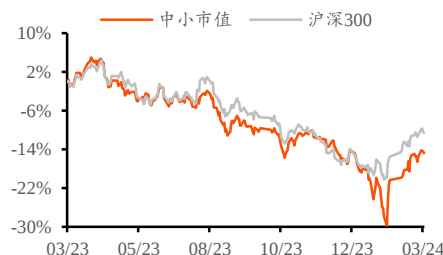




行业： 中小市值
日期： 2024年03月24日
分析师： 彭毅
E-mail： pengyi@yongxingsec.com
SAC 编号： S1760523090003
联系人： 张恬
E-mail： zhangtian@yongxingsec.com
SAC 编号： S1760122120008

近一年行业与沪深 300 比较



资料来源： ， 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》
——2024 年 03 月 04 日

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。面对能源与环境的双重挑战，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。

并购家 免费行业报告网

IPOIPO.CN 每日更新 不用注册会员 无广告 永久免费

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, Ic(20K, 20T) 108A 应用案例	21
图 21: 上海超导 10mm 镀铜高温超导带材, Ic(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

请务必阅读报告正文后各项声明

2

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氢检漏方法》	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

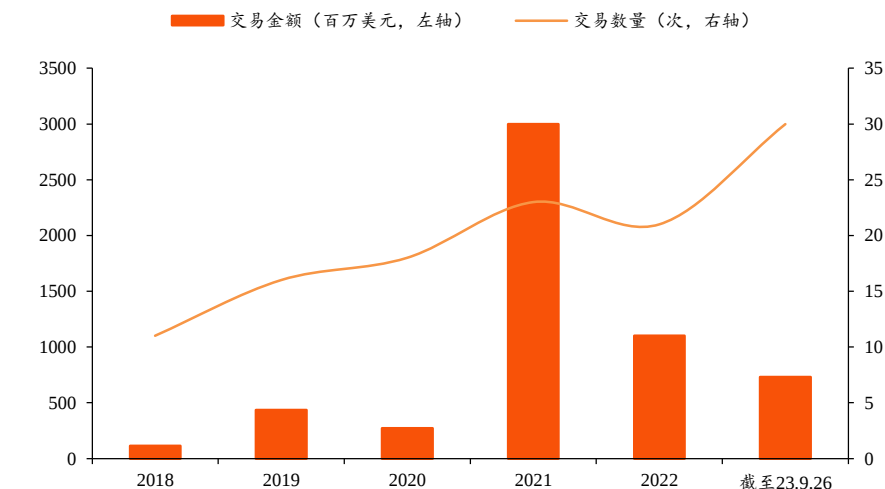
国内外相继加码，中美欧等加大投入。多国政府发布核聚变发展战略的同时，宣布对聚变技术及聚变电厂建设的投资，加速聚变电厂落地。根据 Pichbook 报告，2021 年是全球聚变 VC 交易金额的一个高点，达 30 亿美元。截至 2023 年 9 月 26 日，年内已有 30 项核聚变能源 VC 交易。Maximize Market Research 统计显示，2023 年全球核聚变市场规模为 3012.5 亿美元，2030 年有望达到 4965.5 亿美元，2024-2030 年 CAGR 约为 7.4%。

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, 来获得氦氦聚变能, 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

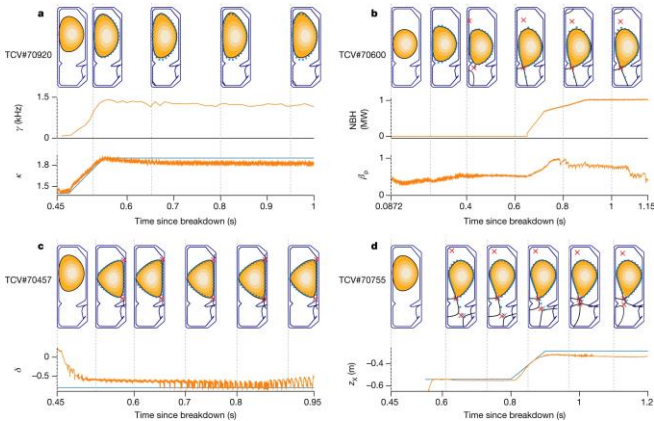
国家		技术成果
2023 年 国内技术成果		4 月，全超导托卡马克核聚变实验装置（EAST）获得了 1.2 亿度、403 秒稳态高约束等离子体，创造了该参数下运行时间新的纪录。
		8 月，中国环流三号（HL-3）首次实现 100 万安培等离子体电流下的高约束模式运行。
		8 月，开展了首个包含内外燃料循环的完整氚工厂系统和氚安全包容系统的详细概念设计，完成了国内首次克量级氚循环工艺验证试验，氚回收效率达到 99.7%。
		11 月，我国已完成最后一批 ITER 磁体支撑产品制造交付，按时兑现国际承诺。
2023 年 全球三项 重要进展	中国	全超导托卡马克核聚变实验装置（EAST）的托卡马克操作模式，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 Fusion Engineering）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，MAX PLANCK INSTITUTE，甬兴证券研究所

AI 提高超高温等离子体的可控性。据中国科学报，2022 年 2 月，英国 DeepMind 公司与瑞士洛桑联邦理工学院（EPFL）科学家合作，创建单一神经网络同时控制所有线圈，作用于 EPFL 托卡马克配置变量（TCV）聚变反应堆中的磁场，从而提高对聚变反应堆内超高温等离子体的控制。

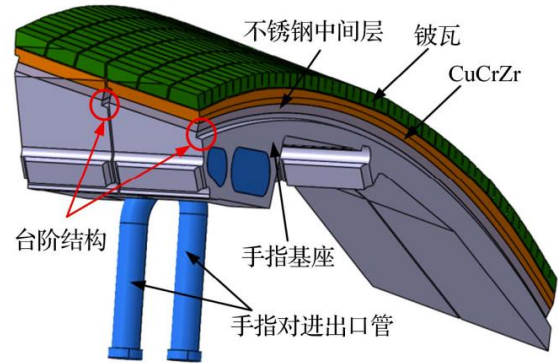
高温超导材料提升聚变能源商业化潜力。据联创光电，2023 年 9 月联创超导突破了基于核聚变应用场景的集束线缆的百米级的研发与制造。高温超导材料通过降低托卡马克装置的建造体积和造价，极大降低装置的使用维护成本，为加快可控核聚变的商业化使用提供稳定且更强有力的支撑。

图3:DeepMind 与 EPFL 借助神经网络影响等离子体



资料来源:《Magnetic control of tokamak plasmas through deep reinforcement learning》(Jonas Degraeve 等, 2022), 甬兴证券研究所

图4:ITER 第一壁“三明治”结构体



资料来源:《管道连接装配型 ITER 增强热负荷第一壁的初步设计》(吴晶等, 2020), 甬兴证券研究所

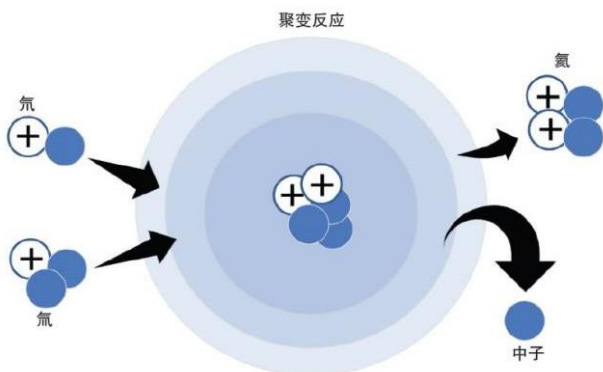
材料与结构双重突破, ITER 第一壁由我国首件制造。根据核工业西南物理研究院,增强热负荷第一壁直接面对芯部一亿度高温等离子体,是 ITER 最关键的堆芯部件。中国全面突破“ITER 增强热负荷第一壁”关键技术,通过一种“三明治”结构体——钨+铜+不锈钢,建造起 ITER 的“防火墙”,于 2022 年 11 月完成首件制造。

2. 可控核聚变从 0 到 1, 提供高效清洁能源

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

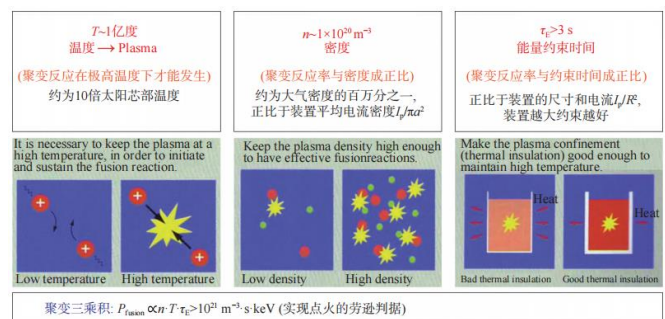
三大关键参数, 构成聚变点火必要条件。根据科技日报,核聚变是轻原子核(例如氘和氚)结合成较重原子核(例如氦)时放出巨大能量的过程。在不加约束的情况下,核聚变往往剧烈而不可控。英国物理学家劳森在上世纪 50 年代提出“劳森判据”,目前可以将劳森判据直观转换为对温度、密度、约束时间这三个参数乘积大小的判断。

