

CN9300033

CNIC-00575

CINIE-0002

# 中国核科技报告

CHINA NUCLEAR SCIENCE & TECHNOLOGY REPORT

核能在中国长期能源供应中的作用和地位

THE ROLE AND POSITION OF NUCLEAR ENERGY  
IN THE LONG-TERM ENERGY SUPPLY OF CHINA

*(In Chinese)*



原子能出版社

中国核情报中心

China Nuclear Information Centre



鲍云桥：研究员，中国核工业经济研究所核能发展战略研究室主任，1963年毕业于西安交通大学工程物理系。

Bao Yunqiao: Professor, director of the nuclear power development strategy division, China Institute of Nuclear Industry Economics. Graduated from the engineering-physics department of Jiao Tong University, Xian in 1963.

CNIC—00575

CINIE—0002

# 核能在中国长期能源供应中的作用和地位

鲍云樵

(中国核工业经济研究所,北京)

## 摘 要

回顾了世界核能发展史及各国发展核能政策,展望了世界核能发展前景。在对国外核电经济性进行分析的基础上,指出国外核发电成本都低于煤电,估计未来核电在经济上将仍有竞争力。根据中国能源工业发展现状,对中国长期能源供求前景进行预测,估计能源缺口将越来越大;指出在远离煤炭基地的东南沿海地区发展核电,可弥补经济发达地区的能源短缺。预测了中国电力长期需求,评估了中国电力资源,表明发展核电可优化中国电力构成。对中国核电经济性作了评价,并指出实现国产化、系列化生产后,核电将比煤电经济。在分析中国交通运输和环境污染情况后,指出发展核电可减轻对运输的压力,改善环境质量。最后展望了核供热发展前景,并对中国铀资源的保证程度作了分析。

# **THE ROLE AND POSITION OF NUCLEAR ENERGY IN THE LONG-TERM ENERGY SUPPLY OF CHINA**

*(In Chinese)*

**Bao Yunqiao**

**(CHINA INSTITUTE OF NUCLEAR INDUSTRY ECONOMICS, BEIJING)**

## **ABSTRACT**

The history for development of world nuclear energy and policies in various countries are retrospected, and the development of world nuclear energy is reviewed. On the basis of analysis for the economy of nuclear power in abroad, it is verified that the cost of nuclear power is cheaper than that of coal-fired power. In the future, the nuclear power is still competitive in economy. The prospect for long-term energy supply in China is predicted on the present situation of energy industry. It is estimated that the gap between energy demands and supply will become larger and larger. The solution is to develop nuclear energy in south-east shortage in that developed economy area. The long-term demands of electricity and electrical resources are estimated in China, and if nuclear energy is utilized that will optimize the constitution of electricity. The economy of nuclear power is also evaluated. It is expected that the nuclear power will be cheaper than that of coal-fired power in China after equipments are made domestically and serially. From the analysis of the conditions of communication, transportation and pollution, the development of nuclear energy will reduce the tension of transportation and improve the environmental quality. Finally, the prospect of developing nuclear heating and the supply level of uranium resources in China are analyzed.

中国刚起步发展核电站,核电和核供热的重要作用,尚未被广泛认识。国外经验表明,全世界的能源结构将向多样化方向发展,核能在能源中的地位和作用将愈来愈重要。中国以煤炭为主体的能源结构,已经给社会、交通、环保带来许多难以解决的问题。从长远看,为确保中国有充足和稳定的能源供应,很有必要分析国外能源结构的发展趋势和核能在能源中的地位,并从中国社会、经济、环境、交通等方面出发,系统地分析未来能源供需矛盾和能源结构变化趋势,在综合分析基础上,提出中国能源结构方案,正确评价核能在中国长期能源供应中的作用和地位。

## 1 核能在世界能源中的地位和作用

核能是从60年代初开始跻身于能源工业行列的新兴能源工业,从60年代中到70年代初,核能被一些工业发达国家视为取代石油能源的希望,当时的核能发展深受世界各国的普遍重视,以美国为首的工业国都制订了庞大的核电长远发展规划,一些工业发达国家指望到2000年使核电占本国电力供应总量的30~50%。但是,当时各国对经济发展速度和电力增长速度的估计偏高,70年代初发生的石油危机又迫使各国采取节能措施,实践证明美国建造中的核电站已超过需要,于是原计划建造的100多座核电站项目被取消,一些即将建成的核电站被勒令停建,甚至有的已经建成的核电站因拿不到许可证而无法运行。1979年,美国发生三里岛核事故后,核电遭到了公众非议,核电在美国遭到了冷落。然而,有些国家(如法国、日本、苏联等)却坚持发展核电,这些国家核电的增长速度远超过火电,它们的能源结构亦逐步向多元化方向发展。

有人说从1979年至今,核电的发展状况是不景气的,然而统计数字否定了这种说法。总的来说,情况恰恰相反,核能不但在世界能源中的地位在逐步提高,而且是各种能源中增长速度最快的。

据国际权威机构统计,1987年世界一次能源总消费量达7811Mt油当量,比1986年增长2.8%。在各种能源中,核电增长最快,年增长率达7.2%。1987年一次能源总消费量中,石油占37.6%,煤占30.5%,天然气占19.9%,水电占6.9%,核电占5.1%。与石油输出国组织提高油价前的1979年相比较,1987年世界能源消费量增加了12.3%,其中煤增加21.2%,天然气增加21.4%,水电增加23.6%,核电增加160.5%,石油则减少5.9%。

