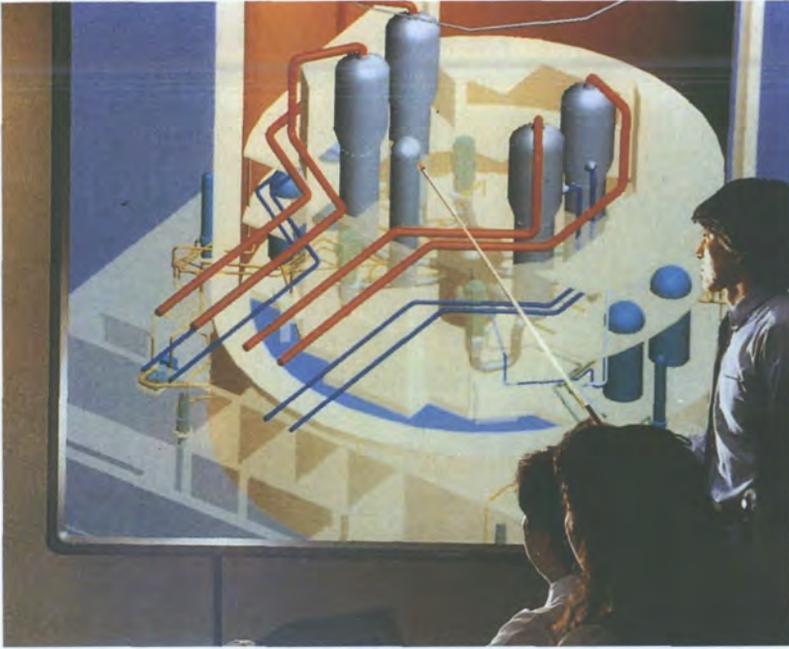
在大多数亚洲国家中，人均用电量大大低于工业化国家。美国、瑞典和加拿大人均年用电量超过 10 000 kWh，相比之下，印度和中国 1989 年分别分别为 305 和 515 kWh。看来，为了支撑这些国家的经济，迫切需要扩大电力系统。

在中国，为了支持高速的经济增长（每年超过 10%），发电总装机容量在过去 10 年中已增加一倍多，1991 年达到 150 吉瓦 (GWe)。尽管增长得这么快，但在高速发展的中国沿海地区，电力供应仍然远不能满足需要。在本世纪末以前，预计每年将新增装机容量 12—15 GWe。到本世纪末，发电总装机容量将达到约 260 GWe。

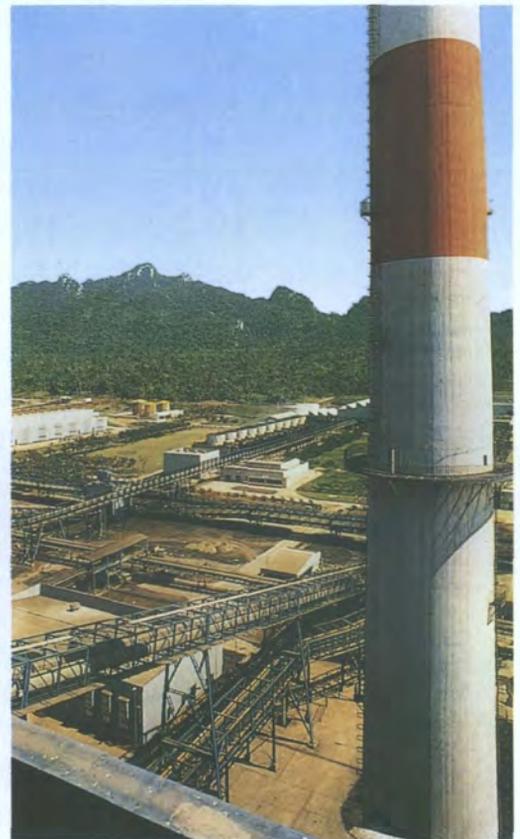
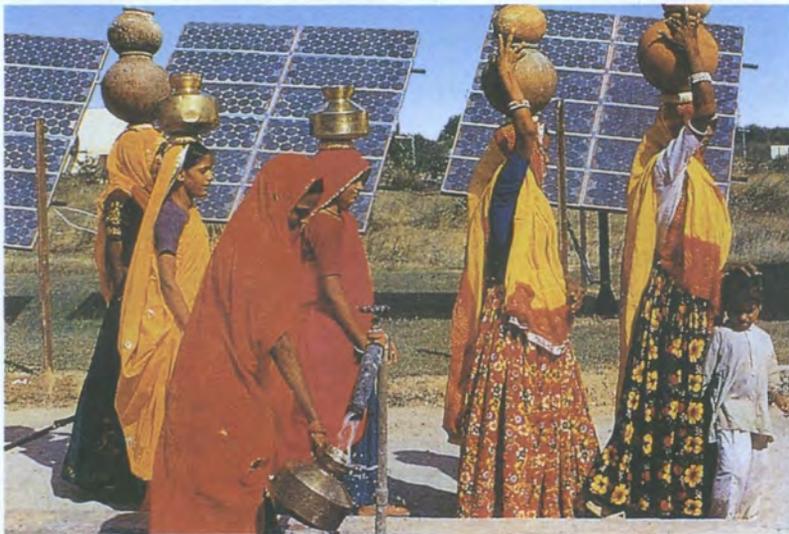
在印度，1985—1990 年间，发电装机容量每年约增加 5 GWe。但是，估计 1991 年印度短缺的发电装机容量最多时达到 10 GWe 以上，全年电力短缺近 210 亿 kWh。印度政府 1992—1997 年的经济规划设想，公营部门的发电装机容量需要增加 31 GWe。

