

热点研究

浅析当前可控核聚变产业的投资逻辑

近年来，随着全球范围内的政策加码、技术突破和资本涌入，可控核聚变迎来前所未有的资本浪潮，私营企业、政府机构和风险投资纷纷入局，推动这一“终极能源”从实验室走向商业化。本文简要剖析发展可控核聚变产业的意义，揭示本轮产业进程加速的底层逻辑，并对相关产业投资提出一些思考。

一、发展可控核聚变产业的意义

(一) 可控核聚变是人类能源问题的终极解决方案

相较于当前比较成熟的火力、水力、风光、核裂变等主流发电方式，核聚变兼具“能量密度高、清洁安全、原料易得、供电稳定、布置灵活”等优势，可以说是目前人类能源问题的终极解决方案。**能量密度高**：1 克氘氚聚变释放的能量大约为 8 吨石油或 1 万吨煤炭，是核裂变（铀 235）的 4 倍以上。**清洁安全**：聚变不仅不产生温室气体，产生的放射性废物（例如氘氚聚变产物为氦和中子）极少，而且聚变反应需要极端条件因此不易失控。**原料易得**：同样以氘氚为例，主要燃料是氘（D）和氚（T），氘可从海水中提取，氚可通过锂增值反应产生，而锂在地壳和海水中的储量也足够丰富。

表 1：各类发电形式的优势对比

	能量密度高	清洁安全	原料易得	供电稳定	布置灵活
火力发电	√		√	√	√
水力发电	√	√			
光伏发电		√	√		
风力发电		√	√		
核裂变	√			√	√
核聚变	√	√	√	√	√

来源：中诚信托投研部整理

(二) 可控核聚变是人类发展新技术的突破口

人类历史上的技术和能源革命是文明进步的核心驱动力，每一次革命都深刻改变了生产模式、社会结构和生活方式。历次工业革命本质上都是技术和能源的革命，两者如同“DNA 双螺旋”一般相互驱动，共同构建了人类社会的生产力范式。技术是能源的“放大器”，释放能源潜力；而能源是技术的“基石”，能源需求倒逼技术创新。我们当前正在经历第四次工业革命，AI 对能源的需求推动核聚变发展，高温超导的技术突破和规模化

降本助力可控核聚变装置工程可行性和经济性的持续提升。我们认为，当前可控核聚变、AI、高温超导等产业的发展正在形成共振，可控核聚变的工程化应用有可能成为下一个技术突破点。

表 2：历次工业革命带来的技术突破和能源转型

工业革命	时期	技术突破	能源转型
第一次	18 世纪中后期	蒸汽机（瓦特改良）、纺织机械	煤炭取代生物能
第二次	19 世纪末-20 世纪初	内燃机、电力网、电报/电话	石油（汽车、飞机燃料）、电力（火电、水电）
第三次	20 世纪中后期	计算机、互联网、航天技术	核裂变（核电）、可再生能源（光伏、风电）起步
第四次	21 世纪	AI、量子计算、基因编辑、高温超导、可控核聚变（研发中）	可再生能源主导（光伏成本大幅下降），氢能、储能技术突破，核聚变可能成为终极方案

来源：中诚信托投研部整理

（三）可控核聚变是全球科技“军备竞赛”的焦点

当前国际科技“军备竞赛”中，核聚变技术的地位日益凸显，全球主要国家正加速研发，争夺未来技术和能源的制高点。近年来，全球可控核聚变技术里程碑事件频频出现，各国政府及企业对相关产业投融资金额持续升高。根据 Fusion Industry Association (FIA) 统计，2024 年聚变行业累计融资规模达到 71 亿美元，较 2023 年增加 9 亿美元；2024 年累计公共资金投入为 4.26 亿美元，同比增长 57.2%；截至 2024 年末全球有约 55 家企业正在从事可控核聚变装置的商业化开发，较五年前翻倍；2024 年核聚变领域企业员工总数同比增长超过 60%。

表 3：全球主要国家和地区可控核聚变规划时间表

	时间	文件/计划名称	目标
ITER	2024 年	ITER 最新提案	2007 启动建设、2035 建成、2039 第一次氘氚（DT）聚变实验
美国	2021 年	《Bring Fusion to the US Grid》	2040 示范电站建成
德国	2024 年	《核聚变资助计划 2040》	研发阶段：当前至 21 世纪 30 年代中期 转化阶段：21 世纪 30 年代中期至 40 年代初 运行阶段：21 世纪 40 年代起
英国	2021 年	《Spherical Tokmak for Energy Production》（STEP 计划）	2040 建造出核聚变电站

日本	2023 年	聚变能源创新战略	2045 示范堆、2055 商用堆
韩国	2012 年	K-DEMO	2037 年开始建设，2050 年实现净发电
中国	2018 年	中国聚变先导工程实验堆计划（CFETR）	2035 实验堆建成、2045 示范堆建成、2050 商用堆建成