1987年,经济合作发展组织国家的能源构成是:石油占43%,煤占22%,天然气占19%,水电占7%,核电占9%;中央计划经济国家的石油占25%,煤占46%,天然气占23%,水电占4%,核电占4%。

1979~1987年世界一次能源消费量变化情况和各种能源的绝对量以及相对比例的变化情况见表1<sup>[1]</sup>。截至1988年12月31日,全世界正在运行的核电站总计420座(堆),总电功率为326.166GW,核发电量占世界总发电量的16%以上。有26个国家或地区拥有核电站,其中有13个国家的核发电量占总发电量的25%以上。1988年世界核电站概况详见表2<sup>[2]</sup>。

表 1 1979~1987 年世界一次能源消费量 Mtoe 油当量

|             | 1979        | 1986        | 1987        | 1987 比例<br>% | 1979/1987<br>±% | 1986/1987<br>±% |
|-------------|-------------|-------------|-------------|--------------|-----------------|-----------------|
| <b>能源类别</b> |             |             |             |              |                 |                 |
| 石油          | 3124        | 2899        | 2941        | 37.6         | -5.9            | 1.4             |
| 煤           | 1968        | 2318        | 2306        | 30.5         | +21.2           | 2.9             |
| 天然气         | 1282        | 1487        | 1556        | 19.9         | +21.4           | 4.6             |
| 水电          | 424         | 517         | 524         | 6.9          | +23.6           | 1.4             |
| 核电          | 155         | 377         | 404         | 5.1          | +160.6          | 7.2             |
| <b>总计</b>   | <b>6953</b> | <b>7598</b> | <b>7811</b> | <b>100.0</b> | <b>+12.3</b>    | <b>2.8</b>      |
| <b>按地区分</b> |             |             |             |              |                 |                 |
| 北美          | 2136        | 2033        | 2081        | 26.7         | -2.6            | 2.4             |
| 西欧          | 1294        | 1280        | 1296        | 16.5         | -               | 1.2             |
| 日本          | 370         | 372         | 378         | 4.8          | +2.2            | 1.6             |
| 经济合作发展组织国家  | 3883        | 3782        | 3855        | 49.3         | -0.7            | 1.9             |
| 西方其他国家      | 856         | 1158        | 1215        | 15.6         | +42.0           | 4.9             |
| 中央计划经济国家    | 2215        | 2658        | 2740        | 35.1         | +23.7           | 3.1             |
| <b>世界总计</b> | <b>6953</b> | <b>7598</b> | <b>7811</b> | <b>100.0</b> | <b>+12.3</b>    | <b>2.8</b>      |

表 2 世界已运行核电站 (截至 1988 年底)

| 国家或地区   | 电功率(毛),MW | 堆 数 | 国家或地区 | 电功率(毛),MW | 堆 数 |
|---------|-----------|-----|-------|-----------|-----|
| 美 国     | 101491    | 109 | 瑞 士   | 3079      | 5   |
| 法 国     | 52213     | 53  | 保加利亚  | 2760      | 5   |
| 苏 联     | 35645     | 50  | 芬 兰   | 2400      | 4   |
| 日 本     | 28046     | 36  | 民主德国  | 2280      | 6   |
| 联邦德国    | 22599     | 21  | 南 非   | 1930      | 2   |
| 英 国     | 14750     | 41  | 匈 牙 利 | 1760      | 4   |
| 加 拿 大   | 12919     | 18  | 印 度   | 1230      | 6   |
| 瑞 典     | 10974     | 12  | 意 大 利 | 1152      | 2   |
| 西 牙 牙   | 7837      | 10  | 阿 根 廷 | 1001      | 2   |
| 南 朝 鲜   | 6645      | 8   | 南斯拉夫  | 664       | 1   |
| 比 利 时   | 5700      | 7   | 巴 西   | 657       | 1   |
| 中 国 台 湾 | 5144      | 6   | 荷 兰   | 525       | 2   |
| 捷 克     | 3500      | 8   | 巴基斯坦  | 137       | 1   |

资料来源: "Atoms in Japan", 1989. 3.

据有关部门进行的“世界核电设备调查统计”表明,截至1993年底全世界将投产的核电站及装机容量为:1983年33座,30767MW;1989年23座,20822MW;1990年16座,14275MW;1991年14座,10919MW;1992年15座,10919MW;1993年9座,8932MW<sup>[3]</sup>。

据国际原子能机构统计,现在西方工业国家核电比例平均已达22%,预计到2000年将达到25%<sup>[4]</sup>。

英国能源大臣彼得·沃克认为,由于世界人口和工业发展的需要,能源消耗量每年将以2%速度增长,其结果是到2040~2065年间,石油将会耗尽,天然气和煤也将到2066和2076年出现短缺现象。他认为核能将是保持长期能源需求的希望,预计到2030年核能特占总能源需求量的15~20%。如果取消核能,则必需每两年发现一个面积与北海油田一样大的新油田,每六年要发现一个象哥伦比亚煤矿一样厚的新煤矿,这是绝对不可能的<sup>[5]</sup>。

国际应用系统分析研究所曾对世界能源结构的发展趋势作过如下预测:

