

核电装备

行业深度分析

审批窗口将打开，核电装备迎春天

投资要点

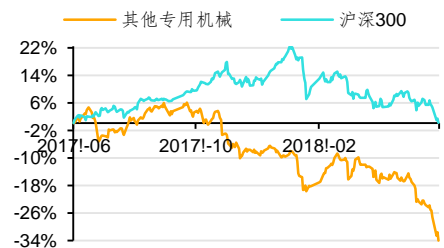
- ◆ **能源短缺和核电经济性推动全球核电市场复苏：**全球核电发展经历了实验示范、快速发展、低潮和复苏四个阶段。纵观整个行业的发展历程，可以发现全球范围内能源短缺以及核电与其他能源相比更高的性价比两次推动核电进入发展高潮，期间发生的几次核事故仅对核电产业造成短期影响。目前，核电产业发展的主要方向是提升安全性和防止核扩散，安全性更高的第三代核电站和能够防止核扩散的第四代核电站将逐步取代目前在运的大部分第二代核电站。随着核电技术的不断成熟和核电的安全性的提高，发生核事故造成整体行业陷入低迷的概率将进一步降低。全球核电市场将长时间处于复苏阶段，核能发电量占发电总量的比例在2016年到达10.03%的低谷后预计将开始回升。
- ◆ **政策导向明确，未来十年是我国核电发展黄金期：**我国核电发展起步较晚，但发展速度较快。1974年，秦山核电站的建成标志着我国核电产业的正式起步。2005年以前，由于我国电力供应相对充裕，核电仅为我国能源供给的补充。2006年，《核电中长期发展规划（2005-2020年）》的出台，确立了核电在我国经济与能源可持续发展中的战略地位，同时也根据1983年回龙观会议的讨论结果，明确了我国已压水堆型为主的核电技术发展方向。我国目前在建机组19台，居世界第一，在运机组38台，居世界第四，总装机容量约58GW。作为核能及核技术运用大国，掌握核技术的自主知识产权将是核电产业未来发展的核心。随着电力发展“十三五”规划对核电装机容量提出的高要求以及《核安全法》的颁布和实行，未来十年内我国核电发展将进入一个黄金时期。
- ◆ **能源安全是国家战略，核能发电成本优势明显：**核电对保障中国能源安全、实现2030年非化石能源占比20%的目标，具有举足轻重的作用。核电的建设可以从三个方面保障我国能源安全：第一，提高能源供给能力，改善能源结构；第二，通过在电力负荷中心建立核电站，可以大大减少煤炭运输，缓解运输压力，减少运输过程能源消费；第三，降低能源对外依存度，提高我国能源抗风险能力（据中国石油集团经济技术研究院，2013年，我国石油和天然气的对外依存度高达58.1%和31.6%，到2030年，中国石油进口量将达到75%）。核电的特点是电站建设成本和运维费用高，投资回报周期长，但燃料费用较低。根据原子能委员会（NEA）与国际能源署（IEA）联合发布的报告，在贴现率为3%和7%的条件下，核电的平准化发电成本都比燃气轮机联合循环发电和煤电要低，其成本优势明显。此外，我国核电站出口的项目不断增多，在巴基斯坦、阿根廷和英国均有项目已经完成或开始动工，核电“走出去”将塑造国家名片。
- ◆ **核电装备行业将显著受益：**核电的产业链可划分为设计、设备制造、建筑安装、运营管理和核燃料供应系统（包括核废料处理）五部分。其中，设计、建筑安装以及运营管理等环节几乎被中核、中广核和国电投三家国企及其子公司垄断，民营企业参与机会较少。但在与核电结合最紧密，附加值最大的核电设备制造领域，民营企业参与机会较多。在核电设备制造中，核岛设备是最关键一环，目前，国

投资评级

领先大市-A 首次

首选股票	评级
601106 中国一重	增持-A
002438 江苏神通	增持-A

一年行业表现



资料来源：贝格数据

升幅%	1M	3M	12M
相对收益	-14.84	-15.15	-34.22
绝对收益	-22.86	-25.78	-34.15

分析师

张仲杰

SAC 执业证书编号：S0910515050001

zhangzhongjie@huajinsec.cn

021-20377099

报告联系人

范益民

fanyimin@huajinsec.cn

021-20377169

报告联系人

王志杰

wangzhijie@huajinsec.cn

021-20377179

相关报告

内供应商除东方电气、上海电气等国企外，包括台海核电、江苏神通等在内的民营企业也成长迅速，在其中的许多领域取得了领先的市场地位。我国核电设备的发展经历了引进、消化、吸收、再创造的阶段，目前国产化率已达较高水平，根据科技部 2017 年 8 月的数据，我国主要推广的三代核电设备综合国产化率已经从 2008 年依托项目的 30% 提高到了 85% 以上。另外，到 2020 年，我国 50 座压水堆每年将卸出乏燃料近 1000 吨，乏燃料累积量将超过 1 万吨，乏燃料后处理需求强烈。随着“十三五”期间核电后处理刚需释放以及国家政策和基金的支持，国内核电设备公司已经开始增加投入力度。在乏燃料后处理设备中，中子吸收材料已经基本完成国产化替代，未来市场空间和附加值更大的乏燃料储罐将成为国产化重点攻关的下一个目标。

- ◆ **重点推荐：**国内能够生产核电大型铸锻件和提供全套核反应堆压力容器、稳压器、蒸汽发生器的企业之一，内部改革效果显著，迈入上升周期的中国一重（601106.SH）；国内核级蝶阀和核级球阀主要供应商，实现了核级蝶阀、球阀产品的全面国产化，在核电阀门产品领域优势地位突出的江苏神通（002438.SZ）。
- ◆ **风险提示：**核安全事故导致整体行业低迷，核电政策落地实施不及预期，核电新技术研发不及预期等。

内容目录

一、	核电发展史	5
(一)	核能用于发电的发展历程.....	5
1、	实验示范阶段.....	5
2、	快速发展阶段.....	6
3、	低潮期.....	6
4、	复苏阶段.....	7
(二)	核电在全球能源结构中占有重要的地位.....	7
1、	2030年,全球核电装机容量将达602GW.....	7
2、	在建核电站主要集中在亚洲.....	8
(三)	安全性不断提升是核电发展的主要方向.....	9
二、	能源安全和节能环保是我国发展核电的主要动力	11
(一)	能源安全是国家战略.....	12
(二)	核电“走出去”塑造国家名片.....	13
(三)	跨省消纳将推动核电基荷运行.....	14
(四)	内陆核电真的不安全吗?.....	15
(五)	我国核电政策指引明确,将开启十年黄金期.....	15
1、	压水堆是我国中短期主力堆型.....	15
2、	掌握自主知识产权是关键.....	17
3、	未来十年是核电行业发展的黄金时期.....	17
三、	核电产业链分析	18
(一)	大型国企垄断核电站设计和建造环节.....	19
(二)	三大运营商角逐,整体格局稳中有变.....	19
(三)	核电设备:国企仍为主力,民企加速崛起.....	20
(四)	核燃料循环孕育可观市场.....	22
四、	重点推荐标的投资建议与盈利预测	25
(一)	中国一重.....	25
(二)	江苏神通.....	26
(三)	台海核电.....	27

图表目录

图 1:	核反应堆技术路线谱系.....	5
图 2:	核电机组投入与停止运营数量统计(1970-2016).....	6
图 3:	各国核电机组并网、在建、规划数量(截至2018年2月底).....	8
图 4:	核电发电占全球总发电量比例(GW,%).....	8
图 5:	全球运营与及在建核电装机量(截止2016年底).....	9
图 6:	核电技术发展历程.....	10
图 7:	压水堆核电站原理.....	11
图 8:	沸水堆核电站原理.....	11
图 9:	我国石油使用量、进口量及对外依存度(万吨).....	12
图 10:	天然气发电、煤发电、核能发电的平准电价.....	13
图 11:	光伏发电、风电的平准电价.....	13
图 12:	法国核电站分布图.....	15

图 13: 美国核电站分布图	15
图 14: 建成与在建核电机组容量测算 (GW)	18
图 15: 核电产业链	18
图 16: 在运核电机组中各业主权益装机占比	20
图 17: 在建核电机组中各业主权益装机占比	20
图 18: 压水堆核电站结构示意图	21
图 19: 乏燃料水池	23
图 20: 芬兰乏燃料地下处置库	23
图 21: 全球核电后处理厂处理能力情况	24
图 22: 处置基金“十三五”末累计近 250 亿	24
表 1: 核电实验示范反应堆	6
表 2: 国际核事件分级表	7
表 3: 在运及在建 (括号内) 堆型及机组数量 (截止 2016 底)	11
表 4: 电力发展“十三五”规划各类发电装机容量 (亿千瓦)	12
表 5: 商运核电机组 2017 年电力生产情况	14
表 6: 我国核电机组并网、在建、规划统计 (截止 2018 年 5 月)	16
表 7: 核岛主设备简介及其主要供应商	21

一、核电发展史

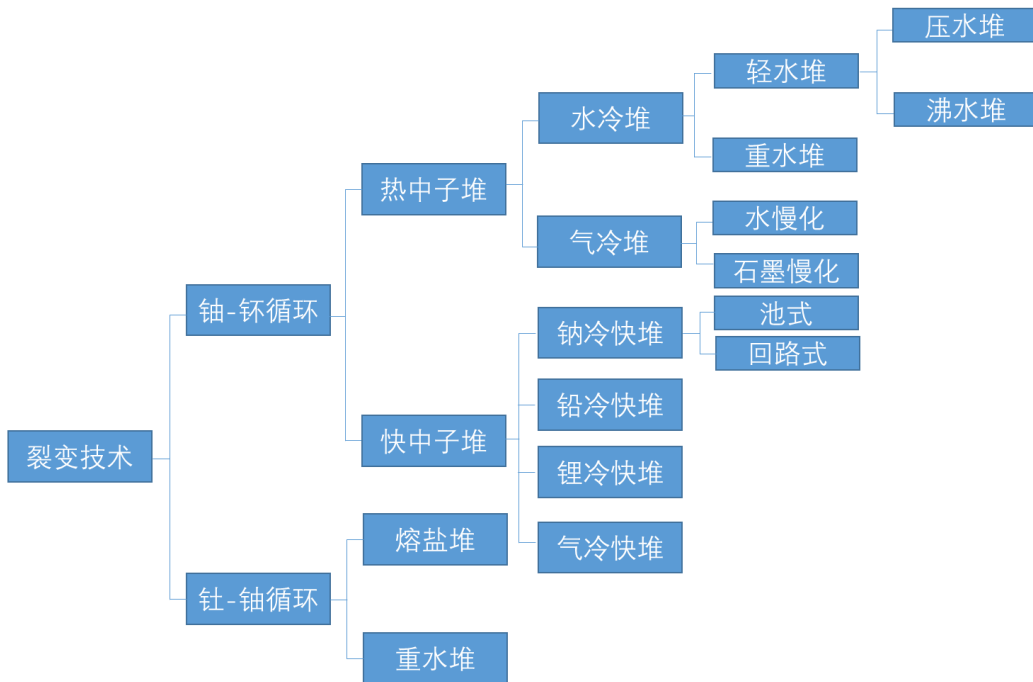
（一）核能用于发电的发展历程

核反应堆是产生可控核裂变、释放出巨大核能的装置，是核电厂的“锅炉”。在核电厂中，核反应堆产生的热量经过热交换、驱动汽轮机和发电机运动转化为电力。核电与水电、煤电构成了世界能源供应的三大支柱，在世界能源结构中有着重要的地位。目前世界上已有 30 多个国家和地区建有核电站。

核反应堆按照中子能量不同、燃料不同、慢化剂和冷却剂不同分为多种类型。按燃料循环分为铀-钚循环和钍-铀循环；按发生反应的中子能量分为热中子反应堆和快中子反应堆；按冷却剂分为轻水堆和重水堆；按慢化剂分为为石墨堆、轻水堆和重水堆。快中子反应堆采用铀 235 或钚 239 做燃料，液态钠做冷却剂，没有慢化剂。

现在比较主流的反应堆技术是热中子轻水堆，轻水做慢化剂和冷却剂。其中又分为压水堆和沸水堆。中国采用的压水堆技术路线，压水堆堆芯所在的压力容器高压达 150 个大气压以上，保证工作水温达到 350 摄氏度。

