



可控核聚变：国际堆建设及国内招标大年

—— 可控核聚变专题二

机械分析师：鲁佩 贾新龙

可控核聚变：国际堆建设及国内招标大年

—— 可控核聚变专题二

2025 年 3 月 25 日

核心观点

- **我国核聚变产业呈现蓬勃发展态势，在技术突破、企业融资及政策支持方面取得显著进展。**我国可控核聚变参与者队伍迅速壮大，2024 年末，可控核聚变创新联合体和聚变产业联盟成员数量大幅增加，海陆重工等新企业入局核聚变。聚变项目技术实现突破，EAST 实现长脉冲高参数等离子体运行，HL-3 启动新实验并应用数字孪生系统，“赤霄”装置建成，常压下镍氧化物高温超导研究取得突破。商业核聚变企业融资活跃，中国核电、浙能电力参股中国聚变能源，复鑫力、聚变新能等企业获得大额融资，多行业资本积极布局。国家和地方政策大力支持，将聚变能源产业建设列为重点领域，上海、安徽等地陆续出台政策，推动聚变产业高质量发展。**国内标志性项目 BEST 在 2025 年的招标陆续发布，产业进展提速。2025 年是国内项目招标大年。**
- **国际核聚变研究取得突破性进展，主要国家加大政策支持力度，融资规模持续扩张，全球核聚变商业化进程加速。**项目进展方面，**美国 CFS 公司确认投资数十亿美元在弗吉尼亚州建造世界首座商用核聚变发电厂 ARC，并宣布其核聚变装置 SPARC 建设进入深入阶段。**美国 DIII-D 和 NIF 装置、日本 JT-60SA 装置、英国 JET 装置等在等离子体约束、聚变功率输出等领域取得显著进展。政策支持方面，美国能源部为“核聚变创新研究引擎”项目投入超 2.8 亿美元，英国政府宣布斥资 4.1 亿英镑加速核聚变能源建设，韩国通过“核聚变能源实现加速战略”计划投入 1.2 万亿韩元推动核聚变示范反应堆建设。企业融资方面，美国 Xcimer Energy、Type One Energy、Helion Energy 及欧洲 Tokamak Energy 公司等获得大额融资，全球核聚变企业融资规模不断扩大，资本竞相涌入核聚变领域。**2025 年是国际堆建设大年。**
- **可控核聚变是解决人类能源问题的重要途径之一，其产业链覆盖广泛且技术需求密集，涵盖上游原材料供应、中游设备制造研发以及下游应用服务。**可控核聚变是一种热核反应，实现点火需满足劳森判据，商业化应用要求聚变能量增益因子 Q 大于 30，主要实现方式有磁约束、惯性约束和引力约束，目前磁约束成为开发核聚变能的有效途径，托卡马克装置是磁约束的典型代表。其产业链主要由上游材料，中游超导磁体、第一壁相关结构、真空模块及下游的电站运营等组成。上游包括土地设备建设、核材料及结构材料；中游涉及真空系统、超导磁体等多种关键设备的研发制造；下游主要是聚变电站运营及相关设备应用，核聚变发电具有持续稳定、几乎无温室气体排放等优势。
- **投资建议：**建议从产业发展阶段、高价值量、确定性、高弹性、AI 赋能等角度关注深度参与核心项目的设备及材料标的。上游材料标的：精达股份（参股上海超导）、永鼎股份、联创光电、西部超导、广大特材、久立特材等；中游设备：应流股份、航天晨光、国光电气、安泰科技、高澜股份、雪人股份、合锻智能、兰石重装、国机重装、东方精工、纽威股份等；下游应用：中国核电等；核工业智能装备方面建议关注景业智能。
- **风险提示：**可控核聚变技术及产业化进展不及预期的风险；全球核电安全事件对核电行业发展不利影响的风险；报告假设造成的测算偏差的风险；关键公司融资进度不及预期的风险。

机械设备行业

推荐 (维持)

分析师

鲁佩

☎：021-20257809

✉：lupei_yj@chinastock.com.cn

分析师登记编码：S0130521060001

贾新龙

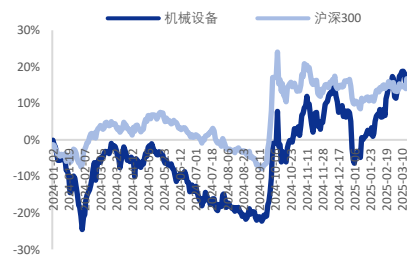
☎：021-20257807

✉：jiaxinlong_yj@chinastock.com.cn

分析师登记编码：S0130524070006

相对沪深 300 表现图

2025-3-25



资料来源：中国银河证券研究院

相关研究

1. 【银河机械】可控核聚变行业深度：未来世界的炽热之心
2. 【银河机械】重视可控核聚变产业趋势下的投资机会

目录

Catalog

一、 我国核聚变产业在技术等方面取得积极进展	4
(一) 可控核聚变产业联盟格局逐步形成：中核及中科院	4
(二) 我国聚变产业在高温超导材料等领域新进展	5
(三) 我国多家聚变下游企业实现技术突破	7
(四) 我国商业核聚变企业融资步伐加快，多行业资本纷纷布局投资	9
(五) 聚变相关政策：将聚变能源产业建设列入重点领域	10
二、 国际进展：CFS 首座商用核聚变电站选址	11
(一) 多国可控核聚变研究取得突破性进展	11
(二) 主要国家相关政策聚焦资金支持、审批简化	13
(三) 全球聚变企业融资规模不断扩张	15
三、 可控核聚变：解决人类能源问题的终极途径之一	16
(一) 可控核聚变实现点火需要满足劳森判据，商业化应用需 Q 值大于 30	16
(二) 可控核聚变主要实现方式分为三种	17
(三) 可控核聚变产业链覆盖产业广泛、技术需求密集	19
四、 发展阶段：商业化预期提前	20
(一) 核聚变目前处于实验堆及示范堆发展阶段	20
(二) 全球核聚变产业商业化预期提前	21
五、 投资机会分析	21
(一) 上游产业发展阶段、确定性、弹性等角度分析	21
六、 风险提示	23

一、我国核聚变产业在技术等方面取得积极进展

（一）可控核聚变产业联盟格局逐步形成：中核及中科院

2024年12月27日，由中核集团牵头的可控核聚变创新联合体2024年度工作会在京召开，对我国聚变产业开展阶段总结及部署。并发布第二批12项任务清单，会议强调推进可控核聚变联合体产业链建设，加强与国际合作交流，追求商业化应用目标。截止2024年末，可控核聚变创新联合体成员从2023年12月创立时的25家发展至包括6所高校、2所科研院所及20余家企业的共33家单位，本次会议共40余政府部门、企业及高校等140余名代表参加。

图1：BEST项目主体聚变新能发布2025年招标陆续开启



资料来源：聚变产业联盟公号、中国银河证券研究院整理

2024年12月30日，聚变产业联盟2024年度会员大会暨聚变堆主机关键系统综合研究设施(CRAFT)用户年会在合肥举办。聚变产业联盟(Fu1A)是由中科院等离子体物理研究所等15家聚变产业相关机构和企业自愿发起组成的非盈利社会组织，此次大会以“推动聚变技术创新与产业发展”为核心议题，旨在深化产学研用合作，推动聚变技术的转化与应用。会议强调聚焦产业规模优势，提出协同开展关键共性技术攻关、政策保障聚变产业发展等要求，明确未来在标准制定、技术研发和产业协同等方面的工作方向。大会期间选举产生联盟新一届领导机构，授牌100余家聚变产业联盟新会员单位，联盟成员数量自2023年的60家突破至超过200家，为打造世界级聚变能源产业集群扩大企业力量。由中科院主导的BEST项目2025年招标陆续开启。

图2：可控核聚变创新联合体 2024 年度工作会议参会企业单位名单（左）、聚变产业联盟主要成员（右）



资料来源：中核集团、聚变产业联盟官网、中国银河证券研究院整理

同时，亦有新企业宣布加入核聚变领域研究，2025 年 1 月 2 日，海陆重工发布公告称公司拟实施建设“第四代核电装备项目”，公司拟通过全资子公司张家港海陆聚力重型装备有限公司与江苏省张家港保税区管委会签订《投资协议书》，项目内容为年产核级装备 150 套，包括应用于核聚变反应实验及商用堆装备 10 套，项目投资总额预计为 4 亿元，达产后预计新增营收 6 亿元。海陆重工成立于 1956 年，主营业务包括工业余热锅炉、大型及特种材质压力容器和核安全设备的制造销售业务、污染物处理和回收利用的环境综合治理服务及光伏电站运营业务，在核安全设备方面，海陆重工从 1998 年起开始核电设备的制造，具有多年核电丰富的制造和管理经验核心优势及保税区管委会资源条件。

（二）我国聚变产业在高温超导材料等领域新进展

2025 年 1 月 20 日，我国中科院等离子体物理研究所的东方超环（EAST）在实验中成功实现了 1056 秒的长脉冲高参数等离子体运行，首次完成一亿摄氏度 1000 秒“高质量燃烧”，这标志着我国聚变领域从前沿的基础研究转向工程实践，向聚变能应用迈进一大步。EAST 是中国科学院等离子体所自主设计、建造的新一代热核聚变装置，装置上的所有超导材料应用都已实现国产化，并为医疗、工业界提供诸多材料。2006 年，EAST 首次成功完成放电实验，获得电流 200 千安、时间接近 3 秒的高温等离子体放电，该装置成为世界上第一个建成并真正运行的全超导非圆截面核聚变实验装置，中科院合肥物质科学研究院副院长宋云涛观点认为，我国第一座聚变商业电站预计在 10 至 29 年内实现，随后用 3 至 5 年时间实现氦气燃烧的聚变装置。

2024 年 11 月，核工业西南物理研究院的中国环流器三号（HL-3）启动新一轮物理实验，首次使用中核集团科研团队自主研发的数字孪生系统。该孪生系统以真空室温度场分布为核心对象，通过接收加热器和实体温度监测点的数据输入，利用虚拟传感器算法实时输出完整的温度场分布，实现了对真空室内部状态的全方位、高精度监测的实时同步计算与监测，大幅提升了真空室烘烤过程的控制和响应能力。HL-3 是我国目前设计参数最高、规模最大的核聚变大科学装置，由核工业西南物理研究院设计、建造和运行，被称为中国的新一代“人造太阳”。其等离子体体积达到国内现有装置 2 倍以上，等离子体电流能力提高到 2.5 MA 以上，等离子体离子温度可达到 1.5 亿℃，可实现高密度、高比压、高自举电流运行，是实现我国核聚变能开发事业跨越式发展的重要装置、我国消化吸收 ITER 技术不可或缺的重要平台。2020 年 12 月实现首次放电、2023 年 8 月首次实现 100 万安培等离子体电流下的高约束模式运行，刷新了我国磁约束核聚变装置运行记录。

表1：中国政府两大聚变项目领头国内核聚变技术发展

项目名称	装置名称	主办方	首次发电时间	项目进展
------	------	-----	--------	------

中国环流三号	HL-3	核工业西南物理研究院	2020 年 12 月	2022 年 10 月，等离子体电流突破 100 万安培； 2023 年 8 月，首次实现 100 万安培等离子体电流下的高约束模式运行； 2024 年 11 月，HL-3 启动新一轮物理实验，首次使用数字孪生系统。
东方超环	EAST	中国科学院等离子体物理研究所	2006 年 9 月	2021 年 5 月，实现可重复的 1.2 亿摄氏度 101 秒和 1.6 亿摄氏度 20 秒等离子体运行； 2021 年 12 月，实现仅 7000 万摄氏度长脉冲高参数等离子体运行 1056 秒； 2023 年 4 月，实现 403 秒稳态长脉冲高约束模式等离子体运行； 2025 年 1 月，实现 1 亿摄氏度 1066 秒的高约束模等离子运行。

