

积极发展核电，保证能源可持续发展

周小谦

(国家电网公司，北京，100031)

党的十六大提出，到2020年我国全面建成小康社会，为实现这一宏伟目标，保证电力安全充足的供应是一个重要的基础和必备条件。但到2002年底，尽管我国电力装机容量已达到3.53亿kW，发电量达到1.65万亿kWh，居世界第一位，但人均占有电量只有1287 kWh，不到美国的1/10，约只有世界平均水平的一半。到2020年，我国经济要进入中等发达国家水平行列，相应电力供应也必须接近世界平均水平，即人均要达到3000 kWh左右，因此，电力工业在本世纪前20年还需要大规模的发展。

纵观世界电力工业的发展与电源构成，核电与火电、水电已构成当今世界电能供应的三大支柱。目前，核电提供了全世界16%~17%的电能，欧、美、亚三大洲各发达国家的核电，提供了本国20%~75%的电能。核电对保证国家能源安全供应以及国民经济与社会可持续发展起到了相当重要的作用。然而，到2002年底，我国核电的装机容量和发电量只有540万kW和235亿kWh，分别占全国的1.2%和1.4%，相当于上个世纪70年代的世界平均水平。所以今后20年，中国在大规模地建设火电、水电和采用新能源发电的同时，还必须要大规模地建设核电。

对此，必须要充分认识到核电对国家发展的重要性，认清核电是“安全、可靠、高效、经济、清洁”的能源；还必须统一行动，抓住本世纪前20年的战略机遇，积极发展核电。

近几个月来，国家发展和改革委员会、国防科学技术工业委员会等部门为贯彻落实十六大提出的战略目标，为推动核电的健康发展做了卓有成效的工作。我们相信在党中央、国务院的坚强组织领导下，通过体制和机制上的进一步改革、创新，业内上下各方团结一心、统一认识、统一战略、抓住机遇、统一组织、协调行动，采用当今世界先进成熟的核电技术，通过国际合作及核电工程项目的具体实施，可以以较小的代价、用最短的时间实现核电的标准化、系列化、规模化，实现核电设计自主化和设备国产化，力争在2020年前，使核电在整个电力中的比例有所提高。并逐步形成我国自主、完整、先进、具有国际竞争力的核电工业体系，争取在国际核电产业高端技术领域占有一席之地。

为此，中国电机工程学会核电专委会组织专家进行了认真学习与研究，对于我国核电发展形成了如下共识。

1 积极发展核电是我国电力发展的重要战略选择

1.1 发展核电是确保我国电力供应的重要方面

根据全面建设小康社会的经济发展目标以及用电水平要求，对已有的研究成果和资料进行分析，预计到2020年，全国需要发电量为4.3万亿kWh上下，相应的装机容量为9.5亿kW左右，比2002年净增近6亿kW。

我国的能源资源相对短缺，人均能源资源贫乏。我国的煤炭、石油资源人均探明储量分别为世界平均值的1/2和不到1/10，天然气探明储量为世界探明总储量的1/100，而且大规模的煤电建设将受到生产能力、运力、特别是环境保护等多种因素的制约。到2020年，安排煤电达6亿kW左右，需耗煤14亿t，气电7000万kW，需用气700亿m³，如再增大规模，其难度是非常大的。

我国水力资源丰富，技术可开发容量为3.785亿kW，经济可开发容量为2.94亿kW。当前及今后均会大力开发，预计到2020年，水电装机容量将达2.0亿kW，水电开发率将占经济可开发容量的68%。

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

新能源资源虽然储量丰富，但由于开发技术和经济原因，到2020年估计也只能达到总装机容量容量的1.5%左右。

为了确保2020年电力可靠供应，根据上述分析平衡，届时最少应有核电装机0.4亿kW、发电量2600亿kWh，约占全国总装机的4%强，占总发电量的6%。

我国核电容量大幅度增加，核燃料资源长期供应是一个关键。目前世界上很多国家核燃料资源丰富，供大于求，且价格低，因此我们要面向国内、国外两个市场，同步做好规划，以确保我国核燃料长期可靠的供应。

1.2 发展核电是实现我国能源与电力可持续发展的必然选择

我国能源以煤炭为主，电力以煤电为主。目前，我国电煤用量约占煤炭年总产量的50%多。煤电厂排放的二氧化硫占我国工业总排放量的48%，同时排放的氮氧化物、烟尘也是大气污染的重要来源。这是我国经济、社会与能源可持续发展中的重要问题。

根据国际公约，我国也承诺了于2008—2012年将采取减排措施，控制二氧化碳的排放量，因此，需要加快清洁能源的开发。但由于受资源、技术及经济的限制，在近20年内，清洁能源还不可能成为经济合理的可大规模开发的替代能源。而现在要实施大规模减排温室气体，除水电外，发展核电是在当代技术上唯一可行的措施，核电是21世纪人类通往可持续发展的桥梁和重要途径。因此，发展核电就成为在现阶段我国能源及电力实现可持续发展的必然选择。

