

核电中长期发展规划

(2005~2020年)

国家发展和改革委员会

二〇〇七年十月

前言

核能已成为人类使用的重要能源，核电是电力工业的重要组成部分。由于核电不造成对大气的污染排放，在人们越来越重视地球温室效应、气候变化的形势下，积极推进核电建设，是我国能源建设的一项重要政策，对于满足经济和社会发展不断增长的能源需求，保障能源供应与安全，保护环境，实现电力工业结构优化和可持续发展，提升我国综合经济实力、工业技术水平和国际地位，都具有重要的意义。

核电发展专题规划是电力发展规划的重要组成部分。本规划在总结国内核电建设和世界核电发展经验的基础上，分析研究了我国发展核电的意义和相关条件，提出了核电发展的指导思想、方法和目标。在核电自主化发展战略的实施、核电建设项目布局与进度安排、厂址资源开发与储备、核电安全运行与技术服务体系、配套核燃料循环及核能技术研发项目及落实规划所需要的保障政策与措施等方面提出了具体的实施方案。各地区各部门应按照规划合理安排核电建设，促进核电工业有序健康地发展。

一、核电发展的现状

(一) 核电在世界能源结构中的地位

自20世纪50年代中期第一座商业核电站投产以来，核电发展已历经50年。根据国际原子能机构2005年10月发表的数据，全世界正在运行的核电机组共有442台，其中：压水堆占60%，沸水堆占21%，重水堆占9%，石墨堆等其它堆型占10%。这些核电机组已累计运行超过1万堆·年。全世界核电总装机容量为3.69亿千瓦，分布在31个国家和地区；核电年发电量占世界发电总量的17%。

核电发电量超过20%的国家和地区共16个，其中包括美、法、德、日等发达国家。各国核电装机容量的多少，很大程度上反映了各国经济、工业和科技的综合实力和水平。核电与水电、火电一起构成世界能源的三大支柱，在世界能源结构中有着重要的地位。

(二) 我国核电发展取得的成绩

我国是世界上少数几个拥有比较完整核工业体系的国家之一。为推进核能的和平利用，上世纪七十年代国务院做出了发展核电的决定，经过三十多年的努力，我国核电从无到有，得到了很大的发展。自1983年确定压水堆核电技术路线以来，目前在压水堆核电站设计、设备制造、工程建设和运行管理等方面已经初步形成了一定的能力，为实现规模化发展奠定了基础。

1、核电建设和运营取得良好业绩。

自1991年我国第一座核电站—秦山一期并网发电以来，我国有6座核电站共11台机组906.8万千瓦先后投入商业运行，8台机组790万千瓦在建(岭澳二期、秦山二期扩建、红沿河一期)。

截至目前，我国核电站的安全、运行业绩良好，运行水平不断提高，运行特征主要参数好于世界均值；核电机组放射性废物产生量逐年下降，放射性气体和液体废物排放量远低于国家标准许可限值。秦山一期核电站已安全运行14年，最近一个燃料循环周期还创造了连续安全运行400天的新记录。大亚湾核电站近年的运行水平与核能发达国家的水平相当，运行业绩进入了世界先进行列。我国投运和在建核电项目情况见表1。

表 1 我国投运和在建核电机组情况

单位: 万千瓦

序号	机组名称	容量	投运时间	备注
1	秦山一期#1	30	1991.4	
2	秦山二期#1	65	2002.4	
3	秦山二期#2	65	2004.3	
4	秦山三期#1	70	2002.12	
5	秦山三期#2	70	2003.11	
6	大亚湾#1	98.4	1994.2	
7	大亚湾#2	98.4	1994.5	
8	岭澳#1	99	2002.5	
9	岭澳#2	99	2003.1	
10	田湾#1	106	2007.5	
11	田湾#2	106	2007.8	
12	岭澳二期#1	108	在建	2005年12月开工建设, 预计2010年投运
13	岭澳二期#2	108	在建	同上
14	秦山二期扩建#1	65	在建	2006年4月开工建设, 预计2011年投运
15	秦山二期扩建#2	65	在建	同上
16	红沿河一期	4×111	在建	
合计		1696.8		

