

# 公用事业

## 核能综合利用，正在大踏步向前！

### 专题

我国核能综合利用已在供暖、工业供热以及同位素研发生产等领域陆续实现突破，我们将从各个领域进行梳理国内核能综合利用的进展。

### 核心观点

#### 中国能源系统：清洁低碳转型，核能定位重塑

我国核电行业高速发展，助力推动电力系统脱碳。全球核电产业格局中，我国核电规模已位居世界前列，2023 年底在运装机全球第三（5703 万千瓦）、在建装机全球第一（3030 万千瓦），伴随在建核电有序投产，2030 年前我国在运核电装机规模有望成为全球第一。随着技术发展，我国核能需要超脱出仅提供电力的角色，在核能制氢、区域供热、海水淡化等多种非电综合利用领域助力能源密集型产业减排降碳。

#### 我国核能综合利用，有哪些方向？进度如何？

我们将视角聚焦中国，我国核能综合利用已在供暖、工业供热以及同位素研发生产等领域陆续实现突破：

- ✓ **同位素**：秦山核电拥有我国唯一的商用重水堆，已具备工业钴-60、医用钴-60、碳-14 同位素生产能力；
- ✓ **区域供暖**：我国已开展大型核电厂供暖、供汽示范，截至 2023 年中山东海阳核电、浙江秦山核电、辽宁红沿河核电已实现 559 万平米核能供暖，以核能供暖的方式替代传统燃煤供暖，可大幅减少环境污染且经济性较好；
- ✓ **工业供汽**：国内首个工业用途核能供热项目——田湾核电厂蒸汽供能项目，预计将于 2024 年 6 月正式投产供汽。从经济性来看，核电机组热电联产出厂热价约为 30-40 元/GJ（不含厂外投资），在动力煤价格 1000 元/吨以上的情况下，核能供热具有成本优势；
- ✓ **海水淡化**：我国已建和在建的海水淡化系统累计海水淡化能力约为 60 万吨/天，主要用于提供厂区淡水。从经济性来看，大型核电厂反渗透海水淡化成本约 5-6 元/吨，与商用海水淡化项目成本相当；
- ✓ **核能制氢**：2021 年清华大学组织华能和中核集团成立了“高温气冷堆碳中和制氢产业技术联盟”计划 2022-2023 年形成高温堆制氢的示范工程；2022 年东华能源与中国核电共同出资设立茂名绿能，推进高温气冷堆项目大规模工业制粉氢。

### 投资建议

中国能源系统清洁低碳转型过程中，核能一方面需要利用其低排放、稳定可靠供能、保障电网稳定运行、支撑新能源发电消纳等优势，助推电力系统脱碳；另一方面超脱出供电角色，在核能制氢、区域供热、海水淡化等多种非电综合利用领域发挥功能，起到减排降碳、确保能源安全的重要作用。标的方面，建议关注核电运营商【中国广核（H+A）】【中国核电】、核电设备商【东方电气】【佳电股份】（公用环保与电新组联合覆盖）【景业智能】【中核科技】（机械组覆盖）、核技术应用【中广核技】【中国同辐】。

**风险提示**：政策推行不及预期、用电需求不及预期、电价下调风险、核电核准低预期、核事故风险、铀燃料价格大幅波动等。

证券研究报告

2024 年 05 月 23 日

投资评级

行业评级

强于大市(维持评级)

上次评级

强于大市

### 作者

郭丽丽

分析师

SAC 执业证书编号：S1110520030001

guolili@tfzq.com

裴振华

分析师

SAC 执业证书编号：S1110524050003

peizhenhua@tfzq.com

赵阳

联系人

zhaoyanga@tfzq.com

王钰舒

联系人

wangyushu@tfzq.com

胡冰清

联系人

hubingqing@tfzq.com

### 行业走势图



资料来源：聚源数据

### 相关报告

- 1 《公用事业-行业点评:建投能源:电量增长叠加成本下行，一季度盈利表现亮眼》2024-04-29
- 2 《公用事业-行业研究周报:2022-2023 年火电装机核准复盘》2024-04-11
- 3 《公用事业-行业研究周报:城燃行业基本面有望迎来量价拐点》2024-04-08

## 内容目录

<b>1. 中国能源系统：清洁低碳转型，核能定位重塑</b> .....	<b>3</b>
1.1. 中国核能行业高速发展，助推电力系统脱碳 .....	3
1.2. 超脱出供电角色，核能综合利用助力能源密集型产业减排降碳.....	4
<b>2. 我国核能综合利用，有哪些方向？进度如何？</b> .....	<b>5</b>
2.1. 同位素：依托秦山核电，已具备钴-60、碳-14 批量化生产能力 .....	5
2.2. 区域供暖：经济性较好，核能供暖在全国已实现 559 万平米覆盖 .....	6
2.3. 工业供汽：商业化逐步推进，国内首个项目预计 24M6 投产供汽.....	7
2.4. 海水淡化：已建+在建产能 60 万吨/天，主要用于提供厂区可用淡水 .....	8
2.5. 核能制氢：技术研发储备，看好四代核电高温气冷堆制氢.....	9
<b>3. 我国核能综合利用未来展望？</b> .....	<b>10</b>
<b>4. 投资建议</b> .....	<b>11</b>
<b>5. 风险提示</b> .....	<b>11</b>

## 图表目录

图 1：各类电力全寿期温室气体排放（CO <sub>2</sub> 当量） .....	3
图 2：2023 年底全球与中国的在运/在建核电台数 .....	3
图 3：2023 年底全球与中国的在运/在建核电装机规模 .....	3
图 4：我国在运核电装机规模（万千瓦） .....	4
图 5：我国核电核准机组数量（台） .....	4
图 6：不同核反应堆及应用的温度范围 .....	4
图 7：2018 年供热占全球终端能耗的 50%、占 CO <sub>2</sub> 排放的 40%.....	5
图 8：2018 年全球热力消费结构 .....	5
图 9：钴-60 棒束 .....	5
图 10：工作人员正在进行钴-60 出堆操作 .....	5
图 11：秦山核电同位素生产历史沿革 .....	6
图 12：海阳核能供暖示意图 .....	6
图 13：核能供汽示意图 .....	8
图 14：依托现有核电站的海水淡化技术原理 .....	9
图 15：核能制氢系统效率对比 .....	9
表 1：国外参与核能供暖的部分核电站 .....	6
表 2：国内核能供暖核电站 .....	7
表 3：国内核能供汽部分核电站 .....	8
表 4：国内外核能制氢的工作开展 .....	10
表 5：中国核能行业发展路径 .....	10