图 1：核反应堆技术路线谱系



资料来源：华金证券研究所整理

1、实验示范阶段

1954 年，前苏联建成 5MW 实验性石墨沸水堆，是世界上第一座核电站；1956 年英国建成 45MW 原型天然铀石墨气冷堆核电站；1957 年美国建成 60MW 原型压水堆核电站；1962 年加拿大建成 25MW 天然铀重水堆核电站。1954-1965 年间世界共有 38 个机组投入运行，属于早期原型反应堆。

表 1：核电实验示范反应堆

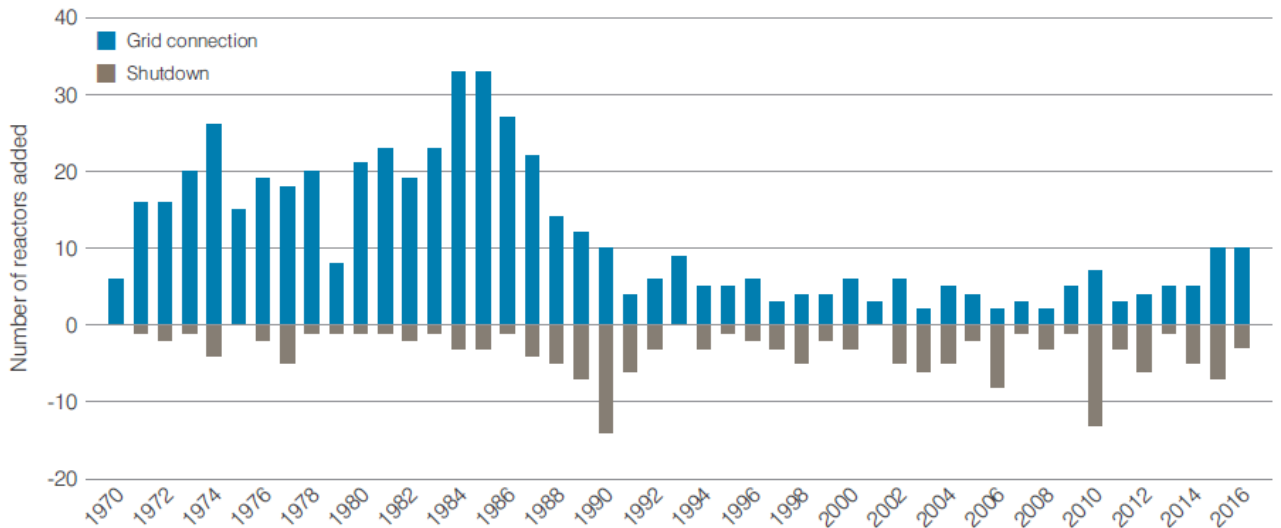
时间	国家	反应堆	功率 (MW)	堆型	慢化剂	冷却剂
1954	前苏联	奥布灵斯克核电站	5	石墨沸水堆	石墨	轻水
1956	法国	马尔库尔基地	40	天然铀石墨气冷堆	石墨	二氧化碳
1956	英国	考尔德豪尔核电站	45	天然铀石墨气冷堆	石墨	二氧化碳
1957	美国	希平港核电站	60	压水堆	加压轻水	加压轻水
1962	加拿大	罗尔夫顿 NPD2 核电站	25	天然铀重水堆	重水	重水

资料来源：华金证券研究所整理

2、快速发展阶段

1966-1980 年间全球共有 242 个机组投入运行。核电在此阶段得以快速发展，一方面受到石油危机的影响，另一方面核电经济性逐渐显现。美国在此期间成批建造了 0.5-1.1GW 压水堆和沸水堆，并出口至其他国家；前苏联建造了 1GW 石墨堆和 0.44GW、1GW VVER 型压水堆；日本、法国引进并消化美国的压水堆、沸水堆技术。法国核电发电量在此期间增加 20.4 倍，核电占比从 3.7% 提升至 40% 以上；日本核电发电量增加 21.8 倍，占比从 1.3% 提升至 20%。

图 2：核电机组投入与停止运营数量统计（1970-2016）



资料来源：世界核能协会，华金证券研究所

3、低潮期

由于 1979 年美国三哩岛（五级事故）以及 1986 年前苏联切尔诺贝利核事故（七级事故），直接导致了 1981-2000 年间世界核电的停滞，人们开始重新评估核电的安全性和经济性。为保证核电厂的安全，世界各国采取了增加更多安全设施、更严格审批制度等措施，以确保核电站的安全可靠。

为了统一划分各国核电厂事故的级别，便于互相通报和与公众进行交流，国际原子能机构和经济合作与发展组织于 1990 年发表了国际核事件分级表。8 个等级中的较低级别（1~3 级）称为事件，较高级别（4~7 级）称为事故，0 级表示无核安全意义的事件。

表 2: 国际核事件分级表

级别	说明	准则	实例
7 级	特大事故	<ul style="list-style-type: none"> ◆堆芯的放射性裂变产物大量逸出至厂区外（其量相当于 1016Bq 碘-131） ◆可能有急性健康效应。在广大地区（可能涉及一个以上国家）有慢性健康效应 ◆有长期的环境后果 	<ul style="list-style-type: none"> ◆1986 年前苏联切尔诺贝利事故 ◆2011 年日本福岛第一核电站事故
6 级	严重事故	<ul style="list-style-type: none"> ◆明显向厂区外逸出裂变产物（其量相当于 1015~1016Bq 碘-131） ◆很可能需要全面实施当地应急计划 	
5 级	有厂区外危险的事	<ul style="list-style-type: none"> ◆有限地向厂区外逸出裂变产物（其量相当于 1014~1015Bq 碘-131） ◆需要部分地实施当地应急计划（如就地隐蔽或撤离） ◆由于机械效应或熔化，堆芯严重损坏 	◆1979 年美国三哩岛事故
4 级	主要在设施内的事	<ul style="list-style-type: none"> ◆少量放射性向厂区外逸出 ◆除了当地食品要控制外，一般不需要厂区外防护措施 ◆堆芯有某些损坏 ◆工作人员所受剂量（1 Sv 量级）可能导致急性健康效应 	
3 级	重大事件	<ul style="list-style-type: none"> ◆极少量放射性（超过规定限值）向厂区外逸出 ◆无需厂区外防护措施 ◆厂区内严重污染 ◆工作人员受过量照射 ◆接近事故状况——丧失纵深防御措施 	
2 级	事件	◆不直接或立即影响安全，但有潜在安全影响	
1 级	异常	◆没有危险，但偏离正常的功能范围，这可能由于设备故障、人因失误或程序不适当所造成	◆2010 年中国大亚湾核电站事件
0 级	安全上无重要意义		

资料来源：原子能工业，华金证券研究所

4、复苏阶段

21 世纪以来，随着世界经济的复苏，以及越来越严重的能源、环境危机，促使核电作为清洁能源的优势又重新显现，同时经过多年的技术发展，核电的安全性进一步提高，世界核电的发展开始进入复苏期，世界各国都制定了积极的核电发展规划。美国、欧洲、日本开发的先进轻水堆核电站，即第三代核电站取得重大进展，有的已投入商运或即将立项。

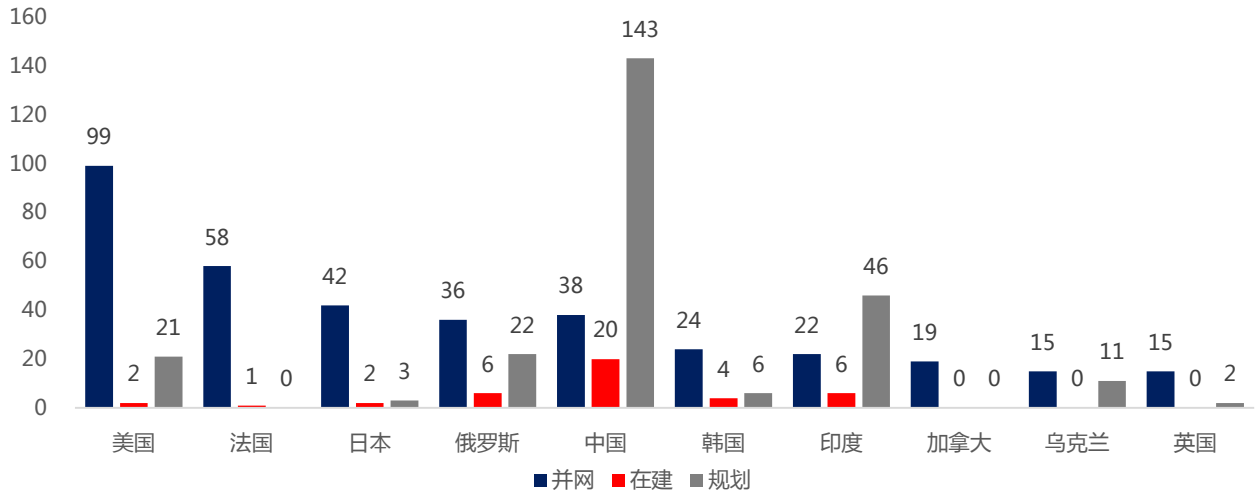
（二） 核电在全球能源结构中占有重要的地位

1、2030 年，全球核电装机容量将达 602GW

根据世界核能协会的数据，截止 2018 年 1 月，全球 30 个国家和地区共有 440 个核电机组，总装机容量为 390GW，发电量约占全球发电量的 11%。美国接近 100 台、法国 58 台、其次机组较多的是日本、俄罗斯、中国。从核电占国家总发电量的比重来看，截至 2017 年末，全球共有 14 个国家和地区超过 20%。其中法国的核电比重高达 76%，韩国占比 30%，美国和俄罗斯接近 20%。而我国核电占发电总量占比不足 3%，对比发达国家，我国仍属于核电应用较低水平。按照全球

目前规划和在建核电机组的统计, 2030 年的全球核电装机容量将达 602GW, 是目前容量 382GW 的 1.61 倍。

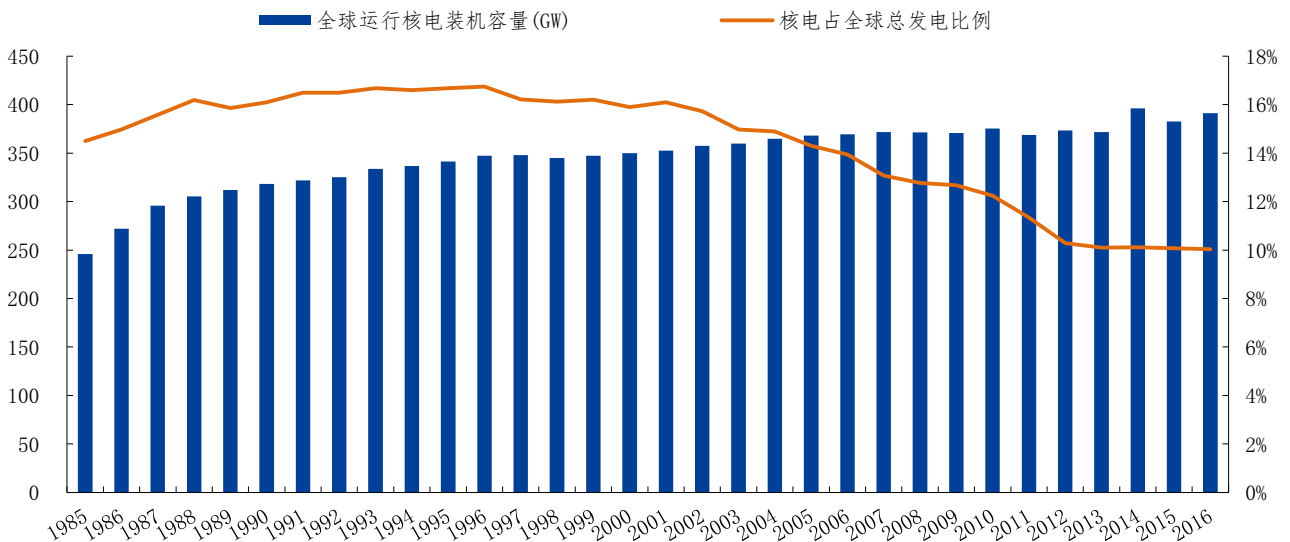
图 3: 各国核电机组并网、在建、规划数量 (截至 2018 年 2 月底)



资料来源: Wind, 华金证券研究所

从历史上看, 全球核能发电量占比逐年增长至 1995 年的 16.75% 峰值, 并成为全球第三大电力来源; 随着老旧机组进入报废高峰期, 而新建机组较少导致, 全球核能发电量占比逐年下滑至 2016 年的 10.03%。

