

# 国外核电站建设对我国核电发展的启示

谭 德 明

(南华大学 经济管理学院, 湖南 衡阳 421001)

**[摘 要]** 核电发展对改善我国电力能源结构、实现矿产资源节约和生态环境改善, 促进社会、经济与环境的协调发展具有重要的现实意义。文章通过分析法国和美国等国家核电站建设的特点, 总结其核电发展的先进经验, 从而为我国核电站建设提供有益的经验借鉴和启示, 推动我国核电的快速发展。

**[关键词]** 核电发展; 先进经验; 启示

**[中图分类号]** F42 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1673-0755(2009)02-0001-04

中国经济的高速发展导致了严重的资源耗竭和能源短缺, 节约能源和调整能源结构已成为我国经济可持续发展的客观需要。积极发展核电是缓解我国电力短缺、节约资源和保护环境的一项重要举措, 核电项目正被纳入国家电力发展规划中。2007年国务院正式批准了国家发展改革委员会上报的《国家核电发展中长期规划(2005-2020)》, 这标志着中国核电发展进入了一个新的阶段, 中国也掀起了新一轮核电建设的浪潮。

我国核电从 20 世纪 80 年代开始起步, 经过 20 多年的发展, 核电建设取得了长足进展。1991 年 12 月, 秦山核电站并网发电实现了大陆核电零的突破。1982 年批准建设的大亚湾核电站从法国和英国引进两台 90 万千瓦压水堆机组分别于 1994 年 2 月和 5 月投入商业运行。“九五”期间我国自主建造的秦山核电二期工程和引进建造的岭澳核电工程、秦山核电三期工程、田湾核电工程, 总共 8 台机组相继开工。目前已有 6 台机组已经投入商业运行。目前我国形成了浙江秦山、广东大亚湾和江苏田湾等三个核电基地。截至 2004 年底, 全国核电总装机容量约占电力总装机容量的 1.8%, 达到 870 万千瓦。我国共有 11 台核电机组, 其中 9 台核电机组投入运行, 核电发电量占我国电力总发电量的 2.3%<sup>[1]</sup>。2007 年 3 月, 美国西屋公司和绍尔公司组成的西屋联合体在我国第三代核电招标中正式中标, 世界上最先进的第三代核电技术 AP1000 落户中国浙江三门核电站, 2008 年中国将开工建设福建宁德、福清和广东阳江三个核电项目, 根据我国核电产业发展规划, 到 2020 年我国核电总装机容量将达到 4000 万千瓦, 在建 1800 万千瓦, 核发电量将占发电总量的 4%<sup>[2]</sup>, 中国核电发展将迎来新的发展高潮。

中国的核电正在稳步的向前发展。然而从核电的发展来看, 近年来核电虽然绝对数量上有很大的增长, 有效地缓

解了电力紧张的局面。但从核电发电总量占全国发电总量的相对数来看, 核电在电力结构中的比重并没有根本的改变。进一步加快我国核电的发展, 吸收和借鉴国外核电站建设的先进经验, 不失为一种较好的发展战略。因此, 本文拟通过分析法国和美国等国家核电站建设的特点, 总结其核电发展的先进经验, 从而为我国核电站建设提供有益的经验借鉴, 推动我国核电的快速发展。

## 一 国外核电站建设现状

### (一) 法国核电站建设现状

法国是一个能源资源匮乏的国家, 但又是世界能源消费大国, 一次能源消费总量占世界总量的 3%, 居世界第六位。法国为了解决能源资源不足与能源消费巨大之间的矛盾, 积极发展新兴的能源工业。法国核电设备能力、石油和石油加工技术居世界第二位, 仅次于美国。法国政府认为即使核电目前所占份额应重新平衡, 相应增加新的可再生能源的份额, 但它仍然是电力生产的主体。