资料来源：中核集团、中科院等离子体所、中国银河证券研究院整理

“赤霄”是中国科学院合肥物质科学研究院研制的强直流线等离子体装置，于 2025 年 1 月正式建成并投入运行。该装置因其流线型结构类似中国古代名剑赤霄而得名，位于安徽省合肥市的聚变堆主机关键系统综合研究设施（CRAFT）园区内。1 月 14 日，专家组组长、中国科学技术大学教授叶民友宣布“赤霄”装置参数达到设计指标，我国成为继荷兰之后第二个拥有此类装置的国家。装置运行后每平方米每秒钟可极速喷射出 10 的 24 次方个粒子，单次放电时间超过 1000 秒，最高中心磁场高于 3 特斯拉，可对新研制的“人造太阳”壁材料进行充分检测，是目前国际上综合参数水平最高的直线等离子体装置。针对未来“人造太阳”持续性发电所需的高坚韧度壁材料研制问题，等离子体装置“赤霄”将提供尖端模拟实验环境，测试壁材料性能是否达标，为未来聚变堆的安全运行提供关键数据。

图3：等离子装置“赤霄”建成，为国际上综合参数水平最高



资料来源：新华社，中国银河证券研究院

2025 年 2 月 18 日，由南方科技大学校长薛其坤院士领衔的研究团队在学术期刊《自然》发表研究成果，发现常压下镍氧化物的高温超导电性。近年来，如何摆脱高压限制、实现常压高温超导成为全球超导研究的重要挑战，由南方科技大学薛其坤院士与物理系陈卓昱副教授带领的研究团队持续攻关，自主研发了“强氧化原子逐层外延”技术，实现氧化物薄膜外延生长技术的重大跨越，并极大拓展了高温超导等强关联电子系统的人工设计与制备。研究团队将这一技术应用于镍基超导材料开发，在极强的氧化环境下，固定住原本需要极高压环境才可稳定存在的原子结构，最终观测到常压下镍氧化物材料的“零电阻”与“抗磁性”。这一发现使镍基材料成为继铜基、铁基之后，第三类在常压下突破 40K “麦克米兰极限”的高温超导材料体系，充分展示了我国在高温超导前沿领域的原创竞争能力。

图4：我国研究团队常压下成功实现镍基材料的高温超导



资料来源：南方科技大学新闻网，央视新闻客户端，中国银河证券研究院

（三）我国多家聚变下游企业实现技术突破

国内民营企业参与全球可控核聚变研发角逐，实现聚变能源技术领先。我国主要商业核聚变公司包括能量奇点、新奥集团、星环聚能、瀚海聚能、聚变新能等，这些企业正凭借装置研发及技术突破进入大众视野。近年来，以能量奇点“洪荒 70”、星环聚能“SUNIST-2”、新奥集团“玄龙-50U”等为代表的民营企业核聚变装置不断实现研究进展突破，创造多项中国乃至全球“首个”。

表2：我国私营核聚变装置实现技术突破

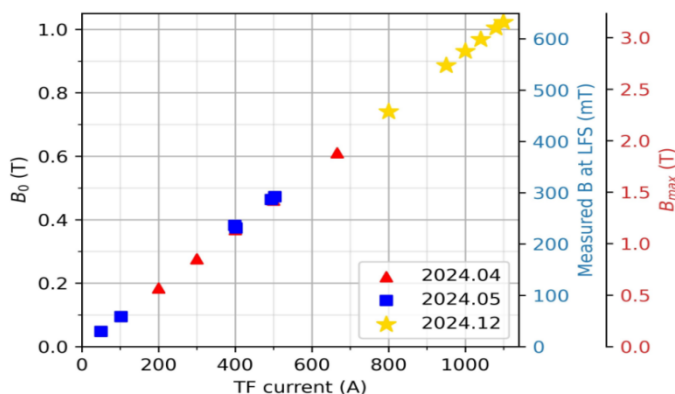
装置名称	企业名称	首次发电时间	研发进展
洪荒 70	能量奇点	2024 年 6 月	2024 年 3 月，全球首个全高温超导核聚变实验装置“洪荒 70”建成； 2024 年 6 月，能量奇点宣布洪荒 70 装置成功实现首次等离子体放电。
SUNIST-2	星环聚能	2023 年 7 月	2023 年 7 月，建成并开展首轮运行，获得 100 千安培等离子体电流； 2024 年 11 月，星环聚能宣布实现球形托卡马克多个技术领域取得了重大突破； 预计于 2027 年底或 2028 年初开始进行商业示范堆的建设，3-5 年内完成，目标是在 2030 年左右展示一个可输出电能的聚变反应堆。
玄龙-50U	新奥集团	2024 年 1 月	2018 年 10 月，项目正式启动建设； 2024 年 1 月，由新奥集团自主设计建造的中国首座中等规模的球形环聚变实验装置的升级版—玄龙-50U 正式启动，实现等离子体放电。
KMAX-U	星光玄能	暂未建成	2013 年，该技术已在中国科学技术大学的 KMAX-FRC 课题组进行实践和开发； 2024 年 11 月，宣布正在设计和建造的新一代 KMAX-U，计划在 6 至 8 个月内完成新一代装置的建造，一年内实现运行。
HHMAX901	瀚海聚能	暂未建成	2023 年 6 月，与西物院举行 HHMAX901 概念设计技术开发合同签约仪式； 2024 年 8 月，宣布已在为装置工程化做准备，2024 年下半年第一代实验装置开建， 预计于 2025 年建成； 预计从 2026 年开始规划建设第二代装置，到 2028-2030 年，装置将实现 10-50 兆瓦的发电能力。

资料来源：能量奇点官网、星环聚能公众号、新奥科技发展有限公司官网、中国核电网、中国核电技术网、中国银河证券研究院整理

2024 年 12 月，能量奇点公司宣布其研发团队研发的全球首台全高温超导托卡马克装置——洪荒 70 中心场强达到 1.02 特斯拉，装置性能显著提升。此次实验实现磁体系统运行温度从标准设计工况的 20K 降低至 9K，高温超导导体的通流比从 30%提高至 50%，成功实现超过标准设计工况的通流实验。2024 年 6 月，能量奇点宣布洪荒 70 成功实现等离子体放电，标志着能量奇点成为全球率先和目前唯一建成运行全高温超导托卡马克的团队，在全球率先完成了高温托卡马克的工程可行

性验证。洪荒 70 只是能量奇点“三步走”战略的第一步，第二步是建设 Q 值大于 10 的强磁场高温超导托卡马克“洪荒 170”，以证明核聚变能源的商业可行性，**目前洪荒 170 现已进入物理装置阶段，2025 年将开始工程设计，目标于 2027 年建成**；第三步是在 2030 年至 2035 年间研发建设基于“洪荒 380”高温超导托卡马克的聚变发电示范堆，实现示范性聚变发电。能量奇点创始人、CEO 杨钊表示，2035 年，我国或有望迎来可控核聚变发出的第一度电。

图5：2024 年 12 月 31 日，能量奇点发布装置最新环向磁场与 TF 磁体电流图

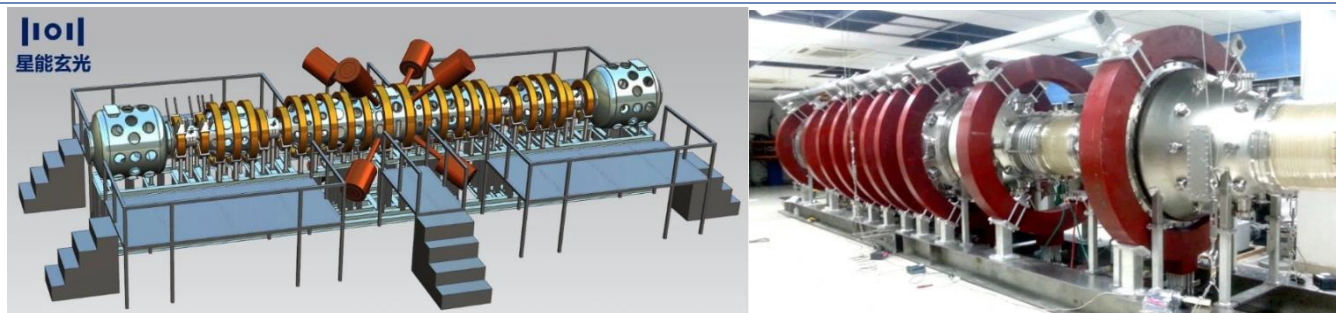


资料来源：能量奇点，中国银河证券研究院

2024 年 11 月，星环聚能 CEO 陈锐在采访中宣布星环聚能已完成 6 轮实验，显著提高球形托卡马克等离子体的性能，实现等离子体电流翻倍，等离子体电子温度提升超过 2 倍，最高电子温度超过 1.2 keV，为下一代聚变级装置 CTRFR-1 的研发和建设提供了坚实的技术支撑。CTRFR-1 正处于研发的关键时期，等离子体前沿物理探索 and 高温超导工艺工程研发正同步进行，已取得阶段性成果。星环聚能计划于 2027 年底至 2028 年初开始商业示范堆的建造，预计 3 至 5 年完成，目标是在 2030 年左右完成第一个可输出电能的聚能反应堆，正式进入商业化阶段。

2024 年 11 月，星光玄能宣布公司正在设计和建造的新一代 KMAX-U 直线型先进场反磁镜装置，装置核心技术基于中国科学技术大学孙玄教授提出的先进场反磁镜聚变路径。该技术自 2013 年起已在中国科学技术大学的 KMAX-FRC 课题组进行实践和开发，KMAX-U 为基于运行的 KMAX 装置的升级版，通过使用串列磁镜来增强等离子体的约束力以减少等离子体的损失，促进解决现有聚变装置在约束和稳定性方面的不足，实现更高的能量输出潜力及更低的建设和运维成本。目前星光玄能公司计划 6 至 8 个月内完成新一代装置的建造，并在一年内实现运行。

图6：星光玄能 KMAX-U 先进场反磁镜设计图（左）、中国科学技术大学 KMAX 装置（右）

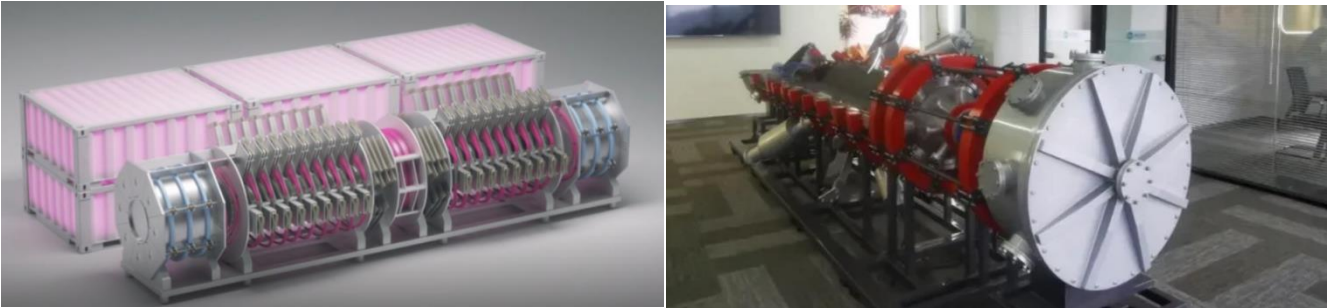


资料来源：中国核技术网，中国银河证券研究院

2024 年 8 月，瀚海聚能宣布与核工业西南物理研究院合作，已在为 HHMAX901 聚变实验装置工程化做准备，2024 年下半年第一代实验装置开建，预计于 2025 年建成。瀚海聚能选择磁约束中的场反位形(FRC)的直线型装置为技术路线，FRC 为没有环形场线圈的磁约束系统，内部等离子体产生的反向电流形成与外部磁场反向的磁场，使得等离子整体形成一个封闭的磁场结构，实现对

