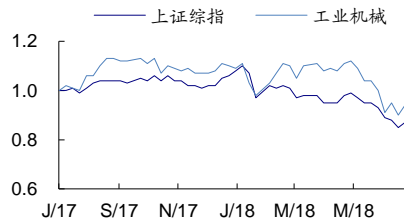


一年该行业与上证综指走势比较



相关研究报告:

《行业重大事件快评: 首台 AP1000 机组三门核电获准装料, 核电重启可期》—— 2018-05-02

证券分析师: 贺泽安

电话:  
E-MAIL: hezean@guosen.com.cn  
证券投资咨询执业资格证书编号: S0980517080003

证券分析师: 季国峰

电话:  
E-MAIL: jiguofeng@guosen.com.cn  
证券投资咨询执业资格证书编号: S0980517100002

联系人: 吴双

电话:  
E-MAIL: wushuang2@guosen.com.cn

独立性声明:

作者保证报告所采用的数据均来自合规渠道, 分析逻辑基于本人的职业理解, 通过合理判断并得出结论, 力求客观、公正, 其结论不受其它任何第三方的授意、影响, 特此声明

行业投资策略

## 核电东风起, 架势欲归来

### ● 三代核电阻碍因素消除, 核电有望重启批量化建设

此次核电重启预期与以往不一样: 万事俱备, 只等获批东风。1) 技术成熟: 国内目前主流三代核电技术是 AP1000 和华龙一号, 全球首堆 AP1000 核电机组三门 1 号于 6 月 30 号顺利并网发电验证了其技术成熟性, 华龙一号是充分利用现有设计技术和装备制造体系、渐进式改进形成的三代核电技术, 技术也已成熟, 均已具备批量化建设条件; 2) 政策更为积极, 关键节点突破: 根据国家能源局印发的《2018 年能源指导意见》, 核电发展方针从 2017 年的“安全发展核电”调整为 18 年的“稳妥推进核电发展”, 同时提出要积极推进具备条件项目的核准建设, 年内计划开工 6~8 台机组, AP1000 并网发电试运行 168 小时后 AP1000 新机组将具备获批条件, 华龙一号 2017 年 8 月融合完成已具备获批条件; 3) 舆论负面因素排清: 三门 1 号机组在去年热试完成后间隔近十个月于 18 年 4 月开始装料, 说明其安全性和可靠性已得到充分认可, 舆论负面因素已基本全面排清; 4) 发展核电是改善我国能源结构的必然选择: 核电低碳、清洁优势显著, 但核电发电量绝对值、占比较低 (17 年仅占全国发电量的 3.94%), 我国碳排放减排和环保需求愈加强烈; 5) 电力需求复苏: 18 年以来中国全社会用电量稳步增长, 1-6 月发电量累计同比增长 9.4%。因此, 在核电政策回暖、核电项目捷报频传的情况下, 国内核电重启有望加速, 核电年内重启可期。

### ● 2020 年前核电站建设设备需求超 2000 亿

根据《能源发展十三五规划》的意见, 明确 2020 年在运核电装机容量达到 5800 万千瓦, 在建核电装机容量 3000 万千瓦以上。而截止 2018 年 6 月, 在运在建核电装机容量共计 5800 万千瓦, 仍需建设超 3000 万千瓦核电机组, 这意味着 2020 年前至少需新开工 24 台机组, 对应核电设备市场规模约 2400 亿元。

### ● 海上小堆、核废料后处理序幕已开, 打开千亿增量市场

1) 海上小堆拉开序幕: 2018 年 2 月, 中核集团等公司共同签约了总投资达 150 亿元的全国首个海上清洁能源综合供给平台项目, 拉开了海上小堆建设序幕, 市场规模短期看年均超百亿元, 5-10 年超千亿元; 2) 核废料后处理市场开始启动: 核电经历近 30 年发展, 核废料处理已是刚需问题, 产业链设备市场预计超千亿元, 高放乏燃料厂已经规划, 中低放废物处理设备需求开始实质性放量。

### ● 海外出口、内陆核电重启, 打开远期万亿空间

1) 核电“走出去”已成为国家战略: “一带一路”为中国核电技术“走出去”提供了广阔舞台, 中核华龙一号海外首堆+中广核英国项目落地显示国内核电技术受认可, 持续看好长期发展; 2) 远期看好内陆核电重启: 内陆核电厂址丰富, 保障核电可持续发展, 国外内陆核电占比超 50%, 丰富经验可供借鉴。

### ● 投资建议

短期看, 核电利好不断, 2018 年有望成为 2011 年福岛核事故之后的核电重启年; 长期看, 国家发展核电态度积极明确, 核电景气趋势向上, 海上核电+核废料后处理+内陆核电+核电出口拓展万亿成长空间。我们重点看好核电细分领域市占率高、核电业务占比高的相关公司, 建议关注: 台海核电、应流股份、江苏神通。

### ● 风险提示

世界范围内发生核事故; 国家核电发展政策发生变动; 核电重启进度不及预期。

## 内容目录

<b>走进核电</b> .....	<b>6</b>
核能发电原理及核反应堆简介.....	6
全球核电发展历史.....	8
中国核电发展历史.....	11
发展现状：国内核电在运机组 39 台，在建机组 17 台.....	13
<b>三代核电批量化建设蓄势待发，核电重启可期</b> .....	<b>17</b>
核电重启预期升温：AP1000 和 EPR 三代核电捷报不断.....	17
核电低碳、清洁优势显著，核电发电量绝对值、占比较低.....	18
核电政策东风已起、批量化建设条件已备.....	19
核电沿海待建机组超 80 台，可满足近 10 年建设需求.....	20
<b>核电产业链分析：高壁垒的垄断性产业格局</b> .....	<b>23</b>
核电产业链概况.....	23
核电站建设流程概况.....	23
核电市场规模 2020 年前超 4500 亿元.....	25
核电设计：中核、中广核占领主要市场.....	26
设备制造：国企垄断为主，细分领域民企快速成长.....	27
土建施工与设备安装：核岛中国核建独大，常规岛多强并存.....	29
核燃料供应：中核一家独大.....	30
核电站运营：中广核、中核二分天下.....	32
核电废物后处理市场打开新增长极.....	33
<b>核电发展趋势：核电市场广阔，潜在设备需求极大</b> .....	<b>38</b>
趋势一：海上小堆序幕已开，开启千亿增量市场.....	38
趋势二：三代核电技术受认可，华龙一号出海带动设备需求释放.....	42
趋势三：远期看好内陆核电重启.....	47
趋势四：第四代核电反应堆指明未来技术发展方向.....	50
<b>投资策略：看好核电设备细分领域的龙头设备企业</b> .....	<b>53</b>
台海核电：高端材料为躯、先进制造为翼，海陆多元化发展促成长.....	53
江苏神通：核电蝶阀、球阀垄断，维修后市场打开新空间.....	54
应流股份：充分受益核电重启，核电装备、两级叶片双轮驱动.....	55
<b>风险提示</b> .....	<b>56</b>
<b>国信证券投资评级</b> .....	<b>57</b>
<b>分析师承诺</b> .....	<b>57</b>
<b>风险提示</b> .....	<b>57</b>
<b>证券投资咨询业务的说明</b> .....	<b>57</b>

## 图表目录

图 1: 核裂变原理 .....	6
图 2: 核电站发电原理 .....	7
图 3: 各堆型冷却剂和慢化剂对应情况 .....	7
图 4: 全球堆型情况 .....	8
图 5: 1998-2017 全球核电总装机容量 .....	9
图 6: 核电发展历史 .....	11
图 7: 国内核电技术演变历程 .....	13
图 8: 历年在运、在建和新建机组情况 .....	14
图 9: 国内在运、在建机组示意图 .....	14
图 10: 核电站建设主要里程碑 .....	17
图 11: 中国核电发电占比全球靠后 .....	19
图 12: 2017 年核电发电量占全国发电总量约 3.94% .....	19
图 13: 全国全社会用电量 2018 年前半年同比增长 9.4% .....	19
图 14: 沿海待建机组厂址超 80 台, 可满足近 10 年建设需求 .....	21
图 15: 核电设备招标大致时间节点 .....	21
图 16: 核电产业链及主要公司 .....	23
图 17: 核电建设整体流程 .....	24
图 18: 核电站建设关键里程碑 .....	25
图 19: 核岛投资中设备投资占一半 .....	25
图 20: 设备投资中核岛设备占 55% .....	25
图 21: 核电产业链环节的毛利率比较 .....	26
图 22: 核电设备毛利率比较 .....	26
图 23: 核电站主设备及主要供应商 .....	27
图 24: 核电站投资成本占比 .....	28
图 25: 核电设备投资成本占比 .....	28
图 26: 核燃料循环 .....	30
图 27: 核燃料制造 .....	31
图 28: 世界铀矿资源分布 .....	32
图 29: 已运营核电机组市场份额 .....	33
图 30: 在建核电机组市场份额 .....	33
图 31: 核电厂中低废处理 .....	33
图 32: 闭式核燃料循环 .....	35
图 33: 至 2020 年, 13 台机组有乏燃料离堆贮存需求 .....	35
图 34: 核电机组装机量预测 (百万千瓦) .....	36
图 35: 乏燃料年产量, 累计量递增 .....	36
图 36: 离堆贮存量需求迫切, 每五年翻一番 .....	36
图 37: 冷却剂系统示意图 .....	38
图 38: 非能动安全系统配置示意图 .....	38
图 39: 全球首台海上浮动核电站——“罗蒙诺索夫院士”发展历程 .....	40
图 40: “罗蒙诺索夫院士”号模型 .....	40
图 41: 中核集团海上浮动核电站模型 .....	41
图 42: 中广核 ACPR50S 模型图 .....	41
图 43: 全球三代核电技术出口占比 .....	44
图 44: 全球三代核电技术出口数量 .....	45
图 45: 全球在建核电机组数量 (台) .....	46
图 46: 全球在建核电机组台数各国占比 .....	46
图 47: 全球在建核电机组装机容量占比 .....	46
图 48: 全球计划新建核电机组数量, 远期规划新建核电机组数量 (台) .....	47
图 49: 2018 年世界主要核电国家内陆核电占比 .....	48
图 50: 2018 我国筹建中内陆核电站分布图 .....	50
图 51: 公司立足材料+装备制造优势, 多元化布局核电、民用产业链 .....	53
图 52: 公司营收自 2015 年后快速上升 .....	54
图 53: 公司归母净利润自 2015 年后提速增长 .....	54
图 54: 公司主营业务以核电业务为主, 2017 年占比约 75% .....	54
图 55: 2017 年核电业务新增海上小堆业务, 占比约 43% .....	54
图 56: 公司主要产品 .....	55

图 57: 公司主营构成(按行业) .....	55
图 58: 2018Q1 公司营业收入同比增长 61.57% .....	55
图 59: 公司归母净利润稳定增长 .....	55
图 60: 公司业务涉及多领域 .....	56
图 61: 泵及阀门零件为核心业务, 占比持续超 60% .....	56
图 62: 营业收入增速逆转 .....	56
图 63: 公司归母净利润自 2015 年后提速增长 .....	56

表 1: 全球核电站使用的主要堆型一览 .....	8
表 2: 核电技术发展历程 .....	11
表 3: 截止至 2018H1 在运机组情况 .....	15
表 4: 截止至 2018H1 在建机组情况 .....	16
表 5: 核电与其他能源对比 .....	18
表 6: 核电政策态度更为积极明确, 稳妥推进核电发展 .....	20
表 7: 待建核电机组已中标情况 .....	22
表 8: 中国核动力设计研究院承担核电工程设计任务 .....	26
表 9: 核电设备细分设备市场规模 .....	29
表 10: 核电工程建设公司承建的主要项目 .....	30
表 11: 我国天然铀供应预测 (单位: 吨) .....	32
表 12: 中国核燃料有限公司主要业务介绍 .....	32
表 13: 核废料分类 .....	33
表 14: 中低放处置厂介绍 .....	34
表 15: 核电大堆和小堆比较 .....	39
表 16: 中核集团海上小堆研发历程 .....	41
表 17: 中广核集团海上小堆研发历程 .....	42
表 18: 国家政策助推海上小堆发展 .....	42
表 19: 中国海外核电项目统计 .....	43
表 20: 主流三代核电技术对比 .....	45
表 21: 内陆核电国家政策发展变化 .....	47
表 22: 内陆筹建中核电站 .....	49
表 23: 第四代核电技术分类 .....	51
表 24: 第四代核能系统六种推荐堆型 .....	52

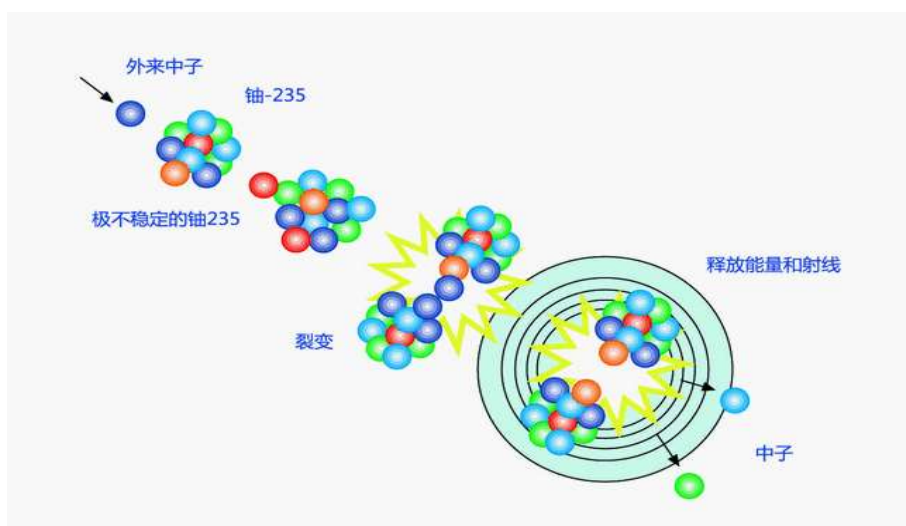
## 走进核电

### 核能发电原理及核反应堆简介

**核裂变能通过链式反应释放。**核裂变，又称核分裂，是指由重的原子核（主要是指铀核或钚核）分裂成两个或多个质量较小的原子的一种核反应形式。原子弹或核能发电厂的能量来源就是核裂变。其中铀裂变在核电厂最常见，当热中子轰击铀-235原子后，一个铀核吸收了一个中子可以分裂成两个较轻的原子核，在这个过程中质量发生亏损，因而放出很大的能量，并产生两个或三个新的中子，新中子再去撞击其它铀-235原子，从而形成链式反应。

**核电为受控的裂变能。**链式裂变反应释放的核能可以进行人为控制，通过在铀的周围放一些强烈吸收中子的“中子毒物”（硼、银、铟、镉等），使一部分中子还没有被铀核吸收引起裂变时，就先被“中子毒物”吸收，这样就可以控制中子的产生速度，使得核能缓慢地释放出来。核电站就是通过插入和提出中子吸收控制棒实现对核反应堆中核能释放速度的控制。

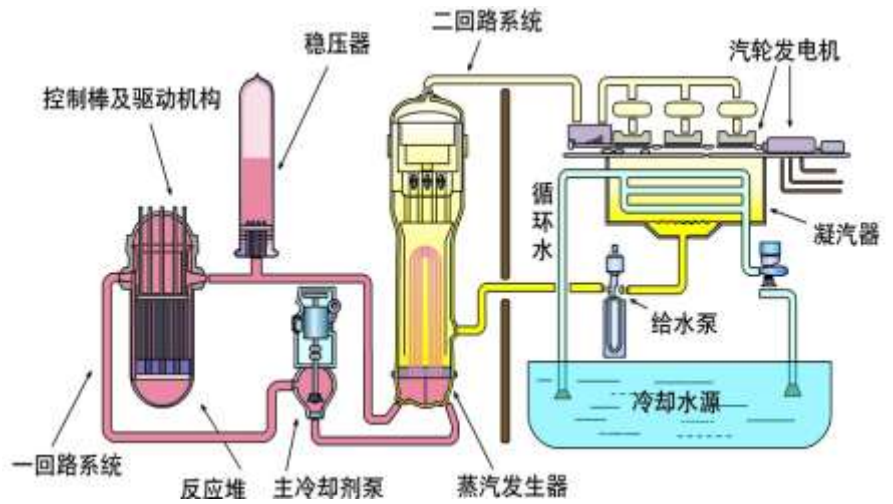
图 1：核裂变原理



资料来源：百度图片，国信证券经济研究所整理

**核电站通过核能→热能→机械能→电能的能量转换路径实现发电。**核能发电基本原理是核裂变产生能量加热水生成蒸汽，将核能转变成热能；蒸汽压力推动汽轮机旋转，热能转变为机械能；然后汽轮机带动发电机旋转发电，将机械能转变成电能。以当前的主流压水堆核电站为例，其能量转换借助于三个回路来实现。在一回路中，反应堆冷却剂（通常为水）在主泵的驱动下进入反应堆，流经堆芯后带走核燃料裂变产能的能量，进入蒸汽发生器将热量传递给二回路的水，然后再流回到主泵，循环往复；在二回路中，二回路水通过热交换被一回路的水加热生成蒸汽，蒸汽再去驱动汽轮机，带动与汽轮机同轴的发电机发电，做功后的剩余蒸汽再经三回路冷却为液态水后，再次进入蒸汽发生器循环；在三回路中，三回路冷却水通过凝汽器冷却二回路做功后的蒸汽，带走剩余的弃热。

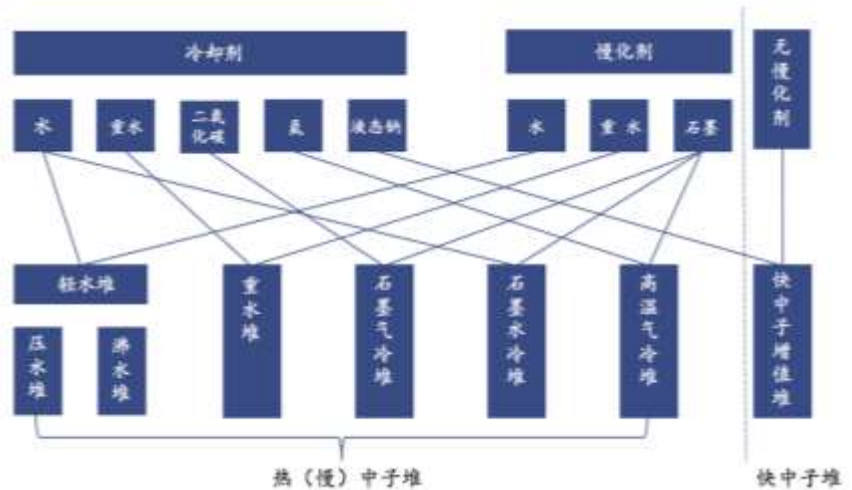
图 2: 核电站发电原理



资料来源: 中国核电信息网, 国信证券经济研究所整理

商用核电反应堆根据反应堆冷却剂/慢化剂和中子能分类。按照冷却剂/慢化剂的不同, 反应堆一般可分为轻水堆 (包括压水堆和沸水堆等)、重水堆及气冷堆。按照所用的中子能量, 反应堆一般可分为慢 (热) 中子堆或者快中子堆。

图 3: 各堆型冷却剂和慢化剂对应情况



资料来源: 中核招股说明书, 国信证券经济研究所整理

压水堆是目前世界上最普遍的商用堆型。目前世界上核电站采用的反应堆有压水堆、沸水堆、重水堆、石墨气冷堆、石墨水冷堆以及快中子增殖堆等, 但比较广泛使用的是压水堆。压水堆以普通水作冷却剂和慢化剂, 是目前世界上最普遍的商用堆型。

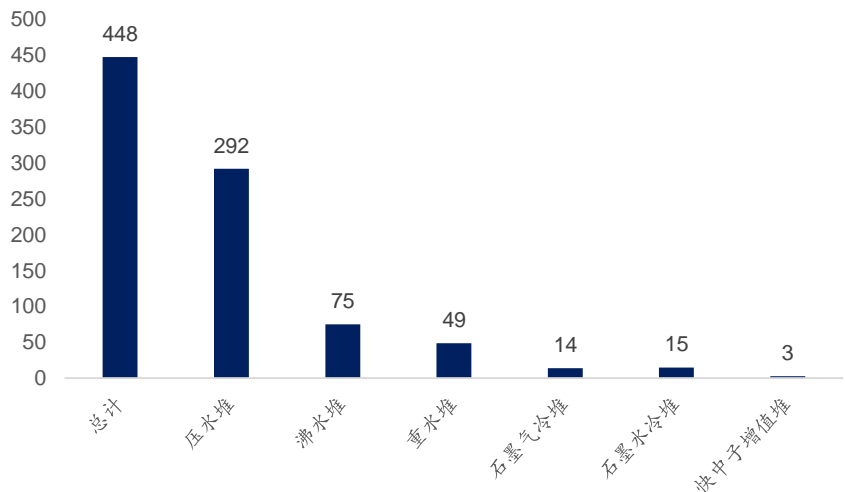
表 1: 全球核电站使用的主要堆型一览

堆型名称	燃料	冷却剂	慢化剂	原理及技术特点
压水堆 (PWR)	浓缩 UO <sub>2</sub>	水	水	把轻水 (普通水) 加压后能降低沸点, 加压水在 325℃ 的高温下仍能保持液体状态。PWR 在其一回路系统中使用加压水吸收热量, 之后在二回路系统中降低气压释放热量。
沸水堆 (BWR)	浓缩 UO <sub>2</sub>	水	水	沸腾轻水在反应堆压力容器内直接产生饱和蒸汽的动力堆。沸水堆与压水堆同属轻水堆, 都具有结构紧凑、安全可靠、建造费用低和负荷跟随能力强等优点。
重水堆 (PHWR)	天然 UO <sub>2</sub>	重水	重水	重水堆能高效、充分的利用核燃料, 但体积比轻水堆大, 建造费用高, 重水昂贵, 发电成本比较高。
石墨气冷堆 (GCR)	天然 UO <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub> 或氦	石墨	用石墨慢化, 二氧化碳或氦气冷却的反应堆。近期的研究集中在氦气冷却的高温气冷堆 (HTGR) 上。
石墨水冷堆 (LWGR)	浓缩 UO <sub>2</sub>	水	石墨	堆芯和循环回路庞大, 难以设置安全屏障, 运行比较复杂。
快中子增殖堆 (FBR)	浓缩 UO <sub>2</sub> 、 PUO <sub>2</sub> & UO <sub>2</sub>	液态钠	无	由快中子引起链式裂变反应所释放出来的热能转换为电能。快堆在反应中既消耗裂变材料, 又生产新裂变材料, 而且所产可多于所耗, 能实现核裂变材料的增殖。

资料来源: 国家能源局, 国信证券经济研究所整理

全球范围内大多数用于发电的在运及在建核反应堆采用压水堆技术。根据国际原子能机构的统计, 截至 2017 年 12 月 31 日, 全球核电反应堆共 448 座, 其中采用压水反应堆技术的共 292 座, 占比达到 65.2%。

图 4: 全球堆型情况



资料来源: 中广核招股说明书, 国信证券经济研究所整理

### 全球核电发展历史

自上世纪 50 年代以来, 核电经历了半个多世纪的历程。按照时间顺序, 全球核电发展历史大体上可以分为起步阶段、迅速发展阶段、停滞阶段、复苏阶段及谨慎发展阶段等五个阶段。

