

开创未来，推进适度发展核电顺利实施

汤紫德

(国家发展和改革委员会稽察办，北京，100824)

"适度发展核电"是我国电力工业发展方针的重要内容。最近，国家在"十五"能源电力规划调整中，正就"适度发展核电"进行量化，提出了近期建设目标和到2020年前的规划设想，初步展示出核电发展的新前景。由此，"适度发展核电"一跃成为人们的热门话题。

针对如何推进我国核电持续、健康、适度发展，国务院领导已明确指出：要采用世界先进技术，统一技术路线，不敢再走错一步，不能照顾各种关系。

国务院领导的指示，启发人们放开眼界，认清世界核电发展趋势；启发人们冷静思考，认清中国核电发展的历史和现状；启发人们总结经验教训，走出一条中国核电发展的路子来。

1 世界核电发展趋势

世界核电问世至今近50年，经过了起步、发展、改进和提高的过程。人们通常依据技术发展状态、机组的先进程度，把世界核电发展水平划分为三代。目前世界上正在运行的绝大多数核电机组都属于第二代，上世纪80至90年代新开发的先进反应堆核电技术列为第三代。近年来，世界上又提出了研发第四代核电技术的概念，旨在开发更新的反应堆和核燃料循环技术。

当前，衡量核电站的先进性，主要应取其安全性和经济性两大指标来判别。现在，我们所知的核电先进技术，大体可分为"改进型"和"革新型"两大类。其中"改进型"主要是在已有技术的基础上，通过增加系统和设备的方式来提高核电的安全性，通过扩大单机容量来降低单位千瓦造价，以提高经济性。显然，这种类型的改进，前者将加大建造成本，后者将增加建造难度，它虽在一定程度上提高了安全性，但系统趋于复杂，其提高安全性和经济性的"空间"受到制约。

"革新型"也是在成熟技术的基础上，通过非能动安全系统的应用，大幅度地简化系统、减少设备，并采用"模块化"建造技术，大大缩短建造工期，使之在提高安全性的同时，提高了经济性。不难看出，"革新型"技术明显优于"改进型"，这已为国际核电界所公认。目前，世界上已有美、日、俄、法等国多家厂商，先后投入了对"革新型"核电技术的研究和开发，我国核动力研究设计院在这方面也曾取得过许多试验研究成果。在"革新型"技术研发中，美国西屋公司走在最前列，他们首先推出了AP600，并已在1998年9月取得美国核管会(NRC)的最终设计批准(FDA)。为跟踪市场需要，进一步提高其经济性，西屋公司又推出了AP1000。由于它融合了AP600和System80+(同属西屋公司技术)经过验证的成熟技术，被誉为具有"4S"(安全性、简单性、节省费用和标准化)特性的先进技术，从而受到各国核电界的普遍青睐，成为当今先进核电技术的佼佼者，排行领先，被列为"第三代+"。以AP1000为代表的"革新型"核电技术比较完满地体现了先进、安全、经济的统一，已成为当今核电技术的发展方向。

预计2005年前后，美国将开始采用AP1000技术建造新的核电项目。各国核电设备供应厂商也在开辟多种形式的国际间合作，为推行各自的先进技术争取市场，同时也给各国用户挑选适宜的发展方式和合作伙伴提供了很好的机遇。

2 中国核电建设的现状

我国核电从酝酿、起步至今已逾30余年，从无到有，取得了很大成绩，现有运行和在建的核电机组11台，装机容量达860万kW，核电站管理水平已接近国际规范，设备国产化也取得了很大进步，并能成套出口30万kW核电机组。与此同时，还建立起了与国际标准接轨的核安全法规和独立的核安全监管体系，

综 述
核 电 设 计
工 程 管 理
工 程 建 造
运 行 维 护
核 安 全
核 电 前 期
核 电 论 坛
核 电 经 济
核 电 国 产 化
质 量 保 证
核 电 信 息

