

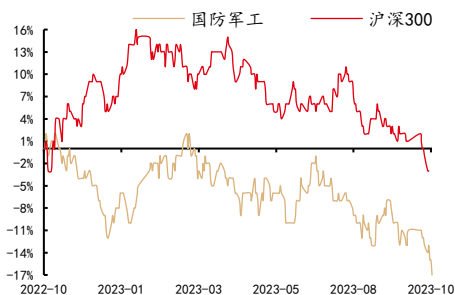
行业投资评级

强于大市|维持

行业基本情况

收盘点位	1342.41
52周最高	1652.07
52周最低	1342.41

行业相对指数表现(相对值)



资料来源：聚源，中邮证券研究所

研究所

分析师: 鲍学博  
SAC 登记编号: S1340523020002  
Email: baoxuebo@cnpsec.com  
分析师: 马强  
SAC 登记编号: S1340523080002  
Email: maqiang@cnpsec.com

近期研究报告

《中邮军工8月月报：2023H1 军工行业保持稳定增长，建议关注两条投资主线》 - 2023.09.04

## 核电行业深度：军技民用的典范，三代核电为建造主流，四代核电呈加速发展

### ● 投资要点

核能的利用是军技民用的典范，我国核电从跟随走向引领。截至2022年底，全球运行核电438个机组，装机容量394GW，核电成为世界能源结构重要组成。我国核电工业起步较晚，但经过近40年发展，2022年，我国核电装机容量56GW，十年复合增速16%，发电量占比5.0%。“华龙一号”的成功代表着我国三代核电技术实现完全自主化，HTR-PM并网意味着我国四代核电引领全球。

**三代核电核准加速，国产化率持续提升。**随着我国核电在2019年结束三年“零核准”，国内在建机组数量和装机容量快速提升，“华龙一号”进入批量化建设阶段。2018年，在建机组13台，装机容量1403万千瓦；2022年，在建机组23台，装机容量2549万千瓦，较2018年增长82%。国产化率方面，二代核电的福清1/2号机组设备国产化率75%左右，“华龙一号”示范项目福清5号机组国产化率达85%，批量化建设后的目标是设备国产化率不低于95%。

**四代核电示范工程陆续并网，重点关注高温气冷堆和钠冷快堆商运。**我国高温气冷堆示范工程于2021年底并网，霞浦快堆示范工程1号机组预计2023年并网，四代核电实现中国引领。高温气冷堆具有宽用性特征，除发电外，在供汽、制氢、石化领域具有广泛应用前景；钠冷快堆可以利用贫铀和钚，是我国实现闭式燃料循环体系的关键环节。

**国内核聚变试验稳步推进，人类终极能源的利用渐行渐近。**核聚变发电具有更低的燃料成本、燃料资源充足、不会对环境造成危害以及更高的安全性等优势，被誉为“人类终极能源”。国内核聚变领域，西南物理研究院和中科院等离子体研究所核聚变实验装置陆续升级、新建，民企能量奇点和星环聚能纷纷入局，核聚变从实验走向工程稳步推进。

建议关注受益于三代核电建设加速和国产替代的中核科技、江苏神通、久立特材；受益于四代核电高温气冷堆项目增长的佳电股份、科新机电；受益于核聚变项目推进的国光电气；受益于核燃料循环产业发展的景业智能；受益于核电装机增长的中国核电和中国广核等。

### ● 风险提示

电力需求增长不及预期；核电政策转向保守；四代核电发展不及预期等。

## 目录

1 核电：军技民用的典范，我国核电从跟随走向引领.....	5
1.1 军技民用的典范，核电已成为世界主要能源 .....	5
1.2 核电具有良好的清洁能源属性，压水堆是世界核电主要堆型.....	7
1.3 事故造成核电发展短期停滞，核电技术不断升级 .....	10
1.4 我国核电从跟随走向引领，“华龙一号”进入批量化建造.....	12
2 三代核电：现阶段主要产业化核电技术，“华龙一号”为国内主要批建类型 .....	15
2.1 三代核电具有更高的安全性和经济性，我国自主研发三代核电“华龙一号”技术 .....	16
2.2 “华龙一号”单个机组投建金额 150-200 亿元，设备支出约 65 亿元 .....	18
2.3 “十四五”三代核电核准投建加速，国产化率持续提升 .....	19
3 四代核电：中国引领，高温气冷堆和钠冷快堆先行.....	23
3.1 高温气冷堆：示范工程成功并网，宽用性拓展核能应用领域.....	23
3.2 钠冷快堆：我国核能发展三步走战略重要环节，与压水堆匹配发展构成闭式燃料循环体系 .....	26
4 核聚变发电：国内核聚变试验稳步推进，人类终极能源的利用渐行渐近 .....	28
4.1 核聚变：人类终极能源，以托卡马克装置最成熟 .....	28
4.2 从 ITER 项目到 Helion Energy 核聚变发电厂，国际核聚变发电热度不减 .....	29
4.3 国内核聚变试验稳步推进，实验装置陆续开建 .....	32
5 相关标的.....	34
5.1 中核科技：国内核电阀门领域的领军企业，受益于高端阀门国产替代.....	34
5.2 江苏神通：受益于核电建设加速，乏燃料后处理厂配套产品贡献新增量 .....	35
5.3 佳电股份：特种电机供应商，受益于高温气冷堆商运推广.....	36
5.4 久立特材：蒸发器 U 型管核心供应商，海外石油领域新签大订单.....	37
5.5 科新机电：压力容器过程装备制造制造商，受益于高温气冷堆和核燃料运输产业发展 .....	38
5.6 国光电气：微波电真空器件领军企业，核工业产品市场空间广阔.....	39
5.7 景业智能：核工业智能装备核心供应商，乏燃料后处理市场前景广阔 .....	40
5.8 中国核电和中国广核：国内主要核电运营商，受益于核电装机容量提升 .....	41
6 风险提示.....	42

## 图表目录

图表 1: 2021 年全球发电量 (十亿千瓦时) 及占比.....	6
图表 2: 全球核电现状 (2022 年) .....	7
图表 3: 不同发电方式温室气体排放量对比 .....	8
图表 4: 世界核电站使用的主要堆型 .....	9
图表 5: 全球核电堆型情况 .....	9
图表 6: 压水堆示意图 .....	10
图表 7: 主要核事故 .....	11
图表 8: 核电技术发展历程 .....	12
图表 9: 全国核电装机容量及增速 .....	14
图表 10: 全国核电发电量及增速 .....	14
图表 11: 核能技术发展线路图 .....	15
图表 12: 福清核电站 .....	18
图表 13: 防城港 3 号、4 号机组初设概算 .....	19
图表 14: 核电细分设备市场规模 .....	19
图表 15: 国内核电机组核准情况 .....	20
图表 16: 近几年我国在建核电机组数量 .....	20
图表 17: 近几年我国在建核电机组装机容量 .....	20
图表 18: 近几年国内核电新建机组情况 .....	21
图表 19: 中核项目 CNP/M310 (改) 综合国产化率 .....	22
图表 20: 中广核 CPR1000 项目综合国产化率 .....	22
图表 21: 进口与国产阀门数量及金额对比 (福清核电一期) .....	22
图表 22: 四代核电堆型及核电工程 .....	23
图表 23: 球形燃料元件示意图 .....	24
图表 24: 高温气冷堆示范电站单模块示意图 .....	24
图表 25: 高温气冷堆用途示意 .....	25
图表 26: 钠冷快堆泳池式反应系统示意图 .....	26
图表 27: 快堆闭式核燃料循环示意 .....	27
图表 28: 我国快堆核能系统发展总体目标设想 .....	28
图表 29: 托卡马克结构示意图 .....	29
图表 30: ITER 主体托卡马克装置示意图 .....	30
图表 31: ITER 项目时间表 .....	31
图表 32: 中国磁约束聚变能发展路线图 .....	33
图表 33: 快堆闭式核燃料循环示意 .....	34
图表 34: 中核科技营业收入及毛利率 .....	35
图表 35: 中核科技归母净利润及净利率 .....	35

图表 36: 江苏神通营业收入及毛利率 .....	36
图表 37: 江苏神通归母净利润及净利率 .....	36
图表 38: 佳电股份营业收入及毛利率 .....	37
图表 39: 佳电股份归母净利润及净利率 .....	37
图表 40: 久立特材营业收入及毛利率 .....	38
图表 41: 久立特材归母净利润及净利率 .....	38
图表 42: 科新机电营业收入及毛利率 .....	39
图表 43: 科新机电归母净利润及净利率 .....	39
图表 44: 国光电气营业收入及毛利率 .....	40
图表 45: 国光电气归母净利润及净利率 .....	40
图表 46: 景业智能营业收入及毛利率 .....	41
图表 47: 景业智能归母净利润及净利率 .....	41
图表 48: 我国四大核电集团装机情况 .....	41
图表 49: 中国广核营业收入及毛利率 .....	42
图表 50: 中国广核归母净利润及净利率 .....	42
图表 51: 中国核电营业收入及毛利率 .....	42
图表 52: 中国核电归母净利润及净利率 .....	42

## 1 核电：军技民用的典范，我国核电从跟随走向引领

### 1.1 军技民用的典范，核电已成为世界主要能源

核能的利用是上世纪年代初期首先在军事领域开始的，核电工业是从核能的军事利用转移而来。最早发展核电站的国家所采用的反应堆堆型都是在军用生产堆和军用船舶动力堆的技术基础上发展起来的。1938年，德国物理学家哈恩和施特拉斯曼在研究中子与铀核作用所产生的放射性现象中，意外地发现铀-235的裂变现象，裂变过程同时释放出巨大能量；1942年，在美国芝加哥大学的一个网球场，建成了世界上第一座核反应堆，成功地实现了可控的核裂变链式反应；1951年，在美国爱达荷州首次利用核能进行发电的尝试；1954年，世界上第一座核电站在苏联建成发电，电功率5000kW。

回溯历史，世界核电发展大体上经历了实验示范、高速推广、滞缓发展、逐渐复苏四个阶段：

**(1) 实验示范阶段（1954-1966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197MW德累斯顿沸水堆核电机组，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。

**(2) 高速推广阶段（1966-1980年）：**20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。美国在1966-1973年签约的核电建造合同规模达170GWe。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900MW及20座1300MW压水堆机组，成为全球核电比例最高的国家。日本在1970-1980年间建成21台核电机组，成为

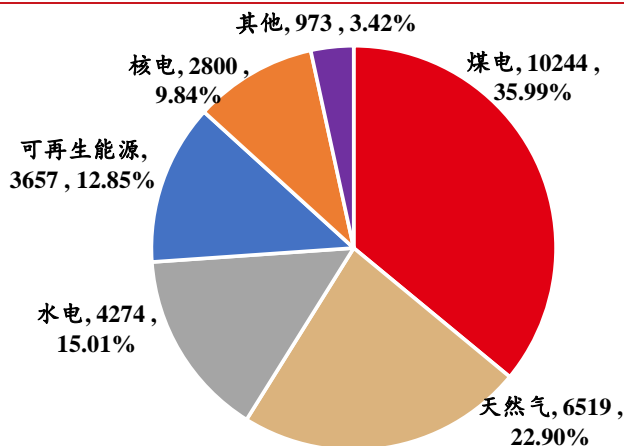
世界第三大核电国家。至 1980 年底,全世界核电机组的总装机容量达到 133GWe。1966 年到 1980 年核电装机容量的年增长率达到 26%。

**(3) 滞缓发展阶段 (1981-2001 年):** 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。另外,发电成本相对低廉的天然气兴起,核电建设进入滞缓发展阶段。

**(4) 逐步复苏阶段 (2001 年至今):** 21 世纪以来,世界各国对环境问题关注加强,作为唯一可大规模替代化石燃料的清洁能源,核电重新受到青睐。2007 年以后,包括法国、芬兰、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批,世界核电迎来了新的发展期。2011 年,日本福岛核事故给世界核电造成巨大冲击。但在短暂低迷后,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。

近十年,核电占全球总发电量的比例在 10%左右,是世界能源结构中的重要组成。根据 BP《世界能源统计年鉴 2022》,2021 年,核能在全球发电总量中的占比为 9.84%。

图表1: 2021 年全球发电量 (十亿千瓦时) 及占比



资料来源: BP, 中邮证券研究所

根据 IAEA 数据，截至 2022 年底，全球运行核电站有 438 个机组（包括处于暂停使用状态的 27 个机组），装机容量达 394GW，在建核电 58 个机组，装机容量达 59GW。美国是核电机组数量和装机容量最多的国家，截至 2022 年底，在运核电机组数量达 92 座，装机容量达 95GW；法国是核电发电量占比最高的国家，2022 年核能发电 282TWh，占比达 63%；我国是在建核电机组装机容量最大的国家，在建反应堆 20 座，合计装机容量 20GW，占全球的 34%。

图表2：全球核电现状（2022 年）

国家	在运机组		在建机组		全国核能发电占比
	数量	装机容量 (MW)	数量	装机容量 (MW)	
中国	54	52181	20	20284	5.0%
美国	92	94718	2	2234	18.2%
法国	56	61370	1	1630	62.6%
俄罗斯	37	27727	3	2700	19.6%
韩国	25	24489	3	4020	30.4%
印度	19	6290	8	6028	3.1%
加拿大	19	13624	0	0	12.9%
日本	10	9486	2	2653	6.1%
英国	9	5883	2	3260	14.2%

资料来源：IAEA，中邮证券研究所

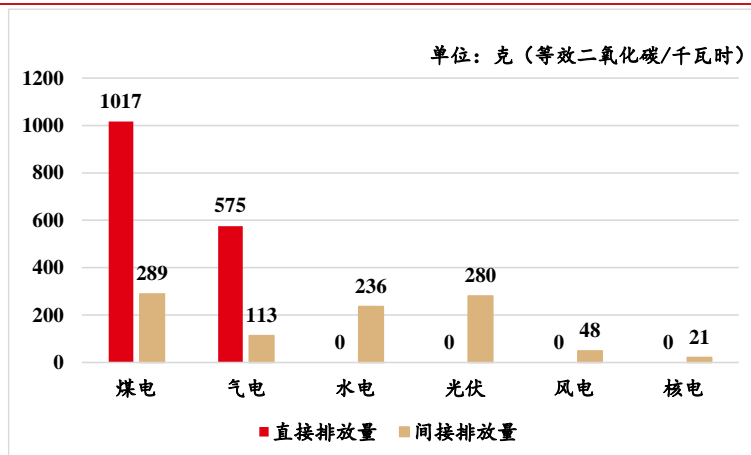
**展望未来，核电仍将保持较快增长。**根据国际能源署《2023 年电力市场报告》，能源危机使人们重新关注核电在促进能源安全和降低碳排放方面的作用。预计 2023-2025 年，全球核电年均增长率将达到近 4%，至 2025 年，核发电量每年将增加约 1000 亿千瓦时，相当于目前美国核电发电量的八分之一。到 2025 年，全球核发电增量的一半以上将主要源自中国、印度、日本和韩国四个国家，其中，中国在绝对增量方面领先（新增 580 亿千瓦时）。