#### 起步阶段 (1946 年~1965 年)

第二次世界大战结束以后, 美国政府在继续发展核武器、核潜艇、核航母的同时, 开始了核能利用的军转民工作。1957-1960 年, 美国分别建成了 60MW 希平港压水堆核电机组和 200MW 德累斯登沸水堆核电机组, 成为日后核电发展的主要类型。前苏联在 1954 年建成奥布宁斯克实验性核电机组 (RBMK)。英国、法国分别于 1959 年和 1962 年建成天然铀石墨气冷堆核电厂。加拿大在 1962 年建成利用天然铀发电的重水堆原型核电机组。这一阶段世界核电的发展百花齐放, 不同类型核电机组的成功运行, 为下阶段核电的快速发展打下坚实的基础。在此期间, 核电站的建设处于一个探索试验的阶段, 世界共有 38 个“第

一代”机组投入运行，总装机 12.23GWe，最大单机容量 60.8 万 KW。

### 迅速发展阶段（1969 年~1980 年）

上世纪六十年代，西方国家进入经济快速增长阶段，对能源和电力供应的需求急剧上升。1973 年和 1979 年的两次世界性石油危机造成石油价格的大幅上涨，核能发电作为一种经济、安全的清洁能源受到许多国家的大力追捧。以美国为例，1966-1973 年签约的核电建造合同的规模就达到 170 GWe。与此同时，美国的核电供应商西屋电气公司（WH）和通用电气公司（GE）大规模向西欧和亚洲出口轻水堆设备和技术，推动法国、日本等国通过引进美国技术逐步建立起本国的核电工业体系。从 1974 年到 1983 年，法国先后建成 34 座 900 MW 及 20 座 1,300 MW 压水堆机组，成为全球核电比例最高（75%以上）的国家。日本在 1970-1980 年间建成 21 台核电机组，成为世界第三大核电国家。在此期间，世界共有 242 个核电机组投入运行，全世界核电机组的总装机容量达到 133GWe。1966 年到 1980 年核电装机容量的年增长率达到 26%。

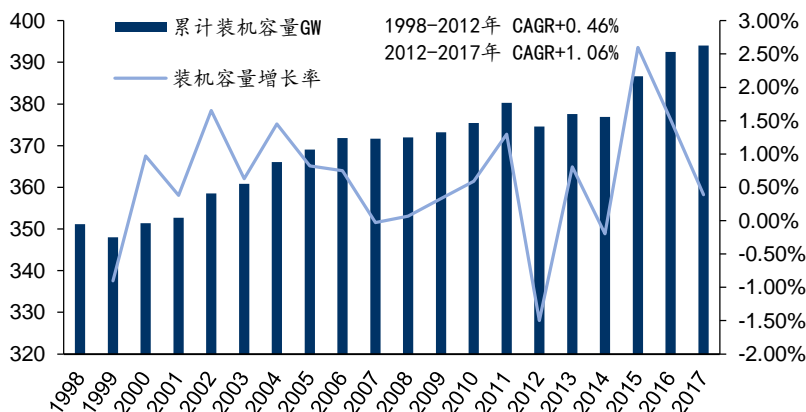
### 滞缓发展阶段（1981 年~2000 年）

由于 1979 年的美国三里岛核电站事故以及 1986 年的苏联切尔诺贝利核泄漏，全球核电发展迅速降温。在此阶段，人们开始重新评估核电的安全性和经济性。为确保核电站的安全，世界各国加强了安全设施，制定了更严格的审批制度。

上世纪八十年代以后，西方主要国家经济发展进入平稳期，由于产业结构调整及节能措施大量采用，全社会电力需求大幅度下降，许多已经计划的电力建设项目被搁置或者取消。1979 年美国发生三里岛核事故后，各国普遍加强了核安全监管，提高了核电项目审管要求，致使核电建设工期拉长，造价提高。加之发电成本相对低廉的天然气兴起，高造价的核电项目成了停建和取消的重点对象。据国际能源机构统计，在 1990 年至 2004 年间，全球核电总装机容量年增长率由此前的 17%降至 2%。以美国为例，八十年代初就有 108 座核电机组（共计 110 GWe）的订货合同被取消，从 1979 年到 2009 年的 30 年时间里，没有一个核电新项目开工，核电建设进入滞缓发展阶段。

需要指出的是，即使在滞缓发展阶段，核电发展也没有完全停止。法国、韩国仍然坚持本国的核电发展并掌握了核电技术，迅速成长为世界核电大国。中国的核电建设也在上世纪八十年代起步。

图 5：1998-2017 全球核电总装机容量



资料来源：国际原子能机构 IAEA，国信证券经济研究所整理

上世纪八十年代末，为了振兴核电市场，美国和欧洲的核电供应商与相关机构一起先后推出了“先进轻水堆用户要求”文件（URD，utility requirements document）和“欧洲用户对轻水堆核电站的要求”（EUR，European utility

requirements document), 提出了加强预防与缓解严重事故措施、改善人因工程等一系列新要求, 以进一步提高核电厂的安全可靠性及经济性。国际上把满足 URD、EUR 要求的核电技术称为第三代核电技术, 而把在此前建设的、以及继续用原有技术建造的核电站称为第二代核电技术核电站。

### 复苏阶段 (2001 年~2011 年)

进入 21 世纪, 人们对温室气体排放等环境危机越来越关注, 核电作为清洁能源的优势重新显现。同时, 安全可靠性更高的第三代核电技术的研发取得重大进展。作为唯一可大规模替代化石燃料的清洁能源, 核电重新受到世界许多国家的青睐, 世界核电的发展开始进入复苏期, 世界各国制定了积极的核电发展规划。

2001 年 5 月 17 日, 美国总统布什颁布新的核能政策, “把扩大核能作为国家能源政策的重要组成部分”, 并提出鼓励和促进核能发展的具体措施。日本、韩国、英国等许多国家制定或修订本国中长期能源政策, 把核电作为本国重要的基础能源 (日本) 或电力工业的主要支柱 (韩国)。2007 年以后, 采用第三代核电技术 EPR (由法国 AREVA 开发) 的奥尔基洛托 3 号机组、弗拉芒维尔 3 号机组分别在芬兰和法国开建, 中国、印度、俄罗斯以及新兴经济体国家的一批核电新项目相继开工或者获得批准, 世界核电迎来了新的发展期。2010 年当年新开工的核电机组数量达到 16 台。

### 谨慎发展阶段 (2011 年至今)

2011 年 3 月发生的日本福岛核事故给刚刚复苏的世界核电造成巨大冲击。在事故后的一段时间里, 对核电安全的不信任影响和左右了公众舆论, 甚至影响了部分国家政府的决策, 各国政府对核电有了差异化的态度。德国、意大利、瑞士等提出了“弃核”的主张, 日本也一度提出“零核电”的主张。但是, 在经历了短暂低迷后, 包括日本在内的世界大多数国家仍然认为, 在应对人口增长、电力需求增加、气候变化等复杂而艰难的问题面前, 核能仍然是解决能源安全的重要选项之一。对经济快速发展的国家而言, 核电是不可或缺的选择。2016 年底, 世界能源理事会 (WEC) 发布第 24 版《世界能源报告》, 报告提到包括中国、韩国、印度、俄罗斯、美国等国家均有多台核电机组在建, 许多国家政府依然将核电视为能源结构的重要组成部分。日本近年来核电逐步重启, 美、法、英、俄等大国继续坚持发展核电的方针, 沙特阿拉伯、韩国、加拿大及印度等国仍坚持发展核能的政策; 中国自福岛核事故后进行了历时一年半的安全检查, 得出安全有保障的结论, 但不上马新的核电项目, 直到 2015 年中国自主三代核电技术华龙一号落地, 当年审批通过了 8 台核电机组, 之后至今暂未审批新的核电项目。

**福岛核事故减缓全球核电发展, 但核电发展趋势仍然不变。**核电受全球不断增长的电力需求、不断加强的环保意识及化石燃料价格波动所驱动。国际能源界许多权威组织的研究结果一致认为, 福岛核事故使全球核电发展速度放慢, 但核电的发展趋势没有逆转, 发展中国家已经成为未来核电发展的主要市场, 亚洲成为全球核电发展最快的地区。

图 6: 核电发展历史



资料来源: 中国核电信息网, 国信证券经济研究所整理

从核电站技术演变来看, 主要可划分四代核电技术。其中, 第一代是实验性的核电站, 目前已经基本全部退役; 第二代是以压水堆/沸水堆为主标准化、系列化和批量化建设的商业堆, 是目前在运机组的主力; 第三代是安全性更高的核电站, 是目前在建机组的主力, 处于加速推广期; 第四代目前仍处于在研发阶段。

表 2: 核电技术发展历程

技术类别	起始时间	主要特点	主要堆型
第一代核电技术	20世纪50年代至60年代中期	多为早期原型机, 使用天然铀燃料和石墨慢化剂。证明了核能发电的技术可行性, 具有研究探索的试验原型堆性质。设计上比较粗糙, 结构松散, 尽管机组发电容量不大, 一般在30万千瓦之内, 但体积较大。且在设计中没有系统、规范、科学的安全标准作为指导和准则, 因而存在许多安全隐患, 发电成本也较高。	美国希平港核电站、德累斯顿核电站、英国卡德霍尔生产发电两用的石墨气冷堆核电厂、前苏联APS-1压力管式石墨水冷堆核电站、加拿大NPD天然铀重水堆核电站等
第二代核电技术	20世纪60年代至90年代	是较为成熟的商业化反应堆, 使用浓缩铀燃料, 以水作为冷却剂和慢化剂, 其堆芯熔化概率和大规模释放放射性物质概率分别为10-4和10-5量级。反应堆寿命约40年。在第一代核技术的基础上, 它实现了商业化、标准化等, 单机组的功率水平在第一代核技术基础上大幅提高, 达到百万千瓦级。目前全世界在运核电机组大多数使用第二代技术或其改进型。	压水堆(PWR)、沸水堆(BWR)、加压重水堆(PHWR)、石墨气冷堆(GCR)、及石墨水冷堆(LWGR)等
第三代核电技术	20世纪90年代至今	第三代核电技术指满足美国“先进轻水堆型用户要求”(URD)和“欧洲用户对轻水堆型核电站的要求”(EUR)的压水堆型技术核电机组, 是具有更高安全性、更高功率的新一代先进核电站。其堆芯熔化概率和大规模释放放射性物质概率分别为10-7和10-8量级。反应堆寿命约60年。	先进沸水堆(ABWR)、非能动先进压水堆(AP600/AP1000)、欧洲压水堆(EPR)及华龙一号等
第四代核电技术	21世纪	目前尚处于可行性研究阶段, 目标是满足安全、经济、可持续发展、极少的废物生成、燃料增殖的风险低、防止核扩散等基本要求。预计将有封闭的核燃料产业链, 提高核燃料使用效率, 或将使用钍元素作为燃料, 显著降低核废料半衰期, 提高核能使用的安全性。	暂无

资料来源: 中广核电力招股说明书, 国信证券经济研究所整理

### 中国核电发展历史

我国国内核电起步晚，但是发展快，目前已掌握三代核电技术。我国核电发展也大致经历了三个发展阶段。

#### 起步阶段（20 世纪 80 年代到 21 世纪初）

上世纪 80 年代初，中国政府首次制定了核电发展政策，决定发展压水堆核电站，采用“以我为主，中外合作”的方针，先引进外国先进技术，再逐步实现设计自主化和设备国产化。截止 2003 年底，国内共有在运核电机组 8 台，在建核电机组 2 台。

**秦山一期和大亚湾一期核电站开启国内核电建设序幕。**1991 年 12 月，应用中核集团研发的 CNP300 压水堆技术的秦山一期核电站并网发电，结束了我国大陆无核电的历史，使中国成为继美国、英国、法国、前苏联、加拿大、瑞典之后世界上第 7 个能够自行设计、建造核电站的国家；1994 年采用法国 M310 型二代压水堆技术建设的大亚湾核电站并网发电。

**国内核电站自主建设与国外引进并举。**在实验性质的秦山一期和商业开端的大亚湾之后，我国在 M310 技术基础上消化吸收形成了两条自主核电技术：其一是中核形成的 60 万千瓦级二代压水堆技术 CNP600，并成功应用于 2002 年并网发电的秦山二期核电站和我国援建巴基斯坦的恰希玛核电站，其二是中广核消化形成的 M310 改进型二代压水堆技术，成功应用于 2002 年并网发电的岭澳一期核电站。另外，1998 年 6 月我国引进加拿大重水堆 CANDU6 技术并应用于 2003 年并网发电的秦山三期核电站；1999 年 10 月我国引进俄罗斯先进压水堆 VVER1000/AES91 技术并应用于 2007 年并网发电的田湾核电站，该技术也是最早符合欧盟标准的三代核电技术。

#### 迅速发展阶段（2003 年至 2011 年）

为使核电建设不停步，我国明确了核电技术以二代改进型过渡、发展第三代核电的发展路线。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，自主建设适当规模的压水堆核电站。截止 2011 年底，国内共有在运核电机组 15 台，在建核电机组 28 台，主要以二代改进型技术为主。

**国内吸收再创新形成二代改进型核电技术，核电进入批量化建设阶段。**2005 年，中广核集团在岭澳一期 M310 改进技术基础上进行自主创新设计形成了 CPR1000、CPR1000+ 等二代改进型技术，中核集团在 CNP600 的基础上形成了 CNP1000 二代改进型技术，在此期间，采用二代改进型技术的核电站进入了批量化建设阶段，国内核电进入了快速发展期。

**引进美法三代核电技术，定位美国 AP1000 技术为国内建设主流机型。**2003 年 10 月，全国核电建设工作会议做出了“引进第三代核电技术，统一核电发展路线”的决定。2004 年国家核电技术公司（现已与中国电力投资集团合并为国家电力投资集团）成立并主导了国际第三代核电技术的招标引进，美国 AP1000 中标浙江三门核电站，出于统一国内堆型的考虑，国内三代核电新建机组将以 AP1000 机组为主，并争取在 2010 年前实现批量化建设。另外，中广核集团引进法国 EPR 三代核电技术，并于 2009 年在台山核电站项目上落地应用；中核集团继续采用俄罗斯 VVER1000/AES91 技术推进田湾核电项目建设。

#### 谨慎发展阶段（2011 年至今）

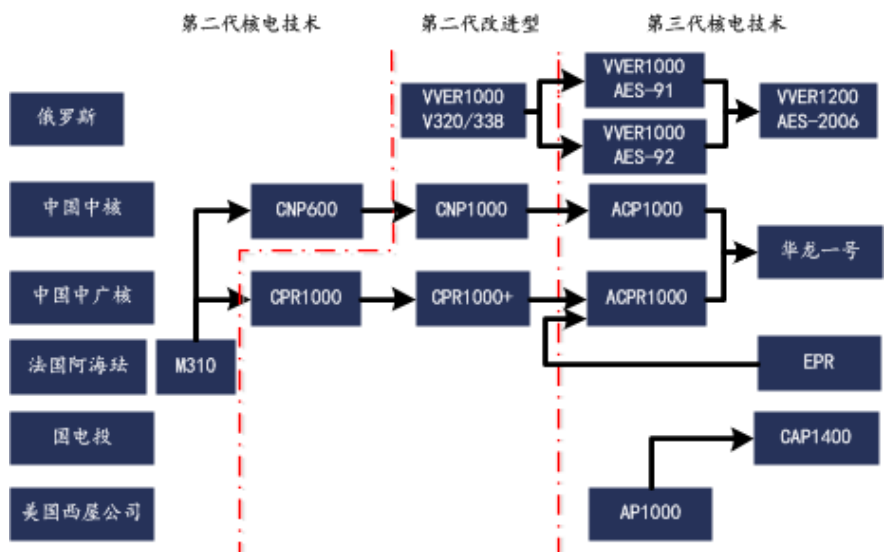
2011 年 3 月发生的日本福岛核事故给刚刚复苏的世界核电造成巨大冲击。中国自福岛核事故后进行了历时一年半的安全检查，得出安全有保障的结论，但不上马新的核电项目。2012 年 10 月，国家讨论通过了《核电中长期发展规划

（2011-2020年）》，要求新建核电项目必须符合三代核电安全标准。2011年至今，除了2015年审批的4台二代改进型技术和4台华龙一号核电机组，再无其他核电机组审批通过。截止2018年上半年，国内共有在运核电机组38台，在建核电机组18台，在建机组中采用三代技术的核电站占比超50%。

**国内自主设计再创新形成三代核电技术“华龙一号”及CAP1400技术。**“华龙一号”是充分利用现有设计技术和装备制造体系、渐进式改进形成的自主三代核电技术，其目的主要是促进中国核电出口。在形成之初，中广核、中核各有一个存在差异的“华龙一号”技术。中广核集团是在CPR1000+技术基础上改进形成ACPR1000核电技术，再结合法国EPR技术形成了中广核“华龙一号”三代核电技术，并于2015年12月在防城港开启示范堆项目建设；中核集团在CNP1000基础上改进形成ACP1000核电技术，再进行渐进式改进形成中核“华龙一号”三代核电技术，并于2015年5月在福清开启示范堆项目建设。为了统一国内技术路线，国家决定对中核和中广核技术进行融合，成立华龙国际核电技术公司负责融合事宜。2017年8月，国家能源局同意华龙国际核电技术公司上报的《华龙一号技术融合方案》，标志着华龙一号技术融合基本完成。另外，国电投在消化吸收美国AP1000技术的基础上形成了具有自主知识产权的CAP1400技术，未来有望先行在石岛湾核电站落地。

**AP1000、华龙一号及VVER1200等三代核电技术在国内呈并行发展之势。**国内新建核电机组拟采用三代技术路线大致经历了三个阶段的转变：1、AP1000引进之初，国内后续新上马的三代核电机组需全部采用AP1000技术以及国产化的CAP1400技术，但由于该技术在全球首次应用，示范项目三门、海阳核电站建设因种种原因一再延期，AP1000不具备快速批量化建设的条件；2、华龙一号项目2015年在防城港和福清核电站开建，国内部分原计划采用AP1000的核电项目（比如福建漳州核电项目）也更改为华龙一号，呈现AP1000、华龙一号并行发展的态势；3、2018年6月，中俄签订VVER1200型三代核电机组200亿元框架协议合同，根据合同约定，中俄将在田湾和徐大堡厂址合作建设4台VVER-1200型三代核电机组，国内核电技术路线将呈现三足鼎立之势。

图 7：国内核电技术演变历程

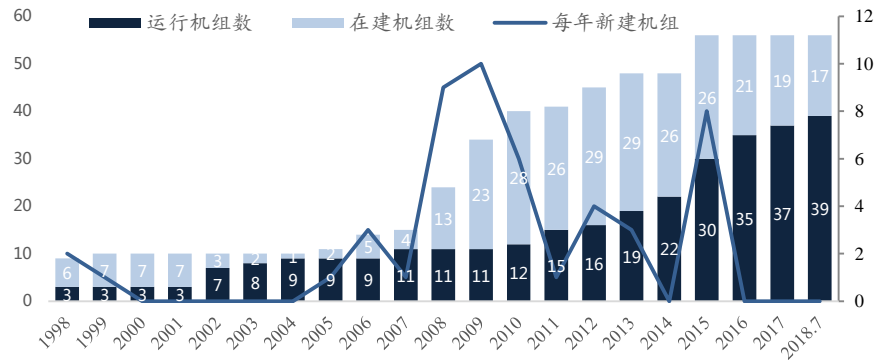


资料来源：国电投官网，国信证券经济研究所整理

**发展现状：国内核电在运机组 39 台，在建机组 17 台**

截至 2018 年 7 月，我国所有在运在建核电机组均为沿海核电站，投入商业运行的核电机组共 39 台，装机容量约 3688 万千瓦，在建核电机组共 17 台，总装机容量约 1965 万千瓦。其中，在建机组中已经有一半采用的是三代核电技术。

图 8: 历年在运、在建和新建机组情况



资料来源：中国核电、中广核官网，国信证券经济研究所整理

图 9: 国内在运、在建机组示意图



资料来源：中国核电、中广核官网，国信证券经济研究所整理

**表 3: 截止至 2018H1 在运机组情况**

名称	个数	类型	型号	单机装机容量 MWe	控股集团
昌江一期 1#	1	PWR	CNP600	650	中核
昌江一期 2#	1	PWR	CNP600	650	中核
大亚湾一期 1#	1	PWR	M310	984	中广核
大亚湾一期 2#	1	PWR	M310	984	中广核
防城港一期 1#	1	PWR	CPR1000	1080	中广核
防城港一期 2#	1	PWR	CPR1000	1080	中广核
方家山一期 1#	1	PWR	CPR1000	1089	中核
方家山一期 2#	1	PWR	CPR1000	1089	中核
福清一期 1#	1	PWR	CNP1000	1089	中核
福清一期 2#	1	PWR	CNP1000	1089	中核
福清一期 3#	1	PWR	CNP1000	1089	中核
福清一期 4#	1	PWR	CNP1000	1089	中核
红沿河一期 1#	1	PWR	CPR1000	1119	中广核、国电投
红沿河一期 2#	1	PWR	CPR1000	1119	中广核、国电投
红沿河一期 3#	1	PWR	CPR1000	1119	中广核、国电投
红沿河一期 4#	1	PWR	CPR1000	1119	中广核、国电投
岭澳一期 1#	1	PWR	M310	990	中广核
岭澳一期 2#	1	PWR	M310	990	中广核
岭澳二期 3#	1	PWR	CPR1000	1086	中广核
岭澳二期 4#	1	PWR	CPR1000	1086	中广核
宁德一期 1#	1	PWR	CPR1000	1089	中广核
宁德一期 2#	1	PWR	CPR1000	1089	中广核
宁德一期 3#	1	PWR	CPR1000	1089	中广核
宁德一期 4#	1	PWR	CPR1000	1089	中广核
泰山一期	1	PWR	CNP300	310	中核
泰山二期 1#	1	PWR	CNP650	650	中核
泰山二期 2#	1	PWR	CNP650	650	中核
泰山二期 3#	1	PWR	CNP650	650	中核
泰山二期 4#	1	PWR	CNP650	650	中核
泰山三期 1#	1	PWR	CANDU6	728	中核
泰山三期 2#	1	PWR	CANDU6	728	中核
田湾 1#	1	PWR	AES-91	1060	中核
田湾 2#	1	PWR	AES-91	1060	中核
田湾 3#	1	PWR	VVER1000	1100	中核
阳江一期 1#	1	PWR	CPR1000	1086	中广核
阳江一期 2#	1	PWR	CPR1000	1086	中广核

阳江一期 3#	1	PWR	CPR1000	1086	中广核
阳江一期 4#	1	PWR	CPR1000	1086	中广核
<b>总计</b>	<b>38</b>			<b>36876</b>	