来源：中诚信托投研部整理

二、本轮可控核聚变商业化进程加速的底层逻辑

（一）可控核聚变科学和工程问题的逐步解决

自 1950 年前苏联科学家提出首个核聚变装置构想以来，过去 70 余年内全球近百个科研装置的运行研究和数据积累使得学界对等离子体物理和聚变原理的认知与验证逐步完善。步入二十一世纪，在国际热核聚变实验堆 ITER 等研究投入带动下，各国核聚变装置陆续取得重要进展，既有科学实验上的重大突破，也有工程化和商业化的重要尝试。近年来的突破表明，核聚变已从“实验室科学”迈向工程验证阶段。尽管商业化仍需克服材料、燃料循环和经济性等挑战，但能量增益、高温超导磁体、私营资本入场三大趋势正加速这一进程，且全球主要国家和科学界对于实现可控核聚变的信心也在提升。

表 4：近年来核聚变领域的科学实验突破和工程化/商业化进展情况梳理

	分类	时间	国家/主体	突破进展
科学实验突破	能量增益 (Q>1)	2022 年	美国 NIF（国家点火装置）	首次实现“净能量增益”（Q≈1.5），即聚变输出能量（3.15 MJ）超过激光输入能量（2.05 MJ）
	核聚变三重积	2021 年	中国 EAST（东方超环）	实现 1.2 亿℃101 秒（等离子体温度）和 7000 万℃1056 秒（长脉冲高参数运行）
		2025 年	中国 EAST（东方超环）	实现了上亿度 1066 秒稳态长脉冲高约束模等离子体运行
		2025 年	中国环流三号	首次实现原子核温度 1.17 亿度、电子温度 1.6 亿度的“双亿度”突破
		2021 年	韩国 KSTAR	实现 1 亿℃30 秒（使用全超导磁体），2023 年延长至 48 秒
		2025 年	德国 Wndelstein 7-X 仿星器	3000 万摄氏度高温下维持 43 秒，创下仿星器聚变新纪录
	氘自持与燃料循环	2024 年	英国 JET（欧洲联合环）	首次实现氘回收率超 97%，解决聚变燃料可持续性难题
工程化和	实验堆工程堆工	2020 年	ITER	主体工程启动组装

商业化加速	程进展	2024 年	ITER	全球规模最大、功率最强的脉冲超导电磁体系统所有组件制造完成
		2017 年	中国 CFETR	正式启动工程设计
		2025 年	中国 CRAFT	项目建设已进入关键阶段，预计将于 2025 年年底全面建成
	私营企业突破	2021 年	美国 CFS	测试全球最强高温超导磁体（20 特斯拉），用于紧凑型托卡马克 SPARC（目标 2025 年发电）
		2024 年	美国 CFS	获微软订单，承诺 2028 年提供聚变电力
		2023 年	美国 Helion Energy	宣布实现 1 亿℃等离子体（磁惯性约束），计划 2028 年建成首个商用堆（50 MW）；与微软签约，目标 2028 年供电
		2023 年	英国 Tokamak Energy	球形托卡马克 ST40 实现 1 亿℃等离子体，聚焦小型化技术

来源：中诚信托投研部整理

（二）可控核聚变工程“卡脖子”技术的突破

近年来，随着高温超导、极端耐受材料、新型二极管激光器等技术取得长足进展，可控核聚变工程面临的“卡脖子”问题有望迎来突破。磁约束路线中，高温超导体材料的突破带动装置小型化、磁场增强，改善了磁约束路线的等离子体约束能力，并提升了工程可行性和经济性。惯性约束路线中，传统激光器长期面临能效和成本问题，新型二极管激光器或成为解决方案。此外，计算能力的提升和工程经验的积累，也整体上促进了等离子体控制理解提升和核聚变装置参数优化。随着相关“卡脖子”技术的一一突破，可控核聚变正在跨越从理论科学研究到工程实验装置的 0-1 阶段。