2、我国已具备积极推进核电建设的基础条件。

经过各有关部门的共同努力, 我国已具备了积极推进核电建设的基础条件。

在工程设计方面, 我国已经具备了 30、60 万千瓦级压水堆核电站自主设计的能力; 部分掌握了百万千瓦级压水堆核电站的设计能力。

在设备制造方面, 自上世纪七十年代即具有了一定的研制能力。目前, 可以生产具有自主知识产权的 30 万千瓦级压水堆核电机组成套设备, 按价格计算国产化率超过 80%; 基本具备成套生产 60 万千瓦级压水堆核电站机组的能力, 经过努力, 自主化份额可超过 70%; 基本具备国内加工、制造百万千瓦级压水堆核电机组的大部分核岛设备和常规岛主设备的条件。

在核燃料循环方面, 目前已建立了较为完整的供应保障体系, 为核电站安全稳定运行提供了可靠的保障, 可以满足目前已投运核电站的燃料需求。

在核技术研发方面, 实验快中子增殖堆和高温气冷实验堆等多项关键技术取得了可喜进展。

在核安全法规及核应急体系建设方面, 结合国内核电的实际情况, 我国目前已经初步建立了与国际接轨的核安全法规体系; 制订了核设施监管和放射性物质排放等管理条例, 建立了中央、地方、企业的三级核电厂内、外应急体系。

二、发展核电的重要意义

(一) 有利于保障国家能源安全

一次能源的多元化, 是国家能源安全战略的重要保证。实践证明, 核能是一种安全、清洁、可靠的能源。我国人均能源资源占有率较低, 分布也不均匀, 为保证我国能源的长期稳定供应, 核能将成为必不可少的替代能源。发展核电可改善我国的能源供应结构, 有利于保障国家能源安全和经济安全。

(二)有利于调整能源结构,改善大气环境

我国一次能源以煤炭为主,长期以来,煤电发电量占总发电量的80%以上。大量发展燃煤电厂给煤炭生产、交通运输和环境保护带来巨大压力。随着经济发展对电力需求的不断增长,大量燃煤发电对环境的影响也越来越大,全国的大气状况不容乐观。2004年,燃煤发电厂二氧化硫排放约1200万吨,占全国排放总量的53.2%。2005年,我国发电用煤已达10.75亿吨,如果保持现在的煤电比例,2010年、2020年电煤需求将分别突破17亿吨和20亿吨。电力工业减排污染物,改善环境质量的任務十分艰巨。

核电是一种技术成熟的清洁能源。与火电相比,核电不排放二氧化硫、烟尘、氮氧化物和二氧化碳。以核电替代部分煤电,不但可以减少煤炭的开采、运输和燃烧总量,而且是电力工业减排污染物的有效途径,也是减缓地球温室效应的重要措施。

(三)有利于提高装备制造业水平,促进科技进步

核电工业属于高技术产业,其中核电设备设计与制造的技术含量高,质量要求严,产业关联度很高,涉及上下游几十个行业。加快核电自主化建设,有利于推广应用高新技术,促进技术创新,对提高我国制造业整体工艺、材料和加工水平将发挥重要作用。

三、核电发展的指导思想、方针和目标

(一)指导思想和发展方针

贯彻“积极推进核电建设”的电力发展基本方针,统一核电发展技术路线,注重核电的安全性和经济性,坚持以我为主,中外合作,以市场换技术,引进国外先进技术,国内统一组织消化吸收,并再创新,实现先进压水堆核电站工程设计、设备制造、工程建设和运营管理的自主化。形成批量化建设中国品牌先进核电站的综合能力,提高核电所占比重,实现核电技术的跨越式发展,迎头赶上世界核电先进水平。