## 1.2 核电具有良好的清洁能源属性，压水堆是世界核电主要堆型

核能包括裂变能和聚变能，裂变能已可以成熟应用，聚变能的应用技术研究加快推进。核电利用铀核裂变所释放出的热能进行发电。在核裂变过程中，中子撞击铀原子核，发生受控的链式反应，产生热能，生成蒸汽，从而推动汽轮机运转，产生电力。

与煤电、气电相比，核电为低碳清洁能源，可减少温室气体的排放。核电不直接排放温室气体，单位千瓦时核电发电排放温室气体的量仅相当于煤电温室气体排放量的 1.6%，也低于水电、光伏和风电。因此，受全球不断增长的电力需求、不断加强的环保意识以及石化燃料价格及供应波动影响，核电是全球具有竞争力的重要能源选择之一。2018 年，在第九届世界清洁能源部长级会议上，明确将核电定位为清洁能源，并且倡议关注核电用于基荷电力以及用于未来新的低碳复合能源系统建设。

**图表3：不同发电方式温室气体排放量对比**



资料来源：中国广核招股书，中邮证券研究所

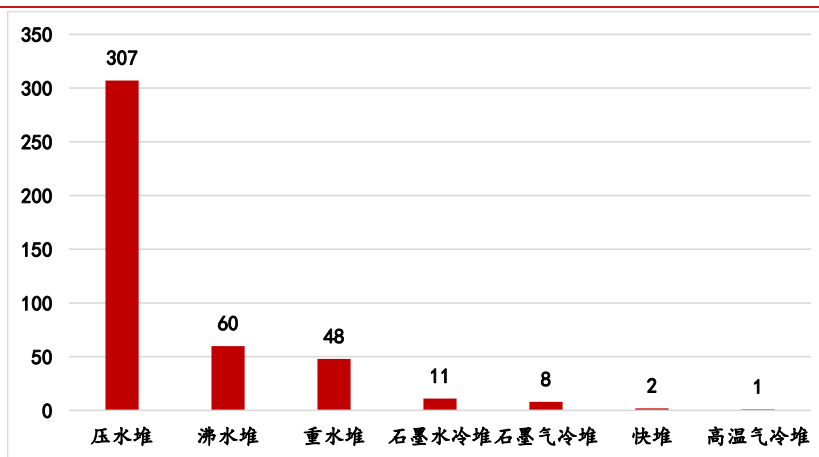
核反应堆是装配核燃料以实现大规模可控制裂变链式反应的装置，是核电站的核心装置。商用核电反应堆可以根据反应堆冷却剂/慢化剂和中子能分类。反应堆冷却剂将热量由核反应堆堆芯转移至发电机及外部环境；中子慢化剂降低快中子的速度，生成可维持核链式反应的热中子。按照冷却剂/慢化剂的不同，反应堆一般可分为轻水堆（包括压水堆和沸水堆等）、重水堆及气冷堆。按照所用的中子能量，反应堆一般可分为热中子堆或快中子堆。目前，世界核电站使用的主要反应堆类型包括压水堆、沸水堆、重水堆、石墨慢化水冷堆、石墨慢化气冷堆和快堆。

**图表4：世界核电站使用的主要堆型**

类型	名称	燃料	冷却剂	慢化剂	原理及技术特点
热堆	压水堆	浓缩 UO <sub>2</sub>	水	水	一回路系统中使用加压水吸收热量，在二回路系统中降低气压释放热量。
	沸水堆	浓缩 UO <sub>2</sub>	水	水	在反应堆压力容器内直接产生饱和蒸汽。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	天然 UO <sub>2</sub>	重水	重水	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。
	石墨慢化气冷堆	天然 UO <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub> 或氦气	石墨	用石墨慢化，二氧化碳或氦气冷却的反应堆。近期，关注重点在氦气冷却的高温气冷堆（HTGR）上。
	石墨慢化水冷堆	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。
快堆	快中子增殖堆	天然 UO <sub>2</sub> 、MOX	钠	——	快中子引起链式裂变反应的反应堆。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：中国广核招股书，中邮证券研究所

**压水堆是当前世界核电主要堆型。**根据 IAEA 数据，当前全球在运的 437 台核电机组中，压水堆 307 台、沸水堆 60 台、重水堆 48 台、石墨慢化水冷堆 11 台、石墨慢化气冷堆 8 台、快堆 2 台以及高温气冷堆 1 台。

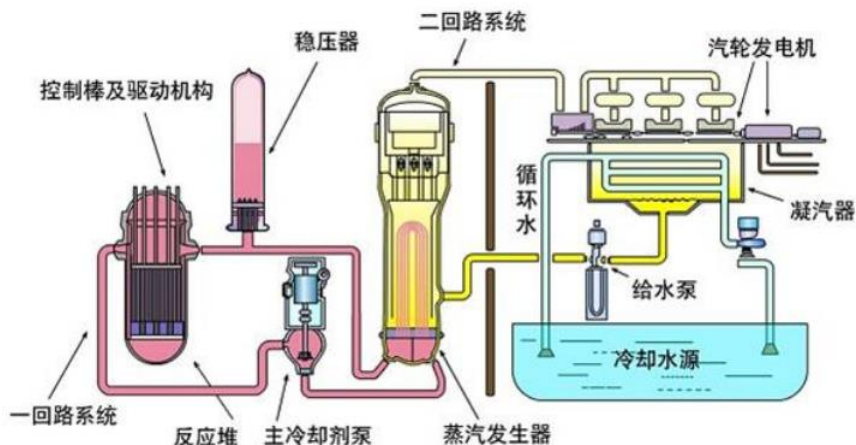
**图表5：全球核电堆型情况**


资料来源：IAEA，中邮证券研究所

我国目前商业运行的核电机组除秦山三期外全部为压水堆。我国秦山三期 1、2 号机组采用的是加拿大坎杜型（CANDU）压力管式重水堆。除秦山三期外，我国目前商业运行的核电机组全部为压水堆。

重水堆核电站是发展较早的核电站，以重水作慢化剂，主要优点是可以直接利用天然铀作核燃料，同时采用不停堆换料方式，但也有体积比重水堆大、建造费用高、重水昂贵、发电成本也比较高等缺陷。压水堆是技术十分成熟的堆型，与其他堆型相比具有结构紧凑、基建费用低、建设周期短、轻水价格便宜等优势。此外，压水堆将有放射性的一回路与二回路分开，带有放射性的冷却剂不会进入二回路污染汽轮机，机组运行、维护方便。

图表6：压水堆示意图



资料来源：烟台核电研发中心，中邮证券研究所

### 1.3 事故造成核电发展短期停滞，核电技术不断升级

核电从 20 世纪中叶开始迅猛发展，但由于人因失误、设备不可靠、设计缺陷等因素，历史上发生了一些核电事故，4 级以上核事故 15 起，其中，7 级核事故 2 起，6 级核事故 2 起，5 级核事故 3 起。两起 7 级核事故是前苏联切尔诺贝利核事故和日本福岛核事故。

1986 年，切尔诺贝利核电站 4 号机组突然爆炸，大量强放射性物质泄漏，酿成人类和平利用核能史上最严重的事故之一。切尔诺贝利核事故直接污染核电站周围 6 万多平方公里土地，320 多万人受到核辐射侵害。切尔诺贝利核电站事故之后，世界核电发展进入停滞阶段，但由于能源危机等因素，21 世纪初世界核电又迎来了发展的第二个春天。

2011年，日本东北发生9.0级地震和海啸，导致福岛核电站出现严重事故，1号反应堆过热，发生氢气爆炸，2号和3号反应堆也全部熔毁，大量放射性物质外泄。福岛核事故后，德国、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。

**图表7：主要核事故**

时间	事故地点	级别	概述	事故主要原因
1952	加拿大恰克河反应堆	5级	由于机械故障以及人为失误，导致功率骤增，堆芯损毁，从而引发反应堆中的氢气爆炸。反应堆容器顶盖被炸飞，4500t放射性水汇集在底层。	人因失误+设备不可靠
1957	前苏联乌拉尔	6级	前苏联乌拉尔南部的克什特姆镇附近的放射性废物储物罐的冷却系统失灵，液体废物逐渐变干，剩下的硝酸铵和醋酸盐发生了剧烈爆炸，1m厚的混凝土顶盖被炸开，大量放射性物质外泄，波及面积达2万km <sup>2</sup> 。1周后约1万名群众被疏散。	设备不可靠
1957	英国温德斯凯尔反应堆	5级	英国温茨凯尔1号反应堆发生火灾，释放了大量放射性元素，随后周边500km <sup>2</sup> 地区1个月内出产的牛奶被销毁。参与清理工作的人员受到的辐射剂量最大，但2000年的一项研究指出没有发现其长期健康受到了损害。	人因失误+设计缺陷
1979	美国三里岛核电站	5级	三里岛核事故是美国历史上最严重的核事故。控制缺陷及人为失误造成安全阀卡住，致使成吨的反应堆冷却剂外溢，从而导致反应堆部分熔毁。40000加仑的受污染的废水外溢入宾州哈里斯堡附近的萨斯奎汉纳河里。但没有造成太严重的辐射。	人因失误+设备不可靠
1986	美国俄克拉荷马核电站	6级	美国俄克拉荷马一座核电站因错误加热发生爆炸，结果造成1名工人死亡，100人住院。	人因失误
1986	前苏联切诺贝利核电站	7级	周边地区共有约3万多km <sup>2</sup> 的土地遭受了严重污染。确诊为不同程度急性放射病者134人，有28人在数周内死亡，另有2人死于化学爆炸和烧伤，有14人在10年内死亡	人因失误+设计缺陷
2011	日本福岛核电站	7级	日本东北发生毁灭性的9.0级地震和海啸后，地震引起的断电导致反应堆冷却剂泵停止工作，备用柴油发电机也在地震引发的海啸中严重受损。1号反应堆过热，导致氢气爆炸，安全壳的屋顶被掀翻，2号和3号反应堆也全部熔毁，大量放射性物质外泄。	外部自然灾害+管理失误

资料来源：《核电事故分析及思考-熊厚华等》，中邮证券研究所

核电事故造成了核电发展的短期停滞，但同时也促进了核电技术升级，每次核电事故发生后都是核电安全提升一个新台阶的开始，最终促使核电趋向越来越安全。第三代核电技术成为全球当前技术成熟度最高、可大规模商业部署的核电技术，相关技术已经实现了批量化建设，如我国的华龙一号技术、欧洲的EPR、美国的AP1000等。

图表8：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	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。 <b>证明了核电技术可行性，具有研究探索的试验原型堆性质。</b> 设计上比较粗糙，结构松散、机组发电容量不大（一般在30万千瓦之内）、体积较大，在设计中没有系统、规范、科学的安全标准作为指导和准则，存在许多安全隐患，发电成本较高。	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	20世纪60年代至90年代	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，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。实现了商业化、标准化等，单机组的功率水平大幅提高，达到百万千瓦级。 <b>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。</b>	压水堆(PWR)、沸水堆(BWR)、加重水堆(PHWR)、石墨气冷堆(GCR)、及石墨水冷堆(LWGR)等
第三代核电	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文件”(URD)和“欧洲用户对轻水堆核电站的要求”(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 <b>华龙一号</b> 等
第四代核电	21世纪	2000年美国首次提出了第四代核反应堆计划，规划在2030年后投入市场推广建设。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、防止核扩散等基本需求。	超高温气冷堆、钠冷快堆、钍基熔盐堆等

资料来源：中国广核招股书，中邮证券研究所

**第三代核电已进入批量化建设阶段，2022年全球开工的核电机组全部为第三代核电机组。**2022年，全球有8台核电机组实现核岛浇筑第一罐混凝土，正式开工建设，全部采用第三代核电技术，总装机容量863.7万千瓦。2022年新开工的8台机组分别是我国田湾8号机组、徐大堡4号机组、三门3号机组、海阳3号机组和陆丰5号机组，土耳其阿库尤4号机组，埃及埃尔达巴1号和2号机组。第三代核电技术将成为全球未来一段时间内开工建设的主要技术。

#### 1.4 我国核电从跟随走向引领，“华龙一号”进入批量化建造

与世界核能大国相比，我国核电工业起步较晚，核能从军事利用到民用的转移速度也相对较慢。从第一座军用生产反应堆建成至第一座核电站运行，美国为12年（1944-1956），苏联为2年（1952-1954），英国为6年（1956-1962），法国为8年（1956-1964），我国为25年（1966-1991）。

我国核电站的建设始于 19 世纪 80 年代，核电站建设大致可分为三个阶段：

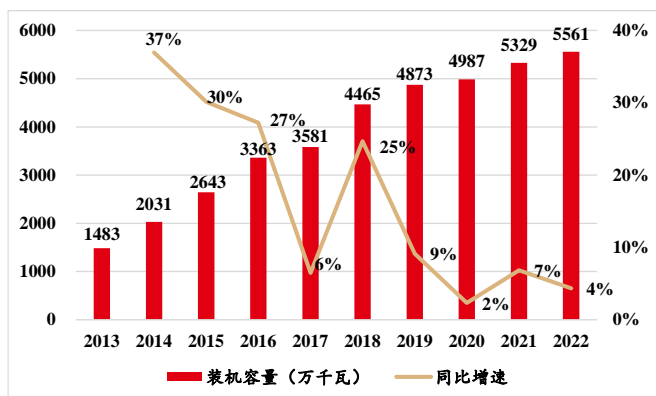
**第一阶段（1985-1994）：**我国自 1985 年开始了秦山核电站的建造工作，“秦山一期”是我国第一座自行设计的 30 万千瓦核电站；1994 年，我国完成了大亚湾核电站的建设并投入运行，大亚湾核电站建设有 2 台 90 万千瓦机组，技术从法国引进。此阶段是我国完成两座核电站、三台机组的建设，合计具备了 210 万千瓦的装机容量，是我国核电建设初期，自主研发和引进商业堆两种模式并行。

**第二阶段（1995-2004）：**从 1996 年开始“秦山二期”核电站的建设，该阶段共有 8 台核电机组开工建设。截至 2004 年底，我国新建成了秦山二期 2 台自主设计压水堆机组、岭澳一期 2 台法国压水堆机组、秦山三期 2 台加拿大压水堆机组，共 6 台机组建成并网发电。装机容量为 474.6 万千瓦，初步形成广东大亚湾、浙江秦山两大核电基地。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。

**第三阶段（2005 年至今）：**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。根据《中国核能发展报告（2021）》，到 2030 年，我国核电规模将达到 105-117GW。