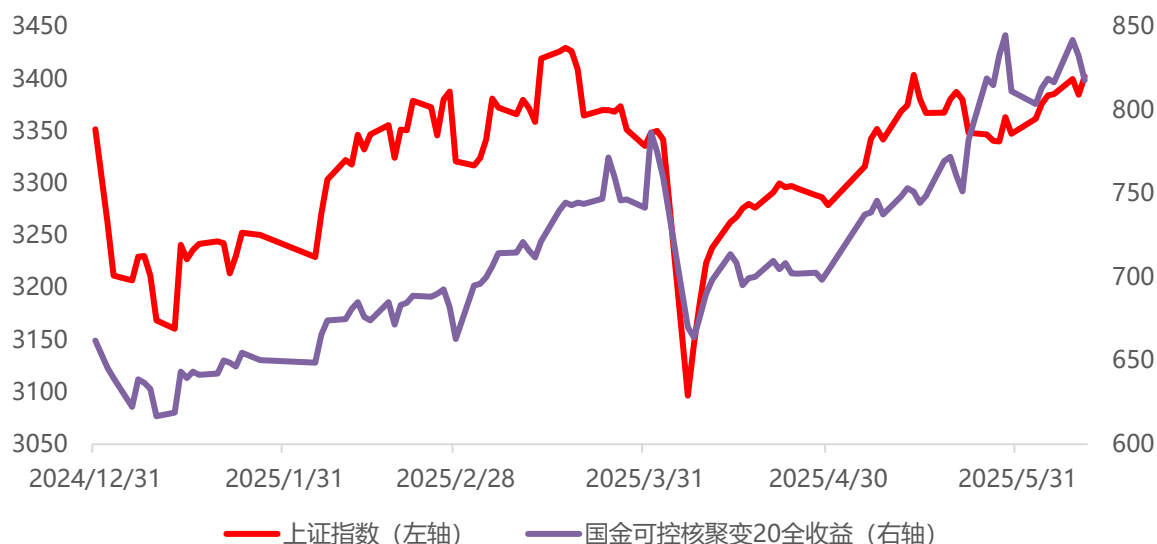
（三）AI 是加速可控核聚变进程的催化剂

AI 既是可控核聚变的需求引擎，也是技术突破的加速器。一方面，AI 对清洁能源的需求推动核能政策复兴及核聚变投资热情。由于摩尔定律正处于“部分失效但尚未完全终结”的状态，短期内半导体芯片仍可在降低功耗方面取得进展。但中长期来看，AI 技术的发展对电力的需求仍将指数级增长，由此带来的能源短缺和能源安全问题仍然存在，引发一轮 AI 公司投资聚变公司的浪潮，如比尔盖茨投资 CFS、OpenAI 投资 Helion 等。另一方面，AI 在自主学习、数据处理、智能预测、实时控制等方面具有显著优势，有望在材料和装置设计优化、反应堆智能运维、等离子体约束调控等领域发挥降本增效的关键作用。例如，AI 可以模拟等离子体磁约束环境，持续积累经验，摸索出更好控制等离子体的有效策略。

三、关于可控核聚变产业投资的一些思考

（一）产业事件推升可控核聚变资本市场热度

近期国内外核聚变政策、技术、工程进展不断，可控核聚变概念持续领涨 A 股。2025 年以来截至 6 月 11 日，国金可控核聚变 20 全收益指数增长 23.54%，增幅远超上证指数（同期增幅仅 1.51%）。这一强势行情源于市场对可控核聚变技术突破的乐观预期。通过前面的梳理，我们认为当前政策、技术、资金投入等基本面要素有望产生共振，加快可控核聚变燃烧试验和工程试验的进程。一方面，从投资视角来看，相关投资行为的定位应从短期主题投资向中长期产业投资过渡。另一方面，我们也必须正视，可控核聚变距离商业化仍面临技术、工程、材料、经济等多维度的挑战，这些问题都不是一朝一夕就能解决的。



来源：Wind

图 1：2025 年以来上证指数和国金可控核聚变 20 全收益指数表现

（二）产业链有望充分受益，关注关键部件国产化机会

聚变项目投资大，从目前已有的聚变项目的投资额情况来看，一个实验堆的成本在几十亿美元不等，成本占比较高的部件包括超导磁体、第一壁和包层、隔热层、真空室等。核聚变产业的快速发展或将带来庞大的设备市场机遇，根据国际原子能机构（IAEA）的预测，未来 10 年将至少有 37 个聚变项目建成，预计有至少 1100 亿美元的相关设备潜在市场。若核聚变完全商业化，到 2050 年将成一个至少 1 万亿美元的市场（Ignition Research 估算）。我国通过积极参与 ITER 项目和自主推进试验堆，显著推动了国内在超导材料、特种钢材等关键产业链的技术升级与创新，培育出了较为完整且具备国际竞争力的可控核聚变产业链。

（三）高技术壁垒下关注龙头机会

可控核聚变的高技术壁垒源于其极端物理条件、复杂系统集成和严苛工程要求的多重叠加，是当今人类科技面临的最复杂挑战之一。因此，**我们应当重点关注超导磁体、第一壁材料、等离子体控制算法、氚燃料供应等护城河较深领域的头部企业。**以高温超导托卡马克装置所需的原材料高温超导带材为例，技术壁垒包括但不限于磁场强度特别大、制造和集成容差特别小、耐久性和可靠性要求特别高、稳定性要求特别苛刻等显著特点，目前真正实现了产业化商业化的企业全球范围内不出十家，技术壁垒大、市场集中度高。又如，随着氘氘聚变反应发生并释放能量和高能快中子，容易导致聚变堆内材料构件空洞肿胀、高温氢脆、嬗变污染等问题，这就要求聚变装置由内到外第一壁、偏滤器、包层、屏蔽层结构材料等核心部件具有耐高温、耐辐照、耐冲击等极为苛刻的特性，目前仅有少数企业具备相关材料和设备的研发生产能力。

执笔人：韩鸣飞

免责声明

本文章仅代表作者个人意见，不代表中诚信托有限责任公司（以下简称“中诚信托”或“本公司”）官方立场。其中引述信息来源于公开资料，中诚信托对本文章信息的准确性、可靠性、完整性、时效性不作任何明示或暗示的保证。在任何情况下，本文章所表述的任何观点或提供的任何信息均不构成对任何人的投资建议，对依据或者使用本文章表述观点和信息所造成的任何后果，中诚信托及/或其关联机构、关联人员均不承担任何形式的责任。