## 1. 中国能源系统：清洁低碳转型，核能定位重塑

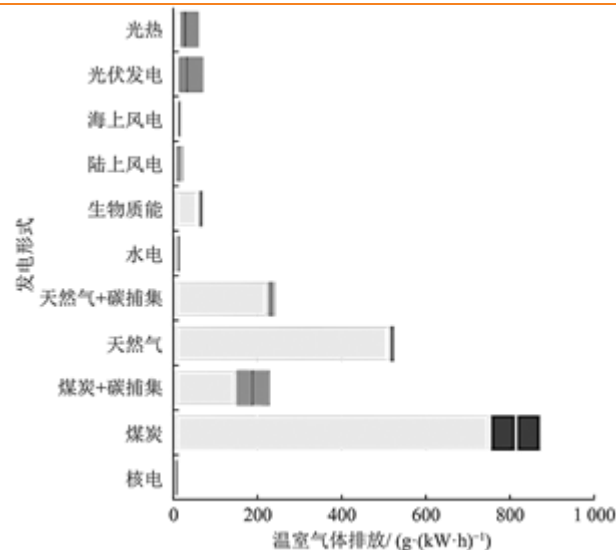
在能源系统清洁转型过程中，各类能源品种的地位和作用都将转化。核能一方面要扩大电力占比，替代高碳排放能源品种承担基荷角色，主动与风、光、蓄等能源品种互为补充、相互支撑；另一方面要积极改变自身，技术向着灵活化、智慧化方向发展，通过大中小装机配合，地上、地下、水面等多重空间布局，抓住机会开拓制氢、供热等核能综合利用领域市场，确立核能在清洁能源替代中的突出位置。

——王海洋等《碳达峰、碳中和目标下中国核能发展路径分析》

### 1.1. 中国核能行业高速发展，助推电力系统脱碳

电力系统脱碳是全社会实现零碳发展的关键。根据中国核能行业协会，需求侧的大规模电气化零碳排放的前提是所使用的电力都来自零碳能源。而从全寿命周期来看，核电单位发电量的温室气体排放低于风电、光伏，是各类电力中最小的。因此，叠加其稳定可靠供电、保障电网稳定运行、支撑新能源发电消纳等优势，核能是助推电力系统脱碳、达成双碳目标的重要力量。

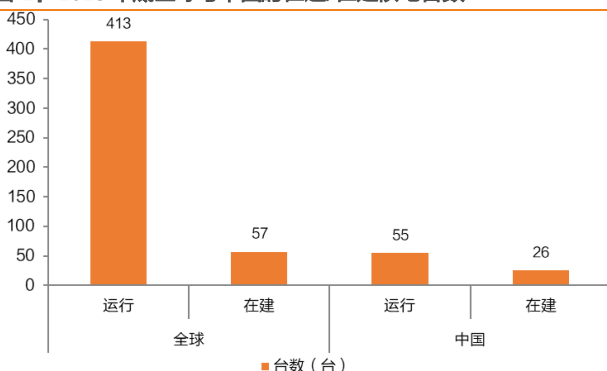
图 1：各类电力全寿命温室气体排放（CO<sub>2</sub>当量）



资料来源：王海洋等《碳达峰、碳中和目标下中国核能发展路径分析》、天风证券研究所

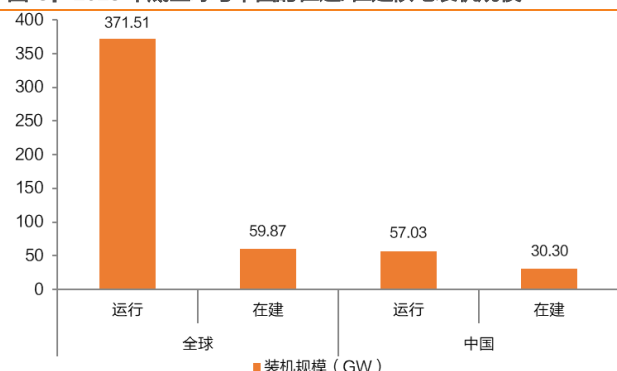
全球核电产业格局中，我国核电规模已位居世界前列。作为全球为数不多拥有自主完整核工业产业链的国家，2023 年底中国在运核电 55 台、装机规模 5703 万千瓦，位居全球第三，仅次于美国/法国；在建核电机组 26 台，总装机容量 3030 万千瓦，位居全球第一。

图 2：2023 年底全球与中国的在运/在建核电台数



资料来源：中核智库公众号、国家能源局官网、中核集团官网、天风证券研究所

图 3：2023 年底全球与中国的在运/在建核电装机规模

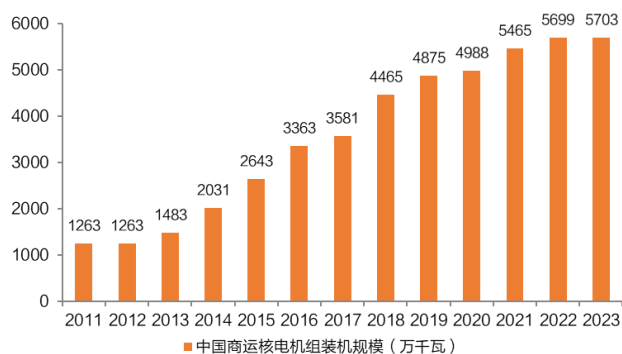


资料来源：中核智库公众号、国家能源局官网、中核集团官网、天风证券研究所

我国核电行业高速发展，2030 年前在运核电装机规模有望成为全球第一。十四五定调“积极安全有序发展核电”，2022-2023 年连续两年中国核准 10 台核电机组。根据《中国核能发展报告（2023）》蓝皮书，伴随在建核电有序投产，预计 2030 年前，我国在运