资料来源：中国核电、中广核官网、国信证券经济研究所整理

**表 4：截止至 2018H1 在建机组情况**

名称	堆型	型号	额定功率 (MWe)	机组数量	综合国产化率	运营方	开工日期	预计并网&施工进度
三门一期 1#	压水堆	AP1000	1250	1	>=50%	中核、国电投	2009.04	2018
三门一期 2#	压水堆	AP1000	1250	1	>=50%	中核、国电投	2009.12	2019
台山一期 1#	压水堆	EPR-1750	1750	1	50%	中广核	2009.12	2018
台山一期 2#	压水堆	EPR-1750	1750	1	50%	中广核	2009.12	2019
海阳一期 1#	压水堆	AP1000	1250	1	50%	国电投	2009.09	2018
海阳一期 2#	压水堆	AP1000	1250	1	72%	国电投	2009.09	2019
石岛湾一期 1#	高温气冷堆	HTGR	200	1	90%	中国华能	2012.12	设备安装阶段
红沿河二期 5#	压水堆	ACPR1000	1119	1	>75%	中广核	2015.03	土建施工阶段
红沿河二期 6#	压水堆	ACPR1000	1119	1	>75%	中广核	2015.03	土建施工阶段
田湾 4#	压水堆	VVER1000	1100	1	70%	中核	2012.12	装料准备阶段
田湾 5#	压水堆	M310+	1100	1	>70%	中核	2015.12	设备安装阶段
田湾 6#	压水堆	M310+	1100	1	>70%	中核	2015.12	设备安装阶段
福清 5#	压水堆	HPR1000	1089	1	80%	中核	2015.5	设备安装阶段
福清 6#	压水堆	HPR1000	1089	1	>85%	中核	2015.05	设备安装阶段
防城港二期 3#	压水堆	HPR1000	1180	1	86.4%	中广核	2015.12	土建施工阶段
防城港二期 4#	压水堆	HPR1000	1180	1	86.4%	中广核	2015.12	土建施工阶段
阳江二期 5#	压水堆	ACPR1000	1086	1	>83%	中广核	2013.09	具备商运条件
阳江二期 6#	压水堆	ACPR1000	1086	1	>83%	中广核	2013.12	设备安装阶段
<b>总计</b>			<b>19648</b>	<b>17</b>				

资料来源：中国核电、中广核官网、国信证券经济研究所整理

## 三代核电批量化建设蓄势待发，核电重启可期

### 核电重启预期升温：AP1000 和 EPR 三代核电捷报不断

全球双首堆顺利并网发电，为后续核电项目审批开工奠定良好基础。世界首台 AP1000 机组三门 1 号自 4 月 29 号首次装料后进展顺利，6 月 21 号顺利完成首次临界，6 月 30 号超预期提前顺利并网发电；世界首台 EPR 机组台山核电 1 号 4 月 10 日获准装料、6 月 6 日成功达临界，6 月 29 号超预期提前顺利并网发电。从核电站建设流程来看，并网发电是核电机组建设的最后一个里程碑，168 小时满功率试运行后将正式具备商业运行条件，在完成了一系列手续之后，核电站即可正式投入商运。双首堆的成功并网发电有效证明了 AP1000 和 EPR 三代核电技术的可行性和成熟性，消除了部分舆论对于三代核电技术存在的疑虑，为后续核电项目审批开工奠定良好基础。

图 10：核电站建设主要里程碑



资料来源：中核、中广核电子商务平台、国信证券经济研究所整理

中俄签订 200 亿核电框架合同彰显国家必然发展核电的积极态度。中核集团 6 月 8 日官方消息，在中国国家主席习近平和俄罗斯国家总统普京的共同见证下，中核集团与俄罗斯国家原子能集团在人民大会堂签署《田湾核电站 7/8 号机组框架合同》、《徐大堡核电站框架合同》和《中国示范快堆设备供应及服务采购框架合同》。这是迄今为止中俄最大的核能合作项目，合同总金额超 200 亿元人民币，项目总造价超千亿元人民币。根据合同约定，中俄将在田湾和徐大堡厂址合作建设 4 台 VVER-1200 型三代核电机组，双方将在中国示范快堆项目中开展设备供货和技术服务合作。

此次重启预期与以往不一样：万事俱备，只等获批东风。从政策上讲，我国对于核电的态度今年更为积极，根据国家能源局印发的《2018 年能源指导意见》，核电发展方针从 2017 年的“安全发展核电”调整为 18 年的“稳妥推进核电发展”，同时提出要积极推进具备条件项目的核准建设，年内计划开工 6~8 台机组，AP1000 并网发电试运行 168 小时后 AP1000 新机组将具备获批条件，华龙一号 2017 年 8 月融合完成已具备获批条件；从技术上讲，国内目前主流三代核电技术是 AP1000 和华龙一号，全球首堆 AP1000 核电机组三门 1 号于 6 月 30 号顺利并网发电验证了其技术成熟性，华龙一号是充分利用现有设计技术和装备制造体系、渐进式改进形成的三代核电技术，技术也已成熟，均已具备批量化建设条件；从舆论环境上讲，三门 1 号在去年热试完成后间隔近十个月终于开始装料，说明其安全性和可靠性已得到充分认可，舆论负面因素已基本全面排清；从能源结构上讲，核电低碳、清洁优势显著，但核电发电量绝对值、占比较低（17 年仅占全国发电量的 3.94%），我国碳排放减排和环保需求愈加强烈，发展核电是改善能源结构的必然选择；从宏观电力需求来讲，18 年以来中国发电量稳步增长，1-6 月发电量累计同比增长 9.4%，需求端不断复苏。因此，在核电政策回暖、核电项目捷报频传的情况下，我们认为国内核电重启有望加速，核电年内重启可期。

### 核电低碳、清洁优势显著，核电发电量绝对值、占比较低

我国碳排放减排和环保需求强烈，发展核电是改善能源结构的必然选择。2016年11月，我国在《巴黎协定》中做出承诺：碳排放总量2030年前达峰并争取尽早达峰，2030年非化石能源消费占比达到20%左右、单位GDP碳排放较2005年下降60%-65%”。另一方面，我国经济发展进入新常态，经济发展由“又快又好”转向“又好又快”的发展阶段，环境保护成为经济发展的重要前提。党的十八大将生态文明纳入了“五位一体”的总布局，以解决生态环境领域突出问题为导向，把建设美丽中国作为目标，习总书记浙江考察时更进一步提出了“绿水青山就是金山银山”的两山论。而根据国家能源局最新统计数据，2017年全国商运核电机组累计发电量为2474.69亿千瓦时。与燃煤发电相比，核能发电相当于减少燃烧标准煤7646.79万吨，减少排放二氧化碳20034.60万吨，减少排放二氧化硫65.00万吨，减少排放氮氧化物56.59万吨。因此不论从碳排放减排需求还是环保需求出发，发展核电都是我国改善能源结构的必然选择。

**核电发电与其他清洁能源相比，在发电效率、稳定性等多方面上具备明显优势。**从碳排量看，水电每发一度电的碳排放量约是核电发电的10倍；从年均利用小时数看，2017年核电的年均利用小时数约7108小时，几乎是风电的3.5倍和水电的2倍，显示了极高的发电效率；从稳定性来看，核电发电不受季节和地理环境的影响，可以全年发电，是电力供应基荷电源的最优选择，而风电和太阳能发电受限于环境限制，一方面主要分布在西北地区，受当地电力消纳能力影响会存在一定的弃风弃电现象，另一方面发电的间歇性表现明显；从发展空间来看，可规划核电厂址超200台机组，发展空间极大，水电发展国内装机量已达全球水电总装机量的1/4，产能接近瓶颈，发展有限；从单位投资成本来看，核电高于水电和风电，但综合考虑利用小时数和电站使用寿命，核电仍然具备明显优势。

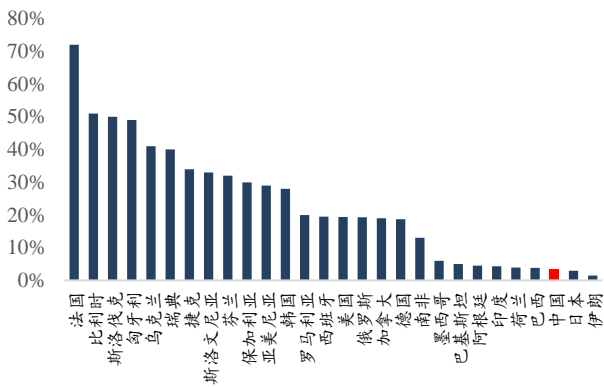
表 5: 核电与其他能源对比

发电类型	核电	火电	风电	水电
碳排放量 (g/kWh)	2-55	800-1200	2-50	400-511
主要缺点	核泄露风险	二氧化碳和大气污染物排放高	不稳定、不持续	可开发量不多
年均利用小时数/2017年	7108	4209	1948	3579
稳定性	非常稳定，可以全年发电	比较稳定	不稳定，受制于自然环境和储能技术	比较稳定
发展空间	大	逐渐降低	依靠储能技术的完善	装机容量已到瓶颈
单位投资成本 (元/W)	12-20	3.2-5.5	10-12	6-8
建设周期	5年左右	2年左右	1年~2年	5年~8年
使用寿命	60年	30年	20-30年	50-100年

资料来源：国家能源局、北极星电力网，国信证券经济研究所整理

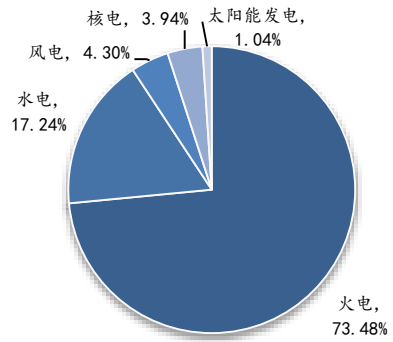
我国核电发电量占比仍较低，与其他国家对比发展潜力巨大。一方面根据国家能源局最新统计数据，2017年全国累计发电量为62758.20亿千瓦时，商运核电机组累计发电量为2474.69亿千瓦时，约占全国累计发电量的3.94%，远远低于占比约73.48%的火电发电量，即使按照《能源发展十三五规划》的意见，2020年运行核电装机力争达到5800万千瓦，在建核电装机达到3000万千瓦以上，核电占比也仅占约5.8%，在发展核电的30多个国家中仍居于后列，提升空间较大。

图 11: 中国核电发电占比全球靠后



资料来源: WNA, 国信证券经济研究所整理

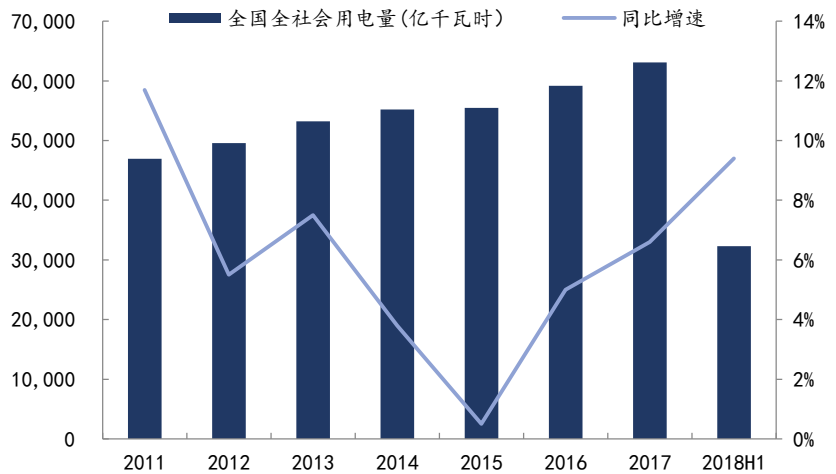
图 12: 2017 年核电发电量占全国发电总量约 3.94%



资料来源: 国家能源局, 国信证券经济研究所整理

我国全社会用电量创近五年新高, 电力需求持续复苏。我国全国全社会用电量增速自 2015 年以来持续回升, 2018 年上半年同比增长 9.4%, 达到近五年的最高值。受益用电需求回暖, 国家从需求端考虑延缓核电新项目审批的因素进一步弱化, 核电重启预期强化。

图 13: 全国全社会用电量 2018 年上半年同比增长 9.4%



资料来源: 国家能源局, 国信证券经济研究所整理

### 核电政策东风已起、批量化建设条件已备

2012 年以来我国对于核电的态度一贯积极明确, 2017 年政策态度变得更为积极。根据《电力发展十三五规划(2016-2020 年)》和《能源发展十三五规划》的意见, 2020 年运行核电装机力争达到 5800 万千瓦, 在建核电装机达到 3000 万千瓦以上。而截止 2018 年 6 月, 在运在建核电机组共计 5802 万千瓦, 仍需建设超 3000 万千瓦核电机组, 按单台机组功率 125 万千瓦估算, 2020 年前至少需新开工 24 台核电机组, 年均 8 台左右。在这样的指导方针和 15 年底至今一直没有新机组通过审批的背景下, 国家能源局印发的《2018 年能源指导意见》也将核电发展方针从 17 年的“安全发展核电”调整为 18 年的“稳妥推进核电发展”, 同时提出要积极推进具备条件项目的核准建设, 年内计划开工 6~8 台机组。

**表 6: 核电政策态度更为积极明确, 稳妥推进核电发展**

时间	内容	主要内容
2012. 10. 25	《核电中长期发展规划 (2011-2020 年)》	2015 年将完成原规划当中的在运 4000 万千瓦核电装机的目标, 在建核电装机规模有所上调, 将略超过 2000 万千瓦; <b>到 2020 年中国核电装机将达到在运 5800 万千瓦, 在建 3000 万千瓦。</b>
2014. 06. 07	《能源发展战略行动计划 (2014-2020 年)》	安全发展核电: 在采用国际最高安全标准、确保安全的前提下, 适时在东部沿海地区启动新的核电项目建设, 研究论证内陆核电建设。 <b>到 2020 年, 核电装机容量达到 5800 万千瓦, 在建容量达到 3000 万千瓦以上。</b>
2016. 11. 7	《电力发展十三五规划 (2016-2020 年)》	安全发展核电, 推进沿海核电建设: 坚持安全发展核电的原则, 加大自主核电示范工程建设力度, 着力打造核心竞争力, 加快推进沿海核电项目建设。深入开展内陆核电研究论证和前期准备工作, 认真做好核电厂址资源保护工作。“ <b>十三五</b> ”期间全国核电投产约 3000 万千瓦、开工 3000 万千瓦以上, 2020 年装机达到 5800 万千瓦。
2016. 12. 26	《能源发展十三五规划》	安全高效发展核电: 在采用我国和国际最新核安全标准、确保万无一失的前提下, 在沿海地区开工建设一批先进三代压水堆核电项目。加快堆型整合步伐, 稳妥解决堆型多、型杂的问题, 逐步向自主三代主力堆型集中。积极开展内陆核电项目前期论证工作, 加强厂址保护。 <b>2020 年运行核电装机容量力争达到 5800 万千瓦, 在建核电装机达到 3000 万千瓦以上。</b>
2017. 2. 10	《2017 年能源工作指导意见》	<b>安全发展核电。</b> 2017 年内建成 5 台核电机组 (三门-1, 福清-4, 阳江-4, 海阳-1, 台山-1)。新增装机规模 641 万千瓦; 年内计划开工 8 台机组, <b>积极推进 8 台机组的前期工作</b> (三门-3、4, 宁德-5、6, 漳州-1、2, 惠州-1、2) 项目规模 986 万千瓦。
2018. 2. 26	《2018 年能源工作指导意见》	<b>稳妥推进核电发展。</b> 积极推进已开工核电项目建设, 年内计划建成三门 1 号、海阳 1 号、台山 1 号、田湾 3 号和阳江 5 号机组, 合计新增核电装机约 600 万千瓦。积极推进具备条件项目的核准建设, <b>年内计划开工 6~8 台机组</b> 。扎实推进一批厂址条件成熟、公众基础好的沿海核电项目前期论证工作。
2018. 6. 27	《关于印发打赢蓝天保卫战三年行动计划的通知》	到 2020 年, 非化石能源占能源消费总量比重达到 15%。有序发展水电, <b>安全高效发展核电。</b>

资料来源: 政府网站、国信证券经济研究所整理

**三代核电技术成熟, 已具备批量化建设条件。**近日, 中国核能行业协会专家委员会政策研究组组长黄峰表示, 中国三代核电已具备批量建设条件。预计三代核电将在“十三五”后期进入批量化建设阶段, 今后一个时期每年将开工 6 至 8 台三代核电机组建设。另外, 根据《核电中长期发展规划 (2011-2020 年)》的要求, 我国新建核电机组必须符合三代安全标准, 目前国内在建三代核电技术包括 AP1000、EPR 和华龙一号, 技术路线将以华龙一号和 AP1000 为主。华龙一号是充分利用现有设计技术和装备制造体系、渐进式改进形成的三代核电技术, 95% 的设备采用成熟的设计和制造工艺, 关键设备如主泵、蒸汽发生器、数字化仪控系统 (DCS) 等均采用成熟定型产品, 具有丰富的工程应用和运行经验, 剩下 5% 的新设备也完成试验验证。AP1000 是采用美国西屋公司技术, 技术上最大的主泵问题已经解决, 目前首堆已顺利完成首次并网发电, 后续不存在关键路径上的设备技术阻碍。两种技术路线均具备了批量化建设的条件。

### 核电沿海待建机组超 80 台, 可满足近 10 年建设需求

截至 2018 年 6 月, 根据现有数据统计, 沿海厂址待建机组数至少有 86 台。按现有规划的目标, 厂址可满足 2018~2027 年年均 8 台新建机组建设需求。根据草根调研, 预计 2018 年下半年至少获批 6 台核电机组, 包括宁德 5、6 号机组、惠州 1、2 号机组、漳州 1、2 号机组、昌江 3、4 号机组等采用华龙一号的 8 台核电机组及石岛湾 1、2 号机组等 2 台采用 CAP1400 技术的核电机组获批的可能性较大。

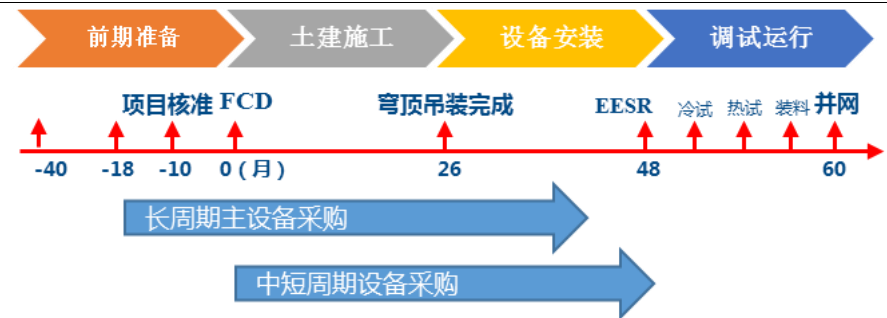
图 14: 沿海待建机组厂址超 80 台, 可满足近 10 年建设需求



资料来源: 中国核电、中广核官网, 国信证券经济研究所整理

核电主设备招标先行, 核电设备订单有望在核电重启明朗的情况下提前放量。核电主设备技术难度大, 制造周期长。根据以往经验, 为保证核电项目进度、按期进行设备安装, 主设备的招标时间一般会早于核电项目正式核准时间节点(项目核准标志着核电项目可正式开展土建施工)。以台海核电主管道项目为例, 台海核电自 2016 年下半年已先后获得宁德、漳州、昌江等 6 台机组(项目均还未正式核准)的主管道和波动管设备采购订单。在核电重启明朗的情况下, 设备订单有望先于核电项目审批开始招标和签订合同。

图 15: 核电设备招标大致时间节点



资料来源: 中核、中广核电子商务平台、国信证券经济研究所整理

多台核电机组已提前招标, 可满足近两年开工需求。根据不完全调研统计, 超过 16 台机组已提前开启招投标工作, 包括宁德 5、6 号机组、惠州 1、2 号机组、漳州 1、2 号机组、昌江 3、4 号机组等采用华龙一号的 8 台核电机组、包括三门 3、4 号机组、海阳 3、4 号机组、陆丰 1、2 号、徐大堡 1、2 号机组等 8 台采用 AP1000 技术的核电机组以及包括石岛湾 1、2 号机组等 2 台采用 CAP1400 技术的核电机组, 其中宁德 5、6 号机组核惠州 1、2 号机组大部分主设备已完成招标工作。如上这些核电机组已基本具备条件, 一旦审批通过可快速开工, 已可满足近两年的开工建设需求。

**表 7: 待建核电机组已中标情况**

	宁德 5&6	惠州 1&2	陆丰 1&2	昌江 3&4	徐大堡 1&2	漳州 3&4
主管道	台海核电	二重集团(德阳)	台海核电	台海核电	渤海造船厂	台海核电
反应堆压力容器		东方电气, 中国一重			(招标中)	
蒸汽发生器	哈电集团(秦皇岛), 上海电气	哈电集团(秦皇岛), 上海电气				
主泵	东方阿海珐	东方阿海珐		哈电集团		上海凯士比
稳压器	中国一重, 东方电气	中国一重, 东方电气				3号: 东方电气 4号: 西安核设备
控制棒驱动机构	(招标中)	(招标中)				华都核设备
阀门	江苏神通, 南通阀门, 苏州纽威, 东吴机械, 江苏神通, 阿姆斯壮机械, 上海一核, 浙江三控					
泵(除主泵)	安徽莱恩, 上海凯泉, 大连深蓝, 阿波罗机械, 倍缔纳士, 重庆水泵, 阿波罗机械, 大连苏尔寿					

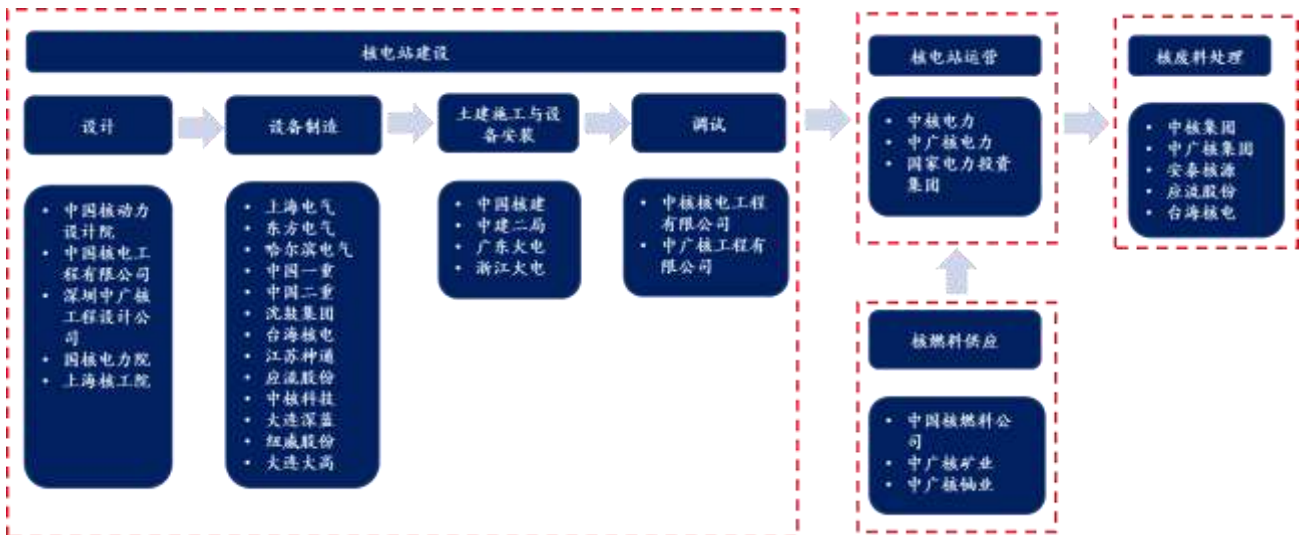
资料来源: 中核集团电子商务平台、中广核电子商务平台、国信证券经济研究所整理

## 核电产业链分析：高壁垒的垄断性产业格局

### 核电产业链概况

核电产业链主要分为核电站建设、核电站运营、核燃料供应以及核废料处理等环节，其中核电站建设流程主要包括核电设计、核电设备制造、土建施工与设备安装、调试等流程。核电站设计是指根据建设工程的要求，对建设工程所需的技术、经济、资源、环境等条件进行综合分析、论证，编制建设工程设计文件的活动；核电设备制造包括核岛设备、常规岛设备和辅助设备系统（BOP）等设备的制造；土建施工与设备安装是根据工程所确定的标准、设计文件、图纸，经过现场土建和安装施工的集成，最终把设计蓝图转换成系统完整、功能齐全的核电站，主要包括核岛、常规岛及 BOP 厂房的施工和建设；调试是核电站设计、制造、施工、安装完成后，用调整试验的手段进行质量和性能符合性的检验，检查缺陷和消除缺陷的过程；核燃料供应主要包括铀矿的开采、加工及燃料棒的供应；核电站运营是指核电站发电及日常维护管理工作；核废料处理主要是对核废料短期存放、后期处理、运输、永久掩埋等工作。