等离子体的约束，具有低成本、迭代快速及在短期内实现中子源的优势。2023 年 6 月，瀚海聚能公司与核工业西南物理研究院举行了 HHMAX901 装置概念设计技术开发合同签约仪式，计划在一年内建成第一代实验装置并放电成功，目前公司预计第二代装置从 2026 年开始规划建设，目标为实现净发电，预期至 2028-2030 年迭代的装置将实现 10-50 兆瓦的发电能力。

图7: Helion Energy 反位形(FRC)直线型装置示意图（左）、瀚海聚能场反位形直线型装置模型（右）



资料来源：中国核电网，中国银河证券研究院

（四）我国商业核聚变企业融资步伐加快，多行业资本纷纷布局投资

在我国能源转型和科技创新背景下，众多行业资本涌入核聚变领域投资中，重要企业融资规模加速扩大。2024 年，复鑫力、聚变新能、瀚海聚能、翌曦科技、星光玄能及安徽曦融兆波科技等企业相继完成天使轮融资，融资金额从数千万元至亿元不等，投资方涵盖产业资本、财务投资机构及地方政府基金。传统能源巨头中国石油通过昆仑资本注资聚变新能，标志着其正式切入核聚变赛道。核聚变领域正吸引多元化资本进入，技术路线呈现多样化，行业商业化进程有望进一步加速。

图8: 我国核聚变企业融资加速，多行业资本入局

日期	企业	融资金额	融资轮	投资方	资金用途/备注
2022年2月	能量奇点	4亿	天使轮	米哈游、蔚来资本、红杉中国种子、蓝驰创投等	研发和建设全球首台基于全高温超导材料的小型托卡马克实验装置，及研发可用于下一代高性能聚变装置的先进磁体系统
2022年3月	翌曦科技	5000万	种子轮	中科创星、合力投资、泓昇基金等	用于扩充团队规模、增加研发投入（研究团队：上交大+西南物理研究院）
2022年6月	星环聚能	数亿	天使轮	顺为资本、中科创星、昆仑资本、远镜创投、和玉资本、红杉种子基金等	建设球形托卡马克聚变装置（研究团队：清华）（装置：SUNIST-2）
2023年1月	星环聚能	-	Pre-A轮	水木清华校友基金	——
2023年4月	聚变新能	50亿	-	蔚来资本、皖能资本等	主要用于建设紧凑型聚变能实验装置BEST
2023年4月	能量奇点	近4亿	Pre-A轮	ENLIGHTENMENT、米哈游、云和方圆、黑门股权基金等	——
2024年7月	复鑫力	数千万	天使轮	星纳赫资本、汇石置柏、瑞奕资本和新港高投，拉尔夫创投、欧拉韦伯投资等	——
2024年7月	聚变新能	95亿	-	中国石油等	聚变新能是中科院等离子体物理研究所磁约束核聚变领域的成果转化平台
2024年7月	瀚海聚能	5000万元	天使轮	华映资本、奇绩创坛、轻舟资本、厚实资本	资金用于线性装置物理及工程设计
2024年10月	翌曦科技	近亿元	天使轮	上海道禾、华控基金联合领投，锡创投、成都空港等	将集中力量突破高温超导聚变强场磁体技术的瓶颈；另一方面积极拓展行业级应用
2024年11月	星能玄光	1亿元	天使轮	招商局创投和中科创星领投，民银国际、博将资本、银杏谷资本等跟投	公司目前正在设计和建造的新一代KMAX-U直线型先进场反磁镜装置
2024年12月	曦融兆波	数千万元	天使轮	中科创星领投，捷创资本、合肥市种子基金以及合肥市天使投资基金参与跟投	资金主要用于提升公司在可控核聚变和半导体领域的产品实力，加速射频电源产品的开发和市场推广，以及构建面向半导体市场的智能化射频装备解决方案
2025年2月	中国聚变能源	17.5亿元	-	中国核电、浙能电力	为响应国家未来产业战略发展要求，落实核能“三步走”战略，推动聚变产业发展

资料来源：潘传红《国际热核实验反应堆计划与未来核聚变能源》、北极星能源网、中国核电网、翌曦科技公众号、可控核聚变、中国银河证券研究院整理

2024 年 7 月，复鑫力成功完成了数千万元人民币的天使轮融资，投资方包括星纳赫资本、汇石置柏、瑞奕资本、新港高投，以及拉尔夫创投和欧拉韦伯投资。复鑫力为国内超导线圈接头盒的唯一供应商和偏滤器产品的头部供应商，并成功开发出 ITER 和中科院核聚变装置的核心零部件，

与紧凑型核聚变实验装置(BEST)、中国聚变工程实验堆(CFETR)，能量奇点公司等展开合作，新一轮融资将协助其持续深耕核聚变核心部件。

2024 年 7 月，中科院等离子体所磁约束核聚变的成果转化平台——聚变新能公司注册资本从 50 亿增资到 145 亿，其中中国石油昆仑资本投资 29 亿，获得聚变新能 20%的股权，成为其主要股东。昆仑资本是中国石油专门投资布局新兴产业、未来产业的资本运营平台，主要通过财务投资发现战略投资机会，打造中国石油第二、第三增长曲线，此次融资正式宣告中国石油入局核聚变领域。

2024 年 7 月，瀚海聚能宣布已完成 5000 万元天使轮融资。投资方包括华映资本、奇绩创坛、轻舟资本、厚实资本，资金将被使用于场反位形直线型核聚变装置的物理及工程设计，作为公司迈向商业化发电的第一步。瀚海聚能是中国首家专注于直线型可控核聚变技术的企业，公司技术路线对标美国 Helion Energy 公司，致力于开发低成本、高能量密度的场反位形装置。此外，公司 CEO 项江表示，中短期内公司计划通过向核医学领域销售核反应过程中产生的中子，实现核聚变商业化过程的真空期的平稳过渡。

2024 年 10 月，翌曦科技宣布完成近亿元天使轮融资。本轮融资由上海道禾、华控基金联合领投，锡创投、成都空港共同参与投资，融资资金将主要用于攻关高温超导聚变强场磁体技术瓶颈、支持行业级应用拓展两大核心战略方向目前，目前公司成员已加入中核集团的聚变创新联合体，并获得多项上海市市级科技专项支持，后续将承担聚变强场磁体的主要攻关任务。

2024 年 11 月，星光玄能完成亿元天使轮融资，由招商局创投和中科创星领投，民银国际、博将资本、银杏谷资本、天创资本和个人投资者跟投。星光玄光的技术路线没有选择国际主流托卡马克，而是一直以来被认为是聚变界“黑马”的先进场反磁镜技术，公司创始人孙玄教授团队具有十余年场反和磁镜技术领域科研实践经验，此前于国内建造完成首个对碰融合场反位形装置，此次融资将用于支持公司研发和实践可控核聚变实现的先进场反磁镜聚变路径。

2024 年 12 月，安徽曦融兆波科技有限公司宣布完成数千万元天使轮融资，此次融资由中科创星领投，捷创资本、合肥市种子基金以及合肥市天使投资基金参与跟投。曦融兆波是一家专注于可控核聚变加热技术的智能射频电源装备企业，于 2022 年依托合肥综合性国家科学中心能源研究院（安徽省能源实验室）成立，业务范围主要涉及高功率射频发射机、阻抗匹配、射频电源、机械结构设计等。本次融资资金将主要用于公司在可控核聚变及半导体领域的产品实力的提升、射频电源产品的开发和市场推广以及面向半导体市场的智能化射频装备研发。

2025 年 2 月，中国核电、浙能电力宣布预计投资中国聚变能源公司共 17.5 亿元人民币，最终投资金额与取得股份比例将以签订并生效的协议为准。中国核电、浙能电力各自发布公告称，拟将采用增资方式参股中国聚变能源公司，投资金额分别为 10 亿元及 7.5 亿元。中国聚变能源公司于 2023 年可控核聚变未来产业推进会正式揭牌，会上由中核集团牵头成立了可控核聚变创新联合体，并发布第一批未来能源关键技术攻关任务。本次融资系中国核电与浙能电力对国家核能“三步走”战略落实的积极响应，同时前瞻性布局聚变能源领域，保证自身在能源转型过程中的竞争力。

（五）聚变相关政策：将聚变能源产业建设列入重点领域

在中央明确指导发展新质生产力的政策背景下，地方政府积极响应号召出台配套政策，支持当地可控核聚变产业发展。2024 年十月份，国资委发布署名文章，将核聚变产业列为新质生产力的核心载体之一，提出打造具有国际竞争力的新兴集群和领军企业。2024 年 11 月 15 日，上海市印发《上海市促进新材料产业高质量发展实施方案（2025-2027 年）》，明确指出开展核聚变超导磁体等新领域示范建设，此次方案是继 2024 年 3 月份将核聚变技术突破工程列为重点工程后，上海对核聚变产业的再次强调，目前以能量奇点为代表的上海企业正逐步实现核聚变关键技术的突破。2024 年 11 月 23 日，安徽省办公厅发布《安徽省未来产业发展行动方案》，要求前瞻布局先进核

能，引进聚变能源科技型企业、高端人才及科创服务机构，政策支持之外，超环 HT-7、EAST 等全球顶级科技设施陆续落地合肥，为核聚变产业研发提供有力支持。

表3：地方及中央出台相关政策，积极推动核聚变产业发展

时间	区域	文件名称	主要内容	重点发展领域
2024 年 3 月 1 日	上海	《上海核电产业高质量发展行动方案（2024-2027 年）》	到 2027 年，上海核电产业规模达到 600 亿元，核电产业基础高级化和产业链现代化水平显著提升，基本建成世界级核电产业中心。	高温气冷堆优化升级工程、 可控核聚变技术突破工程 、先进小型堆示范应用工程、核技术应用产业培育工程等 7 项工程。
2024 年 3 月 15 日	全国	《政府工作报告》	开展 2023 年工作回顾，布置 2024 年政府工作任务，要求大力推进现代化产业体系建设，加快发展新质生产力。	推动产业链供应链优化升级、积极培育新兴产业和未来产业、深入推进数字经济创新发展。
2024 年 10 月 23 日	全国	《培育和发展新质生产力 推动国资央企高质量发展》	抓好新质生产力，不断强化创新策源、人才聚集和产业应用，着力打造国家战略科技力量，推动战略性新兴产业、未来产业发展。	集成电路、高端装备、新一代信息技术、工业软件、人工智能等战略性新兴产业；量子科技、 核聚变 、生物制造、6G 等未来产业。
2024 年 11 月 15 日	上海	《上海市促进新材料产业高质量发展实施方案（2025-2027 年）》	到 2027 年，打造深度赋能的材料智能引擎，构建“3+5+1”新材料产业发展体系，加快建设世界级先进材料产业高地。	支持大长度超导电缆及超导开关站建设，开展 核聚变超导磁体 等新领域示范建设，通过标杆示范加快打通商业化瓶颈。
2024 年 11 月 23 日	安徽	《安徽省未来产业发展行动方案》	实施“7+N”未来产业培育工程，建设具有重要影响力和竞争力的未来技术策源地、未来场景应用地和未来产业集聚地。	量子科技、空天信息、通用智能、 低碳能源（含聚变能商业应用计划） 、生命科学、先进材料、未来网络 7 个重点领域；第三代半导体、先进装备制造、区块链等 N 个兼顾发展领域。

