

## 政策、技术、资本合力推动，聚变能商业化前景可期 ——可控核聚变专题报告

### 核心观点

可控核聚变提供高效清洁能源，技术、成本要求高，商业化发电前景可期。据科技日报，核聚变是一种核反应形式，即轻原子核(例如氘和氚)结合成较重原子核(例如氦)时放出巨大能量的过程。面对能源与环境的三重挑战，兼具高能量密度、安全性和清洁无污染优点的聚变能是化石能源的优质替代项。(1) **技术难点**：据中国科学院合肥物质科学研究院，实现核聚变发电的两大技术难点是如何实现上亿度点火和等离子体稳定长时间约束控制。(2) **投融资规模**：FIA《The global fusion industry in 2023》列举了8家投资规模在2亿美元以上的聚变公司；据Pitchbook报告，2021年全球聚变VC交易金额达30亿美元，截至2023年9月26日，年内已有30项核聚变能源VC交易。(3) **商业化前景**：FIA《The global fusion industry in 2023》调查的40家聚变公司中有65%认为可以在2035年前实现向电网输电。Maximize Market Research统计显示，2023年全球核聚变市场规模为3012.5亿美元，2030年有望达到4965.5亿美元，2024-2030年CAGR约为7.4%。

**政策支持可控核聚变发展，技术突破助力产业化落地。**(1) **政策端**：双碳目标下，中共中央、国务院《关于完整准确全面贯彻新发展理念做好碳达峰碳中和工作的意见》以及国务院《2030年前碳达峰行动方案》要求推进可控核聚变技术研究；加快构建现代能源体系阶段，国家发改委、国家能源局《“十四五”现代能源体系规划》在专栏中指出支持受控核聚变的前期研发。(2) **技术及材料端**：高温超导材料提升聚变能源商业化潜力；据科技日报，2023年我国聚变研究实现多项技术成果，在氚回收、等离子体稳态高约束等方面提升聚变落地可行性。(3) **产业端**：据中核集团，2023年12月29日由其牵头25家央企、科研院所、高校等组成可控核聚变创新联合体，中国聚变能源有限公司(筹)揭牌，国务院国资委明确可控核聚变为未来能源的重要方向；据能量奇点FusionEnergy公众号，2024年3月，洪荒70托卡马克总体安装完工，装置建设工作全部结束。

**聚变项目投资大，有望带动上游材料设备环节。**据Dehong Chen等(2015)对CFETR反应堆成本的评估(以2009年为基准)，200MW功率全超导托卡马克的直接建设成本达21.195亿美元；据中国科学院合肥物质科学研究院等离子体物理研究所官网，CRAFT相关的中标项目金额合计已超4.69亿元。中国科学院合肥物质科学研究院2021年

行业： 中小市值

日期： 2024年03月24日

分析师： 彭毅

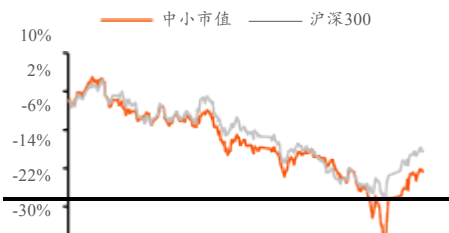
E-mail: pengyi@yongxingsec.com

SAC编号: S1760523090003

联系人： 张恬

E-mail: zhangtian@yongxingsec.com

### 近一年行业与沪深300比较



03/23 05/23 08/23 10/23 12/23 03/24

资料来源：Wind，甬兴证券研究所

### 相关报告：

《可控核聚变装置建设稳步推进，低空经济、商业航天产业持续发展》

以来的中标项目中，高价标的主要围绕超导带材、偏滤器和线圈制造。

## ■ 投资建议

可控核聚变作为高效清洁能源，国务院国资委明确其为未来能源的重要方向。我们认为，双碳政策与技术突破共振，中外聚变公司加大投资，有望打开上中游广阔市场空间。结合对聚变产业链的梳理，建议关注：（1）超导带材供应商，如联创光电、西部超导、永鼎股份、精达股份（投资上海超导）等；（2）零部件供应商，如安泰科技、上海电气等；（3）上游原料供应商，如厦门钨业、广大特材等。