2000年,石油占35%,煤炭占29%,天然气占18.6%,核能占10.24%,水电占5%,太阳能占0.06%,其他能源占0.13%。

2030年,煤炭占35%,核能占22.6%,石油占19%,天然气占17%,水电占5%,太阳能占1.3%,其他能源占2.1%<sup>[6]</sup>。

法国一贯坚持发展核能,以核能为“能源独立”政策的支柱。法国目前核发电量比例已经达到总发电量的69.8%,预计到1990年,核能占一次能源的比例将率先达到29%。

美国的核电工业曾一度萧条,但从1985年开始出现复苏现象。美国能源纲要规定,从1992年至2000年,美国能源消费量年增长率仅为1.3%。预计到1990年,美国一次能源的总消费量将达3000Mt标准煤。1990年以前,核电增长速度仍高于煤电<sup>[6]</sup>。

日本正在调整它的能源结构,尽可能减少油电的比例(由1982年占39%,降为2000年占12%),以最大限度发展核能,核发电量的比例将从1985年的20.7%增至2000年的39%。预计2000年,核电装机容量将增至53GW。2030年核发电量所占比例将增至60%<sup>[7]</sup>。

苏联坚持积极发展核电的方针,预计到1990年,核发电量将增至350TWh小时,约占全国总发电量的21%,等于1984年的2.7倍<sup>[8]</sup>。

东欧六国亦将发展核电放在重要位置,预计到2000年,它们的核电装机容量将达到50GW。到本世纪末,经互会各国的核电将占总电力的30~40%<sup>[9]</sup>。

南朝鲜正致力于将它的能源结构调整“非石油化”,并以取得成效。现在,它的核电比例已超过53%。1980年,它的油电占78.7%,核电只占9.3%,煤电占6.7%。到2000年,以核电为支柱的电力结构将保证南朝鲜实现能源多样化<sup>[10]</sup>。

中国台湾省的核电所占比例已经达到49%,台湾七十年代末开始建成核电站,使它免遭一场石油危机的冲击。台湾的能源结构在过去的十年间发生了根本的变革,从1978年至1987年,核电比例从零上升到49%,油电则由80%降到9%。由于核电价格低于油电,仅此一项,1987年一年台湾就节省300亿元台币。

截至1987年底,发展中国家正在运行的核电站有22座,合计装机容量为13.1GW,只占全世界发电量的5%。国际原子能机构在七十年代中期,曾预计到2000年发展中国家将建成260座核电站,装机容量达174GW,但由于遇到资金困难,发展中国家的核电发展规划会大幅

度下降,不过由于发展中国家正处在工业化的进程中,电力需要量将迅速增加,因此,核电的增长率不会过低<sup>[1]</sup>。

综上所述,核能是全世界长期稳定能源供应的保证,它的重要地位和作用,在目前由于油价低下,还未被人们普遍认识,但是低油价是不能持久的,进入 21 世纪以后,随着常规能源的消耗和衰竭,以及常规能源对环境、交通等带来的影响,核能代替常规能源势在必行。在未来多元化能源结构中,核能的地位将会逐步提高,到 21 世纪中叶,核能的地位将仅次于煤炭而跃居第二位。

## 2 国际核电的经济性分析评估

核电站进入商业应用以来,国外绝大部分发展核电的国家,其核发电成本都低于煤电,这是因为:

(1)在发电成本计算中,核电站的投资成本占有较大的比重(60~70%),燃料成本占的比重较小,煤电投资成本只占 20~30%,而燃料成本却占 60~70%。由于燃料成本是长期起作用的因素,所以在核电与煤电的发电成本比较中,核电比较便宜。

(2)在计算核电的投资成本时,现在已经引入系统投资分析的计算概念。在比较核电系统与煤电系统投资时,应将矿山,燃料加工,运输,发电,后处理及三废处理等环节均考虑在内,过去只考虑核电站的比投资比煤电站高 50%左右,但现在的情况有所改变,经过系统比投资分析比较,核电系统比投资只比煤电系统贵 20~30%,而燃料成本的因素起着很大的作用,因此核发电成本明显低于火电。

(3)在所有发展核电的国家里,核电站大都建在远离能源基地的缺能地区,在当地由于运输等因素造成煤价较贵的情况下,核电在经济上可以发挥优势。所以即使在个别国家(如美国),个别年份,全国核电平均发电成本高于全国煤电发电成本,而核电站所在地区的核发电成本仍低于当地的煤发电成本。

美国从 1974 年到 1982 年,按全国平均发电成本算,核发电成本始终低于火电;1983 年核发电成本与煤电拉平,1984 年全国平均核发电成本比火电高 14.3%;此后,1985 年~1987 年核发电成本仍低于火电。美国核发电成本与火电比较详见图 1。据预测,由于美国政府对核电采取促进政策,1998 年~2030 年建成的核电站,发电成本仍低于煤电。