资料来源：上海市人民政府官网、国务院官网、上海市经济和信息化委员会官网、安徽省人民政府官网、中国银河证券研究院整理

二、国际进展：CFS 首座商用核聚变电站选址

（一）多国可控核聚变研究取得突破性进展

2025 年 1 月 8 日，美国最大的私营聚变公司 Commonwealth Fusion Systems (CFS) 宣布已完成聚变机 SPARC 逾一半的环向场磁体线圈单元搭建，其加热、冷却和电力等系统组件也在同步添加，目前 SPARC 装置的建设已进入深入阶段，预期 SPARC 托卡马克本身的组装工作亦将在近期开始，SPARC 预计于 2026 年生产第一批等离子体。SPARC 以成为世界上第一台实现净能量增益 ($Q>1$) 的聚变装置为设计目标，是一种紧凑型磁约束托卡马克装置，体积为 ITER 的 1/40。装置采用新型高温超导 (HTS) 磁体技术，能够在更小的空间内产生更强的磁场，从而实现更高的等离子体性能和更紧凑的设计。2024 年 12 月，CFS 宣布将投资数十亿美元建造世界首座商用核聚变发电厂 (ARC)，发电厂选址于弗吉尼亚州切斯特菲尔德县的詹姆斯河工业中心，占地 94 英亩，CFS 全球政策和公共事务副总裁称该选址搜索工作时长逾两年。ARC 聚变电厂预计本世纪三十年代初投入运营，届时可生产约 400 兆瓦的电力，可为大型工业厂或 15 万户家庭供电，使切斯特菲尔德成为聚变能源行业的中心。SPARC 作为商业化聚变电厂 ARC 的前期验证装置，为 ARC 的实现提供可行性支持和技术积累。CFS 联合创始人、麻省理工学院工程学教授 Dennis Whyte 认为，ARC 或将成为聚变行业的分水岭，为商业聚变发电厂竞争奠定基础，未来 CFS 的目标是建造数千座这样的发电厂。

图9：CFS 新核聚变电厂 ARC 落地弗吉尼亚州，SPARC 将作为 ARC 的前期验证装置



资料来源：可控核聚变，中国银河证券研究院

时至今日，美、欧、俄、韩、日为首的国家或地区投入核聚变设备研发建造，实现聚变实验技术突破。美国通过 DIII-D 和 NIF 装置在等离子体约束、惯性约束点火等领域取得显著进展；日本与欧盟合作的 JT-60SA 装置创下等离子体体积纪录并持续推进技术升级；英国 JET 装置在氘氚实验中实现高聚变功率输出，并探索等离子体稳定性优化。国际核聚变研究领域新纪录不断突破，全球核聚变技术迈向新的高度。

表4：主要国家政府聚变设施

装置名称	主办方	首次发电时间	项目进展
JET	欧洲原子能共同体	1983 年	1997 年，创下最接近科学盈亏平衡的记录，达到 $Q=0.67$ ； 2022 年 2 月，在 5 秒内产生了创纪录的 59 兆焦耳能量； 2024 年 2 月，宣布使用 0.2 毫克氘氚燃料产生 5 秒的高聚变功率，创造了 69MJ 的世界记录。
DIII-D	美国能源部	1978 年 2 月	1978 年，开始运营，当时世界上最大的磁约束聚变装置，创造 2.2MA 的最高等离子体电流纪录； 1990 年代初期，DIII-D 开发了一个用于实时控制等离子体形状和位置的系统； 2024 年 10 月，突破 20 万次等离子体脉冲。
NIF (激光)		2022 年 12 月	2022 年 12 月，首次实现聚变产出的能量大于激光输出的能量、实现 Q 值大于 1.5； 2023 年 7 月，实现第二次点火，同时使 Q 值大于 1.89； 2023 年 12 月，将点火次数增至 4 次，输入能量首次达到 2.2 兆焦。
KSTAR	韩国聚变能源研究所	2008 年 7 月	2020 年 11 月，创纪录将等离子体在 1 亿度的高温下维持了 20 次； 2021 年 11 月，等离子体在 1 亿度的高温下维持了 30 秒； 2024 年 2 月，等离子体在 1 亿度的高温下维持了 48 秒。
JT-60SA	欧洲聚变能组织和日本量子科学技术研究所	2023 年 10 月	2023 年 10 月，首次成功“点火”并使其成为截至 2024 年世界上最大的超导托卡马克； 2024 年 10 月，创造了 160 立方米等离子体体积的新纪录； 2025 年 2 月，日本宣布用新部件升级 JT-60SA。

资料来源：北极星核电网、FIA、中国银河证券研究院整理

2024 年 10 月，美国能源部旗下的 DIII-D 国家核聚变设施宣布突破 20 万次等离子脉冲，实现在超出 Greenwald 密度上限 20% 的条件下实现等离子体的高质量约束、在等离子体边缘创造“超级 H 模”聚变等离子体两大突破。DIII-D 由通用原子能公司（General Atomics）于 1978 年开始运营，是当时世界上最大的磁约束聚变装置，投入运行以来始终是全球磁约束聚变研究的核心装置之一，在稳定性技术、偏滤器和等离子体材料相互作用研究等领域投入研究。美国能源部另一重要聚变设施 NIF 采用基于激光的惯性约束方式进行核聚变实验，于 2022 年 12 月首次实现聚变产出的能量大于激光输出的能量、实现 Q 值大于 1.5，于 2023 年 12 月将点火次数增至 4 次、输入能量首次达到 2.2 兆焦。

2024 年 10 月，日本与欧盟共同合作建造运行的超导托卡马克装置（JT-60SA）创造了 160 立

方米等离子体体积的新纪录，通过吉尼斯世界纪录认证。2025 年 2 月 10 日，日本宣布 JT-60SA 的一系列部件升级工作已在进行，技术人员计划为设备添加强大的诊断系统、加热设备以及用于等离子体控制的校正线圈等关键组件，本次技术升级将在 2026 年中期进入下一个调试阶段，为 2026 年下半年的进一步实验铺平道路。JT-60SA 是 JT-60U 的升级版本，在 JT-60U 的原有设施基础上引入新的硬件和技术，于 2023 年 11 月 2 日成功点火，由日本量子科学技术研究所（QST）和欧洲聚变能组织（Fusion for Energy）合作建设运营，该装置是迄今全球建成的最大托卡马克研究装置。

2024 年 2 月，英国原子能机构宣布欧洲联合环面装置 JET 仅使用 0.2 毫克氘氚燃料产生 5 秒的高聚变功率，创造 69MJ 的突破性记录。JET 是世界上第一个进行氘氚实验的托卡马克聚变装置，由欧洲多个国家共同运营，是 ITER 项目的重要测试平台。装置最后的氘-氘实验首次实现在一分钟的脉冲中使用负三角效应（倒置等离子体配置），显著改善等离子体的约束和稳定性，推动了 JET 的操作极限。目前 JET 已进入其生命周期的下一阶段：JET 退役和再利用计划，下一阶段预计持续至 2040 年左右。

(二) 主要国家相关政策聚焦资金支持、审批简化

聚变能源于国家能源安全具有重要意义，英美为首的聚变研究领先国家持续加大核聚变商业化的政策支持。美国 2024 年至 2025 年为“核聚变创新研究引擎”项目投入超 2.8 亿美元，并发布《聚变能源战略》支持本国可控核聚变产业发展；英国在 2025 年 1 月宣布投入 4.1 亿英镑加速核聚变能源建设，推进 STEP 项目并实现聚变级钢量产；韩国于 2024 年 7 月通过加速战略，计划投入 1.2 万亿韩元推动核聚变示范反应堆建设与商业化；日本发布《统合创新战略 2024》，联合美国推进核聚变研发与国际合作。各国从资金、政策、合作等多方面，大力推动核聚变能源发展。

图10：美英德韩日等国支持政策聚焦于资金支持、简化审批（1）

图表：美国核聚变政策				图表：英国核聚变政策			
日期	政策	项目提供金额	备注	日期	政策	项目提供金额	备注
2023年11月	美国能源部和大不列颠及北爱尔兰联合王国能源安全和净零排放部决定建立一项重要的新战略合作伙伴关系，以加速聚变能源的示范和商业化，旨在专注于推进美国商业聚变能和英国的聚变战略。	—	新的伙伴关系建立在这一合作历史的基础上，例如，包括UKAEA-普林斯顿等离子体物理实验室聚变奖学金，以及英国MAST-U托卡马克和美国DIII-D国家聚变设施的研究。	2022年11月	英国政府2022年11月曾宣布了1.26亿英镑用于支持英国聚变研发计划	1.26亿英镑	
2023年12月	在阿联酋迪拜COP28大会的大西洋理事会全球能源论坛上，美国总统气候问题特使约翰·克里称，美国将与其他国家合作，推出一项推动核聚变发展的国际合作计划，以此加快核聚变的商业化进程。	—	目前这项计划涉及35个国家，将在研究开发、供应链和市场、人力资源、监管和安全、公众参与这五大领域展开合作。	2023年9月	英国政府宣布计划实施一项雄心勃勃、尖端的新研发计划，以支持英国蓬勃发展的核聚变行业。英国政府计划在2027年之前投资6.5亿英镑，但须经商业可行性评估。	6.5亿英镑	新的聚变研发计划包括：建设新设施，特别是发展聚变燃料循环能力和支持创新；开发新的聚变技能包以确保发展实现聚变战略所需的技能和能力；进一步支持加强国际合作项目；加快聚变商业化的其他措施，包括推进英国世界领先的用于能源生产的球形托卡马克计划。
2023年12月	美国能源部近期宣布成立了三个新的惯性聚变能源中心（科罗拉多州立大学、劳伦斯利弗莫尔国家实验室和罗切斯特大学），并将在四年内为它们提供总计4200万美元的资金。	4200万美元	新计划名为惯性聚变能源科学与技术加速研究。	2023年12月	英国政府去年宣布的 4.84 亿英镑英国研究支持计划的一部分，旨在通过开发既能支持国内项目又能出口到全球的技术和技能来推动长期经济增长。聚变工业计划拨款 4210 万英镑，以刺激创新并加速聚变工业的发展。	4210 万英镑	这些合同授予初创企业、中小企业、老牌公司和学术界，金额在 50 万至 140 万英镑之间，由融合产业计划资助。
2024年2月	美国众议院通过《原子能进步法案》，将核聚变设备新定义为粒子加速器，将核聚变纳入粒子加速器的监管框架之内，推动落实核聚变与核裂变分开监管的体系。	—	从操作层面上看，这项立法简化了核聚变开发的联邦许可程序，包括提供及时的审查、降低核开发者的费用以及现代化环境审查，将大大促进美国核能的发展。	2025年1月	英国原子能管理局（UKAEA）《Fusion-grade steel produced at scale in UK-first》（英国首次大规模生产聚变级钢）。由英国原子能管理局（UKAEA）牵头，来自英国多所大学的研究人员联盟已批量生产了5.5吨可用于核聚变反应堆的低活化铁素体-马氏体（RAFM）钢。	—	NEURONE团队利用位于米德尔斯堡的材料加工研究所（MPI）的电弧炉（EAF）实现将生产成本降低多达10倍。
2024年6月	美国能源部（DOE）发布《聚变能源战略2024》，为支持核聚变能源战略，DOE宣布了一项总额为1.8亿美元的“核聚变创新研究引擎（FIRE）合作项目”资助。	1.8亿美元	旨在通过组建团队，支持进一步创建聚变创新生态系统，目标是将DOE聚变能源科学计划（FES）的基础和赋能科学研究与不断发展的聚变产业需求联系起来。	2025年1月	英国能源安全部和Net Zero共同宣布将斥资4.1亿英镑用于加速核聚变能源的发展。旨在支持英国在2025年至2026年间核聚变能源行业的快速发展，并推动相关技能的培养。	4.1亿英镑	这笔资金将用于开发英国的STEP项目，以及实施聚变未来计划，包括技能开发和新型聚变燃料研发设施LIBRTI；还将用于重新利用英国原子能管理局的联合欧洲环面（JET），并支持其现有的研究、创新和设施。
2025年1月	美国能源部宣布计划为“聚变创新研究引擎”（FIRE）的部分合作项目提供1.07亿美元资金，同时披露“基于里程碑的聚变能开发计划”（Milestone-Based Fusion Development Program）最新进展情况	1.07亿美元	两个计划均由美国能源部科学办公室的聚变能源科学（Fusion Energy Sciences）负责管理，后者是美国能源部聚变战略的基石，旨在加速商业聚变的可行性。				