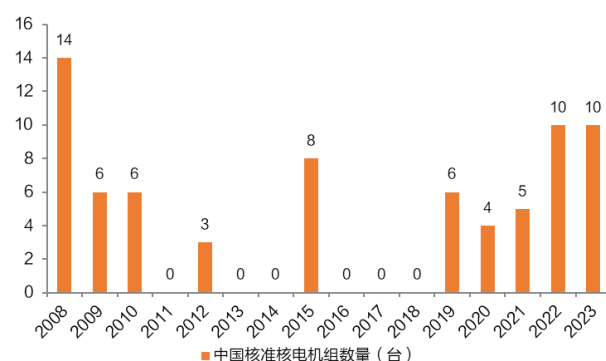
核电装机规模有望成为全球第一。

图 4：我国在运核电装机规模（万千瓦）



资料来源：《中国核能发展与展望(2021 年)》、中国经济周刊、国家核安全局、中国核能行业协会公众号、天风证券研究所

图 5：我国核电核准机组数量（台）

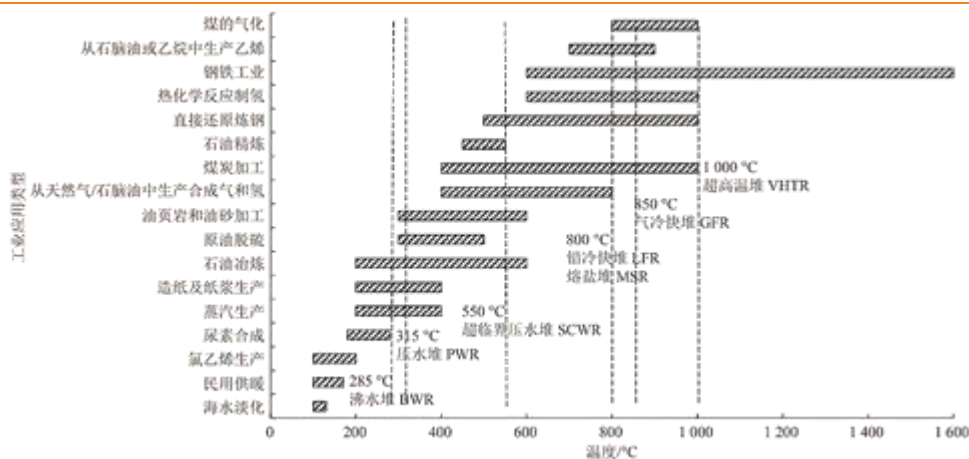


资料来源：立鼎产业研究网、和讯新闻、中国核能行业协会、核电那些事公众号、中国核电网、天风证券研究所

## 1.2. 超脱出供电角色，核能综合利用助力能源密集型产业减排降碳

随着技术的发展，尤其是第四代核能系统技术的逐渐成熟和应用，核能更将超脱出仅仅提供电力的角色，在核能制氢、区域供热、海水淡化等多种非电综合利用领域发挥功能，起到减排降碳、确保能源安全的重要作用。

图 6：不同核反应堆及应用的温度范围

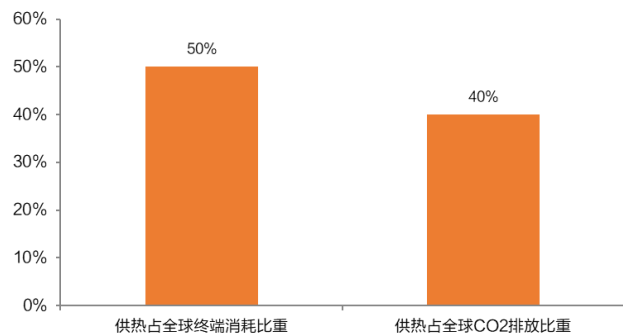


资料来源：王海洋等《碳达峰、碳中和目标下中国核能发展路径分析》、天风证券研究所

全球范围内，核能综合利用探索持续推进。根据国际原子能机构《世界核电反应堆》报告，截至 2021 年底，全球有 11 个国家 69 台机组实现了区域供暖、工业供热、海水淡化等其中一项或两项的综合利用。

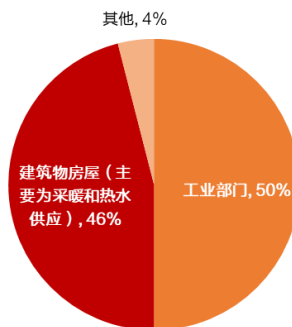
其中，核能供暖和供汽是核能综合利用的最主要途径。国际能源署(IEA)数据显示，2018 年供热占全球终端能耗的 50%，占 CO<sub>2</sub> 排放的 40%；而在热力消费中，工业部门占比约 50%，建筑物房屋（主要为采暖和热水供应）占比 46%。核能有望助推能源密集型产业减排降碳，截至 2023 年 5 月全球 400 余台在运核反应堆中有超过 1/10 的机组已实现热电联供，且已累计安全运行约 1000 堆/年。

图 7：2018 年供热占全球终端能耗的 50%、占 CO<sub>2</sub> 排放的 40%



资料来源：电力行业协作网公众号、中国核能行业协会、天风证券研究所

图 8：2018 年全球热力消费结构



资料来源：电力行业协作网公众号、中国核能行业协会、天风证券研究所

## 2. 我国核能综合利用，有哪些方向？进度如何？

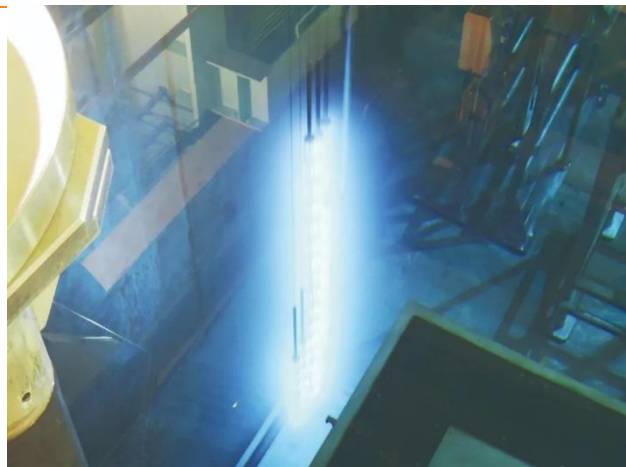
我们将视角聚焦中国，我国核能综合利用已在供暖、工业供热以及同位素研发生产等领域陆续实现突破，我们将从各个领域进行梳理国内核能综合利用的进展。