图 16：核电产业链及主要公司



资料来源：中国报告网、各公司官网、国信证券经济研究所整理

### 核电站建设流程概况

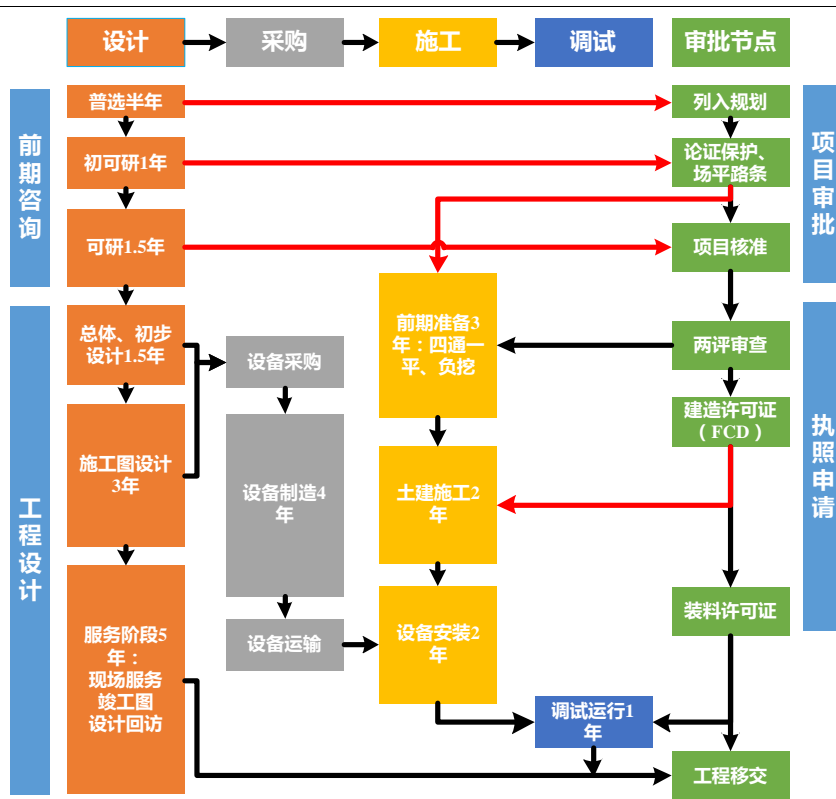
核电站建设是包括前期策划、初步可行性研究、可行性研究、设计、采购、设备监造、施工、安装、调试、移交运营等一系列过程的总集成。我们以第一罐混凝土浇灌日（FCD）为分界点将核电站粗略分为 2 个大的阶段。FCD 是一个核电工程的“零点”，是一个核电站建设的重要里程碑，标志着前期准备工作的结束和核电现场土建工程的正式开工，通常意义上的核电审批通过后是以此节点进行确认，未来核电的实质性重启也是以此为标志性事件。

FCD 之前，核电站建设主要工作包括前期咨询、前期准备工程和开展核电站总体及初步设计等，一般至少 5 年以上。前期咨询的目的是为核电建设项目投资决策提供咨询，其核心是选择一个能实现最佳投资的合适厂址，通常主要包括厂址普选、初步可行性研究和可行性研究三个阶段。厂址普选完成后核电站建设可列入国家规划；初步可行性研究完成后可获取“小路条”，允许核电站开展四通一平、负挖等前期准备工程；可行性研究完成后即具备了项目核准的必要条件；此后顺利通过安全、环境两平报告审查之后，核电站将有望获取建造许可证，实现 FCD。在项目核准之后，核电站同时开始开展核电站的总体及初步

设计。FCD之前的阶段一般需要5年以上时间。

**FCD之后，核电站建设主要工作包括设计、采购、施工、调试直至移交运营等环节，一般至少5年以上。**核电站设计即指按照规定的规范、标准、设计导则和设计程序，在相应的设计体系和设计平台上，运用专业技能知识和经验，编制和出版设计文件、图纸、计算书、技术规范书等活动过程，贯穿核电站建设始终，总共历时约10年左右；设备采购在设计工作完成之后陆续展开，等待设备制造完成后，根据项目施工进度陆续运输至现场进行安装调试；核电站施工是根据工程所确定的标准、设计文件、图纸，经过现场土建和安装施工的集成，最终把设计蓝图转换成系统完整、功能齐全的核电厂，主要包括土建施工（2年）和设备、系统安装工程（2年）；调试是核电站设计、制造、施工、安装完成后，用调整试验的手段进行质量和性能符合性的检验，检查缺陷和消除缺陷的过程，通常历时1年；调试完成后将进行工程移交，核电站进入准备商运阶段。

图 17: 核电建设整体流程



资料来源：中广核官网，国信证券经济研究所整理

核电站建设中主要包括穹顶吊装、EESR、热试完成、装料及并网等关键里程碑。穹顶吊装完成意味着土建工程结束，核电站将全面转入以设备安装为主的施工阶段；EESR（End of Erection Status Report）意味着某一系统/子系统的安装完成，该系统转入调试阶段；热试全称热态功能试验，是核反应堆装载核燃料前的综合性能试验，热试完成意味着核电站具备装料条件；装料指的是装载核燃料，作为核电站建设中有核与无核的分界点，它是核电站并网发电前最后的一个关键环节；并网发电意味着核电站建设基本完成，具备商运条件。

图 18: 核电站建设关键里程碑

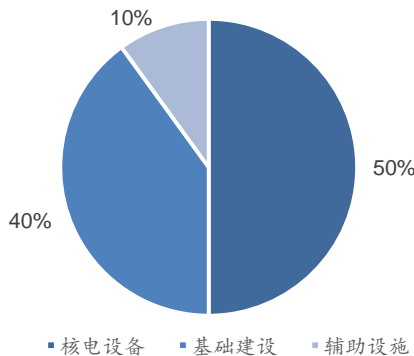


资料来源: 中核、中广核电子商务平台、国信证券经济研究所整理

核电市场规模 2020 年前超 4500 亿元

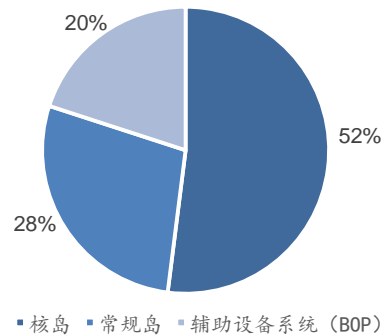
核电市场规模 2020 年前超 4500 亿元。根据《电力发展十三五规划(2016-2020 年)》和《能源发展十三五规划》的意见, 仍需建设超 3000 万千瓦核电机组才能满足规划要求, 以 AP1000 机组作为后续待建机组的代表机型估算, 单台机组装机功率 125 万千瓦, 造价以批量化建设后 16000 元/千瓦保守估计, 对应单台核电机组造价 200 亿元, 再按照年均开工 8 台核电机组计算, 每年核电市场规模 1600 亿元, 2020 年前核电市场规模 4800 亿元。在核电站投资中, 一般核电设备投资占比约 50%, 据此估算每年核电设备市场规模约 800 亿元, 2020 年前核电设备市场规模约 2400 亿元, 其中核岛设备投资占比约一半; 基础建设占比约 40%, 2020 年前其市场规模约 1920 亿元; 其他辅助设施占比约 10%, 2020 年前市场规模约 480 亿元。

图 19: 核岛投资中设备投资占一半



资料来源: 中国知网, 国信证券经济研究所整理

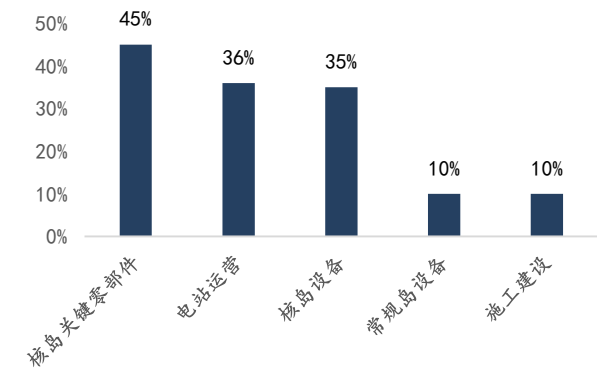
图 20: 设备投资中核岛设备占 55%



资料来源: 产业信息网, 国信证券经济研究所整理

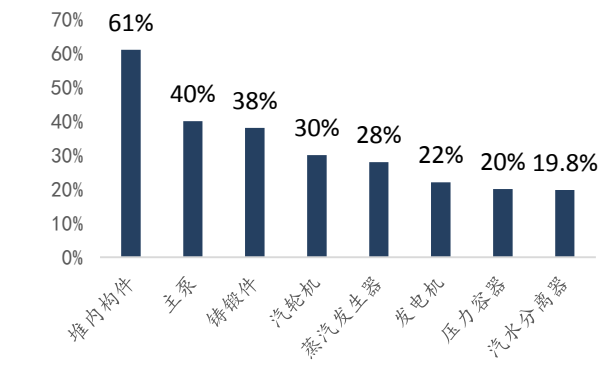
核电产业链核岛关键零部件毛利率最高。从产业链的毛利率来看, 核岛关键零部件的利润率最高, 高达 45% 左右, 其次是电站运营 (36%) 和核岛设备 (35%), 再是常规岛设备和施工建设, 利润率约为 10%。将核岛和常规岛的主设备的毛利率进行比较, 堆内构件的利润率最高, 高达 61%, 接着是主泵 (40%) 和铸锻件 (38%), 再是汽轮机 (30%) 和蒸汽发生器 (28%), 发电机、压力容器和汽水分离器的毛利率均较低, 分别为 22%、20% 和 19.8%。

图 21: 核电产业链环节的毛利率比较



资料来源: 中国产业信息网、国信证券经济研究所整理

图 22: 核电设备毛利率比较



资料来源: 中国产业信息网、国信证券经济研究所整理

### 核电设计: 中核、中广核占领主要市场

我国核电设计环节主要由中国核动力研究设计院、深圳中广核工程设计有限公司、国核电力规划设计研究院及上海核工程研究设计院等四家公司承担, 其中中国核动力研究设计院和深圳中广核工程设计有限公司占据主要市场。

**中国核动力研究设计院是中国商用核电站设计的排头兵。**中国核动力研究设计院隶属于中国核工业集团公司, 2002 年设计的秦山核电二期工程核反应堆及反应堆冷却剂系统投入使用, 是其进行商用核电站自主设计的起点, 该电站是我国第一座自主设计、自主建造、自主调试和自主管理运行的商用核电站; 中核设计院设计的岭澳二期工程, 是我国首次自主设计的百万千瓦级大型商用压水堆核电项目, 2010 年 3 号机组成功并网并投入商运, 标志着我国已基本具备百万千瓦级核电研究设计的能力。截止目前, 中核设计院承担了 20 台机组的核电工程设计任务, 设计范围从反应堆及反应堆冷却剂系统及相关仪控系统扩展到核蒸汽供应系统 (NSSS)。

表 8: 中国核动力设计研究院承担核电工程设计任务

项目名称	机组数 (台)	设计范围
秦山二期扩建工程	2	反应堆及反应堆冷却剂系统及相关仪控系统
岭澳二期核电工程	2	反应堆及反应堆冷却剂系统
红沿河核电工程	4	核蒸汽供应系统 (NSSS)
宁德核电工程	2	核蒸汽供应系统 (NSSS)
阳江核电工程	2	核蒸汽供应系统 (NSSS)
方家山核电工程	2	反应堆及反应堆冷却剂系统
福清核电工程	4	反应堆和反应堆冷却剂系统及相关仪控系统
海南昌江核电工程	2	反应堆和反应堆冷却剂系统及相关仪控系统

资料来源: 中国核动力设计研究院, 国信证券经济研究所整理

**深圳中广核工程设计有限公司后来居上, 承建核电机组最多。**深圳中广核工程设计有限公司是我国首家集核电站核岛、常规岛、电站辅助设施及全厂总体设计为一体的核电、火电工程设计高新技术单位。公司创建于 2005 年 5 月成立, 隶属于中广核集团。公司目前承担了 40 多个核电项目的前期咨询与技术支持工作, 7 个在建或拟建项目 22 台核电机组的工程设计工作, 是国内承建核电机组

最多的设计单位。

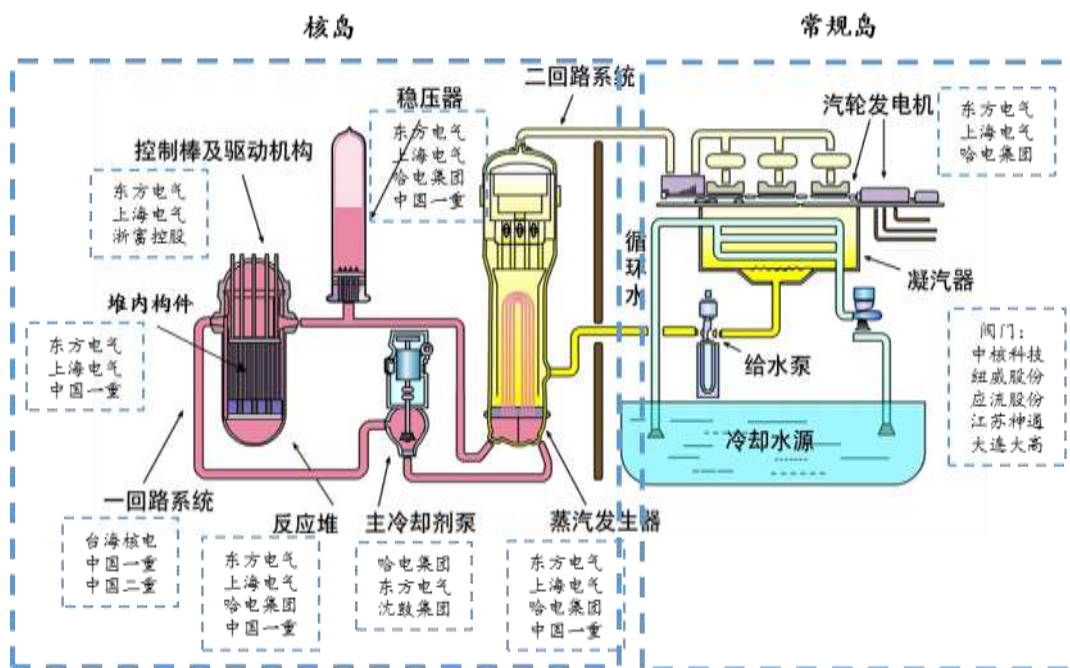
国核电力规划设计研究院主要负责 AP1000 三代核电技术的引消吸及再创新工作。国核电力规划设计研究院是国内 AP/CAP 三代核电 (CI+BOP) 研究、规划、设计的引领者，全面参与 AP1000 三代核电技术的引进、消化、吸收和再创新，完成山东海阳核电一期工程设计，国内第一家具备 AP1000 三代核电常规岛全过程设计能力，承担具有四代特征的荣成高温堆核电、国家重大专项 CAP1400 核电、徐大堡核电、白龙核电等工程常规岛设计，在山东、黑龙江、广西等十余个省份开展核电选址和前期工作。

上海核工程研究设计院是国内首家由核蒸汽供应系统开发、设计，直至完成核电厂工程设计，并经建造、运行验证，深刻经历了核电技术自主化发展过程的研究设计院，也是我国第一座自行研究、设计、建造的秦山核电站的总体设计院。此外，上海院具有自主设计研发 30 万千瓦核电站的能力，也具备自主研发设计二代改进型百万千瓦级核电站的能力。目前正承担着 AP1000 依托项目工程设计、国产化 AP1000 核电工程设计、大型先进压水堆核电站国家重大专项研发，以及出口巴基斯坦核电工程二期、辽宁红沿河核电工程设计及技术服务等核电工程任务。

**设备制造：国企垄断为主，细分领域民企快速成长**

核电设备主要分为核岛设备、常规岛设备和辅助设备系统 (BOP)。核电站主要由核岛和常规岛组成，核岛主要用于核反应堆的运行，常规岛主要用于将核反应堆产生的能量转变为电能。核岛主设备主要包括核反应堆 (包括堆芯、压力容器、堆内构件)、反应堆冷却剂泵、蒸汽发生器、控制棒及驱动机构、稳压器、主管道等，常规岛设备主要包括汽轮机、发电机、汽水分离再热器等。辅助设备系统即核蒸汽供应系统之外的部分，包括供热通风与空气调节系统 (HVAC 系统)、排水系统等。

图 23：核电站主设备及主要供应商



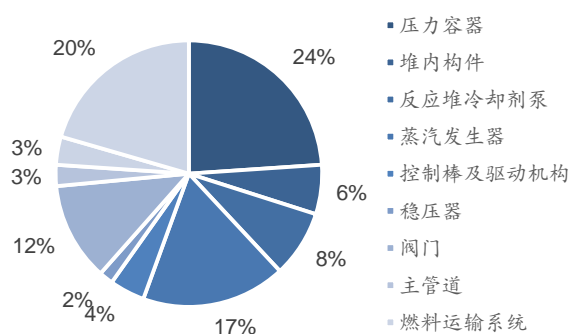
资料来源：北极星电力网，国信证券经济研究所整理

四大国企垄断主要设备市场，民营企业细分领域占据优势地位。核电设备行业

存在较高的行业壁垒。从技术壁垒上讲，核电设备关键技术难度大，技术门槛高，同时核电对安全和质量的要求需要技术相对成熟可靠，一般需要供货商有过往的供货业绩；从准入资质壁垒上讲，企业生产核电设备需要获得民用核设备的设计制造资质，其中核一级、二级资质获取难度极大，需要企业长期的技术积累和资本投入；从资金壁垒上讲，核电设备生产需投入大量资金用建设厂房和购买专用设备，而且核电设备合同金额大，周期长，也将占用大量流动资金。正因为以上原因，核电市场呈现垄断竞争的态势。**核电站主设备主要由上海电气、东方电气、哈电集团、中国一重及中国二重垄断**，包括反应堆压力容器、堆内构件、控制棒及驱动机构、稳压器、蒸汽发生器、汽轮发电机、主冷却剂泵等；近年来，部分民营企业占据细分领域主导地位，并通过产品线延伸进一步发展。比如台海核电在主管道领域取得主导地位，2017年国内市场份额约60%，业务进一步延展到主泵泵壳，与应流股份二分天下。另外，浙富控股在控制棒驱动机构领域取得领先地位，江苏神通、纽威股份、大连大高等企业在阀门市场取得主导地位。

**核电设备投资中，主设备投资占据主要份额。**核岛中，各核岛设备的投资占比分别为：压力容器约24%，堆内构件约6%，反应堆冷却剂泵约8%，蒸汽发生器约17%、控制棒及驱动机构约4%、稳压器2%，阀门约12%、主管道约3%、燃料运输系统约4%，其他约20%；常规岛中，各常规岛设备的投资占比分别为：汽轮机约24%，发电机约18%，汽水分离再热器12%，其他46%。

图 24：核电站投资成本占比



资料来源：中国知网、国信证券经济研究所整理

图 25：核电设备投资成本占比



资料来源：中国产业信息网、国信证券经济研究所整理

**表 9：核电设备细分设备市场规模**

设备	占比	2018-2020 市场规模 (亿元)	主要厂商
核电设备	100%	1800	
<b>核岛设备</b>	<b>52%</b>	<b>936</b>	
压力容器	12.5%	225	上海电气、东方电气、哈尔滨电气、中国一重
堆内构件	3.1%	56	上海电气、东方电气、中国一重
反应堆冷却剂泵	4.2%	75	哈尔滨电气、东方电气、沈鼓集团
蒸汽发生器	8.8%	159	上海电气、东方电气、哈尔滨电气、中国一重
控制棒及驱动机构	2.1%	37	上海电气、东方电气、浙富控股
稳压器	1%	19	东方电气、上海电气、哈尔滨电气、中国一重
阀门	6.2%	112	中核科技、江苏神通、应流股份、纽威股份
主管道	1.6%	28	台海核电、中国一重、中国二重
燃料运输系统	1.6%	28	东方电器、上海电气、哈尔滨电气
其他	10.4%	187	
<b>常规岛设备</b>	<b>28%</b>	<b>504</b>	
汽轮机	6.4%	115	
发电机	5%	90	东方电气、上海电气、哈尔滨电气
汽水分离再热器	3.4%	61	
其他	12.9%	234	
<b>辅助设备系统 (BOP)</b>	<b>20%</b>	<b>360</b>	

资料来源：中广核、中核电子商务平台，国信证券经济研究所整理

### 土建施工与设备安装：核岛中国核建独大，常规岛多强并存

核电站的土建工程与设备安装主要包括前期准备工程、土建工程和设备安装及其他核电站相关工程，其中前期准备工程是核电站 FCD 正式开工前的阶段，土建工程和设备安装是核电建设中的阶段，两者均可以细分为核岛、常规岛以及 BOP 的施工和安装。一般而言，有关核岛的土建施工和安装难度最高，常规岛次之。

**核电站核岛土建工程与设备安装呈现中国核建一家独大的竞争格局。**核岛建设工程的难度与特殊性最高，一直以来几乎都被中国核工业建设集团有限公司一家垄断，其中子公司中核工业华兴建设有限公司主要负责核岛土建施工业务，中核二三建设公司负责核岛设备安装业务。中国核建是国内外唯一一家连续 30 余年不间断从事核电建造的企业集团，承担了我国大陆和出口的所有核电机组的建造任务（合计 63 台，数据截止 2017 年 6 月底），掌握了包括压水堆、重水堆、实验快中子堆、高温气冷堆等各种堆型、各种规格系列的核电建造能力，具备同时承担 40 台核电机组的建造资源和能力，中国核建正在承建的核电项目包括红沿河、阳江、台山、防城港、福清、田湾、三门、海阳、石岛湾以及巴基斯坦恰希玛、卡拉奇等 11 个项目共 23 台机组，是世界上在建机组数量最多的企业，**中国核建在市场中处于绝对主导地位**。另外，广东火电工程总公司参与部分核岛设备安装业务。