法国核电工业起步于上世纪 50 年代, 当时兴建的核电机组都是石墨气冷堆。60 年代开始采用压水堆核电机组。由于近几十年来核电发展思想明确, 政策适当, 投资充分, 使得法国核电发展十分迅速。截止 2007 年底, 法国共拥有 19 座核电站, 58 台机组, 从 CP0 系列、CP1 系列、CP2 系列、P4 系列、P4 系列到目前改进型的 N4 系列, 共计有 6 个系列的机组采用压水堆技术。其中, 共有 34 台 90 万千瓦功率 CP1 和 CP2 型机组, 20 台 130 万千瓦 P4 和 P4 型机组, 以及 4 台功率为 145 万千瓦的 N4 机组, 总装机容量为 6304 万千瓦。目前法国在役核电机组数量和总装机容量仅次于美国列世界第二位, 分别占到了全球总数的 14% 及全球总量的 17.6%, 法国政府计划在 2012 年建成第三代 EPR 反应堆的

**[收稿日期]** 2008-11-20

**[作者简介]** 谭德明(1976-), 男, 湖南株洲人, 南华大学经济管理学院讲师。

首台机组, 2015年至2020年具备批量建设第三代反应堆的能力, 2035年完成第四代反应堆的开发<sup>[3]</sup>。

### 1. 法国核电站建设的特点

(1) 法国核电站分布密集。其中16座机组建于内陆河边, 此外, 法国在大规模建立核电站的过程中, 其核电产业制造和配套体系也随之得到迅速的发展。法国拥有相当完备的包括铀资源开发、电气设备、控制仪表设备、仪器仪表设备在内的工业生产能力, 还建立了一套高效的核电站运行、维护和维修等服务体系。

(2) 法国核电站堆型标准化。法国集中力量批量生产压水堆, 通过引进技术、合作生产, 很快形成了900MW<sub>e</sub>标准化的压水堆型, 并成批组建这种机型, 从而不同于美国、日本、德国等国家所采取的压水堆和沸水堆并举的格局。法国核电站反应堆的标准化高于其他国家。

(3) 法国核电站核燃料供应的多元化。法国拥有自己的铀矿, 但随着开采已经逐渐枯竭, 于是法国核燃料供应商COGEMA转向世界铀资源市场, COGEMA购买了包括其殖民地尼日尔和加蓬在内的国外铀矿股权, 此外在加拿大、美国和澳大利亚也拥有铀矿股份。同时还在哈萨克斯坦、乌兹别克斯坦、蒙古和马达加斯加等国开展铀矿勘探活动。另外, 法国还与国内外供应商合作, 与法马通、西门子等公司开展核燃料供应上的合作<sup>[4]</sup>。

### 2. 法国核电站建设的经验

#### (1) 核电政策明确且长期坚持

从20世纪50年代中期开始, 法国就已开始仔细研究发展核电的利弊, 并且与此同时, 还积极组织进行了核电基础科学研究和应用技术开发, 以期尽快掌握和发展核电技术做好充分准备。70年代初第一次石油危机后, 这一政策取向得到了迅速加强。当时的法国政府适应形势要求, 当机立断, 及时制定新的能源政策, 决定以大规模发展核电来代替化石能源, 以减少对国外进口能源的依靠, 增加法国能源的独立性。此外, 法国核电发展政策长期保持连续性, 也是促进法国核电顺利发展的重要因素。从70年代至今, 法国经历了多届政府, 但历届政府, 无论左派, 还是右派, 对这一政策都予以了积极支持, 没有提出异议, 更没有进行修改。

#### (2) 正确选择技术路线并实行标准化

在经过相当长一段时间的研究和探索后, 法国核电最后选定压水堆型作为发展技术路线, 并且选定以后就一直没有再行更改, 而是长期予以坚持。实践证明法国当年的这一选择和做法是相当成功的。因为无论就经济性还是安全性而言, 压水堆都相比其它堆型要更具优势。这一状况过去如此, 现在还是如此, 将来相当长一段时间内恐怕依然不会发生变化。为了保证法国核电具有良好的经济性, 与其它类型电力相比能具有尽可能大的竞争优势, 法国在开始实施大规模核电发展计划的同时, 确定了后来使法国核电收益十分巨大的标准化发展政策。法国规模庞大的核电发展计划在较短的时间内能成功实施, 法国核电良好的经济性和强大的竞争力能得以迅速确立, 应该说, 标准化政策首当其功。