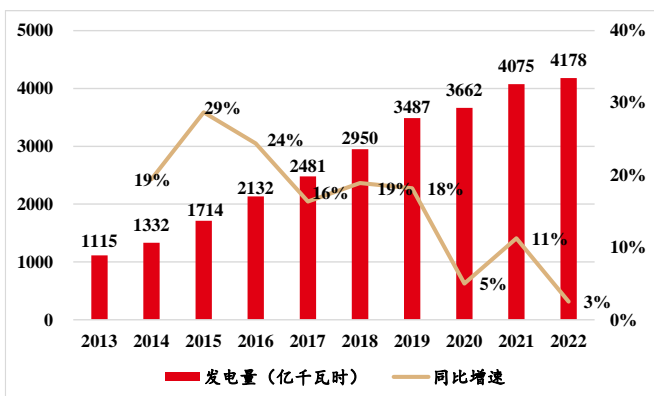
**经过近 40 年的发展，特别是 2005 年以来的发展，我国核电装机容量及发电量实现快速增长。**2022 年，全国核电装机容量达 56GW，2013-2022 年复合增速为 16%；全国核电发电量 4178 亿千瓦时，2013-2022 年复合增速为 16%，约占全国发电量的 5%。根据《中国核能发展报告（2023）》，预计 2035 年我国核能发电量占比总发电量将达 10%左右，核电在我国能源结构中的重要性持续提升。

图表9：全国核电装机容量及增速



资料来源：中核战略规划研究总院，中邮证券研究所

图表10：全国核电发电量及增速



资料来源：中核战略规划研究总院，中邮证券研究所

国内自主研发三代核电技术包括“华龙一号”和“国和一号”，“华龙一号”进入批量化建造。2013年，在国家能源局组织协调下，中广核和中核就第三代核电技术融合达成一致，双方同意在ACPR1000+和ACP1000基础上，联合开发“华龙一号”核电技术。2019年，福建漳州和广东太平岭核电项目核准开工，标志着三年“零核准”后国内新建核电已重启，自主三代核电“华龙一号”进入批量化建设阶段。除“华龙一号”外，国电投自主研发的“国和一号”也已正式发布，例如，山东荣城石岛湾的CAP1400示范项目采用了“国和一号”技术。

高温气冷堆成功并网，四代核电中国引领。2021年，华能石岛湾高温气冷堆核电站示范工程1号反应堆首次并网成功，标志着全球首座具有第四代先进核能系统特征的球床模块式高温气冷堆实现了从“实验室”到“工程应用”的飞跃，我国实现了高温气冷堆核电技术的“中国引领”。此外，我国四代核电钠冷快堆发展迅速，霞浦示范快堆600MW项目1号机组有望于2023年临界。

展望未来，压水堆是2030年我国前核电发展的主力，第四代堆是核能下一步的发展方向，聚变能是未来理想的战略能源之一。

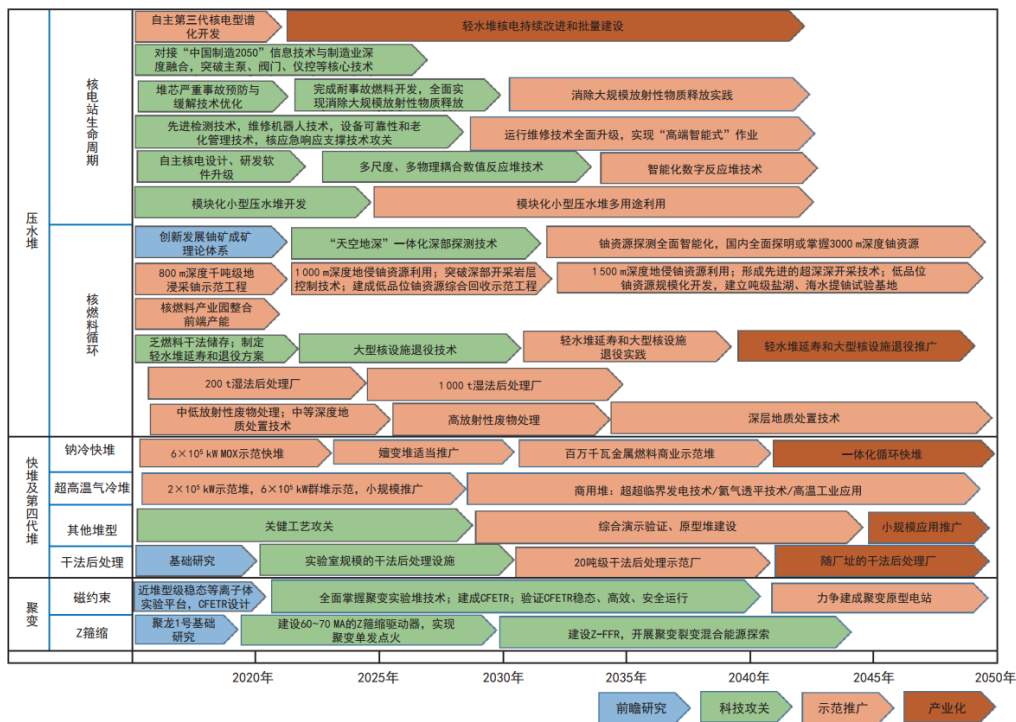
1) 压水堆是2030年前我国核电发展的主力，总体发展方向是围绕核能利用的长期安全稳定及效能最大化。安全性仍然是核电发展的前提，实现安全性与经济性的优化平衡是第三代核电发展面临的现实挑战。此外，压水堆乏燃料的干式储存、运输、后处理、高水平放射性废物处置进展较为迅速。

2) 第四代堆是核能下一步的发展方向。预计 2030 年前后将有部分成熟第四代堆推向市场，之后逐渐扩大规模。第四代堆包含多种堆型，高温气冷堆和钠冷快堆发展相对成熟。

3) 聚变能是未来理想的战略能源之一。在磁约束聚变领域，托卡马克的研究目前处于领先地位。我国正式参加了 ITER 项目的建设和研究；同时正在自主设计、研发中国聚变工程试验堆（CFETR）。实现聚变能的应用目前尚未有任何捷径，但国际关注度持续提升。

根据国家原子能机构转引杜祥琬院士等《核能技术方向研究及发展路线图》，在 2020-2030 年间，处于产业化阶段的仍然是“轻水堆核电持续改进和批量建设”，处于示范推广阶段的包括“模块化小型压水堆多用途利用”，钠冷快堆的“60 万千瓦 MOX 示范快堆”“嬗变堆适当推广”，高温气冷堆的“20 万千瓦示范堆、60 万千瓦群堆示范，小规模推广”，燃料循环中的“湿法后处理厂”、“高放射性废物处理”等。

图表11：核能技术发展路线图



资料来源：《核能技术方向研究及发展路线图-杜祥琬等》，中邮证券研究所

## 2 三代核电：现阶段主要产业化核电技术，“华龙一号”为国内主要批建类型

## 2.1 三代核电具有更高的安全性和经济性，我国自主研发三代核电“华龙一号”技术

20 世纪 90 年代开始，人们逐渐加大了对化学燃料发电引起的环境污染，特别是对温室效应引起的全球变暖的关注，使得核能发电重新提上议事日程。同时，各核工业发达国家从 80 年代末到 90 年代初陆续开始积极为核电的复苏而努力，着手制订以更安全、更经济为目标的设计标准规范，理顺核电厂的安全审批程序。其中，美国率先制订了先进轻水堆核电厂的电力公司要求文件 (URD)，西欧国家相继制订了欧洲电力公司要求文件 (EUR)。

URD 和 EUR 提出了加强预防于缓解严重事故措施、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和经济性。国际上将满足 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。

统观各国已提出的设计方案，有下列特点：

(1) 在安全性上，满足 URD 文件的要求，主要包括：堆芯熔化事故概率 $\leq 1.0 \times 10^{-5}$ 堆·年；大量放射性释放到环境的事故概率 $\leq 1.0 \times 10^{-6}$ 堆·年；应有预防和缓解严重事故的设施；核燃料热工安全余量 $\geq 15\%$ 。

(2) 在经济性上，要求能与联合循环的天然气电厂相竞争：机组可利用率 $\geq 87\%$ ；设计寿命为 60 年；建设周期不大于 54 个月。

(3) 采用非能动安全系统：即利用物质的重力，流体的对流，扩散等天然原理，设计不需要专设动力源驱动的安全系统，以适应在应急情况下冷却和带走堆芯余热的需要。这样，既使系统简化，设备减少，又提高了安全度和经济性。

(4) 单机容量进一步大型化：轻水堆核电站的单位千瓦比投资是随单机容量（千瓦数）的加大而减少的。欧洲法马通、德国电站联盟联合设计的 EPR 机组的电功率为 160 万-170 万千瓦，美国西屋公司和燃烧公司也在原单机容量为 65 万千瓦的 AP-600 型的基础上改进，设计出单机电功率为 110—120 万千瓦的 AP-1000 型机组。

(5) 采用整体数字化控制系统：采用数字化仪表控制系统可显著提高可靠性，改善人因工程，避免误操作。世界各国核电设计和机组供应商提出的第三代核电机组无一例外地均采用整体数字化仪表控制系统。

(6) 施工建设模块化以缩短工期：以设计标准化和设备制造模块化的方式尽可能在制造厂内（条件较工地好）组装好，减少现场施工量以缩短工期。

第三代核电技术以压水堆核电为主，例如美国的 AP-1000、欧洲的 ERP 和我国自主研发的“华龙一号”。“华龙一号”设计全面平衡地贯彻了核安全纵深防御原则和设计可靠性原则，设置多道屏障增加安全系数，以确保生产活动均置于防护措施的保护之下，创新性地采用“能动与非能动相结合”的安全设计理念，使得核电站能够在极端情况下维持系统运行，大幅提升抗震能力，更好地保证安全。

“华龙一号”在安全性、经济性和性能指标上达到或超过了国际三代核电用户需求。“华龙一号”特有多重安全保障：双层安全壳可以抵御大飞机撞击；在设计上提高抗震标准，进一步增强电厂固有安全能力；专设安全系统主要包括安全注入系统、安全壳喷淋系统、蒸汽发生器辅助给水系统和大气排放系统等，实现了针对各类不同严重程度事故都有充分可靠的安全措施。多重安全手段结合在一起，极大地提高了核电站运行的安全性和事故预防的可靠性。此外，电站设计寿期从 40 年提高到 60 年，堆芯换料期从通常的 12 个月延长到 18 个月，提高了电厂可用率。

2015 年 5 月，“华龙一号”落地福建福清；2021 年 1 月，“华龙一号”全球首堆示范工程福清 5 号机组投入商业运行，从核岛浇灌第一罐混凝土到商业运行仅用了 68.7 个月，是唯一按期完成的全球三代核电首堆。2023 年 5 月，“华龙一号”全球首堆示范工程福清核电 5、6 号机组正式通过竣工验收，标志着我国核电技术水平和综合实力跻身世界第一方阵。“华龙一号”成为当前核电市场上接受度最高的三代核电机型之一。

图表12: 福清核电站



资料来源：福建日报，中邮证券研究所

## 2.2 “华龙一号”单个机组投建金额 150-200 亿元，设备支出约 65 亿元

“华龙一号”具有经济性优势，且仍有提升空间。根据《“华龙一号”经济性优化路径研究》，“华龙一号”核电机组单位千瓦造价约为 1.6 万元-1.7 万元，“国和一号”核电机组单位千瓦造价约为 1.5 万元-1.6 万元，引进俄罗斯 VVER 技术的核电机组单位千瓦造价约为 1.8 万元-1.9 万元。“华龙一号”机组国内单位千瓦造价相较于进口机组存在明显的经济性优势，但受制于规模效应，相较于“国和一号”，“华龙一号”的经济性方面仍有提升的空间。

“华龙一号”单个机组投建金额 150-200 亿元，设备支出约 65 亿元。根据中国广核招股书，采用“华龙一号”技术的防城港 3 号、4 号机组的项目初步设计概算（建成价）为 375 亿元，单个机组造价约 188 亿元。两台“华龙一号”机组合计设备采购支出预算 129.90 亿元，平均单个机组的设备采购费用 64.95 亿元。

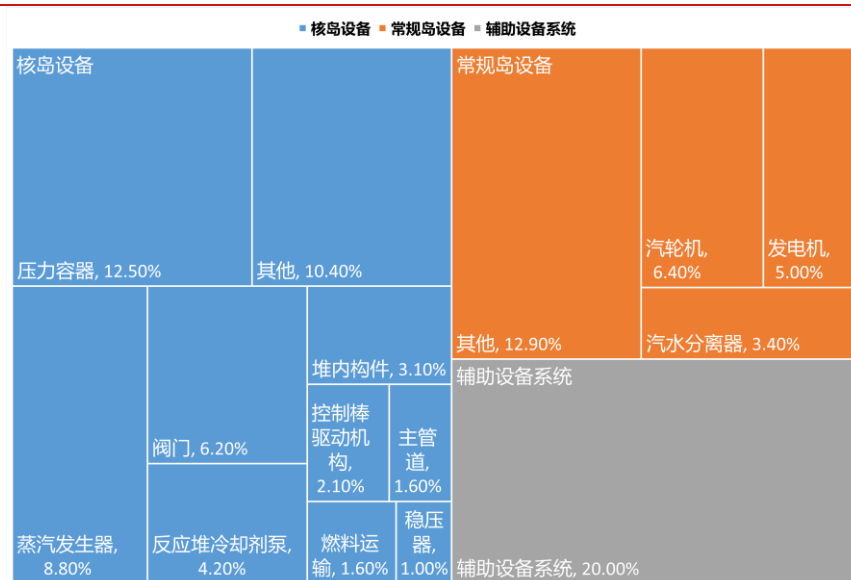
图表13：防城港3号、4号机组初设概算

项目	初设概算（亿元）
1、工程费用	292.51
1.1 购置设备的支出	129.90
1.2 购置土地的支出	1.10
1.3 采购技术的支出	26.20
1.4 其他支出	135.32
2、首炉燃料费	12.07
3、基本预备费	15.73
4、价差预备费	8.69
5、建设期财务费用	45.90

资料来源：中国广核招股书，中邮证券研究所

压水堆核电站由核岛和常规岛组成，核岛中的大型设备主要包括蒸发器、稳压器、主泵等，是核电站的核心装置；常规岛主要包括汽轮机组及二回路其他辅助系统，与常规火电厂类似。一般情况下，压水堆核电站核岛、常规岛和辅助设备三部分分别占设备投资的52%、28%和20%。