在印度尼西亚，发电装机容量在过去 10 年间已翻了一番，但为了满足估计年增

胡先生和 Woite 先生是 IAEA 核动力处职员。



核电是亚洲地区为满足其日益增长的电力需求正在开发的各种能源之一。左上起：日本正在讨论核电机组的新设计；印度尼西亚的工人正在维修输电线；中国大亚湾的广东核电站；印度农村的太阳能收集板；泰国的燃煤电厂。（来源：Mitsubishi; EdF; UNDP; ADB; HKNIC）



长率达 10% 的电力需求量,在 2000 年前必须再翻一番。到 2015 年,该国需要新增装机容量 35 GWe。

在马来西亚,1989 年电力消费量增加 8%,1990 年增加 15%。到 90 年代末,马来西亚的电力需求量将增加近 2 倍,即从现在的约 5 GWe 增加到约 13 GWe。

在泰国,最近几年发电装机容量迅速增加(1989 年增加 5.6%;1990 年增加 17%),每年需要新增发电装机容量约 1 GWe。

在大韩民国,1987—1990 年间,电力需求量每年增加约 13—14%。预计 2006 年以前每年将增加约 4.5—6%。

据估计,90 年代期间,整个亚洲高速的经济增长将导致电力需求量翻一番,估计每年需增加的发电装机容量约 20 GWe,今后 10 年累计将达到近 200 GWe。

能源供应的限制因素

当前,亚洲的能源供应与需求之间存在着很大的差距。形形色色的因素阻碍着已规划的雄心勃勃能源计划的实施。以下各节讨论几个与不同国家有关的主要因素。

资源。有几个亚洲国家,如日本(世界上最大的能源进口国)和大韩民国,其能源供应一直严重依赖于进口燃料。这些国家在 70 年代石油危机期间的痛苦经历,对其能源政策产生过重大影响。为了确保能源的长期可获得性,日本、大韩民国和中国台湾省一直在实施持续的和周密规划的核动力计划。随着国内需求量的增长,印度尼西亚到 90 年代末可能变成石油纯进口国。预计 2003 年前印度尼西亚将新增装机容量 20 GWe 以上;然而,根据目前规定的全国煤炭消费量限额(每年 4000 万吨),燃煤电厂装机容量将被限制在 15 GWe 以内。该国政府的研究表明,核电计划是可行的,尽管核能发电眼下不是最便宜的选择。

环境保护。化石燃料是亚洲用于发电的主要能源。这个地区两个最大的煤炭用户中国和印度,将继续从煤炭获得它们所

需的大量电力。化石燃料的燃烧将导致二氧化碳(CO₂)、硫和氮的氧化物大量排放。中国、日本和印度属世界上 CO₂ 排放大国之列,按绝对排放量计处于前 5 名。据估计,亚洲的 CO₂ 排放量在 2000 年前的增加量将高达 30%。硫和氮的氧化物的释放一直在该地区引起严重的污染,并明显损害经济发展和人体健康。因此,逐步减少化石燃料所占份额和采用清洁的发电技术,是绝对必要的。