资料来源：美国能源部、英国原子能管理局、可控核聚变、中国银河证券研究院整理

图11：美英德韩日等国支持政策聚焦于资金支持、简化审批（2）

图表：德国核聚变政策				图表：韩国核聚变政策			
日期	政策	项目提供金额	备注	日期	政策	项目提供金额	备注
2022年12月	联邦教育及研究部成立一个负责评估激光聚变领域的专家委员会	—	—	2023年3月	以英国原子能管理局 (UKAEA) 和韩国聚变能源研究所 (KFE) 为代表的两国签署了一份谅解备忘录 (MOU)，以合作研发远程处理和维持未来聚变发电厂。	—	该谅解备忘录侧重于在聚变动力维护的各个研发领域开展合作，以交流思想、信息、技能和技术。
2023年5月	瓦特辛格接受该委员会的一项备忘录。该备忘录描述了德国作为激光聚变的工业和研究基地的潜力，并确定进一步开发首座聚变电厂的需求	—	—				
2023年6月	联邦教育及研究部发表一份关于核聚变研究的立场文件，描述核聚变电厂尽快成为现实的框架条件。	—	—	2024年7月	韩国科学技术信息通信部举行第20次国家核聚变委员会，宣布通过了一项“核聚变能源实现加速战略”，韩国政府决定投资1.2万亿韩元(8.66亿美元)启动一项新型项目，通过公私合作确保建设DEMO所需的工程技术。	8.66亿美元	旨在在2030年代建成核聚变示范反应堆(DEMO)，并在2050年代实现核聚变发电的商业化。
2023年9月	德国未来五年将大幅增加聚变能研究资金，再增加3.7亿欧元。连同之前的研究资金，联邦教育及研究部将在2028年之前为聚变研究提供超过10亿欧元(11亿美元)资金。	10亿欧元	这些投资的目的是创建一个联合的“工业聚变生态系统”，以便尽快在德国建立聚变发电厂。	2024年12月	韩国核聚变创新联盟成立仪式于12月16日在大田韩国聚变能源研究院举行，联盟是韩国自今年7月宣布加速实现聚变能战略以来的后续行动。	—	战略目标是在2030年代建成核聚变示范反应堆(DEMO)，在2050年代实现核聚变发电的商业化。
图表：日本核聚变政策							
日期	政策	项目提供金额	备注				
2023年4月	日本内阁通过首份旨在推动聚变能发展的国家战略，强调有必要在国内建立一个新产业，积极参加全球聚变能研发竞赛，呼吁私营企业更广泛参加聚变能研发，并认为聚变能有望成为能够同时解决能源问题和全球环境问题的下一代能源。	—	—				
2024年3月	日本计划于2024年3月组建聚变能产业论坛，汇聚私营企业、政府、学术界和私营企业力量，共同推进聚变能商业化。	—	参与者将包括石川岛、日挥控股和Obayashi等工程企业；能源集团Inpex；Kyoto Fusionengineering和EX-Fusion等初创企业，以及材料制造企业和贸易公司。				
2024年5月	日本文部科学省和美国能源部发表联合声明，建立新型战略合作伙伴关系加速聚变能源的示范和商业化。	—	日美新型合作伙伴关系将重点推进日本的聚变能源创新战略，以及美国的商业核聚变能源10年愿景和核聚变开发新时代国际合作伙伴关系战略。				
2024年6月	6月4日，日本政府发布“统合创新战略2024”，作为本年度对日本科技创新工作的指导。	—	将核聚变列为重要研发活动领域，从战略高度推动尖端技术研发。				

资料来源：可控核聚变，德国联邦教育及研究部，日经亚洲，韩国科学技术信息通信部，中国银河证券研究院整理

2025年1月，美国能源部（DOE）宣布为“核聚变创新研究引擎”（FIRE）的部分合作项目提供 1.07 亿美元资金。聚变创新研究引擎（FIRE）合作项目旨在通过团队合作将基础研究与聚变产业需求结合，推动核聚变技术的创新生态和商业化发展，项目周期预期最长可达四年。本次投资主要涉及核包层测试能力开发、核包层测试能力开发、靶注入技术开发、聚变燃料循环测试能力开发等项目领域。在 2024 年 6 月发布的《聚变能源战略 2024》中，美国能源部就宣布为聚变能源创新研究引擎协作组织提供 1.8 亿美元“核聚变创新研究引擎”（FIRE）合作项目资助，该战略围绕三大核心支柱展开：缩小商业聚变试验工厂的科学和技术差距，为可持续、公平的商业聚变能源部署铺平道路及建立和利用外部合作伙伴关系。同时，美国能源部与白宫科技政策办公室共同主办纪念拜登政府启动“美国商业聚变能源十年宏伟愿景”两周年活动，旨在推动政府与私营部门合作，加速商业聚变能源的可行性。2019 年以来，美国陆续公布《核能创新和现代化法案》（2019）、《通胀削减法案》（2022）、《美国政府部门 2024 财年预算案》（2023）、《原子能进步法案》（2024）等政策，持续加大对可控核聚变领域的支持力度。

2025 年 1 月，英国政府宣布将斥资 4.1 亿英镑用于加速核聚变能源的建设，旨在支持英国在 2025 年至 2026 年间核聚变能源行业发展，并推动相关技能的培养。资金计划投入英国 STEP 项目开发、聚变未来计划以及英国原子能管理局的联合欧洲环面(JET)，并支持其现有的研究、创新和设施。同时，英国原子能管理局旗下子公司英国工业聚变解决方案公司(UKIFS)公布竞标 STEP 工程合作伙伴和建设合作伙伴的入围组织名单，入围组织将参与建设一座原型聚变发电厂，该发电厂预计将于 2040 年正式开始商业运营。同月，英国原子能管理局发布《英国首次大规模生产聚变级钢》，表示由研究人员联盟已批量生产了 5.5 吨可用于核聚变反应堆的低活化铁素体-马氏体(RAFM)钢。本次生产的 RAFM 钢由英国原子能管理局成立的 NEURONE（先进钢材中子辐照）联盟研发制造，项目耗资 1200 万英镑，仅在第一年就已生产出 50 多种先进的 ARAFM 钢合金，目前正在对其进行分析，并寻找降低材料损伤的新方法。

2024 年 7 月，韩国科学技术信息通信部举行第 20 次国家核聚变委员会，宣布通过了一项关键

的“核聚变能源实现加速战略”，制定聚变能源商用化的三大战略与九个核心课题，目标是在本世纪 30 年代建成核聚变示范反应堆(DEMO)，以及在本世纪 50 年代实现核聚变发电的商业化，并决定为此投资 1.2 万亿韩元。此外，政府宣布将利用韩国托卡马克装置 KSTAR 的设计、建设经验所确保的技术，及通过 ITER 等国际合作科研所积累的海外关系等支援海外研究装置建设事业。2024 年 12 月，韩国核聚变创新联盟成立仪式在大田韩国聚变能源研究院举行，联盟是韩国自今年 7 月宣布的“核聚变能源实现加速战略”的后续行动。联盟将作为一个产学研合作机构，扩大机构之间的合作交流，以推荐韩国聚变产业的系统性发展和聚变能工业化。成立仪式逾 100 人出席，共有来自 91 个机构（包括企业、大学和研究机构）的 206 名专家完成了会员注册。

2024 年 6 月，日本发布《统合创新战略 2024》作为对本年度日本科技创新工作的指导，将核聚变列为重点推进领域的研发活动之一，要求从战略高度推动核聚变尖端技术研发。2024 年 5 月，日本与美国能源部（DOE）发表联合声明，将重点推进日本的聚变能源创新战略及美国的商业核聚变能源 10 年愿景和核聚变开发新时代国际合作伙伴关系战略，利用日美核聚变协调委员会(CCFE)的平台，推进研发设施共享及核聚变反应堆监管相关的国际合作。2023 年 4 月日本推出《核聚变能创新战略》，旨在通过建立庞大的国内核聚变产业，在未来商业化利用核聚变能中占据主导地位。

（三）全球聚变企业融资规模不断扩张

由于全球对清洁能源的迫切需求，核聚变作为极具潜力的能源解决方案，吸引大量资本涌入相关企业，美欧为首的多家核聚变公司获得大额融资。2024 年下半年，美国 Xcimer Energy 获 1 亿美元 A 轮融资建设原型激光系统；Type One Energy 获 5350 万美元种子轮融资，领投者包括微软创始人比尔·盖茨；Pacific Fusion 获 9 亿美元 A 轮融资承诺，用于构建高增益脉冲磁聚变驱动器；欧洲 Tokamak Energy 宣布 C 轮融资 7500 万美元，将用于聚变试验工厂计划与高温超导磁体开发。2025 年 2 月，美国 Helion Energy 完成 4.25 亿美元 F 轮融资，推进商业聚变电厂建设；英国 First Light Fusion 宣布即将获 6000 万英镑融资，投资者包括中国科技巨头腾讯和伦敦上市的 IP Group。聚变能源凭借其广阔前景，成为资本竞相追逐的焦点。

图12：国际主要核聚变企业融资规模较大

日期	企业	国家	融资金额	融资轮	投资方	资金用途/备注	日期	企业	国家	融资金额	融资轮	投资方	资金用途/备注
2021年12月	CFS	美国	18亿美元	B轮	Bill Gates、George Soros、Marc Benioff、Alphabet、DFJ Growth	由MIT麻省理工创立装置：SPARC	2024年6月	Xcimer	美国	1亿美元	A轮	Hedosophia、Breakthrough Energy Ventures、Emerson Collective等	资金将用于其位于美国科罗拉多州丹佛市的新工厂
2022年2月	First Light Fusion	英国	4500万美元	C轮	Oxford Science Enterprises, Hostplus, IP Group plc, Braavos Capital, 腾讯	从牛津大学分离	2024年7月	Type One Energy	美国	5350万美元	种子轮	比尔·盖茨的突破能源创投基金、澳大利亚的Foxglove Ventures和新西兰的GD1	——
2022年4月	EX-Fusion	日本	18亿日元	种子轮	-	加速激光聚变技术的商业发展	2024年8月	Pacific Fusion	美国	9亿美元	A轮	比尔·盖茨的突破能源创投基金、埃里克·施密特、硅谷著名风险投资家约翰·多尔	——
2022年4月	Kyoto Fusionengineering	日本	7900 万美元	C轮	JIC Venture Growth Investments,三菱公司、关西电力公司等	加快其核心产品的研发，包括聚变反应堆的容器内组件和聚变装置工程	2024年11月	Tokamak Energy	英国	1.25亿美元	C轮	East X Ventures, Lingotto Investment Management, Furukawa Electric Company等	本轮融资将支持TE Magnetics(Tokamak Energy专门负责HTS磁体业务的部门)的发展
2022年6月	Zap Energy	美国	1.6亿美元	C轮	Lowercarbon Capital, Breakthrough Energy Ventures, Shell Ventures, DCVC等	研究方向：剪切流的技术实现聚变反应	2025年2月	Helion Energy	美国	4.25亿美元	—	吸引Lightspeed Venture Partners、SoftBank Vision Fund 2和一家大学捐赠基金三个新投资者。原投资者Sam Altman, Capricorn Investment Group等也参与投资	资金将主要用于推进商业聚变电厂建设及原型机部件（电容器、磁体和半导体等）开发
2022年8月	TAE Technologies	美国	2.5亿美元	G-2轮	Sumitomo Corporation of Americas, TIFF Investment Management等	全球最大的核聚变私营公司，与Google联系紧密	2025年2月	First Light Fusion	英国	6000万英镑	F轮	中国科技巨头腾讯和伦敦上市的 IP Group等	First Light Fusion即将敲定一项“弹丸聚变”技术的融资协议
2023年7月	General Fusion	美国/加拿大	2500 万美元	F轮	BDC Capital, GIC	扩大运营和业务范围							
2023年8月	Blue Laser Fusion	美国	2500 万美元	A轮	JAFCO, SPARX	预计将于2025年完成首个原型的打造							
2024年3月	Blue Laser Fusion	美国	数百万美元	-	SoftBank, Itochu	创始人是诺奖得主中村修二							

