

改革开放40周年科技系列报道之能源篇⑦

## 中国核电：裂变成长 精彩“逆袭”

本报记者 张保淑



广西防城港核电3号机组是中国第三代核电技术品牌“华龙一号”的示范工程。图为该机组穹顶吊装现场。

新华社发

$E=mc^2$ ，鼎鼎大名的爱因斯坦质能方程为人类揭示了质量与能量之间的当量关系。通过可控的核聚变与核裂变便可以产生惊人的能量，为大规模核能开发与利用奠定了理论基础。

伴随着改革开放大潮，中国在民用核电领域从无到有、从小到大逐步发展起来，潜心研究开发的自主核电技术不仅满足自身能源需求，而且实现了自身的裂变式“逆袭”，成功打入国际市场，成为世界核电技术与核电工程建设的重要参与者之一，赢得了国际社会的广泛尊敬。

## ①燃料密度高 无空气污染

核电站是利用核分裂或核融合反应所释放的能量产生电能的发电厂。目前商业运转中的核能发电厂都是利用核分裂反应而发电。

现在使用最普遍的民用核电站大都是压水反应堆核电站，它的工作原理是：用铀制成的核燃料在反应堆内进行裂变并释放出大量热能；高压下的循环冷却水把热能带出，在蒸汽发生器内生成蒸汽，推动发电机旋转。核电站与火电站发电过程相同，都是由热能转化为机械能，再转化为电能的过程。不同之处主要是热源部分。火电站是通过化石燃料在锅炉设备中燃烧产生热量，而核电站则是通过核燃料链式裂变反应

产生热量。核电站的组成通常有两部分：核系统及核设备，又称为核岛；常规系统及常规设备，又称为常规岛。这两部分就组成了核能发电系统。核岛中主要的设备为核反应堆及由载热剂（冷却剂）提供热量的蒸汽发生器，它替代常规火电站中蒸汽锅炉的作用。常规岛的主要设备为汽轮机和发电机及其相应附属设备，常规岛的组成与常规火电站汽轮机大致相同。

核能发电不像化石燃料发电那样排放污染物到大气中，也不会产生二氧化碳气体，因此既不会造成空气污染，又不会加重地球温室效应。同时，核燃料能量密度比起

化石燃料高上几百万倍，核电站所消耗的核燃料比同样功率的火电厂所消耗的化石燃料要少得多。此外，核能发电的成本较不易受国际经济情势影响，较为稳定。当然了，核电站存在一些不容回避的潜在风险，比如，如何解决好放射性废料的保存和处理问题；再比如，如何避免核辐射事故等。

人类首次实现核能发电是在1951年。当年8月，美国原子能委员会在爱达荷州一座钠冷快中子增殖实验堆上进行了世界上第一次核能发电实验并获得成功。1954年，苏联建成了世界上第一座实验核电站，发电功率5000千瓦。

“再过7年，你93岁，我87岁，开一个庆祝会，用这个合作项目作为我们对外开放的典范。”1985年1月19日，一直关心广东大亚湾核电站建设的邓小平亲自接见了参加核电站合营合同签约仪式的香港中华电力董事局主席嘉道理勋爵，并向其发出了“世纪之约”。

在此7年多之前的1978年12月，邓小平在回答法国记者提问时表示，“中国已决定向法国购买两座核电站设备”，向外界公布了筹建大亚湾核电站的信息，展现了引进国外先进技术、设备，加快自身核电发展步伐的决心。1987年8月，大亚湾核电站建设开始浇筑第一罐混凝土。经过7年拼搏努力，1994年5月，核电站全面建成投入商业运行。

对于受电力短缺困扰的新中国来说，核电梦其实很早就开始启航了。上世纪50年代中后期，中国确定了大力发展原子能事业的方针，相关部门提出了和平利用原子能、发展核电的建议，并开始进行初步探索，遗憾的是，先后启动两个核电计划都遭遇挫折而中止。

进入70年代，在华东建设30万千瓦压水堆核电站方案被原则通过，这就是1985年开工、1991年建成投入运行的浙江海盐秦山核电站，终结了中国没有核电的历史。

1983年召开的核电发展回顾会议是中国核电发展的重要里程碑，与会的40多个单位约150位专家共同议定了《核能发展技术政策要点》，确定了百万千瓦级压水堆为主、走引进技术并逐步国产化的道路。国务院核领导小组于会后不久成立。1988年，能源部成立后确定了中国第一部核电发展规划，并启动了全国范围的核电厂选址工作，中国核电进入了规划发展阶段。1996年6月，秦山二期2×60万千瓦压水堆核电站开工建设，2002年、2004年，1、2号机组先后投入商业运行。