运输和输电。中国和印度两国丰富的煤炭储量的地理分布很不均匀,消费煤炭最多的大多数高速发展地区远离产煤区。在中国,即使铁路总货运能力的 40% 左右用于运输煤炭,这一运输网也不能满足需求。煤炭运输能力的不足已成为制约该国沿海地区经济发展的“瓶颈”。

电力在输配过程中的损失,使一些亚洲国家的电力短缺更加严重。例如,在巴基斯坦,输配电损失占总发电量的 28%。印度电力公司在 1989—1990 年间损失了大约 23% 的电力。水电站或坑口燃煤电厂的远距离输电也面临许多困难。

资金筹措。据估计,亚洲今后 10 年内需要增加发电装机容量约 200 GWe。这要求至少向电力系统投资 5000 亿美元。因为亚洲国家的大多数电力项目一直是由国家控制的,各国政府日益认识到,它们自身已无力负担这笔费用。因此,菲律宾和马来西亚等亚洲国家正在推动能源部门的私有化,鼓励私营部门向电力项目投资。某些政府(例如中国)采取的其他筹资办法是让外商直接投资和合资,以便为大型的和先进的电力项目获得外资。*

亚洲的核电发展

1992 年年底时,亚洲有 70 套核电机组

* 有关发展中国家核电项目资金筹措的特点和问题,在 IAEA 最近出版的下述出版物中有较详细的讨论: *Financing Arrangements for Nuclear Power Projects in Developing Countries*, Vienna (1993)。

正在并网发电, 21 套核电机组在建。世界上 1991—1992 年间开始建造的 4 座动力堆全都在日本和大韩民国。此外, 预计世界上 1993 年开始建造的所有新动力堆(10 座以上)也都在亚洲。(见下页表。)

一些亚洲国家和地区的核电发展可分为以下几类:

- 第一类包括日本、大韩民国和中国台湾省。为了确保能源供应的可靠性和减少对进口化石燃料的依赖, 他们制定了长期和连贯的核电计划, 并一直在顺利地实施。1992 年, 日本、大韩民国和中国台湾省的核电在总发电量中的份额分别达到 27.7%、43.2% 和 35.4%。他们已经建起了相当强大的工业基础设施, 在核动力领域内, 技术上越来越自立。在韩国, 1995 年桂马 3 号和 4 号机组开始商业运行时, 预计技术上自立程度将达到 95%。从经济角度看, 研究表明, 日本利用核能发电比利用化石燃料便宜, 韩国则与煤电不相上下。

- 第二类包括中国和印度。快速的人口增长和经济发展要求大大扩大发电能力。对燃煤发电的严重依赖, 导致许多地方环境严重污染。为了减少这种影响和缓解电力短缺, 已开始发展核电。这两个国家都已在核领域内依靠本国的技术和资源建立了各种能力, 他们都具有进一步发展核电的强大潜力。这些国家中所作的研究表明, 核电在远离便宜的产煤基地和目前被环境污染所困扰的工业区肯定是有竞争力的。印度的第 10 套核电机组格格拉帕尔 1 号已投入商业运行。印度的大多数反应堆是本国设计的加压重水堆(PHWR)。中国的第一套自行设计和建造的核电机组(秦山)已于 1992 年 8 月达到满功率运行。进口的大亚湾核电站 1 号机组已于 1993 年 7 月起动, 预计 2 号机组将于 1994 年起动。中国的几个省份都在筹划核电项目。

- 第三类包括菲律宾、巴基斯坦和伊朗。这几个国家在建立核电计划方面都有一些波折。巴基斯坦有一座 125 MWe 的 PHWR, 该堆堆龄已逾 20 年, 而且运行实绩相当差。菲律宾的巴坦安核电厂(一座 620

MWe 的压水堆)于 1986 年建成, 但政府已宣布该厂将不投入运行。伊朗的一座核电厂建设已搁浅很长时间。然而, 这 3 个国家都一直没有放弃兑现其部署核电的承诺。巴基斯坦第二套核电机组(一座由中国供应的 300 MWe 压水堆)的建造工程始于 1993 年 8 月。伊朗正在同中国和俄罗斯谈判购买核电机组。1993 年 7 月, 菲律宾总统命令制定全面的核电计划。