## ■ 风险提示

可控核聚变发电的经济性有待提高；聚变技术研发进度不达预期；清洁能源方案迭代的技术风险。

## 正文目录

1. 政策支持可控核聚变发展，技术突破助力产业化落地	4
1.1. 政策定调其为战略新兴产业，是双碳政策重要一环	4
1.2. 新技术、新材料创新应用，提高可控核聚变技术可行性	6
2. 可控核聚变从 0 到 1，提供高效清洁能源	7
2.1. 磁约束是聚变能开发的有效途径，其中托卡马克发展较快	7
2.2. 聚变能兼具高能量密度、安全性和清洁无污染优势	9
2.3. 我国聚变研究几乎与国际同步，可控核聚变创新联合体成立	11
2.4. 全球聚变项目建设投入不辍，中外聚变公司技术路线明确	12
3. 可控核聚变项目投资大，有望带动上游材料设备环节	17
3.1. 核聚变系统复杂性高，聚变堆建设或将拉动材料设备采购	17
3.2. 关键部件国产化发力，高温超导带材增强聚变商业化潜力	20
3.3. 可控核聚变相关上市公司梳理	25
4. 投资建议	26
5. 风险提示	27

## 图目录

图 1: 全球聚变 VC 交易金额与数量	5
图 2: 欧洲及全球聚变市场规模现状和预测	5
图 3: DeepMind 与 EPFL 借助神经网络影响等离子体	7
图 4: ITER 第一壁“三明治”结构体	7
图 5: D-T 聚变反应图示	7
图 6: 获得核聚变反应的三大关键参数	7
图 7: 核聚变能与传统能源的储量对比	9
图 8: 不同发电方式单位碳排放量和生命周期各环节占比	9
图 9: 投资规模在 2 亿美元以上的聚变公司	10
图 10: 40 家聚变公司对于实现聚变发电时间的预测	10
图 11: 我国核聚变研发技术成果梳理	12
图 12: ITER 装置主要组成部分	12
图 13: ITER 托卡马克主机 TAC-1 安装标段工程区域	13
图 14: EAST 装置	14
图 15: CFETR 效果图	14
图 16: 洪荒 70 中心螺线管 (CS) 落位	15
图 17: 星环聚能技术方案	15
图 18: TAE 第五代核聚变研究反应堆 Norman 的外观渲染图	16
图 19: 可控核聚变产业链	17

图 20: 上海超导 4mm 镀铜高温超导带材,  $I_c(20K, 20T)$  108A 应用案例.21  
图 21: 上海超导 10mm 镀铜高温超导带材,  $I_c(77K, s.f.)$  320A 应用案例 21  
图 22: ITER 校正场线圈 (CC) 工序介绍 ..... 23

表目录

表 1: 核聚变行业标准及产业政策 ..... 4  
表 2: 国内外政府对聚变技术及聚变电厂建设的投资 ..... 5  
表 3: 2022-2023 年国内外聚变研究技术成果 ..... 6  
表 4: 聚变反应装置设计举例 ..... 8  
表 5: 核聚变能相较于核裂变能的优势 ..... 9  
表 6: 上世纪国内外托卡马克装置发展历程 ..... 11  
表 7: 中科院 (合肥) 等离子体所 CRAFT 部分采招中标项目 ..... 17  
表 8: 2021 年以来中科院 (合肥物质科学研究院) 部分采招中标项目... 18

---

表 9: CFETR 反应堆成本评估 (以 2009 年为基准)	19
表 10: 低温超导材料及高温超导材料对比	20
表 11: 上海超导为客户提供聚变磁体高温超导带材	21
表 12: ITER 线圈构成	22
表 13: 包层系统介绍	24
表 14: 核聚变相关标的	25