从世纪之交到日本福岛核事故之前，中国核电大体上处于改进引进发展阶段，形成了CPR1000和CNP1000为代表的、具有自主知识产权的“第二代加”核电机型，占据了中国在运和在在建核电机组的绝大多数。

在此期间，颇为引人瞩目的是中国启动了第三代核电国际招标，并最终选定美国西屋电气的AP1000先进压水堆技术，启动了山东海阳和浙江三门自主化依托项目，分别建设2台AP1000核电站。随后，中国又批准了在广东台山引进法国EPR第三代核电技术的两台核电站项目。此外，中国还从加拿大和俄罗斯分别引进了重水堆和压水堆核电机组。

2011年日本福岛事故后，中国要求新建核电机组必须符合第三代技术安全标准，随后推出了自主三代核电技术ACP1000与ACPR1000+。前者于2014年底接受并通过了国际原子能机构反应堆通用设计审查。上述两项技术进行融合形成了中国自主知识产权、自主品牌的第三代核电技术“华龙一号”。

中方根据中美达成的协议，在美方AP1000基础上研发出CAP1400，突破了135万千瓦净功率的限制，成功获得该项第三代核电技术相关知识产权，可以对第三国出口。特别值得一提的，中国在属于第四代核电技术的高温气冷堆和钠冷快中子增殖堆实验电站方面也取得了重大进展。



大亚湾核电站远景图 百度网

## ③自主品牌出海 赢得点赞无数

2018年5月23日，广西北部湾畔的防城港港口区的一个大型施工工地上，碧蓝的天宇下，吊塔的巨臂拉起宛若华盖的巨型穹顶，缓缓地向高耸的圆柱型建筑上空旋转过去，待到其正上方后将穹顶慢慢下落。吊装一次性完成，精确到位！现场顿时爆发出雷鸣般掌声和欢呼声。

这是中国第三代核电技术品牌“华龙一号”示范工程穹顶的吊装现场，其操作误差控制在2毫米范围内的吊装绝技不仅征服了现场观众，而且让远在大西洋之滨的英国同行也赞叹不已。通过示范工程建设的此次重大进展，他们对即将落户英国布拉德韦尔B核电站的中国“华龙一号”更加充满信心。

2015年10月，中国广核集团与法国电力集团签署英国新建核电项目战略投资协议，由中广核牵头开发布拉德韦尔核电项目。2016年9月，双方签署了英国新建核电项目一揽子合作协议，并与英国政府同步签署了另一核电项目即欣克利角C核电项目收入及投资保障等政府性协议。这标志着中国正式进入了英国这个最早使用民用核能的西方发达国家，实现了核电“走出去”的历史性突破。

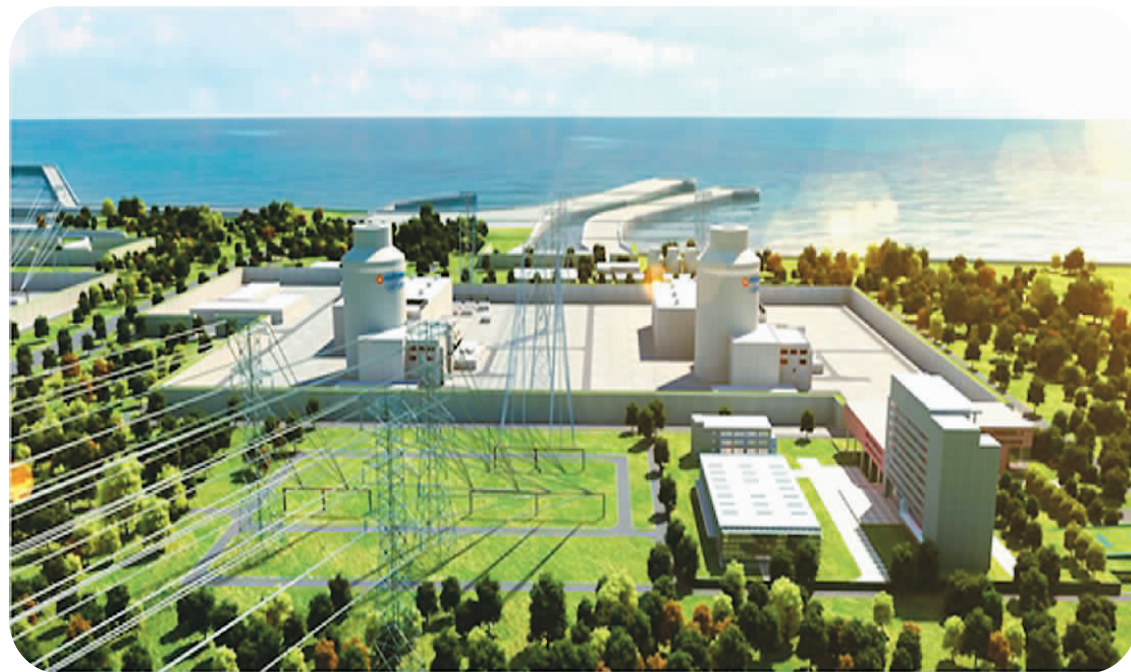
巴基斯坦是中国自主三代核电技术“华龙一号”出海的首站。2013年2月，中核集团与巴基斯坦原委会签订了卡拉奇2、3号核电项目“华龙一号”出口合同。2014年3月，相关工