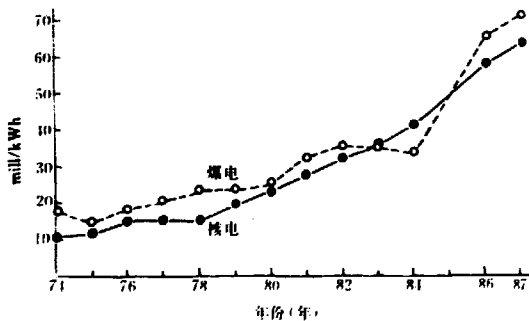


图 1 美国核发电成本与火力发电成本比较



对世界其他国家的核电经济性分析,我们采取了基准化方法,将贴现率定为5%,电站寿期定为25年,负荷因子定为72%。对1985年13个国家或地区的核电站和14个国家或地区的大电站的发电成本作了比较,结果是核发电成本平均为20.3~43.6 mill/kWh。绝大部分国家或地区的核发电成本低于火电,各国基准化后的核发电成本和火力发电成本之比(1985年)见图2<sup>[12]</sup>。

以上事实说明,尽管世界油价下跌,但多数国家核发电成本仍低于火电,说明核电在经济上是有竞争力的,特别是到21世纪,油和煤价格将会大幅度上升,届时核电在经济上的优势将更为明显。

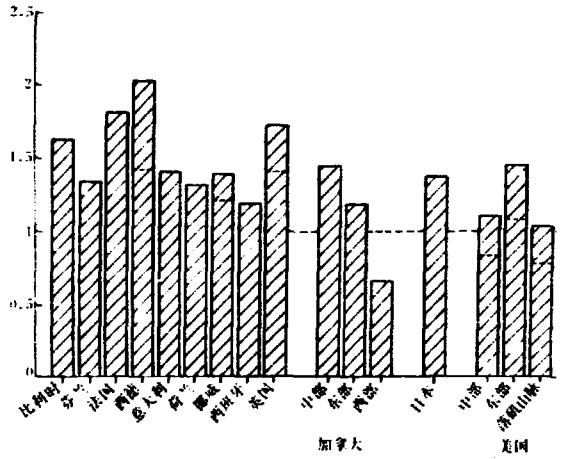


图2 各国基准化后的核发电成本与火力发电成本之比(1985)

### 3 中国未来能源结构变化趋势及核能的地位

#### 3.1 本世纪末中国能源工业发展形势和前景<sup>[13]</sup>

(1) 中国能源工业发展现状 中国“六五”期间能源年增长率平均为6.1%，“七五”前两年又增长了3%和3.3%。1987年全国一次能源产量为910Mt标准煤,煤炭产量达920Mt,石油达134Mt,天然气13.5Gm立方米,水电99.5TWh,全国总发电量490TWh。

尽管1986,1987两年中国电力增长率分别达到9.5%和10.3%,远远超过“七五”计划规定的指标(6.2%),但因欠帐太多,老帐没有还完,而国民经济又发展过热,因此缺电仍很严重。

据估计,1987年全国缺电70Twh,使25%工业生产不能发挥,损失产值4000亿元,国家少得利税500多亿元。

煤炭工业长期全行业亏损,1987年统配矿亏损16.5亿元,已连续两年未开建新井,后劲严重不足。乡镇煤矿因受多种因素限制,增长速度已经衰减。从1987年开始,全国煤炭供应再次出现紧张状态。

石油和天然气生产没有达到“七五”计划要求的生长指标,后备储量不足。

(2) 本世纪末中国能源需求和供应预测 根据国民经济发展对能源的需求到2000年实现国民经济翻两番的战略目标,按6%和7.2%的国民经济年增长率计算,则对一次能源和电力需求的预测见表3。

表3 2000年中国一次能源和电力需求预测

| 国民经济发展速度, % | 一次能源消费(标准煤), Mt | 全国发电量     |
|-------------|-----------------|-----------|
| 6           | 1450            | 1200 TWh  |
| 7.2         | 1570            | 13400 kWh |
|             | 人均一次能源消费, t     | 人均用电量     |
| 6           | 1.16            | 835 kWh   |
| 7.2         | 1.26            | 933 kWh   |

根据以上方案预测,由于届时核电所占比例极小,如将其忽略不计,则2000年中国能源结构将是表4所示的情况。

表4 2000年中国能源结构预测

| 经济发展速度 % | 煤 炭    |      | 水 电     |      | 石 油    |      | 天 然 气               |      | 合计 % |
|----------|--------|------|---------|------|--------|------|---------------------|------|------|
|          | 实物量 Mt | 比例 % | 实物量 TWh | 比例 % | 实物量 Mt | 比例 % | 实物量 Gm <sup>3</sup> | 比例 % |      |
| 6        | 1420   | 71.0 | 240     | 6.5  | 200    | 19.0 | 40                  | 3.5  | 100  |
| 7.2      | 1590   | 72.7 | 240     | 6.1  | 200    | 17.0 | 40                  | 3.3  | 100  |

从煤炭生产能力预测,2000年煤炭产量要达到1420Mt相当困难。从需要看要达到1600Mt,缺口将达近200Mt煤炭。石油产量要达到200Mt也极为困难。水电和天然气要达标也十分困难。

### 3.2 21世纪前期中国能源需求和供应预测

(1) 21世纪前期中国能源需求预测 21世纪前期(包括2000,2015,2030年)预测中国一次能源消费量见表5;同期人均能源消费量见表6;同期年发电量见表7;同期人均发电量见表8。

表 5 21 世纪前期一次能源消费量 (Mt 标准煤)

| 年 份   | 2000 | 2015 | 2030 |
|-------|------|------|------|
| 持续发展型 | 1578 | 2657 | 3828 |
| 稳步发展型 | 1578 | 2613 | 3702 |
| 抑制发展型 | 1578 | 2559 | 3509 |