在核电发展战略方面,坚持发展百万千瓦级先进压水堆核电技术路线,目前按照热中子反应堆—快中子反应堆—受控核聚变堆“三步走”的步骤开展工作。积极跟踪世界核电技术发展趋势,自主研究开发高温气冷堆、固有安全压水堆和快中子增殖反应堆技术,根据各项技术研发的进展情况,及时启动试验或示范工程建设。与此同时,自主开发与国际合作相结合,积极探索聚变反应堆技术。

坚持安全第一的核电发展原则,在核电建设、运营、核电设备制造准入,堆型、厂址选择,管理模式等工作中,贯彻核安全一票否决制。

(二)发展目标

根据保障能源供应安全,优化电源结构的需要,统筹考虑我国技术力量、建设周期、设备制造与自主化、核燃料供应等条件,到2020年,核电运行装机容量争取达到4000万千瓦;核电年发电量达到2600-2800亿千瓦时。在目前在建和运行核电容量1696.8万千瓦的基础上,新投产核电装机容量约2300万千瓦。同时,考虑核电的后续发展,2020年末在建核电容量应保持1800万千瓦左右。核电建设项目进度设想见表2。

表2 核电建设项目进度设想

单位:万千瓦

	五年内新 开工规模	五年内投 产规模	结转下个 五年规模	五年末核电 运行总规模
2000年前规模				226.8
“十五”期间	346	468	558	694.8
“十一五”期间	1244	558	1244	1252.8
“十二五”期间	2000	1244	2000	2496.8
“十三五”期间	1800	2000	1800	4496.8

注:因单机容量有变化,实际开工和完工核电容量数有变化

在核电自主化方面，实现先进百万千瓦级压水堆核电站的自主设计、自主制造、自主建设和自主运营，全面建立与国际先进水平接轨的建设和运营管理模式，形成比较完整的自主化核电工业体系。

在运行业绩及核安全方面，确保已投运核电站安全可靠运行，主要运行指标达到世界核电运行组织(WANO)先进水平。2020年以前新开工核电站的主要设计指标接近或达到美国核电用户要求文件(URD)或欧洲核电用户要求文件(EUR)的同等级要求。

在工程建设方面，通过引入竞争机制，全面实施招标投标制和合同管理制，提高项目管理水平，进一步降低工程造价。

在经济性方面，在确保安全性和可靠性的基础上，降低运行成本，实现核电上网电价与同地区的脱硫燃煤电厂相比具有竞争力。

在核电法规和技术标准方面，在核安全、核设施管理、核应急、放射性废物管理，以及工程设计、制造、建设、运营等方面，建立起完整的符合中国国情并与国际接轨的核电法规和标准体系。

四、规划的重点内容与实施

(一)核电发展技术路线

通过国际招标选择合作伙伴，引进新一代百万千瓦压水堆核电站工程的设计和设备制造技术，国内统一组织消化吸收，并再创新，实现自主化，迎头赶上世界压水堆核电站先进水平。“十一五”期间通过两个核电自主化依托工程的建设，全面掌握先进压水堆核电技术，培育国产化能力，力争尽快形成较大规模批量化建设中国品牌核电站的能力。与此同时，为使核电建设不停步，在三代核电技术完全消化吸收掌握之前，以现有二代改进型核电技术为基础，通过设计改进和研发，仍将自主建设适当规模的压水堆核电站。

(二)核电设计自主化

“十五”末及“十一五”初期，充分利用秦山二期和岭澳一期已有技术，并加以改进，建设秦山二期扩建和岭澳二期等核电工程，使国内企业具备自主设计二代改进型60万千瓦和百万千瓦级压水堆核电站的能力。