### 2.1. 同位素：依托秦山核电，已具备钴-60、碳-14 批量化生产能力

秦山核电作为我国堆型最丰富的核电基地，拥有我国唯一的商用重水堆，并具备生产同位素的优势和条件。

**对比压水堆，重水堆更适合生产同位素。**①生产同位素需要中子辐照，重水堆堆芯设计显著区别于压水堆，堆芯的热中子通量更高，大概是压水堆的五到六倍。②重水堆的慢化剂处于低温常压水平，采用在线换料方式，允许同位素生产时进行调试等工作，加之机组年稳定运行时间较长，使得重水堆具备生产种类多、长短半衰期同位素均能生产且产量大等特点。

图 9：钴-60 棒束



资料来源：中国核技术网、天风证券研究所

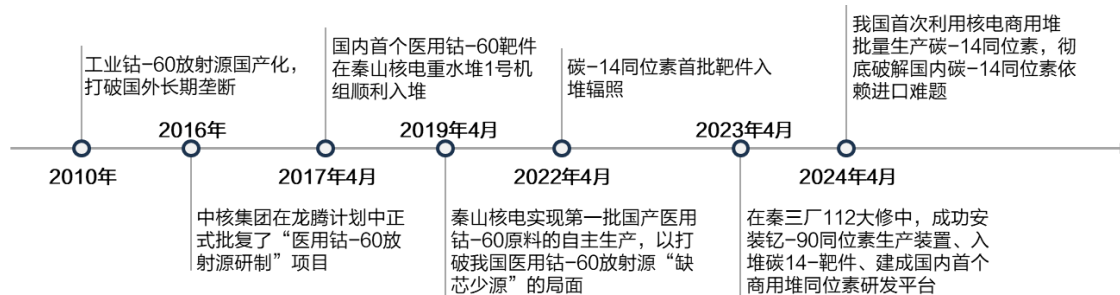
图 10：工作人员正在进行钴-60 出堆操作



资料来源：中国核技术网、天风证券研究所

秦山核电同位素生产技术开发进展迅速，已具备工业钴-60、医用钴-60、碳-14 同位素生产能力。根据中国核技术网，截至 2023 年 9 月秦山核电三厂两台重水堆产出的工业钴-60 同位可满足国内 70%左右的市场需求，医用钴-60 满足国内市场需求；尤其是在近年全球钴-60 供应紧张的情况下，中国已连续向国际市场出口钴-60 百万居里。此外，2024 年 4 月伴随碳-14 靶件完成出堆，中国也从此彻底破解了国内碳-14 同位素依赖进口的难题，实现碳-14 供应全面国产化。

图 11：秦山核电同位素生产历史沿革



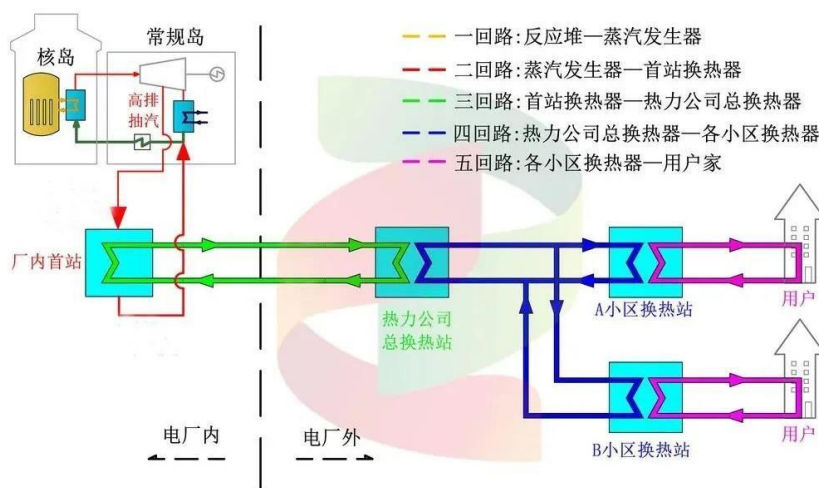
资料来源：观察者网、国际科技创新中心、中国核技术网、秦山核电网、天风证券研究所

展望未来，面对我国自主生产的锶-89 仅能满足国内 20%的需求、镓-177 仅能满足国内 5% 的需求的现状，秦山核电制定了“三步走”战略规划：到 2023 年，钷-90 满足小规模临床试验需求；到 2024 年，在已有工业钴-60、医用钴-60、碳-14 等核素生产之外，建成碘-131、锶-89、镓-177 等核素生产能力；到 2025 年，达成碘-131 满足部分国内市场需求、2026 年碳-14 满足国际市场大部分需求的目标。

## 2.2. 区域供暖：经济性较好，核能供暖在全国已实现 559 万平米覆盖

核能供暖，就是以核裂变产生的能量为城市集中供热。目前国内已投运的核能供热项目均采用抽汽供热技术，就是从核电厂汽轮机抽取部分发过电的蒸汽作为热源，将热量送给热力公司，再经市政供热网络传递给终端用户。核能供暖，用户与核电机组之间采取多重屏障隔离，换热过程中，只有热能的传递，没有介质的直接接触。

图 12：海阳核能供暖示意图



资料来源：中国核电网、天风证券研究所

核能供暖最早是 20 世纪 60 年代开始，瑞典原型核动力反应堆 Agestas 是世界上第一个民用核能供暖的核电项目，目前国际上投运的 400 多台核电机组，有 40 多台核电机组进行了核能供暖，并且采用热电联产方式，成功验证核能供暖的安全性、有效性和可靠性。

表 1：国外参与核能供暖的部分核电站

国别	核电机组	投产时间	类型	功率 Mwe	输热功率 MWth
瑞士	Beznau-1,2	1969-1971	PWR	365	2 × 80
俄罗斯	Novovoronezh-3,4	1972	PWR/VVER	2 × 385	2 × 33
俄罗斯	Kola-1-4	1973-1984	PWR/VVER	4 × 410	4 × 25
俄罗斯	Kursk-2-4	1979-1986	RBMK	3 × 925	3 × 175
乌克兰	Rovno-1,2	1981-1982	PWR/VVER	950	2 × 58
匈牙利	Paks-2,3,4	1983	PWR/VVER	3 × 433	3 × 30