图 4: 核电发电占全球总发电量比例 (GW, %)

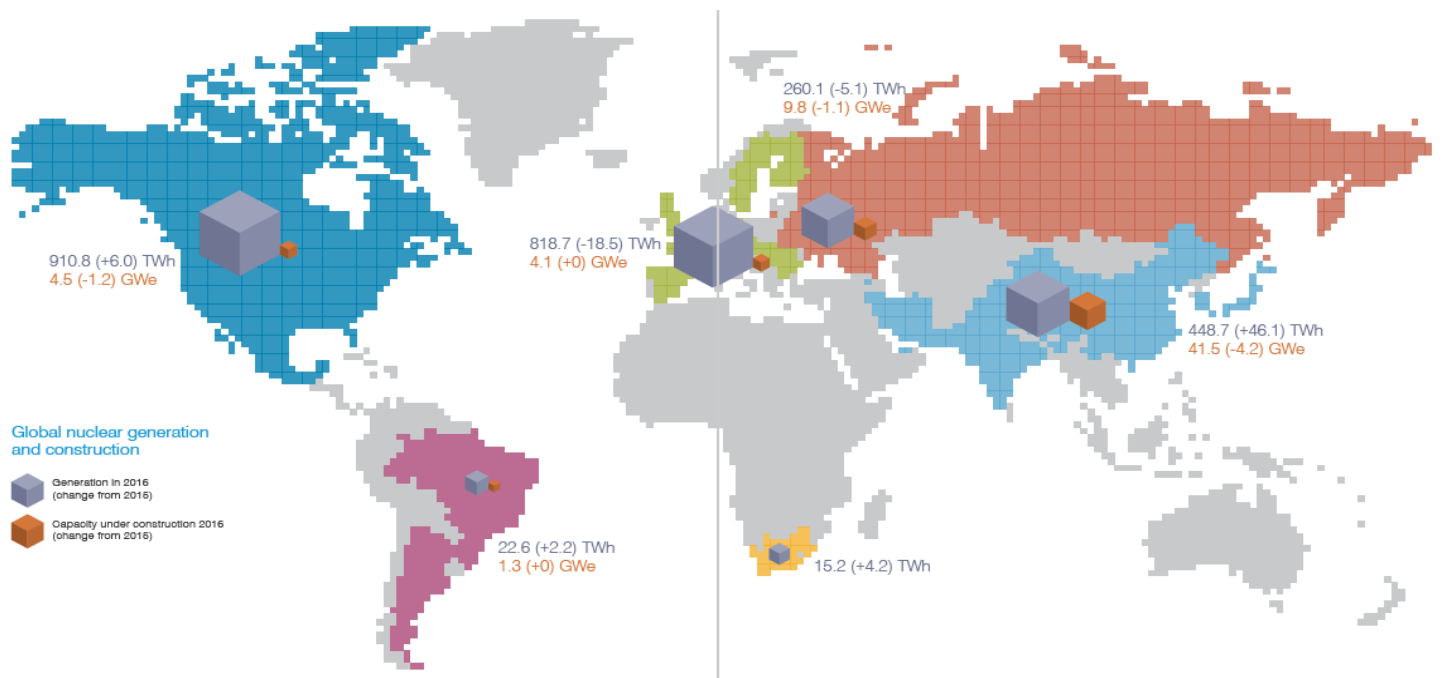


资料来源: 世界原子能, BP, IEA, 世界核协会, 华金证券研究所整理

2、在建核电站主要集中在亚洲

据世界核能协会, 2016 年世界核电站提供 2476TWh 的电力, 这是从 2012 年以来连续第四年保持增长。自从 1954 年核能发电以来, 全球运营核电机组逐年增长, 2018 年 3 月达到 394GW。

图 5：全球运营与及在建核电装机量（截止 2016 年底）

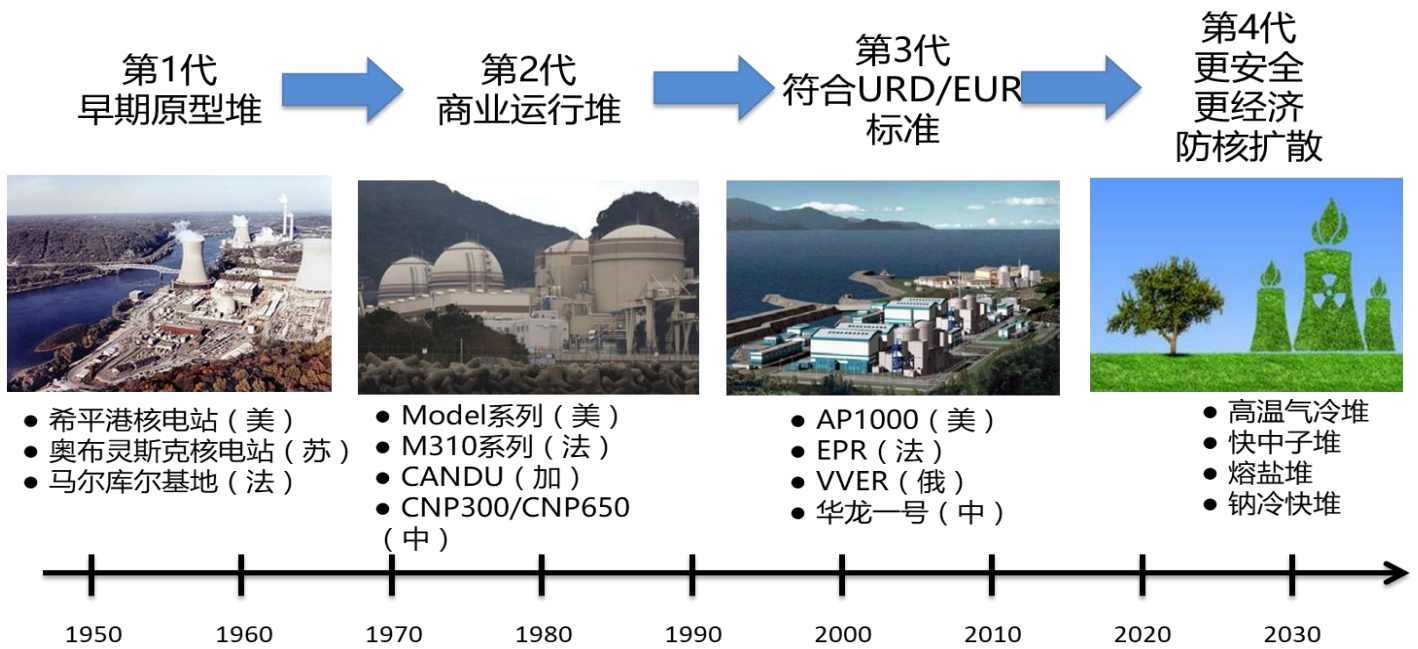


资料来源：世界核能协会，华金证券研究所

（三） 安全性不断提升是核电发展的主要方向

核电站技术方案可分四代。第一代核电站为原型堆，主要用于验证核电设计、建造及商业运营前景；第二代核电站为技术成熟的商业堆，目前运营中的核电站绝大部分属于第二代核电站；第三代核电站为符合 URD 或 EUR 标准的核电站，安全性和经济性均有较大的提高，属于未来发展的主要方向之一；第四代核电站强化了防止核扩散等方面的要求，目前处在原型堆技术研发阶段。

图 6: 核电技术发展历程



资料来源: 国家统计局, 华金证券研究所

第一代核电站开发与建设开始于二十世纪 50 年代, 主要目的是通过试验示范形式验证核电站工程实施的可能性。1954 年, 前苏联建成电功率为 5 兆瓦的实验性核电站; 1957 年, 美国建成电功率为 9 万千瓦的 shipping port 原型核电站, 这些成就证明了利用核能发电的技术可行性。国际上把上述实验性和原型核电机组称为第一代核电机组。

60 年代后期, 在实验性和原型核电机组基础上, 陆续建成电功率在 30 万千瓦的压水堆、沸水堆、重水堆、石墨水冷堆等核电机组, 它们在进一步证明核能发电技术可行性的同时, 使核电的经济性也得以证明。上世纪 70 年代, 因石油涨价引发的能源危机促进了核电的大发展。目前世界上商业运行的四百多座核电机组绝大部分是在这段时期建成的, 习惯上称之为第二代核电机组。

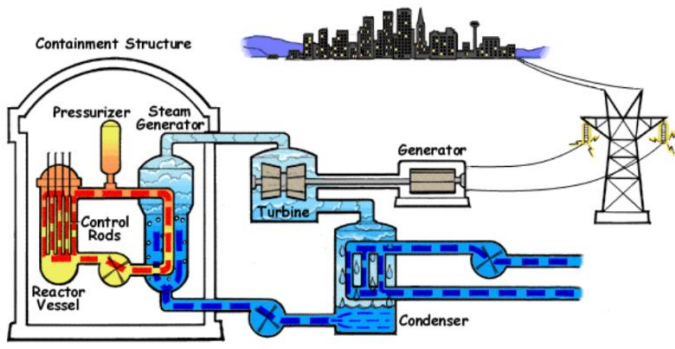
商业化的第二代核电站主要以轻水堆 (包括压水堆和沸水堆) 和重水堆为主。其中, 二代压水堆典型代表为美国西屋公司 (Westinghouse) 推出的 Model 212、312、314、414 系列压水堆、美国燃烧工程公司推出的 System80 系列压水堆和法国的法玛通公司推向市场的 CPY 和 M310 系列压水堆; 二代沸水堆典型代表为美国通用电气、日本日立以及东芝推出的 BWR 沸水堆; 而二代重水堆商用代表堆型是加拿大原子能有限公司和安大略水电公司研制的 CANDU 堆。

压水堆主要由核岛和常规岛组成。压水堆核电站核岛中的四大部件是蒸汽发生器、稳压器、主泵和堆芯。在核岛中的系统设备主要有压水堆本体, 一回路系统, 以及为支持一回路系统正常运行和保证反应堆安全而设置的辅助系统。常规岛主要包括汽轮机组及二回系统等, 其形式与常规火电厂类似。

沸水堆是以沸腾轻水为慢化剂和冷却剂并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。

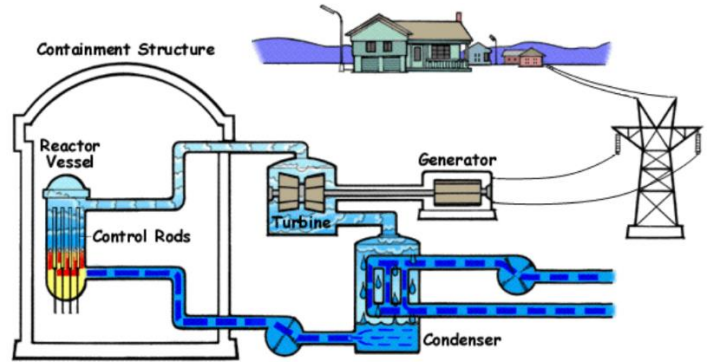
它们都需使用低富集铀作燃料。沸水堆核电站系统有：主系统、蒸汽-给水系统、反应堆辅助系统等。

图 7：压水堆核电站原理



资料来源：中国核电信息网，华金证券研究所

图 8：沸水堆核电站原理



资料来源：中国核电信息网，华金证券研究所

90 年代，为了解决三哩岛和切尔诺贝利核电站的严重事故的负面影响，世界核电业界集中力量对严重事故的预防和缓解进行了研究和攻关，美国和欧洲先后出台了“先进轻水堆用户要求”文件（URD）和“欧洲用户对轻水堆核电站的要求”（EUR），进一步明确了预防与缓解严重事故、提高安全性和改善人因工程等方面的要求。国际上通常把满足 URD 文件或 EUR 文件的核电机组称为第三代核电机组。

表 3：在运及在建（括号内）堆型及机组数量（截止 2016 底）

地区	沸水反应堆	快中子反应堆	高温气冷堆	轻水石墨反应堆	加压重水反应堆	压水堆	合计
亚洲	28 (+4)	1 (+1)	(+1)		25 (+4)	83 (+30)	137 (+40)
非洲						2	2
东欧&俄罗斯		2		15		33 (+11)	50 (+11)
北美	36				19	65 (+4)	120 (+4)
南美					3	2 (+2)	5 (+2)
西欧&中欧	14		14		2	104 (+4)	134 (+4)
总计	78 (+4)	3 (+1)	14 (+1)	15	49 (+4)	289 (+51)	448 (+61)