“十一五”期间，通过对外合作，引进新一代先进核电技术，建设浙江三门一期和山东海阳一期核电工程，在消化吸收的基础上，进一步优化改进，提高核电的安全性和经济性。工程设计工作可以先从中外联合设计起步，逐步过渡到由国内企业自主完成设计，形成中国先进压水堆核电站品牌和批量化建设的设计能力。为尽快提高核电比重，广东台山采取引进国外技术设备建设三代核电机组。采用消化吸收的二代改进型技术，开工建设辽宁红沿河等核电站。

(三)核电设备制造自主化

核电主设备制造以国内三大设备制造厂家为骨干，同时发挥其它相关企业的专业优势，逐步实施技术改造和产业升级，共同建立起较完整的核电设备制造体系。“十一五”期间要形成不低于每年200万千瓦的核电成套设备生产能力，2010年以后形成每年400万千瓦的生产能力。

有关核电关键设备生产的技术引进工作要按照国家总体部署，结合自主化依托项目的建设，统一组织对外招标，协调好国内各方力量，采取有效措施，做好消化吸收工作。对于我国目前尚不能生产的关键设备，要按照以我为主、引进技术、实现国产化的原则开展工作。对于已引进的技术，加快消化吸收进程，尽快转化为设备制造企业的生产能力。

在设备采购方式上，对于国内已经基本掌握制造技术的设备，原则上均在国内厂家中招标采购。对于少数没有掌握制造技术，且国际市场供应充足、稳定的非关键设备，经论证确定后，可对外招标采购。对于一些关键设备，要通过“市场换技术”方式，或者对外引进技术，或者与国外制造商成立合资、合作企业提供设备。

在国家核电自主化工作领导小组的统一组织下，国内制造企业协调一致，分工合作，引入竞争，提高效率，要以秦山二期扩建和岭澳二期、辽宁红沿河、浙江三门和山东海阳等核电项目为依托，不断提高设备制造自主化的比例，最大限度地掌握制造技术，努力实现核电设备制造业的战略升级。

(四)核电厂址选择和保护

经过多年努力,我国已储备了一定规模的核电厂址资源。除已建和在建工程外,在沿海地区开展前期工作已较充分的厂址还有 5000 多万千瓦,具体厂址资源开发与储备情况见表 3。

表 3 我国沿海核电厂址资源开发与储备情况

单位:万千瓦

省份	名称	规模	备注
浙江	秦山二期扩建厂址	2×65	已核准
	三门(健跳)厂址	6×100	一期工程已批准项目建议书
	方家山厂址	2×100	已完成复核
	三门扩塘山厂址	4×100	已完成复核
江苏	田湾扩建厂址	4×100	已完成复核
广东	岭澳二期厂址	2×108	已核准
	阳江厂址	6×100	一期工程已批准项目建议书(原方案)
	腰古厂址	6×100	已完成复核
山东	海阳厂址	6×100	已完成复核
	乳山红石顶厂址	6×100	需要进一步研究厂址
辽宁	红沿河厂址	6×100	一期工程 4 台机组已核准
福建	宁德厂址	6×100	已完成复核
广西	防城港或钦州厂址	4×100	已完成初步审查
合计	13 个厂址	5946	

注:表中建设规模系按原单机容量考虑,由于三代和二代改进型单机容量都有所增加,实际建设规模将大于表中所列数据。

此外,2004 年以来,在广东粤东(田尾厂址)地区,浙江浙西地区、湖北、江西、湖南等地都开展了核电厂址普选工作,进一步增加了核电厂址储备。

从厂址条件看,到 2020 年,表 3 所列核电厂址容量可以满足运行 4000 万千瓦、在建 1800 万千瓦的目标。结合我国能源资源和生产力布局情况,从现在起到 2020 年,新增投产 2300 万千瓦的核电站,将主要从上述沿海省份的厂址中优先选择,并考虑在尚无核电的山东、福建、广西等沿海省(区)各安排一座核电站开工建设。

除沿海厂址外,湖北、江西、湖南、吉林、安徽、河南、重庆、四川、甘肃等内陆省(区、市)也不同程度地开展了核电厂址前期工作,这些厂址要根据核电厂址的要求、依照核电发展规划,严格复核审定,按照核电发展的要求陆续开展工作。