斯洛伐克	Bohunice-34	1985	PWR/VVER	2 × 365	4 × 240
俄罗斯	Smolensk-1.2	1983-1990	RBMK	2 × 410	2 × 173
俄罗斯	Balakovo-1-4	1986-1993	PWR/VVER	4 × 950	4 × 200
俄罗斯	Kalinin-1.2	1985-1987	PWR	2 × 950	2 × 80
保加利亚	Kozloduy-5,6	1987	PWR/VVER	2 × 953	2 × 20
罗马尼亚	Cernavoda-1	1996	HWR/CANDU-6	660	47
匈牙利	Paks	在建	PWR/VVER	2 × 1250	300t/h
芬兰	Hanhikivi	在建	PWR/VVER	2 × 1250	76t/h
土耳其	Akkuyu	在建	PWR/VVER	2 × 1250	170t/h
埃及	El Dabaa	在建	PWR/VVER	2 × 1250	120t/h

资料来源：苏宏等《核能综合利用的理论现状及发展前景探讨》、天风证券研究所

我国已开展大型核电厂供暖、供汽示范，根据《中国能源报》披露的信息，截至 2023 年年中（“海阳一期”的三期工程暂未投产），山东海阳核电、浙江秦山核电、辽宁红沿河核电已实现 559 万平米核能供暖。根据当前核电布局，利用北方地区已投运核电项目进行供暖，具备实现 1.6 亿平方米核能供暖能力。随着在建核电机组陆续建成投产，预计 2030 年将具备 3.2 亿平方米核能供暖能力。

表 2：国内核能供暖核电站

核电机组	投产时间	类型	功率 Mwe	输热情况 MW
清华低温试验堆	1989 年	池式研究堆	50W	5MW
秦山二期	2013 年	660MW	2 × 660	2021 年一期 50MW 投产 2022 年二期 150MW 建设
海阳一期	2018 年	CAP1000	2 × 1250	2019 年一期 31.5MW 投产 2021 年二期 202.5MW 投产 2023 年三期 900MW 投产
海阳二期	在建	CAP1000	2 × 1250	2 × 900
红沿河 1-2	2013 年	CPR1000	2 × 1000	2 × 55
红沿河 3-4	2015 年	CPR1000	2 × 1000	2 × 653
红沿河 5-6	2021 年	CPR1000	2 × 1000	2 × 653
华能石岛湾扩建	在建	华龙一号	2 × 1200	厂内 45MW，厂外 380MW
徐大堡一期	在建	CAP1000	2 × 1250	2 × 215
石岛湾 1 号	在建	国和一号	1 × 1520	1 × 200
石岛湾 2 号	在建	国和一号	1 × 1520	1 × 568

资料来源：苏宏等《核能综合利用的理论现状及发展前景探讨》、天风证券研究所

从效益来看，以核能供暖的方式替代传统燃煤供暖，可大幅减少环境污染且经济性较好。以海阳核能供暖项目为例，据中国核能行业协会测算，每个供暖季海阳可节约原煤 10 万吨，减排二氧化碳 18 万吨、烟尘 691 吨、氮氧化物 1123 吨、二氧化硫 1188 吨，相当于种植阔叶林 1000 公顷，并减少环境排放热量 130 万吉焦，同时海阳居民住宅取暖费每建筑平方米下调一元钱，实现了“居民用暖价格不增加、政府财政负担不增长、热力公司利益不受损、核电企业经营做贡献、生态环保效益大提升”。

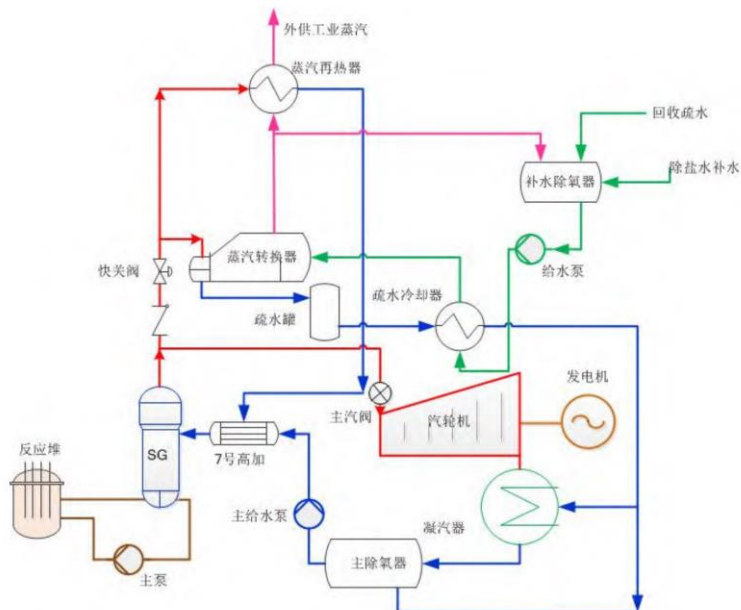
### 2.3. 工业供汽：商业化逐步推进，国内首个项目预计 24M6 投产供汽

核能供汽是从核岛二回路的主蒸汽联箱抽取适量蒸汽作为加热汽源，通过蒸汽转换器生产三回路饱和蒸汽，再通过蒸汽再热用主蒸汽将其加热到过热蒸汽外供，加热蒸汽的疏水排入相应给水加热器或除氧器。二回路抽取的蒸汽经过多级换热，通过工业用汽管线将热量传递至石油化工或工业园区用户端。

在供热领域，大型压水堆受主蒸汽参数限制应用范围有限，适用于对热源品质要求较低的工业。以“华龙一号”为例，“华龙一号”利用二回路蒸汽经蒸汽转换生产工业蒸汽，实现双重隔离，确保安全供气。单台“华龙一号”纯供热，最大供气约 4000 吨/小时；如进行热电联产，考虑汽轮机最低连续稳定运行要求，最大供气能力约 2900 吨/小时，

参数为最高约 5.0 兆帕，260℃。在不与额外热源耦合的情况下，适用于“华龙一号”的供热行业主要是造纸及纸浆生产和原油蒸馏。其中因温度参数限制，运用“华龙一号”蒸汽供热进行原油蒸馏得到的产品主要是汽油、石油气、轻石油以及部分煤油。

图 13：核能供汽示意图



资料来源：苏宏等《核能综合利用的理论现状及发展前景探讨》、天风证券研究所

我国首个工业用途核能供热项目即将投产供汽。田湾核电厂蒸汽供能项目，利用田湾核电 3、4 号机组蒸汽作为热源，将安全、零碳、经济的蒸汽输送至连云港石化产业基地进行工业生产利用。该项目为我国首个工业用途核能供热项目，预计将于 2024 年 6 月正式投产供汽。