**核电站常规岛土建工程与设备安装呈现多强并存的局面。**在常规岛土建工程中，中国建筑第二工程局有限公司和中核工业华兴建设有限公司共同占据主导地位，中建二局参与承建了大亚湾核电站、岭澳一期、二期、台山、红沿河等多个核电站的常规岛土建工程；常规岛与辅助设备安装准入门槛相对较低，且与火电站相应工程相似度较高，各大型火电建设企业也纷纷想要分一杯羹，如广东火电工程公司、浙江火电建设公司等，广东火电工程公司先后承建了岭澳核电站常规岛设备安装、台山核电站常规岛及 BOP 安装、阳江核电厂常规岛及

BOP 安装、海南昌江核电站 1、2 号机组常规岛及 BOP 安装等工程任务，广东火电工程公司先后承建了泰山核电、方家山核电、三门核电等 14 台核电常规岛装机工程任务。

表 10: 核电工程建设公司承建的主要项目

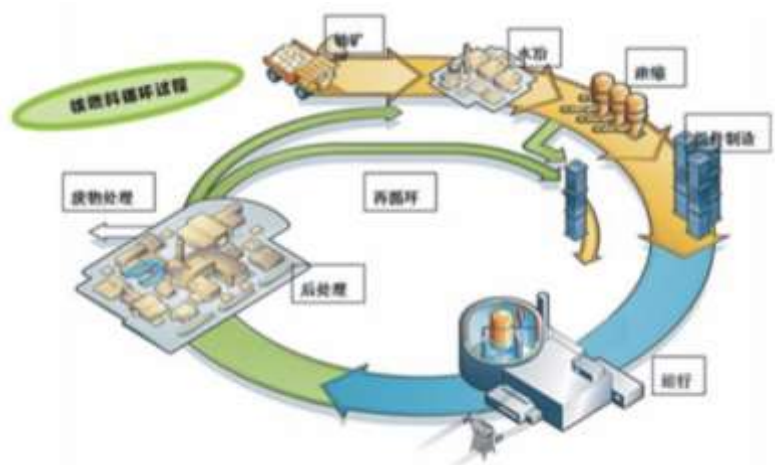
公司	土建施工	设备安装
中国核工业华兴建 设有限公司	红沿河核电站一、二期、田湾核电站一、二期、宁德核电站、 阳江核电站、台山核电站、防城港核电站、巴基斯坦恰希玛核 电站、岭澳核电站一、二期、大亚湾核电站、泰山核电站三期 等	
中国核工业二三建 设有限公司		防城港核电站核岛安装、台山核电站一期 1、2 号机组核岛安装、 福清核电站核岛和部分辅助系统（BOP）子项的安装、方家山核电 核岛安装、阳江核电站一期 1、2 号机组核岛安装、宁德核电站一 期核岛安装、红沿河核电站核岛安装、在泰山二期扩建工程 3 号核 电机组的核岛安装、岭澳一期、二期全部核岛设备的安装、田湾核 电站核岛安装、泰山二期、三期核电站核岛安装、大亚湾核电站核 岛安装、泰山核电站核岛及辅助系统（BOP）的安装等
中国建筑第二工程 局有限公司	台山核电站 2 号机组核岛土建、岭澳二期常规岛部分土建、 大亚湾、岭澳一期、二期常规岛部分土建、红沿河 1-4 号机组 常规岛工程、台山 1、2 号机组常规岛工程	
广东火电工程有限 公司	阳江核电站 6 号机组常规岛土建施工、岭澳核电站部分核岛主 系统施工	岭澳核电站常规岛设备安装、核岛大件设备运输和吊装、台山核电 站常规岛及辅助系统（BOP）安装、阳江核电厂部分核岛安装、阳 江核电站 5、6 号机组的核岛安装工程、阳江核电站 6 号机组常规 岛安装
浙江火电建设有限 公司		泰山一期、二期、三期的常规岛安装、大亚湾核电厂核岛辅助管道 安装、三门 1、2 号机组常规岛安装

资料来源：各公司官网、国信证券经济研究所整理

### 核燃料供应：中核一家独大

核燃料循环是指核燃料进入反应堆前的制备和在反应堆中燃烧及以后处理的整个过程，包括铀的采矿、加工提纯、化学转化、同位素浓缩、燃料元件制造、元件在反应堆中使用、核燃料后处理、废物处理和处置等。

图 26: 核燃料循环

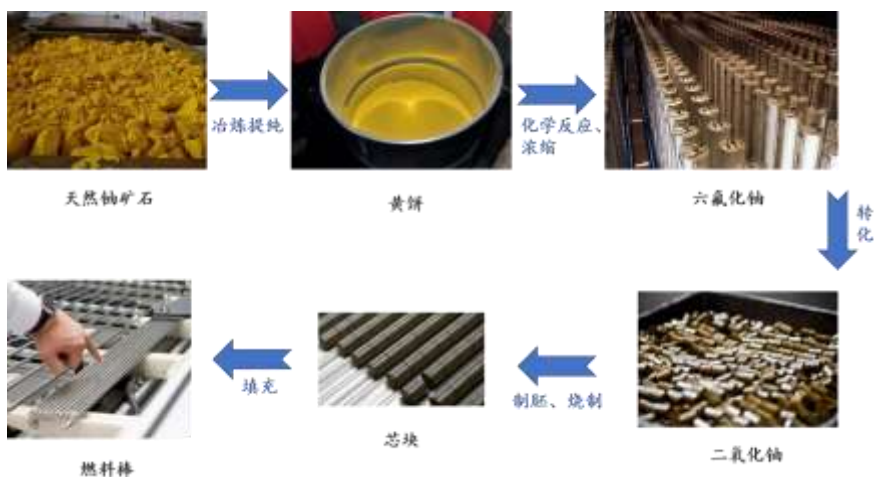


资料来源：北极星电力网、国信证券经济研究所整理

核燃料是指含有易裂变核素，能够在反应堆内实现自持链式核裂变反应的物质。它是核电机组持续输出电力的能量之源。当今核电站使用的核燃料主要是铀 235，且纯度需达到 3%（而铀 235 在天然铀中的含量仅为 0.71%），因此铀燃料的生产、供应是核燃料的重点。天然铀是以矿石形式存在的，经过勘、探开采、水冶铀转化与浓缩等过程，最终送往核燃料加工厂制造，目前核燃料主要由中核下属的铀业公司进行制造。

由二氧化铀组成的燃料芯块是核燃料元件棒最核心的材料，是反应产生热量的主要原料。铀矿石经过水冶厂冶炼提纯后，得出铀矿粉俗称黄饼，黄饼经过复杂化学反应和浓缩等步骤，将天然铀中丰度 0.7%左右的铀 235，逐步浓缩到 4.5%左右，这个过程是以六氟化铀形式存在的。六氟化铀再次经过转化，变成二氧化铀，然后经过制胚、在摄氏 1750 度的高温下的氢还原环境中烧制 20 个小时烧结成二氧化铀陶瓷，也就是所谓的核燃料（芯块）了，燃料芯块，按照一定要求装入锆管中，加上相应附件，封装后就成了燃料棒。

图 27：核燃料制造



资料来源：环境保护西北核与辐射安全监管站网站、国信证券经济研究所整理

我国铀矿主要依赖进口。我国铀矿勘查程度较低，探明有限，我国的已经发现的铀资源并不丰富，仅占全球 1.3%，大量的铀资源需要进口。近年来，随着铀矿勘察的不断深入，临近的蒙古、哈萨克斯坦跟中国的边境地区都发现大量的铀矿矿床，说明了我国铀矿资源潜在总量较大，前景广阔。一般情况下，铀矿从勘探到开采周期很长，地质勘探从普查到详查再到正式提交储量，需 10 年左右时间，而此后的矿山建设还需要 4 年左右时间。随着我国天然铀矿需求的逐年上升，中期内中国对铀矿的需求缺口巨大。

图 28: 世界铀矿资源分布



资料来源: 维基百科, 国信证券经济研究所整理

表 11: 我国天然铀供应预测 (单位: 吨)

年份	国内产能	中核海外开发(尼日尔、纳米比亚、蒙古)	中广核海外开发(哈萨克斯坦、纳米比亚)	合计产量	天然铀需求	缺口
2020	4000	900	3500	8400	11000	2600
2025	5000	1100	5500	11600	185000	6900
2030	5500	1100	6500	13100	22400	10900

资料来源: 中国核动力设计研究院, 国信证券经济研究所整理

铀矿供给国内采矿中核独大、中广核海外采矿量领先。2018 年以前, 我国的铀矿资源由政府严格把控, 即便是对国内企业的资质要求都非常严格, 进入该领域者寥寥无几。长期以来, 中核集团在国内铀矿勘察、开采方面一家独大, 中国唯一的完整的核燃料循环产业体系。其子公司中国核燃料有限公司是中国最主要的核燃料生产商、供应商、服务商, 并为我国所有投运核电站提供优质的核燃料。

表 12: 中国核燃料有限公司主要业务介绍

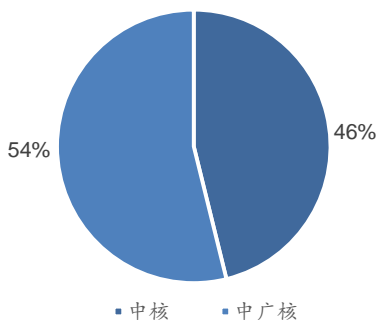
主要业务	业务介绍	生产能力
铀纯化	从铀矿浓缩物(或粗 $U_3O_8$ )到天然 $UO_2$ (核级)的生产过程	“十二五”末, 将达到 1.1 万 tU/a 的生产能力
铀转化	从天然 $UO_2$ (核级)到核纯天然 $UF_6$ 的生产过程	
铀浓缩	通过同位素分离, 使铀-235 含量高于它在天然铀中的相对含量(0.711%)	可生产 1.8%-5.0% 之中的任意丰富度产品
AP1000 型压水堆核电燃料元件	IFBA 芯块制备/燃料棒制造/零部件制造(格架、导向管组件、缓冲管组件)、骨架制造、燃料组件组装、堆芯相关组件制造	供货对象包括三门电站和海阳电站的 1#、2# 反应堆, 广东陆丰、辽宁徐大堡等
AFA3G 压水堆核电燃料元件	化工转化工艺、燃料芯块制备工艺、燃料棒组装工艺、骨架组装工艺、燃料组件组装工艺、零部件加工工艺	基本具备年产 200TU 的生产能力
重水堆核电燃料元件	化工转化和纯化制备 $UO_2$ 粉末、粉末冶金制备陶瓷 $UO_2$ 芯块、燃料棒束组装以及辅助动力供给系统	设计生产能力为年产 200 吨铀(约 10400-10600 个核燃料棒束)
高温气冷堆核电燃料元件	化工转化、核芯制备、包覆颗粒制备、球形燃料元件制备、基体石墨粉制备以及废液处理和固体废料回收	设计生产能力为年产 30 万个燃烧球

资料来源: 中国能源报、北极星核电网、国信证券经济研究所整理

核电站运营: 中广核、中核二分天下

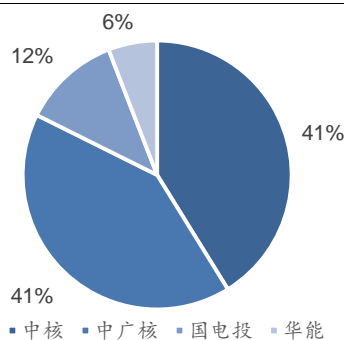
我国核电站运营主要由中广核、中核二分天下。截止 2018 年 7 月，我国已运营的核电机组共 38 台，大部分分布在广东、福建、浙江、广西等沿海地区。其中，中广核管理在运核电反应堆 21 座，中国核电管理在运核电反应堆 17 座；此外，我国共有在建核电反应堆数 17 座，大部分分布在广东、广西等东南沿海地区。其中，中广核管理在建核电反应堆 8 座，中国核电管理在建核电反应堆 7 座，国电投管理在建核电反应堆 2 座，主要是海阳 AP1000 两台机组，中国华能管理在建核电站 1 座，主要是山东石岛湾高温气冷堆示范项目。总的来说，核电开发运营市场，中核、中广核、国家电投形成了三足鼎立的局面。

图 29: 已运营核电机组市场份额



资料来源：中国广核电力招股说明书，国信证券经济研究所整理

图 30: 在建核电机组市场份额



资料来源：中国核电信息网、各公司网站、国信证券经济研究所整理

### 核电废物后处理市场打开新增长极

核废料泛指在核燃料生产、加工和核反应堆用过的不再需要的并具有放射性的废料。核废料有放射性、热能释放等特点，如不妥善处理，会严重影响人体及周边环境。按照比活度可以分为高、中、低放射性核废料。

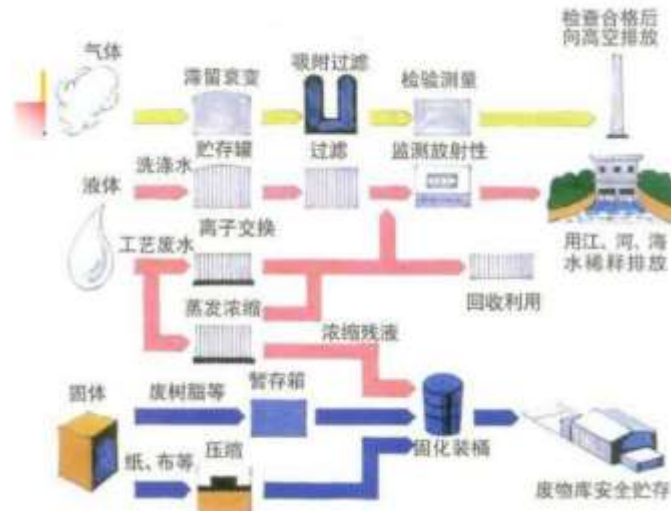
表 13: 核废料分类

分类	数量占比	辐射含量占比	来源	处理办法
高放射性废料	3%	95%	反应堆芯中燃烧后的核燃料	开放式核燃料循环：在堆堆存放后直接深地质长期暂存 封闭式核燃料循环：回收铀、钚再加工成燃料组件进行重复利用，其他废物深层地质处理
中低放射性废料	97%	5%	核电站运行过程中产生的放射性废液、及固体废物等	水泥固化后装桶储存

资料来源：世界核能协会，国信证券经济研究所整理

中低废料由于产生量巨大，在其处理的过程中最关心的问题就是如何在安全处理的前提下实现废物最小化。控制放射性废物产生（即废物最少化）是国际原子能机构（IAEA）在放射性废物管理原则提到的九条基本原则之一。放射性废物最小化是核电站安全运行和环境管理体系的重要组成部分，还可以降低核电站废物处理和处置费用。核电站中、低放射性废物可分为废气、废液和废固，其中废气和废液在处理达标后可直接排放，固体废物通过减容、包装后临时库内存放不超过 5 年，需送往中低放废物处置场进行处置。因此，可实现废物高减容比的先进核废物后处理系统设备和新的中低放废物处置厂是核废后处理市场的主要增量空间。

图 31: 核电厂中低废处理



资料来源：中国知网，国信证券经济研究所整理

我国对中低放废料采取“区域处置”策略，使得处置场靠近废料生产地。2003年公布“中华人民共和国放射性污染防治法”明确提出中、低放射性固体废物在符合国家规定的区域实行近地表处理。中国计划建设西南、西北、华东、华南、北方五个中低放废物区域处置场，根据核电站的中低放废物产量和区域分布，现已建成的有3个处置场。位于西北地区的甘肃404厂处置场，规划容量20万立方米，已建成2万立方米容量；西南地区的四川飞凤山处置场，规划容量8万立方米，已建成0.88万立方米容量；华南地区的广东大亚湾北龙处置场，规划容量18万立方米，已建成2万立方米容量。

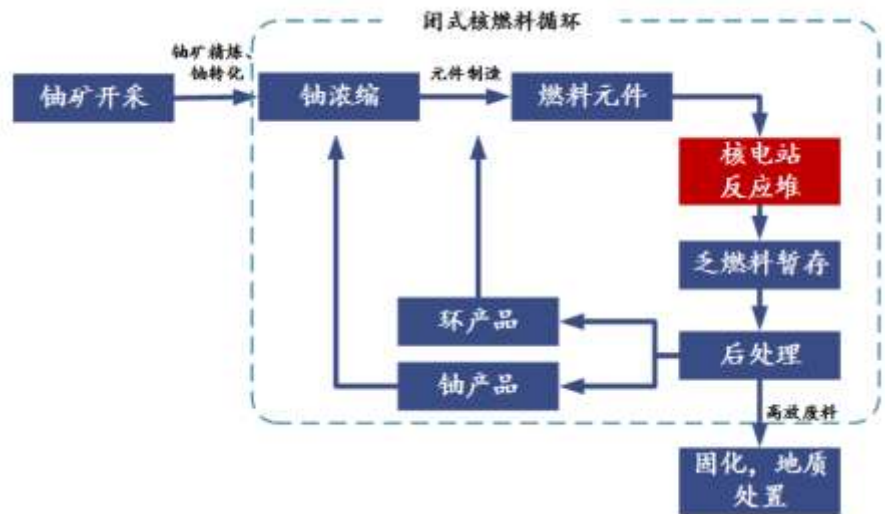
表 14：中低放处置厂介绍

名称	位置	持证单位	已建成/规划容量 (万 m <sup>3</sup> )	备注
西北处置场 (404 厂)	甘肃	中核清原	2/20	接收军工类核废，一期处置能力 6 万 m <sup>3</sup> （最终处置能力 20 万 m <sup>3</sup> ），规划 18 个处置单元，容许总比活度 3.2*10 <sup>16</sup> Bq
华南处置场 (北龙处置场)	广东	广东大亚湾核电	0.88/8	主要接收大亚湾、岭澳中低废，规划 70 个处置单元，17*17*7 m <sup>3</sup> 处置单元为整体钢筋混凝土独立式处置单元，容许总比活度 5.4*10 <sup>15</sup> Bq
西南处置场 (飞凤山处置场)	四川	中核清原	2/18	接收四川省内中低废，2016 年 5 月获运行资质

资料来源：中国知网，国信证券经济研究所整理

高放废料又称乏燃料，在核废料中占比小约 3%，辐射量却占总量的 95%，其处置方式分两种：1) 开放式核燃料循环，将乏燃料作为放射性废物直接最终处理；2) 闭式核燃料循环：从乏燃料中回收的铀、钚等易裂变材料加工制成核燃料组件，提高燃料使用率，其他废物做深地质处理。

图 32: 闭式核燃料循环

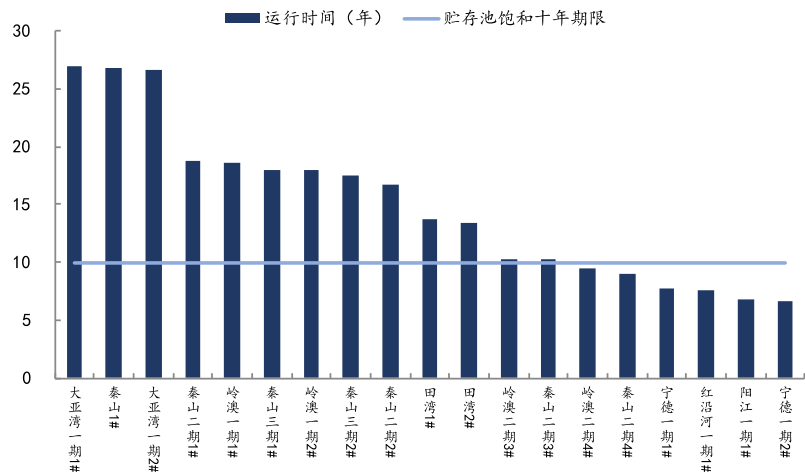


资料来源: 中国核电网、国信证券经济研究所整理

我国已规划闭式核燃料循环为核废料后处理发展策略，高放射性废料主要以堆内贮存池暂存和离堆贮存为主，国内尚无高放射核废料处置库，高放废料处置库正处于前期调研选址阶段，预计在 2020 年前后确定库址，甘肃省北山为重要的候选地址之一。

**堆内、堆外贮存空间告急，乏燃料运输和处理需求迫切。**核电站发电产生的乏燃料一般会先在核电站的贮存水池（堆内）存放一段时间，然后运送至后处理贮存或进行乏燃料分解处理。我国核电站的堆内贮存水池是按照存储 10 年乏燃料设计，预计到 2020 年，我国将有 13 台核电机组运行超 10 年，其堆内贮存池将饱和。目前商运较早的部分核电站乏燃料水池已经饱和，一般通过两种方式对多余乏燃料进行储存，一种是转运到临近核电机组的乏燃料水池进行储存，以大亚湾核电站为例，1994 年商运的大亚湾核电站 1、2 号机组多余部分乏燃料组件已转运至岭澳 3、4 号机组储存，但这个也面临临近核电机组乏燃料贮存水池都将饱和的问题；另一种是运送至堆外的专门用于乏燃料储存的设施进行储存，目前中核四零四厂的乏燃料湿法贮存水池是我国唯一的中间贮存接收设施，其储存能力达 500 吨的离堆贮存水池已经饱和，新建了一座 800 吨贮存水池，预计也将在 2018 年达到存储上限。在这样的情况下，乏燃料将面临着无处接收储存的困境。

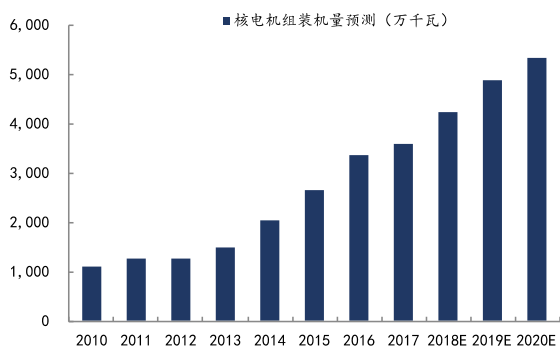
图 33: 至 2020 年，13 台机组有乏燃料离堆贮存需求



资料来源: 中国核电网，国信证券经济研究所整理

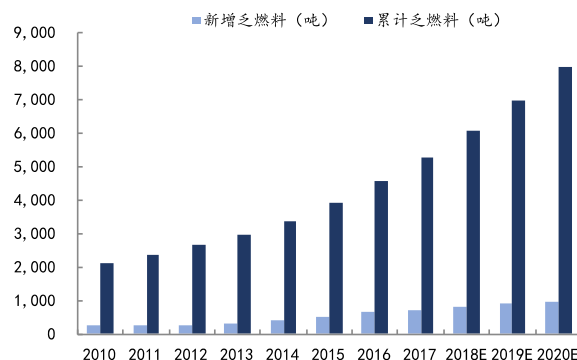
从长期趋势看，未来十余年内，预计离堆贮存需求量将实现每五年翻一番。按照当前在运在建机组估算，2020年预计全国在运核电机组装机量约5800万千瓦。按照一个百万级核电机组每年产生18.8吨乏燃料计算，预计2020年将产生约980余吨乏燃料，当年新增需离堆贮存的乏燃料约244吨，累计2087吨；预计到2025年，当年新增需离堆贮存乏燃料达500余吨，累计3910吨；预计至2030年，这一数据将翻倍至978吨和7952吨。无论从短期和长期来看，乏燃料后处理都已迫在眉睫。