表 6 21 世纪前期人均能源消费量 (t 标准煤)

| 年 份   | 2000 | 2015 | 2030 |
|-------|------|------|------|
| 持续发展型 | 1.26 | 1.9  | 2.53 |
| 稳步发展型 | 1.26 | 1.87 | 2.45 |
| 抑制发展型 | 1.26 | 1.83 | 2.32 |

表 7 21 世纪前期预测年发电量 (TWh)

| 年 份   | 2000 | 2015 | 2030 |
|-------|------|------|------|
| 持续发展型 | 1200 | 2960 | 6440 |
| 稳步发展型 | 1200 | 2760 | 5310 |
| 抑制发展型 | 1200 | 2570 | 4370 |

表 8 21 世纪前期人均发电量 (kWh/人)

| 年 份   | 2000 | 2015 | 2030 |
|-------|------|------|------|
| 持续发展型 | 956  | 2120 | 4259 |
| 稳步发展型 | 956  | 1977 | 3512 |
| 抑制发展型 | 956  | 1841 | 2890 |

(2) 21 世纪前期能源供求平衡和能源结构预测 按 2000, 2015, 2030 年一次能源需求量测算, 2000~2015 年要增加 1035Mt 标准煤, 平均每年增加 69Mt 标准煤。2015~2030 年间, 增加 1100Mt 标准煤, 平均每年增加 73Mt 标准煤。从中国历史上能源增长速度看, 增长最快的“六五”期间也只平均每年增加 43.63Mt 标准煤, 21 世纪前三十年内要达到每年增长 69~73Mt 标准煤, 除非采取特殊措施, 否则是很难做到的。

(i) 中国能源资源结构 中国一次能源资源总量约为 652.5Gt 标准煤, 其中煤炭占 85.

6%，石油占2.5%，天然气占0.1%，水能占11.8%。<sup>\*</sup>煤炭将在未来相当长时期内的能源资源中占绝对优势。

(ii) 21世纪前期能源结构 预测到2000,2015,2030年,中国能源构成煤炭仍占优势。假设核能不计在内,到2000,2015,2030年的能源构成见表9。

表9 中国21世纪前期能源结构(Mt标准煤)

| 能源类别 | 2000年       | 2015年       | 2030年       |
|------|-------------|-------------|-------------|
| 石油   | 268(18.1%)  | 429(16.4%)  | 286(7.7%)   |
| 天然气  | 49(3.1%)    | 123(4.7%)   | 246(6.6%)   |
| 水力   | 84(5.3%)    | 168(6.4%)   | 294(7.9%)   |
| 煤炭   | 1159(73.5%) | 1993(72.4%) | 2076(77.7%) |
| 合计   | 1578(100%)  | 2613(100%)  | 3702(100%)  |

从表9所示的能源构成看来,21世纪前期,需要燃用大量煤炭。2000年将需1600Mt原煤,2015年需2650Mt,2030年需4000Mt。大量烧煤不但会带来环境污染、温室效应等生态和社会问题,而且在中国煤炭资源分布不均的情况下,在远离煤炭基地的东南沿海经济发达地区,要靠远距离运煤也无法满足煤炭的供应,因此,在大力开发常规能源的同时,中国应当加快发展核电的步伐。因为核电已在世界上经实践考验证明,它是经济、干净和安全的优质能源,而且在中国东南沿海地区发展核电还可以减轻烧煤带来的环境污染和交通运输紧张问题。

### 3.3 中国核能发展的前景

从21世纪前期中国煤炭资源在能源构成中仍将占主要地位的前景出发,又考虑到在远离煤炭基地的东南沿海地区发展核电,可弥补这些经济发达地区的能源短缺,我们设想两个核能发展方案:

第一方案:煤炭在中国能源构成中仍然保持历史上最低水平(即占70%),以核能来弥补石油产量的衰减而造成的缺口。设想,2000年建成6GW核电站;2015年建成30GW核电站,年发电量179.2TWh,相当于63Mt标准煤,核能只占当时一次能源的2.4%;2030年建成96GW核电站,年发电量574.9TWh,相当于200Mt标准煤,核能占一次能源的7.7%。该方案对中国21世纪前期的能源结构没什么改观,对改善环境和缓解运输紧张的贡献也不大。

第二方案:发展核电使中国未来的能源结构稍有改善,煤炭在一次能源中的比重有所下降,2015年降为65%,2030年降为60%。核电建设规模为:2000年建成6GW;2015年建成91.9GW,年发电量675.6TWh,相当于0.27Gt标准煤;到2030年建成263.33GW核电站,年发电量为1580TWh,相当于880Mt标准煤。该方案对环境,运输问题虽有少量的改善,但问题仍很严重,而且要实现此目标实际困难很多。

\* 水电站寿命按100年计,每kWh发电煤耗为400g。

## 4 从中国电力长期需求来看核电的地位<sup>[14]</sup>

### 4.1 中国长远电力需求预测

建国 39 年来,中国电力工业一直发展较快,1985 年以前的 36 年间,全国发电量年平均增长率为 13.5%,发电设备年平均增长率为 11.3%,超过了工农业总产值的年平均增长率 9.6%的速度,电力弹性系数为 1.4。