根据连云港发改披露的信息，该项目全部建成投运后，每年供气量达 480 万吨，相当于燃煤供气方式等效每年减少燃烧标准煤 40 万吨、二氧化碳 107 万吨、二氧化硫 184 吨、氮氧化物 263 吨，环保效益显著。

表 3：国内核能供汽部分核电站

核电机组	投产时间	类型	功率 Mwe	供汽情况
田湾 3、4 号	2018 年	VVER	2 × 1250	2022 年 5 月开工，项目计划 2024 年 6 月份投产供汽，为连云港石化基地每年供气量 480 万吨。
三门一期	2018 年	CAP1000	2 × 1250	2023 年 6 月开工，项目计划于 2026 年底建成，供气规模为 1800 吨/小时，为台州产业园一期工程提供年产千万吨的工业蒸汽。
江苏绿能一期	计划	高温气冷堆 华龙一号	1 × 350 2 × 1250	高温蒸汽~1100t/h 低温蒸汽~1800t/h

资料来源：苏宏等《核能综合利用的理论现状及发展前景探讨》、铀矿冶公众号、天风证券研究所

根据中国核能行业协会等开展的联合调研，从经济性来看，核能供热（包括供暖、供汽）成本与燃煤供热相当，较燃气供热具有优势。根据当前已投运的海阳核电、秦山核电供热项目，并结合新建核电项目同步考虑核能供热进行成本测算，核电机组热电联产出厂热价约为 30-40 元/GJ（不含厂外投资），在动力煤价格 1000 元/吨以上的情况下，核能供热具有成本优势。

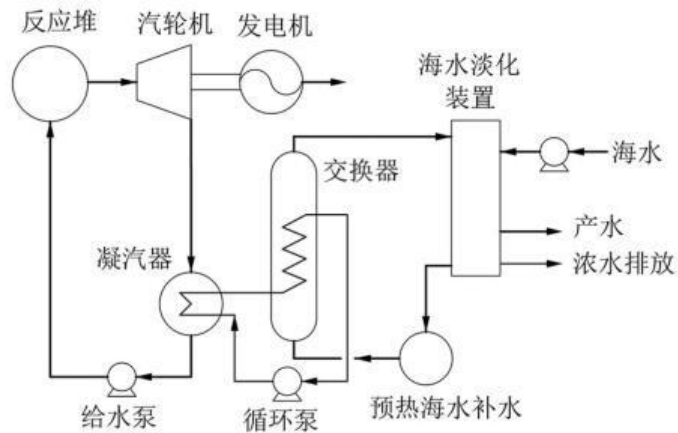
## 2.4. 海水淡化：已建+在建产能 60 万吨/天，主要用于提供厂区可用淡水

海水淡化技术是利用蒸发、膜分离等手段，将海水中的盐分离出来，获得含盐量低的淡水技术，其中反渗透法（RO）、多效蒸馏法（MED）、热压缩多效蒸馏法（MED—VC）和多级闪蒸法（MSF）是经过多年实践后认为适用于大规模海水淡化的成熟技术。在海水淡化的主流技术中，反渗透法具有显著的节能性，在我国被广泛推广和使用。



我国已建和在建的海水淡化系统累计海水淡化能力约为 60 万吨/天，主要用提供厂区淡水。国内核电站大多建于沿海地区，为推动基于核能海水淡化建设提供了更多便利。其中，红沿河核电站、宁德核电站、三门核电站、海阳核电站、徐大堡核电站、田湾核电站，以及未来的山东荣成示范核电站均采用海水淡化技术为厂区提供可用淡水。

图 14：依托现有核电站的海水淡化技术原理



资料来源：中国新能源网、天风证券研究所

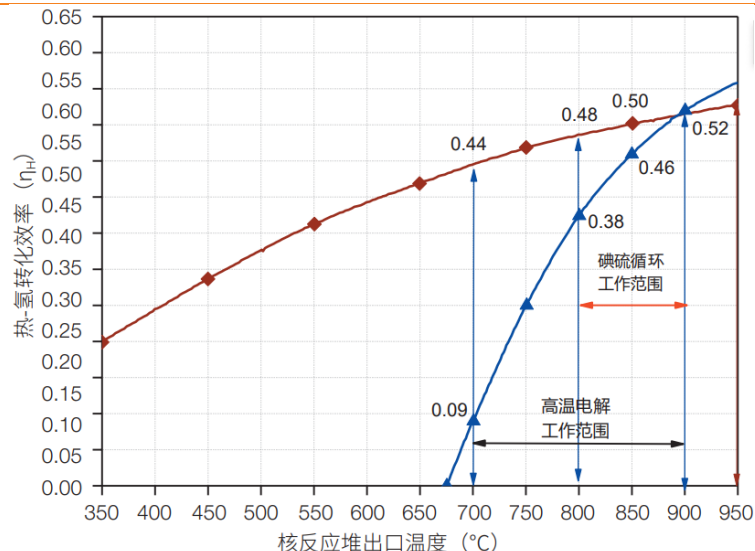
**核能海水淡化效果佳、经济性优。**反渗透法装置一般分为取水系统、预处理系统、反渗透系统和废液排出系统四个系统。

- ✓ **淡化效果佳：**以三门核电厂为例，共有正常 2 用 1 备三列海水淡化装置，产水量为  $2 \times 177$  立方米/小时，运用自清洗过滤器和超滤装置作为预处理系统的一部分，降低了产水浊度，胶体硅去除率  $> 99\%$ ，采用低能耗高脱盐率的反渗透膜组件，能量回收装置回收率可达 45%。
- ✓ **经济性优：**大型核电厂反渗透海水淡化成本约 5-6 元/吨，与商用海水淡化项目成本相当。

## 2.5. 核能制氢：技术研发储备，看好四代核电高温气冷堆制氢

核能制氢的研究，主要基于高温堆的工艺热。从核反应堆的角度来看，熔盐堆、超高温气冷堆等出口温度都超过  $700^{\circ}\text{C}$ ，所提供的工艺热都可以满足高温制氢过程，其系统效率和反应堆能提供的热能温度有很大的相关性。目前核能制氢主要有两种途径：热化学循环制氢和高温电解制氢。