图表14：核电细分设备市场规模占比（2018-2020年）

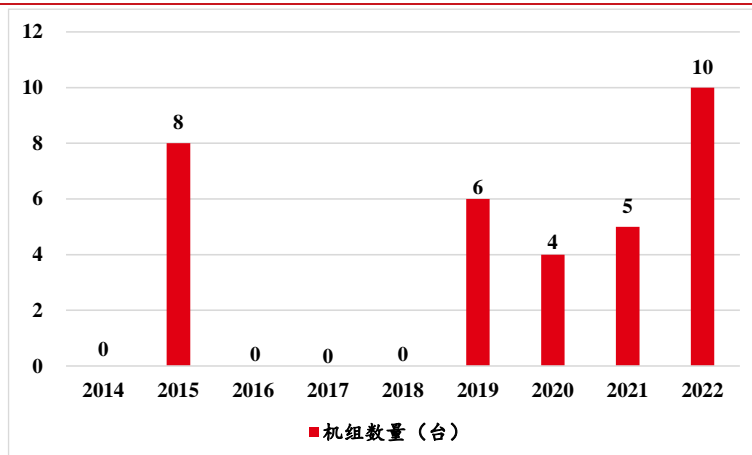


资料来源：观研报告网《中国核电设备行业现状深度研究与未来前景预测报告（2022-2029年）》，中邮证券研究所

### 2.3 “十四五”三代核电核准投建加速，国产化率持续提升

当前国内核电产业呈现出积极安全有序发展的态势。从2019年至目前，我国陆续核准16个核电项目，合计31台核电机组。2019年，福建漳州和广东太平岭核电项目核准开工，标志着三年“零核准”后国内新建核电已重启，而自主三代核电“华龙一号”也进入了批量化建设阶段。2022年，全国核准核电项目机组达10台，创历史新高；2023年7月，山东石岛湾核电厂扩建一期工程项目1、2号机组，福建宁德核电项目5、6号机组及辽宁徐大堡核电项目1、2号机组共3个核电项目的6台机组获得核准。

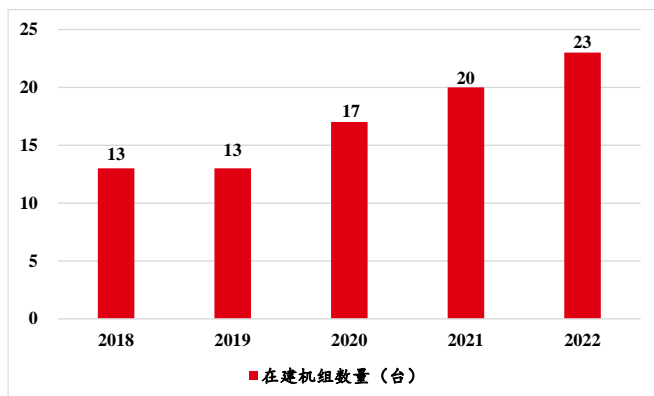
图表15：国内核电机组核准情况



资料来源：电线电缆网，中邮证券研究所

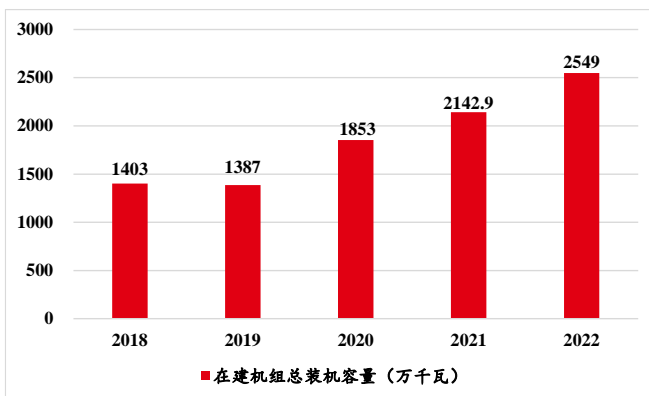
随着核电重启，新项目机组开工建设，国内在建机组数量和装机容量快速提升。2018年，我国在建核电机组13台，装机容量1403万千瓦；2022年，我国在建机组23台，装机容量2549万千瓦，较2018年增长82%。

图表16：近几年我国在建核电机组数量



资料来源：中国核能行业协会，中邮证券研究所

图表17：近几年我国在建核电机组装机容量



资料来源：中国核能行业协会，中邮证券研究所

近几年，新开工机组以“华龙一号”为主。2019-2022年，我国新开工核电机组数量分别为2台、4台、6台和5台，新开工核电机组以“华龙一号”为主，包括福建漳州1号/2号机组、广东太平岭1号/2号机组、浙江三澳1号/2号机组、昌江核电站3号/4号机组、陆丰核电站5号机组等。

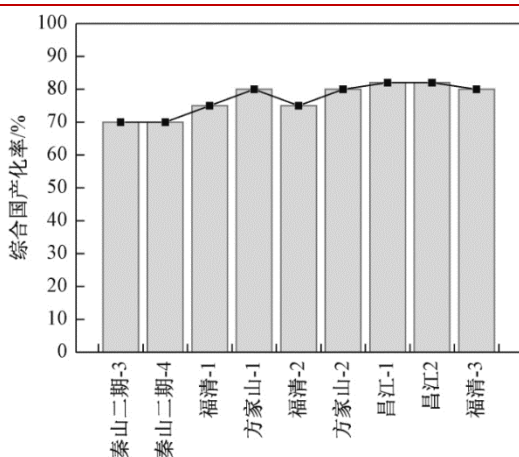
图表18：近几年国内核电新建机组情况

年份	机组	类型
2018年(0台)	——	——
2019年(2台)	福建漳州1号机组	HPR1000(1212MW)
	广东太平岭1号机组	HPR1000(1200MW)
2020年(4台)	福建漳州2号机组	HPR1000(1212MW)
	广东太平岭2号机组	HPR1000(1202MW)
	福建霞浦示范快堆2号	CFR600(600MW)
	浙江三澳1号机组	HPR1000(1210MW)
	昌江核电站3号机组	HPR1000(1200MW)
2021年(6台)	昌江核电站4号机组	HPR1000(1200MW)
	田湾核电站7号机组	VVER-1200(1274MW)
	海南昌江小堆示范工程	ACP100(125MW)
	徐大堡核电站3号机组	VVER-1200(1274MW)
	三澳核电站2号机组	HPR1000(1210MW)
	田湾核电站8号机组	VVER-1200(1265MW)
	徐大堡核电站4号机组	VVER-1200(1274MW)
2022年(5台)	三门核电站3号机组	CAP1000(1251MW)
	海阳核电站3号机组	CAP1000(1253MW)
	陆丰核电站5号机组	HPR1000(1200MW)

资料来源：中国核能行业协会，中邮证券研究所

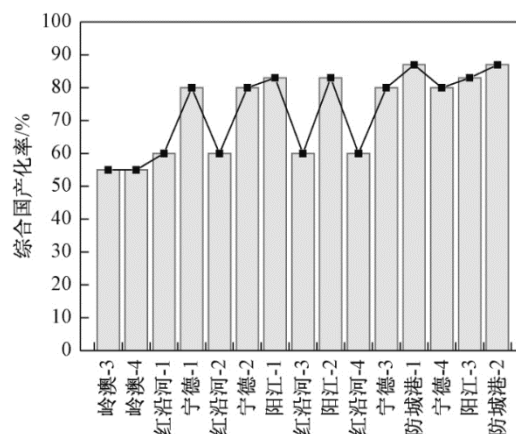
我国核电国产化率持续提升，“华龙一号”批量化建造后国产化率有望达到95%以上。我国第二代核电福清核电1号/2号机组综合国产化率在75%左右。我国自主研发的“华龙一号”国产化率显著提升，“华龙一号”全球首堆工程带动上下游5300多家企业实现了411台核心设备的国产化，福清核电5号机组设备国产化率达85%，批量化建设后的目标是设备国产化率不低于95%。

图表19：中核项目 CNP/M310（改）综合国产化率



资料来源：《中国核电产业国产化发展分析-杨已颢等》，中邮证券研究所

图表20：中广核 CPR1000 项目综合国产化率



资料来源：《中国核电产业国产化发展分析-杨已颢等》，中邮证券研究所

以核电站阀门为例，福清一期工程，进口阀门金额占比仍较高。2014 年建成的福清核电一期 1 号和 2 号机组采用的是法国 M310 堆型，2 个百万千瓦压水堆核电机组，所需阀门约 2.8 万台，其中核岛阀门 1.2 万台，常规岛阀门 1.3 万台，电站辅助设施阀门 0.3 万台。在福清一期两个机组建设中，采用进口阀门的数量仅占阀门总数的 4.3%，而金额占比达 58%。在一些高端的核一、核二级阀门如核一级电动闸阀、核一级调节阀、主蒸汽隔离阀、主蒸汽安全阀及主给水调节阀等附加值极高的关键阀门，在福清一期建设中，国内厂商还不具备国产化的能力，被国外厂家垄断。

图表21：进口与国产阀门数量及金额对比（福清核电一期）

类别	数量	价格
进口阀门	0.09 万台	3.5 亿元
其中，核一级阀门	58 台	5427 万元
国产阀门	2.71 万台	2.5 亿元
其中，核一级阀门	142 台	1520 万元

资料来源：《核电阀门国产化分析-施业寿》，中邮证券研究所

中核科技完成的“华龙一号（ACP1000）核电站关键阀门研发与产业化”科技成果，关键阀门研制包括了安全壳延伸功能地坑阀、主给水隔离阀、稳压器快速卸压闸阀、主蒸汽隔离阀、核二级直流电动平行座闸阀、核一级快速启闭隔离阀、核二级气动闸阀和核三级气动闸阀等一系列样机，用于 ACP1000 堆型 1:1 工程样机，可直接用于 ACP1000 机组，打破了国外在该核电站关键阀门设备上的技术壑

断、提高了核电站关键设备的国产化率。国产化关键阀门价格按引进国外阀门价格的 60% 计算, 每个机组可减少约 6000 万元人民币。

### 3 四代核电：中国引领，高温气冷堆和钠冷快堆先行

第三代核电技术在安全性上得到了提升, 在此基础之上, 为了强化戒备核扩散的要求、进一步改善经济性, 由此提出了第四代核电技术。2000 年, 美国能源部发起了“第四代国际论坛”(GIF), 目的是开发技术上新一代的反应堆, 我国于 2006 年加入 GIF。来自工业、大学和国家实验室的国际专家组成的 GIF 小组, 讨论了第四代的概念。最初, 大约有 100 个不同的设计方案被确定为候选方案并进行了评估, 包括从属于第三代+的概念, 以及一些前所未有的概念。最后, 专家们推荐了六个概念方案来进一步建构 GIF 框架, 包括三种快中子堆和三种热中子堆。国内对于四代堆“高温气冷堆”和四代堆“钠冷快堆”分别建设了实验堆和示范工程, 是产业化进展最快的第四代核电技术。

**图表22：四代核电堆型及核电工程**

反应堆类型	堆型	特点
超临界水冷堆	热堆	高温高压水冷反应堆, 在水的临界点以上运行。主要优势在于通过更高的热效率和工厂简化提高经济效益。
超高温气冷堆	热堆	使用氦作为冷却剂和陶瓷作为核心结构材料允许堆芯出口温度高达 1000°C, 使得在没有温室气体排放的情况下制氢成为可能。除了发电和制氢, 高温气冷堆可以替代化石燃料为其他工业过程提供热量。
熔盐堆	热堆	最初熔盐堆主要是热中子反应堆, 2005 年以来, 液体燃料的熔盐堆研究专注于快中子反应堆, 具有快堆在铀资源利用和废物最小化的优势, 和熔盐作为液态燃料和冷却剂的低压高沸优势。
钠冷快堆	快堆	基于钠冷快堆的封闭燃料循环能够实现裂变燃料的再生以及管理次锕系元素。重要的安全性特征包括长热响应时间、冷却剂沸腾的合理裕度、主系统在接近大气压下运行、一回路放射性钠和功率转换系统之间有中间钠系统。
铅冷快堆	快堆	特点是快中子反应和封闭的燃料循环, 采用相对惰性的冷却剂提高了反应堆的安全性。
气冷快堆	快堆	高温氦冷快堆, 结合了快堆可持续铀利用、废物最小化的优点和高温系统的高热效率、更多的工业用途的优点。

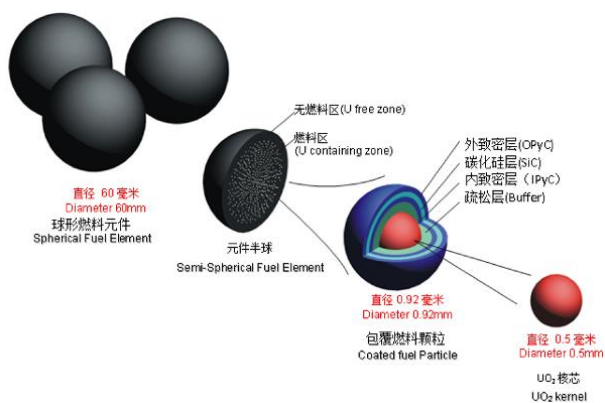
资料来源: Generation IV International Forum, 中邮证券研究所

#### 3.1 高温气冷堆：示范工程成功并网，宽用性拓展核能应用领域

高温气冷堆以“高温”和“气冷”两个主要特点区别于压水堆。与压水堆发电的原理一样，高温气冷堆也是通过核能-热能-机械能-电能的转化实现发电。不同的是，高温气冷堆不是通过“水冷”而是通过“气冷”的方式进行堆芯冷却和热传导，我国高温气冷堆的冷却剂是氦气。不同于压水堆以水作为慢化剂，高温气冷堆采用石墨作为慢化剂。以氦气为冷却剂、以石墨为慢化剂，加上堆内核燃料和其它材料均采用耐高温材料，使得高温气冷堆的工作温度和冷却剂的堆芯出口温度可以达到其它堆型难以企及的高度——900~1000℃。

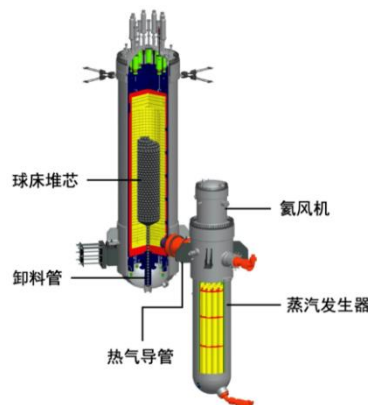
高温气冷堆按堆芯结构的特点可以分为球床堆和棱柱堆。我国高温气冷堆为球床堆，采用 TRISO 球形燃料元件，即由耐高温全陶瓷包覆颗粒球形核燃料元件。在石岛湾高温气冷堆示范工程，采用的燃料球直径 6 厘米，最外层是石墨层，里面是弥散在基体石墨粉中的大约 12000 个四层全陶瓷材料包覆的、直径 0.9 毫米的核燃料颗粒。我国石岛湾高温气冷堆示范工程中，反应堆堆芯直径 3m，高 11m，反应堆堆芯中大约有  $4.2 \times 10^5$  个燃料球。堆芯周边的反射层是耐高温的石墨。冷却剂氦气从反应堆顶部流过堆芯，进入和反应堆肩并肩布置的蒸汽发生器。冷却后的氦气由布置在蒸汽发生器壳顶部的氦气循环风机加压后流回反应堆。