资料来源：世界核能协会，华金证券研究所

第三代核电技术本身即以高安全系数为设计出发点，采用“非能动”安全系统，在核电站发生紧急状况时，核电安全壳上方水箱内的冷却水无需电能，仅依靠自身重力即可对反应堆进行冷却喷淋，使反应堆达到安全状态。第三代核电技术以美国西屋公司非能动先进压水堆 AP1000 和欧洲先进压水堆 EPR 为典型代表。

2000 年 1 月，在美国能源部的倡议下，美国、英国、瑞士、南非、日本、法国、加拿大、巴西、韩国和阿根廷等十个有意发展核能的国家，联合组成了“第四代国际核能论坛”（GIF），于 2001 年 7 月签署了合约，约定共同合作研究开发第四代核能技术。根据设想，第四代核能方案的安全性和经济性将更加优越，废物量极少，无需厂外应急，并具备固有的防止核扩散的能力。高温气冷堆、熔盐堆、钠冷快堆就是具有第四代特点的反应堆。

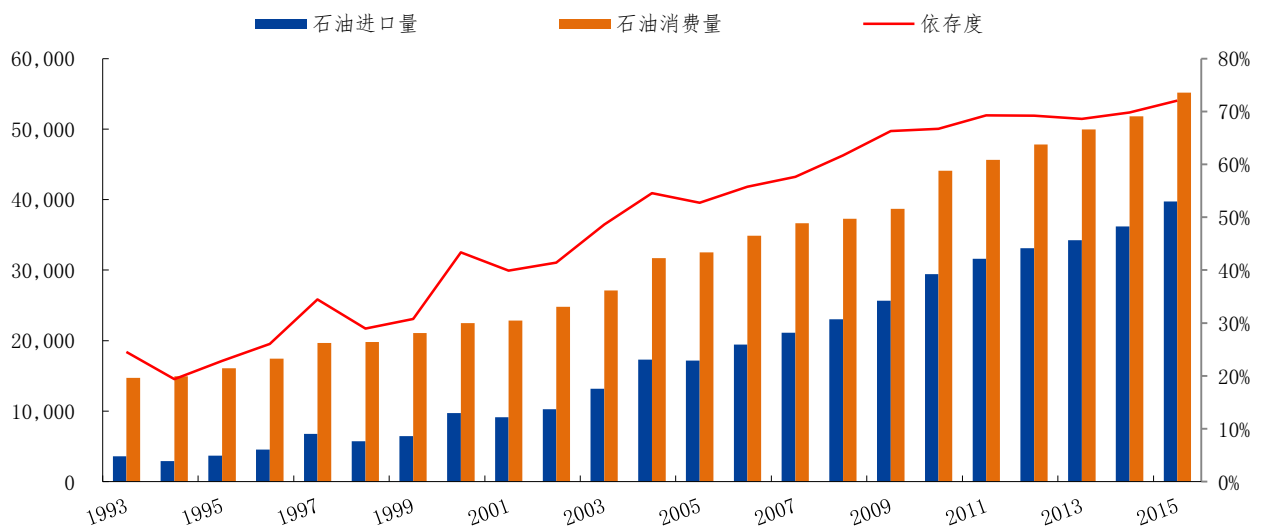
二、能源安全和节能环保是我国发展核电的主要动力

（一）能源安全是国家战略

核电对保障我国能源安全、实现 2030 年非化石能源占比 20% 的目标，具有举足轻重的作用。业界普遍认为，长远看核电是唯一能够大规模替代火电的基础能源。相对于火电发电方式，核电具有不排放污染气体，能源转换效率高优势；相对于水电和风电等能源，核电不受季节和气候影响，发电高效稳定。

当前，我国石油、天然气对外依存度逐年增大，据中国石油集团经济技术研究院发布《2013 年国内外油气行业发展报告》称，2013 年，中国石油和天然气的对外依存度高达 58.1% 和 31.6%，中国已经成为全球第三大天然气消费国，同时报告估计，到 2030 年，中国石油进口量将达到 75%。较高的对外依存度以及变幻莫测的国际形势，大大增加了我国石油进口的风险，进而影响我国的能源安全和国家安全。

图 9：我国石油使用量、进口量及对外依存度（万吨）



资料来源：Wind，华金证券研究所

我国目前一次能源供应中，煤炭占比约 70%；而我国煤炭生产基地在华北山西、陕西和内蒙古西部，远离煤炭消费中心的东部沿海，形成了强大的煤炭流，运量大而运距长。历年煤炭运量占铁路使用量的 40% 以上，沿海和长江中下游水运量中煤炭占三分之一。这给运输带来巨大压力，也给煤炭价格带来上涨压力。此外，西部水电开发的西电东送，给建设高山峻岭的高压输电走廊带来难题。

表 4：电力发展“十三五”规划各类发电装机容量（亿千瓦）

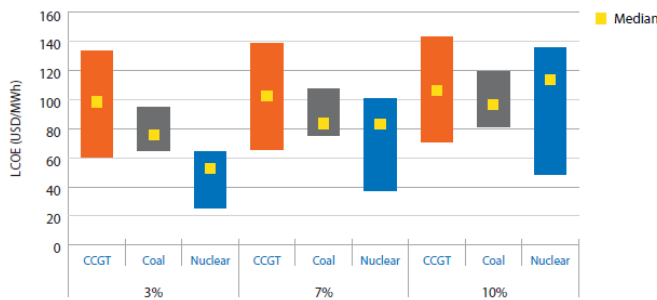
发电类型	2015 年装机容量	2020 年装机容量	增长率	2015 年占比	2020 年占比
核电	0.27	0.58	114.81%	1.85%	3.01%
太阳能发电	0.42	1.1	161.90%	2.87%	5.71%
气电	0.66	1.1	66.67%	4.51%	5.71%
风电	1.31	2.1	60.31%	8.95%	10.89%
水电	2.97	3.4	14.48%	20.30%	17.63%
煤电	9	<11	22.22%	61.52%	57.05%

资料来源：华金证券研究所整理

通过以上分析，核电的建设对于保障我国能源安全作用主要体现在以下几点：第一，提高了能源供给能力，改善了能源结构；第二，通过在电力负荷中心建立核电站，可以大大减少煤炭运输，缓解运输压力，减少运输过程能源消费；第三，降低能源对外依存度，提高我国能源抗风险能力。

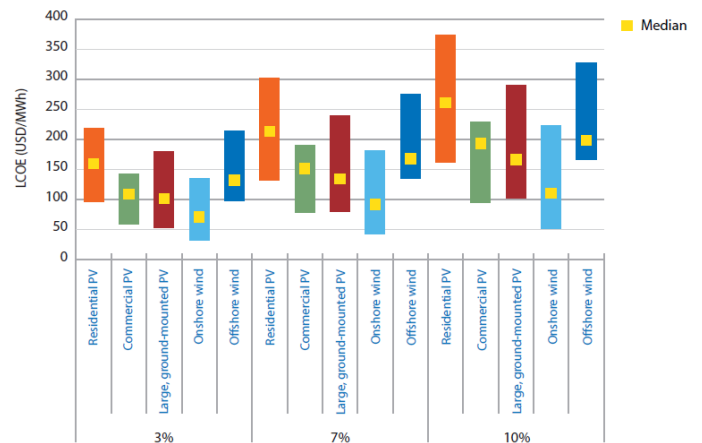
另一方面，核能发电成本优势明显。从经济性上看，核电具有建设成本高、燃料费用相对较低、运行维护费用相对较高及投资回报周期较长的特点。2016年原子能委员会（NEA）与国际能源署（IEA）联合发布《Projected Costs of Generating Electricity 2015 Edition》报告中，假设CO₂排放价格为30美元/吨，在贴现率分别为3%、7%、10%的条件下，燃气轮机联合循环发电（CCGT）、煤电和核电的平准化发电成本（LCOE）在以3%的贴现率，核电成本是最低；若按照7%的贴现率，核电成本的中位数约为煤电的90%。另外，报告还对比了可再生能源发电技术中太阳能光伏（住宅、商业、地面）和风力发电（陆上、海上）的平准化发电成本。很明显，成本范围是明显大于气、煤、核基础技术发电。

图 10：天然气发电、煤电、核能发电的平准电价



资料来源：IEA, NEA, 华金证券研究所

图 11：光伏发电、风电的平准电价



资料来源：IEA, NEA, 华金证券研究所

（二）核电“走出去”塑造国家名片

目前我国核电出口地主要为巴基斯坦。目前商运的四台均是中核集团主导的恰希玛核电站1-4号机组，使用的是自主CNP300技术，并分别于2000年、2011年、2016年、2017年先后商运；巴基斯坦卡拉奇核电站的K2与K3分别于2015年、2017年先后FCD，均使用国产“华龙一号”（ACP-1000）技术，由中国中原对外工程有限公司承建；另外，中核与巴基斯坦于2017年11月签订了恰希玛核电站5号机组（C-5项目）的商务合同。

核电出口短期有望落地的国家是阿根廷。中核与阿根廷核电在2017年5月签订的将在2018年开工建设一台70万千瓦CANDU-6型重水堆核电机组，在2020年开工建设一台百万千瓦级“华龙一号”压水堆核电机组。

英国核电站项目落地将为我国核电技术进入发达国家奠定良好的基础，实现中国核电“走出去”的历史性突破。2016年9月，英国政府正式批准欣克利角C机组核电项目动工。欣克利角C项目计划建造两台核电机组，由中广核集团牵头的中方联合体与法国电力集团共同投资建设，

中方股比 33.5%。英国欣克利角 C 核电项目是中广核集团与法国电力集团、英国政府签署的英国兴建核电项目一揽子协议的一部分。该一揽子协议还包括赛兹韦尔 C、布拉德维尔 B，共三大项目，总投资 180 亿英镑。布拉德维尔 B 项目中方控股 66.5%，由中方主导兴建，将首次采用中国自主研发的“华龙一号”世界主流三代核电技术。

中广核与 EDF 已共同成立合资公司——通用核能系统有限公司(GNS)，开展华龙技术在英国的通用设计审查工作。GDA 是世界上最为严苛的核电技术审查，目前只有法国的 EPR 技术花费了 66 个月顺利通过。美国的 AP1000 技术在通过美国监管当局审查的情况下，仍然被提出几十项改进意见，至今仍在审核中。华龙一号作为第 6 个申请英国通用设计审查的堆型，计划在 5 年左右完成。

除了核电站建设出口，在技术合作方面成果颇多。如中美合资公司环球创新核能技术有限公司成立，将推动第四代核电技术行波堆的研究；中核集团通过开展加纳微堆低浓化项目，形成了“加纳模式”。

（三） 跨省消纳将推动核电基荷运行

从中国核能行业协会发布的 2017 年商运核电机组电力生产运营情况看，红沿河 2-4 号、宁德 4 号、福清 3 号、昌江 1-2 号，防城港 1 号均出现了由于电力需求疲弱，电网要求临时停机的情况。2017 “两会”期间，包括中国三大核电集团“一把手”在内的多名全国政协委员将联名提交《保障核电按基荷运行，落实低碳绿色发展战略》提案，建议明确核电按基荷运行，实现核电多发满发，并加强跨省区电网通道建设和利用，推动核电集中跨区送电，保障核电消纳。