对民用核设施的安全进行了有效的监管。但长期以来,在我国核电建设中,对执行国家所确定的核电发展方针、技术路线,以及在堆型、容量选择方面,总是各持所好,争论不休,从而出现国内核电站机型“五花八门”的局面,严重干扰了我国核电技术进步和国产化进程。

为此,我国核电建设所走过的历程需要很好总结,既要看到成绩和经验,也应看到前进中的不足和教训,这样就能方向明、步子坚。

最近,为了启动新一轮核电建设,国家不仅强调要坚持“采用先进技术、统一技术路线、适度发展核电”的原则,还要求在实施中要利用国内已掌握的百万千瓦级核电站的设计技术和制造能力,充分吸收国外先进的核电设计和制造技术,在对外合作的同时,逐步提高自主建造百万千瓦级核电站的能力。在近期准备建设的2个项目4套百万千瓦级机组中,实现设备制造本地化率达到50%~70%。同时明确:对外合作伙伴的选择,要按照公开和公正的原则,通过招标竞争的方式确定。招标比选的内容主要是技术先进程度、电站安全水平、技术转让条件和工程的经济性等。

以上要求,具有很强的针对性,十分重要。这也是国家在拟定规划、启动重大项目建设时,进行宏观政策引导的惯例。早在泰山核电二期工程立项前后,国家也曾有过类似的要求,曾明确了“以我为主、中外合作”发展核电的方针,甚至根据当时情况,提出了以泰山二期采用的压水堆机型为“主力机型”,建设一批核电站,以期全面掌握压水堆核电站设计制造技术,通过实践逐步建立起我国核电技术标准体系,推进核电国产化进程,为建造百万千瓦级核电站打造基础。以上目标本应通过泰山核电基地的建设得以实现,但在实施中受到干扰,不仅改变了已经确定的技术路线,其国产化的比例也从泰山一期的70%减到了泰山三期近乎零的水平,且单位千瓦造价成倍增长。对此,实施者自然有种种理由解释其所走过的道路,但总是偏离了国家发展核电的方针和路线。对于泰山二期2×60万kW核电站,通过建设者们的不懈努力已取得很大进展,但它是参考大亚湾核电站“照猫画虎”建造的,其掌握技术的深度和先进性且不说,在对严重事故的预防和缓解措施以及防火设计等方面,与国际上新的核安全标准还存在差距,已丧失了作为“主力机型”的条件。针对这次启动核电建设必须遵循的原则和实施要求,国家再行强调,要采用先进技术,统一技术路线,要采用百万千瓦级压水堆型,要利用国内已掌握的技术和成功经验,推进自主化等,作出这方面的引导,说明其重要所在,值得核电界朋友好好思量,认真对待。

反思我国核电发展30年,再来领会国务院领导的指示精神,真是句句都有所指,深刻见底,令人叹服。

3 适度发展核电的现实背景和特点

我国核电建设已取得很大成就,但现已建成或在建核电站,无一纳入国家能源电力规划,都是采取单个安排、分散建设的,其总量在全国电力装机中所占比重还很小,尚不能在电力结构调整和优化资源配置中发挥应有的作用。这次国家对“适度发展核电”量化的过程中,在服务市场、尊重潜在核电项目单位及其主管部门的同时,注重广泛听取专家的意见,使之起步稳,更切实际,更有利于长远发展的需要。

这次启动核电建设,概括起来,有以下主要特点:

(1) 遵循市场配置资源的基础作用

众所周知,改革开放以来,我国国民经济持续快速增长,促进了对能源电力的需求加大。去年,全国电力平均增长达11.4%,特别是进入第四季度后,其增长速度达17%~18%,到今年初,这种增长势头并未减缓,要求能源电力的发展更需快马加鞭。国家为此采取了积极稳妥的步骤,调整加快了“十五”电力建设安排,并对2020年前的发展提出了设想,使之适应当前和今后国民经济增长的需要。

