第三代核电的核心关键技术及其优势

我国第三代核电自主化依托项目工程建设总体上进展顺利，安全、质量、进度都处于全面受控状态。在此过程中，我国引进消化吸收再创新和自主创新，在世界上率先掌握了第三代核电AP1000的五大核心关键技术。这五大核心关键技术分别是：核岛筏基大体积混凝土一次性整体浇注技术、核岛钢制安全壳底封头成套技术、模块设计和制造技术、主管道制造技术、核岛主设备大型锻件制造技术。

1、核电站核岛筏基大体积混凝土一次性整体浇注技术

2009年4月19日，我国第三代核电自主化依托项目首台机组、世界上首台AP1000核电机组——浙江三门核电站一号机组核岛第一罐混凝土浇注及养护取得成功，已全面进入主体工程建设阶段。 三门核电站一号机组主体工程第一罐混凝土浇注工作取得了良好效果，这是迄今为止我国核电站工程建设首次采用核岛筏基混凝土一次性整体浇注的先进技术，创造了世界上核电站核岛筏基大体积混凝土整体连续浇注的成功范例。

大体积混凝土一次性整体浇注，可以实现核电站核岛基础的一次整体成形，具有无接口、防渗好等技术优点，特别适合安全性能要求较高的核电施工。但由于浇注后的养护是难点，一直是施工的一大技术难题。为确保浇注第一罐混凝土取得成功，2008年5月，国家核电技术公司、国核工程公司、三门核电现场启动了专项计划;2009年3月1日，完成了所有实体准备工作;3月10日，三门核电站一号机组核岛完全具备浇注混凝土实体条件，三门核电现场还进行过多次模拟浇注;3月11日，国家核安全局组织相关专家对一号机组核岛浇注进行检查验收;3月13日，三门核电现场完成对浇注工作的最后一次质量检查。

2、核岛钢制安全壳底封头成套制造技术

2009年12月21日，三门核电站一号机组核岛钢制安全壳底封头成功实现整体吊装就位，这一底封头的钢材制造、弧形钢板压制、现场拼装焊接、焊接材料生产、整体运输吊装等都是由中国企业自主承担完成的。

AP1000首次采用在核电站反应堆压力容器外增加钢制安全壳的新技术。钢制安全壳是AP1000核电站反应堆厂房的内层屏蔽结构，是非能动安全系统中的重要设备之一。AP1000钢制安全壳底封头钢板的典型特征是大尺寸、多曲率、高精度，采用整体模压一次成型技术，尚属世界性难题。中方企业攻克了一系列世界性的技术难题和工艺难关，提升了我国核电装备制造和相关材料研制的水平。

3、模块化设计与制造技术

2009年 6月29日，三门核电站一号机组核岛最大的结构模块CA20模块成功吊装就位，开启了我国核电站工程模块化建造的新时代。CA20模块的工厂化预制和现场拼装、组焊、整体吊装的顺利完成，标志着AP1000技术的模块化设计和施工的先进理念已经从理论变成了现实。

CA20模块是AP1000的最大一个结构模块，长20.5米，宽14.2米，高20.7米，近7层楼高，由18个房间构成，包括32个墙体子模块和40个楼板子模块，结构总重达749吨，加上吊具等起吊总重量达到968吨，相当于700多辆小汽车的重量。

使用模块化建造方法，可以实现核电站核岛工程建设中的土建和安装的交叉施工，能大大缩短核电站的工程建设周期。通过模块的工厂化预制，可有效提高工程建造的质量。

4、主管道制造关键技术

2010年1月11日，我国AP1000自主化依托项目国产化主管道采购合同在北京签订。国核工程公司与中国第二重型机械集团公司(德阳)重型装备股份公司签订了主管道采购合同。

核电站主管道是连接反应堆压力容器和蒸汽发生器的大厚壁承压管道，是核蒸汽供应系统输出堆芯热能的“大动脉”，是压水堆核电站的核一级关键设备之一。AP1000机组采用了超低碳控氮不锈钢整体锻造技术，材质要求高、加工制造难度大，堪称目前世界核电主管道制造难度之最。

AP1000主管道是我国AP1000自主化依托项目中唯一没有引进国外技术的核岛关键设备。中国二重集团等国内多家

企业通过为时两年的科研攻关，自主突破了AP1000主管道制造的技术难关，制造的主管道1：1模拟件综合技术指标已完全符合美国西屋公司的设计技术标准，达到世界一流水平，大幅降低了主管道的采购成本。

5、关键设备大型锻件制造技术

2009年12月22日，中国一重承担的三门核电站2号机组蒸汽发生器管板锻件研制取得成功，在先前实现AP1000核岛反应堆压力容器锻件完全国产化的基础上，再次实现了蒸汽发生器锻件的完全国产化，一举攻克了制约我国核电发展的重大技术难关，大幅提升了我国核电装备制造的整体水平和技术能力，打破了国外企业在高端大型铸锻件市场的垄断。