1.3 发展核电是我国能源及电力安全供应的重要保障

发展核电可实现电源结构多元化，有利于优化电源配置，有利于提高电力供应和电网运行的安全性与稳定性。

我国东、南沿海地区一次能源缺乏，电厂燃煤主要依靠外运煤炭供应。由于煤炭大量储存难度大，电厂的安全、稳定发电，经常受到煤炭生产和运输等的影响和制约。

我国的油、气自给率不足1/2，相当部分需依赖进口，其供应量及价格经常受国际政治风云变化的左右，不确定因素较多，安全性差。

由于核燃料具有极高的能量密度，因而易于建立长期、大量的能源储备，建立安全的能源供应体系，可避免因能源危机而殃及国计民生，可应付战时交通中断等对能源供应的威胁，成为电力安全供应的重要保障。

从长远来看，核电可与煤炭的液化、气化相结合，对于解决我国液态和气态燃料供应短缺，提高我国能源供应的安全性同样具有重要战略意义。

1.4 发展核电是调整产业结构、促进技术进步的重要途径

掌握核电技术，是体现一个国家现代电力技术水平的高低、也是体现一个国家工业发展综合能力的重要标志。核电在电力系统中的比例大小，是电力工业技术装备总体水平高低的基本标志，往往也是总体国力水平、国家技术装备水平的重要标志。从目前世界核电分布及其在电力中的比例来看，凡发达国家核电比例都比较高，西半球比东半球高，北半球比南半球高，它与国力、技术总水平分布是一致的。

现在我国核电在电力工业中的比重很低，争取经过20年的努力，使核电装机容量在总发电容量中的比重由目前的1%提高到4%-5%，达到上世纪80年代的世界平均水平。

核电是高新技术密集产业，发展核电必然要建立高科技核电工业体系及产业平台，可以促进基础工业、建筑安装业、科研、教育以及运营、管理等领域科技含量及水平的提高和产业升级，增强技术创新能力和产品转换率。

1.5 发展核电可以提高电力的经济性

核电是经济的，其电价是有竞争力的，特别是与气电相比具有较强的竞争力，相当比例的核电可起到电价稳定器的作用。法国电价在欧洲比较低就是一个有力的例证。又如美国加州电力危机，天然气引发电价暴涨，但核电电价还是相当稳定的。近年来不少国家，尤其是美国核电以优异的业绩证明了轻水反应堆技术和管理成熟，核电是“安全、经济、清洁”的，其电价水平低于气电、油电，也低于煤电。美国研究表明，对于新建核电站，当造价为1250美元/kWh时，平均上网电价只有2.5-3美分/kWh，具有很强的竞争力，批量建设的造价还可控制到1000美元/kWh以下。

总之，对我国来说，发展核电，降低造价，提高核电的经济性还具有很大的潜力，核电在我国电力中是具有较强的潜在竞争能力的。

2 我国规模发展核电的条件已基本具备

中国核电发展事业自1970年周恩来总理批准上海建设第一座核电站开始，至今已三十多年了。到目前为止，已建成了核电装机610万kW，在建260万kW，而且通过这些工程的实践已在人才、管理、技术、研究、制造等方面为我国进一步发展核电奠定了坚实基础，我国核电是处于蓄势待发状态，具体说，有如下一些有利条件：

(1) 我国经济与社会发展对电力的巨大需求为核电发展提供了广阔的市场条件，如前所述，我国需要积极而大规模地发展核电。

(2) 我国核电站的核安全法规及监管已完全同国际接轨，所掌握的核电技术与相应的技术能力以及运营管理技术与能力已为核电站的安全运行创造了条件、奠定了基础。

(3) 我国已具有了建设核电和核电站运营管理的人才。我国已积累了一定的核电站建设、运行经验，取得了良好的建设、运行业绩。岭澳核电站提前66天，一次试运投产成功；大亚湾核电站机组可用率达到89.5%，负荷因子达到87%，2001年初，实现了两台机组连续安全运行1000天的目标，在国际“安全挑战赛”中荣获了冠军奖。

(4) 我国已基本具备发展核电的技术装备基础和能力。

从我国核电站的设计上看，基本上具备了设计分析、计算和实验验证的条件和能力，已基本具备了“模仿”第二代核电技术设计的能力。

我国现有的核电设备制造能力已有较好的基础。具备30万和60万kW核电机组的设备制造能力，也基本具备了100万kW级设备的制造能力，关键是设备设计方面还需要采取引进技术、合作生产方式逐步实现国产化。

(5) 我国已有相当规模的核电站厂址资源储备。经过多年努力选取的一批核电厂址，包括岭澳、田湾及未开工建设但已通过初可审查的厂址，总计达4000-5000万kW规模的厂址资源可供开发利用。

(6) 我国已具备核燃料生产、供应及乏燃料后处理等处置能力，等等。

3 我国核电发展的技术路线和堆型选择及其国产化

我国核电发展的技术路线经过长期的、反复的论证确定为以百万千瓦级压水堆机组为主，通过中外合作，引进国外先进技术实现“自主设计、自主制造、自主建设、自主运营”的路线，现在看仍然是正确的，我们要继续坚持。对于当前核电建设项目中具体堆型的选择，应该符合下列基本条件，通过国际招标来确定，即：