图 15：核能制氢系统效率对比



资料来源：王建强等《核能综合利用研究现状与展望》、天风证券研究所

**我国核能制氢研发不断推进，持续看好高温气冷堆制氢。**

- ✓ 2018 年，中核集团联合清华大学和中国宝武建成了产氢能力 100NL/h 规模的台架并实现 86 小时连续运行。
- ✓ 2021 年 9 月，清华大学组织华能和中核集团成立了“高温气冷堆碳中和制氢产业技术联盟”计划 2022-2023 年形成高温堆制氢的示范工程。
- ✓ 2022 年 11 月，东华能源与中国核电共同出资设立茂名绿能，推进高温气冷堆项目，进行丙烷脱氢工艺和匹配 SOEC 或碘硫循环制氢路线，实现大规模工业制粉氢。

**表 4：国内外核能制氢的工作开展**

国家	核能制氢工作开展
美国	美国 2002 年 4 月发布首份《国家氢能路线图》，明确了核能制氢作为一条十分重要的技术路线。美国纽约的九英里角核电站预计将在 2023 年年底前展示使用低温电解技术的核能制氢。美国 Davis-Bethor 核电站将使用低温电解（聚合物电解质膜）制氢预计 2023 年投入运行，另外普雷里岛核电站则预计在 2023 年底开始施工，于 2024 年初通电并生产氢气。
俄罗斯	2020 年 6 月发布《2035 年能源战略》，2020 年 10 月发布《2024 年前氢能发展路线图》，计划 2025 年在俄罗斯斯科拉核电厂投入电解制氢设施，计划在 2036 年建成 1 座 <b>高温气冷堆</b> 机组用于制氢。
法国	2020 年 9 月发布法国国家氢能战略。2021 年 10 月公布的“法国 2030 计划”中显示到 2030 年建成两座以上百万千瓦级“超级制氢厂”。 法国麦克菲公司目前获得了法国政府和欧盟委员会“欧洲共同利益项目——氢技术”的资金支持并完成超级制氢设施选址工作。 法国电力公司 EDF 计划投资 20 亿~30 亿欧元，在 2023 年建成 300 万千瓦电解槽的核电制氢设施。
英国	将利用小型压水堆 Rolls-RoyceSMR（470MWe）进行核能生产低碳氢。
瑞典	瑞典大瀑布电力公司(Vattenfall)从 2022 年 6 月开始就在灵哈尔斯建设两座小型堆(SMR)开展核能制氢的可行性研究，将综合利用灵哈尔斯(Ringhals)核电站和 KattegatSyd 海上风电的进行电解氢生产。
韩国	韩国计划 2028-2030 年在蔚珍县建设 6 台 NuScalepower 小型模块化反应堆(SMR)进行核能制氢。
中国	2018 年，中核集团联合清华大学和中国宝武建成了产氢能力 100NL/h 规模的台架并实现 86 小时连续运行。 2021 年 9 月，清华大学组织华能和中核集团成立了“高温气冷堆碳中和制氢产业技术联盟”计划 2022-2023 年形成高温堆制氢的示范工程。 2022 年 11 月，东华能源与中国核电共同出资设立茂名绿能，推进高温气冷堆项目，进行丙烷脱氢工艺和匹配 SOEC 或碘硫循环制氢路线，实现大规模工业制粉氢。项目计划于 2023 年底开工建设，2027 年正式投入使用。

资料来源：苏宏等《核能综合利用的理论现状及发展前景探讨》、天风证券研究所

### 3. 我国核能综合利用未来展望？

中国核电发展中心在 2021 年发布的《碳达峰、碳中和目标下中国核能发展路径分析》梳理出未来核能技术发展前景，并分阶段给出 2030 年量化目标：

- ✓ **发电**：靠华龙一号、国和一号等国产三代核电技术规模化小型堆灵活部署，2030 年装机目标 1.23 亿千瓦，同时研发四代核电技术、小型堆以及受控核聚变；
- ✓ **区域供热**：2030 年通过北方大型核电基地热电联供、小型供热堆示范与推广提供 4% 供热需求，约 0.4 亿千瓦热功率；
- ✓ **海水淡化**：2030 年大型核电基地配备淡化厂小型堆海水淡化示范与推广市场占比 4%，约 270 万千瓦装机；
- ✓ **核能制氢**：2030 年高温气冷堆等若干项制氢技术商业化核能制氢占比 4%，约 750 万千瓦热功率。

**表 5：中国核能行业发展路径**

发展方向	2020 年	至 2030 年	至 2050 年	至 2060 年	
发电	规模目标	5100 万 kW	1.23 亿 kW	4.10 亿 kW	—
	主要技术路线	二代、二代加改进型、AP1000、华龙一号等三代核电技术	华龙一号、国和一号等国产三代核电技术规模化小型堆灵活部署	华龙一号、国和一号等国产三代核电技术规模化小型堆灵活部署	先进裂变反应堆小型堆灵活部署受控核聚变
	主要科研创新方向	—	四代核电技术、小型堆；受控核聚变	四代核电技术、小型堆；受控核聚变	受控核聚变
核能制氢	规模目标	—	高温气冷堆等若干项制氢技	高温气冷堆等制氢技术商业	—

		术商业化核能制氢占比4%，约750万kW热功率*	化规模部署核能制氢占比10%，约3200万kW热功率*	
<b>主要技术路线</b>	—	高温气冷堆等可提供高品质热源的技术	高温气冷堆等可提供高品质热源的技术	高温气冷堆等可提供高品质热源的技术
<b>主要科研创新方向</b>	高温气冷堆商业化部署	高温气冷堆技术成熟性和经济性制氢工艺所需材料耐腐蚀性	制氢工艺成熟性和经济性	制氢工艺成熟性和经济性
<b>区域供热</b>				
<b>规模目标</b>	1个大型压水堆基地	北方大型核电基地热电联供小型供热堆示范与推广提供4%供热需求，约0.4亿kW热功率*	北方大型核电基地热电联供小型供热堆商业化规模部署提供10%供热需求，约1亿kW热功率*	—
<b>主要技术路线</b>	大型堆热电联供	大型压水堆燕龙等小型供热堆	大型压水堆燕龙等小型供热堆	小型堆热电联供
<b>主要科研创新方向</b>	小型供热堆	小型供热堆	小型供热堆	—
<b>海水淡化</b>				
<b>规模目标</b>	—	大型核电基地配备淡化厂小型堆海水淡化示范与推广市场占比4%，约270万kW装机*	大型核电基地配备淡化厂低温堆、浮动堆等小型堆商业化规模部署市场占比10%，约1180万kW装机*	—
<b>主要技术路线</b>	大型堆配备淡化厂	大型堆配备淡化厂低温堆海水淡化示范	大型堆配备淡化厂、低温堆商业化规模部署浮动堆多功能示范与推广	低温堆、浮动堆等小型堆多功能利用
<b>主要科研创新方向</b>	浮动堆海水淡化	低温堆、浮动堆海水淡化	浮动堆多功能利用	—