#### (3) 在外部引进的基础上开发提高

法国在核电发展技术路线确定以后, 为了尽快掌握和发展压水堆核电机组技术, 采取了一种非常简洁、高效的方式, 即先购买引进, 后消化吸收, 再开发提高。实践证明法国的这一做法是相当成功的。

### (二) 美国核电站建设的现状

20世纪60年代, 美国核电技术成功地进行了商品化。70年代末, 由于120个反应堆被取消, 反应堆建造的数量逐渐下降, 特别是受切诺贝利事故等核安全事故的影响, 美国的核电发展处于停滞状态, 自1996年以来, 美国就没有新建核电站。进入21世纪以来, 由于天然气价格快速上涨、现行运行的反应堆状态良好、核电的燃料价格相对稳定等原因, 美国的核电发展又开始了新一轮的发展阶段。目前, 美国运行中的反应堆共有103座, 总净装机容量97924MW<sub>e</sub>; 在建反应堆1台。净装机容量为10654MW<sub>e</sub>。其中, 35%的机组为沸水堆(BWR), 65%的机组为压水堆(PWR)。核电在美国电源机构中占据较高的战略地位, 核电发电量占总发电量的比重基本维持在20%左右<sup>[5]</sup>。

#### 1. 美国核电站建设的特点

(1) 美国核电站数量和规模庞大。美国核电机组和净装机容量是世界第一。目前, 美国总机组有103座, 总净装机容量有97924MW<sub>e</sub>, 分别占世界总数的23.4%和26.6%。目前, 美国在建反应堆1台, 净装机容量为1065MW<sub>e</sub>; 拟建机组13座, 总装机容量17000MW<sub>e</sub>。此外, 根据美国工业界计划在2020年前增加50000MW<sub>e</sub>的核电装机容量<sup>[6]</sup>。

(2) 美国核电站专业化水平高。1999年美国诞生了世界上第一家核电专业化运营公司, 该公司是由美国核管理委员会批准成立的。核电站业主以托管的方式交由专业管理公司运营, 通过运行服务协议建立合同关系, 使这些电站获得同样的管理; 另一方面, 运营公司积累了核电站运营的管理经验和技术, 采用规模经营、群堆管理等手段使得核电站运营的业绩得到显著的提高, 成本大幅度下降, 显示了巨大的竞争力。

(3) 美国核电站的核燃料供应主要依赖于进口。目前, 美国的铀浓缩工业处于萎缩状态, 在美国本土进行铀矿业务的只有4家公司。2001年美国的铀需求为19250吨, 国内供应为1155吨, 其余94%的需求依赖于进口<sup>[7]</sup>。

#### 2. 美国核电站建设的经验

(1) 美国政府的核电站政策不断革新, 支持力度不断增强。“9·11”事件后尽管反核人士提出核电站反恐问题, 但美国政府表示发展核电政策不变。美国核电站的许可证和监管程序不断简化, 缩短了核电站的建设周期。美国政府不断增加放射性废物最终处理的研究投入, 解决核电站的后顾之忧。1999年, 美国在新墨西哥州建成世界上第一个高放射性废物的最终处理库。美国政府提供专项核技术基础研究经费, 开发先进的核技术。

(2) 美国核电站的运作市场化, 核电企业是主体。20世纪60年代, 美国鼓励私营企业发展核电, 政府提供资金补助, 提供技术支持, 并采取与私营企业合资经营等措施, 使美国核电技术取得领先地位。

(3) 国际合作开发新型堆型。美国的西屋公司与日本三菱、通用电气公司与日本日立、东芝公司等联合开发新型堆型, 此外还联合法国、英国共同开发 Gen-IV。但美国核电站发展中也存在一些问题, 如核电发展政策不稳、反应堆的设计缺少标准化等。