资料来源：BLF 官网、Xcimer Energy 官网、PitchBook 数据库、中国核技术网、可控核聚变、中国银河证券研究院整理

2024 年 6 月，美国激光聚变能源初创公司 Xcimer Energy 宣布获得 1 亿美元的 A 轮融资，用于推进开发激光驱动的惯性聚变技术，并计划将被本次融资资金用于在科罗拉多州丹佛市建造原型激光系统，包括先进的非线性光脉冲压缩系统，并利用这笔资金扩大技术团队，目前公司主要团

队已迁移至丹佛，以推进新工厂的建设及技术和产品开发。该轮融资由 Hedosophia 领投，Breakthrough Energy Ventures、Lowercarbon Capital 等投资机构跟投。

2024 年 7 月，美国聚变公司 Type One Energy 宣布获得 5350 万美元的新融资，使得公司融资总额达到约 8250 万美元。本次融资由 Bill Gates 的 Breakthrough Energy Ventures 领投，澳大利亚的 Foxglove Ventures 和新西兰的 GD1 等投资机构跟投。据公司首席执行官 Christofer Mowry，公司目标通过搭建紧密合作，于 2030 年前完成反应堆设计，同时本轮融资的另一目标为吸引对东南亚市场更熟悉的合作伙伴，以拓展世界人口密集地区东南亚的未来市场。Type One Energy 的核聚变反应堆采用仿星器的技术路线，计划在明年完成核心反应堆的设计，并开始建造名为 Infinity One 的原型反应堆，于 2030 年前完成实验设计。

2024 年 8 月，美国核聚变企业太平洋聚变（Pacific Fusion）宣布已获得 9 亿美元的 A 轮融资承诺，投资者包括前谷歌 CEO Eric Schmidt、微软创始人 Bill Gates 等科技巨头，以及硅谷著名风险投资家 John Doerr。太平洋聚变表示，本轮融资资金将依据公司特定里程碑（涵盖燃料、材料、等离子体温度、系统建模和安全性等领域）分阶段到位，目前公司近期目标设立为实现聚变能源净设施增益，因此本轮资金将用于构建一个高增益脉冲磁聚变驱动器。

2024 年 11 月，欧洲资金最充足的核聚变初创公司 Tokamak Energy 宣布 C 轮融资新筹集了 7500 万美元，本轮融资共计获得 1.25 亿美元，使得公司总融资额达到 3.35 亿美元，是欧洲第二大核聚变初创公司 Marvel Fusion 的 3 倍以上。Tokamak Energy 致力于开发紧凑型球形托卡马克和高温超导(HTS)磁体，是英国原子能管理局(UKAEA)的衍生公司，是目前唯一一家拥有逾 10 年设计、建造和运营托卡马克经验的私营聚变公司，本轮融资将用于支持公司负责 HTS 磁体业务的部门发展，并用于支持推进 Tokamak Energy 的聚变试验工厂计划，包括设计、开发、测试和验证高场球形托卡马克 ST-40 的聚变技术。

2025 年 2 月，美国华盛顿商业聚变公司 Helion Energy 宣布完成 4.25 亿美元的 F 轮融资，该轮融资将主要用于推进商业聚变电厂建设，以及包括电容器、磁体和半导体等在内的原型机部件开发，以将等待供应商交付电容器的三年周期缩短至自行生产的一年周期以内。Helion 选择场反位形（Field-Reversed Configuration, FRC）反应堆为技术路线，并放弃依靠蒸汽轮机将热能转化为电能，而是尝试直接从反应中提取能量，以提升生产效率。本轮融资除原有投资者 Sam Altman、Capricorn Investment Group、Mithril Capital、Dustin Moskovitz 和 Nucor 的参与外，新加入 Lightspeed Venture Partners、SoftBank Vision Fund 2 和一家大型大学捐赠基金三个投资者。

2025 年 2 月，《每日电讯报》报道英国核聚变领域初创公司 First Light Fusion 即将获得一笔 6000 万英镑的融资。据报道，西方科学家正在消化上个月中国 EAST 装置实现 1066 秒的核聚变反应新纪录的消息，这进一步推动了 First Light Fusion 的融资进度。该公司致力于通过惯性约束聚变技术实现核聚变能源的商业化，公司即将敲定一项“弹丸聚变”技术的融资协议，该技术利用磁体将 5 便士大小的射弹高速发射到核燃料中，引发强烈的反应，若能实现则其反应堆将具有更便宜、简单的技术。First Light 现有投资者包括中国科技巨头腾讯和伦敦上市的 IP Group 等，目前公司已与投资者开展深入谈判。

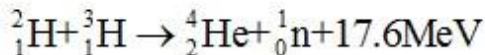
三、可控核聚变：解决人类能源问题的终极途径之一

（一）可控核聚变实现点火需要满足劳森判据，商业化应用需 Q 值大于 30

可控核聚变是一种热核反应，通过装置将多个轻原子核限制在一定范围内相互结合，并释放出能量。要实现核聚变点火，必须确保温度、密度和约束时间满足劳森判据，商业化应用的聚变能量

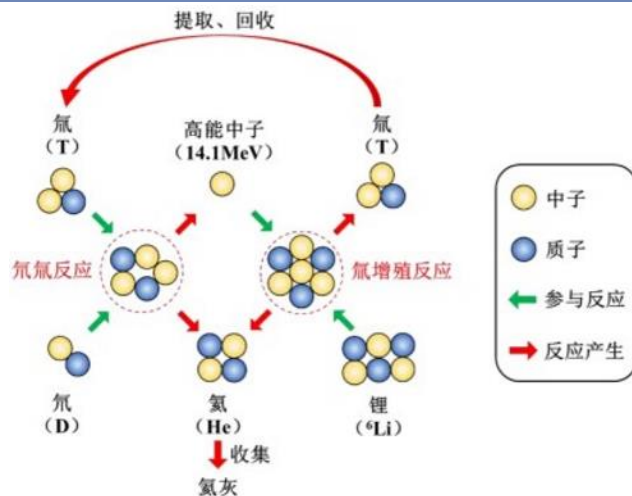
增益因子 Q 一般需大于 30。核聚变发电是利用轻原子核“聚变”所释放出的能量。当两个轻原子核融合时，根据质能方程（ $E=mc^2$ ），所产生的原子核质量比原来两个原子核质量之和略轻，多出来的质量会转化成能量释放出来。该氘氚聚变反应可释放出 17.6MeV 的能量。

图13：核聚变反应方程式



资料来源：中国物理学期刊网、中国银河证券研究院整理

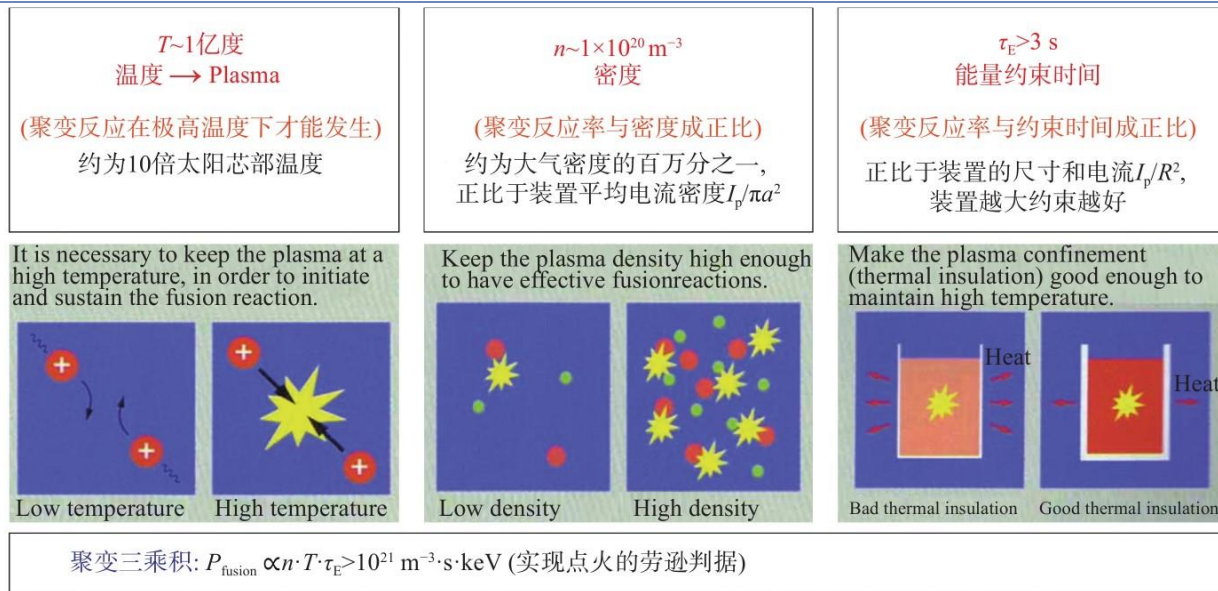
图14：氘氚核聚变反应



资料来源：激光聚变报（氘氚燃料可控核聚变的氚增殖）、中国银河证券研究院

核聚变点火是否成功要使用劳森判据来判断。劳森判据指维持核聚变反应堆中能量平衡条件，当温度、密度和约束时间的乘积大于一定值才能实现有效的聚变功率输出，即能量产出率大于能量损耗率，核聚变能稳定持续发生反应时，通常意味着点火成功。首先对容器施加大概 1 亿度的温度，相当于太阳核心温度的 10 倍。其次是容器内部要有一定的原子密度，提高原子之间发生碰撞的可能性。最后是足够的能量约束时间，等离子体必须在有限的空间内被约束足够长的时间，以保证聚变产生的能量要能超过加热所使用的能量，从而确保净功率增益。当 Q 大于 1 时意味着核聚变产生的能量大于发生反应消耗的能量，但在国际上公认 Q 值需要达到 30，核聚变发电才具有竞争能力。

图15：劳森判据是指聚变三乘积需大于某特定值



资料来源：激光聚变月报（氘氚燃料可控核聚变的氚增殖）、中国银河证券研究院整理

（二）可控核聚变主要实现方式分为三种

目前可控核聚变的主要实现方式分别是：磁约束、惯性约束和引力约束。磁约束核聚变利用强磁场来约束高温带电粒子，使其沿磁场线运动，并在磁场构建的磁笼中发生聚变反应。惯性约束核聚变则通过高功率激光或粒子束，将含氢同位素的微型燃料球加热并压缩至极高密度，引发微内爆和核聚变反应。而引力约束试图通过物质自身的巨大引力来约束等离子体，类似于太阳的核聚变过程，但这种方法在地球上无法实现。同时，惯性约束难以实现长时间持续的聚变功率输出。因此，磁约束核聚变成为了开发核聚变能的有效途径。在磁约束过程中，洛伦兹力被用来约束等离子体，使其沿磁场方向做回旋运动。在磁约束装置中，处于高温高压环境下的聚变燃料气体中的原子会失去电子，形成离子。这些被剥离的电子变成了自由电子，从而使整个气体转变为由离子和自由电子组成的等离子体。

托卡马克装置主要特点是内部存在螺旋型磁场，将反应物控制在磁场内发生核聚变反应。“托卡马克”磁约束核聚变装置，名字由俄文中环形、真空室、磁、线圈组成，由苏联在 20 世纪 50 年代发明。托卡马克装置通过在环形真空室中构造一个闭合的螺旋磁场来实现对高温等离子体的约束。它主要依靠强大的纵向磁场，结合等离子体电流本身产生的磁场，形成螺旋型磁场，燃料在不断的循环运动中完成核聚变反应。