图5:D-T 聚变反应图示



资料来源: IAEA, 甬兴证券研究所

图6:获得核聚变反应的三大关键参数

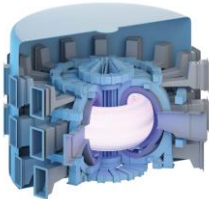
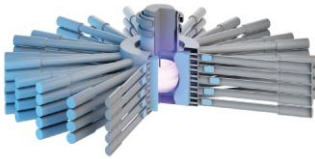


资料来源:《超导磁体技术与磁约束核聚变》(王腾, 2022), 甬兴证券研究所

可控聚变约束的实现途径包括引力约束、惯性约束和磁约束，磁约束是实现聚变能开发的有效途径。引力约束主要是靠强大的万有引力来提供对聚变燃料的约束力，无法在地球上实现；惯性约束则以多束极高精度的激光产生瞬间的高温 and 高压，使聚变燃料的密度在短时间达到极限值引发聚变，但难以实现持续的聚变功率输出。据科普中国，我国的神光计划，美国的国家点火计划采用了惯性约束。磁约束利用磁场对运动原子核产生的洛伦兹力，对聚变燃料在极高温下完全电离形成的等离子体进行约束，是实现聚变能开发的有效途径¹。

磁约束聚变项目中托卡马克发展较快。磁约束聚变装置主要有托卡马克、仿星器、磁镜三种类型，其中托卡马克最易接近聚变条件而且发展最快²。托卡马克是一种环形强磁场装置，特殊构造的环向强磁场和极向磁场位形可以使等离子体得到稳定的约束，并沿环向产生等离子体电流以及不同形状的等离子体，以满足约束、稳定性、粒子流控制等方面的要求³。

表4:聚变反应装置设计举例

名称	图示	约束方式	特征	应用举例
托卡马克		磁约束	由液氦冷却的超导磁线圈将等离子体约束在环形容器中。	ITER
小型托卡马克		磁约束	采用高温超导体制成的磁体产生更强的磁场，且更容易冷却，从而可以建造更紧凑的球形托卡马克。	Tokamak Energy, Commonwealth Fusion Systems
磁化靶		磁约束和惯性约束原理结合	以大电流磁驱动固体套筒内爆压缩方式实现聚变点火。	General Fusion
仿星器		磁约束	采用一个复杂的磁场扭曲环约束等离子体。	Wendelstein 7-X

资料来源：《The race to fusion energy》(Philip Ball, 2021)，《我国磁约束聚变研究进展和展望》(万宝年, 2008)，《Emerging Space Brief: Fusion Energy》(Pitchbook, 2023)，《磁化靶聚变等离子体电磁内爆压缩模拟研究》(赵小明, 2020)，Pitchbook, 甬兴证券研究所

¹ 资料来源：《超导磁体技术与磁约束核聚变》(王腾, 2022)

² 资料来源：《可控核聚变科学技术前沿问题和进展》(高翔等, 2018)

³ 资料来源：《我国磁约束聚变研究进展和展望》(万宝年, 2008)

2.2. 聚变能兼具高能量密度、安全性和清洁无污染优势

核能的释放通常依托核聚变和核裂变两种方式进行。根据科技日报，核裂变是将较重的原子核分裂为较轻的原子核并释放能量。核聚变是将较轻的原子核聚合反应而生成较重的原子核。这个过程伴随着质量损失，由爱因斯坦质能方程 $E=mc^2$ ，损失的这部分质量会转换成巨大的能量。

表5:核聚变能相较于核裂变能的优势

分类	能量密度	清洁安全	原料可持续
裂变能 Fission	1g 铀 235（核裂变燃料）产生的核裂变能量相当于 1.8t 汽油	核裂变燃料属于重金属元素序列，其原料和废料伴随强放射性，半衰期数以万年计；越反应越快造成安全事故	常见的核裂变反应原料铀 235 储量十分稀少
聚变能 Fusion	1g 氘-氚（核聚变燃料）产生的核聚变能量相当于 8t 汽油	核聚变燃料属于轻元素序列，其原料和产物很少具有放射性，即使放射性元素氚其半衰期约 12.43 年；一旦失控能短时间自行停止	1 公升海水提取的氘的聚变能量相当于 340L 汽油，海洋氘储备量丰富

资料来源：《超导磁体技术与磁约束核聚变》（王腾，2022），《大国重器——激光惯性约束聚变》（王巧巧，2019），甬兴证券研究所

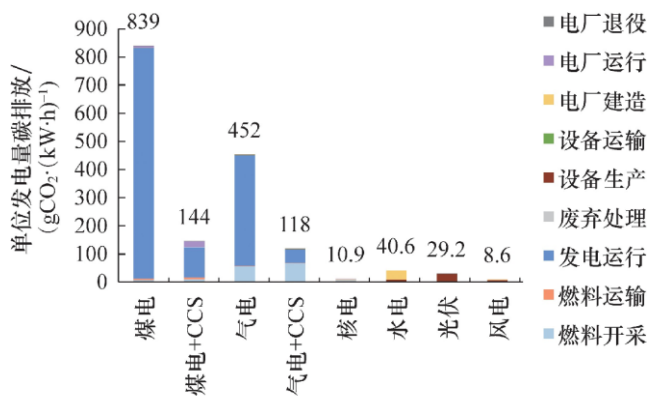
与核裂变相比，核聚变具有两方面固有安全性。首先，实现聚变反应的条件十分苛刻，需要足够高的等离子体温度、密度，并维持一定的反应时间，因而聚变反应的前提是大量精密的电、磁、压力、温度准备，一旦不满足某条件聚变反应即停止，造成托卡马克型聚变堆的等离子体熄灭；其次，聚变堆运行过程中，聚变燃料以等离子体形态在真空室内进行反应，聚变燃烧的产物实时从真空室中导出，真空室内不像裂变堆时刻存在着大量的核燃料，而堆结构材料内的短寿命活化产物的衰变热非常低，安全性更高⁴。

图7:核聚变能与传统能源的储量对比

全世界能源资源的估计总量。仅为示意性估计，取决于能源价格，并且由于勘探不彻底而存在不确定性。		
	单位：吉焦 (1吉焦=10亿焦耳)	除以当今世界每年总能源消耗量 (即可供世界使用的年数)
当前世界每年的一次能源总消耗量	6×10^{11}	1年
能源		
煤炭	3×10^{14}	500年
石油	2×10^{13}	30年
天然气	2×10^{13}	30年
裂变反应堆中的铀235	10^{13}	20年
增殖反应堆中的铀238和钍232	10^{16}	2万年
D-T聚变反应堆中的锂		
陆地储量	10^{16}	1万年
海洋储量	10^{19}	1000万年

资料来源：《Tokamaks》（John Wesson，2011），甬兴证券研究所

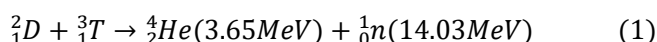
图8: 不同发电方式单位碳排放量和生命周期各环节占比



资料来源：《中国核电和其他电力技术环境影响综合评价》（王彦哲等，2021），甬兴证券研究所

⁴ 资料来源：《聚变堆的核安全分析》（刘伟等，2020）

面对能源与环境的双重挑战，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。据国家能源局，氘-氚聚变所需的反应原料中，氘储量丰富——1 公升海水里提取出的氘，在完全的聚变反应中可释放相当于燃烧 300 公升汽油的能量；氚可通过中子与锂反应生成，锂在地壳和海水中广泛存在。可控核聚变的产物为氦和中子，不排放有害气体，也几乎没有放射性污染，具有环境友好的优点。根据《Tokamaks》和《中国核电和其他电力技术环境影响综合评价》，核聚变能储量更大、排碳更少，是传统化石能源的优质替代项。



核聚变的关键原料氘储量极少且价格高昂，聚变堆需要有氘增殖剂实现氘的自持。氘-氚聚变反应见式（1），为有效获取氘进行核聚变反应，一般选用含 Li 材料作为聚变堆有氘增殖剂，通过 D-T 反应后的中子与 ${}^6_3\text{Li}$ 发生核反应得到氘，反应见式（2）。增殖剂材料包括锂的液态金属和固态锂 ${}^6_3\text{Li}$ 陶瓷两种。液态增殖剂存在腐蚀性强、磁流体效应，且存在泄漏风险，故不常使用；固态增殖剂常用含有一定丰度的锂陶瓷，如中国氦冷固态包层（HCSB）选用 Li_4SiO_4 小球为增殖剂材料。制备氘并使之自持是目前聚变工程堆尚待验证的核心关键技术⁵。