程开始进行混凝土施工。值得一提的是，巴基斯坦还是中国核电项目出口海外的第一站。那是在1991年底，核电站秦山核电站并网发电后仅16天，中巴两国就签定了合作建设巴基斯坦恰希玛核电站的协议。1993年8月，工程开始施工，2000年6月13日，恰希玛核电站正式建成实现并网发电。

服务出口是中国核电走出去的重要形式之一。2012年，中方一家核电企业与美方公司达成协议，派出工程技术人员赴美，对一个AP1000核电项目的建设提供技术支持。这是中国核电企业首次为世界发达国家建设第三代核电站提供技术支持服务。

近年来，中国核电“出海”的节奏和进程呈现加速的趋势。特别是2013年以来，随着《服务核电企业科学发展协调工作机制实施方案》的实施，核电“走出去”上升为一项国家战略，一系列促进核电企业“走出去”的方向性指引等措施陆续出台。龙头核电企业纷纷发力全球核电市场，瞄准潜在目标客户，进行重点推介和技术能力展示，并赢得认可。除了英国、巴基斯坦之外，中国已与阿根廷、沙特、肯尼亚等国在核电领域达成了合作协议。

根据国际原子能机构统计，到2030年前，全球将新建核电机组约300台，可以预见，中国凭借过硬的技术将在核电增量市场获得广阔的发展空间。



中国先进压水堆（CAP1400）工程在山东荣成的示范站（效果图）

百度网



7月5日，江苏省南通市观音山新城智慧联盟在崇川学校开展“放飞梦想”长幅绘画活动，辖区50余名学生齐聚一堂，在50米的画布上用画笔描绘生活。

许丛军摄

## 『鸢』II 无人机首飞

新华社北京7月5日电（记者胡喆）记者从中国航空工业集团有限公司获悉，近日，由航空工业自主研发的“鸢”II 察打一体无人机首飞成功，为航空工业无人机家族再添新成员。“鸢”II 无人机系统是航空工业针对市场前景和国外用户需求，在现有中空长航时侦察型无人机基础上发展的一型中空、低速、长航时无人机系统。

根据航空工业官方发布的信息显示，“鸢”II 无人机系统采用轮式起降、全过程自动控制、视距链路、组合导航等技术。具备光电图像侦察和监视、雷达图像侦察、通信信号侦测等多种用途和能力，具有操作方便、可靠性高、维护保障性好的寿命长等特点，能适应多种任务需求，是一型较为成熟的无人机系统。

## 对外经贸大学毕业典礼举行

本报电 日前，对外经济贸易大学2018届本科毕业典礼暨学位授予仪式在该校红天体育馆举行，共有2044名本科毕业生获颁毕业证书。

“今天在座的同学可以用‘432’来概括，即每4名同学中有1名继续在国内顶尖高校学习；每3名同学中有1名赴海外名校留学继续深造；在选择就业的同学中，每两名同学中有1名为‘一带一路’建设做贡献。”校长王稼琼在致辞中表示。

对外经济贸易大学是教育部直属的全国重点大学，首批“211工程”和首批“双一流”建设高校。（郭嘉莉）