表 5：商运核电机组 2017 年电力生产情况

机组	所属省份	2017 年运行情况
红沿河核电厂 2 号机组	辽宁	1 月上旬至 2 月中旬应电网要求临停备用，3 月中旬至 4 月下旬应电网要求停机，5 月初至 6 月初应电网要求停机，6 月中下旬应电网要求降功率运行，9 月底至 12 月下旬应电网要求多次降功率运行。
红沿河核电厂 3 号机组	辽宁	4 月下旬至 5 月初应电网要求进入季节性停运状态，6 月中下旬至 8 月初应电网要求降功率运行，12 月应电网要求多次降功率运行并在月底进入季节性停运状态。
红沿河核电厂 4 号机组	辽宁	1 月下旬至 3 月中旬应电网要求临停检修，4 月初至 4 月中旬应电网要求降功率运行，4 月下旬至 6 月中旬进行了专项检修，6 月下旬至 7 月底应电网要求降功率运行，7 月底至 10 月中旬因 220kV 开关站二期工程扩建进入季节性停运状态，11 月下旬应电网要求进入季节性停运状态，截至 12 月底仍处于停运状态。
宁德核电厂 4 号机组	福建	1 月下旬至 2 月上旬应电网要求调停，2 月下旬至 3 月中旬应电网要求降功率运行，4 月上旬应电网要求停机备用，4 月中旬应电网要求降功率运行，4 月底至 5 月中旬应电网要求降功率运行，随后因电网线路改造停机至 6 月底，8 月下旬至 10 月中旬进行了第 1 次换料大修。
福清核电厂 3 号机组	福建	1 月下旬至 2 月上旬因小修及电网要求停机，6 月中旬至 6 月底应电网要求停机，3 月中旬至 4 月初、4 月下旬至 6 月初、7 月底至 8 月上旬、9 月底至 10 月底应电网要求降功率运行，10 月底开始进行第 1 次换料大修，截至 12 月底大修仍在进行。
昌江核电厂 1 号机组	海南	4 月至 12 月大部分时间应电网要求降功率运行。
昌江核电厂 2 号机组	海南	2 月下旬因电网调停开展机组小修，10 月中旬按计划短暂停机，11 月中旬末开始进行第 1 次换料大修，截至 12 月底，大修仍在进行；其余时间基本处于 75% 额定功率运行状态。
防城港核电厂 1 号机组	广西	4 月底至 5 月上旬、5 月底至 6 月初、7 月初至 7 月下旬应电网要求停机备用，8 月中下旬两次应电网要求周

机组	所属省份	2017 年运行情况
号机组		未临停备用，4月中下旬、5月中下旬、6月下旬至7月初、7月下旬至8月中下旬、10月上旬应电网要求降功率运行。

资料来源：中国核能行业协会，华金证券研究所整理

根据今年3月国家能源局发布《2018年能源工作指导意见》，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。而大力建设特高压将是摆脱核电消纳困境，继续推动解决部分地区核电限发问题，促进核电多发满发的重要途径，对核电产业发展将起到巨大推动作用。

（四） 内陆核电真的不安全吗？

核电是绿色、低碳、清洁的能源，但在我国推动内陆核电的过程中依然存在障碍。1979年美国三哩岛核事故、1986年前苏联切尔诺贝利核事故以及2011年日本福岛核事故加重了内陆核电站建设的阻力。但从历史上的这三起核事故，均是由于早期建成的核电站设计不够完善，人为不当处理；而目前的三代及四代核电技术具备防止人为失误设计，自动控制系统可实现自动安全停堆及余热导出，可有效避免类似的核事故发生；选址上也充分剔除隐患，地震水平一般较低。

从全球核电技术应用较为领先的法国和美国核电站在全国布局来看，法国共有19座核电站（58台机组），其中14座（40台机组）为内陆核电站，占法国核电机组的69%。在法国共有8条河流，每条河流沿岸均建有核电站；美国65个核电站（104台机组）中有39个核电站（64台机组）位于内陆地区，占美国所有核电机组的63%。

图 12：法国核电站分布图



资料来源：中国核电信息网，华金证券研究所

图 13：美国核电站分布图



资料来源：中国核电信息网，华金证券研究所

（五） 我国核电政策指引明确，将开启十年黄金期

1、压水堆是我国中短期主力堆型

我国核电发展起步较晚，但发展速度较快。20世纪70年代初，我国开始对核电站进行最初的试验研究。1974年，我国自行设计了第一座核电站，即秦山核电站，同时我国也成为了世界上第七个能够完全依靠自己力量自行设计、建造核电站的国家。1993年和1994年，我国从法国引进的两套M310型90万千瓦核电机组在广东大亚湾并网发电，标志着我国在核电建设领域首度展开国际合作。

1994-2005年这一阶段我国电力供应相对充裕，核电被定位为我国能源的补充，核电发展方针为“适度发展”。1994年，我国开始建造秦山二期2台65万千瓦压水堆机组，并参考大亚湾核电站进行“翻版和改进”。21世纪初，我国建设了岭澳2台法国压水堆机组、秦山三期2台加拿大压水堆机组、田湾2台俄罗斯压水堆机组。

随着我国经济快速发展，能源电力供给日益成为我国经济、社会发展的瓶颈，核能尤其是核电的重要地位逐渐凸显。2006年国务院常务会议审议通过了《核电中长期发展规划（2005-2020年）》，明确指出“积极推进核电建设”，确立了核电在我国经济与能源可持续发展中的战略地位。

表6：我国核电机组并网、在建、规划统计（截止2018年5月）

	技术	并网	在建	规划
二代	压水堆 CNP300（自主）	秦山一期（1）		
	重水堆 CANDU6（加拿大）	秦山三期（2）		
	压水堆 M310（法国）	大亚湾（2）		
	压水堆 AES-91（俄罗斯）	田湾一期（2）		
二代+	压水堆 CNP650（中核）	秦山二期（2）、秦山二期扩建（2）、昌江一期（2）		
	压水堆 M310改进型（中核）	福清一期（4）	田湾三期（2）	
	压水堆 CPR1000（中广核）	红沿河一期（4）、宁德一期（4）阳江一期（4）、岭澳一期（2）、岭澳二期（2）、方家山（2）、防城港一期（2）		
三代	VVER-1000/428（俄罗斯）	田湾二期（1）	田湾二期（1）	
	EPR（法国）	台山一期（1）	台山一期（1）	
	AP1000（美国）		三门一期（2）、海阳一期（2）	陆丰一期（2）、徐大堡一期（2）
	ACPR1000（中广核）		红沿河二期（2）、阳江二期（2）	
	CAP1000（中电投）			三门二期（2）、湛江一期（2）、海阳二期（2）
	CAP1400（中电投）			石岛湾（6）
	华龙一号（中核/中广核）		防城港二期（2）、福清二期（2）	漳州一期（2）、宁德二期（2）、昌江二期（2）
四代	高温气冷堆		石岛湾（1）	
	快中子堆			霞浦（1）

资料来源：中国核电信息网，华金证券研究所整理

我国核电发展技术路线明确，以压水堆型为主的核电发展方向。这是在1983年召开的回龙观会议上讨论确定的。回龙观会议确定的核电发展技术路线得到了贯彻，在核电中长期发展规划

提出坚持发展百万千瓦级先进压水堆核电技术路线，按照**热中子反应堆、快中子反应堆、控核聚变堆的“三步走”**的步骤开展工作，同时确定了中国核电燃料选择**闭合循环技术路线**。目前国内除秦山三期两台重水堆以及石岛湾一台高温气冷堆外，其它核电机组均为压水堆。

2、掌握自主知识产权是关键

目前，中国大陆在运核电机组 39 台（约 38GW）、在建机组 18 台（约 20GW），总装机容量约 58GW。中国大陆在运核电机组规模位列世界第四位，在建核电机组规模位列第一位，核能在我国已进入规模化发展的新时期，中国正在成为核电发展的中心。到 2020 年，中国核电运行和在建装机容量将达到 88GW。

目前我国具备自主知识产权的主要是**华龙一号、CAP1400、高温气冷堆、低温供热堆**。华龙一号是在中广核和中核研发的 ACPR1000+和 ACP1000 的基础上联合开发并拥有完整的自主知识产权。目前华龙一号已经获得 743 件专利和 104 项软件著作权，范围覆盖了设计技术、专用设计软件、燃料技术、运行维护技术等领域，满足了中国核电走出去的战略要求；**高温气冷堆和低温供热堆**也是拥有多项专利和软件著作权的具有完全自主知识产权的中国技术；**CAP1400** 是在引进、消化、吸收 AP1000 的基础上，通过国家科技重大专项研发再创新开发出来的大型先进压水堆核电机组，知识产权归我国，根据 AP1000 引进合同约定，可以对外出口。

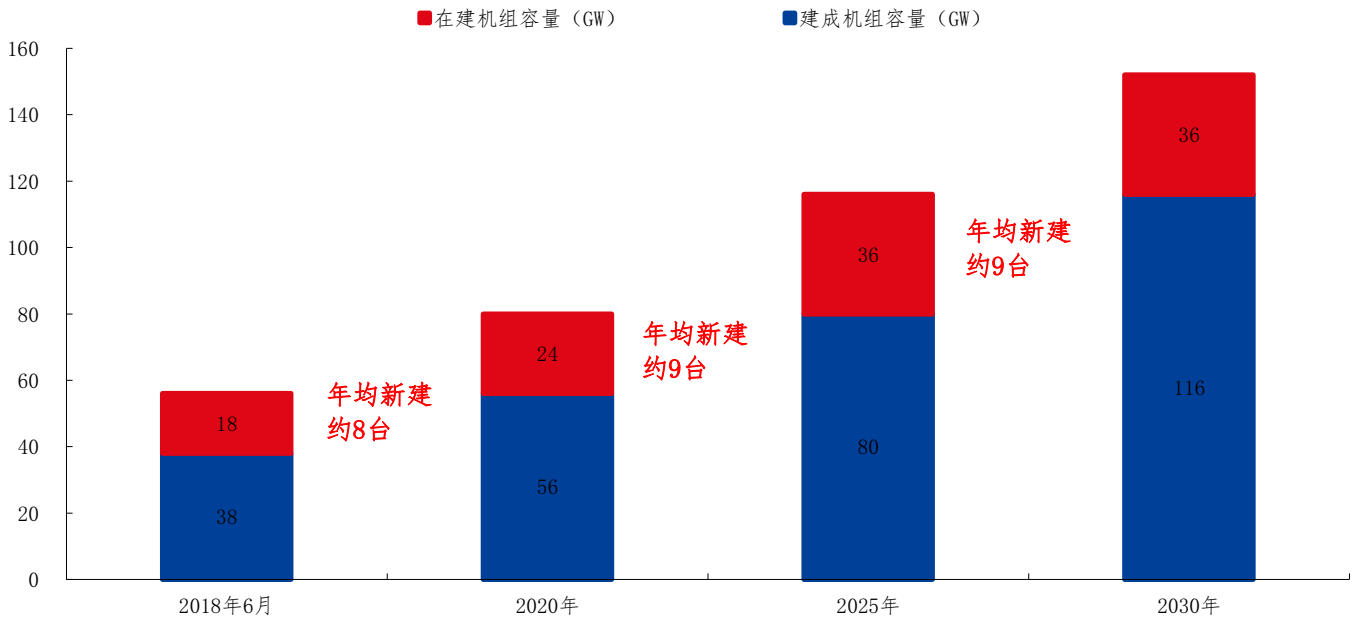
3、未来十年是核电行业发展的黄金时期

一方面，我国是核能及核技术应用大国，在建机组数量居世界第一。据世界核运行者协会（WANO）统计，我国核电机组的运行指标大多数高于世界平均水平，部分指标处于国际先进水平，在建核电机组质量受控。另一方面，核能发展伴生核安全风险，核安全是核能行业的生命线。历史上，三次重大核电事故均导致全球核电发展步伐的减慢甚至停滞。

2017 年 9 月 1 日，我国《核安全法》发布，并于 2018 年 1 月 1 日开始施行。《核安全法》对核设施的选址、设计、建造、运行，核材料以及相关放射性废物实行全过程、全链条的监管和风险控制，对保障我国核能行业的安全、高效发展具有重要意义，是对我国积累了近 30 年的核能管理经验上升至法律层面上，实现了对核设施的全方位、全领域、全周期的安全监管。

从核电政策指引上，2016 年制定的电力发展“十三五”规划，到 2020 年核电装机容量达到 58GW，在建容量 30GW 以上。这一核电政策指引与 2012 年的核电中长期发展规划（2011-2020）相一致。目前，我国核电运行装机容量为约 38GW，占全国电力装机约 2.14%。2017 年，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%。