资料来源：中国核电发展中心、王海洋等《碳达峰、碳中和目标下中国核能发展路径分析》、天风证券研究所

注：\*表示有关数据是中国核电发展中心在调研分析基础上按保守原则提出的测算值

## 4. 投资建议

中国能源系统清洁低碳转型过程中，核能一方面需要利用其低排放、稳定可靠供电、保障电网稳定运行、支撑新能源发电消纳等优势，助推电力系统脱碳；另一方面超脱出供电角色，在核能制氢、区域供热、海水淡化等多种非电综合利用领域发挥功能，起到减排降碳、确保能源安全的重要作用。标的方面，建议关注核电运营商【中国广核(H+A)】【中国核电】、核电设备商【东方电气】【佳电股份】(公用环保与电新组联合覆盖)【景业智能】【中核科技】(机械组覆盖)、核技术应用【中广核技】【中国同辐】。

## 5. 风险提示

**政策推行不及预期：**碳中和背景下国家大力发展新能源产业，相关利好政策为行业提供了发展动力，若政策推进较慢，企业项目拓展将受到一定影响。

**用电需求不及预期：**若用电需求不及预期，电力运营商收益或有所下降。

**电价下调风险：**电力是各公司主要销售产品，若电价大幅下调，在同样的电力销售情况下，营业收入会受其影响而大幅下降。

**核电核准低预期：**核电机组的核准需要通过国常会审核通过，若核电机组核准不及预期，则将对核电运营商的成长性产生不利影响。

**核事故风险：**若核电行业发生核事故风险，则将对全球核电行业均产生负面影响。

**铀燃料价格大幅波动：**若铀燃料价格长周期大规模波动，核电运营商的运营成本端或将受到负面影响。

## 分析师声明

本报告署名分析师在此声明：我们具有中国证券业协会授予的证券投资咨询执业资格或相当的专业胜任能力，本报告所表述的所有观点均准确地反映了我们对标的证券和发行人的个人看法。我们所得报酬的任何部分不曾与，不与，也将不会与本报告中的具体投资建议或观点有直接或间接联系。

## 一般声明

除非另有规定，本报告中的所有材料版权均属天风证券股份有限公司（已获中国证监会许可的证券投资咨询业务资格）及其附属机构（以下统称“天风证券”）。未经天风证券事先书面授权，不得以任何方式修改、发送或者复制本报告及其所包含的材料、内容。所有本报告中使用的商标、服务标识及标记均为天风证券的商标、服务标识及标记。

本报告是机密的，仅供我们的客户使用，天风证券不因收件人收到本报告而视其为天风证券的客户。本报告中的信息均来源于我们认为可靠的已公开资料，但天风证券对这些信息的准确性及完整性不作任何保证。本报告中的信息、意见等均仅供客户参考，不构成所述证券买卖的出价或征价邀请或要约。该等信息、意见并未考虑到获取本报告人员的具体投资目的、财务状况以及特定需求，在任何时候均不构成对任何人的个人推荐。客户应当对本报告中的信息和意见进行独立评估，并应同时考量各自的投资目的、财务状况和特定需求，必要时就法律、商业、财务、税收等方面咨询专家的意见。对依据或者使用本报告所造成的一切后果，天风证券及/或其关联人员均不承担任何法律责任。

本报告所载的意见、评估及预测仅为本报告出具日的观点和判断。该等意见、评估及预测无需通知即可随时更改。过往的表现亦不应作为日后表现的预示和担保。在不同时期，天风证券可能会发出与本报告所载意见、评估及预测不一致的研究报告。天风证券的销售人员、交易人员以及其他专业人士可能会依据不同假设和标准、采用不同的分析方法而口头或书面发表与本报告意见及建议不一致的市场评论和/或交易观点。天风证券没有将此意见及建议向报告所有接收者进行更新的义务。天风证券的资产管理部门、自营部门以及其他投资业务部门可能独立做出与本报告中的意见或建议不一致的投资决策。

## 特别声明

在法律许可的情况下，天风证券可能会持有本报告中提及公司所发行的证券并进行交易，也可能为这些公司提供或争取提供投资银行、财务顾问和金融产品等各种金融服务。因此，投资者应当考虑到天风证券及/或其相关人员可能存在影响本报告观点客观性的潜在利益冲突，投资者请勿将本报告视为投资或其他决定的唯一参考依据。

## 投资评级声明

类别	说明	评级	体系
股票投资评级	自报告日后的 6 个月内，相对同期沪深 300 指数的涨跌幅	买入	预期股价相对收益 20%以上
		增持	预期股价相对收益 10%-20%
		持有	预期股价相对收益 -10%-10%
		卖出	预期股价相对收益 -10%以下
行业投资评级	自报告日后的 6 个月内，相对同期沪深 300 指数的涨跌幅	强于大市	预期行业指数涨幅 5%以上
		中性	预期行业指数涨幅 -5%-5%
		弱于大市	预期行业指数涨幅 -5%以下

## 天风证券研究

北京	海口	上海	深圳
北京市西城区德胜国际中心 B 座 11 层	海南省海口市美兰区国兴大道 3 号互联网金融大厦 A 栋 23 层 2301 房	上海市虹口区北外滩国际客运中心 6 号楼 4 层	深圳市福田区益田路 5033 号平安金融中心 71 楼
邮编：100088	邮编：570102	邮编：200086	邮编：518000
邮箱：research@tfzq.com	电话：(0898)-65365390 邮箱：research@tfzq.com	电话：(8621)-65055515 传真：(8621)-61069806 邮箱：research@tfzq.com	电话：(86755)-23915663 传真：(86755)-82571995 邮箱：research@tfzq.com