图表23：球形燃料元件示意图



资料来源：清华大学微信公众号，中邮证券研究所

图表24：高温气冷堆示范电站单模块示意图



资料来源：清华大学微信公众号，中邮证券研究所

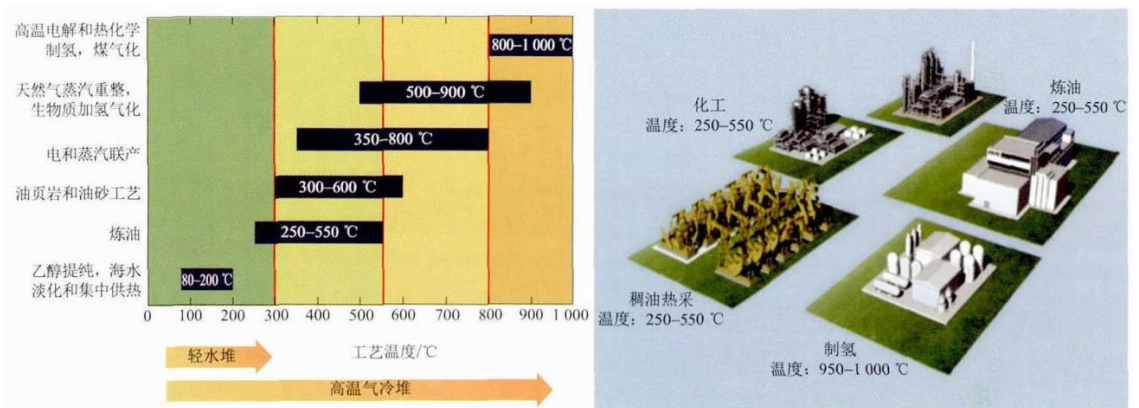
相比三代核电技术，高温气冷堆具有固有安全性高、效率高、用途广泛的优  
 势：

(1) 固有安全性高：高温气冷堆采用球形燃料元件，燃料包壳熔点高，燃料球破损率在  $10^{-6}$  以下。高温气冷堆的堆芯结构材料由石墨和碳块组成，不会发生堆芯熔毁事故。

**(2) 发电效率高：**传统压水堆的冷却剂热端平均温度约为 320℃，发电效率约 33%。高温气冷堆氦气出口平均温度达 750℃，并可提至 950℃以上，发电效率可达 40%-47%。

**(3) 用途广泛：**高温气冷堆核电站示范工程出口温度为 750℃，后续商用机组出口温度可达 900℃甚至上千摄氏度。石岛湾高温气冷堆示范电站的氦气出口温度能达到 750℃，产生 566℃的过热蒸汽，在高效发电之外，高温蒸汽还能用于**热电联产、稠油热采、化工、冶金等**。10 兆瓦高温气冷实验堆超高温运行实验证明，高温气冷堆有望进一步提高运行温度，目前技术水平的高温气冷堆具备运行在 950℃的能力，**可用于核能大规模绿色制氢**，有望对解决石化、冶金、交通等行业的二氧化碳排放问题发挥关键支撑作用。

图表 25：高温气冷堆用途示意



资料来源：《高温气冷堆核电技术产业化思考-高立本等》，中邮证券研究所

2021 年，全球首座球床模块式高温气冷堆核电站石岛湾高温气冷堆示范工程首次并网发电，标志着我国成为世界少数几个掌握第四代核能技术的国家之一。石岛湾高温气冷堆示范工程(HTR-PM)由中国华能牵头建设，装机容量 20 万千瓦，从 2004 年开始筹备到 2021 年实现并网，建设过程中，攻克了核燃料元件、压力容器、主氦风机等多项关键技术，成功研制出 2200 多套世界首台设备，设备国产化率达到了 93.4%。

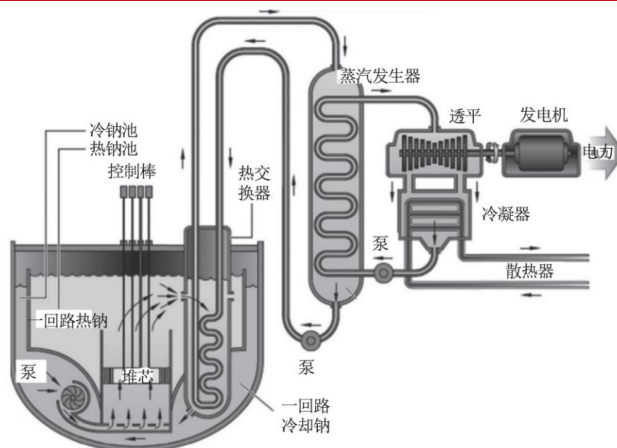
高温气冷堆宽用性特征优势显著，国家“十四五”规划提出推动 60 万千瓦级商用高温气冷堆示范。“高温”带来的宽用性是高温气冷堆相对其他四代核电技术的重要优势，国内陆续推进高温气冷堆的供汽、制氢等领域的用途。例如，江苏徐圩核能供热厂项目为连云港石化产业基地供应工业蒸汽，一期工程建设 2

台“华龙一号”压水堆机组及1组高温气冷堆机组及其配套辅助设施；2022年，东华能源与中核集团签署《战略合作协议》，双方将共同推进高温气冷堆项目，未来五年内预计投资超千亿元，共同打造零碳产业园。通过对高温蒸汽的梯次利用，保障“东华茂名轻烃产业园”蒸汽、电力、制冷乃至氢能的清洁化供应。

### 3.2 钠冷快堆：我国核能发展三步走战略重要环节，与压水堆匹配发展构成闭式燃料循环体系

钠冷快堆，全称钠冷快中子反应堆，以液态钠为冷却剂，由快中子引起核裂变反应，是公认的第四代先进核能系统备选堆型之一，具有良好经济竞争性、安全和可靠性，高燃料利用率、废物产生量小，以及拥有防扩散和外部侵犯的能力。

图表26：钠冷快堆泳池式反应系统示意图



资料来源：《浅谈第四代堆—钠冷快堆（SFR）的技术状况—张福民等》，中邮证券研究所

钠冷快堆具有固有安全性、燃料增殖、高铀利用率等优势：

**(1) 固有安全性：**金属钠的熔点低，易于熔解；沸点高，不易沸腾产生钠气泡；密度低于水，节省泵功率等；热导率要比水高百倍以上，从而保证堆芯和燃料不易过热。

**(2) 燃料增殖：**钠冷快堆中由快中子轰击铀<sup>239</sup>产生核裂变链式反应输出热能，同时，铀<sup>238</sup>不断生产核燃料铀<sup>239</sup>，电站运行过程中，铀<sup>238</sup>不断形成铀<sup>239</sup>实现燃料增殖。

**(3) 高铀利用率：**自然界天然铀中，不能够与中子作用发生链式裂变反应的铀<sup>238</sup>占99%以上，铀<sup>235</sup>可以与热中子作用发生链式裂变反应，然而含量仅占

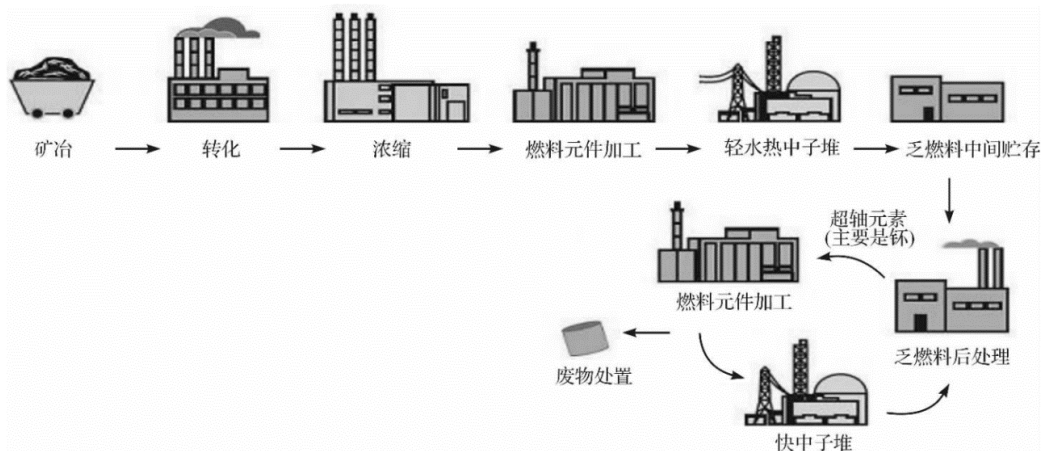
0.71%。利用快堆可以将天然铀资源的利用率由热中子堆的1%-2%提高到60%-70%，实现放射性废物最小化，能同时解决铀矿资源枯竭、核材料利用率低和核废料难以处理等棘手难题。

**核能大规模发展将不可避免遇到铀资源问题。**目前，我国的铀对外依存度已超过石油。全球可经济开采的铀资源仅在700万吨左右，按一座百万千瓦压水堆60年寿期需1万吨天然铀计算，截至2022年底，全球总装机容量约394GW，全部铀资源仅可供约100年使用。考虑到新增核电容量，该时间还会更短。另外，如果采用一次通过模式，对乏燃料不加处置，大量乏燃料还会在几十万年的尺度上对环境形成威胁。

**闭式核燃料循环体系是解决铀资源问题的有效途径。**当前世界上建设的核反应堆所选用的裂变核燃料通常为钚-239及铀-235，但是在铀矿中能够维持核链式反应的铀-235数量稀少仅占0.71%，99.27%是铀-238。由于快堆具有燃料增殖的能力，发展基于快堆的先进核燃料循环系统，将天然铀中大量的铀-238进行利用，并将乏燃料中的长寿命次锕系元素嬗变掉，将核能改造成可大规模、可持续、环境友好的能源，是我国核能发展的不二选择。

**钠冷快堆与压水堆匹配发展构成闭式核燃料循环体系。**目前，中国已形成世界上少数国家才有的完整的核燃料循环体系，建立压水堆、快堆匹配发展，与先进后处理技术形成闭式燃料循环体系，是中国核能可持续发展的保障。

图表27：快堆闭式核燃料循环示意



资料来源：《我国快堆闭式核燃料循环体系的现状及展望\_王宏渊》，中邮证券研究所

钠冷快堆是我国核能发展“热堆—快堆—聚变堆”三步走战略体系的重要组成部分。按照我国快堆核能系统发展总体目标设想,预计 2025 年前实现以 CFR600、200 吨后处理厂、20 吨 MOX 厂为平台,实现工程规模循环;预计 2035 年前实现以 CFR1000、大型商用后处理厂、大型商用金属燃料厂为平台,实现商业规模循环。

**图表28：我国快堆核能系统发展总体目标设想**

阶段	时间节点	内容
第 1 阶段	2020 年前	以 CEFR、50 吨后处理中试厂、MOX 实验线为平台,实现中试规模循环研究;
第 2 阶段	2025 年前	以 CFR600、200 吨后处理厂、20 吨 MOX 厂为平台,实现工程规模循环;
第 3 阶段	2035 年前	以 CFR1000、大型商用后处理厂、大型商用金属燃料厂为平台,实现商业规模循环;
第 4 阶段	2040 年前	建成快堆乏燃料后处理厂,进入快堆全循环。

资料来源：《中国快堆及先进核燃料循环体系发展战略思考-张东辉等》，中邮证券研究所

2017 年 12 月,中国首个快堆示范工程土建在福建省霞浦县开工。霞浦示范快堆工程采用单机容量 60 万千瓦的快中子反应堆,计划于 2023 年建成投产。霞浦示范快堆的建成对我国掌握快中子增殖堆技术、形成闭式核燃料循环体系,实现我国核能发展战略具有重要意义。

## 4 核聚变发电：国内核聚变试验稳步推进，人类终极能源的利用渐行渐近

### 4.1 核聚变：人类终极能源，以托卡马克装置最成熟

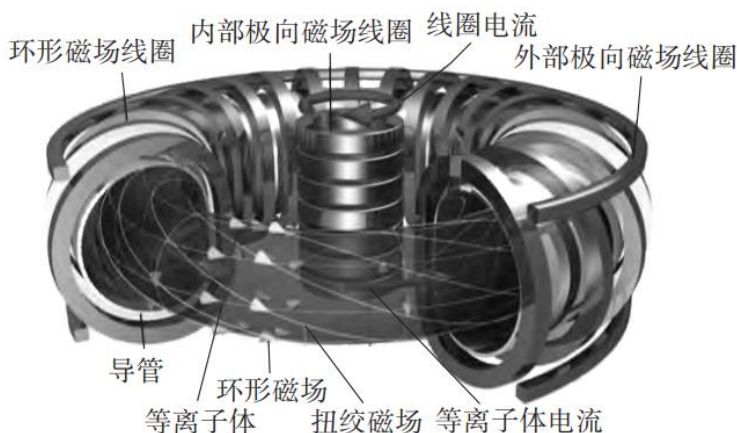
核聚变,又称核融合、融合反应、聚变反应或热核反应。核聚变由质量小的原子(主要是指氘或氚),在一定条件下(如超高温和高压)发生原子核互相聚合作用,生成新的质量更重的原子核(如氦核),并伴随着巨大的能量释放的一种核反应形式。因此,核聚变被视为几乎无限的能量来源,洁净、安全而自持,为解决人类未来的能源展示了最好的前景。

核聚变能是人类未来更理想的新能源。核聚变产生的能量是核裂变的 3-4 倍，其副产品是惰性、无毒的氦气，不会影响环境安全。在燃料上，核聚变燃料之一的氘广泛地分布在海水中，1 升海水中含的氘全部聚变反应所产生的能量与 300 升汽油完全燃烧所释放的能量相当，海水中氘的储量可供人类使用几十亿年。此外，核聚变反应需要在高温等离子体和外部磁场限制的环境下才可以进行，同时它可以在几秒钟内得到控制或停止，本质上是安全的。

20 世纪四五十年代，世界各国开始了和平且商业化利用可控核聚变能的研究征程。由于没有物质可以承载核聚变所产生的高温，科学家采用两种不同的策略来限制和控制不同的温度，即：磁约束（又称托卡马克约束）和惯性激光约束，可行方案包括托卡马克、环形箍缩、仿星器及磁镜等。在托卡马克中，先向装置输入足够能量，建立包裹等离子体和沿等离子体环向运行的磁场，再利用强纵向磁场和等离子体电流产生的极向磁场形成螺旋型磁场，控制约束等离子体运行。