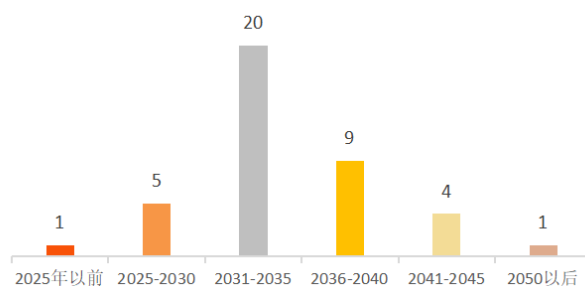
技术和成本门槛高，核聚变商业化前景可期。据中国科学院合肥物质科学研究院，实现核聚变发电的两大技术难点是如何实现上亿度点火和等离子体稳定长时间约束控制，需要将上亿度等离子体与零下 269 度超导磁体、高热负荷等离子体与壁材料相互作用、动态精密控制等多项极端条件同时高度集成和有机结合。FIA《The global fusion industry in 2023》列举了 8 家投资规模在 2 亿美元以上的聚变公司。对于实现聚变发电时间的预测，FIA 调查的 40 家聚变公司中有 65%认为可以在 2035 年前实现向电网输电。

图9:投资规模在 2 亿美元以上的聚变公司

公司名	已宣布的投资额
Commonwealth Fusion Systems	\$2,000,000,000+
TAE Technologies	\$1,200,000,000+
SHINETechnologies	\$700,000,000
Helion Energy	\$577,000,000
新奥科技	\$400,000,000
General Fusion	\$300,000,000+
Tokamak Energy	\$250,000,000
Zap Energy	\$208,000,000

资料来源：《The global fusion industry in 2023》（FIA，2023），甬兴证券研究所

图10:40 家聚变公司对于实现聚变发电时间的预测



资料来源：《The global fusion industry in 2023》（FIA，2023），甬兴证券研究所

⁵ 资料来源：《核聚变堆用氘增殖剂材料及其制备技术的研究进展与发展趋势》（王昊等，2020）

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

常规托卡马克装置验证聚变能商业化可能性。上世纪 50 年代,第一个托卡马克装置在原苏联库尔恰托夫原子能研究所建成。70 年代初,在苏联 T-3 托卡马克上获得超过 1000 万度的等离子体,国际上很快形成了较大规模,以托卡马克为主流的磁约束研究方向。90 年代,欧盟的 JET、美国的 TFTR 和日本的 JT-60 这 3 个大型托卡马克装置在磁约束核聚变研究中获得许多重要成果⁶。

表6:上世纪国内外托卡马克装置发展历程

国家/地区	时间	聚变研究成果
苏联	1954 年	第一个托卡马克装置在原苏联库尔恰托夫原子能研究所建成。
苏联	1970s 初	苏联 T-3 托卡马克上获得超过 1000 万度的等离子体。
德国	1982 年	德国 ASDEX 装置上首次发现高约束放电模式。
欧共体	1984 年	欧洲联合环 (JET) 等离子体电流达到 3.7 MA, 并能够维持数秒。
美国	1986 年	美国普林斯顿的 TFTR 利用 16 MW 大功率氦中性束注入,获得了中心离子温度 2 亿度的等离子体,同时产生了 10 kW 的聚变功率。
欧盟	1991 年	欧洲联合环 (JET) 在运行中首次实现氘氘聚变反应。
美国	1994 年	TFTR 托卡马克装置在实验中产生了 10.7 兆瓦的有效聚变功率。
欧盟	1997 年	欧洲联合环 (JET) 在实验中产生了 16 兆瓦聚变功率,能量增益因子 Q 值<1。
日本	1997 年	JT-60 利用氘-氘放电实验,折算到氘-氘反应,能量增益因子 Q 值超过了 1.25。

资料来源:《我国超导托卡马克的现状 & 发展》(李建刚, 2007),《托卡马克研究的现状 & 发展》(李建刚, 2016), ITER 官网, 甬兴证券研究所

超导托卡马克装置是可控热核聚变能研究的重大突破。常规托卡马克装置的输出成果只能持续数秒,无法满足商业电站的应用要求,而苏联在 70 年代建造的 T-7 托卡马克是世界上第一个超导托卡马克装置,在工程上验证了纵场磁体能够在这类磁容器上实现连续稳态运行⁶。

我国的可控核聚变研究几乎与国际同步。据人民日报,1956 年正值我国制定“十二年科技规划”之际,钱三强、李正武等科学家倡议在我国开展“可控热核反应”研究,以探索核聚变能的和平利用。1965 年,我国成立聚变能开发专业研究基地,并于 1984 年建成我国核聚变领域第一座大科学装置——中国环流器一号 (HL-1) 托卡马克装置。自 2008 年我国科学技术部成立国际热核聚变实验堆 (ITER) 核聚变中心以来,我国陆续承担了 18 个采购包的制造任务,共有上百家科研院所、企业直接参与。

国内核聚变研发成果频出,可控核聚变创新联合体成立。据《中国能源报》2023 年 11 月报道,中国国际核聚变能源计划执行中心专家表示,2008 年以来,我国国家磁约束核聚变能发展研究专项共部署 220 个项目,总计安排经费约 60 亿元。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,第一批未来能源关键技术攻关任务发布,国务院国资委明确可控核聚变为未来能源的重要方向。

⁶ 资料来源:《我国超导托卡马克的现状 & 发展》(李建刚, 2007)

图11:我国核聚变研发技术成果梳理

1984	中国环流器一号（HL-1）建成
1995	中国第一个超导托卡马克装置（HT-7）建成
2002	中国第一个具有偏滤器位形的托卡马克装置中国环流器二号A（HL-2A）建成
2006	世界上第一个全超导托卡马克装置东方超环（EAST）首次等离子体放电成功
2006	国际热核聚变实验堆（ITER）计划签署，中国承担了约9%采购包研发任务
2016.08	中方第一壁（First Wall）半原型件通过了高热负荷测试，符合ITER组织认证要求
2020.12	中国环流器二号M装置（HL-2M）建成并实现首次放电，标志着中国自主掌握了大型先进托卡马克装置的设计、建造、运行技术
2021.12	EAST装置实现1056秒的长脉冲等离子体运行，在长脉冲高参数运行方面取得新突破
2022.10	中国环流三号装置（HL-3）等离子体电流突破115万安培，标志着我国核聚变研发向聚变“点火”迈进重要一步
2023.04	EAST装置获得403秒稳态高约束等离子体，创造该参数下运行时间新的纪录
2023.08	HL-3首次实现100万安培等离子体电流高约束模运行，再次刷新中国磁约束聚变装置运行纪录

现中科院等离子体物理研究所“大科学工程”包括：
HT-7、EAST、ITER、CRAFT、CFETR

资料来源：国家能源局，人民日报海外版，ITER CHINA，中国能源报，中国科学院合肥物质科学研究院等离子体物理研究所，甬兴证券研究所

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

2.4.1. 全球主要聚变项目：ITER、JT-60SA、EAST、CFETR

ITER：七方合作，探索聚变作为大规模无碳能源可行性。据中国科学院合肥物质科学研究院，国际热核聚变实验堆计划简称 ITER 计划，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。由中国与欧盟、印度、日本、韩国、俄罗斯和美国七方共同实施，旨在建立世界上第一个受控热核聚变实验反应堆。作为七方成员之一，中国承担了 ITER 装置近 10% 的采购包。中科院合肥物质科学研究院等离子体所是中方任务的主要承担单位，自 2009 年以来主持了包括超导体、校正场线圈、磁体馈线系统等制造任务，目前承担的大部分采购包部件已实现国产化。

图12:ITER 装置主要组成部分



资料来源：ITER 官网，甬兴证券研究所

中方联合体中标 ITER 总装核心工程，已完成首个超导接头安装。据中科院合肥物质科学研究院，由中科院合肥物质科学研究院等离子体物理

研究所、中国核电工程有限公司、中国核工业二三建设有限公司、核工业西南物理研究院等科研机构组成的中方联合体,于2019年7月成功中标ITER托卡马克主机TAC-1安装标段工程。TAC-1安装标段包括托卡马克主机超导磁体系统、磁体馈线系统、杜瓦、冷屏、诊断线缆等总装任务。据等离子体所,2022年12月,TAC-1项目首个超导接头完成组装连接。

图13:ITER 托卡马克主机 TAC-1 安装标段工程区域



资料来源:中科院合肥物质科学研究院,甬兴证券研究所

JT-60SA: ITER 的卫星托卡马克项目,已投入运行。据科技日报, JT-60SA 计划是欧盟和日本的联合建设项目,是国际热核聚变实验反应堆计划 (ITER) 的先行项目。JT-60SA 反应堆的目标是研究聚变作为一种安全、大规模和无碳的净能源的可行性。ITER 和 JT-60SA 的最终目标都是使内部的氢核融合成氦,以光和热的形式释放能量,模拟太阳内部发生的过程。日本量子科学技术研究开发机构那珂研究所于2023年12月举行了JT-60SA开始运行仪式。

EAST: 全超导托卡马克,创造高约束模式运行新世界纪录。根据中国科学院合肥物质科学研究院,EAST 是由其等离子体物理研究所自主设计研制的具有完全知识产权的世界首个全超导非圆截面托卡马克装置,中文名为“东方超环”。2021年5月28日,EAST 装置实现了可重复的1.2亿度101s 等离子体运行和1.6亿度20s 等离子体运行。2021年6月8日,EAST 装置总放电实验次数突破10万次。2023年4月12日,EAST 成功实现403s 可重复的稳态长脉冲高约束模式等离子体运行,创造了托卡马克装置高约束模式运行新的世界纪录⁷。