# 1. 政策支持可控核聚变发展，技术突破助力产业化落地

## 1.1. 政策定调其为战略新兴产业，是双碳政策重要一环

支持政策暖风频吹，可控核聚变发展提速。双碳目标下，中共中央、国务院《关于完整准确全面贯彻新发展理念做好碳达峰碳中和工作的意见》以及国务院《2030年前碳达峰行动方案》要求推进可控核聚变技术研究；加快构建现代能源体系时期，国家发改委、国家能源局《“十四五”现代能源体系规划》在专栏中指出支持受控核聚变的前期研发。美、日、英政府近年也出台了国家层面的可控核聚变产业政策，以促进技术研发和投入。

表1:核聚变行业标准及产业政策

分类	时间	部门	文件/政策名称	相关内容/评价
国内政策	2021/09/22	中共中央、国务院	《关于完整准确全面贯彻新发展理念做好碳达峰碳中和工作的意见》	推进高效率太阳能电池、可再生能源制氢、可控核聚变、零碳工业流程再造等低碳前沿技术攻关。
	2021/10/24	国务院	《2030年前碳达峰行动方案》	积极研发先进核电技术，加强可控核聚变等前沿颠覆性技术研究。积极参与国际热核聚变实验堆计划等国际大科学工程。
	2022/01/29	国家发改委、国家能源局	《“十四五”现代能源体系规划》	支持受控核聚变的前期研发，积极开展国际合作。
	2022/07/08	上海市人民政府	《上海市碳达峰实施方案》	加快布局一批前瞻性、战略性的前沿科技项目，聚焦深远海风电、储能和新型电力系统、可控核聚变发电等低碳零碳负碳重点领域，深化应用基础研究。
	2022/10/26	上海市科学技术委员会等	《上海市科技支撑碳达峰碳中和实施方案》	研究基于钍基熔盐堆、可控核聚变、小型化核聚变、中子能技术等先进核能原理与关键技术。
国际标准	2023/03/06	核工业西南物理研究院	《反应堆技术-核聚变反应堆-核聚变堆高温承压部件的热氦检漏方法》	是我国首项核聚变领域的国际标准，也是 ISO 发布的首项核聚变领域国际标准。
美国政策	2022/03	美国能源部(DOE)	《Developing a Bold Vision for Commercial Fusion Energy》	计划建设首个紧凑型聚变试验电站，建立国家研究机构与私人商业公司合作新模式。
	2022/11	美国白宫	《U.S. Innovation to Meet 2050 Climate Goals》	将“大规模聚变能”列为启动清洁能源技术创新的五个优先事项之一。
英国政策	2023/10	英国能源安全和净零部(DESNZ)	《Towards Fusion Energy 2023》	加强对聚变研发和工程公司的支持，并专门提供资金以提高工程和科学技能。
日本政策	2023/04	日本内阁府	核聚变能源产业化国家战略	阐述了核聚变能源作为提高能源安全、应对气候危机的重要性；强调了加速并结合公共和私人努力实现商业化的必要性。

资料来源：中国政府网，新华社，国家发改委，上海市科学技术委员会，科学技术部，美国白宫，《环球》，英国能源安全和净零部，FIA，甬兴证券研究所

国内外相继加码，中美欧等加大投入。多国政府发布核聚变发展战略的同时，宣布对聚变技术及聚变电厂建设的投资，加速聚变电厂落地。根据 Pichbook 报告，2021 年是全球聚变 VC 交易金额的一个高点，达 30 亿美元