图 34: 核电机组装机量预测 (百万千瓦)



资料来源:产业信息网, 国信证券经济研究所整理

图 35: 乏燃料年产量, 累计量递增



资料来源: 中国核电网, 国信证券经济研究所整理

图 36: 离堆贮存量需求迫切, 每五年翻一番



资料来源: 中国核电网, 国信证券经济研究所整理

要解决此问题，需要从三个方面入手。一是乏燃料后处理厂的建设：需要有足够处理能力的乏燃料后处理厂不断对乏燃料进行处理，将其转化为可回收的核燃料和便于后段处理的放废料，而目前我国仅有中核 404 厂具备年均处理 50 吨乏燃料的能力，远远无法满足乏燃料的处理需要（预计 2018 年将新增 800 余吨乏燃料）；二是乏燃料离堆贮存接收设施的建设：需要在目前不具备大量乏燃料处理能力的前提下，能保证有足够的地方储存新增的离堆乏燃料；三是乏燃料运输能力的建设：乏燃料都是具有高放射性，对人体和环境危害极大，需要有专门的运输容器对其进行贮存然后再运输至离堆贮存接收设施或乏燃料后处理厂进行处理。

从乏燃料后处理厂的规划来看，后续主要有两个乏燃料后处理厂的建设项目。其一是中核集团 2012 年发布的“龙腾 2020”项目，预计建设 2 个具有自主知识产权的年处理能力达 200 吨的大型商用乏燃料后处理厂；其二是 2018 年 1 月 9 日，中核集团拟与法国阿海珐集团签署大型商业后处理-再循环工程项

目，建成后将具备 800 吨的乏燃料年处理能力和 3000 吨的离堆贮存能力。整个核电后处理厂的投资估计超 2000 亿元。

**从乏燃料运输方面来看，我国乏燃料运输能力极为有限。**我国乏燃料运输以汽车运输为主，呈现运输里程长，专业队伍少，运力不足等特点。我国的核电厂分布于东部沿海，身处甘肃的中核四零四厂是唯一离堆贮存地，运输里程近在三至四千公里；我国具有运输乏燃料资质的公司只有中核旗下的清原环境技术工程公司和华茂物流，中核清原组建了一只专业运输队伍，完成大亚湾、秦山一期至甘肃四零四厂乏燃料运输任务；运输周期为 3 个月/次，受冰冻台风天气影响，每年能完成两次运输。目前，公路运输能力为 104 组/年，在“十三五”期间，全国所需外运的乏燃料总数将超过 3000 组，运力难以匹配外运需求，乏燃料运输容器的设计和制造成为关键问题，目前法国、美国、日本、德国几个核电大国乏燃料运输容器设计和制造技术已成熟，现已形成系列化产品，在研制方面以百吨级别大容器为主，单棒小型容器为辅。在发展趋势上，以兼存储和运输功能为一体的多用途容器为发展方向。**国内已在此方面有所布局，但尚未生产出商用乏燃料运输容器。**整个乏燃料运输容器设备市场规模估计近百亿元。

## 核电发展趋势：核电市场广阔，潜在设备需求极大

### 趋势一：海上小堆序幕已开，开启千亿增量市场

#### 行业重大变化：首个海上清洁能源综合供给平台项目启动

海上小堆建设拉开序幕，国内首个海上小堆项目启动。2018年1月，中核集团与烟台市政府签订了《海上清洁能源综合供给平台及泳池式低温供热堆项目合作协议》，准备建设首个海上清洁能源综合供给平台；2018年3月，中国核电、烟台市台海集团、烟台蓝天控股集团共同投资成立了“中核台海海上清洁能源(山东)有限公司”，这标志着国内首个海上清洁能源综合供给平台建设将在烟台市开始实现工程化应用。

示范堆总投资达150亿元，台海核电、中船重工是主要设备供应商。该项目包括2个平台，每个平台包括1艘船和2个小堆，单堆12.5万千瓦，商运后每年可为供应4000万度电、1600万吨高温蒸汽、1000万吨淡水和200吨浓盐水，每年可减少燃煤消耗500万吨，首艘船计划2021年下水。项目总投资可达150亿元，按设备投资占平台投资额的90%估算，首堆项目设备投资约135亿元。根据已披露信息，台海核电和中船重工是主要设备供应商。台海核电凭借现有大型核电的技术优势，投入大部分研发、资金等资源提前布局海上小堆研发，目前已具备了小型堆核岛主设备关键装备制造技术，可实现压力容器、稳压器、蒸发器和主管道的模块化制造；中船重工舰船研究设计领域的专业优势主要负责海上小堆船体的制造以及项目的总装建造。根据《国家发展改革委办公厅关于设立海洋核动力平台国家能源科技重大示范工程的复函》，中船重工集团早在2016年就已确定海洋核动力平台示范工程在子公司渤船重工进行总装建造。

海上小堆未来国内市场规模超过1000亿元。海上小堆的需求巨大。在民用领域，一方面可以为海上油气田开采、海岛开发、我国滨海城市等的供电、供热和海水淡化提供可靠、稳定的电力，另一方面也可为破冰船提供推进动力，在军事上也有很多用途。仅就海上石油钻采方面的需求粗略估计，未来市场规模就逾1000亿元。

#### 海上小堆清洁、安全、用途广泛

海上小堆全称为海上小型核反应堆或海上（浮动）核电站，根据国际原子能机构（IAEA）的定义，是发电功率小于300兆瓦的核反应堆动力装置，是以成熟的大型陆上商用压水堆核电站为参考，将缩小版的核电站安装在船舶上，结合成熟的海洋设施技术，开发出的满足最高核安全要求和海洋用户需求的分布式海洋综合能源系统。

小堆除了具备核电清洁、供电稳定的优势，还具有高安全性、更灵活、用途更广泛的特点。

**1) 高安全性：**ACP100S的安全水平达到了三代核能系统指标的要求。其堆芯损坏概率 $<10^{-6}$ /堆年，大量放射性释放概率 $<10^{-7}$ /堆年。

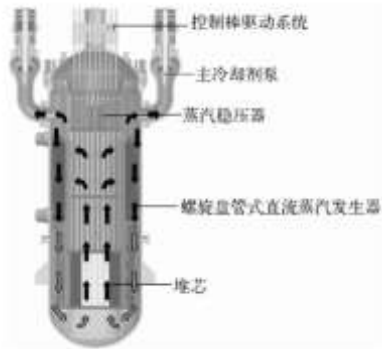
**a、采用一体化、非能动设计，**将蒸汽发生器、稳压器和冷却剂泵包容到反应堆压力容器的一体化布置简化了反应堆冷却剂系统，从根本上消除了一回路发生大破口失水事故的可能性，采用非能动安全系统在极端事故下可依靠自然力缓解事故后果，大大增强了核电站的安全性。

**b、低功率和离岸特性：**小堆功率低，停堆后的衰变热量少，燃料装量小，堆芯放射性少；小堆的离岸设计使其受自然灾害影响小，地震波不会被海水传递。

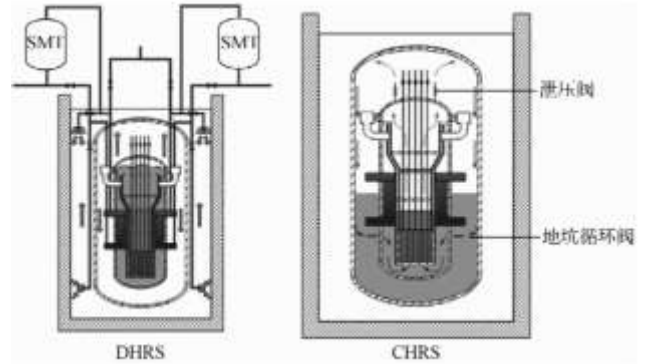
**c、实行半潜/全潜式设计，**浮动堆可将海水作为最终热阱引入船体内，阻止堆芯熔化进程，保证余热排出和放射性屏蔽。

图 37：冷却剂系统示意图

图 38：非能动安全系统配置示意图



资料来源：万方数据，国信证券经济研究所整理



资料来源：万方数据，国信证券经济研究所整理

**2) 模块化设计、建造周期更短、更灵活：**小堆由于小型一体化设计，结构较大堆更简化，使得其建造周期远小于大堆，目前估计首批小堆机组建造周期约 3 年左右，后续还可进一步缩短到 2 年；同时采用模块化设计，各模块独立运行，可根据厂址的形状和大小自由组合安放，用更灵活的方式满足业主需求。

**3) 用途更广泛：**可以为沿海城市、临港工业区、海岛、海上钻井平台提供清洁、高效的供电、供气、供暖、海水淡化解决方案，有效缓解节能减排压力，促进能源结构调整，由于直接供热的热效率远高于供电的电效率，核能利用效率也可大大提高。

表 15：核电大堆和小堆比较

对比项	小堆 (ACP100S)	大堆 (华龙一号)
堆芯融化概率	$<10^{-6}$ /堆年	$<10^{-6}$ /堆年
大量放射性释放概率	$<10^{-7}$ /堆年	$<10^{-7}$ /堆年。
电功率	125MW	1150MW
单位造价	20000 元/KW, 规模化后可降低 25%	约 16000 元/KW
换料周期	30 个月	18~24 个月
建造周期	首批机组 3 年, 逐渐缩短至 2 年	5 年-8 年
自然灾害 (地震海啸)	地震波在水中难以传递, 影响小	选址远离地震带
应用	供电、供热、海水淡化等	供电

资料来源：中国能源报，北极星核电网，国信证券经济研究所整理

**小堆建设具备条件，政策加速发展**

俄罗斯自主建设完成全球首台海上小堆。俄罗斯国家原子能公司 (Rosatom) 建造出全球首台海上浮动核电站，取名为“罗蒙诺索夫院士”号，自 2009 年开始在圣彼得堡的 Baltiysky Zavod 造船厂建造。该海上小堆专为北极和远东地区设计，其主要任务是为偏远的工业企业、港口城市以及海上油气平台提供电力。该浮动核电站已于 2018 年 4 月完成首次出海，计划于 2019 年 11 月投入试运行。

图 39: 全球首台海上浮动核电站——“罗蒙诺索夫院士”发展历程



资料来源: Rosatom 官网、国信证券经济研究所整理

图 40: “罗蒙诺索夫院士”号模型



资料来源: Rosatom 官网、国信证券经济研究所整理

我国中核、中广核均已自主研发小堆技术, 具备建造实力。目前中核、中广核、中船重工、清华大学等已多方合作, 逐步形成并推出了中核 ACP100S、中广核 ACPR 系列小堆。其中中核 ACP100 已开启示范堆建设, 中广核 ACPR50S 小堆设备采购也已启动。

中核集团自主研发出 ACP100S 海上浮动核电站, 已开启示范堆建设。在中核集团统一部署下, 核动力院 2010 年已启动海上核能应用攻关工作, 先后开发了包括 ACP10S (10MWe)、ACP25S (25MWe)、ACP100S (100MWe) 等三种不同功率规模的浮动式反应堆, 并可进行单双堆组合, 即仅一座 ACP10S 到两座 ACP100S, 实现 10MWe~200MWe 功率规模的浮动式核电站型号, 满足国内外各类用户和市场需求; 2015 年 9 月, 与英国劳氏船级社签订了 ACP100S 海上浮动核电站相关技术支持框架协议。实现了浮动核电站 ACP 系列型谱化; 2016 年 4 月, ACP100 通过国际原子能机构通用反应堆安全审查, 成为全球首个通过 IAEA 的小型堆型号; 2018 年 1 月, 中核集团与烟台市人民政府签署《海上清洁能源综合供给平台及泳池式低温供热堆项目合作协议》, 打造烟台市国家军民融合示范项目, 拉开了国内海上小堆工程化项目的序幕。

表 16: 中核集团海上小堆研发历程

时间	重要事项
2003	中国核动力研究院瞄准核能海水淡化、核能供热市场开发新技术，并专门组件机构开发技术应用新型堆的开发
2009.08	模块式小型堆技术研究进入了院核电科研“十二五”规划项目清单
2010.06	小型堆技术 ACP100 成为公司重点科技专项
2011.10.10	“模块式小型堆关键技术研究及应用示范”项目申请书获国家能源局立项批复
2011.10.25	“模块式小型堆关键技术研究”核能开发科研项目建议书获国防科工局立项批复
2012.12	完成了 ACP100 标准设计，并编制完成《ACP100 标准设计初步安全分析报告》
2013.07.29	小堆 ACP100 重点科技专项“非能动应急堆芯冷却综合模拟试验”和“堆芯补水箱及非能动余热排出系统试验”正式启动
2013.10	遵照集团“先建、再先进”的战略部署，由科研设计转入示范工程阶段。
2013.11.07	专家组一致同意通过 ACP100 非能动应急堆芯冷却综合模拟试验现场见证检验
2015.9.25	核动力院与英国劳氏船级社签订了 ACP100S 浮动核电站相关技术支持框架合作协议。
2015.12.30	国家发改委正式复函，同意中核集团公司申报的 ACP100S 海上浮动核电站纳入国家能源科技创新“十三五”规划
2016.01.21	多用途模块式小堆海南昌江 ACP100 示范项目建议书顺利通过集团董事会。
2016.04.22	ACP100 通过国际原子能机构通用反应堆安全审查，成为全球首个通过 IAEA 的小型型号。
2016.06.20	收到环保部核与辐射安全中心《关于 ACP100 模块式小型堆安全性专题研究结论及建议的报告》，标志着模块式小堆 ACP100 核安全性能评价联合研究全面完成。
2017.01.24	中核与上海市政府、中船工业在京签署关于出资设立海洋核动力装备投资平台合作意向书
2017.06.30	专家组对中核集团小堆 ACP100 压力容器 3D 打印材料辐照试验条件进行技术评审，认为辐照方案可行，进入辐照考验阶段
2017.08.11	中核拟与浙能电力、上海国盛、江南造船、上海电气共同出资设立中核海洋核动力发展有限公司（暂定名）
2017.11.28	中核集团正式对外发布了我国自主研发的低温供热核反应堆“燕龙”泳池式低温供热堆（DHR-400）。
2018.01.19	中核集团与烟台市人民政府签署《海上清洁能源综合供给平台及泳池式低温供热堆项目合作协议》，打造烟台市国家军民融合示范项目

资料来源：中核官网，北极星电力网，国信证券经济研究所整理

图 41: 中核集团海上浮动核电站模型



资料来源:澎湃新闻, 国信证券经济研究所整理

图 42: 中广核 ACPR50S 模型图



资料来源:澎湃新闻, 国信证券经济研究所整理

中广核自主研发出 ACPR50S 海上浮动核电站，已启动实验堆建设。2013 年 4 月，中广核集团申报“小型堆及核主泵运维技术”试验项目获批；2015 年 12 月，国家发改委复函同意将中广核申报的 ACPR50S 海上小堆纳入能源科技创新“十三五”规划；2016 年 9 月，ACPR50S 正式进入 IAEA 全球小型堆发展路线图；2016 年 11 月，中广核与东方电气正式签署《“中广核 ACPR50S 实验堆平台项目”压力容器采购协议》，意味着中广核海上小堆 ACPR50S 实验堆建设正式启动。

**表 17: 中广核集团海上小堆研发历程**

时间	重要事项
2013.04.10	中广核集团公司科技研发部牵头, 由中科华核电技术研究院与中广核核电运营事业部联合申报的“小型堆及核主泵运维技术”试验项目获中央预算内投资 7500 万
2015.06	中广核旗下的中科华核电技术研究院有限公司与供应商签订 ACPR 系列小型压力水核反应堆关键设备合作协议
2015.12.30	国家发改委复函同意中广核申报的 ACPR50S 海上小堆纳入能源科技创新“十三五”规划
2016.01.14	中广核与中海油签署战略合作框架协议, 以推进海上小型堆示范项目为重点, 加强在各领域的互利合作
2016.01.25	中广核与中船重工签署战略合作协议, 拟就共同推进海上核动力平台项目建设开展合作
2016.09.08	中广核自主研发的海上小型堆 ACPR50S 正式进入 IAEA 全球小型堆发展路线图
2016.11.04	中广核与东方电气正式签署《“中广核 ACPR50S 实验堆平台项目”压力容器采购协议》, 意味着中广核海上小堆 ACPR50S 建设正式启动
2016.12.29	中广核研究院自主研发的 ACPR50S 实验堆的核心关键设备平台工程控制棒驱动机构 (CRDM) 原理样机海洋环境影响试验通过验收

资料来源: 中广核官网, 澎湃新闻, 国信证券经济研究所整理

我国政府高度重视小型堆核电研发工作, 积极推进小堆建设工作。2011 年以来, 国家先后印发了多份鼓励开展小堆研发及工程建设的政策文件。根据《能源技术创新“十三五”规划》, 开展小型堆的示范堆建设已被列入“十三五”的重点内容; 《2018 年能源工作指导意见》也强调了要深入推进高温气冷堆和模块化小型堆先进核电技术的试验示范工程建设。

**表 18: 国家政策助推海上小堆发展**

时间	政策	相关内容
2011 年 12 月	《国家能源科技“十二五”规划》	自主设计和建成模块化小型堆示范工程, 拥有自主知识产权, 形成推广能力; <b>开展多用途模块化小型堆以及聚变堆的技术研发。</b>
2013 年 01 月	《能源发展“十二五”规划》	坚持热堆、快堆、聚变堆“三步走”技术路线, 以百万千瓦级先进压水堆为主, <b>积极发展高温气冷堆、商业快堆和小型堆等新技术。</b>
2016 年 11 月	《电力发展“十三五”规划》	提高大型先进压水堆核电技术自主化程度, 推动温气冷堆升级开展 <b>小型智能堆、商用快堆、熔岩堆</b> 等先进核能技术研发。
2016 年 12 月	《能源技术创新“十三五”规划》	推广应用先进三代压水堆, <b>加快高温气冷堆、快堆、模块化小型堆的技术示范工程建设和产业化; 建设模块化小型堆和低温供热堆示范工程。</b>
2018 年 03 月	《2018 年能源工作指导意见》	继续实施核电科技重大专项, 建设核电技术装备试验平台共享体系, 加快推进小型堆重大专项立项工作; <b>深入推进高温气冷堆和模块化小型堆先进核电技术的试验示范工程建设。</b>

资料来源: 中国能源局, 中国发改委, 国信证券经济研究所整理

## 趋势二: 三代核电技术受认可, 华龙一号出海带动设备需求释放

### 国家政策支持第三代核电技术“走出去”

核电“走出去”已成为国家战略, 国家政策支持中国核电技术“走出去”。2013 年 10 月能源局公布《服务核电企业科学发展协调工作机制实施方案》首次提出核电“走出去”战略: 对核电企业“走出去”给予方向性指引, 并推动将核电“走出去”作为我国与潜在核电输入国双边政治、经济交往的重要议题; 2014 年 6 月 5 日, 习近平主席在中阿合作论坛第六届部长级会议开幕式发表了主题为《弘扬丝路精神, 深化中阿合作》的讲话, 指出中阿共建“一带一路”, 构建“1+2+3”的合作格局, 是以能源合作为主轴, 以基础设施建设、贸易和投资便利化为两翼, 以核能、航天卫星、新能源三大高新领域为新的突破口; 2017 年 10 月 31 日, 国家发展改革委副主任、国家能源局局长努尔·白克力与国家开发银行董事长胡怀邦共同签署《关于支持核电技术创新及“走出去”的战略合作协议》, 指出“十三五”是推动能源革命的蓄力加速期, 是我国核电技术创新发展和“走出去”战略取得突破的关键时期。

发展核电是全球的现实需求，为我国核电“走出去”提供机会。从能源需求角度，全球电力需求目前正随着越来越多的国家工业化和人们寻求更高生活质量而增加，根据 WNA 报道，到 2050 年，全球电力需求将至少增加一倍，电力需求的增长比其他能源快三倍。从碳排放角度，目前二氧化碳排放未能实现“巴黎协定”的目标，即将全球平均温度的升高控制在 2° C 以下。因此，为达到碳排放目标，同时满足全球电力增长需求，据 WNA 预测，要求至少 80% 的电力来自于低碳能源，高于目前的 34%。核能是低碳能源，是全球第二大低碳电力生产形式（仅次于水电）。目前，全球 30 个国家使用核能，仅占全球电力的 11%，到 2050 年，全球电力中将有 25% 的电力来源于核电，因此发展核电是全球的现实需求。

**核电“走出去”已取得丰硕成果。**中核、中广核以及国电投三大国内核电公司在海外积极投标核电项目，已经在巴基斯坦、阿根廷、英国、土耳其、罗马尼亚等国开展实质性项目建设。目前中核集团承建巴基斯坦核电机组 7 台，其中恰希玛 1 号机组为中国首个海外核电项目，已安全运行 18 年；而卡拉奇项目是中国三代核电技术华龙一号的首个落地项目；与此同时，中核与阿根廷核电公司签署了阿查图 3、4 号两台机组合同，至此中核集团出口核电机组数量增加至 9 台。此外中核还与沙特签订高温气冷堆可行性研究协议，与伊朗签订重水堆改造协议。中广核集团与法国阿海珐合作承建了 6 台英国机组，开启了中国在发达国家投建核电站的先例，其中后续布拉德威尔 B 项目将采用华龙一号技术，2021 年有望落地；国电投则与美国西屋公司合作共同承建土耳其 Igneada 核电项目，该项目为中国第三代核电技术 CAP1400 首个海外项目。

**表 19: 中国海外核电项目统计**

企业	项目	型号	投资额	装机容量 (万千瓦/台)	开工日期
中核	巴基斯坦-卡拉奇项目	华龙一号*2	96 亿美元	116.1	2015 年 6 月
	巴基斯坦-恰希玛项目 1、2 号机组	CNP300*2		30	1 号 2000 年投入商运，2 号 2011 年投入商运
	巴基斯坦-恰希玛项目 3、4 号机组	CNP300*2	23.7 亿	31.5	3 号 2016 年 12 月投入商运，4 号 2017 年 9 月投入商运
	巴基斯坦-恰希玛项目 5 号机组	华龙一号*1		116.1	签约
	阿根廷-阿查图 3 号机组	CANDU6	59.94 亿美元	75	2017 年 5 月签订总包合同，2018 年开工
	阿根廷-阿查图 4 号机组	华龙一号*1	约 90 亿美元	115	2020 年开工
	伊朗	重水堆改造			签署首份商业合同
	沙特	高温气冷堆			2017 年 3 月，双方签订了《沙特高温气冷堆项目联合可行性研究合作协议》
	苏丹	ACP600			2016-5 拟定框架
	英国-欣克利角 C 项目	EPR*2	180 亿英镑	167	2017 年 3 月批准，预计 2019 年开工
英国-赛斯维尔 C 项目	EPR*2		167	预计 2025 年左右开工	
英国-布拉德威尔 B 项目	华龙一号*2		115	预计 2021 年后开工	
中广核	罗马尼亚-切尔纳沃德 3、4 号	CANDU6*2	72 亿欧元	72	2015 年 11 月签订全寿期框架协议
	阿尔及利亚-重水堆改造	首个海外 DCS 核级仪控设备订			单
					与中核携手，已获订单