⁷ 资料来源:《磁约束聚变能源的发展机遇与挑战》(高翔等,2023)

图14:EAST 装置



资料来源:中国科学院合肥物质科学研究院等离子体物理研究所, 甬兴证券研究所

图15:CFETR 效果图



资料来源:中国科学院合肥物质科学研究院等离子体物理研究所, 甬兴证券研究所

CFETR: 以实现聚变能源为目标, 有望建成世界首个聚变实验电站。根据光明日报, 中国聚变工程实验堆 (CFETR) 2017 年 12 月正式开始工程设计。CFETR 计划分“三步走”完成“中国聚变梦”。第一阶段到 2021 年, CFETR 开始立项建设; 第二阶段到 2035 年, 计划建成聚变工程实验堆, 开始大规模科学实验; 第三阶段到 2050 年, 聚变工程实验堆实验成功, 开始建设聚变商业示范堆。

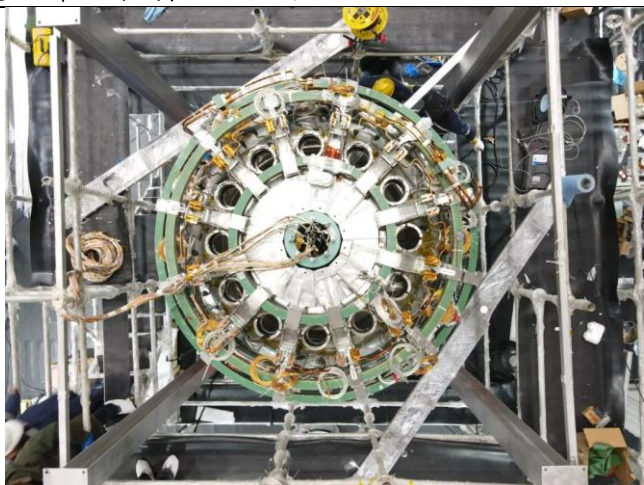
2.4.2. 中外领先聚变企业: 能量奇点、星环聚能、First Light fusion、TAE

能量奇点: 洪荒 70、奇门系统和经天磁体为商业发电蓄势

能量奇点是国内第一家聚变能源商业公司。成立于 2021 年, 致力于探索加速实现聚变能源商业化的科学技术。据公司官网, 公司聚焦于有商业发电潜力的高磁场、高参数、紧凑型高温超导托卡马克装置及其运行控制系统研发, 为未来商业聚变发电堆提供高性价比、高可靠性的核心组件和服务。2023 年 4 月, 能量奇点完成近 4 亿元 Pre-A 轮融资, 投资方包括 ENLIGHTENMENT、米哈游等, 本轮融资的资金将主要用于经天磁体和奇门系统研发。

核心技术为商业发电装置蓄势。据能量奇点官网, 奇门系统是能量奇点独立研发的一套基于 AI 的等离子体运行控制系统, 将首先应用于洪荒 70 的运行控制, 并持续迭代升级。经天磁体是基于高温超导材料的大孔径高场强环向场 (TF) 线圈, 单个线圈的磁场强度将达到 25 特斯拉以上, 工程电流密度超过 150 兆安培每平方米。洪荒 70 是能量奇点正在研发的全高温超导托卡马克, 洪荒 70、奇门系统和经天磁体将奠定能量奇点下一代有商业发电潜力的强磁场先进托卡马克装置洪荒 200 的基础。据公司公众号, 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。

图16:洪荒 70 中心螺线管 (CS) 落位



资料来源：能量奇点FusionEnergy 公众号，甬兴证券研究所

星环聚能：基于球形托卡马克的紧凑型重复重联可控聚变技术方案

图17:星环聚能技术方案

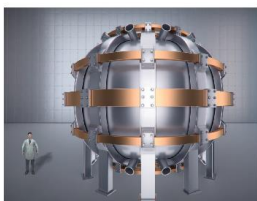


技术方案：

高温超导强磁场球形托卡马克的基础上，以多冲程重复运行、等离子体电流自有磁场重联加热等为特点的紧凑型重复重联可控聚变技术方案

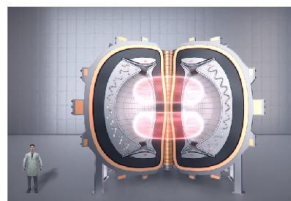
球形托卡马克

- 由于结构紧凑，在相同尺寸下，球形托卡马克等离子体体积占比更高，堆功率更高，经济性优势明显。
- 由于可以承载更高的电流，球形托卡马克等离子体环的磁场储能更多，更容易实现高功率的磁重联加热。



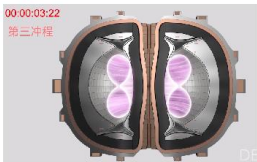
磁重联加热

- 利用球形托卡马克多个极向磁场线圈，感应产生两个等离子体环，并推动它们融合成一个主等离子体。
- 与主流托卡马克路线相比，该方案仅需要使用若干组线圈即可完成等离子体加热，复杂性和难度显著降低。



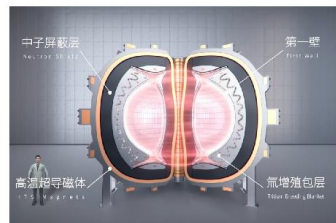
短脉冲重复运行

- 以类似于多冲程内燃机的运转模式不断重复磁重联。
- 避免了长脉冲连续运行时难以避免和预测的不稳定性，也降低了装置的复杂度和建造成本。



高温超导

- 高温超导为打破聚变堆紧凑化的瓶颈提供了关键技术。
- 高温超导材料制成的线圈容许的磁场和电流密度都很高，大幅减少了磁场线圈在球形托卡马克中心柱内占用的空间。



资料来源：星环聚能官网，甬兴证券研究所

与清华合作 SUNIST-2 成功实现双环等离子体和磁重联加热。据公司官网，2023 年 7 月，由清华大学设计、星环聚能和清华大学联合建设的 SUNIST-2 开展首轮运行，获得第一等离子体；11 月，星环聚能和清华大学团队在 SUNIST-2 球形托卡马克上成功实现双环等离子体和磁重联加热，初步观察到显著的等离子体加热效果。目前，星环聚能正进一步提高 SUNIST-2 的热承受能力，扩充等离子体诊断手段，为下一步将融合后等离子体温度推升至 1700 万摄氏度作充分准备。

First Light fusion：弹丸聚变技术有望低成本实现聚变

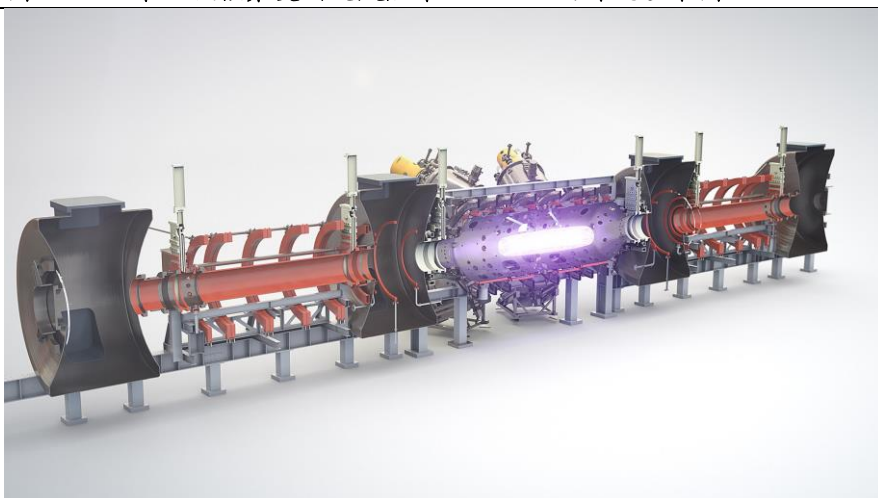
英国 First Light fusion 公司的目标是用最简单的机器解决聚变发电的问题。据中核战略规划研究总院援引 First light fusion 公司网站报道，2022 年其弹丸聚变（Projectile fusion）技术首次成功实现核聚变，英国原子能管理局（UKAEA）独立验证了这一成果。弹丸聚变技术是一种新的惯性约束聚变技术，具有简单、节能、物理风险低的特点。First Light fusion 公司在花费不到 4500 万英镑的情况下实现了聚变，其性能改进速度比历史上任何其他聚变方案都要快。该公司计划在本世纪 30 年代建设一座功率 15 万千瓦的试点聚变电厂，建设费用将低于 10 亿美元。

TAE：合作实现氢-硼聚变实验，研究堆将模拟氦循环净能源生产

首次磁约束方式实现氢硼聚变，证明无中子核聚变的可行性。据科技日报 2023 年 3 月报道，日本国家聚变科学研究所和美国 TAE 技术公司携手，首次在磁约束聚变等离子体中实现了氢-硼聚变实验，证明了无中子核聚变的可行性。