党的十六大提出本世纪头20年国民生产总值再翻两番的目标。为满足国民经济的快速增长,要求能源电力作出相应的安排。据专家们测算,在充分考虑到产业技术进步和节能潜力的挖掘等因素后,电力增长至少应在现有基础上翻一番,即到2020年,全国电力装机达到7-8亿kW,才能保持与国民经济相协调发展的需要。

实现上述目标,除了水电及其它新能源增长,约有3-3.5亿kW的电力装机将由热动力装置承担,如全部采用燃煤发电,则必须增加12亿t以上电力用煤,由此将对资源、采掘、运输和环境保护等带来难以承受的压力。这就需要采取有效措施,缓解燃煤发电的负担。

核电早已被公认为安全、清洁、经济的能源,但同时必须看到,核电在世界上能够得到发展,除了它具有保护公众、保护环境安全与清洁的特性外,还取决于它的发电成本具有相当的竞争力。目前我国由于种种原因,使核电站造价高昂,失去了电价竞争力。国家在这次启动核电建设中,强调一定要改变现状、摆脱羁绊、适应市场需要,使我国新建核电站电价接近或优于当地脱硫煤电水平。只有这样,核电才能取得市场配置资源的认可,拓展优势,分担责任,赢得发展的空间。

以上形势和要求，就是“适度发展核电”量化的现实背景。

(2) 纳入国家能源电力发展战略规划

多少年来，多少部门和单位曾做过许许多多的核电规划，但大都由于滞留在“以核养核”的小圈子里，而未正式进入国家规划的总盘子，制约了核电发展的进程。核电本该是能源电力的组成部分，早在我国核电起步之初，就有人把核电与火电、水电并列为电力工业“三大支柱”之一。但由于观念、体制的原因，人为地把核电从“三大支柱”中分割出来，要独立成为中国的“第二能源部”。实践结果证明，这条路走不通，只有顺应改革开放和市场发展的需要，弄清核电的基本属性，回到能源电力的大家庭里，就此解决长期以来渴望回答的“核电地位”和出路问题。

随着我国改革开放的深入，国家将依据国民经济和社会发展战略要求，编制能源电力发展规划（包括指导思想、战略目标、总体布局等），核电将融入其中，参与能源电力结构调整，优化资源配置，使其为社会可持续发展做出应有的贡献。为此，专家们提出，首先要提高核电在电力装机中的比重。经过分析，认为到2020年我国核电比重应上升到全国电力装机总量的4%左右。届时，要求我国大陆核电装机应在现有（包括已建和在建，共860万kW）的基础上翻两番，达到3200万kW左右。实现这一目标，将可替代1.2亿t以上电力用煤。如果进展顺利，自主化速度加快，这一目标还可能突破。预示着核电将为我国国民经济和社会发展做出更大贡献。

(3) 采用先进技术，统一技术路线

这个问题，国务院领导已有明确指示，国家有关文件也有明确阐述，应该以此作为统一思想的基础和实施的准则。

目前，在如何贯彻国务院领导指示上仍有两种理解，一是要“两步走”，一是要“一步跨越”。

主张“两步走”的，强调要维护“自主知识产权”，利用“已有技术加改进”，加快已定项目上马进度，现实可行。他们担心世界上现有核电先进技术还不适应国情，存在风险，将会影响新上项目的工期和运行效果。他们认为比较稳妥的办法还是分步走，先跟踪，再逐步过渡到采用世界先进技术。