经过多年的探索，托卡马克（磁约束核聚变）成为可控核聚变的主要途径。根据 IAEA 数据，截至 2022 年年底，全世界约有 130 个国有或私营实验性聚变装置，其中 90 个正在运行，12 个在建，28 个计划中。其中约 76 个托卡马克、13 个仿星器、9 个激光点火设施以及 32 个所谓新概念装置。

图表29：托卡马克结构示意图



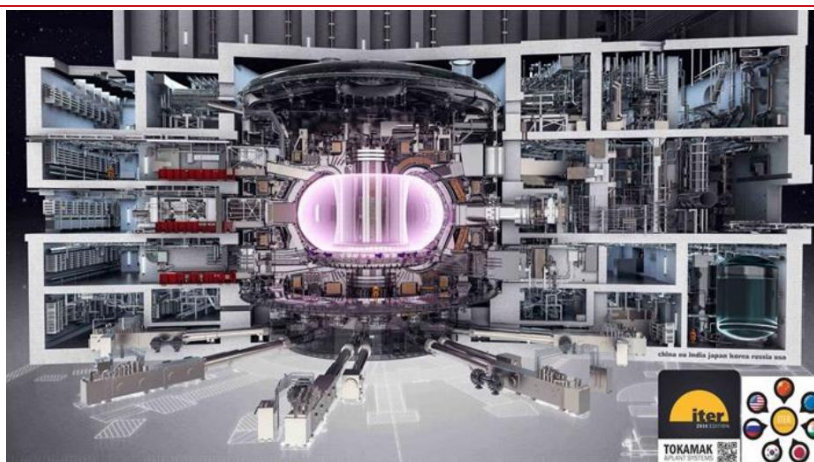
资料来源：《可控核聚变——未来世界的炽热之心-王怀君等》，中邮证券研究所

## 4.2 从 ITER 项目到 Helion Energy 核聚变发电厂，国际核聚变发电热度不减

国际热核聚变实验堆计划（ITER）是目前全球规模最大、影响最深远的国际科研合作项目之一，建造周期 20 年，计划投资 200 亿美元。ITER 装置是个能产生大规模核聚变反应的超导托卡马克装置，俗称“人造太阳”。建成后，ITER 将是全世界最大的核聚变装置，预计在 2036 年开始进行全功率核聚变实验，计划能够实现 5-10 分钟能量增益值超过 10 的运转。

2006 年中国正式加入 ITER 项目，承担了 18 个部件研制项目的制造任务，涵盖了 ITER 装置重要关键部件。目前，我国按时、高标准、高质量交付了 ITER 计划有关任务，关键部件研制项目完成质量与进度均走在 ITER 参建各方前列。

**图表30：ITER 主体托卡马克装置示意图**



资料来源：国光电气招股书，中邮证券研究所

多因素影响下，ITER 项目面临工期推迟和成本超出。供应链问题等造成了 ITER 项目延误，例如，2020 年发现在韩国制造的四个真空室部件的焊接表面错位问题；2022 年发现在 ITER 的 23 千米长的管道的某些区域有裂纹等。在 2022 年发现组件缺陷前，ITER 项目已面临多年的推迟和成本增加。2020 年，项目负责人首次警告，2025 年的启动日期无法实现。

图表31：ITER 项目时间表



资料来源：《ITER 项目依然在稳步推进-苦山》，中邮证券研究所

在 ITER 项目拖期的同时，美国“国家点火装置”实现人类历史上第一次核聚变净能量增益。2022 年 12 月，利用美国加利福尼亚劳伦斯·利弗莫尔国家实验室的核聚变装置“国家点火装置”，美国科研团队利用脉冲激光向实验氘氚靶丸输入了 2.05 兆焦耳的能量，产生了 3.15 兆焦耳的聚变能量，能量增益达到 1.5 倍。2023 年 8 月，劳伦斯·利弗莫尔国家实验室宣布，“国家点火装置”在 7 月 30 日的实验中第二次在核聚变反应中实现了净能量增益。

核聚变产业投资显著提升。根据美国核聚变产业协会 2022 年发布的调查数据，全球私营核聚变公司获得超过 48 亿美元的投资，比 2021 年增长 139%，私人投资对核聚变的投资额首次超过政府资助。截至 2022 年底，全球参与核聚变研究的公司超过 30 家，其中近一半公司在过去 5 年间成立。

2023年5月，美国 Helion Energy 宣布将在 2028 年之前建成世界上第一座聚变发电厂。Helion Energy 成立于 2013 年，总部位于华盛顿州埃弗雷特，拥有约 150 名员工。到目前为止，Helion 已经筹集了超过 5.7 亿美元的私人资本。ChatGPT 母公司 OpenAI 首席执行官 Sam Altman 在 2021 年 11 月曾对 Helion Energy 投资 3.75 亿美元。微软已与 Helion Energy 签订了电力购买协议。Helion Energy 预计核聚变电厂投产后将在 1 年内实现至少 50MW 的发电能力。

此外，美国初创核聚变公司 Commonwealth Fusion Systems 已募集 20 亿美元，计划在美国建立一座聚变反应堆 SPARC，预期在 2030 年代初期实现商业核聚变发电。

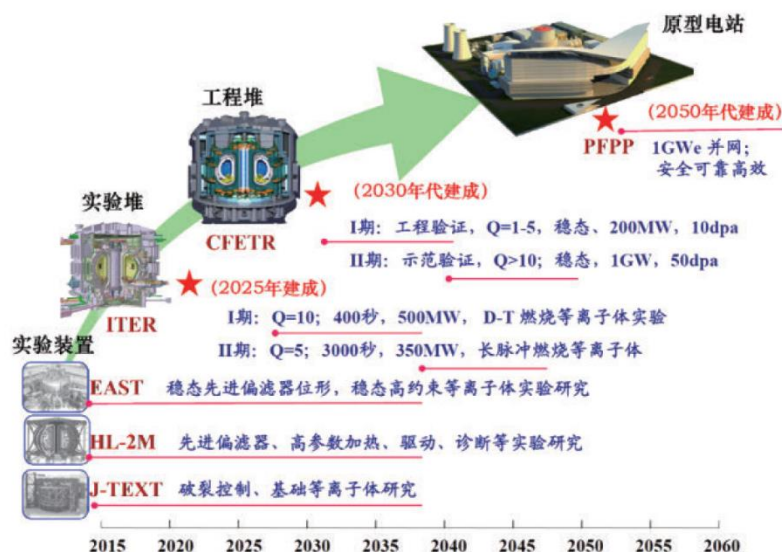
### 4.3 国内核聚变试验稳步推进，实验装置陆续开建

我国可控核聚变研究几乎与国际同步，参加 ITER 计划以来，我国核聚变相关科研实力得到极大提升。我国自 20 世纪 90 年代开始托卡马克研究，先后建成运行合肥超环（HT-7）、中国环流器二号（HL-2A）及东方超环（EAST）等装置。2006 年中国正式加入 ITER 项目，负责完成了 ITER 装置多个重要部件的设计、制造与装配任务。根据中国磁约束聚变能发展路线图的规划，中国磁约束聚变能的开发将分为 3 个阶段：

- （1）力争在 2021 年推动中国聚变工程试验堆（CFETR）立项并开始装置建设；
- （2）到 2035 年建成中国聚变工程试验堆，调试运行并开展物理实验；
- （3）到 2050 年开始建设商业聚变示范电站。

根据国家原子能机构转引杜祥琬院士等《核能技术方向研究及发展路线图》，聚变能源开发难度非常大，需要长期持续攻关，乐观预计在 2050 年前后可以建成示范堆，之后再发展商用堆。

图表32：中国磁约束聚变能发展路线图



资料来源：《CFETR 物理与工程研究进展-高翔等》，中邮证券研究所

我国拥有核聚变实验装置的单位或企业包括西南物理研究院、中科院等离子体物理研究所、能量奇点和星环聚能等。中核集团核工业西南物理研究院是我国最早从事可控核聚变能源开发的专业研究机构，也是我国参与 ITER 计划的主要技术支撑单位。2022 年，由该院自主设计、建造的新一代 HL-2M 等离子体电流突破 100 万安培，创造了国内等离子体运行新纪录。

中科院等离子体物理研究所成立于 1978 年 9 月，前身为合肥受控热核反应研究实验站，是中国热核聚变研究的重要基地，先后建成常规磁体托卡马克 HT-6B、HT-6M，我国第一个圆截面超导托卡马克核聚变实验装置“合肥超环”（HT-7），世界上第一个非圆截面全超导托卡马克核聚变实验装置“东方超环”（EAST），正在建设国家“十三五”大科学工程聚变堆主机关键系统综合研究设施 CRAFT 等。2023 年 4 月 12 日，EAST 实现温态高约束模式等离子体运行 403 秒，创造了新的记录。

从 ITER 到示范堆（DEMO）还有较大差距，CFETR 是我国聚变能研发必不可少的一环。CFETR 项目由我国自主设计研制并联合国际合作开展。该项目的工程设计借鉴了 EAST、ITER 以及我国多年托卡马克聚变装置主机设计经验。CFETR 将着力解决一系列存在于 ITER 和聚变商业示范堆（DEMO）之间的科学与技术挑战，包括实现氘氘聚变等离子体稳态运行，公斤级氘的增殖、循环与自持技术，可长时间承受高热负荷、高中子辐照的第一壁和先进偏滤器材料技术等。

图表33: 快堆闭式核燃料循环示意

单位	聚变试验堆简介
西南物理研究院	HL-2A 改造升级装置 HL-2M, 用于研究高比压、高参数的聚变等离子体物理, 为下一步建造聚变堆打好基础。
中科院等离子体物理研究所	HT-7: 可产生长脉冲高温等离子体的中型聚变研究装置, 研究等离子体在稳态、高参数、高约束条件下稳定性、输运、壁的平衡等方面的物理问题, 探索适合先进核聚变反应堆的运行模式, 为建成的大型非圆截面全超导托卡马克核聚变实验装置 EAST 探索先进的运行模式和物理基础。
	EAST: 先进实验超导托卡马克, 是我国自行设计研制的国际首个全超导托卡马克装置, 针对近堆芯等离子体稳态先进运行模式的科学和工程问题, 将能产生 $\geq 100$ 万安培的等离子体电流; 持续时间将达到 1000 秒, 在高功率加热下温度将超过一亿度。
	CRAFT: 聚变堆主机关键系统综合研究设施, 是国际聚变领域参数最高、功能最完备的综合性研究平台, 2019 年开建。
	CFETR: 中国聚变工程试验堆, 以实现聚变能源为目标的中国聚变工程试验堆 CFETR 设计与建设是我国聚变能研发必不可少的一环。
能量奇点	洪荒 70: 全高温超导托卡马克装置, 计划于 2023 年底建成运行。洪荒 70 将成为全球首台建成运行的全高温超导托卡马克装置, 率先在完整装置层面验证高温超导托卡马克技术路线的工程可行性。
星环聚能	SUNIST-2: 球形托卡马克, 验证重复重联原理和 1T 磁场球形托卡马克的约束性能。2023 年 6 月, SUNIST-2 由星环聚能和清华大学合作建设完成, 并获得第一等离子体。2023 年下半年, SUNIST-2 将通过重复磁重联将等离子体加热到 1700 万度。

资料来源: 西南物理研究院官网, 中科院等离子体物理研究所官网, 中科院官网, 能量奇点官网, 星环聚能官网, 中邮证券研究所

## 5 相关标的

### 5.1 中核科技: 国内核电阀门领域的领军企业, 受益于高端阀门国产替代

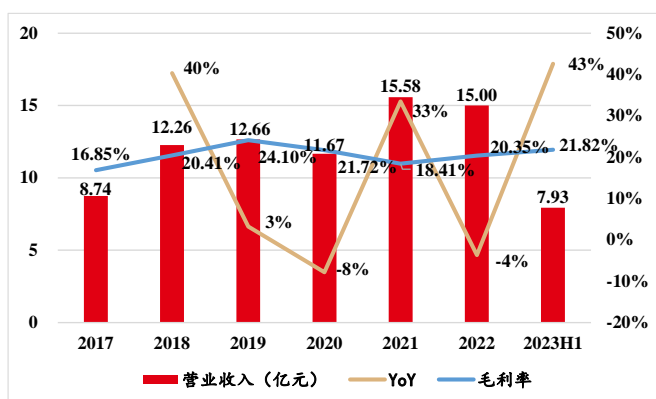
中核科技前身为 1952 年成立的苏州铁工厂, 是一家集工业阀门研发、设计、制造及销售为一体的科技型制造企业, 于 1997 年在深交所挂牌上市, 成为中国阀门行业和中核集团所属的首家上市企业。中核科技以“核工程、石油石化、公用工程”为三大主流目标市场, 是国内核电阀门领域的领军企业, 国内三大核电集团核电阀门主力供应商, 与“三桶油”保持良好的战略合作关系, 并为恒力石化、浙江石化等大型民营石化企业提供阀门产品, 企业技术研发实力居于中国阀门行业前列。

公司持续推进关键阀门国产化的自主创新, 推动公司核工程、石油石化、电力、水务等市场阀门业务向高端领域迈进, 提高阀门产品附加值, 成功研制主蒸汽隔离阀等一批填补国内空白、具有国际先进水平的关键阀门, 推动核电关键阀

门“以国代进”。公司自主研发的核级阀门产品获得了国家科学技术部、国家商务部、国家质量监督检验检疫总局、国家环境保护总局等四个部委联合签发的《国家重点新产品证书》，首批整机国产化主蒸汽隔离阀验收合格、服务于漳州核电1号机组，“国和一号”示范项目PV70爆破阀成功发运。

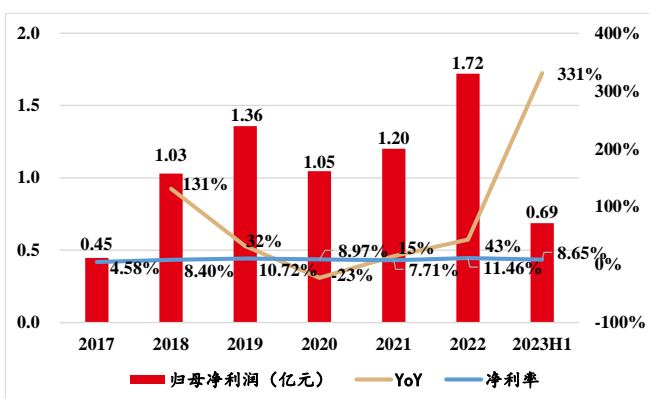
2023H1，中核科技营收、利润增长显著。2023H1，中核科技实现营业收入7.93亿元，同比增长43%，毛利率21.82%，同比提升4.44pcts，实现归母净利润0.69亿元，同比增长331%。