第六座聚变研究堆将模拟传统氦（DT）燃料循环的净能源生产。据中核战略规划研究总院援引世界核新闻网站报道，2022 年 7 月美国 TAE 公司（TAE Technologies）获 2.5 亿美元投资。2017 年 5 月，TAE 推出了价值 1.5 亿美元、国家实验室规模的第五座聚变研究堆——诺曼研究堆（Norman）。2021 年 4 月，TAE 宣布诺曼研究堆已在超过 7500 万℃的温度下维持稳定的等离子体，比其最初目标高出 250%。TAE 的第六座研究堆哥白尼将在加利福尼亚州欧文市建设，运行温度将超过 1 亿摄氏度，将模拟传统氦（DT）燃料循环的净能源生产。

图18:TAE 第五代核聚变研究反应堆 Norman 的外观渲染图



资料来源：TAE 官网，甬兴证券研究所

3. 可控核聚变项目投资大，有望带动上游材料设备环节

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

图19:可控核聚变产业链



资料来源：厦门钨业公众号，中色东方官网，公司公告，上海超导官网，IAEA，上海证券报，中科院合肥物质科学研究院等离子体所，合肥科聚高官网，科技日报，保变电气官网，上海电气官网，上海市国资委，苏州纽威阀门Neway 公众号，上证e互动，中国日报网，新奥科技官网，能量奇点官网，星环聚能官网，甬兴证券研究所

单个核聚变项目投资大。根据普林斯顿大学研究人员测算，一个 1000 兆瓦的核聚变工厂成本可能在 27 亿美元到 97 亿美元之间⁸。以 2019 年 9 月获批的聚变堆主机关键系统综合研究设施（CRAFT）项目为例，根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，包括 TF 线圈盒制造（15700 万元）、TF 线圈绝缘制造及检测（5783.46 万元）、磁体平台氨制冷系统（2500 万元）等。

表7:中科院（合肥）等离子体所 CRAFT 部分采招中标项目

中标公告日	产品	供应商	中标价
2021/08/30	TF 线圈盒制造	上海电气核电集团有限公司	15700 万
2022/08/23	TF 线圈绝缘制造及检测	合肥聚能电物理高技术开发有限公司	5783.46 万
2023/06/05	导体平台背场（高中低场）线圈工装模具及 Dummy 线圈制造 01 包	合肥曦合超导科技有限公司	3135 万
2023/09/21	磁体平台氨制冷系统	液化空气安法科（上海）贸易有限公司	2500 万
2023/06/05	导体平台背场（高中低场）线圈工装模具及 Dummy 线圈制造 02 包	合肥聚能电物理高技术开发有限公司	1530.44 万

资料来源：中国科学院合肥物质科学研究院等离子体物理研究所，甬兴证券研究所

⁸ 资料来源：《Will Tech Breakthroughs Bring Fusion Energy Closer to Reality?》（CHRISTIAN SCHWÄGERL, 2023）

项目成本拆分指向线圈、超导带材、包层、偏滤器环节。中国科学院合肥物质科学研究院 2021 年以来的中标项目中,高价标的主要围绕超导带材、偏滤器和线圈制造。据 Dehong Chen 等核算的 CFETR 两种建设方案的成本项目拆分,磁场线圈成本占 200MW 功率全超导托卡马克直接成本的 26.8%,包层系统(包括第一壁和屏蔽块)成本占比 5.6%。

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

种类	供应商	产品	单价	数量	总价（万元）	中标公告日
超导带材	上海超导	高性能高温超导 YBCO 带材	15.826 万元/km	9.87km	156.21	2023/09/06
		高温超导 YBCO 带材	19.4 万元/km	25km	485	2022/10/22
	西安聚能超导	高电流密度 Nb3Sn 超导线	9400 元/kg	413kg	388.22	2023/07/31
	西部超导	超导电缆用电镀无氧铜线	395 元/kg	15000kg	592.5	2023/02/10
		超导电缆铜线-电镀(Cr)无氧铜 φ 0.99mm	500 元/kg	20575kg	2295.26	2021/08/30
		超导电缆铜线-电镀(Ni)无氧铜 φ 0.82mm	395 元/kg	6683kg		
		超导电缆铜线-电镀(Cr)无氧铜 φ 0.82mm	505 元/kg	19852kg		
偏滤器	安泰科技	偏滤器原型部件 02 包	475 万元	1	475	2023/11/02
		EAST 下偏滤器钨串采购	446.4 万元/套	1 套	446.4	2022/01/19
	南京富地琬	偏滤器原型部件 01 包	493.05 万元	1	493.05	2023/11/02
		EAST 下偏滤器平板式外靶板	9.95 万元/套	16 套	159.2	2022/01/19
线圈制造	合肥科聚高	PF5&PF7 线圈绕制及接头制造	3470 万元	1	3470	2023/12/13
	合肥聚能电物理	超导线圈绕制生产线	548.71 万元	3	1646.1	2022/12/14

资料来源:中国科学院合肥物质科学研究院等离子体物理研究所,合肥聚能电物理高技术开发有限公司,甬兴证券研究所

表9:CFETR 反应堆成本评估（以 2009 年为基准）

编码	部件名称	方案 1: 全超导托卡马克 200MW 功率 (单位: 百万美元)	方案 2: 水冷铜磁体托卡马克 200MW 功率 (单位: 百万美元)
20	土地使用权	4.0	4.0
21	建筑及场地设施	319.0	307.6
22	聚变堆核心设备	1580.3	673.3
22.1	聚变能捕捉转化	133.8	63.5
22.1.1	第一壁和包层	85.0	34.1
22.1.2	偏滤器	15.0	12.6
22.1.3	屏蔽层	33.8	16.8
22.2	等离子体约束	859.2	262.2
22.2.1	环向磁场线圈	401.0	177.7
22.2.2	极向磁场线圈	166.9	75.5
22.2.3	欧姆加热线圈	48.8	8.9
22.2.4	隔热层	224.6	0.0
22.2.5	低温恒温器	18.0	0.0
22.3	等离子体形成和维持	125.5	125.5
22.3.1	带电源加热和电流驱动 (稳态)	102.5	102.5
22.3.2	带电源启动子系统	7.0	7.0
22.3.3	带电源稳定控制子系统 (顺态)	0.0	0.0
22.3.4	等离子体燃料和成分控制	16.0	16.0
22.4	真空室, 动力中枢	239.6	45.7
22.4.1	真空容器	145.5	27.7
22.4.2	氦液化器	15.0	0.0
22.4.3	真空泵管	79.1	17.9
22.5	主要结构支撑, 动力中枢	89.8	43.7
22.6	主要传热	57.6	57.8
22.7	放射性物质处理	2.6	2.6
22.8	燃料处理和储存	12.3	12.3
22.9	维修设备	0.0	0.0
22.10	仪表与控制	60.0	60.0
22.11	其他核心设备	0.0	0.0
23	涡轮, 发电设备	53.0	53.2
24	电厂设备	59.4	59.5
25	散热设备	7.0	7.1
26	杂项工厂设备	21.5	21.5
27	特殊材料	75.4	36.1
90	直接成本总计	2119.5	1162.3
91	建筑设施、设备及服务	239.5	131.3
92	总部工程和服务	110.2	60.4
93	现场工程和服务	110.2	60.4
96	项目应急	434.6	238.3
97	建设期间利息 IDC	443.2	243.0
98	建设期间升级 EDC	0.0	0.0
99	资金成本总计	3457.2	1895.8

资料来源:《Preliminary Cost Assessment and Compare of China Fusion Engineering Test Reactor》(Dehong Chen 等, 2015), 甬兴证券研究所

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

3.2.1. 超导带材

第二代高温超导带材具有卓越低温高场性能。据联创光电，超导现象是指导电材料在低温环境下呈现出电阻等于零以及排斥磁力线的现象，按照临界温度的不同可分为低温超导和高温超导。据材易通，目前，得到应用的低温超导材料主要包括 NbTi、Nb₃Sn、Nb₃Al 等，而具有实用价值的高温超导体主要包括铋系和钇系。

表10:低温超导材料及高温超导材料对比

	低温超导材料	高温超导材料
工作温度	基于低温超导材料的应用装置一般工作在液氮温度（4.2K 及以下）。	基于高温超导材料的应用装置一般工作在液氮温度（约 20K）至液氮温度（约 77K）之间。
环境成本	液氮环境昂贵。	工业液氮制冷已经非常成熟，一吨液氮的价格稳定在一千元以下，适用范围广且价格低廉。
应用材料	得到应用的低温超导材料主要包括 NbTi、Nb ₃ Sn、Nb ₃ Al 等。	具有实用价值的高温超导体主要包括两类：一是铋系（BSCCO，Tc 约 90K-110K，也称为第一代高温超导材料）；二是钇系（Tc 约 90K，YBCO 或 REBCO，也称为第二代高温超导材料）。
聚变应用	由低温超导线材绕制的磁体系统是 ITER 装置的核心部件。	第二代高温超导带材是紧凑型托卡马克装置的优良选择，可以在温度大大高于绝对零度的情况下产生强磁场以约束高温等离子体、使其无规则热运动发生连续碰撞、产生大量的聚变反应并释放出能量，从而实现聚变的可控运行。