肯尼亚	华龙一号*4		2017年7月签订
国电投	土耳其—Igneada	AP1000*2 CAP1400*2	125 140
	南非	CAP1400	140
			竞标

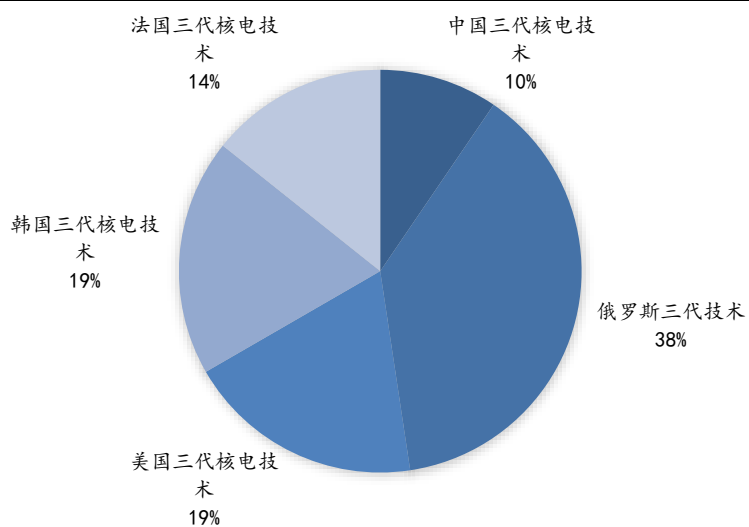
资料来源：世界核协会 WNA，国信证券经济研究所整理

### 俄罗斯三代核电技术市场占有率高

**全球在建三代核电机组多采用俄罗斯技术。**目前，全球在建核电机组共有 56 台，其中在建三代核电机组共有 43 台，俄罗斯三代核电技术出口占比最高。全球第三代核电技术主要有俄罗斯 VVER、法国 EPR、美国 AP1000、中国华龙一号和 CAP1400、韩国 APR1400 及日本三代沸水堆技术 ABWR。截止目前，全球在建三代核电机组采用俄罗斯三代技术共 13 台，除本国以外机组 8 台；采用韩国 APR1400 机组共 8 台，除本国以外机组 4 台；采用美国 AP1000 机组共 6 台，除本国以外机组 4 台；采用法国 EPR 机组共 4 台，除本国以外机组 3 台；采用日本 ABWR 沸水堆的共 2 台，均为日本国内机组。采用中国华龙一号（包含 ACPR1000, ACP1000）机组共 10 台，其中国外机组 2 台，其余 8 台均为国内在建核电。

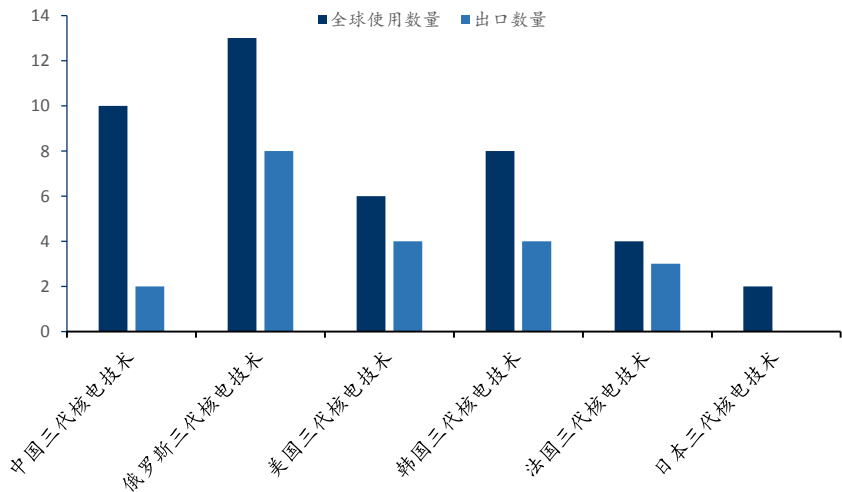
**根据目前第三代核电机组建设情况，俄罗斯第三代核电技术表现良好。**法国三代核电 EPR 采用的是多重冗余安全系统，因此被普遍认为是造价最为昂贵的三代压水堆核电机型。但是目前采用 EPR 技术机组均存在工程延期，成本超出预算问题。目前，位于芬兰的世界首个 EPR 项目（2005 年开工）仍未建成，中国台山核电在 2018 年 06 月 29 日成功并网，成为全球三个 EPR 工程中首个并网发电机组。AP1000 是由美国西屋公司在已开发的非能动先进压水堆 AP600 的基础上开发的，最大的特点就是设计简练，易于操作，而且充分利用了诸多“非能动的安全体系”。但由于美国西屋债务问题，公司两次被收购，被迫走上重组道路。而中国引进的 AP1000 核电项目存在拖期严重的问题。VVER 机型是前苏联时期开发的压水堆，几十年来建造了几十种不同型号的 VVER 机型。上世纪 90 年代初，俄罗斯在 VVER-1000 的基础上，进行了更安全、更经济的第三代新机型的改进研发。目前，VVER 机型在全球核电市场表现良好，包括中国、印度、俄罗斯、白俄罗斯、乌克兰等国均有 VVER 机型。

图 43：全球三代核电技术出口占比



资料来源：国际原子能机构 IAEA，国信证券经济研究所整理

图 44: 全球三代核电技术出口数量



资料来源: 国际原子能机构 IAEA、国信证券经济研究所整理

表 20: 主流三代核电技术对比

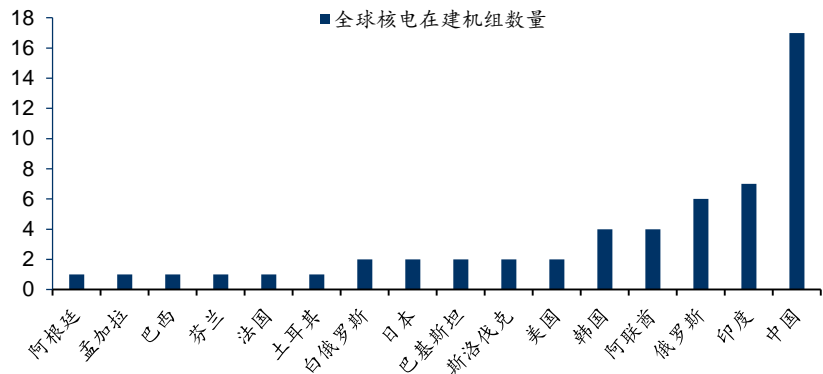
	AP1000	EPR	华龙一号	VVER 系列	APR1400	ABWR
研发公司	美国西屋公司	法国法马通和德国西门子	中国核工业集团公司 (CNNC) 和中国广核集团 (CGN)	OKB Gidropress	韩国电力公司 KEPCO	奇异日立核能 (GEH) 和东芝
堆型	压水堆	压水堆	压水堆	压水堆	压水堆	沸水堆
主要特点	反应堆冷却剂系统与主要设备采用成熟设计、非能动设计提高安全性与经济性, 设有严重事故预防与缓解措施, 采用模块化建造技术。	设有严重事故预防与缓解措施、先进的仪控设计、较高的安全性和经济性。	先进性和成熟性的统一, 安全性和经济性的平衡, 能动的和非能动的结合, 满足 72 小时电厂自治要求, 使用大容积双层安全壳。	卧式蒸汽发生器; 六角燃料组件; 没有压力容器底部的缝隙。	为在发生重大事故时, 有效应对堆芯损伤, APR1400 采用了安全壳内部核燃料再装水槽 (IRWST)、被动型氢再结合器、氨点火器等缓解设备。	采用了大容量、高效率反应堆, 有效地布置汽轮机系统设备, 采用了三区危急堆芯冷却系统, 改进型控制棒驱动机构, 确保钢筋混凝土反应堆安全壳的可靠性、安全性高, 彻底降低废物发生量。
运行寿命/年	60	60	60	30-50	60	40
机组容量 /MWe	1117	1600	1150	1000-1199	1400	1328
单位造价 (美元 /KW)	3500-5500	6500-8000	2500-3000	4000-5000	3500-5500	3000

资料来源: 世界核协会 WNA、国信证券经济研究所整理

### 中国核电技术全球市场空间大

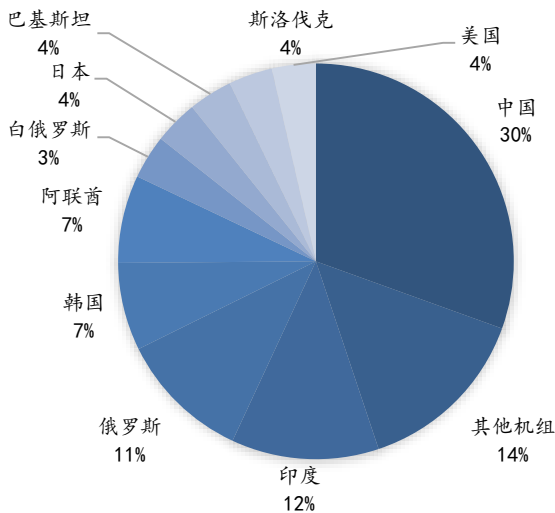
中国在建核电机组数目及装机容量居全球之首。截止 2018 年 07 月, 全球共有在建核电数目 56 台, 分布于 16 个国家, 在建机组总装机容量为 60017MWe。从在建机组数量上看, 中国共有 17 台在建核电机组, 占全球核电在建机组总数的 30%; 从在建机组装机容量上看, 中国在建核电机组装机容量为 17718MWe, 占全球在建机组装机容量的 31%, 居全球之首。

图 45: 全球在建核电机组数量 (台)



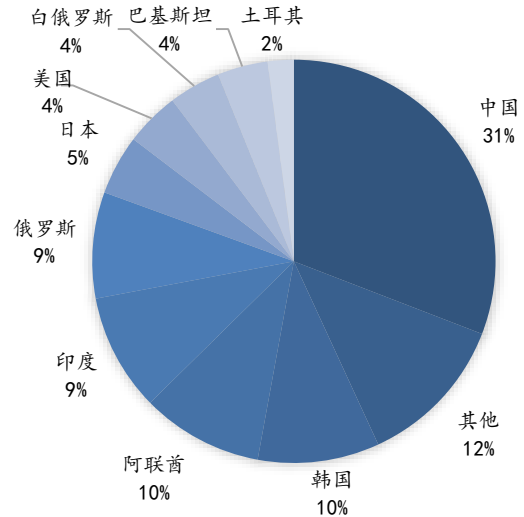
资料来源: 国际原子能机构 IAEA、国信证券经济研究所整理

图 46: 全球在建核电机组台数各国占比



资料来源: 国际原子能机构 IAEA、国信证券经济研究所整理

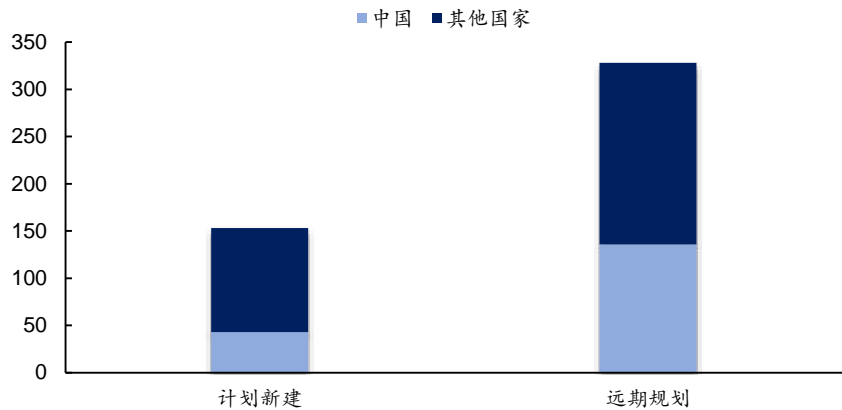
图 47: 全球在建核电机组装机容量占比



资料来源: 国际原子能机构 IAEA、国信证券经济研究所整理

核电海外市场发展前景广阔,“一带一路”为中国核电技术“走出去”提供广阔的舞台。2018年3月,世界核能协会发布和谐目标《和谐-电力的未来和核能传递的潜力》,其中指出到2050年,全球新增核电1000GW,全球电力供应中有25%将来自于核电,2018年全球共有56台在建机组,再创25年来核电增长新高;“一带一路”沿线国家电力发展落后,人均用电水平低于全球平均水平,且替代能源和核能在总能耗中的占比低于全球平均水平,因此存在引进核电需求。此外,“一带一路”沿线的65个国家和地区中,除中国以外还涉及到已有核电的国家和地区有19个,计划发展核电的国家和地区有25个,规划建设核电机组140台左右。但沿线国家除了中印巴之外,都缺乏发展核电的经验,因此沿线国家拥有发展核电的巨大市场空间和需求。另据亚投行的计划,到2020年亚洲地区国别基础设施投资需求预计将高达8万亿美元。其中电力等能源建设投资需求最大,占亚洲地区国别投资需求的51%,这为中国核电技术“走出去”提供了广阔的市场空间。

图 48: 全球计划新建核电机组数量, 远期规划新建核电机组数量 (台)



资料来源: 世界核协会 WNA, 国信证券经济研究所整理

注: “计划新建”指 2030 年之前投入商业运营的机组, “远期规划”指已预计建设机组, 商运时间不确定。

### 趋势三: 远期看好内陆核电重启

内陆核电自福岛核事故后搁置, 目前等待重启。中国内陆核电的前期准备工作从“两湖一江”开始。早在 2008 年 2 月, 湖南桃花江、湖北大畈和江西彭泽三大内陆核电项目, 正式获得国家发改委批准并开展前期准备工作, 随后, 河南、重庆等多个内陆省份加入。2011 年日本福岛核事故发生后, 上述内陆核电项目全部被喊停。国务院要求, “十二五”期间不安排内陆核电项目, 内陆核电由此进入搁浅期。2012 年以来, 我国对内陆核电进行了多次深入的调研、研究和论证, 为内陆核电重启做了大量准备工作。但截止目前, 内陆核电仍处于“前期准备工作”, 内陆核电重启尚无明确时间表。

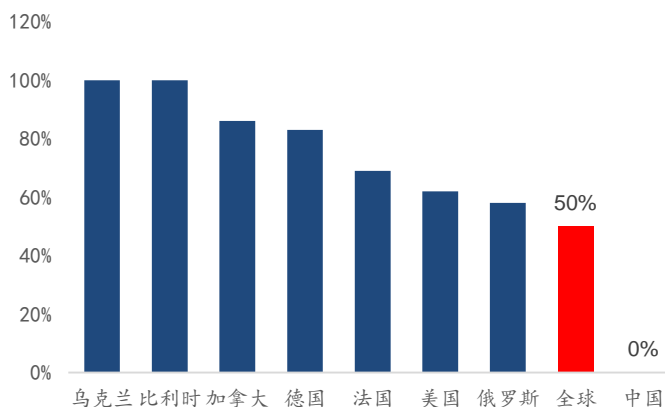
表 21: 内陆核电国家政策发展变化

时间	政策	相关内容
2012. 10. 24	国务院常务会议“国四条”	受福岛核事故影响, 国务院常务会议明确: “十二五”时期只在沿海安排少数经过充分论证的核电项目厂址, 不安排内陆核电项目。之后, 全行业进入检查、经验反馈、改进和提升阶段
2014. 1. 20	《2014 年能源工作指导意见》	适时启动核电重点项目审批, 稳步推进沿海地区核电建设, 做好内陆地区核电厂址保护。
2014. 6. 7	《能源发展战略行动计划 (2014-2020)》	在采用国际最高安全标准、确保安全的前提下, 适时在东部沿海地区启动新的核电项目建设, 研究论证内陆核电建设。
2016. 11. 7	《电力发展“十三五”规划 (2016-2020 年)》	深入开展内陆核电研究论证和前期准备工作, 认真做好核电厂址资源保护工作。
2018. 3. 7	《2018 年能源工作指导意见》	稳妥推进核电发展: 年内计划建成三门 1 号、海阳 1 号、台山 1 号、田湾 3 号和阳江 5 号机组, 合计新增核电装机约 600 万千瓦; 年内计划开工 6~8 台机组。内陆核电尚无明确时间表。

资料来源: 中国能源局、中国能源报、国信证券经济研究所整理

世界内陆核电站占比 50% 以上, 中国内陆核电站为零。从全球范围来看, 现有核电站 440 多座, 其中位于内陆地区的占 50% 以上。拥有核电站主要国家的内陆核电站占比都在 50% 以上, 诸如乌克兰(100%)、加拿大(86%)、德国(82%)、法国(69%)、美国(63%)、俄罗斯(58%)等, 另外东欧、比利时、瑞士等国所有核电站全部为内陆核电站, 而目前我国所有在运及在建核电站均位于沿海地区, 内陆核电站为零。

图 49: 2018 年世界主要核电国家内陆核电占比



资料来源:中国能源报, 国信证券经济研究所整理

**世界上大量内陆核电长期成功运营的经验可供我国借鉴。**以美国为例, 美国 65 个核电站(共 100 台机组)中有 39 个核电站位于内陆地区(共 65 台机组), 占美国所有核电机组的 65%。其中, 密西西比河建有 32 台机组, 占美国内陆核电的 50%。这些机组至今具有长期的成功运行经验。就法国来说, 总数 19 个核电站(共 58 台机组)中, 有 14 个核电站共 40 台核电机组位于内陆地区, 占法国核电机组的 69%, 法国 8 条内河两岸都建有核电站。大量靠近负荷中心的内陆核电机组, 所发电量直接输送各大用户, 减少了电能的损耗, 也避免了长距离、大功率输送的弊端。总的来说, 这些核电站并未出现特殊的安全性问题。

**沿海核电厂址有限, 远期内陆核电重启可打开增量空间。**由于核电站对于地质地震等外部条件的要求非常严苛, 沿海适合新建的厂址越来越少。根据现有数据统计, 沿海已有规划厂址的待建机组数约 86 台, 按年均新建 8 台核电机组的规划估算, 沿海厂址仅能满足近 10 年的建设需求。因此, 从核电的可持续发展来看, 内陆核电重启是一个早晚的事, 迟到但不会缺席; 另外, 随着我国中西部地区的持续发展, 就地兴建核电站, 有利于减少电力长距离传输过程中的损耗, 满足电力需求。

**内陆核电厂址丰富, 市场空间超万亿元。**根据中国核电信息网统计, 我国筹建中的内陆核电项目共有 32 个项目, 可规划核电站至少 118 个机组以上(部分项目机组数未定), 其中湖北咸宁、湖南桃花江及江西彭泽 3 个核电站已经开展前期准备工作。在装机容量已经确定的机组中, 排除贵州的小型核电站 2 个 10 万千瓦装机容量, 以及瑞金一期 6 个 60 万千瓦装机容量, 另外的 112 个核电机组都是百万千瓦的装机容量。若以三代核电机组平均造价 1.6 万元/千瓦估算, 内陆核电市场规模超 1.8 万亿元。

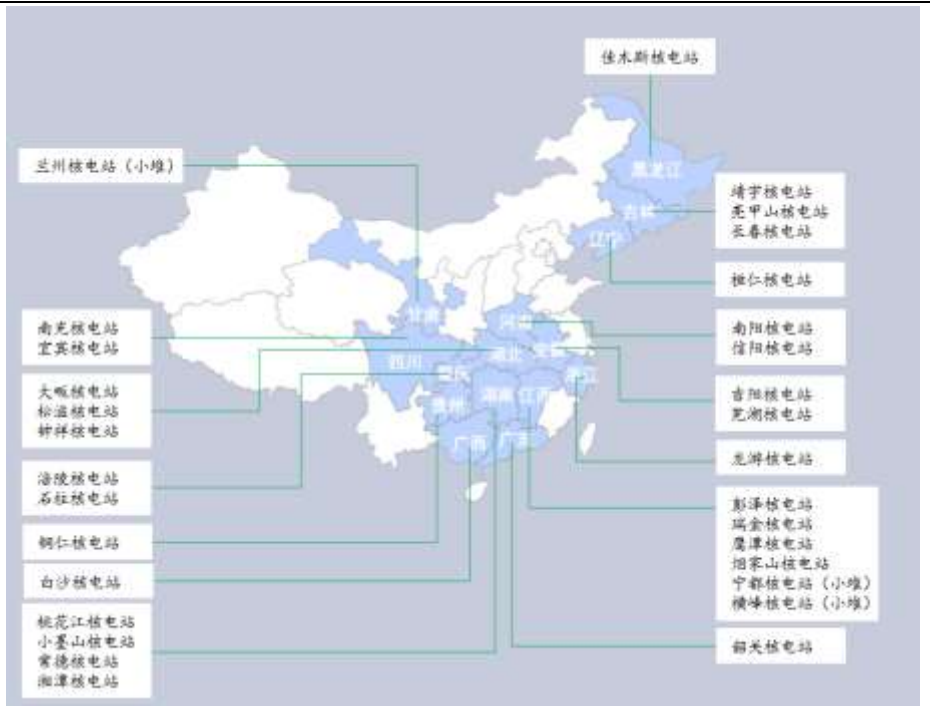
**表 22: 内陆筹建中核电站**

核电站名称	省份	工程进度	机组数量	业主
芜湖核电站	安徽	筹建规划中	4	中广核
吉阳核电站	安徽	筹建规划中	4	中核
贵州核电站 (2 个小堆)	贵州	筹建规划中	4	中广核
南阳核电站	河南	筹建规划中	6	中核
信阳核电站	河南	筹建规划中	4	中广核
大畈核电站	湖北	已展开前期工作	4	中广核
松滋核电站	湖北	筹建规划中	4-6	中广核
钟祥核电站	湖北	筹建规划中	4	中核、大唐
湖北广水核电站	湖北	筹建规划中	4	中核
桃花江核电站	湖南	已展开前期工作	4	中核、华润电力
小墨山核电站	湖南	筹建规划中	6	中电投
常德核电站	湖南	筹建规划中	4	中广核
湘潭核电站	湖南	筹建规划中	4	华电
彭泽核电站	江西	已展开前期工作	4	中电投
瑞金核电站一期 (小堆)	江西	筹建规划中	6	中核
烟家山核电	江西	筹建规划中	4	中核
鹰潭核电站	江西	筹建规划中	4	华能
宁都核电站 (小堆)	江西	筹建规划中	待定	中核
横峰核电站 (小堆)	江西	筹建规划中	待定	中核
三坝核电站	四川	筹建规划中	4	中广核
宜宾核电站	四川	筹建规划中	4	中核
涪陵核电站	重庆	筹建规划中	4	中核、大唐
石柱核电站	重庆	筹建规划中	4	中核
龙游核电站	浙江	筹建规划中	4	中核、浙江能源集团
靖宇核电站	吉林	筹建规划中	4	中电投
亮甲山核电站	吉林	筹建规划中	2	中广核
长春核电站	吉林	筹建规划中	2	中广核
佳木斯核电站	黑龙江	筹建规划中	4	中广核
桓仁核电站	辽宁	筹建规划中	4	国电投
兰州核电站 (小堆)	甘肃	筹建规划中	待定	中核
白沙核电站	广西	筹建规划中	6	中电投
韶关核电站	广东	筹建规划中	4	中广核

总计: 32 个核电站、118 个机组以上 (个别核电站机组数未定)