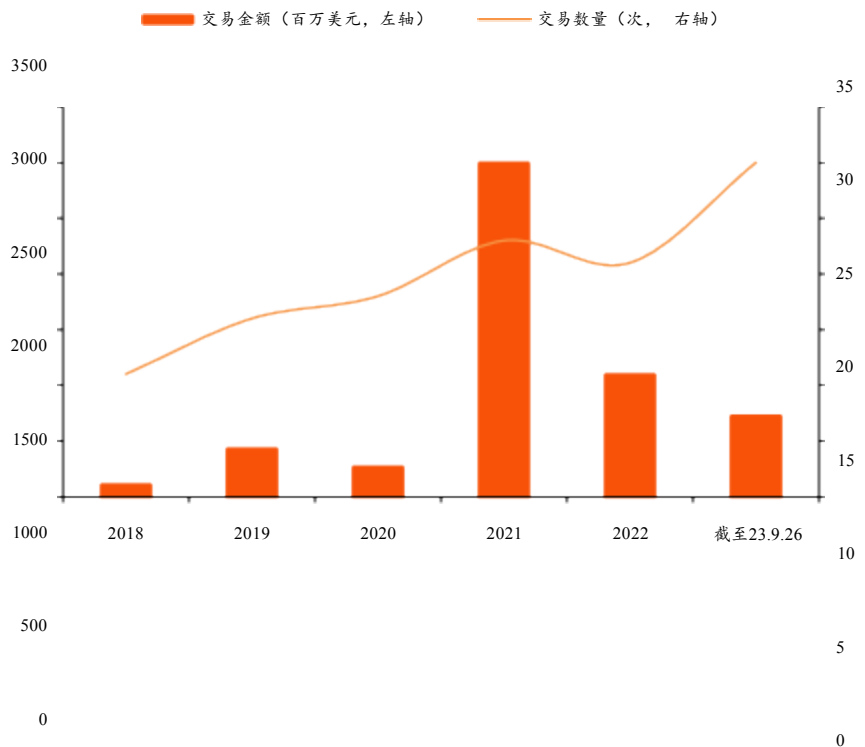
请务必阅读报告正文后各项声明

元。截至 2023 年 9 月 26 日，年内已有 30 项核聚变能源 VC 交易。Maximize Market Research 统计显示，2023 年全球核聚变市场规模为 3012.5 亿美元，2030 年有望达到 4965.5 亿美元，2024-2030 年 CAGR 约为 7.4%。

**表2:国内外政府对聚变技术及聚变电厂建设的投资**

国家	时间	投资情况
中国	2020/11	合肥市发展改革委申报, EAST 性能提升项目总投资 18810 万元, 省、合肥市支持 9405 万元, 项目单位自筹 9405 万元。
英国	2019/10	英国政府承诺在 4 年内为球形托卡马克概念设计投资 2.7 亿美元, 目标是在 2040 年前建造一座聚变电站。
加拿大	2018/10	加拿大政府表示向加拿大通用聚变公司投资 3750 万美元, 用于建造一个核聚变原型发电厂。
美国	2019/02	美国能源部能源高级研究计划局 (ARPA-E) 向美国 CTFusion 公司拨款 300 万美元。CTFusion 公司采用称为“球马克”的紧凑环形线圈结构, 来获得氘氘聚变能, 目标是在 2030 年左右提供商业上可行的、可并网发电的电厂设计。
	2022/03	为了配合美国政府加速聚变能源发展的十年愿景, 美国能源部 (DOE) 为聚变能源科学实验研究资助 5000 万美元, 以支持美国科学家在国内外托卡马克和球形托卡马克设施进行研究。
	2023/05	美国能源部 (DOE) 宣布向 8 家公司提供 4600 万美元的资金, 以推进聚变电厂的设计和研发。
	2023/08	美国能源部 (DOE) 科学办公室 (SC) 宣布, 为 12 个项目提供 1.12 亿美元的资金, 通过该计划资助的项目将使用计算资源来模拟等离子体, 研究湍流, 并使用人工智能来预测和解决能量损失等问题。
德国	2023/09	德国联邦教育及研究部 (BMBF) 宣布, 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。加强了对等离子体物理研究所 (IPP)、卡尔斯鲁厄理工学院 (KIT) 和于利希研究中心 (FZJ) 等机构聚变研究计划的资助。