资料来源：材易通，联创光电年报，上海超导官网，《国际热核聚变(ITER)用低温超导线研究进展》（张平祥等，2009），甬兴证券研究所

高温超导磁体显著增强聚变能源商业化潜力。传统托卡马克装置大多使用低温超导材料，随着高温超导材料技术的发展，第二代高温超导材料具备更高的温度裕度、电流密度和临界磁场，促进了更加紧凑、更高磁场的高温超导磁体的诞生⁹。

上海超导：主产品第二代高温超导带材，突破上、中、下游产业链。据公司官网，上海超导基于物理气相沉积法制备的二代高温超导带材 REBCO 具有领先的低温高场电性能（在 4.2 K、12T 垂直场下，临界电流可达 1000 A/cm(宽度)）、优异的临界电流密度（77 K、自场下，薄膜电流密度最高可超过 5MA/cm²，带材最高性能可达 600A/cm(宽度)以上）、极低的交流损耗（0.36-0.5W/m）。据公司公众号，作为能量奇点的核心材料供应商，公司为洪荒 70 装置提供了全部磁体系统所需的高性能高温超导带材。据文汇报，上海超导已成为联邦聚变系统公司（CFS）等一众聚变公司和超导应用公司的核心供应商。

⁹ 资料来源：《紧凑型托卡马克极向场磁体涡流损耗计算研究》（张治焯等，2023）

表11:上海超导为客户提供聚变磁体高温超导带材

客户名称	应用项目	具体情况
Commonwealth Fusion Systems (美)	超导可控核聚变	上海超导为该项目批量提供高温超导带材, 目前 CFS 公司正在绕制 20T 的强磁场磁体, 应用于研制核聚变磁体。
Tokamak Energy (英)	超导可控核聚变	上海超导与英国 TE 公司进行深度合作, 于 2017 年底开始批量供应带材用于研制核聚变磁体应用于超导可控核聚变, 计划于 2025 年实现 ST-F1 超导可控核聚变示范工程、2030 年实现 ST-E1 超导可控核聚变商业化发电。
中科院等离子体所	聚变磁体用 CORC 导线	上海超导为该项目提供 ST-03-E 型高温超导带材, 用于制备磁约束聚变中的大电流导体。

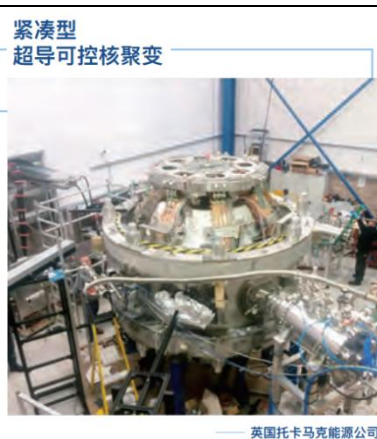
资料来源: 上海超导官网, 甬兴证券研究所

图20:上海超导 4mm 镀铜高温超导带材, Ic(20K, 20T) 108A 应用案例



资料来源: 上海超导官网, 甬兴证券研究所

图21:上海超导 10mm 镀铜高温超导带材, Ic(77K, s.f.) 320A 应用案例



资料来源: 上海超导官网, 甬兴证券研究所

3.2.2. 偏滤器

直接承受强粒子流和高热流的冲击, 器壁材料性能关键。聚变反应的燃料是氢同位素氘和氚, 反应产物是氦灰、中子和能量。为了保证聚变反应的长时间稳态进行, 需要将这些产物从芯部及时排出¹⁰。偏滤器发挥的作用包括 (1) 排出来自聚变等离子体的能流和粒子流; (2) 有效地屏蔽来自器壁的杂质, 减少对芯部等离子体的污染; (3) 排出核聚变反应过程中所产生的氦灰等产物, 并提取有用的热量用于发电¹¹。

钨、铜因性能优越被用于偏滤器原材料。钨材料具有低的侵蚀率和气滞留性, 高的熔点(3680 K)良好的热传导性能和机械性能, 被认为是未来聚变堆器壁的主要候选材料¹²; 据中科院等离子体物理研究所, 聚变堆材料及部件研究室, 钨铜偏滤器能够结合钨的高熔点、低溅射、低滞留, 以及铜的高热传导等优点。

¹⁰ 资料来源: 《托卡马克钨偏滤器基本物理问题》(桑超峰等, 2022)

¹¹ 资料来源: 《核聚变堆偏滤器热沉材料研究现状及展望》(彭吴擎亮等, 2021)

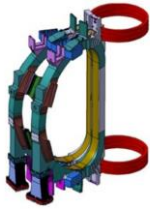
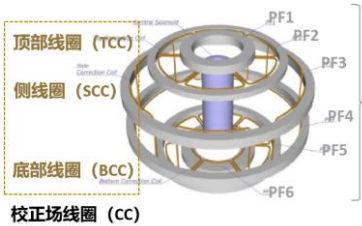
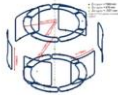
¹² 资料来源: 《托卡马克钨偏滤器基本物理问题》(桑超峰等, 2022)

请务必阅读报告正文后各项声明

安泰中科钨铜部件供应国内外聚变装置。据安泰科技公告，公司控股子公司安泰中科研生产生产的偏滤器全钨复合部件、钨铜复合部件等产品成功应用于我国“人造太阳”EAST 大科学工程装置和国际热核聚变实验堆 ITER 项目。据安泰科技公众号，2023 年 3 月，安泰中科为合肥市紧凑型聚变能实验装置(BEST)研制的钨铜复合片全部研制完成、顺利交付。

3.2.3. 线圈制造

表12:ITER 线圈构成

名称	图示	数量	介绍	国产化情况
环向场/ 纵场 (TF) 线圈		18 个	TF 线圈由完整连续的基于 Nb ₃ Sn 超导线的铠装导体 (CICC) 绕制而成。ITER 装置运行时，TF 导体内流动着 4.2K (-269°C) 的超流态液氦，每根导体额定电流 68kA，承受的磁场强度最高达 12T，约为地球磁场的 20 万倍。	中国承担 11 根 TF 导体制造任务，约占全部 TF 导体制造任务的 7.51%。
中心螺线管 (CS) 线圈		6 个	由六大模块部件组成。全部组装完成后中心螺线管高 18 米，直径 4.26 米，重达 1000 吨。中心螺线管被称为 ITER 实验堆的心脏，要驱动 1500 万安培的电流，用于约束核聚变反应。	等离子体所在美国承担的 ITER 中心螺线管项目中发挥了重要作用，自主设计了用于该中心螺线管线圈测试的大型超导馈线系统，联合聚能、科焊、科聚低温等高新企业完成该大型超导馈线系统的研发制造、出厂测试、系统运输以及在线组装测试支持、现场集成和验收测试保障等整套工程任务。
极向场 (PF) 线圈		6 个	由 6 个不同尺寸的独立线圈组成，自上而下分别为 PF1、PF2、PF3、PF4、PF5、PF6。主要作用是在等离子体的产生、上升、成形和平顶各个阶段提供欧姆加热和控制等离子体位形。PF 线圈导体为 NbTi 基超导铠装导体。	中方团队承担了 PF 导体采购包 PF2/3/4 和 PF5 导体，总共包括 64 根导体，均由等离子体所负责研制。
校正场线圈 (CC)		18 个	由上 (Top)、侧 (Side)、下 (Bottom) 3 组线圈构成，每组 6 个。每个线圈由多匝超导体组成，全部线圈的最大工作匝电流为 10KA，最高磁场约 5T，所有线圈外部都有壁厚 20mm 的线圈盒保护，线圈通过夹板支撑并依托在纵场磁体上。所有超导磁体均采用 NbTi 材料的 CICC 超导体。	CC 校正场线圈是由中国 100%承担的超导线圈制造项目。

资料来源：中国科学院等离子体物理研究所，ITER CHINA，中国科学院合肥物质科学研究院等离子体物理研究所，甬兴证券研究所

中方参与多项 ITER 线圈采购包。ITER 磁体系统由 18 个纵场 (TF) 线圈、6 个中心螺管 (CS) 线圈、6 个极向场 (PF) 线圈以及 18 个校正场

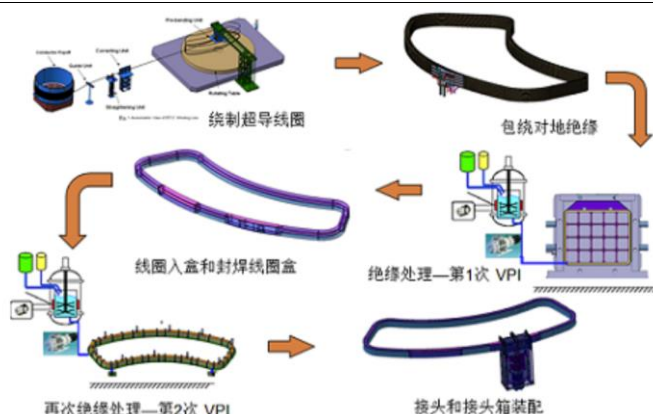
请务必阅读报告正文后各项声明

22

线圈 (CC) 组成, 其中校正场线圈包括 6 个底部线圈 (BCC)、6 个顶部线圈 (TCC) 和 6 个侧线圈 (SCC)。中国在各项线圈制造项目中均有参与。