图 14：建成与在建核电机组容量测算（GW）

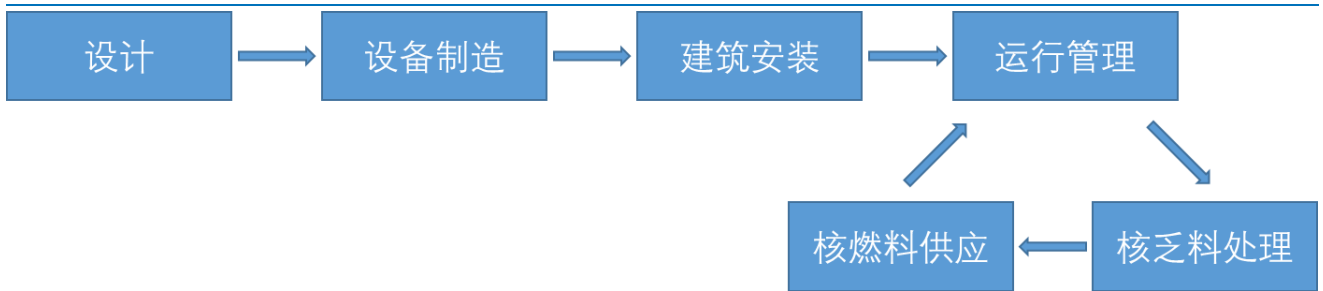


资料来源：华金证券研究所预测

三、核电产业链分析

通常来说，核电的产业链可划分为设计、设备制造、建筑安装、运营管理和核燃料供应系统（包括核乏料处理）五部分。

图 15：核电产业链



资料来源：世界核能协会，华金证券研究所

核电站的运营需要较高的安全防护能力，对于核电站运营商的技术能力要求极高。因此，核电站的运营处于寡头垄断状态，国家允许控股核电站的运营商仅有中核工业集团、中广核集团和国家电力投资集团三家。有鉴于此，核电产业链中的从事设计、建筑安装以及核燃料供应的企业也大多与三大运营商密切相关。目前，核电站设计的主要参与者均为三大运营商的全资子公司，包括中核旗下的中国核动力院、中核工程，中广核旗下中广核工程以及国电投旗下的国核电力院和上海核工院。从事核电站以及核电设备建筑安装的企业则主要有中国核建、国核工程以及中原对外工程等。在核燃料供应方面，核电所需的燃料铀矿的开发及提炼均由中核集团旗下的中国核燃料有限公司垄断。

在核电产业链中，设计、建筑安装、运营管理和核燃料供应等环节的主要参与者均为大型国企，其中上市公司较少。但在与核电结合最紧密，附加值最大的核电设备制造环节，市场相对开放，民营企业参与机会较多，因此这一环节也成为了核电产业链中最值得关注的领域。

（一） 大型国企垄断核电站设计和建造环节

在核电站建设初期，主要受益的企业为研发和设计公司、核电设备制造公司以及建筑施工企业。在这几个环节中，除核电设备制造环节外，核电站的研发、设计以及建筑施工等环节均被大型国企垄断。

目前，核电站设计的主要参与者均为三大核电公司的全资子公司：中核集团旗下的中国核动力院、中核工程；中广核集团旗下中广核工程；国电投集团旗下的国核电力院和上海核工院。从事核电站建筑施工以及核电设备安装的企业则主要有中国核建、国核工程（国电投集团全资子公司）和中原对外工程（中核集团全资子公司），其中中国核建占据了最大的市场份额。2018年1月，国务院批准中核与中国核建进行重组，中国核建将整体划入中核集团。随着这一核电行业重大资产重组事件的落地，核电产业链中的建筑安装环节也几乎为三大核电公司所垄断。

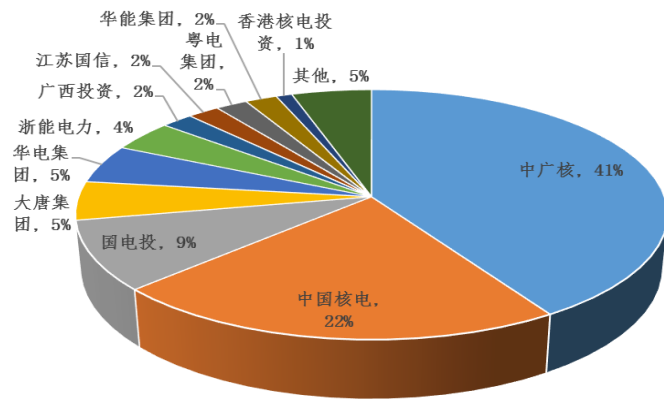
形成这一垄断现象的主要原因为，目前核电站的业主方一般仍然是三大核电公司或核电公司与其他电力公司的合资公司，业主方会天然倾向于选择自有的研发设计公司 and 建设公司进行电站的研发设计以及建筑施工，因此民营企业参与的机会较少。

（二） 三大运营商角逐，整体格局稳中有变

鉴于核事业的特殊性，国家对核电项目的控股股东实行准入制度，对安全、经验、资金、专业人才等方面都提出了很高要求。目前，只有中核集团、中广核集团和国家电投在内的三家央企，上报其控股的核电项目时才有可能获批。因此，该三家公司被认为事实上拥有“核电牌照”，形成三大核电集团的“三足鼎立”。在核电站项目中仅这三家核电运营企业能获得控股权，其他诸如几大发电集团欲参与核电站开发建设只能以参股的形式，在项目上并不能占据主导地位。

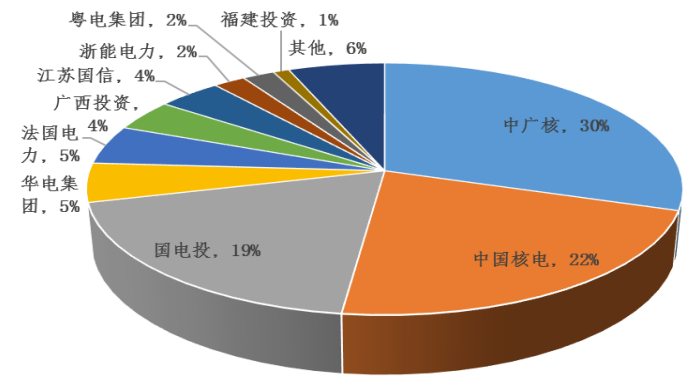
截至2018年2月，我国共有38台在运核电机组，全部由中核和中广核两家集团控股，国电投仅参股红沿河核电站的4台核电机组；正处在建设阶段的核电机组有19台，除石岛湾核电站的1台机组由华能集团控股外，其余18台核电机组控股股东均为三大运营商。三家企业权益装机在已投运机组中的比例为71.1%，其中中广核40.7%、中核21.7%、国家电投8.7%；而在19台在建机组中，三家企业的权益装机占比达到了71.0%，其中中广核30.3%、中核21.5%、国电投19.2%。

图 16：在运核电机组中各业主权益装机占比



资料来源：中国产业信息网，华金证券研究所

图 17：在建核电机组中各业主权益装机占比



资料来源：中国产业信息网，华金证券研究所

除了三家具有控股资质的核电巨头外，华能、大唐、国电、华电这四大电力集团也分别参股了数个已投运及在建的核电项目。在这样的背景下，出现了大唐集团联手国电投、中广核投资核电站，华能集团、国电集团、华电集团分别于中核集团合资建设核电站，深能源联手中广核投资核电站等多起合作案例。未来这些电力集团都有可能获得独立建设和运营核电站的可能，2006 年底，华能集团取得石岛湾核电站的控股权也印证了这一点。除了四大电力集团以外，福能、浙能、申能、粤电等地方能源集团在本省的核电项目中也拥有一定股权。

核燃料铀主要来源于天然的铀矿。铀矿具有一定的放射性，因此铀矿的开采对于生产企业的技术要求极高，民营企业一般很难参与。主要参与企业是中核、中广核、国核三大核电企业下属的铀矿公司，以及一些矿业企业（部分铀矿与其他资源矿伴生）。而中核集团旗下的中国核燃料有限公司则垄断了铀矿的后续开发和提炼程序。

由于一般核电站的设计寿命是 40 年左右，而我国的核电产业始于 19 世纪 70 年代初，因此在未来的十到二十年内，我国最早建立的一批核电站将面临延寿或退役的选择，核电产业链有望进一步延伸。其中，核电站退役是指核电站在达到其使用寿命后，对其进行妥善管理和处置的工作。退役主要包括“去污”与“拆除”两个过程。“去污”即是去除表面松散或较坚固的放射性沉积物的清洗过程；“拆除”即是拆除所有带放射性的设备和材料。而延寿则是指核电站在达到其使用寿命后，通过核安全监管部门的评审，申请运行许可证延续，延长其服役时间，继续保持核电站的运行。不管是选择退役还是延寿，核电站在到达设计寿命时，都将为其运营商、建造商和设备供应商带来巨大的市场空间。据北极星电力网，到 2030 年全球将有 200 多台现役核电机组关闭，约占全球现役核电机组的一半，退役市场规模预计超过 1000 亿美元。

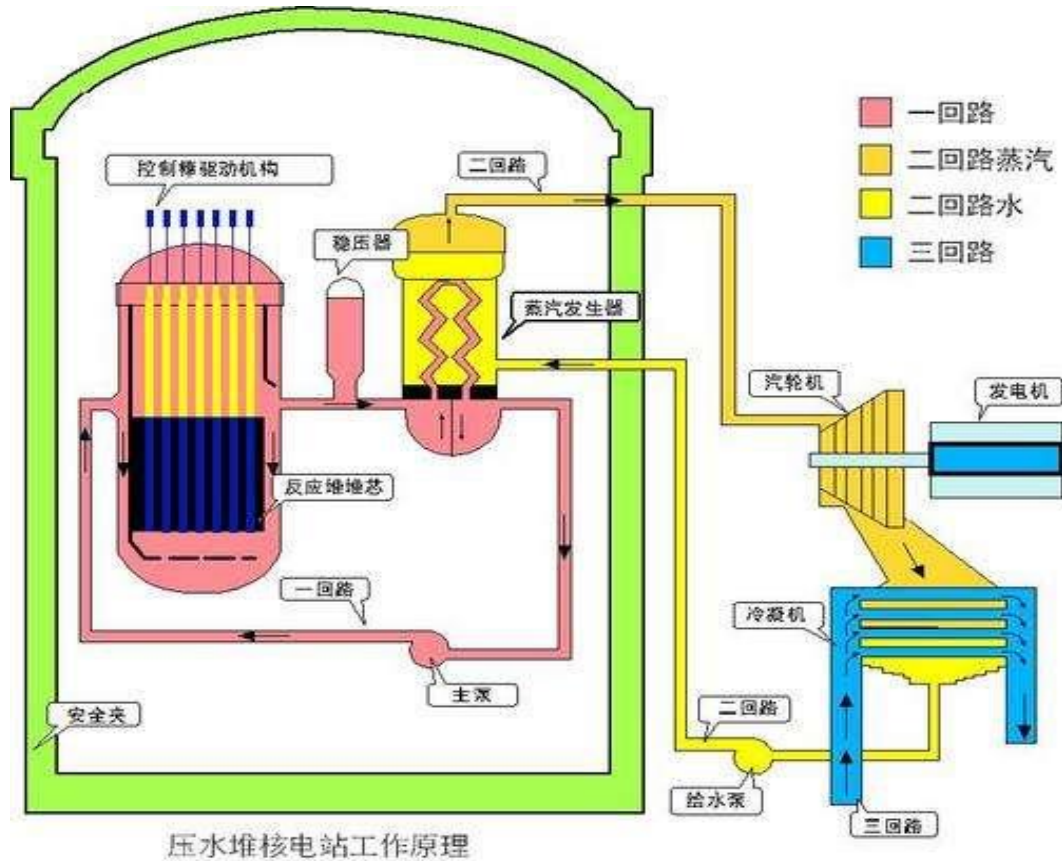
（三） 核电设备：国企仍为主力，民企加速崛起

在核电产业链中，核电设备可以说是与核电结合最紧密的，这一环节的附加值最大，民营企业参与的机会相对较多，是整个产业链中比较值得关注的领域。

核电设备制造主要是指核反应堆制造、核电核心设备制造（不含核反应堆）及核电辅助设备制造，也就是核电设备的几大组成部分：核岛（一回路）、常规岛（二回路、三回路）和辅助设

备 (BOP) 系统。所谓核岛, 是对核电站安全壳内的核反应堆及与反应堆有关的各个系统的统称, 核岛的主要功能是利用核裂变能产生蒸汽, 也就是核裂变反应真实发生的地方, 对设备和材料要求极高; 所谓常规岛, 是对核电装置中汽轮发电机组及其配套设施和它们所在厂房的统称, 常规岛的主要功能是将核岛产生的蒸汽的热能转换成汽轮机的机械能, 再通过发电机转变成电能, 其配套设施要求和普通火电站并无太大区别。