“七五”前两年,1986 和 1987 年电力年平均增长率分别达 9.5%和 10.3%。

由于国民经济发展过快,全国长期持续缺电,1980 年全国缺装机 10GW,1985 年缺装机 12GW,1986 年缺装机 15GW,缺电量 70TWh。缺电状况将持续下去,直到 2000 年。据估计,2000 年全国需要电量将达 1350TWh,需发电设备至少 290GW。按 15 年翻一番计,到 2015 年,全国需发电设备 580GW,到 2030 年需 1160GW。

### 4.2 中国电力资源评价

截至 1985 年,中国煤炭预测储量为 3200Gt;探明储量为 782200Mt;保有储量 769100Mt,其中动力煤占 47%。水力资源理论储量为 670GW,可开发 370GW。石油探明储量 11600Mt,天然气 396.3Gm<sup>3</sup>。铀矿资源因地探工作薄弱,尽管已探明经济可采储量不多,但可满足建设 6.7GW 核电站用 30 年的核燃料需求。

中国能源资源虽然丰富,但分布很不均衡。煤炭探明储量的 70%以上分布在华北和西北。水力资源 68%集中在西南。中国东部沿海地区经济发达,但能源奇缺,故经济发展受到制约,电力增长也受到资源短缺的约束。

### 4.3 发电能源构成的变化趋势

中国发电能源结构决定于能源资源条件,由于煤炭资源丰富,煤电在中国发电能源结构中起主导地位。我国发电能源构成见表 10。

表 10 我国发电能源构成(%)

| 年 份  | 煤 电  | 水 电  | 油 电  | 气 电 | 核 电 | 总 计 |
|------|------|------|------|-----|-----|-----|
| 1960 | 87.5 | 12.5 | 0    | 0   | 0   | 100 |
| 1971 | 69.6 | 18.1 | 12.3 | 0   | 0   | 100 |
| 1980 | 60.5 | 19.9 | 19.1 | 0.5 | 0   | 100 |
| 1987 | 69.3 | 20.3 | 9.6  | 0.8 | 0   | 100 |

今后,由于煤电的发展受运输和环保条件的限制,在水力资源丰富的地区应优先开发水电,在经济发达的缺能地区应发展核电,逐步形成优化的发电能源结构。预计 2000 年的发电能源构成的变化趋势是:煤电比重保持不变,油电下降,水电比重上升,核电起步后比重上升。

### 4.4 中国核电经济性评价

根据现有核电项目报价和煤炭价格状况推算,核电和煤电的经济性比较的定性结论是:到 2000 年为止,由于核电刚处在起步阶段,尚未形成经济生产规模,因此,最初的两座核电站

的核发电成本可能高于煤电。到 2000~2015 年,除华中地区外华东和东北地区,核电要比煤电经济。2015 年以后,在中国华东,东北和华中地区,核电都比煤电经济。在缺乏水能资源、人口密集、土地短缺的东部沿海地区,从 2000 年前开始,核电就比水电经济,在这些地区只有将水电作为调峰负荷,才有开发价值。

#### 4.5 从电力需求看对核电发展规模的要求

从电力需求出发,又考虑到实现的可能性,应将开发核电的重点放在华东、东北和华中。设想方案为:2000 年以前建成 6GW 核电站;2015 年建成 30GW,约占全国总装机的 6%;2030 年建成 150GW,约占全国总装机的 13%。

### 5 从能源运输条件看核能的地位<sup>[15]</sup>

中国交通运输长期处于紧张状态,运输需求大于运输供给,运量和运力的矛盾,其中能源运输需求与运力供给的矛盾尤为突出。能源供应紧张,电力不足,在相当大的程度上是交通运输紧张造成的。如果中国绝大部分靠煤炭的能源结构不加以改变,交通运输将越来越紧张,这将使能源供应的缺口越来越大。所以从能源运输条件出发来探讨核能的地位和作用是极为重要的。

#### 5.1 能源运输现状及存在问题

中国能源构成中,煤炭占 70%以上,在发电燃料中,煤炭占 77%,加上煤炭资源分布不均,使得煤炭运量占铁路总运量的 40%以上。由于中国东部地区煤炭需求量大,所以煤炭运量主要集中在南,北同蒲线和焦枝线以东的十几条干线上。

中国工业布局与煤炭资源分布不协调,造成了煤炭长距离调运。大同煤运至上海,铁路直运为 1800 多公里,铁海联运为 2000 多公里;大同煤运至厦门,铁路直达为 3100 多公里,铁海联运为 2800 多公里;大同至广州,铁路直达为 2600 多公里,铁海联运为 3300 多公里。

煤炭运量大,运距长,对全国交通运输带来了严重的影响。可以说,全国性交通运输紧张是由于能源运输所造成的。

#### 5.2 能源开发和需求对能源运输的要求

根据 2000 年能源生产要求,以及全国各地对煤炭的要求,大约从能源基地(山西,陕西,豫西,蒙西和宁夏等省区)要调出 470Mt 煤炭,其中 440Mt 需靠铁路运输,极为困难。

中国能源需求最大的是东部地区。预计 2000 年,东北地区需从外区调入 70Mt 煤炭,华东地区为 186Mt,两湖和广东省为 96Mt。合计达 352Mt。

为满足缺能地区煤炭需求,必须进行运输建设,而且须将能源运输建设作为交通运输建设的重点。但要完成如此大量和繁重的交通运输建设任务,耗资巨大,难以实现,因此,交通运输紧张局面很难扭转。