由中国 100% 承担的 ITER 校正场线圈 (CC) 项目, 关键工艺包括绕制、VPI、线圈盒研制、线圈盒封焊。据中科院等离子体物理研究所, 项目覆盖了超导材料和部件的制造, 大型绕制设备和真空压力浸渍系统的构建。每个 CC 线圈都由超导线圈、线圈盒、绝缘法兰、接头箱等几大部件组成。线圈在完成绕制和第一次真空压力浸渍 (VPI) 后装入线圈盒, 再将线圈盒封焊, 同时装上绝缘法兰, 然后进行第二次 VPI, 最后再安装终端箱部分。

图22:ITER 校正场线圈 (CC) 工序介绍



资料来源: 中科院等离子体物理研究所, 甬兴证券研究所

合肥科聚高中标中科院 (合肥) PF5&PF7 线圈绕制及接头制造, 中标金额 3470 万。据公司官网, 合肥科聚高技术有限责任公司是中国科学院等离子体物理研究所 1995 年投资设立的全资公司, 具备大型超导磁体绕制技术、真空压力浸渍处理 (VPI) 技术、大型超导磁体测试实验技术。公司在 EAST 超导线圈研制中, 建成了 600 米 CICC 导体穿管生产线、研制出大型复杂形状的多台绕线机、预弯以及导体成型等系列设备。

3.2.4. 第一壁和包层屏蔽块

第一壁和包层屏蔽块同属包层系统。在磁约束聚变堆中, 包层担负着氚增殖、能量提取, 以及磁体屏蔽等核心功能¹³。据 ITER CHINA, 包层系统包括覆盖于 ITER 真空室内壁的两个不同的子系统: 覆盖面积为 620m² 的壁挂包层模块和覆盖 40m² 的端口挂载包层模块。壁挂包层系统采用模块化设计, 共计 440 块, 总重量约 1500 吨。每个模块由第一壁 (First Wall)、屏蔽块 (Shield Module) 以及柔性支撑等组成。氚增殖方面, CFETR 至少 75% 的包层面积区域覆盖, 从而保证增殖比, 而 ITER 没有氚增殖比的要求, 仅在 3 个窗口处布置有 6 个实验包层模块以测试产氚¹⁴。

¹³ 资料来源: 《中国聚变工程实验堆超临界 CO₂ 锂铅包层初步分析》(黄凯, 2023)

¹⁴ 资料来源: 《CFETR 屏蔽包层冷却系统设计及其热工分析》(郭腾蛟等, 2022)

表13:包层系统介绍

	材料	作用	关键技术
第一壁	ITER 第一壁由三种材料构成，分别为面对等离子体钨瓦材料、中间热沉 CuCrZr（铬锆铜）合金材料和支撑背 316L(N) 不锈钢材料，综合考虑了第一壁材料与聚变等离子体的相容性、导热性能和结构强度等。	第一壁直接面向高温等离子体，在起到限制聚变等离子体、屏蔽高热负荷，从而保护外围设备和部件免受热辐射损伤的作用。	为实现良好的热传导以消耗热负荷，三种材料之间需冶金结合，连接技术也成为 ITER 第一壁板制造的核心技术。
包层屏蔽块	ITER 包层屏蔽块主要由 316LN 不锈钢材料经锻造、焊接、钻孔（直径 12-30mm）等工艺处理后成型所得。	包层屏蔽块主要起着实现能量输运、辐射屏蔽、热屏蔽等重要作用。	关键技术是 316LN 不锈钢材料及深加工工艺。
氚增殖包层模块	一般选用含 Li 材料作为聚变堆有氚增殖剂。	氚是人造核素，作为氘-氚核聚变反应堆所必需的燃料之一，通常采用中子与锂的核反应获得。在未来核聚变反应堆中，为补充氚的消耗，需要在核聚变堆的包层中进行氚的“在线增殖”，以维持核聚变反应的持续运行。	氚增殖剂正硅酸锂小球的制备工艺主要包含氚增殖剂粉末的制备和陶瓷小球的制备。后者的制备工艺主要有熔融喷雾法、湿法工艺、石墨球床法、挤出滚圆法等。熔融喷雾法制备的氚增殖剂小球密度最高，高密度氚增殖剂有助于提高固态包层的产氚率。

资料来源：国光电气年报，ITER CHINA，《CFETR 屏蔽包层冷却系统设计及其热工分析》（郭腾蛟等，2022），《核聚变堆用氚增殖剂材料及其制备技术的研究进展与发展趋势》（王昊等，2020），《中国氦冷固态增殖剂实验包层模块材料研究进展》（盛倩等，2022），甬兴证券研究所

中方 ITER 第一壁半原型件率先通过高热负荷测试。据 ITER CHINA，中、俄、欧三方承担了 ITER 第一壁的制造任务，参与程度依次为 10%、40% 和 50%。中方于 2016 年 5 月成功制作该第一壁半原型件，送往俄罗斯 Efremov 研究所进行了表面热负荷为 4.7MW/m²（满载）和 5.9MW/m²（过载）的高热负荷疲劳试验，分别达到 7500 次和 1500 次热循环。试验于 8 月 8 日完成，标志着中方具备了签署 ITER 第一壁采购安排协议的技术条件。

国内企业关注第一壁钎焊焊接。据科技日报，中核集团核工业西南物理研究院承接 ITER 增强热负荷第一壁全尺寸原型件研制，与贵州航天新力科技有限公司合作完成了部件焊接装配。据楚江新材，子公司顶立科技为第一壁材料的制造提供了钨合金超高温烧结装备、钎焊焊料非晶合金产品及工艺技术支持。

3.3. 可控核聚变相关上市公司梳理

表14:核聚变相关标的

代码	名称	简介	聚变部件进展
000969.SZ	安泰科技	以先进金属材料及关键部件为核心主业	子公司研发生产的偏滤器全钨复合部件、钨铜复合部件等产品应用于 EAST、ITER
601727.SH	上海电气	主导产业聚焦能源装备、工业装备、集成服务	旗下上海电气核电集团有限公司自 2022 年以来，先后承接了上海能量奇点及河北新奥的核聚变试验项目，承担的 HH-70 主机系统三大核心部件——外真空杜瓦、真空室、内外冷屏的制造加工任务均已全部具备交付条件
688122.SH	西部超导	建成国内唯一的超导线材商用生产线、国内唯一的超导磁体生产线	公司的 NbTi 和 Nb3Sn 超导线材通过 ITER 组织的综合评价，目前已完成全部超导线材的交付工作。
600105.SH	永鼎股份	研制、生产和销售通信光缆、光器件、通信电缆、电力电缆、电力柜等系列产品	子公司东部超导提供钇钡铜氧(YBCO) 第二代高温超导带材，自行设计生产制造的高温超导低压直流电缆在江苏苏州并网投运
600577.SH	精达股份	特种电磁线行业的龙头企业	投资上海超导。上海超导基于物理气相沉积法制备的第二代高温超导带材 REBCO 具有低温高场电性能，高温超导带材供货美国 CFS、英国 TE、中科院等离子体所
601212.SH	白银有色	主营有色金属的采选、冶炼、加工及贸易	下属长通公司电缆产品应用于 ITER，制造并交付国内首根核聚变装置用 750 米超导电缆
600363.SH	联创光电	超导产业是公司未来发展的主业之一	参股的联创超导突破了基于核聚变应用场景的集束线缆的百米级的研发与制造
601399.SH	国机重装	高端重型装备企业	与中国科学院合肥物质科学研究院成功签订聚变堆主机关键系统综合研究设施（CRAFT）TF 线圈盒先行件 AU3 制造合同
002611.SZ	东方精工	致力于数字化智能高端装备制造	参股公司航天新力承担了 ITER 的磁体支撑、屏蔽包层等重要设备的制造
605167.SH	利柏特	具备大型工业模块设计和制造能力	核电气体分离装置用于核电制氦，为 ITER 辅助装备之一
688719.SH	爱科赛博	掌握电力电子变换和控制技术	产品覆盖磁约束核聚变用高精度电源；参与 EAST、HL-2M 项目
603015.SH	弘讯科技	塑机控制解决方案供应商	子公司意大利 EEI 拥有高速环磁 (Tokamak) 控制技术，提供先进的直流/直流电源解决方案
002639.SZ	雪人股份	制冰设备及制冰系统供应商	为中科院合肥物质研究所提供氦气螺杆压缩机，应用于全超导托克马克核聚变实验装置
688167.SH	炬光科技	覆盖高功率半导体激光产品	高功率半导体激光产品被应用于有“人造太阳”之称的国家惯性约束可控核聚变试验装置重大项目
002255.SZ	海陆重工	取得核安全设备制造资格	服务堆型包括 ITER
873576.BJ	天力复合	主营业务为层状金属复合材料的研发、生产和销售	正在从事的研发项目包括核聚变用被动板制备技术与界面研究
430300.BJ	辰光医疗	产品覆盖特种超导磁体	无液氦回旋管超导磁体可应用于受控核聚变
000962.SZ	东方钽业	钽、铌冶炼及加工生产商	控股股东中色东方为 ITER 增强热负荷第一壁关键材料——钨瓦产品的研制单位；2021 年科技部 ITER 中心发布实施了由中色东方西材院主持制订的核聚变采购包专项标准《聚变堆用高纯度真空热压钨材》
002533.SZ	金杯电工	从事电线电缆产品的研发、生产和销售	电磁线产品应用于客户核聚变产业研发项目
688186.SH	广大特材	高品质特种合金材料为核心业务	低活化马氏体钢 CLAM 是核聚变实验堆专用结构材料，公司实现了低活化马氏体电渣钢国产化突破，目前小批量生产
600549.SH	厦门钨业	精矿、钨钼中间制品等的研发生产销售	ITER 朗缪尔探针组件首批钨部件交付
002171.SZ	楚江新材	主营高精度铜合金板带材、精密铜合金线材和铜导体材料	子公司顶立科技为第一壁材料的制造提供了钨合金超高温烧结装备、钎焊焊料非晶合金产品及工艺技术支持
600501.SH	航天晨光	核工装备产业包括以核电膨胀节、核电软管等为代表的核工业基础件产品	“热核聚变用杜瓦膨胀节成套系统”完成江苏省首台（套）重大装备认定申报