资料来源: 中国核电信息网、各地方政府网站国信证券经济研究所整理

图 50: 2018 我国筹建中内陆核电站分布图



资料来源:中国核电信息网、各地方政府网站、国信证券经济研究所整理

**趋势四：第四代核电反应堆指明未来技术发展方向**

第四代核电反应堆是未来发展趋势，更安全、更经济、更好的防核扩散性及可持续性。第四代核反应堆系统是在 1996 年美国核安全年会上提出的新一代核电系统，该系统的研发目标是能够解决核能的经济性、安全性、废物处理和防止扩散问题。2001 年 1 月，在美国能源部的倡议下，美国、英国等 10 国成立了第四代先进核能系统国际合作研发论坛(Generation IV International Forum, GIF)，致力于研发可持续利用的、清洁的、安全的、经济的第四代核电技术；2002 年底，GIF 筛选了六种堆型作为第四代核能系统的推荐机型，即超高温堆 (VHTR)、钠冷快堆 (SFR)、超临界水堆 (SCWR)、铅冷快堆 (LFR)、气冷快堆 (GFR) 和熔盐堆 (MSR)。2007 年 11 月中国成为 GIF 的成员国之一。

超高温堆能够提供最高的出口温度，它不仅可以用于发电，还能用于制氢、石油化工等各种工业用热源。其包括两种堆型，一是高温气冷堆 (HTGR)，另一种是高温熔盐冷却堆(先进高温堆 AHTR)。高温气冷堆以氦气作为堆芯冷却剂，由于氦气载热性能较低，因此气冷堆堆芯功率密度低。高温熔盐冷却堆(先进高温堆 AHTR)概念由美国提出，它采用高温熔盐作为堆芯冷却剂，其载热性能好，允许很高的堆芯功率密度。

钠冷快堆 (SFR) 是 GIF 推荐的第 IV 代 6 种堆型中发展时间最长，技术最成熟的堆型。世界上很多国家，包括中国、法国、日本、德国、英国、俄罗斯和美国等都拥有 SFR 建造和运行经验。该堆型可提高铀利用率 60%，同时降低核废料的产生量，从而降低核废物产生。

超临界水堆 (SCWR) 的优势是在于继承现有轻水堆以及超临界火电技术的部分经验。SCWR 从堆芯结构上可以分为压力壳式和压力管式，压力壳式超临界水堆首先由日本开展较全面的研究，后来欧洲和美国也先后开展了大量的研究，压力壳式超临界堆研究是在压水堆和沸水堆的技术基础上开展的。压力管式超临界堆主要是加拿大和俄罗斯研究较多，其中具有代表性的是加拿大在其原来的 CANDU 堆基础上提出 CANDU-SCWR，其延续了 CANDU 堆重水慢化的特点。我国在近几年也开展了一些超临界水堆的研究工作。

**铅冷快堆（LFR）是实现核能可持续发展的解决方案之一，主要有两种技术路线。**两种都是池式设计：小型模块化 LFR，以美国开发的 SSTAR 为代表；中等规模的 LFR，如欧共体开发的欧洲铅冷系统（ELSY）。

**气冷快堆（GFR）是采用氦气作为冷却剂的快中子反应堆。**采用氦气作冷却剂可以达到很高的堆芯出口温度（850℃），这使 GFR 具有发电、制氢及供热等多种用途，同时能保持很高的转换效率。GFR 不需要二回路，可以直接在一回路利用氦气轮机发电或通过热化学方法制氢。多数研究高温气冷堆的国家都开展了气冷快堆的研究。

**熔盐堆最大特点是以液态形式的熔盐作为燃料，它不仅作为燃料在堆芯内达到临界发热，同时作为冷却剂通过流动将堆芯热量带出。**目前国际上熔盐堆主要有三条技术路线：一是以美国 60 年代 MSBR 为代表的（包括日本 80 年代 FUJI 熔盐堆）石墨慢化增殖堆；二是近年来法国主导提出的 TMSR，它是堆芯没有石墨慢化的钍基熔盐快堆；三是俄罗斯主导研究的 MOSART，它以焚烧压水堆乏燃料的铀系元素为主要目的，也是无石墨慢化的熔盐快堆。我国中科院也于 2010 年宣布开始熔盐堆的研究。

**表 23: 第四代核电技术分类**

四代堆型	中子类型	冷却剂	燃料循环方式	原理及技术特点
超高温气冷堆（VHTR）	热中子	氦气	一次	超高温反应堆运用石墨作为减速剂、一次性铀燃料循环、氦气或熔盐作为冷却剂。出水口温度可达 1000° C，堆芯则采燃料束或球床式。借由热化学的硫碘循环，反应堆高温可用于产热或产氢。超高温反应堆具有非能动安全系统。
钠冷快堆（SFR）	快中子	钠	闭式	SFR 以液态钠冷却、钚铀合金为燃料。燃料装入铁护套中，并于护套层填入液态钠，再组合成燃料束。使用液态金属取代水作为冷却剂可以降低钠与水接触会产生爆炸燃烧。SFR 的目的是增加钚滋生钚的效率和减少超铀元素同位素的累积，属于一种非能动安全系统。
超临界水冷堆（SCWR）	热中子或快中子	水	一次/闭式	SCWR 使用超临界水作为工作流体。SCWR 是以轻水反应堆（LWR）为基础，运作于高温高压环境，采取直接、一次性循环。由于 SCWR 具有较高的热效率与简单的设计结构，成为倍受关注的新式核反应堆系统。目前 SCWR 主要目标是降低发电成本。
气冷快堆（GFR）	快中子	氦气	闭式	利用快中子、封闭式核燃料循环对增殖性材料进行高效核转换，并控制铀系元素核裂变产物。冷却剂为 850° C 的氦气。燃料可选择混和陶瓷燃料、先进燃料微粒或铀系化合物陶瓷护套燃料。堆芯燃料会以针状、盘状集束或柱状分布。
铅冷快堆（LFR）	快中子	铅	闭式	铅冷式快反应堆是一种以液态铅或铅铋共晶冷却的反应堆，采用封闭式核燃料循环，燃料周期长。核燃料是增殖性铀与超铀元素的金属或氮化物合金。LFR 以自然热对流冷却，冷却剂出口温度约 550° C 至 800° C。也可利用反应堆高温进行热化学反应产氢。
熔盐堆（MSR）	热中子或快中子	氟、氯盐	闭式	使用熔盐作反应堆的冷却剂。核裂变放出的能量主要被裂变碎片以动能形式带出，通过碎片的碰撞减速，以热能释放。流经堆芯的冷却剂把热带出并通过热交换器传给另一传热介质后再循环回堆芯，构成反应堆的热交换回路。反应堆堆芯结构简单，运行过程中可以连续添加燃料和除去产生的裂变产物，减少了停堆次数和可以有效地利用中子。燃料燃耗不受辐射损伤的限制。

资料来源：世界核协会 WNA，维基百科，国信证券经济研究所整理

**中国第四代核电在高温气冷堆、快堆及熔盐堆建设均处于世界先进水平，目前处于示范堆建设阶段。**目前我国已掌握高温气冷堆的全部关键技术，高温气冷堆的设备几乎 100% 可以实现国产化，具有固有安全性、多功能用途、模块化

建造的特点和优势。2000年12月，清华大学主持研发的10MW高温气冷实验堆在北京建成，成功达到临界，并于2003年并网发电；2012年12月9日，山东石岛湾高温气冷堆开始建设，该项目是国内第一座高温气冷堆示范电站，也是世界上第一座具有第四代核能系统安全特征的20万千瓦级高温气冷堆核电站，目前项目土建工程已进入收尾阶段。与此同时，由中国原子能研发的中国实验快堆于2011年7月成功并网发电，其热功率为65MW，电功率20MW采用钠-钠-水三回路设计，一回路为一体化池式结构该项目是我国第一座快堆，该项目也使得中国成为世界第8个掌握快堆技术的国家；2017年12月，示范快堆工程在福建霞浦开工建设。此外，中国中科院通过A类战略性先导科技专项6年多的实施，已系统掌握了钍基熔盐堆的系列关键技术；2017年4月，甘肃省武威市与中科院签订了在武威市民勤县红砂岗建设钍基熔盐堆核能系统（TMSR）项目的战略合作框架协议，该项目分两期建设，总投资220亿元。

**表 24：第四代核能系统六种推荐堆型**

四代堆型	加拿大	欧盟	法国	日本	韩国	瑞士	美国	中国	南非
超高温气冷堆（VHTR）	√	√	√	√	√	√	√	√	√
气冷快堆（GFR）		√	√	√		√			
钠冷快堆（SFR）	√	√	√	√	√		√	√	
超临界水冷堆（SCWR）		√		√					
铅冷快堆（LFR）		√		√					
熔盐堆（MSR）		√	√					√	

资料来源：科普网，国信证券经济研究所整理

## 投资策略：看好核电设备细分领域的龙头设备企业

短期看，核电利好不断，2018 年有望成为 2011 年福岛核事故之后的核电重启年；长期看，国家发展核电态度积极明确，核电景气趋势向上，海上核电+核废物后处理+内陆核电+核电出口拓展万亿成长空间。我们重点看好核电细分领域市占率高、核电业务占比高的相关公司，建议关注：**台海核电、应流股份、江苏神通**。

### 台海核电：高端材料为躯、先进制造为翼，海陆多元化发展促成长

多元化发展实现由主管道供应商向综合性高端装备制造制造商的转变。公司是掌握先进材料制造和高端装备核心技术的高端装备制造制造商，不断围绕这两个核心优势多元化布局发展，业务已从核电主管道拓展至核电全产业链：从主管道到核岛主设备、从核级材料到核废物后处理、从陆上大堆到海上小堆、从核电到冶金/石化/火电/水电/油气等，未来有望继续拓展航空航天、高铁、海工等多个领域，成长空间极大。

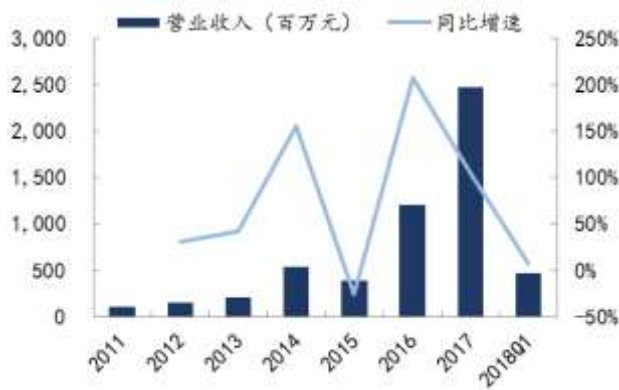
图 51：公司立足材料+装备制造优势，多元化布局核电、民用产业链



资料来源：公司公告，国信证券经济研究所整理

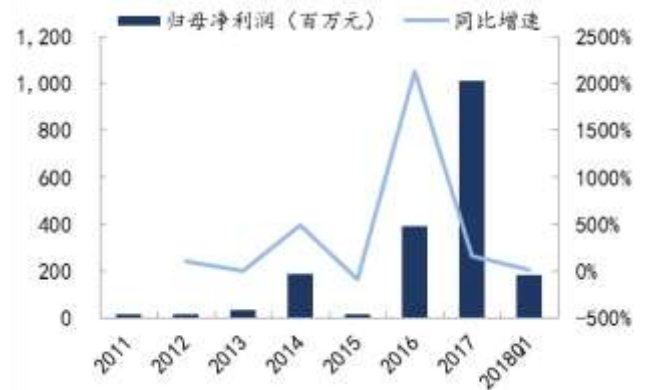
受益于业务多元化发展，公司收入业绩自 2015 年以后持续快速上升。公司自 2015 年上市以来业务不断多元化，收入业绩稳健性增强，呈现持续快速增长的趋势，2017 年公司实现营业收入 24.70 亿元，同比增长 104.1%，归母净利润 10.14 亿元，同比增长 158.5%，呈现持续快速增长的趋势。

图 52: 公司营收自 2015 年后快速上升



资料来源:wind, 国信证券经济研究所整理

图 53: 公司归母净利润自 2015 年后提速增长



资料来源:wind, 国信证券经济研究所整理

公司收入主要来自于核电业务，近年来收入结构不断发生显著变化。公司核电业务 2015、2016、2017 年营业收入分别为 1.2/7.61/18.53 亿元，核电收入占比分别为 50.75%/62.92%/75.04%，均呈现逐年上涨的态势。核电业务本身结构随着业务多元化也发生了显著变化。2015 年，核电业务全部来自于陆上大堆核电业务；2016 年受核电暂停审批影响，陆上大堆核电业务显著下滑，不过新增业务核级材料，核电收入同比大增 281%；2017 年因部分陆上大堆核电主管道提前招标影响，陆上大堆核电主管道业务大幅增长，同时新增海上小堆容器类设备及锻件业务，核级材料业务同比下滑 27.72%，核电业务仍然维持了较高增长，同比大增 143%；2018 年，根据公司公告，海上小堆业务将继续放量，陆上大堆核电将新增核废物后处理系统设备业务，业务的不断多元化将助推公司收入业绩更加稳步增长。

图 54: 公司主营业务以核电业务为主，2017 年占比约 75%



资料来源:WIND, 国信证券经济研究所整理

图 55: 2017 年核电业务新增海上小堆业务，占比约 43%



资料来源:WIND, 国信证券经济研究所整理

### 江苏神通：核电蝶阀、球阀垄断，维修后市场打开新空间

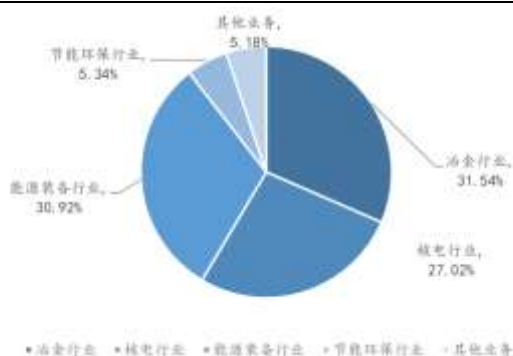
国内阀门行业领先企业，积极推动产业转型升级。公司的主营业务为研发、生产和销售应用于冶金领域的特种阀门、法兰，应用于核电站的核级蝶阀、核级球阀、核级法兰和锻件、非核级蝶阀、非核级球阀及其配套设备，以及应用于煤化工、超（超）临界火电、LNG 超低温阀门和石油石化专用阀门和法兰及锻件。按行业来看，公司主要产品应用领域可划分为冶金行业、核电行业、能源装备等，营收占比分别为 31.5%、27.0%、30.9%。

图 56: 公司主要产品



资料来源:公司官网, 国信证券经济研究所整理

图 57: 公司主营构成 (按行业)



资料来源:WIND, 国信证券经济研究所整理

公司核电蝶阀、球阀处于垄断地位。自 2008 年以来, 公司就成为核电站核级蝶阀和核级球阀的主要中标企业, 获得了 90% 以上的订单。同时公司新开发了核电站地坑过滤器、海水流量调节装置、可视流动指示器、贝类捕集器等新产品, 丰富公司的产品线、提高了公司的核心竞争力。

转型“制造+服务”模式, 看好维修后市场。公司正在积极的布局阀门服务后市场, 推动从“制造”向“制造+服务”转型。以核电业务为例, 随着在运机组数量的不断增加, 核电维保后市场正日趋扩大。新建成核电站一般商运 3-5 年后将有稳定的阀门维修需求。粗略统计, 一台百万千瓦机组蝶阀和球阀维修需求每年约 800-1000 万元左右, 以当前国内核电在运机组按照商运 4 年后具备稳定阀门维修需求估算, 2018 年核电蝶阀、球阀维修市场规模约 2.2 亿元, 2020 年约 3.5 亿元。加之公司正在积极拓展的闸阀、截止阀、止回阀、调节阀产品, 维修后市场空间将进一步扩大。

图 58: 2018Q1 公司营业收入同比增长 61.57%



资料来源:WIND, 国信证券经济研究所整理

图 59: 公司归母净利润稳定增长



资料来源:WIND, 国信证券经济研究所整理

应流股份: 充分受益核电重启, 核电装备、两级叶片双轮驱动

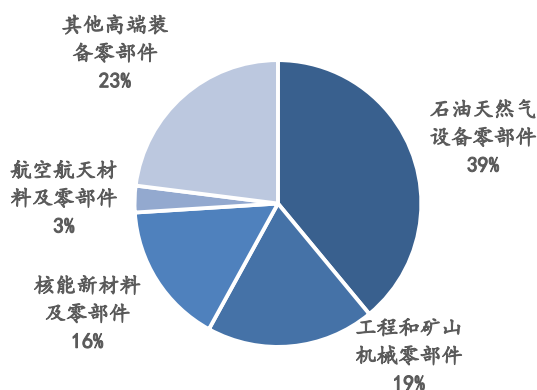
公司为国内专用设备零部件生产领域内领先企业。主要产品为泵及阀门零件、机械装备构件, 应用在航空航天、核电、油气、资源及国防军工等高端装备领域。公司专注于高端装备核心零部件的研发、制造和销售, 制造技术、生产装备达到国内领先水平, 产品出口以欧美为主的 30 多个国家, 营业收入超 60% 来自于海外市场。公司提出“产业链延伸+价值链延伸”的发展战略, 积极参与核电装备、航空发动机、燃气轮机和油气设备的国产化。

图 60: 公司业务涉及多领域



资料来源:公司官网, 国信证券经济研究所整理

图 61: 泵及阀门零件为核心业务, 占比持续超 60%

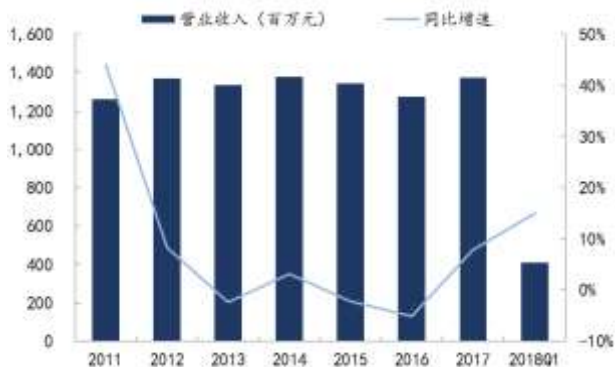


资料来源:WIND, 国信证券经济研究所整理

**核电装备产品链延伸, 核电重启有望拉动业绩快速增长。**公司逐步形成了包括主泵泵壳、金属保温层、中子吸收材料、爆破阀等多个核电产品, 并且在 AP1000 及华龙一号中已有供货业绩。2018 年下半年随着核电项目重启, 公司有望获取大额订单, 业绩将快速持续增长。

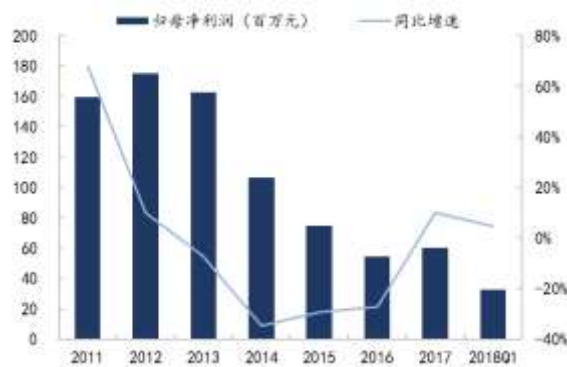
**业绩增速由负转正, 2017 年业绩拐点已至。**受核电审批暂停、国际原油价格下调, 工程机械行业景气度持续下探、以及航空发动机及燃气轮机叶片和核电设备研发投入增大等影响, 过去数年公司营业收入和归母净利润持续下滑。2017 年业绩出现拐点, 实现营业收入 13.75 亿元, 同比增长 7.8%, 实现归母净利润 0.6 亿元, 同比增长 10%。2018 年一季度营业收入同比增长 15%, 归母净利润同比增长 4.6%, 业绩增长趋势继续保持。

图 62: 营业收入增速逆转



资料来源:wind, 国信证券经济研究所整理

图 63: 公司归母净利润自 2015 年后提速增长



资料来源:wind, 国信证券经济研究所整理

### 风险提示:

世界范围内发生核电事故; 国家核电发展政策发生变动; 核电重启进度不及预期。

## 国信证券投资评级

类别	级别	定义
股票 投资评级	买入	预计 6 个月内，股价表现优于市场指数 20%以上
	增持	预计 6 个月内，股价表现优于市场指数 10%-20%之间
	中性	预计 6 个月内，股价表现介于市场指数 $\pm 10\%$ 之间
	卖出	预计 6 个月内，股价表现弱于市场指数 10%以上
行业 投资评级	超配	预计 6 个月内，行业指数表现优于市场指数 10%以上
	中性	预计 6 个月内，行业指数表现介于市场指数 $\pm 10\%$ 之间
	低配	预计 6 个月内，行业指数表现弱于市场指数 10%以上

## 分析师承诺

作者保证报告所采用的数据均来自合规渠道，分析逻辑基于本人的职业理解，通过合理判断并得出结论，力求客观、公正，结论不受任何第三方的授意、影响，特此声明。

## 风险提示

本报告版权归国信证券股份有限公司（以下简称“我公司”）所有，仅供我公司客户使用。未经书面许可任何机构和个人不得以任何形式使用、复制或传播。任何有关本报告的摘要或节选都不代表本报告正式完整的观点，一切须以我公司向客户发布的本报告完整版本为准。本报告基于已公开的资料或信息撰写，但我公司不保证该资料及信息的完整性、准确性。本报告所载的信息、资料、建议及推测仅反映我公司于本报告公开发布当日的判断，在不同时期，我公司可能撰写并发布与本报告所载资料、建议及推测不一致的报告。我公司或关联机构可能会持有本报告中所提到的公司所发行的证券头寸并进行交易，还可能为这些公司提供或争取提供投资银行业务服务。我公司不保证本报告所含信息及资料处于最新状态；我公司将随时补充、更新和修订有关信息及资料，但不保证及时公开发布。

本报告仅供参考之用，不构成出售或购买证券或其他投资标的的要约或邀请。在任何情况下，本报告中的信息和意见均不构成对任何个人的投资建议。任何形式的分享证券投资收益或者分担证券投资损失的书面或口头承诺均为无效。投资者应结合自己的投资目标和财务状况自行判断是否采用本报告所载内容和信息并自行承担风险，我公司及雇员对投资者使用本报告及其内容而造成的一切后果不承担任何法律责任。

## 证券投资咨询业务的说明

本公司具备中国证监会核准的证券投资咨询业务资格。证券投资咨询业务是指取得监管部门颁发的相关资格的机构及其咨询人员为证券投资者或客户提供证券投资的相关信息、分析、预测或建议，并直接或间接收取服务费用的活动。

证券研究报告是证券投资咨询业务的一种基本形式，指证券公司、证券投资咨询机构对证券及证券相关产品的价值、市场走势或者相关影响因素进行分析，形成证券估值、投资评级等投资分析意见，制作证券研究报告，并向客户发布的行为。

## 国信证券经济研究所

---

### 深圳

深圳市罗湖区红岭中路 1012 号国信证券大厦 18 层

邮编：518001 总机：0755-82130833

### 上海

上海浦东民生路 1199 弄证大五道口广场 1 号楼 12 楼

邮编：200135

### 北京

北京西城区金融大街兴盛街 6 号国信证券 9 层

邮编：100032