- 第四类包括印度尼西亚、泰国、马来西亚、朝鲜民主主义人民共和国、越南、土耳其以及孟加拉国等许多亚洲国家。这些国家的政府都已宣布有意发展核电。在印度尼西亚, 在人口稠密和高速发展的爪哇地区建一座 600 MWe 核电厂的可行性研究, 预计将于 1996 年完成。其目标是印度尼西亚的第一套核电机组在 2003 年前投入运行。在泰国, 建造有 6 套机组总计达 6 GWe 核电装机容量的探讨性规划, 预计将提交政府批准, 然后将进行为期 3 年的商业可行性研究; 头两套机组计划于 2006 年投产。在土耳其, 加拿大原子能有限公司(AECL)已向土耳其主管部门提交了一份关于在阿库尤(Akkuyu)场址建一座 700 MWe 反应堆的综合建议。

核电前景

核电项目规划。亚洲的大部分地区都有雄心勃勃地大量增加核电装机容量的规划。世界上最近订购核电机组的订单全都来自亚洲国家。

在日本, 核能已成为一种经济而稳定的能源, 其地位早已明确。日本的一些电力公司已宣布在今后两年内开始建造 10 套新核电机组的规划。通产省的一份报告已要求在 2010 年前增加 40 GWe, 使日本目前的核电装机容量翻一番。

大韩民国正在制订在 1991—2006 年间建造另外 18 套核电机组的规划, 核电总装机容量计划到 2006 年达到 23 GWe。

在中国, 核电在国家能源发展战略中的地位显然正在提高。到目前为止, 有 8 个

1992年年底时亚洲
的核电状况

国 家	运 行 中		建 造 中		核电所 占份额 (%)	规 划 中		
	机组数	装机总 容量 (MWe)	机组数	装机总 容量 (MWe)		机组数	装机总 容量 (MWe)	投入 运行 年份
中国	1	288	2	1 812	0.1	12	8 400	2005
印度	9	1 593	5	1 010	3.3	16	3 100	2000
印度尼西亚						1	600	2003
伊朗			2	2 392			600—2600	2010
日本	44	34 238	9	8 129	27.7		72 500	2010
大韩民国	9	7 220	3	2 550	43.2	27	23 000	2006
马来西亚						1		2002
巴基斯坦	1	125			1.2	2	425	1999
菲律宾			1	620**			620—1500	2010
泰国						2	2000	2006
土耳其						1	700	2000
越南							800—1200	2010
亚洲合计*	70	48 354	22	16 513				
世界总计	424	330 651	72	59 720	16.7			

* 合计中包括中国台湾省正在运行的 6 套机组, 4890 MWe (核电占总发电量的份额为 35.4%)。

** Mothballed 核电厂。

来源: IAEA PRIS。有关规划中反应堆的信息摘自论述该国规划的有关报告。

省已在从事核电厂建设或为新核电厂进行选址及可行性研究。秦山项目二期工程(两套 600 MWe 压水堆)的初步设计审查,已于 1992 年 11 月获得通过。大亚湾项目二期工程(两座 900 MWe 压水堆)的准备工作和与外商的谈判已开始。中国和俄罗斯签订过有关在辽宁省建造两套 WWER 型机组(两座 1000 MWe 核动力堆)的协定。此外,江西省正在为建造一座 600 MWe 核