资料来源: 安徽省发展和改革委员会, 中国政府网, 中核战略规划研究总院, 美国世界核新闻网, 雅虎新闻网, 《福布斯》杂志, 世界核新闻网站, 美国能源部网站, 甬兴证券研究所

**图1:全球聚变 VC 交易金额与数量**




资料来源：《Emerging Space Brief: Fusion Energy》(Pitchbook, 2023)，甬兴证券研究所

图2:欧洲及全球聚变市场规模现状和预测



资料来源：Maximize Market Research，甬兴证券研究所

## 1.2. 新技术、新材料创新应用，提高可控核聚变技术可行性

国内聚变研究成果频频，国际技术进展围绕能效提升。据科技日报，2023 年我国聚变研究实现多项技术成果，在氚回收、等离子体稳态高约束等方面提升聚变落地可行性。国际原子能机构（IAEA）2023 年 12 月发布的《World Fusion Outlook 2023》报告显示，年内全球可控核聚变行业实现了三项重要进展，分别由中、德、美贡献：我国 EAST 创造 403 秒稳态高约束等离子体运行时长的新纪录，德国 Wendelstein 7-X 实现破纪录的高能量周转，美国 NIF 核聚变点火实验再获净能量增益。

表3:2022-2023 年国内外聚变研究技术成果

国家	技术成果
2023 年 国内技术成果	4 月，全超导托卡马克核聚变实验装置（EAST）获得了 1.2 亿度、403 秒稳态高约束等离子体，创造了该参数下运行时间新的纪录。
	8 月，中国环流三号（HL-3）首次实现 100 万安培等离子体电流下的高约束模式运行。
	8 月，开展了首个包含内外燃料循环的完整氚工厂系统和氚安全包容系统的详细概念设计，完成了国内首次克量级氚循环工艺验证试验，氚回收效率达到 99.7%。
	11 月，我国已完成最后一批 ITER 磁体支撑产品制造交付，按时兑现国际承诺。
2023 年 全球三项 重要进展	中国 全超导托卡马克核聚变实验装置（EAST）的托卡马克操作模式，可以在改善等离子体约束的同时避免杂质积累。
	德国 德国 Wendelstein 7-X 仿星器聚变装置实现破纪录的高能量周转。
	美国 7 月，美国劳伦斯·利弗莫尔国家实验室（NIF）再次完成核聚变点火实验，实现比去年更大的净能量增益。
其他国际 技术成果	英国 2022 年 4 月，英国 First Light fusion 公司表示，弹丸聚变（Projectile fusion）技术近日首次成功实现核聚变，英国原子能管理局（UKAEA）独立验证了这一成果。
	日本 2022 年 7 月，日本京都聚变工程公司（Kyoto Fusioneering）表示，已完成聚变电厂设备综合测试设施（UNITY）的初步设计，将于 2022 年 8 月启动建设，并计划于 2024 年示范使用聚变相关技术发电。
	2023 年 10 月，日本核聚变发电项目已在 JT-60SA 研究设施中产生了第一批等离子体。该研究将进入下一阶段，即建造和测试实验聚变反应堆。
	俄罗斯 2023 年 4 月，T-15MD 托卡马克装置首次实现稳定等离子体。
	德国 2023 年 2 月，德国马克斯普朗克等离子体物理研究所（IPP）的 Wendelstein 7-X 仿星器聚变装置第一次能够实现 1.3 吉焦耳的能量周转——比转换前达到的最佳值(75 兆焦耳)高 17 倍。

资料来源：科技日报，IAEA，中核战略规划研究总院，First light fusion 公司网站，日本京都聚变工程公司网站，中国核电网，国际核工程，欧盟委员会网站，中国核技术网，MAXPLANCK INSTITUTE，甬兴证券研究所

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：<https://d.book118.com/918136013042006051>