图表34：中核科技营业收入及毛利率



资料来源：iFinD，中邮证券研究所

图表35：中核科技归母净利润及净利率



资料来源：iFinD，中邮证券研究所

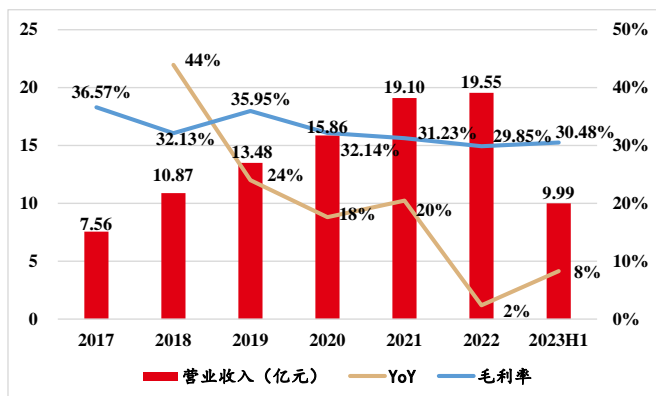
## 5.2 江苏神通：受益于核电建设加速，乏燃料后处理厂配套产品贡献新增量

江苏神通从事新型特种阀门研发、生产与销售，主要包括蝶阀、球阀、闸阀、截止阀、止回阀、调节阀、非标阀等七个大类145个系列2000多个规格，产品广泛应用于冶金、核电、火电、煤化工、石油和天然气集输及石油炼化等领域。

公司冶金特种阀门主要应用于冶金行业的高炉煤气干法除尘与煤气回收等节能减排系统，产品国内市场占有率70%以上。公司是核级蝶阀、球阀产品国内主要供应商，根据招投标数据，在核级蝶阀和球阀的市场占有率90%以上。单台核电机组上，江苏神通的订单金额在7000万左右。除核电配套外，公司向乏燃料后处理厂提供阀门产品，为公司带来新增量。

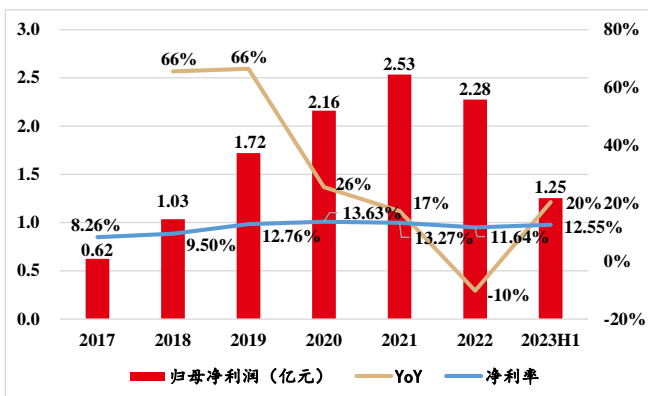
2023H1，江苏神通业绩稳步增长。2023H1，江苏神通实现营业收入 9.99 亿元，同比增长 8%，毛利率 30.48%，同比提升 2.15pcts，实现归母净利润 1.25 亿元，同比增长 20%。

图表36：江苏神通营业收入及毛利率



资料来源：iFinD，中邮证券研究所

图表37：江苏神通归母净利润及净利率



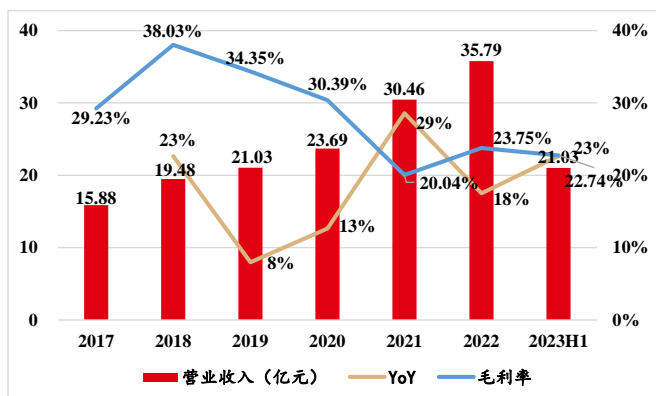
资料来源：iFinD，中邮证券研究所

### 5.3 佳电股份：特种电机供应商，受益于高温气冷堆商运推广

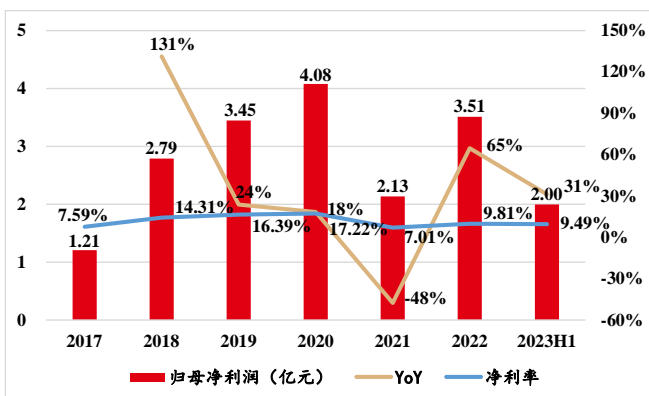
佳电股份是哈尔滨电气集团控股的上市公司，继承了原佳木斯电机厂全部优质资产，延续了 80 余年电动机生产历史，是我国防爆电机、起重及冶金用电机、屏蔽电机（电泵）及局部扇风机的创始厂和主导厂，产品广泛应用于机械煤炭、石油化工、起重冶金、航空航天等行业以及核电站、卫星发射、三峡工程、南极长城站等。在核电领域，公司主要产品为电压等级 380~10000V，功率等级 0.37~12000kW 区间的各个规格的核级、非核级电动机，在核电领域可供产品市场占有主导优势。

公司主氨风机产品取得了国内“重点领域首台套创新产品”认证，受益于高温气冷堆商运推广。主氨风机是高温气冷堆核电站核反应堆一回路唯一的动力设备，其功能是驱动一回路内的冷却剂—7.0MPa 氨气，流经反应堆堆芯，在反应堆正常启动、功率运行和停堆等工况时，提供足够流量的氨气通过一回路系统，将反应堆堆芯产生的热量带走。

2023H1，佳电股份业绩保持较快增。2023H1，佳电股份实现营业收入 21.03 亿元，同比增长 23%，毛利率 22.74%，同比降低 1.20pcts，实现归母净利润 2.00 亿元，同比增长 31%。

**图表38：佳电股份营业收入及毛利率**


资料来源：iFinD，中邮证券研究所

**图表39：佳电股份归母净利润及净利率**


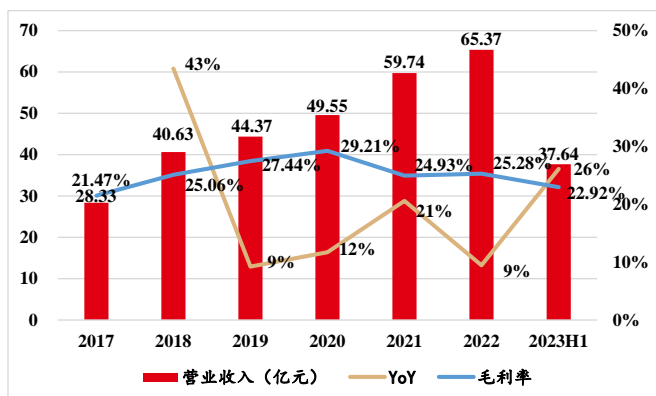
资料来源：iFinD，中邮证券研究所

#### 5.4 久立特材：蒸发器U型管核心供应商，海外石油领域新签大订单

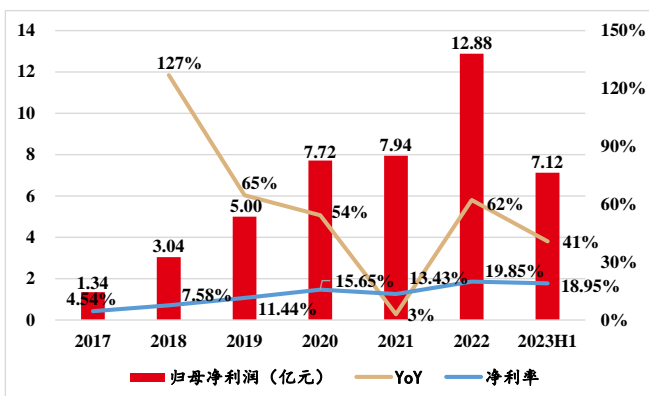
久立特材创建于1987年，致力于工业用不锈钢及特种合金管材、棒材、线材、双金属复合管材、管配件等管道系列产品研发与生产。公司建有世界先进水平的无缝管（热挤压/穿孔+冷轧/冷拔）生产线和FFX成型、JCO成型等焊接管生产线，为石油、天然气、电力、核电、化工、船舶制造、新能源等领域提供安全可靠的产品，管道产销量多年居国内首位。其中，在核电领域，公司是国内蒸发器U型管核心供应商。

公司海外石油领域新签大订单。2023年9月，公司公告，公司下属境外全资孙公司Eisenbau Krämer GmbH (EBK) 与阿布扎比国家石油公司签订总长度约92公里的管线钢管供应合同，合同总价（含税）约5.92亿欧元（折算人民币约46亿元）。该大额订单的签订有利于公司进一步提升管线钢管业务产品开发、生产以及客户开拓能力，增强公司国际竞争力，将有力支撑公司未来两年的业绩增长。

2023H1，久立特材业绩保持较快增。2023H1，久立特材实现营业收入37.64亿元，同比增长26%，毛利率22.92%，同比降低1.51pcts，实现归母净利润7.12亿元，同比增长41%。

**图表40：久立特材营业收入及毛利率**


资料来源：iFinD，中邮证券研究所

**图表41：久立特材归母净利润及净利率**


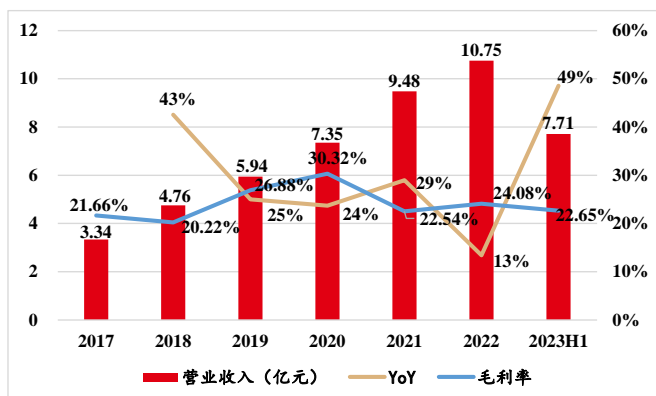
资料来源：iFinD，中邮证券研究所

### 5.5 科新机电：压力容器过程装备制造厂商，受益于高温气冷堆和核燃料运输产业发展

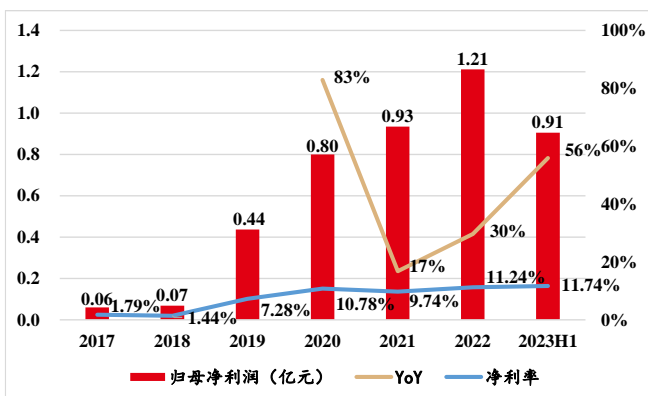
科新机电创立于1997年，是一家面向核电军工、新能源、石油化工、煤化工、天然气化工等领域的过程装备成套方案解决供应商和进出口贸易的国家高新技术企业，拥有民用核安全2、3级机械设备制造许可证以及一类放射性物品运输容器制造许可，固定式压力容器规则设计资质和大型高压容器（A1）制造（含现场制造）许可资质，GC1压力管道安装资质，美国ASME U、U2产品设计与制造资质。

公司有望受益于国内高温气冷堆商运推广和核燃料运输产业发展带来的需求增长。在核电领域，公司完成了中广核集团项目的ANT-12A新燃料核电运输容器国产化，为山东石岛湾高温气冷堆核电站示范工程项目提供热气导管和主氦风机冷却器。

2023H1，科新机电业绩保持较快增。2023H1，科新机电实现营业收入7.71亿元，同比增长49%，毛利率22.65%，同比降低1.22pcts，实现归母净利润0.91亿元，同比增长56%。

**图表42：科新机电营业收入及毛利率**


资料来源：iFinD，中邮证券研究所

**图表43：科新机电归母净利润及净利率**


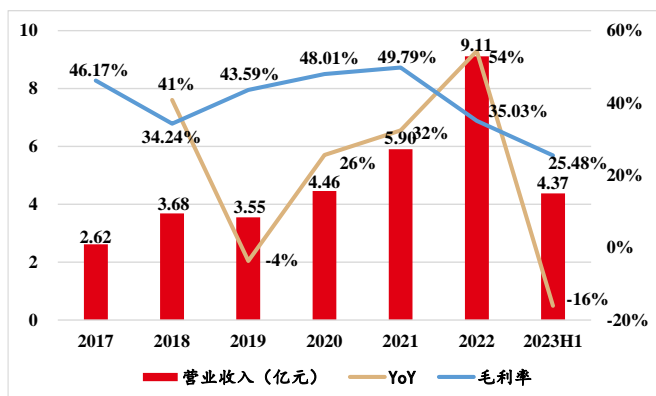
资料来源：iFinD，中邮证券研究所

## 5.6 国光电气：微波电真空器件领军企业，核工业产品市场空间广阔

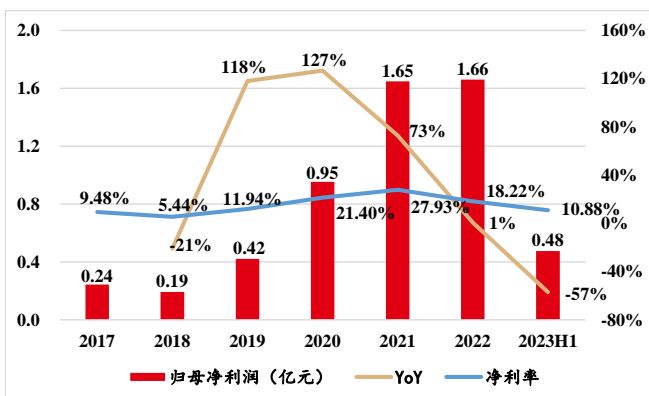
国光电气源于 1958 年，是我国微波电子器件主要科研生产基地之一。公司是我国“一五”时期前苏联援建的国家 156 项重点建设项目之一，具有超 60 年的研发生产史，为我国百余种雷达装备等国家重点工程项目配套。公司优势技术产品主要为行波管、磁控管、开关管等真空及微波电子元器件。