## 二 国外核电站建设经验对我国核电发展的启示

我国核电经过 30 年的发展, 建立起了大亚湾核电站、秦山核电站等, 为我国调整电力能源结构, 缓解电力短缺、节约矿产资源等方面发挥了重要作用。核电站的建设使我们掌握了一定的关键核技术, 奠定了我国核电继续发展的基础。特别是对核工业所确定的“以核电为龙头, 以核燃料和核科学研究为基础, 以核技术应用为新的经济增长点, 全面推进核工业发展发展战略”已见成效。同时, 我们也应看到我国核电站的发展依然迟缓, 核电也不能满足经济发展的现实需要。因此, 我们在核电站的建设中要充分借鉴国外核电站建设的先进经验, 积极完善我国的核电发展政策和管理模式, 以推动我国核电的发展。

### (一) 坚持核电发展政策不动摇

发展核电一直是我国能源发展的重要战略。1970 年 9 月, 我国第一艘核潜艇下水, 标志着我国已经拥有开发核电的条件, 时任国务院总理周恩来作出了建设核电站的指示。1983 年我国提出“核电站的建设要通过技贸结合, 合作生产, 与国内科学研究相结合, 掌握引进的先进技术”。“十五”规划中提出“适度发展核电”, 国家“十一五”规划提出了“积极发展核电”的战略。在国家核电发展政策的指导下, 我国目前已有浙江秦山、广东大亚湾、江苏田湾三大核电基地。根据国家制定的“区域协调发展”方针和“和谐社会”建设战略, 内陆核电站的建设步伐也大大加快。因此, 我们应始终坚持核电发展政策不动摇, 充分发挥核电在调整我国能源结构方面的积极作用。

### (二) 不断增强核技术自主开发能力

核电站建设的技术包涵很多, 尤其是堆型的选择是核心问题, 选择了什么样的堆型就决定了使用了什么样的技术。我国核电站建设的技术问题主要是在引进与吸收国外发达国家的先进技术的同时发展和研发具有自主知识产权的核电技术, 做到核心技术的国产化。大亚湾核电站就经历了从引进、吸收、消化到逐步本土化的艰难历程。在技术上, 以引进为基础, 逐步自主解决了一系列技术问题。核电站根据几年来的生产运行实践, 提出了一系列中长期技术改造项目, 如: 18 个月换料项目、第 5 台柴油机的增置项目、减少阻尼器计划、培训模拟机的升级等, 目前均在进行之中, 有的已取得了明显进展。

在我国核电技术的未来发展中, 要坚持两个方向: 一是引进第三代的百万千瓦核电机组, 以市场换技术, 逐步掌握第三代 AP1000 技术; 二是在已建成的第二代核电站的基础上, 积极开发建造具有自主知识产权的第二代改进型的核电机组, 并进行批量建设, 如中核集团已经推出的 CNP30Q CNP600 及即将推出的 CNP1000 和 CNP1500 核电机组; 之后, 结合我国中长期科研规划和国际核电的发展趋势, 研制

具有中国特色的、优化了的第三代核电站, 创造具有国际竞争力的自主品牌, 实现我国核电工业的跨越式发展, 带活整个核电产业链。

### (三) 继续推进核电企业的现代企业制度建设

完善的现代企业经营模式能有效促进核电企业的健康、持续发展。如大亚湾核电站拥有产权清晰的现代企业制度。广东核电合营有限公司成立伊始, 就具有产权清晰的特点, 合营双方严格按照签订的《合营合同》运作。并成为市场经济条件下完全意义的市场主体。政府机关与各行业主管部门对核电站的指导与监督均通过法律、法规来行使。在严格遵守国家核安全和环保法规、坚持许可证申请及服从核安全和环保当局监督的前提下, 公司一切重大经济事务由董事会决定。坚持董事会领导下的总经理负责制, 取得了良好的经济效益和社会效益<sup>[8]</sup>。

秦山核电公司落后的经营模式制约了其发展。由于秦山核电站无论从体制机构、人员配备、物质保障、成本控制等方面几乎没有从经济性角度去考虑, 导致至今仍是只有单一的 30 万千瓦核电机组的核电厂, 其人事和资金运用全部由中国核工业集团公司控制和支配。由于没有在一期的基础上成立集团公司, 三家同样主业的企业, 相同的地理位置、市场环境和社会人文环境, 无法有效地利用一期先前投入的许多宝贵资源而形成资源共享、共同发展的有利局面, 没有享受到企业集团化所带来的规模效益和战略协同优势<sup>[9]</sup>。因此, 要促进核电站的发展, 建立现代企业制度非常重要。