图16：核聚变三种发展路线

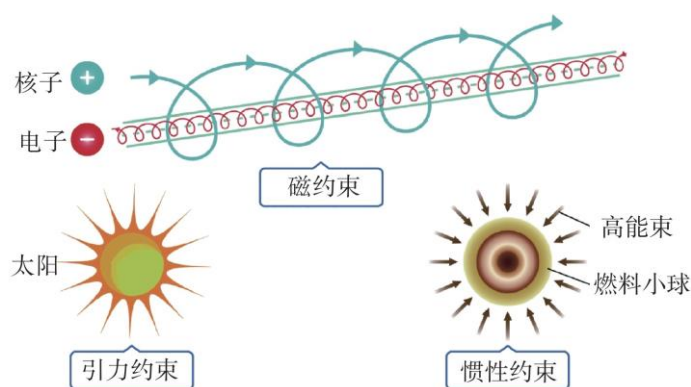
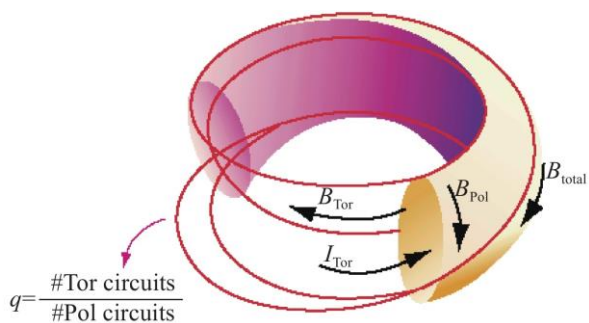


图17：托卡马克磁约束示意图



资料来源：中国知网《超导磁体技术与磁约束聚变》（王腾），中国银河证券研究院

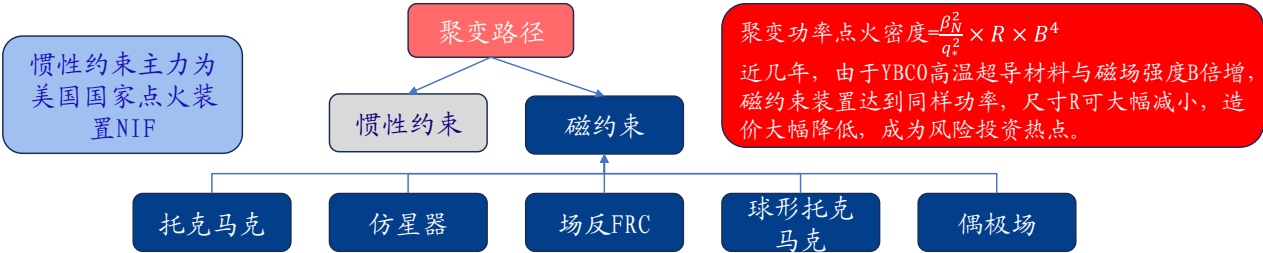
资料来源：中国知网《超导磁体技术与磁约束聚变》（王腾），中国银河证券研究院

表5：约束路径

名称	名称	名称	主要应用
约束路径	引力约束	通过物质自身质量产生巨大引力来实现对等离子体的约束，类似于太阳的核聚变过程	太阳
	磁约束	利用磁场约束带电粒子沿磁力线运动，使等离子体在高温和高压下发生核聚变反应。	箍缩、磁镜、托卡马克和仿星器等
	惯性约束	通过超高功率激光或粒子束将微型燃料球加热并压缩至极高密度，引发核聚变反应。	氢弹爆炸
燃料形式	氘氚聚变、氘硼聚变、氦氦 3 聚变		

资料来源：中科院、中国银河证券研究院整理

图18：核聚变技术路线



	托克马克	仿星器	场反FRC	球形托克马克	偶极场
诞生时间	1950 s	1950s	1960s	1980s	2000s
科研项目	ITER 、 EAST 等	W7 -x 等	STX 等	SUNIST 等	美国 LDX ， 日本 RT -1
商业公司	美国 CFS 融资 \$18 亿；中国 能量奇点融资 ¥ 4 亿	法国 Renaissance Fusion 融资 1500 万欧元	美国 TAE 公司 融资 \$12 亿	英国 TE 融资 \$1.5 亿；中国 星环聚能融资 ¥ 2 亿	中国第四形态 融资中

资料来源：中科院、中国银河证券研究院整理

（三）可控核聚变产业链覆盖产业广泛、技术需求密集

可控核聚变产业链是一个覆盖广泛、技术密集型的产业体系，可分为上游原材料供应、中游设备制造研发，以及下游应用服务三个主要环节。上游主要包括土地设备建设、核材料以及结构材料，其中核材料可分为第一壁材料、高温超导及低温超导材料，第一壁材料直接面对高温等离子体，对材料的耐高温、抗辐射等性能要求极高，目前主要原料为钨和 CFC 碳纤维；高温超导材料（HTS）具有在更高温度下仍保持超导性的能力，材料在较高温度下的性能使其在长期稳定性和磁场生成潜力方面具有前景；低温超导材料（LTS）在极低温度下可以承载极高的电流，生成强大的磁场，目前已有相对成熟的技术，被使用在大型核聚变项目（如 ITER）。产业链中游覆盖真空系统/阀门、包层屏蔽模块、偏滤器、超导磁体、低温/冷却系统等设备的研发制造，超导磁体一般是指由超导导线构成而能够产生强磁场的装置，是可控核聚变中托卡马克装置的关键组成部分，几乎占其成本的一半；偏滤器是磁约束核聚变装置的核心部分之一，直接承受强粒子流和高热流的冲击，服役环境十分苛刻，而满足偏滤器运行环境的热沉材料是聚变堆正常运行的关键之一。下游包括聚变电站运营及其相关设备应用，主要用途是发电，相较于传统的造成有害污染的化石燃料发电厂、无法持续运行的光伏风电厂，核聚变发电厂不仅可以持续稳定发电、并且几乎没有温室气体排放与有害污染释放，目前国内私人商业领域的核聚变项目正加速落地，部分核聚变装置已成功放电。

图19：核聚变产业链包括上游原材料，中游设备，下游应用

上游	中游		下游
土地设备建设 中国核建 中国核电 中核科技 上海电气	真空系统/阀门 上海电气（真空系统 新奥+能量奇点项目） 纽威股份（阀门） 航天晨光（真空杜瓦+ITER） 应流股份（成立安徽聚能新材） 合锻智能	超导磁体 西部超导（ITER、CRAFT） 国机重装（TF线圈盒） 亚瞳科技（合作中核） 东方重机（磁体支撑结构）	聚变电站开发运营 中国广核集团 国家电力投资集团 中国核工业集团（主机安装）
核材料 第一壁材料 章源钨业（钨） 东方钽业（铍+ITER） 中钨高新（钨+五矿旗下） 中国五矿 厦钨新能源（钨） 中国有色（铍+旗下中色东方）	包层屏蔽模块 国光电气（ITER+全球第一家研制出满足ITER 技术标准的“ITER热氢检漏设备”企业） 东方 精工（参股航天新力） 安泰科技（CFETR） 航天新力（ITER） 东方电气（ITER、HL-2M）	低温/冷却系统 利柏特（ITER） 雪人股份（液氢压缩机+ EAST） 高澜股份（EAST） 兰石重装（CFETR） 天沃集团（蒸汽冷凝罐） 中科富海（NFRI 韩）	聚变装置 新奥科技（华龙--50） 能量奇点（北大背景+洪荒-200） 星环聚能（清华背景+SUNIST-2） 聚变新能（国资背景+BEST、CFETR 亚瞳科技
高温超导 上海超导 上创超导 精达股份（上海超导股东+CFS、TE） 联创光电（高温超导感应加热装置） 江苏永鼎（核心供应商）	偏滤器 安泰科技（核心部件+供应EAST、HL-3M） 国光电气（ITER、合肥及成都项目）	电气 弘讯科技（聚变电源器） 保变电气（变压器） 爱科赛博（电源+HL-2M、EAST） 许继电气 中国西电	可控核聚变创新联合体成员企业 中国核工业集团 中国航天科工集团 中国兵器工业集团 国家电网 中国南方电网 中国长江三峡集团 中国一重集团 中国机械工业集团 哈尔滨电气集团 中国东方电气集团 鞍钢集团 中国宝武钢铁集团 中国五矿集团 中国机械科学研究总院集团 中国钢研科技集团 中国建材集团 中国有色矿业集团 中国能源建设集团 中国电气装备集团 西北有色金属研究院 新奥集团
低温超导 西部超导（NbTi 超导线材） 白银有色（电缆） 金杯电工（电磁线） 宝胜股份（ITER） 东方电气（中心柱）	惯性约束 立航科技（参与“神光III”主机装置项目，片状放大器组件的设计制造单位之一） 矩光科技（国家惯性约束可控核聚变项目的半导体激光元器件供应商）		
结构材料 远方装备（CLF-1） 广大特材（CLAM） 久立特材（PF导体+ITER）	其他相关 融发核电（参与了前期ITER项目我国承制部分的个别部件制造工作） 福莱恩特（与成都中核聚变合作，在新型能源应用技术及材料层面进行探索研究） 航天科技（负责ITER部分诊断系统）		

未上市企业

联合体名单内企业

资料来源：中国核建、中国核电、中核科技、上海电气、应流股份、国光电气、合锻智能等上市公司公告，中国银河证券研究院整理

四、发展阶段：商业化预期提前

（一）核聚变目前处于实验堆及示范堆发展阶段

核聚变能源发展阶段有从原理实验到商用堆六个阶段，逐步实现聚变能商业应用。原理实验阶段主要是建造不同类型的磁约束装置，研究约束核聚变反应等离子的技术方案，1970 年，前苏联在托卡马克装置 T-3 上实现能量输出，能量增益因子 Q 为十亿分之一。规模实验阶段为针对性地建造托卡马克装置，提升等离子体参数，只有科学实验层面能量净增益 $Q>1$ 才可以确认聚变点火的可行性，2022 年，美国的国家点火实验装置（NIF）和 LIFE 计划在惯性约束核聚变上实现了人类历史上第一次核聚变净能量增益，Q 值达到了 1.5。第三阶段为燃烧实验阶段，这一阶段的挑战是使用氘氚燃料发生可控的聚变反应，使得聚变功率增益因子 $Q\leq 5$ ，欧洲联合环面（JET）在 1991 年实现了核聚变史上第一次氘-氘运行实验，Q 值达 0.11-0.12；日本于 1997 年宣布在 JT-60 上成功进行氘-氘反应实验，Q 值达 1.00 后达至 1.25。第四阶段实验堆阶段将验证聚变能发电的科学和工程可行性，此阶段要达到聚变功率增益因子 $5<Q\leq 10$ 的条件，反应堆（ITER）在 2002 年完成设计，项目核电站能产生大约 500MW 热能，如果持续运行并接入电网，将转化为 200MW 的电能，够 20 万户家庭使用。示范堆 DEMO 阶段的目的是解决制约商用堆的科学和工程问题，实现聚变功率增益因子 $10<Q\leq 30$ ，其功率需达到 2-3GW，DEMO 是一个全尺寸、全功能、全功率的聚变示范电站，预计在本世纪中叶建造完成，实现聚变能源的商业利用。最后的商用堆阶段将实现聚变能并网发电的目标，需聚变功率增益因子 $Q\geq 30$ ，目前核聚变商业化还有距离，但取得积极进展。