图 18: 压水堆核电站结构示意图



资料来源: 网络资料, 华金证券研究所

从核电投资看, 核岛设备投资占核电站建设总投资的比例约在 30%-40%左右, 常规岛设备投资占比约 10%-15%, BOP 设备投资占比约 7%-10%。从利润率看, 核岛设备的毛利率有 30%-35%, 常规岛毛利率仅 5%-10%, 常规岛设备和 BOP 设备跟普通火电站差别不大, 产品成熟, 竞争激烈, 因此核岛设备是核电设备制造中最关键的一环。

核岛设备主要包括压力容器、主泵、蒸汽发生器、稳压器、主管道、堆内构件、控制棒驱动机构等组成部分。国内核岛设备主要的供应商为上海电气、东方电气、哈尔滨电气、中国一重和二重等国有企业。近年来, 包括台海核电、纽威股份、应流股份、江苏神通、浙富控股等在内的民营核电设备企业快速成长, 在主管道、阀门、主泵泵壳、控制棒驱动机构等领域取得了领先的市场地位。

表 7: 核岛主设备简介及其主要供应商

主设备名称	简介	主要供应商
压力容器	核反应堆在压力容器中反应	东方电气 (600875)、上海电气 (601727)、中国一重 (601106)、

主设备名称	简介	主要供应商
容器		科新机电(300092)、海陆重工(002255)、哈尔滨电气(1133.HK)、西核公司、大连宝原、中国二重
主泵	被称为核电站心脏。反应堆压力容器中的高温高压水，在蒸汽发生器内通过热交换传给二回路中的水和蒸汽，通过主泵重新进入反应堆压力容器。	东方电气(600875)、上海电气(601727)、中国一重(601106)、哈尔滨电气(1133.HK)、沈鼓、中国二重
蒸汽发生器	一二回路的枢纽，将反应堆产生的热量传递给二回路，产生蒸汽，从而驱动汽轮发电机发电	东方电气(600875)、上海电气(601727)、中国一重(601106)、哈尔滨电气(1133.HK)
稳压器	主要功能是控制核岛中水的压力变化，提供超压和低压保护	东方电气(600875)、上海电气(601727)、中国一重(601106)、哈尔滨电气(1133.HK)、西核公司
主管道	被称为核电站主动脉。连接反应堆压力容器，主泵和蒸汽发生器	台海核电(002366)、中国一重(601106)
堆内构件	主要功能是支撑定位核燃料组件	中国一重(601106)、上海电气(601727)、东方电气(600875)
控制棒驱动机构	反应堆动作部件，通过控制棒组件在堆芯上下抽插，实现反应堆启动，功率调节等	上海电气(601727)、东方电气(600875)、浙富控股(002266)、中国一重(601166)
核级阀门	主要包括主蒸汽安全阀、主蒸汽隔离阀、主给水调节阀、余热导出安全阀等	江苏神通(002438)、中核科技(000777)、纽威股份(606399)、大连大高

资料来源：公司公告，华金证券研究所整理

我国核电设备的发展经历了引进、消化、吸收、再创造的阶段。在发展新核电技术的初期，首台机组一般以国外设备为主，到了后期，国产厂家依托该机组进行不断的研发，快速推进核电设备的国产化。以国核技从西屋公司引入 AP1000 技术为例，首建的三门 1 号和海阳 1 号两台机组主要采用国外企业生产的核电设备，供应商包括斗山、EMD、西屋等。到三门 2 号和海阳 2 号建造时，基本完成了设备国产化，但主泵和爆破阀等少数设备仍需国外核电设备企业供应。目前，我国在压力容器、蒸汽发生器、主管道等领域已实现国产化，屏蔽电机主泵、数字仪控系统、爆破阀等核心设备均已完成样机制造，高温堆控制棒驱动机构、燃料装卸料系统等已实现供货。根据科技部 2017 年 8 月的数据，我国主要推广的三代核电设备综合国产化率已经从 2008 年依托项目的 30% 提高到了 85% 以上。

（四）核燃料循环孕育可观市场

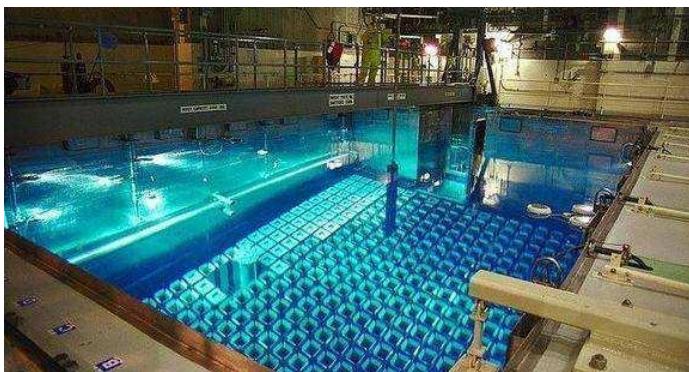
乏燃料是经受过辐射照射、使用过的核燃料。在反应堆内，核燃料经过中子轰击发生核反应，经过一段时间把它从堆内卸出，此时的燃料含有大量没有用完的可增殖材料 ^{238}U 或 ^{232}Th 等，因燃料的铀含量降低，无法继续维持核反应，所以叫乏燃料。

乏燃料后处理可提高铀资源利用率，解决核燃料资源不足问题。核燃料元件在经过裂变反应发电后，大约仍有 95% 的铀没有被燃烧，同时，经过反应后又会产生一些新核素（1% 的钚和 4% 的其他核素），通过后处理过程，可回收这些可用的铀和钚，再制成 UO_2 和 MOX 用于热堆或者快

堆使用；其次，乏燃料后处理的分离-嬗变，可减少核废料量及优化废物管理；乏燃料后处理可去掉长寿命放射性核素，降低废物长期毒性，经过后处理与后续分离并嬗变以后，其放射性衰减期由几十万年缩短到 1000 年左右，有效地降低了乏燃料的长期放射性毒性。

乏燃料处理一般有三种方式：一是送往后处理设施，直接从废物中回收其中所含的铀和钚；二是存放在中间贮存设施；三是放入地质处置库进行最终处置。目前，世界范围内的大多数乏燃料都贮存在其来源地的核电厂。根据所选定的处置路线，最终处置库可能因此接收未经处理的乏燃料。处置库是用于处置乏燃料等核材料的地下装置，通常位于地面以下数百米深处能够确保放射性核素与生物圈长期隔离的稳定地质构造中。

图 19：乏燃料水池



资料来源：国际电力网，华金证券研究所

图 20：芬兰乏燃料地下处置库



资料来源：网易科技，华金证券研究所

国际上核燃料循环分为闭式核燃料循环和一次通过式核燃料循环两种技术路线。闭式核燃料循环是指回收乏燃料中的铀、钚等易裂变材料以及可以利用的次锕系元素等物质，易裂变材料再加工制造成核燃料组件，其他放射性核素作为废物最终处置；而一次通过式核燃料循环是指将乏燃料作为放射性废物直接最终处置。目前，采取一次通过式技术路线的国家有瑞典、加拿大、西班牙和美国；采取闭式循环技术路线的国家，有中国、法国、英国、俄罗斯、日本和印度。

我国乏燃料后处理需求强烈，乏燃料后处理建设迫在眉睫。截至 2018 年 2 月，我国（不包括台湾地区）投入商运核电站机组达 38 台，在建核电机组 19 台，这 57 台机组分布在浙江、广东、江苏、辽宁、福建、广西、海南、山东 8 个沿海省区的 13 个核电厂址，机组增加意味着更多的乏燃料需要后处理。按照我国核电中长期发展规划目标，2020 年我国大陆运行核电装机容量将达到 5800 万千瓦，核电站乏燃料产生量也将日益增加；按每年卸出 20 吨测算，至 2020 年，我国每年产生的乏燃料将超过 1000 吨，乏燃料累计总量约 1 万吨，而到 2025 年累计将达 1.4 万余吨，乏燃料后处理需求强烈。

在我国乏燃料处理需求强烈的背景下，乏燃料后处理建设进度却显得有些滞后。目前，大亚湾核电厂的乏燃料水池已饱和，田湾核电厂乏燃料水池也接近饱和，已经建成的离堆乏燃料湿法储存设施也已经接近设计之初的存储最高极限。同时，和国际相比，我国乏燃料后处理能力相对落后，全球现有商用乏燃料后处理能力为 5210 吨/年，其中，法国乏燃料后处理能力为 1700 吨/

年，英国为 2700 吨/年，俄罗斯为 400 吨/年，印度为 410 吨/年。而我国尚未建成商用大型乏燃料后处理厂，只有一座动力堆乏燃料后处理中间规模试验工厂，乏燃料后处理建设已经迫在眉睫。

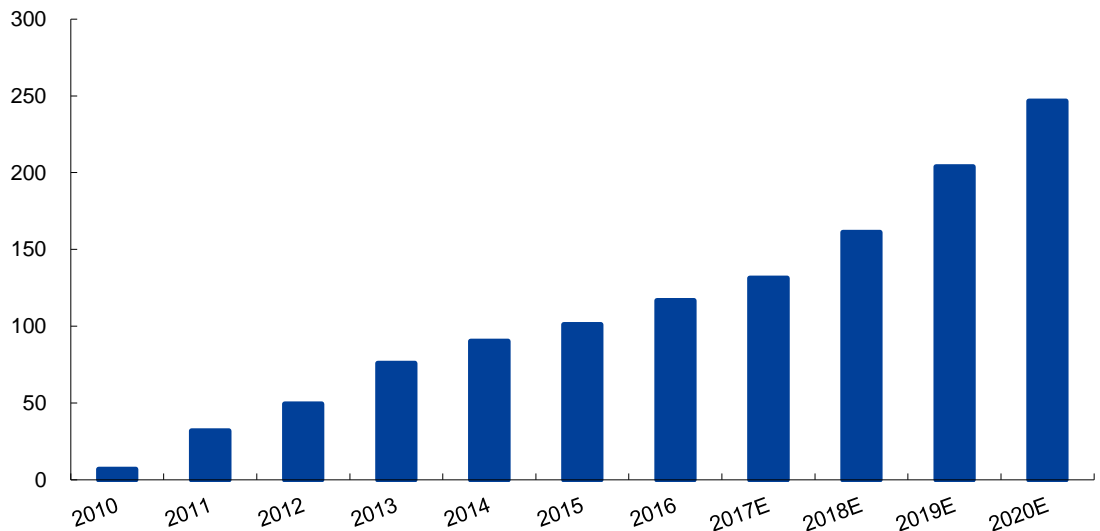
图 21：全球核电后处理厂处理能力情况

国家	后处理厂	年处理能力（吨/年）
法国	UP2-800、UP3 后处理厂	1700
英国	THORP 后处理厂	1200
英国	镁诺克斯后处理厂	1500
俄罗斯	玛雅克 RT-1 后处理厂	400
印度	特朗贝中试厂、塔拉普尔后处理厂	410
合计		5210

资料来源：孙学智，全球乏燃料后处理现状与分析，华金证券研究所

在国家发展改革委、国家能源局 2016 年印发的《能源技术革命创新行动计划（2016~2030 年）》中“乏燃料后处理与高放废物安全处理处置技术创新”成为了核能行业技术两大创新重点之一。在“十三五”规划纲要中，也明确了十三五期间要“建设 5 座中低放射性废物处置场和 1 个高放射性废物处理地下实验室”，核废料处理作为百大工程项目之一，已经提高到国家高度。同时，我国已为乏燃料后处理提供了基金，根据《核电站乏燃料处理处置基金征收使用管理暂行办法》规定，商运满五年的压水堆核电机组应根据实际上网电量按照 0.026 元/千瓦时的标准提取并上交乏燃料处理处置基金，用于乏燃料的运输、离堆贮存、后处理以及高放射性废物的处理处置等。

图 22：处置基金“十三五”末累计近 250 亿



资料来源：财政部，华金证券研究所

随着“十三五”期间核电后处理需求释放以及国家政策和基金的支持，国内核电设备公司已经开始增加投入力度，产业链国产化正蓬勃发展。

2016 年 7 月，安泰核原新材料科技有限公司（台海集团与安泰科技合资）已具备年产 300 吨中子吸收材料的生产能力，成为我国自主研发先进压水堆核电站重大专项 CAP1400 示范工程首堆中子吸收板供货厂家。这标志着我国具备了批量生产中子吸收材料的能力，打破了国外技术垄断，对促进我国核电发展具有重要意义。

2017年12月，国家科技重大专项及中核集团科技专项“龙舟-CNSC 乏燃料运输容器研制”项目中原型样机通过验收，并具备了批量化生产能力。这标志着我国成功自主研发了大型乏燃料运输容器，填补了国内空白。