资料来源：公司公告，公司介绍，上海电气官网，上海市国资委，上海证券报，中华国际科学交流基金会，上海超导官网，证券日报网，中国产业经济信息网，中色东方官网，厦门钨业公众号，甬兴证券研究所

3.3.1. 联创光电：超导磁体和制冷系统提供商，参与百亿规模聚变项目

公司参股的联创超导是国际上为数不多的可提供各种口径和各种位型磁场的高温超导磁体的综合性解决方案提供商，也是国内率先基于高温超导磁体技术实现工业化装置应用的企业¹⁵。据上海超导官网，联创超导自主研发的世界首台兆瓦级高温超导感应加热装置于 2023 年 4 月投运，上海超导作为带材产品的核心材料供应商。

联合建设百亿级可控核聚变项目，提供超导磁体和制冷系统。根据江西省电子集团有限公司，2023 年 11 月 12 日，江西省人民政府与中国核工业集团有限公司签订全面战略合作框架协议，联创超导和中核聚变（成都）设计研究院有限公司将联合建设可控核聚变项目，技术目标 Q 值大于 30，实现连续发电功率 100MW，项目工程总投资预计超过 200 亿元人民币。根据 2023 年 12 月 22 日联创光电投资者关系活动记录表，联创超导参与建设的可控核聚变项目中，负责提供主机装置中的高温超导磁体系统和低温制冷系统部分，约占主机装置建设成本的一半左右。

3.3.2. 西部超导：填补多领域基础材料“短板”，“产能提升+应用拓展”双轮驱动¹⁶

据上海证券报 2023 年 7 月报道，西部超导在成立初就立下“国际领先、国内空白”的研发目标。2004 年 11 月，西部超导一期项目正式投产，标志着我国低温超导材料正式拉开了产业化的序幕。据西部超导年报，公司实现了低温超导线材商业化生产；在高温超导材料方面，公司侧重 MgB₂ 和 Bi-2223 的研发和产业化，已掌握上述材料核心制备技术。

面向新一代聚变工程实验堆的高性能 Nb₃Sn 线材已具备批量生产能力。公司自主开发了全套低温超导产品的生产技术，代表我国完成了 ITER 项目的超导线材交付任务，实现了 MRI 超导线材的批量生产。Nb₃Sn 超导线材工程化生产技术方面，公司解决了青铜法 Nb₃Sn 超导线材加工硬化难题，实现了 ITER 用青铜法 Nb₃Sn 超导线材长线连续加工，各项性能指标满足核聚变和高场核磁共振谱仪技术要求。

4. 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。

¹⁵ 资料来源：. 联创光电公告

¹⁶ 资料来源：上海证券报

5. 风险提示

- (1) **可控核聚变发电的经济性有待提高**：若聚变项目实现净能量增益的成本过高，会影响企业技术商业化进度。
- (2) **聚变技术研发进度不达预期**：若相关核聚变企业难以解决上亿度点火、等离子体稳定长时间约束控制、零部件研发装配，则会影响核聚变发电进程。
- (3) **清洁能源方案迭代的技术风险**：其他的新能源发电技术成熟度不断提高使得发电成本充分降低，可能对可控核聚变发电造成路径替代。

分析师声明

本报告署名分析师具有中国证券业协会授予的证券投资咨询执业资格并注册为证券分析师，以勤勉尽责的职业态度，专业审慎的研究方法，独立、客观地出具本报告，保证报告采用的信息均来自合规渠道，并对本报告的内容和观点负责。负责准备以及撰写本报告的所有研究人员在此保证，本报告所发表的任何观点均清晰、准确、如实地反映了研究人员的观点和结论，并不受任何第三方的授意或影响。此外，所有研究人员薪酬的任何部分不曾、不与、也将不会与本报告中的具体推荐意见或观点直接或间接相关。

公司业务资格说明

甬兴证券有限公司经中国证券监督管理委员会核准，取得证券投资咨询业务许可，具备证券投资咨询业务资格。

投资评级体系与评级定义

股票投资评级：	分析师给出下列评级中的其中一项代表其根据公司基本面及（或）估值预期以报告日起 6 个月内公司股价相对于同期市场基准指数表现的看法。
买入	股价表现将强于基准指数 20%以上
增持	股价表现将强于基准指数 5-20%
中性	股价表现将介于基准指数±5%之间
减持	股价表现将弱于基准指数 5%以上
行业投资评级：	分析师给出下列评级中的其中一项代表其根据行业历史基本面及（或）估值对所研究行业以报告日起 12 个月内的基本面和行业指数相对于同期市场基准指数表现的看法。
增持	行业基本面看好，相对表现优于同期基准指数
中性	行业基本面稳定，相对表现与同期基准指数持平
减持	行业基本面看淡，相对表现弱于同期基准指数
相关证券市场基准指数说明：A 股市场以沪深 300 指数为基准；港股市场以恒生指数为基准；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）为基准指数。	

投资评级说明：

不同证券研究机构采用不同的评级术语及评级标准，投资者应区分不同机构在相同评级名称下的定义差异。本评级体系采用的是相对评级体系。投资者买卖证券的决定取决于个人的实际情况。投资者应阅读整篇报告，以获取比较完整的观点与信息，投资者不应以分析师的投资评级取代个人的分析与判断。

特别声明

在法律许可的情况下，甬兴证券有限公司(以下简称“本公司”)或其关联机构可能会持有报告中涉及的公司所发行的证券或期权并进行交易，也可能为这些公司提供或争取提供投资银行、财务顾问以及金融产品等各种服务。因此，投资者应当考虑到本公司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。也不应当认为本报告可以取代自己的判断。

版权声明

本报告版权归属于本公司所有，属于非公开资料。本公司对本报告保留一切权利。未经本公司事先书面许可，任何机构或个人不得以任何形式翻版、复制、转载、刊登和引用本报告中的任何内容。否则由此造成的一切不良后果及法律责任由私自翻版、复制、转载、刊登和引用者承担。

重要声明

本报告由本公司发布，仅供本公司的客户使用，且对于接收人而言具有保密义务。本公司并不因相关人员通过其他途径收到或阅读本报告而视其为本公司的客户。客户应当认识到有关本报告的短信提示、电话推荐及其他交流方式等只是研究观点的简要沟通，需以本公司发布的完整报告为准，本公司接受客户的后续问询。本报告首页列示的联系人，除非另有说明，仅作为本公司就本报告与客户的联络人，承担联络工作，不从事任何证券投资咨询服务业务。

本报告中的信息均来源于我们认为可靠的已公开资料，本公司对这些信息的真实性、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，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，并应同时思量各自的投资目的、财务状况以及特定需求，必要时就法律、商业、财务、税收等方面咨询专家的意见。客户应自主作出投资决策并自行承担投资风险。本公司特别提示，本公司不会与任何客户以任何形式分享证券投资收益或分担证券投资损失，任何形式的分享证券投资收益或者分担证券投资损失的书面或口头承诺均为无效。市场有风险，投资须谨慎。对依据或者使用本报告所造成的一切后果，本公司和关联人员均不承担任何法律责任。

本报告所载的意见、评估及预测仅反映本公司于发布本报告当日的判断。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，本公司可发出与本报告所载意见、评估及预测不一致的研究报告。本公司不保证本报告所含信息保持在最新状态。同时，本公司的销售人员、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或交易观点。本公司没有将此意见及建议向报告所有接收者进行更新的义务。投资者应当自行关注相应的更新或修改。