以前，我国的大型铸锻件企业因制造能力和技术上的差距，使国内高端大型铸锻件市场和技术被国外巨头垄断，尤其是在核电大型铸锻件上，国外更是实行技术封锁。

除大型锻件外，目前，反应堆压力容器、蒸汽发生器、主泵、主管道、钢制安全壳等核岛关键设备国产化工作均取得实质性进展，确保了我国后续三代核电批量化、规模化发展。

引进第三代核电技术的必要性

1、带动相关产业发展

我国政府决定引进AP1000技术，肯定是在高瞻远瞩、权衡全局利弊，同时考虑了技术风险的可接受程度后作出的决策。AP1000核电技术的引进，直接带动了我国先进核电的建设，使世界首批三代核电AP1000机组落户中国。同时，在研发设计环节、工程管理领域、设备和产品制造领域、运行服务环节完善并逐步形成了三代核电自主化发展的整体链条，带动了与核电相关的科研、冶金、装备制造、信息化等多个产业的发展。国家核电技术公司积极探索“标准化设计、工厂化预制、模块化施工、专业化管理、自主化建造”的三代核电发展新路子。同时，更以加快形成我国具有自主知识产权的大型先进核电技术品牌为目标，统筹协调我国的涉核单位和行业资源，使我国核电产业初步形成了跨行业、跨地区、跨部门、跨学科的团结协作、奋力攻关的新局面。

2、促进自主创新

AP1000并不是我国核电技术的终点。国家核电技术公司的重要使命是在消化、吸收、全面掌握第三代核电AP1000先进技术的基础上，通过再创新形成具有自主知识产权的、功率更大的大型先进压水堆核电技术品牌。目前，我国大型核电重大专项的实施管理模式和协作攻关的态势初步形成。重大共性技术和关键设备材料研究工作，核电大型锻件、锻造主管道、蒸汽发生器690合金U型传热管研制等课题取得较大进展。两年来，国家核电技术公司坚定不移地推动以大型核电重大专项示范工程(CAP1400)建成投产为标志的三代核电自主化，我国自主创新的“大核电”扬帆起航。只有拥有具有自主知识产权的大型先进核电技术，我国才能由“核电大国”转变成为“核电强国”，才能在满足国内核电自主建设发展的同时，实施核电成套技术“走出去”战略，赢得世界核电大单。

第三代核电的优势

1.安全性

核电站安全目标有两个指标，一是反应堆堆芯熔化率(简称堆熔概率)，二是大规模释放放射性物质的概率(简称释放概率)。如果以每核反应堆每年来计算的话，二代堆的堆熔概率为10-4，也就是每堆每年出现万分之一的可能性;而释放概率为10-5，也就是每堆每年有10万分之一的可能会发生核物质大规模释放。第三代核电机组要有更高安全目标。即堆芯热工安全裕量>l5%，堆芯损坏概率<10-5/堆年，大量放射性外泄<10-6/堆年。两次核电事故后，法规和标准对安全目标的要求又提高了，而AP1000的安全目标比前两者更高，具体见附表2。

表2 核电站安排性比较

核电厂设计安全目标	堆芯熔化概率	大规模释放概率
二代堆（第二代核电技术）	1×10^{-4}-5×10^{-5}	1×10^{-5}-9×10^{-6}
新的核安全法律和标准（两次核电事故后）	$\geqslant 1\times10^{-5}$	$\geqslant 1\times10^{-6}$
AP1000（三代堆）（第三代核电技术）	5.08×10^{-7}	5.94×10^{-8}

AP1000的关键技术是采用非能动安全系统，具体表现在采用非能动安注、多级非能动自动卸压系统、非能动余热排放系统和非能动安全壳冷却系统。AP1000核电站引入了严重事故预防和缓解措施，如堆腔淹没技术、自动卸压系统(ADS)、抑制氢爆的氢复合系统(氢点火器和非能动氢催化复合)、堆芯熔融物压力容器内保持(IVR)等技术。同时，AP1000采用双层安全壳和全数字化仪控系统。

AP1000核电站的非能动堆芯冷却系统不依赖外部电源，采用非能动余热导出、非能动安全注入以及非能动安全壳冷却。可以保证长时间的安全停堆。还可以保证大于72h不用操作员干预。

EPR核电站采用4通道安全系统和双层安全壳。引入了严重事故预防及缓解措施，如稳压器卸压、堆芯扑集器和非能动氢复合器。

2、经济性

第三代核电机组要有更好的经济性，具体表现在机组额定功率为l000~1500MWe，可利用因子>87%。换料周期18~24月，电站寿命60a，建设周期48~52月，电价要能与联合循环的天然气电厂相竞争。因此，第三代核电机组在技术上更先进，经济上更占优势。

原文地址：http://www.china-nengyuan.com/tech/63413.html