根据《“十三五”核工业发展规划》，我国自上世纪80年代起始终坚持核燃料闭环循环的技术路线，但我国目前商用后处理大厂短时间内难以建成，中核集团与法国阿海珉集团合作的800吨大型商用乏燃料后处理将于2020年开工，预计2030年建成。然而大亚湾核电厂的乏燃料水池已饱和，田湾核电厂乏燃料水池也接近饱和。因此在未来的十年，对乏燃料的装罐、运输、贮存，将带动乏燃料储罐和中子吸收材料等后处理设备的巨大需求。

四、重点推荐标的投资建议与盈利预测

（一）中国一重

公司是我国七大传统中型机械制造企业之一。公司承担着装备制造业高端产品的研发和持续创新的使命，装备水平和制造能力已经达到世界先进水平，形成了从冶炼、铸造、锻造、焊接、热处理到机械加工、装配、检测等工序完备的生产体系，具备了国际先进制造能力，代表着强大的生产力。公司在核能设备、重型压力容器、冶金成套以及大型铸锻件等诸多领域，取得了多项重大科技成果，为我国重大技术装备国产化做出了卓越贡献。全球首台“华龙一号”福清5号核反应堆压力容器成功交付使用；在重型石化容器市场中保持领先，锻焊结构加氢反应器占国内市场份额达80%以上；专项产品的技术水平和制造能力也不断提升，种类和数量逐步增加。

公司在手订单充足，内部改革效果显著，迈入上升周期。公司2017年新增订单122.5亿元，回款120.7亿元（2016年新增订单81.18亿元，回款80.24亿元）；分业务看，冶金成套类设备新增33.78亿元，同比增长65.91%；核电设备新增订单20.71亿元，同比；重型压力容器新增订单28.88亿元，同比翻番。公司订单显著增加，为公司持续改善经营效益和质量奠定基础。公司从2016年开始大力推进内部改革，在公司范围内全面推行“企业内部模拟法人运行机制”和“研产供销运用快速联动反应机制”，逐步层层建立成本费用中心、利润中心及指标、责任、跟踪、评价、考核五个体系，积极做实研发、生产、采购、物流、资金、销售六大利润中心。公司2017年管理费用率和财务费用率均显著降低；而受益于营收规模增加，规模效应显现，公司综合毛利率提升至17.10%，扭转连续5年的下滑，已接近2012年水平。

核电审批窗口即将打开，公司核电业务步入新阶段。公司是国内核电装备行业龙头，是国内能够生产核电大型铸锻件和提供全套核反应堆压力容器、稳压器、蒸汽发生器的企业之一，技术领先优势明显；2017年，公司实现核电常规岛AP1000整锻低压转子、国核示范项目CAP1400整锻发电机半速转子等产品国产化。全年核电设备实现收入9.97亿元，同比增加228%；核电设备毛利率34.39%，显著高于公司其他产品。今年以来，核电行业喜讯不断：国家能源局发布的《2018年能源工作指导意见》提出年内计划建成5台机组，计划开工6-8台机组；4月台山核电站EPR机组正式装料，即将投入商运；三门核1号AP1000机组获得中国国家核安全局颁发的首次装料批准书，并启动第一组燃料组件装载操作。核电行业经历两年未有新机组审批，上游设备厂商订

单受到一定的影响；而随着 AP1000 商运临近，华龙一号融合接近尾声，核电新机组审批窗口即将打开，可以预见未来 5-10 年，国内核电机组的建设将进入正常轨道。

投资建议：我们看好公司高毛利率的核电装备业务持续受益于我国核电产业的发展，以及公司内部改革增效带动公司迈入上升周期。我们预测公司 2018-2020 年营业收入分别为 125 亿元、153 亿元、187 亿元；净利润分别为 3.21 亿元、5.86 亿元、9.00 亿元；EPS 分别为 0.05 元、0.09 元、0.13 元；2019 年市盈率为 44 倍，给予“增持-A”评级。

风险提示：核电行业复苏不及预期，冶金及石化行业竞争加剧，钢材等原材料价格上涨对业绩有负面影响等。

（二） 江苏神通

公司为国内核级蝶阀和核级球阀主要供应商，并获得 90%以上的订单，实现了核级蝶阀、球阀产品的全面国产化，在核电阀门产品领域优势地位突出。近年来，在实现老产品持续改进、保持持续领先优势的同时，公司还陆续开发了压水堆核电站地坑过滤器、海水流量调节装置、可视流动指示器、贝类捕集器等新产品，为国内核电建设过程中关键设备国产化做出了贡献。

核电行业回暖在即，军工资质获批拓展军工领域可期。自 2016 年以来，国内核电建设没有新项目获得批准，世界首台 AP1000 机组三门核电站 1 号机组的建设工期延后是主要原因之一。国家能源局发布的《2018 年能源工作指导意见》提出，积极推进已开工核电项目建设，年内计划建成 5 台机组，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，年内计划开工 6-8 台机组。国家能源局再次打开审批窗口，预示着核电产业将在今年迎来复苏。4 月 10 日，台山核电站 EPR 机组正式装料，即将投入商运；4 月 25 日，三门核 1 号机组获得中国国家核安全局颁发的首次装料批准书，并于当晚启动第一组燃料组件装载操作。此外，在国家大力推进军民融合发展的背景下，公司积极推进服务军工行业的产品研制和市场拓展，已取得了保密资格认证、武器装备质量体系认证等军工产品研制和生产所需的全部资质证书，通过了中国船级社型式认可，为公司产品进入军工领域奠定了基础。

外延并购瑞帆节能，战略布局思路清晰。公司 2015 年收购无锡法兰，开启首次并购；2017 年继续加码外延收购瑞帆节能，公司向能源环保及服务领域发展，开发新的业务模式。本次投资并购将产生一定的协同效应，瑞帆节能合同能源管理的商业模式要求其提供科技节能服务的同时将满足用户系统维修维保的需求，与公司推进的服务维保业务相契合；目标客户群体与公司大致相同，可共享销售渠道、技术研发、维保服务等，将为公司能源环保服务领域的业务拓展及瑞帆节能的市场开拓上创造更多机会。瑞帆节能 2017 年实现扣非净利润 2721 万元，兑现其业绩承诺，Q4 并表增厚公司业绩。

投资建议：我们预测公司 2018-2020 年营业收入分别为 10.10 亿元、12.84 亿元、16.06 亿元；净利润分别为 1.01 亿元、1.34 亿元、1.77 亿元；EPS 分别为 0.21 元、0.28 元、0.37 元；2018 年市盈率为 36 倍，维持“增持-A”评级。

风险提示：核电行业复苏不及预期，冶金及石化行业竞争加剧，钢材等原材料价格上涨对业绩有负面影响，军工业务拓展不及预期等。

（三） 台海核电

公司是我国核岛一回路主管道供应商，掌握了二代半及三代核级主管道的全部生产工艺，拥有全套先进设备并具备全流程生产能力，同时通过技术研发已掌握包括核级主泵泵壳、核级阀体、反应堆堆内构件、蒸发器锻件、核燃料上下管座、钩爪连杆等多项核电设备生产技术。

公司在核电一回路主管道细分领域优势显著。2017 年我国共有 7 个机组核电一回路主管道招标，公司中标其中 4 个，分别为福建漳州核电工程项目 1、2 号机组及海南昌江核电厂 3、4 号机组，中标金额共为 4.02 亿元。公司在核级材料和铸锻件生产工艺处于行业领先地位，并形成了自主知识产权体系，技术体系和工艺路线，在核电高端装备制造行业中具备较高的市场地位和较为明显的竞争优势。公司以材料和工艺为核心，向其他核电专用铸锻件和设备延伸，将业务拓展到其他民用设备制造领域；公司同时具备武器装备制造许可资质和相应的技术储备，并已于相关单位开展合作，对军品的外延扩张也将促进公司盈利能力的持续提升。

以材料和工艺为核心，在军品和民品方向延伸能力强。公司以压水堆核电装备为核心业务，并积极开发第四代核电堆型快堆、高温气冷堆用装备，同时兼顾火电、水电等大型锻件产品的开发和国内外市场开发。公司单个核岛可承接业务价值量较大，主泵泵壳等业务优势明显，大大提高了公司的盈利能力和抵抗行业周期水平。公司在核级材料和铸锻件生产工艺处于行业领先地位，并形成了自主知识产权体系，技术体系和工艺路线，在核电高端装备制造行业中具备较高的市场地位和较为明显的竞争优势。公司未来以材料和工艺为核心，具备向其他核电专用铸锻件和设备延伸的能力，并可将业务拓展到其他民用设备制造领域；公司同时具备武器装备制造许可资质和相应的技术储备，并已于相关单位开展合作，对军品的外延扩张也将促进公司盈利能力的提升。

风险提示：核电行业复苏不及预期，钢材等原材料价格上涨对业绩有负面影响，军工业务拓展不及预期等

行业评级体系

收益评级：

领先大市—未来 6 个月的投资收益率领先沪深 300 指数 10%以上；

同步大市—未来 6 个月的投资收益率与沪深 300 指数的变动幅度相差-10%至 10%；

落后大市—未来 6 个月的投资收益率落后沪深 300 指数 10%以上；

风险评级：

A —正常风险，未来 6 个月投资收益率的波动小于等于沪深 300 指数波动；

B —较高风险，未来 6 个月投资收益率的波动大于沪深 300 指数波动；

分析师声明

张仲杰声明，本人具有中国证券业协会授予的证券投资咨询执业资格，勤勉尽责、诚实守信。本人对本报告的内容和观点负责，保证信息来源合法合规、研究方法专业审慎、研究观点独立公正、分析结论具有合理依据，特此声明。

本公司具备证券投资咨询业务资格的说明

华金证券股份有限公司（以下简称“本公司”）经中国证券监督管理委员会核准，取得证券投资咨询业务许可。本公司及其投资咨询人员可以为证券投资人或客户提供证券投资分析、预测或者建议等直接或间接的有偿咨询服务。发布证券研究报告，是证券投资咨询业务的一种基本形式，本公司可以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，并向本公司的客户发布。

免责声明：

本报告仅供华金证券股份有限公司（以下简称“本公司”）的客户使用。本公司不会因为任何机构或个人接收到本报告而视其为本公司的当然客户。

本报告基于已公开的资料或信息撰写，但本公司不保证该等信息及资料的完整性、准确性。本报告所载的信息、资料、建议及推测仅反映本公司于本报告发布当日的判断，本报告中的证券或投资标的价格、价值及投资带来的收入可能会波动。在不同时期，本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。本公司不保证本报告所含信息及资料保持在最新状态，本公司将随时补充、更新和修订有关信息及资料，但不保证及时公开发布。同时，本公司有权对本报告所含信息在不发出通知的情形下做出修改，投资者应当自行关注相应的更新或修改。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，一切须以本公司向客户发布的本报告完整版本为准，如有需要，客户可以向本公司投资顾问进一步咨询。

在法律许可的情况下，本公司及所属关联机构可能会持有报告中提到的公司所发行的证券或期权并进行证券或期权交易，也可能为这些公司提供或者争取提供投资银行、财务顾问或者金融产品等相关服务，提请客户充分注意。客户不应将本报告为作出其投资决策的惟一参考因素，亦不应认为本报告可以取代客户自身的投资判断与决策。在任何情况下，本报告中的信息或所表述的意见均不构成对任何人的投资建议，无论是否已经明示或暗示，本报告不能作为道义的、责任的和法律的依据或者凭证。在任何情况下，本公司亦不对任何人因使用本报告中的任何内容所引致的任何损失负任何责任。

本报告版权仅为本公司所有，未经事先书面许可，任何机构和个人不得以任何形式翻版、复制、发表、转发、篡改或引用本报告的任何部分。如征得本公司同意进行引用、刊发的，需在允许的范围内使用，并注明出处为“华金证券股份有限公司研究所”，且不得对本报告进行任何有悖原意的引用、删节和修改。

华金证券股份有限公司对本声明条款具有惟一修改权和最终解释权。

风险提示：

报告中的内容和意见仅供参考，并不构成对所述证券买卖的出价或询价。投资者对其投资行为负完全责任，我公司及其雇员对使用本报告及其内容所引发的任何直接或间接损失概不负责。

华金证券股份有限公司

地址：上海市浦东新区锦康路 258 号（陆家嘴世纪金融广场）13 层

电话：021-20655588

网址：www.huajinsec.cn