(五)核电工程建设安排

根据核电发展目标,考虑核电项目前期工作、技术引进、消化吸收、设备制造自主化和工程建设工期等因素,在 2005 年开工建设的岭澳二期核电项目 2×108 万千瓦和秦山二期扩建 2×65 万千瓦的基础上,“十一五”保持合理开工规模,“十二五”开始批量化发展。

考虑核电厂址保护和电网布局,以及调整各地能源结构的需求,在核电厂址开发进度和次序上,统筹安排老厂址扩建和新厂址的开发。新的核电厂址要一次规划,分期建设,逐步实现群堆管理。

“十一五”期间,利用已有技术,并加以改进的秦山二期扩建和广东岭澳二期两个项目可以投产。与此同时,要在引进国外技术,消化吸收的基础上,开工建设浙江三门一期和山东海阳一期两个自主化依托工程,并开工建设辽宁红沿河、广东阳江和福建宁德等核电站。

“十二五”期间,“十一五”开工的 5 个核电项目均可投产。在核电实现标准化、批量的基础上,“十二五”期间安排一批新开工建设核电项目,可选择的项目有:广东腰古、粤东(田尾)、江苏田湾二期、浙江三门二期、广东阳江二期、山东海阳二期、辽宁红沿河二期、福建宁德二期、广西核电站以及华中地区核电项目等。“十三五”期间,上个五年开工的核电机组均可投产,到“十三五”末

(2020年),全国核电装机容量将实现规划目标,同时,为2020年以后核电投产打好基础工业,“十三五”期间需开工建设不低于1800万千瓦的核电容量。

在“十三五”和“十四五”期间开工建设的核电厂址,可在沿海省份的厂址中选择,也可在一次能源缺乏的内陆省份的厂址中选择,陆续开工建设。

(六)核燃料保障能力

坚持核燃料闭合循环的技术路线,坚持内外结合,合理开发国内资源、积极利用国外资源的原则,适度超前发展核燃料产业,建立国内生产、海外开发、国际铀贸易三渠道并举的天然铀资源保障体系。

(七)放射性废物处理

在核电项目建设的同时,同步建设中低放射性废物处置场,以适应核电发展不断增加的中低放射性废物处理的需要。2020年前建成高放射性废物最终处置地下实验室,完成高放射性废物最终处置场规划。

(八)投资估算

按照15年内新开工建设和投产的核电建设规模大致估算,核电项目建设资金需求总量约为4500亿人民币,其中,15年内项目资本金需求量为900亿元,平均每年要投入企业自有资金54多亿元。

此外,核燃料配套资金需求量较大,包括天然铀资源勘探与储备、乏燃料后处理等。资金筹措原则上按企业自筹资本金,银行提供商业贷款方式运作。

五、保障措施和政策

(一)推进体制改革和机制创新

核电企业要按照社会主义市场经济的总体要求,建立健全现代产权制度,规范企业法人治理结构,推进体制改革和机制创新。通过规划内核电项目的建设,逐步推进现有国内技术力量和设备制造企业重组,以适应大规模核电建设的需要。核电项目建成后要参与市场竞争,上网电价与脱硫煤电相比要具有竞争力。按国家电价改革的方向和有关规定,核电企业可与电力用户签订购售电合同,自行协商电量与电价。与核电发展相关的科研、设计、制造、建设和运营等环节也要建立以市场为导向的发展机制。在核燃料供应环节,建立核燃料生产和后处理的专业化公司,形成与世界核燃料市场接轨的价格体系,为核电发展提供可靠的燃料保障和后处理等相关服务。

(二)加大设备研发力度

成立国家核电技术公司,负责统一引进技术、消化吸收和创新,在国内企业实现技术共享;做好核电自主化与科技中长期规划重大专项的结合,统筹协调先进核电工程设计和设备研制工作;将核电设备制造和关键技术纳入国家重大装备国产化规划,形成设备的成套能力。对关键的设备,包括大型铸锻件,集中力量,重点突破。