在核工业设备领域，近年来公司取得重要技术突破，填补了国内空白，实现了核工业关键设备及部件的国产化，并获得客户认可，已逐步实现了批产和交付。公司的核工业设备及部件产品主要包括 ITER 配套设备、核工业领域专用泵以及阀门等。

2023H1，由于微波器件收入规模下降，国光电气收入、利润下滑。2023H1，国光电气实现营业收入 4.37 亿元，同比下滑 16%，实现归母净利润 0.48 亿元，同比下滑 57%。

**图表44：国光电气营业收入及毛利率**


资料来源：iFinD，中邮证券研究所

**图表45：国光电气归母净利润及净利率**


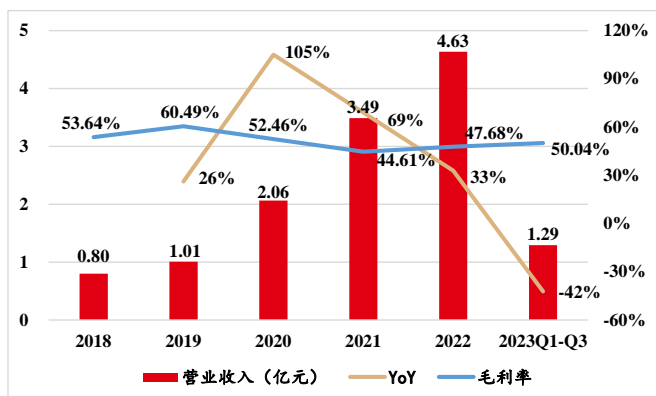
资料来源：iFinD，中邮证券研究所

## 5.7 景业智能：核工业智能装备核心供应商，乏燃料后处理市场前景广阔

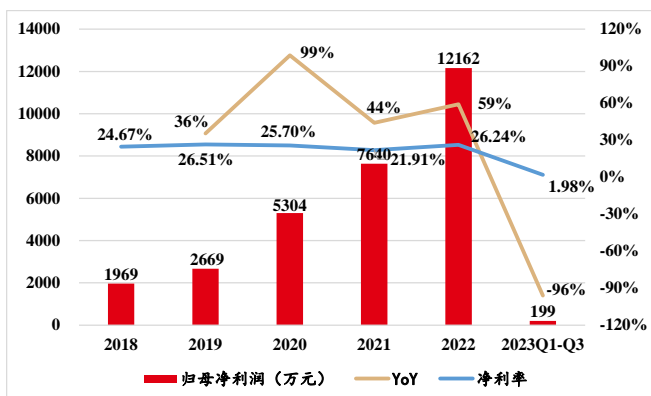
景业智能专注并致力于智能制造技术在核工业中的应用，主要从事特种机器人及智能装备的研发、生产及销售，主要产品包括核工业系列机器人、核工业智能装备、非核专用智能装备等。公司已与中核集团、中国航天科技集团、中国航天科工集团、中科院、中广核、全国各大高校等众多单位形成深度合作。同时，公司还为新能源电池、医药大健康等行业客户提供智能制造解决方案及特种装备。

公司自主研发的核工业系列机器人、核工业智能装备等产品主要应用于核燃料循环产业链，已成功应用于多个项目，为客户提高生产效率、提升系统可靠性、实现特殊环境下的机器换人等多个难题提供了系统解决方案。随着国内核工业领域智能化、数字化发展以及乏燃料后处理工业示范厂、MOX 燃料组件生产线等项目建设推进，对于放射性环境下机器人和智能装备的需求有望快速提升，公司有望充分受益。

2023Q1-Q3，受大客户项目整体规划及验收节点影响较大，项目交付验收减少，景业智能收入、利润下滑。2023Q1-Q3，景业智能实现营业收入 1.29 亿元，同比下滑 42%，实现归母净利润 199 万元，同比下滑 96%。

**图表46：景业智能营业收入及毛利率**


资料来源：iFinD，中邮证券研究所

**图表47：景业智能归母净利润及净利率**


资料来源：iFinD，中邮证券研究所

## 5.8 中国核电和中国广核：国内主要核电运营商，受益于核电装机容量提升

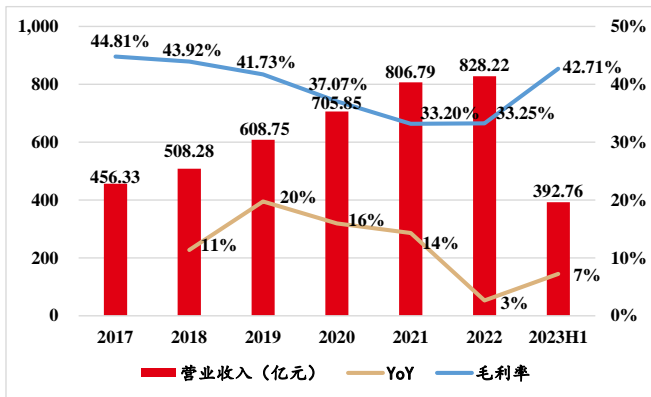
我国核电运营单位有中核、广核、国电投和华能四大集团，以中核和广核为主。当前，我国的 54 台在运核电机组中，中核和广核分别拥有 25 座和 27 座。2017 年前，国内核电运营单位仅有中核集团和广核集团两家；2018 年，随着海阳核电站 1 号机组并网，国内核电运营单位增加了国电投；中国华能于 2021 年 3 月获得国家核安全局颁发的《核设施建造许可证》，标志着中国华能拥有了正式进军核电市场的牌照，我国的核电市场将呈现四分天下的局面，目前，华能拥有高温气冷堆示范项目和海南昌江核电二期项目。

**图表48：我国四大核电集团装机情况**

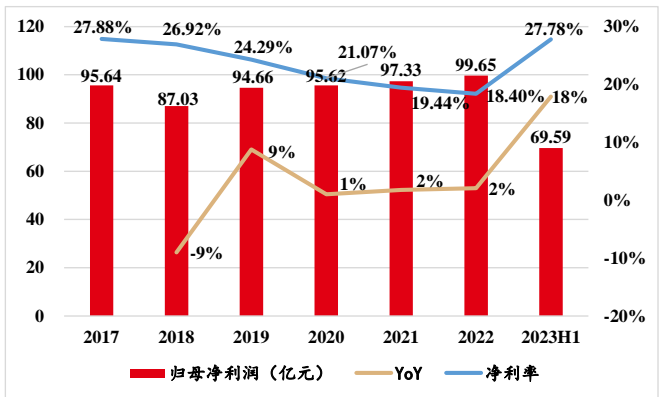
集团名称	在运		在建	
	机组数量	装机容量 (GW)	机组数量	装机容量 (GW)
中核集团	25	23.75	11	11.18
中广核	27	30.56	7	8.09
国电投	2	2.50	5	6.83
华能集团	0	0	3	2.61

资料来源：中核战略规划研究总院，中邮证券研究所

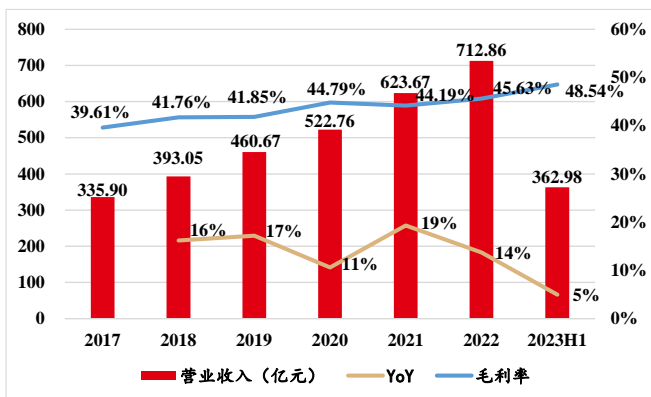
2023H1，中国广核和中国核电业绩稳步增长。2023H1，中国广核实现营业收入 392.76 亿元，同比增长 7%，实现归母净利润 69.59 亿元，同比增长 18%；中国核电实现营业收入 362.98 亿元，同比增长 5%，实现归母净利润 60.42 亿元，同比增长 11%。

**图表49：中国广核营业收入及毛利率**


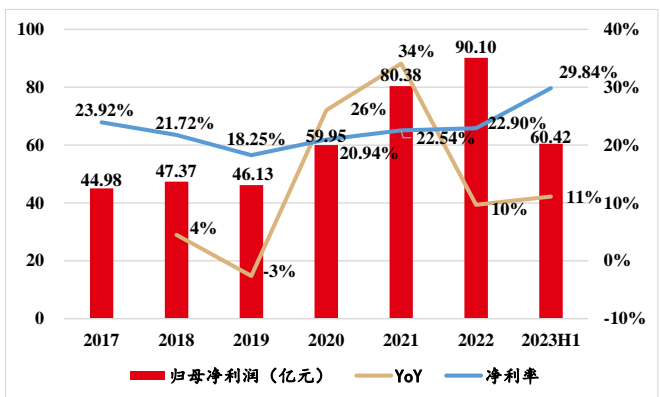
资料来源：iFinD，中邮证券研究所

**图表50：中国广核归母净利润及净利率**


资料来源：iFinD，中邮证券研究所

**图表51：中国核电营业收入及毛利率**


资料来源：iFinD，中邮证券研究所

**图表52：中国核电归母净利润及净利率**


资料来源：iFinD，中邮证券研究所

## 6 风险提示

电力需求增长不及预期；核电政策转向保守；四代核电发展不及预期等。

## 中邮证券投资评级说明

投资评级标准	类型	评级	说明
报告中投资建议的评级标准： 报告发布日后的 6 个月内的相对市场表现，即报告发布日后的 6 个月内的公司股价（或行业指数、可转债价格）的涨跌幅相对同期相关证券市场基准指数的涨跌幅。 市场基准指数的选取：A 股市场以沪深 300 指数为基准；新三板市场以三板成指为基准；可转债市场以中信标普可转债指数为基准；香港市场以恒生指数为基准；美国市场以标普 500 或纳斯达克综合指数为基准。	股票评级	买入	预期个股相对同期基准指数涨幅在 20%以上
		增持	预期个股相对同期基准指数涨幅在 10%与 20%之间
		中性	预期个股相对同期基准指数涨幅在-10%与 10%之间
		回避	预期个股相对同期基准指数涨幅在-10%以下
	行业评级	强于大市	预期行业相对同期基准指数涨幅在 10%以上
		中性	预期行业相对同期基准指数涨幅在-10%与 10%之间
		弱于大市	预期行业相对同期基准指数涨幅在-10%以下
	可转债评级	推荐	预期可转债相对同期基准指数涨幅在 10%以上
		谨慎推荐	预期可转债相对同期基准指数涨幅在 5%与 10%之间
		中性	预期可转债相对同期基准指数涨幅在-5%与 5%之间
		回避	预期可转债相对同期基准指数涨幅在-5%以下

## 分析师声明

撰写此报告的分析师（一人或多人）承诺本机构、本人以及财产利害关系人与所评价或推荐的证券无利害关系。

本报告所采用的数据均来自我们认为可靠的目前已公开的信息，并通过独立判断并得出结论，力求独立、客观、公平，报告结论不受本公司其他部门和人员以及证券发行人、上市公司、基金公司、证券资产管理公司、特定客户等利益相关方的干涉和影响，特此声明。

## 免责声明

中邮证券有限责任公司（以下简称“中邮证券”）具备经中国证监会批准的开展证券投资咨询业务的资格。

本报告信息均来源于公开资料或者我们认为可靠的资料，我们力求但不保证这些信息的准确性和完整性。报告内容仅供参考，报告中的信息或所表达观点不构成所涉证券买卖的出价或询价，中邮证券不对因使用本报告的内容而导致的损失承担任何责任。客户不应以本报告取代其独立判断或仅根据本报告做出决策。

中邮证券可发出其它与本报告所载信息不一致或有不同结论的报告。报告所载资料、意见及推测仅反映研究人员于发出本报告当日的判断，可随时更改且不予通告。

中邮证券及其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头寸并进行交易，也可能为这些公司提供或者计划提供投资银行、财务顾问或者其他金融产品等相关服务。

《证券期货投资者适当性管理办法》于 2017 年 7 月 1 日起正式实施，本报告仅供中邮证券客户中的专业投资者使用，若您非中邮证券客户中的专业投资者，为控制投资风险，请取消接收、订阅或使用本报告中的任何信息。本公司不会因接收人收到、阅读或关注本报告中的内容而视其为专业投资者。

本报告版权归中邮证券所有，未经书面许可，任何机构或个人不得存在对本报告以任何形式进行翻版、修改、节选、复制、发布，或对本报告进行改编、汇编等侵犯知识产权的行为，亦不得存在其他有损中邮证券商业性权益的任何情形。如经中邮证券授权后引用发布，需注明出处为中邮证券研究所，且不得对本报告进行有悖原意的引用、删节或修改。

中邮证券对于本申明具有最终解释权。

## 公司简介

中邮证券有限责任公司，2002年9月经中国证券监督管理委员会批准设立，注册资本50.6亿元人民币。中邮证券是中国邮政集团有限公司绝对控股的证券类金融子公司。

公司经营范围包括：证券经纪；证券自营；证券投资咨询；证券资产管理；融资融券；证券投资基金销售；证券承销与保荐；代理销售金融产品；与证券交易、证券投资活动有关的财务顾问。此外，公司还具有：证券经纪人业务资格；企业债券主承销资格；沪港通；深港通；利率互换；投资管理人受托管理保险资金；全国银行间同业拆借；作为主办券商在全国中小企业股份转让系统从事经纪、做市、推荐业务资格等业务资格。

公司目前已经在北京、陕西、深圳、山东、江苏、四川、江西、湖北、湖南、福建、辽宁、吉林、黑龙江、广东、浙江、贵州、新疆、河南、山西、上海、云南、内蒙古、重庆、天津、河北等地设有分支机构，全国多家分支机构正在建设中。

中邮证券紧紧依托中国邮政集团有限公司雄厚的实力，坚持诚信经营，践行普惠服务，为社会大众提供全方位专业化的证券投、融资服务，帮助客户实现价值增长，努力成为客户认同、社会尊重、股东满意、员工自豪的优秀企业。

## 中邮证券研究所

### 北京

邮箱：yanjiusuo@cnpsec.com  
地址：北京市东城区前门街道珠市口东大街17号  
邮编：100050

### 上海

邮箱：yanjiusuo@cnpsec.com  
地址：上海市虹口区东大名路1080号邮储银行大厦3楼  
邮编：200000

### 深圳

邮箱：yanjiusuo@cnpsec.com  
地址：深圳市福田区滨河大道9023号国通大厦二楼  
邮编：518048