主张“一步跨越”的，客观分析了我国核电发展的进程，认为1996年“全国核电国产化研讨会”期间，虽曾根据当时国内核电建设和世界先进技术成熟状况，提出过“两步走”的概念，但已时过境迁，必须看到我国目前核电设计技术和制造能力经过这些年的实践已有了较大提高，已为参与新的国际合作、掌握世界先进技术奠定了很好的基础。因此，应当与时俱进，充分利用当前国内外的有利时机和条件，选择最有利的方式和合作途径，尽快熟悉、掌握世界先进技术，提高核电自主化水平。认为我国核电建设再也不能重复过去“狗熊掰棒子”，亦步亦趋的历史。“两步走”的实质是跟着别人走，重复别人已走过的路，必然落后于人；至于建设进度问题，专家们认为，我国核电已经耽误这么多年，只要排除干扰，坚持高起点，利用当前国际合作的有利时机，迈入世界核电产业链的技术高端，即使新上项目再晚两年也不在乎，何况采用“已有技术加改进”的方案还有许多未知情况和不定因素，未必能走在别人前面；至于采用先进技术的风险问题，历来风险都是与利益共存的，不敢吃螃蟹的人，怎能尝到其鲜美的滋味？我国电力工业系统大量采用世界最新技术，以及汽车工业、磁悬浮轨道交通等诸多领域先进技术的成功应用有效地推进技术创新、改造产业技术结构、增强国力的实例，应当成为发展核电的很好借鉴。

在当前的形势下，我们只要冷静、客观地比较当今世界核电先进技术和国内“已有技术加改进”的成熟程度和差距，按照近期（或局部利益）服从长远的要求，那么，比较以上两种观点，选择“采用先进技术，统一技术路线”的“一步跨越”的主张，必将成为我国能源电力和核电界的共同心声。

(4) 实行统筹安排，整体推进

众所周知，我国已建和在建核电站的6个项目11台机组，都是实行单项安排、分散建设的，除了大亚湾、岭澳一期采用了同一堆型和功率等级外，其余项目“五花八门”，各不相同。这种安排，背离了产业发展方向和提高经济性的要求，不利于核电发展。这次国家启动核电建设，有近期目标和中长期设想，要求在采用世界先进技术、统一技术路线的前提下，实行统筹安排，先2个项目4台机组，再2个项目4台机组，批量安排，有序发展，把单项、分散建设上升为整体推进，并由此取得应有的规模效应。

同时，通过项目建设，完善和提升核电设计自主化、设备国产化和电站建设本地化的能力，逐步形成我国自主的、与国际合作的核电产业体系，为我国核电的持续发展和进入国际市场创造条件、提供保证。

(5) 招标选择技术方案和合作伙伴

国家已于2000年正式颁布实施《招标投标法》，通过公开、公平、公正招标，择优确定合作对象，是所有国家重大建设项目必须遵循的法定程序，核电站建设更当如此，它可一改过去照顾各种关系的种

种弊端。为此，国家已指定由中国技术进出口公司牵头，会同有关单位组成招标团开展工作。

坚持严格执行国家《招标投标法》，贯彻国务院领导指示精神，必将推进“采用先进技术，统一技术路线，适度发展核电”的顺利实施。招标过程中要全面体现“以我为主、中外合作、引进技术、推进国产化”的核电发展方针。通过招标，选择技术成熟、先进、造价合理、技术转让等满足我国当前建设和长远发展要求的合作伙伴。在实施中，专家们建议：首先应通过招标，聚集世界各大厂商及其先进技术，进行方案比选，确定符合我国要求的百万千瓦级压水堆核电站的总体和核岛系统技术方案，然后酌情对各分系统和部件采购进行招标；为切实推进国产化进程，应充分吸收在其它重大项目国际招标中采用捆绑式招标的成功经验，确定中外合作、技术转让、利益共享的细节，并根据所涉及的设计和设备的难易程度，分别限量（或时间）规定合作者的技术责任和风险共担的要求；招标团在编制标书、拟定招标方案、评标准则及组织评标中，应充分吸纳能够执行国家核电发展方针和技术路线的公正、资深专家参与工作；重大事项，包括重要标书的审定、评标方式及评标结果的确认，应上报国家项目审批机关会同有关单位审议决策。

核电项目技术复杂、投资大、建设工期长，做好其招标比选是一项十分艰巨的工作，是一项全面贯彻国务院领导指示精神，政策性强，且又跨行业、专业覆盖面宽的系统工程，必须集中领导，统一思想，坚持不懈地依照国家发展战略要求，抓住机遇，把握时机，注重质量，加快进程，以促成新建核电项目早立项、早开工，为我国核电持续、健康、适度发展开创未来。