(三)完善核电安全保障体系,加快法律法规建设

坚持“安全第一、质量第一”的原则。依法强化政府核电安全监管工作,加强安全执法和监管。加大对核安全监管工作的人、财、物的投入,培育先进的核安全文化,积极开展核安全研究,继续加强核应急系统建设,制定事故预防和处理措施,建立并保持对辐射危害的有效防御体系。

在现有法律框架下,“十一五”期间继续开展核电行业标准的研究工作,“十一五”开始,随着核电堆型与技术方案的确定,要逐步建立和完善我国自己的核电设计、设备制造、建造、运行管理标准体系,为批量化发展核电创造条件;在核电标准化与安全体系完善以前,国家将对参与核电建设、运营和管理的企业资质适当予以控制。

完善核电安全法律法规,尽快完成《原子能法》及配套法规的立法工作;制定和完善有关核电与核燃料工业的科研、开发与建设、核安全等方面的管理办法;健全铀矿资源的勘探和开采的市场准入制度;强化核燃料纯化、转化、浓缩、元件加工、后处理、三废治理、退役服务等领域的生产服务业务的市场准入制度或执业资质制度。

(四)加强运行与技术服务体系建设，加快核电人才培养

按照社会化、市场化和专业化的思路，重点围绕核电站的开发、设计、建造、调试、运行、检修、人员培训、安全防护等方面，进行相应的科研和配套条件建设，建立和完善核电专业化运行与技术服务体系，全面提高核电站的安全、稳定运行水平，为更多企业投资建设核电站创造条件。

我国核电的大规模发展需要大量与核电有关的专业人才。发展核电既是国家战略，同时又为相关行业和专业人员提供了广阔的市场空间和施展才华的机会。为实现 2020 年核电发展目标，国家、企业和高等院校科研院所要抓住机遇，在科研、设计、燃料、制造、运行和维修等环节，及核电设计、核工程技术、核反应堆工程、核与辐射安全、运行管理等专业领域，大力加强各类人才的培养工作，提高待遇，做好人才储备。重点在清华、上海交大、西安交大设置核电专业，编撰修改核电教材，培养核电人才。

(五)税收优惠及投资优惠

1、国家确定的核电自主化依托项目和国内承担核电设备制造任务的企业，按照《国务院关于加快振兴装备制造业的若干意见》的规定，实施进口税收政策；核电投产后，对核电企业销售环节**增值税**，采用现行办法，先征后返。由财政部会同有关部门制定实施细则。

2、国内承担国家核电设备制造自主化任务的企业，进口用于核电设备生产的加工设备和材料，核电工程施工所需进口的材料、施工机具，免征进口关税和进口环节**增值税**。由财政部会同有关部门研究后确定。

3、核电自主化依托工程建设资金筹措以国内为主，原则上不使用国外商业贷款及出口信贷。国家根据可能，对自主化依托项目建设所需资金，从预算内资金(国债资金)中给予适当支持。支持符合条件的核电企业采用发行企业债券、**股票**上市等多种方式筹集建设资金。

4、规范核电项目投资行为，对核电项目所需资本金，均以企业自有资金出资，按工程动态总投资不少于 20%筹集。

(六)核燃料保障、乏燃料后处理及核电站退役基金

1、为保证核燃料的安全稳定供应，要建立天然铀资源保障体系，并制定方案征收乏燃料后处理基金。“十一五”期间启动有关研究工作，争取在 2010 年前开始实施。

2、为保证今后核电站“退役”顺利进行，电站投入商业运行开始时，即在核电发电成本中强制提取、积累核电站退役处理费用。在中央财政设立核电站退役专项基金账户，在各核电站商业运行期内提取。有关费用征收标准和执行办法由国家发展改革委同财政部、国防科工委研究确定。