#### 5.3 从缓和交通紧张看发展核电的必要性

预计 2000 年需从能源基地运出 470Mt 煤炭,不仅现有运力不足,就是正在建设的大同一秦皇岛铁路和即将新建的侯马—月山铁路,以及规划中的神木—朔县—石家庄和包头—西安铁路,其运力已基本排满。

2015 年,要从能源基地运出 600~700Mt 煤炭,比 2000 年增加 50%。这对铁路运输来说是难以承受的。

随着技术进步,管道输煤可能有所发展,但也难以满足大量运煤的需要。因此发展核电,减少煤炭运输量,从而减轻交通运输压力,腾出运力,扩大运输服务,是缓解运输供求矛盾的一种办法。这对于沿海地区扩大外贸运输和旅客运输,发展外向型经济有重要意义。

#### 5.4 发展核电以促进东部地区实现铁路电气化

东部地区铁路是最繁忙的,提高铁路运输能力的途径是实现铁路现代化,其中主要是进行牵引动力电气化改造,这对于提高旅客列车运行速度,提高货物列车载重量,增大行车密度,扩大输送能力,都有显著的效果。

实现铁路电气化要有电力供给,东部地区电力不足,无法实现铁路电气化目标。如果在东部地区建造核电站,增加电力供应,对沿海地区铁路实行电气化改造,可使运力大幅度提高。例如,津浦线实行电气化改造后,在旅客列车达到 50 对条件下,单向货物运力可达 70Mt,总运力比内燃机提高 30%左右。

#### 5.5 从交通运输看核电的经济性

(1) 核电与煤电相比的运输经济性 核电站所需的铀燃料的数量很少,一座 1GW 压水堆电站每年只需 30t 左右核燃料,所占运力和运输费用甚微。而相同功率煤电站每年需要 3.3Mt 煤炭,运量大,运费贵,运输建设投资也大。

据统计,从大同运煤到上海,每千瓦运输费用 51.3~57.4 元;供广州电厂,每千瓦运输费用 82.2~97 元。而核电成本中核燃料的运输费用则微不足道,如以上海电厂、广州电厂为例,一座 1GW 核电站一年就可节省燃料运费;上海为 5130~5740 万元;广州为 8220~9700 万元。

此外,在沿海地区建设核电站,可大大节省运输建设投资。例如:从大同至上海,每千瓦煤电运输投资为 477~597 元;在大同至广州,每千瓦煤电运输投资为 533~884 元。一座 1GW 核电站,可节省运输投资;上海 47700~59700 万元,广州 53300~88400 万元。这相当于核电站造价的四分之一。

(2) 核电与水电相比较的运输经济性 如果在西南开发水电,以 500kV 输电线将水电送往东部地区,远距离输电线路建设投资也相当可观。从西南将水电送到上海和广州,都要经过 1000~2000km 输电距离,每千瓦输电投资为 350~700 元。

在东部负荷中心附近建核电站,则每座 1GW 核电站就可节省 3.5~7 亿元输电投资。

## 6 核电在减轻环境污染中的作用<sup>[16]</sup>

中国以煤炭为主的能源结构,给环境带来了严重污染。全国每年排入大气的煤烟 23Mt,二氧化硫 14.6Mt,其中燃煤排放的烟尘和二氧化硫,分别占总排放量的 73%和 90%。中国大气污染的显著特征是煤烟型污染。

从环保角度看,核电与煤电相比,前者是一种清洁能源。因为:

(1) 核电站代替煤电站可彻底避免大气环境的煤烟型污染。一座 1GW 煤电站一年要向大气排放 77kt 烟尘,61kt 二氧化硫,13kt 氮氧化物,630kg 强致癌物质 3.4 苯并芘。建设核电站代替煤电站可以杜绝这些污染。

(2) 发展核电可以避免温室效应。煤炭燃烧会释放大量二氧化碳,因温室效应使地球气候变暖。随着煤炭用量的大幅度增加,气候变暖现象已经引起全世界的关注。最近召开的世界环境保护会议上,与会专家呼吁举行世界各国首脑会议,并要求限制化石燃料,设法到 2005 年全

世界化石燃料消耗量应减少 20%，最终应将化石燃料消耗量减少 50%。还要求制订国际大气层法，对大量消耗化石燃料的国家征收重税。美、苏、中三国烧煤对环境造成的污染和对温室效应的贡献占全世界的一半以上。中国煤炭产量又居世界第一，温室效应的影响对全国今后煤炭的开发利用有一定的制约作用。

(3) 核电的放射性污染比煤电小得多。煤炭中含有铀、钍、镭等放射性核素，煤电站排放的煤灰和煤渣中的放射性核素会对环境造成放射性污染。

云南开远市区和部分郊区受到不同程度放射性污染，主要污染物是铀系天然放射性核素，主要来源于煤的燃料。

以烟道灰和煤渣做原料，制成砖头等建筑材料，也使居民所受到放射性剂量增高，这属于二次污染。

以上实例说明煤电站存在放射性污染问题。

当然核电站也有放射性污染问题，它的放射性物质来源包括：铀矿采冶中排放的废水，核电站运行中排放的废气和废物，核燃料后处理和三废处置中排放的废气、废液和废物等。但对核燃料循环过程中造成的放射性污染，国外从开始发展核电时就引起高度重视，并采取了严密的防范措施。例如，对核电站自身来说，要求达到放射性近零排放标准，对后处理和三废处置中的放射性物质均采取严格的密封和妥善的处置，这样反而增加了安全性。