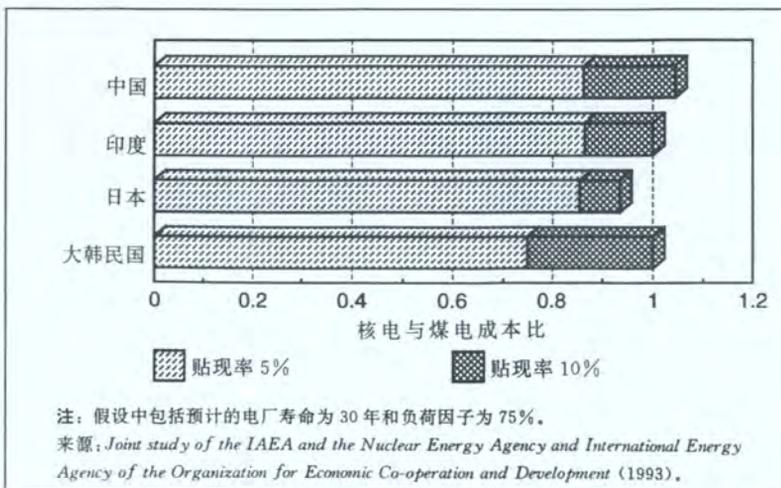
电厂作准备,海南岛已提出建造两座 350 MWe 压水堆的设计。

在中国的台湾省,台湾电力公司已邀请对其第 4 座核电厂(两座 1000 MWe 轻水堆)进行投标。预计该电厂将于 2000 年前建成。

印度计划在今后 10 年内再建造多达 15 座的核动力堆,以缓和该国的电力危机。如果预算经费有保证,巴基斯坦打算从中国购买第二座 300 MWe 压水堆。印度尼西亚已在其长期规划中表明,它打算开始执行核电计划。泰国已提出建 6 GWe 核电装机容量规模的规划。

经济竞争力。核电与常规基荷发电相比的经济竞争力取决于许多因国因地而异的因素,其中包括当地的燃料价格、环境保护等法定的要求,以及需要的资本收益率或贴现率。

在电网容量大和本国能源资源缺乏的一些国家里,如日本和大韩民国,核电与常规发电相比是有竞争力的。在远离大型煤气田或廉价水电的经济高速增长地区,核电也是有竞争力的。这包括中国的沿海地

部分亚洲国家中的
核电与煤电的经
济性比较

区、印度的西部和南部地区以及上述第三和第四类国家的某些地区。由4个亚洲国家(中国、印度、日本和大韩民国)所进行的研究已表明,多数情况下,对预定在2000年前后开始运行的已立项电厂的电力生产来说,核电是最便宜的选择。

技术发展。亚洲国家的核电发展正在促进本国核工业的技术发展。世界上第一座先进沸水堆正在日本兴建。大韩民国在仿制坎杜型 PHWR 的过程中,使这种堆得到重大改进。中国正在研制本国的标准机组 AC600 MWe PWR,其特点是具有先进的功能和非能动的安全设施。印度正在考虑用钍生产核电,因为其铀资源有限。许多亚洲国家的电网容量较小,可获得的资金有限,因而对于改进后的中小型动力堆来说,也是具有吸引力的市场。

亚洲从核能的远期贡献考虑,正在积极开发快中子增殖堆(FBR)。日本的“文殊”中试规模 FBR 预计于1994年首次达到临界。印度计划今后两年内完成500 MWe 原型 FBR 设计的详细审查和审定。中国一直在为一座池式实验性 FBR(65 MWth)做工程准备工作。

问题与需求

核电基建费用高昂,这使许多缺乏投资资本的发展中国家难以实施其雄心勃勃的核电规划。资金筹措是中国和印度扩大核电的一个关键因素。许多亚洲国家正试图吸引私人 and 外国人投资核电厂。

本国参与的程度取决于当地已有的工业基础设施。当地工业部门的大力参与,对于小规模核电计划来说一开始会使费用较高,但对于远期的大规模核电计划来说有可能使费用降低。

核电的采用对于人力资源的技术要求是很高的。为了使电厂取得良好的实绩、高水平的安全和经济上有竞争力,高质量的工作人员对于核电厂的设计、设备制造、建造、管理和运行来说是极其重要的。要考虑的其它因素包括为核电厂选择合适的场址

和放射性废物的永久处置,这是两个已引起公众对核能表示担忧的问题。

IAEA 一直在制订电力系统扩大规划、核电项目可行性研究、电厂选址、人力资源开发、项目管理、电厂工程和安全评价等方面提供多种多样的援助,以支持有关的国家。机构一直在为亚洲的核电发展实施各种技术援助项目。

在整个90年代,预计亚洲的经济将继续高速增长,对电力需求量也会不断增加。核电在该地区可持续的经济发展中有可能起到日益重要的作用,并给环境保护和能源供应可靠性提供特殊好处。据估计,到2000年,并入亚洲电网的核电机组可能多达90—100套,预料跨入下个世纪后核电将得到进一步的发展。 □

孟加拉国的技工正在输电线路工作。(来源:ADB)