(1) 确保安全，符合我国有关法律和核安全法规的要求。

(2) 经济上有与带脱硫设施的煤电及气电电价相竞争的能力。在规模化建设初期，单位造价争取不高于1300美元/kW，大批量建设后，单位造价争取降到1000美元/kW左右。

(3) 有利于核电设备的国产化，有利于促进新兴工业和核能科技的发展，能较充分地利用我国已建立的压水堆核电站科技力量和工业基础及能力、建设与运营管理的技术经验及能力。

(4) 有利于核电规模化发展。

在核电建设中，要坚持“以我为主、中外合作、引进技术、推进国产化”的方针和实施路线，目标为确保通过4-6台机组的建设，设备国产化率80%以上。但同时必须要进一步明确我国核电国产化与外国公司的合作模式，是技术合作还是合资；要明确核电国产化的组织体制，要有利于把核电设备开发研究、设计和制造统一起来；要努力提高经济性，要批量建设，合理分摊国产化的开发、研究和装备投资等费用，努力降低国产化的设备价格。

4 不断提高核电在竞争性电力市场中的适应性和竞争力

核电正面临着竞争性电力市场的严峻挑战，这同时也为核电提供了发展的机遇。首要的问题是核电

也要自觉地投入市场的竞争中，要在竞争中求发展，在发展中不断增强核电的竞争力，并辅以从国家总体利益出发的政策性支持。

4.1 核电发展必须坚持改革与开放的方针

(1) 首先要实行投资体制改革，实现核电投资的多元化，要在投资主体上打破少数企业的垄断。

(2) 在核电建设项目法人的选择上要引入竞争机制。在国家对核电项目明确了安全、经济和环保条件下，由国家组织招标，确定业主单位。

(3) 在核电项目的经营管理体制上实行多样化。即经营管理者可以是纯经营核电站的核电公司，也可以是既经营核电，又经营火电、水电及其它电厂的综合性电力公司，还可以由电网公司来经营核电厂。

(4) 在核电建设方面要实施改革，组建若干核电站设计、建设项目管理公司（AE公司），并在AE公司、施工、监理等单位的确定上，要引入招标竞争机制，要全面实行基本建设的五制，建立市场机制。

(5) 核电的燃料循环系统和后处理系统要按现代企业制度组成公司，引入竞争机制，与核电厂之间按公司法建立合同关系，打破垄断与政企不分的上下级行政隶属关系。

4.2 要不断提高核电自身的市场竞争力

(1) 核电要批量建设，要形成规模经济，发挥规模效益，这是降低造价、提高竞争力的重要方面。建议在以招标方式确定堆型后，以10-12台左右为一批在2020年前建设3-4批，即每一个五年计划为一批，到2020年全国核电容量达到4000万kW左右。

(2) 核电要国产化，通过核电建设的自主化、国产化、标准堆型的批量建设来节约投资，降低造价。同时，核电站建造要努力缩短建设工期，争取48个月投产；加强财务管理，减少财务费用，降低造价。

(3) 提高核电建设水平和运行管理水平，延长换料周期，缩短检修工期，努力提高负荷因子，使其达到90%以上，运行寿期延长到60年。

(4) 合理提取退役基金和乏燃料处理费。退役基金建议从退役前15年内提取，每年提取固定资产的0.5%。

(5) 规定合理的投资回报率，应与火电等其它电源相同，目前以8%为宜。

综合分析，如果核电建成价控制在1300美元/kW，机组负荷因子90%计算，运行年限40年，资本金回报率8%，则上网电价控制在0.3元/kWh是可以做到的，这样与沿海脱硫火电厂的电价相比就具有相当的竞争力。

4.3 国家的政策支持

根据核电的特性，以及从国家提高能源利用率，实现能源、电力可持续发展的大局出发，给核电在电力市场中以政策支持是必要的。主要的就是允许核电机组按其能达到的出力与负荷因子，与电网公司签订长期的电力上网合同，并在电网中担任基荷运行。对于超过长期合同的电量，可进入市场，实行竞价上网。

5 密切关注当前国际核电技术发展趋势及新技术成果

目前，世界各国普遍把核电发展的方向重新定位于“既经济又安全”的路线上。探讨在电价上具有竞争力，又能满足核安全、废物处理要求，并能取得公众接受的下一代核电站的国际交流活动明显增加，我们应予以密切关注，吸取国际经验，促进我国核电事业快速、健康、高效地发展。

我国已建成高温气冷堆试验电站（清华大学建的热功率1万kW，电功率2600 kW）。对此我们不仅予以关注，并要积极推进电功率为10万kW级的示范工程，以尽快掌握和解决相应技术和产业化中的一系列问题，为2020年后过渡到更经济、更安全的核电机组做好技术准备，使我国在第四代堆型的研究与产业化推广应用中占有一席之地。