由于煤电站对放射性核素采取开放式的排放处理办法，而核电站则对放射性物质采取封闭式管理办法。国外经验表明，核电站对周围环境的放射性影响要比煤电站少得多，这个规律对中国也应是适用的。

## 7 中国核供热的地位和作用<sup>[17]</sup>

中国煤炭用于直接供热占烧煤总量的 60% 以上，直接烧煤供热，热源靠近用户，造成对城市环境的严重污染。如果能够以核能来供热，则可以减轻煤烟型的污染。实现核供热，必须要求供热堆具备固有安全性和经济性。

现在，不少国家已经开发和建造专门用于供热的核反应堆，这种反应堆具有一定的固有安全性，可以建在居民区附近。另外，从经济角度看，国内有关研究部门作过测算，结果表明低温核供热，对于北方城市供热是有一定吸引力的。从长远角度看，如果通过与西德有关公司合作，发展模块式高温气冷堆也可以为中国化工工业和稠油开采提供高温工艺用热。

目前，清华大学核能技术设计研究院已建成一座热功率为 5MW 的低温供热实验堆。

核供热在中国的潜在市场很大。特别是中国有 175 座北方城市，有 6706.4 万人口，所以在北方核供热潜在市场很大。

高温供热在中国应用领域也很广泛，由石油热采，煤的气化液化，化工厂供热，直至核能炼钢。中国稠油贮量很大，目前探明有十余亿吨储量，占探明石油储量的六分之一。如果发展高温气冷堆，则可为稠油热采提供理想的热源。

## 8 中国铀资源的保证程度<sup>[18]</sup>

中国的铀矿地质探查是在发展军用核技术的过程中逐步发展起来的。根据中国核电发展规划，2000 年以前建成 6GW，可以说已保有的铀矿资源对中国近期核电发展是可保证的。为



保证 2015 年建成 30GW 核电站的需要,还需要扩大经济可采储量。

中国幅员辽阔,国内外专家认为中国的铀矿资源还有较大的潜在远景。为确保中国 21 世纪前期核电发展对核燃料的需要,仍需加快地勘速度。

总的说来,中国铀资源的蕴藏量完全可以保证核电的长期稳定发展,当前保有的铀储量能够保证近期核电发展的需要,如果措施得力,投入充分的工作量,增加地勘投入,按期完成探明储量,实现核燃料立足国内的方针是完全能够做到的。

## 参 考 文 献

- [1] 美国《石油经济学家》,第 8 期(1988)
- [2] 《核动力简报》,5~7 期(1988)
- [3] 《美国核消息》,第 2 期(1988)
- [4] 瑞士原子能协会《通报》,9 月(1986)
- [5] 施云德,《缓和中国电力紧缺的对策和措施》,6 月(1987)
- [6] 苏联《石油业》,第 2 期(1988)
- [7] 共同社 1988 年 6 月 22 日电
- [8] 日本《日经产业新闻》,1988 年 9 月 2 日
- [9] 《华盛顿邮报》,1988 年 11 月 6 日
- [10] 南朝鲜《先驱报》,1988 年 9 月 18 日
- [11] 墨西哥《至上报》,1988 年 7 月 4 日
- [12] 施云德,董小虎,《国外核电经济性分析研究》,(1989)
- [13] 顾鸿均,《我国未来能源发展和核能发展的前景》,(1989)
- [14] 陈定坤,吴知虎,《从我国电力长期需求看核电的地位》,(1989)
- [15] 杨洪年,《能源运输与发展核电》,(1988)
- [16] 王权臣,《核电在防治燃煤污染中的地位》分报告之六,(1988)
- [17] 吕应中,《核能供热在我国能源中的地位和前景》,(1988)
- [18] 沈律,《我国铀矿资源对核能发展的保证程度》,(1988)

核能在中国长期能源供应中的作用和地位

原子能出版社出版

(北京 2108 信箱)

中国核工业经济研究所排版

北京市海淀区三环快速印刷厂印刷

☆

开本 787×1092 1/16 · 印张 1/2 · 字数 18 千字

1992 年 3 月北京第一版 · 1992 年 3 月北京第一次印刷

ISBN 7-5022-0648-5

TL · 387

# CHINA NUCLEAR SCIENCE & TECHNOLOGY REPORT



This report is subject to copyright. All rights are reserved. Submission of a report for publication implies the transfer of the exclusive publication right from the author(s) to the publisher. No part of this publication, except abstract, may be reproduced, stored in data banks or transmitted in any form or by any means, electronic, mechanical, photocopying, recording or otherwise, without the prior written permission of the publisher, China Nuclear Information Centre, and/or Atomic Energy Press. Violations fall under the prosecution act of the Copyright Law of China. The China Nuclear Information Centre and Atomic Energy Press do not accept any responsibility for loss or damage arising from the use of information contained in any of its reports or in any communication about its test or investigations.

ISBN 7-5022-0648-5  
TL • 387

P.O.Box 2103  
Beijing, China

## China Nuclear Information Centre