图20：核聚变六大发展阶段

原理实验：建造不同类型的磁约束装置，研究约束核聚变反应等离子的技术方案。

规模实验：针对性的建造托卡马克装置，开展等离子体物理实验，提升等离子体参数。

燃烧实验：使用氘氚燃料发生可观的聚变反应，聚变功率增益因子 $Q \leq 5$ 。

实验堆：验证聚变发电的科学和工程可行性，演示聚变发电，

聚变功率增益因子 $5 < Q \leq 10$ 。

示范堆：解决制约商用堆的科学和工程问题，演示百万千瓦级聚变发电，

聚变功率增益因子 $10 < Q \leq 30$ 。

商用堆：实现聚变并网发电，具有经济性，聚变功率增益因子 $Q > 30$ 。

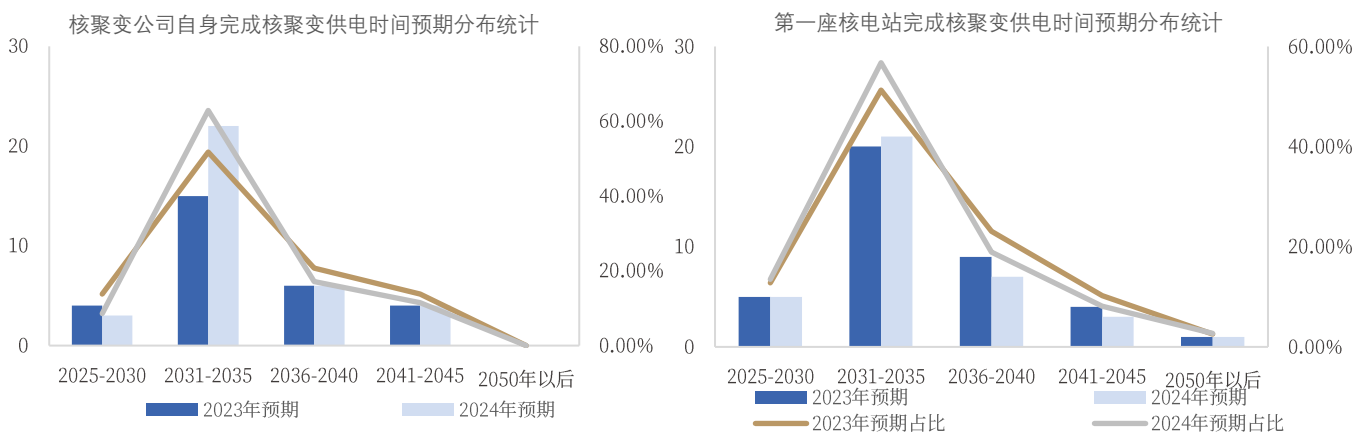


资料来源：中核集团、中国银河证券研究院整理

(二) 全球核聚变产业商业化预期提前

相较于 2023 年，全球核聚变企业对聚变能源实现商业供电预期总体有所提前。2024 年 7 月份，聚变工业协会(FIA)发布《2024 年全球聚变行业报告》，报告显示目前全球至少有 45 家商业化聚变公司，累计融资 71 亿美元，相较于去年增长约 9 亿元，其中 4.26 亿美元来自政府等公共资金，相较去年增长 1.55 亿美元，融资规模、尤其是公共资金规模的扩张表明各国对聚变能源商业化信心和支持力度的增长。据统计，过半受调查核聚变公司认为聚变能源完成商业供电的时间会在 2031-2035 年，其中 22 家企业对自身完成核聚变发电的时间预期在 2031-2035 年之间，占受调查企业总数的 62.86%，比 2023 年增长 11.13%pct，预期 2036 年之后实现的企业占比略微有所下降；关于全球何时实现第一座核电站核聚变供电，56.28%的受访企业的预期期限为 2031-2035 年，占比较去年增长 5.47pct，预期在 2036-2040 年之间实现的企业占比由 23.08%下降至 18.92%，下降 4.16pct，预期在 2041 年之后实现的企业合计占比由 12.82%下降至 10.81%，下降 2pct。总体而言，预期于时间内（2035 年之前）实现核聚变商业化供电的企业占比增加，预期实现时间超过十年的企业数量占比有所下降，预测数据表明聚变企业对核聚变商业化发展预期保持乐观，行业发展稳健推进。

图21：核聚变公司对实现聚变能源商业供电预期变化



资料来源：聚变工业协会(FIA)《2024 年全球聚变行业报告》、中国银河证券研究院整理

五、投资机会分析

上游产业发展阶段、确定性、弹性等角度分析

核聚变产业上游从多维度呈现投资机会，涉及核电资质、超导、耐辐照材料、核心设备供应商及 AI 赋能等领域。从产业发展阶段角度看，聚变堆逐步迈入实验堆、示范堆阶段，从射线装置改为按核设施管理，建议关注核电制造资质壁垒受益方向：1.参与关键项目且具备核电制造资企业；2.参与关键项目涉核设备研发并取得制造许可证企业；3.氚氘涉核环境总装、拆卸、维护、维修等的遥控和操作系统方向。从高价值量角度，降本及高磁场强度要求下的超导领域机会。从确定性角度来说，装置需面临上亿温度，高能中子+氚氘等离子体+氦核对第一壁/偏滤器/加热器材料造成损伤，偏滤器部分后续要做氚增殖，大部分偏滤器做屏蔽，但要做真正氚增殖需要更高耐辐照和冲击的要求，建议关注耐辐照和高温的第一壁相关结构相关企业。从高弹性角度看，绑定核心项目的高弹性标的，ITER、EAST、HL3、BEST 等项目的核心设备供应商格局已初步形成，建议跟踪后续收入弹性较大设备企业后续订单情况。从 AI 赋能角度出发，等离子控制与 AI 技术结合方向，等离子体的控制技术，高温超导磁场及 AI 控制软件等。

六、风险提示

可控核聚变技术及产业化进展不及预期的风险,可控核聚变为新一代核电技术,处于产业发展早期,因技术路线及项目建设的时间存在不确定性;

全球核电安全事件对核电行业发展不利影响的风险,全球历史发生过福岛等核电事故,导致国家政策收紧或延缓行业发展的风险;

报告假设造成的测算偏差的风险,报告部分数据根据合理依据进行假设,测算结果存在误差的风险;

关键公司融资进度不及预期的风险,一级融资市场受到宏观经济政策、市场资金风险偏好等多方面影响,存在不及预期的风险。

图表目录

图 1: BEST 项目主体聚变新能发布 2025 年招标陆续开启	4
图 2: 可控核聚变创新联合体 2024 年度工作会议参会企业单位名单 (左)、聚变产业联盟主要成员 (右)	5
图 3: 等离子装置“赤霄”建成, 为国际上综合参数水平最高	6
图 4: 我国研究团队常压下成功实现镍基材料的高温超导	6
图 5: 2024 年 12 月 31 日, 能量奇点发布装置最新环向磁场与 TF 磁体电流图	8
图 6: 星光玄能 KMAX-U 先进场反磁镜设计图 (左)、中国科学技术大学 KMAX 装置 (右)	8
图 7: Helion Energy 反位形(FRC)直线型装置示意图 (左)、瀚海聚能场反位形直线型装置模型 (右)	9
图 8: 我国核聚变企业融资加速, 多行业资本入局.....	9
图 9: CFS 新核聚变电厂 ARC 落地弗吉尼亚州, SPARC 将作为 ARC 的前期验证装置.....	12
图 10: 美英德韩日等国支持政策聚焦于资金支持、简化审批 (1)	13
图 11: 美英德韩日等国支持政策聚焦于资金支持、简化审批 (2)	14
图 12: 国际主要核聚变企业融资规模较大	15
图 13: 核聚变反应方程式.....	17
图 14: 氘氚核聚变反应	17
图 15: 劳森判据是指聚变三乘积需大于某特定值	17
图 16: 核聚变三种发展路线.....	18
图 17: 托卡马克磁约束示意图.....	18
图 18: 核聚变技术路线.....	19
图 19: 核聚变产业链包括上游原材料, 中游设备, 下游应用.....	20
图 20: 核聚变六大发展阶段	20
图 21: 核聚变公司对实现聚变能源商业供电预期变化.....	21
表 1: 中国政府两大聚变项目领头国内核聚变技术发展	5
表 2: 我国私营核聚变装置实现技术突破	7
表 3: 地方及中央出台相关政策, 积极推动核聚变产业发展	11
表 4: 主要国家政府聚变设施	12
表 5: 约束路径.....	18

分析师承诺及简介

本人承诺以勤勉的执业态度，独立、客观地出具本报告，本报告清晰准确地反映本人的研究观点。本人薪酬的任何部分过去不曾与、现在不与、未来也将不会与本报告的具体推荐或观点直接或间接相关。

鲁佩，机械首席分析师 伦敦政治经济学院经济学硕士，证券从业 10 年，2021 年加入中国银河证券研究院，曾获新财富最佳分析师、IAMAC 最受欢迎卖方分析师、万得金牌分析师、中证报最佳分析师、Choice 最佳分析师、金翼奖等。

贾新龙，机械行业分析师。清华大学核能与新能源技术研究院核科学与技术专业博士，5 年政策性金融新能源项目与高端装备制造项目经验，2022 年加入银河证券研究院，从事机械行业研究。

免责声明

本报告由中国银河证券股份有限公司（以下简称银河证券）向其客户提供。银河证券无需因接收人收到本报告而视其为客户。若您并非银河证券客户中的专业投资者，为保证服务质量、控制投资风险、应首先联系银河证券机构销售部门或客户经理，完成投资者适当性匹配，并充分了解该项服务的性质、特点、使用的注意事项以及若不当使用可能带来的风险或损失。

本报告所载的全部内容只提供给客户做参考之用，并不构成对客户投资咨询建议，并非作为买卖、认购证券或其它金融工具的邀请或保证。客户不应单纯依靠本报告而取代自我独立判断。银河证券认为本报告资料来源是可靠的，所载内容及观点客观公正，但不担保其准确性或完整性。本报告所载内容反映的是银河证券在最初发表本报告日期当日的判断，银河证券可发出其它与本报告所载内容不一致或有不同结论的报告，但银河证券没有义务和责任去及时更新本报告涉及的内容并通知客户。银河证券不对因客户使用本报告而导致的损失负任何责任。

本报告可能附带其它网站的地址或超级链接，对于可能涉及的银河证券网站以外的地址或超级链接，银河证券不对其内容负责。链接网站的内容不构成本报告的任何部分，客户需自行承担浏览这些网站的费用或风险。

银河证券在法律允许的情况下可参与、投资或持有本报告涉及的证券或进行证券交易，或向本报告涉及的公司提供或争取提供包括投资银行业务在内的服务或业务支持。银河证券可能与本报告涉及的公司之间存在业务关系，并无需事先或在获得业务关系后通知客户。

银河证券已具备中国证监会批复的证券投资咨询业务资格。除非另有说明，所有本报告的版权属于银河证券。未经银河证券书面授权许可，任何机构或个人不得以任何形式转发、转载、翻版或传播本报告。特提醒公众投资者慎重使用未经授权刊载或者转发的本公司证券研究报告。

本报告版权归银河证券所有并保留最终解释权。

评级标准

评级标准	评级	说明
评级标准为报告发布日后的 6 到 12 个月行业指数（或公司股价）相对市场表现，其中：A 股市场以沪深 300 指数为基准，新三板市场以三板成指（针对协议转让标的）或三板做市指数（针对做市转让标的）为基准，北交所市场以北证 50 指数为基准，香港市场以恒生指数为基准。	推荐：	相对基准指数涨幅 10% 以上
	中性：	相对基准指数涨幅在 -5%~10% 之间
	回避：	相对基准指数跌幅 5% 以上
行业评级	推荐：	相对基准指数涨幅 20% 以上
	谨慎推荐：	相对基准指数涨幅在 5%~20% 之间
	中性：	相对基准指数涨幅在 -5%~5% 之间
公司评级	回避：	相对基准指数跌幅 5% 以上

联系

中国银河证券股份有限公司 研究院

深圳市福田区金田路 3088 号中洲大厦 20 层

上海浦东新区富城路 99 号震旦大厦 31 层

北京市丰台区西营街 8 号院 1 号楼青海金融大厦

公司网址：www.chinastock.com.cn

机构请致电：

深广地区：程曦 0755-83471683 chengxi_yj@chinastock.com.cn

苏一耘 0755-83479312 suyiyun_yj@chinastock.com.cn

上海地区：陆韵如 021-60387901 luyunru_yj@chinastock.com.cn

李洋洋 021-20252671 liyangyang_yj@chinastock.com.cn

北京地区：田薇 010-80927721 tianwei@chinastock.com.cn

褚颖 010-80927755 chuying_yj@chinastock.com.cn