### (四) 大力发展内陆核电站建设

全球现已运行的核电站中, 位于内陆滨河滨湖地区的占全部核电装机容量的三分之二以上, 美国内陆核电站的比例超过 80%。法国共有 19 座核电站, 其中 15 座坐落在内陆的 8 条主要河流上, 装机容量占 68.6%, 各国对内陆核电站都采用与滨海核电站同样的核安全法规要求和标准。通过对已运行的内陆核电站的长期监测, 证明内陆核电与滨海核电同样安全、环保, 在技术上也是完全成熟可行的<sup>[10]</sup>。法国和美国内陆核电站的建设经验表明, 滨海建核电站与内陆滨河、滨湖建站相比, 在技术上和造价上没有明显的优劣之分; 在法律法规的要求上基本一致; 安全性在符合法律法规规定的情况下也都可以保证; 对电力的需求也决定着核电站的地理分布。

在上世纪 80 年代我国核电发展初期, 中央政府明确了沿海地区优先发展核电的战略, 事实证明这一决策是合理的, 核电对满足沿海地区不断增长的能源需求起到了重要作用。20 多年来, 我国整体经济发展水平、区域经济差异程度以及可持续发展战略对环境的要求都已发生巨大变化。我国核电经过了近 20 年的发展, 内陆省份的情况与以往相比已经有了较大变化。在内陆省份、尤其是一些发展较快且一次能源缺乏的省份, 建设核电、满足当地能源需求不但是可行的, 而且是必要的。内陆省份建设核电站能改善内陆省份的电力能源结构, 为内陆省份的经济发展提供持续稳定的能源动力, 大大促进我国矿产资源的节约、生态环境的改善, 提高我国核电建设的专业化、集约化、科学化管理水平, 达到寓

军于民的目的,促进核科技工业发展,稳定高素质核人才队伍,不断提升我国的核能力,符合世界能源利用“积极发展核电”的趋势。

#### [参考文献]

- [1] 郑本文. 把握核电发展机遇, 加快推进自主化依托项目建设[C]. 核电建设和浙江先进制造业研讨会会议论文, 2007
- [2] 廖杰华. 中国拟 15 年投资 4500 亿元发展核电[N]. 中华建筑报, 2008-07-19(2).
- [3] 浙江省发展和改革委员会课题组. 法国核电发展对我们的启示[J]. 浙江经济, 2005(5).
- [4] 陈维春. 法国核电法律制度对中国的启示[J]. 中国能源, 2007(8).
- [5] 陈和平, 白崇军. 美国核电发展政策综述[J]. 全球科技经济瞭望, 2007(7): 16-17.
- [6] World nuclear power reactor 2004-06 and uranium requirement [EB/OL]. <http://world-nuclear.org/info/reactors.htm>. 4 January. 2006
- [7] 谈成龙. 美、俄两国核电与铀工业的现状与走向[J]. 世界核地质科学, 2005(3).
- [8] 大亚湾核电站建设经验汇编[M]. 北京: 原子能出版社, 1992 4
- [9] 秦山核电二期工程建设经验汇编[M]. 原子能出版社, 2004 6
- [10] 田杰棠. 借鉴国外经验, 发展内陆核电[J]. 国防科技工业, 2006(4).

## Enlightment of Nuclear Power Stations Construction in Foreign Countries to China Nuclear Power Development

TAN De-ming

(University of South China, Hengyang 421001, China)

**Abstract** Nuclear power development has important role in the improvement of power structure and resource reduction and environment to accelerate the unity of society, economy and environment. The paper analyzes the situation of nuclear power stations construction in foreign countries and points out its enlightenment to the development of nuclear power stations construction in China.

**Key words** nuclear power development; advanced experience; enlightenment