聚变产业 10 月专题：原料与部件，上游产业链全拆解

报告日期：
2026-11-26

分析师：庞士伟
执业证书号
S0010524100002
邮　箱
pangshiwei@hazq.com

联系人：欧阳欣玥
执业证书号
S0010126090002
邮　箱
ouyangxinyue@hazq.com

相关研究

本 期 摘 要

◆系列专题：可控核聚变基本原理与实现路径

可控核聚变行业当前正迎来明确拐点，科学层面等离子体约束、能量增益等物理指标持续取得突破，工程层面多路线主机装置加快落地建设，一级市场投融资热度持续上行，产业逻辑正从远期商业化想象，转向装置建设周期下材料与部件的订单兑现。

可控核聚变产业链上游可分为超导及磁体材料、面向等离子体材料、包层材料、高热负荷热沉材料、核级结构管路与屏蔽材料、低温材料及介质、聚变燃料七大板块。超导及磁体材料是装置实现强磁场约束的核心，CICC 超导导体、磁体绝缘等配套部件同样不可或缺；面向等离子体材料 PFMs 直面等离子体轰击，钨基材料已成为当前工程化的主流选择；包层材料承担结构承载、氚增殖、中子倍增等关键职能，RAFM 低活化钢、锂基增殖材料是商用 D-T 堆的核心壁垒；高热负荷热沉材料保障堆内极端热流条件下的部件散热；核级特种钢材、管路及屏蔽材料为装置提供结构支撑与中子防护；低温介质保障超导系统稳定运行；聚变燃料路线则从底层决定装置的设计框架与工程难度。

◆本月行业要闻

中共中央、国务院印发《关于发展新质生产力的意见》；太乙核能仿星器聚变基地落地无锡高新区；星环聚能 NTST 装置实验大厅完成主体结构封顶，杜瓦正式交付；合肥聚能超导线材科技有限公司正式开业；德国启动聚变里程碑计划，从技术资助转向企业培育。

◆本月重大投融资事件

10 家投资标的中有 5 家位于产业链中游，其中支撑系统 4 家、主机系统 1 家。主机厂商 1 家，聚焦仿星器（岩超聚能）技术路线。除此之外，标的企业位于上游的有 4 家，主要布局高温超导领域。

束研聚创完成年内第三轮千万级融资，公司累计融资规模已超亿元；合肥科烨电物理完成 A 轮融资，将用于全技术路线核心工艺迭代及第二增长曲线的产能扩张；禾材高科中科院系聚变材料获深创投数千万元天使轮融资。

◆风险提示

技术研发不及预期；行业招标规模不及预期；国内外技术竞争。

正文目录

1. 系列专题：可控核聚变上游产业链拆解 4
1.1 超导及磁体材料 5
1.2 面向等离子体材料 6
1.3 高热负荷材料 8
1.4 包层材料 9
1.5 核级结构、管路和屏蔽材料 10
1.6 低温材料及介质 12
1.7 聚变燃料 13
1.8 上游产业链公司梳理 14
2. 本月行业新闻 15
2.1 国际前瞻 15
2.2 国内动态 16
2.3 安徽近况 17
3. 本月投融资事件 18
3.1 本月投融资事件汇总 18
3.2 本月重大投融资事件 20
4. 风险提示 21

图表目录

图表 1 可控核聚变上游原材料拆分 4
图表 2 Nb_3Sn CICC 导体剖面（低温超导） 5
图表 3 REBCO 高温超导聚变线圈（高温超导） 5
图表 4 高温与低温超导关键特性对比 6
图表 5 不同材料 PFMs 对比 7
图表 6 ITER 增强热负荷铍第一壁（铍装甲，早期低 Z 面向等离子体部件代表） 7
图表 7 ITER 钨单块偏滤器模块（W monoblock，当前主流高 Z 面向等离子体部件） 7
图表 8 铜铬（锆）合金材料铸锭 8
图表 9 从等离子体到超导磁体的系统架构 9
图表 10 包层系统功能结构 10
图表 11 上游结构钢材梳理表 11
图表 12 通用托卡马克聚变装置钢结构及部件位置示意图 11
图表 13 液氦杜瓦罐 13
图表 14 液氮杜瓦罐 13
图表 15 可控核聚变燃料路线比较 13
图表 16 可控核聚变上游材料产业图谱 15
图表 17 可控核聚变行业 10 月投融资事件梳理 18

1. 系列专题：可控核聚变上游产业链拆解

可控核聚变长期被贴上“永远还有 50 年”的标签，市场也常因此质疑其商业化落地节奏，但当下行业正迎来关键拐点：**在科学层面**，等离子体约束、能量增益等核心物理指标持续突破；**在工程层面**，实验装置从单一科研样机走向多路线并行建设。随着托卡马克、仿星器等多条技术路线的主机厂加速推进装置落地，大量样机、原型件采购订单不断向产业链上游、中游配套环节传导，叠加一级市场资金持续涌入，行业的投资逻辑已经从远期的商业化想象，转向装置建设周期内材料、部件、设备的订单兑现，我们认为可控核聚变产业链具备较为明确的阶段性投资机会。

该系列专题将沿着上、中、下游的框架，逐层拆解可控核聚变完整产业链，梳理各环节技术逻辑、产品形态与代表性优质标的。本篇为系列开篇，聚焦上游原材料板块。上游是聚变装置的物质根基，主要包含超导及磁体材料、面向等离子体材料、包层材料、高热负荷热沉材料、低温材料及介质、真空室及屏蔽材料、聚变燃料七大方向，覆盖磁体、第一壁、包层、热管理、真空、燃料供给等核心部件所需基础物料。下文我们将依托下表框架，顺着这条脉络逐一展开各细分品类的介绍。

图表 1 可控核聚变上游原材料拆分

产业链	原材料	分类	主要品种及说明
上游	超导及磁体材料	低温超导	NbTi、Nb3Sn
		高温超导	REBCO 带材、Bi-2212、BSCCO
		磁体配套	电绝缘材料、超导导体/电缆（CICC、CORC、高温超导堆叠导体）
	面向等离子体材料（PFMs）	低原子序数材料	铍（Be）、碳纤维复合材料（CFCs）
		高原子序数材料	金属钨、钨合金、钨纤维增强 Wf/W 复合材料
	包层材料	结构钢材	低活化铁素体/马氏体钢（RAFM），如 CLF-1 钢、CLAM 钢等
		氚增殖材料	含锂材料、固态陶瓷增殖剂、液态增殖剂
		中子倍增材料	铍、铅及相关化合物或合金；铍钛材料等
	高热负荷材料	热沉材料	CuCrZr、无氧铜、弥散强化铜、铜钨梯度材料
	低温材料及介质	冷却介质	液氦、超临界氦、液氦、绝热材料、低温支撑材料
	核级结构、管路和屏蔽材料	特种钢材与屏蔽材料	核级奥氏体不锈钢（如 316L(N)-IG、316LN 等）、含硼不锈钢、铁磁钢等
	聚变燃料	氘氚 D-T	氘、氚；锂-6 用于氚增殖

		氘氘 D-D	氘
		氘氦 3 D-^{3}He	氘、氦-3
		氢硼 p-^{11}B	氢、硼-11

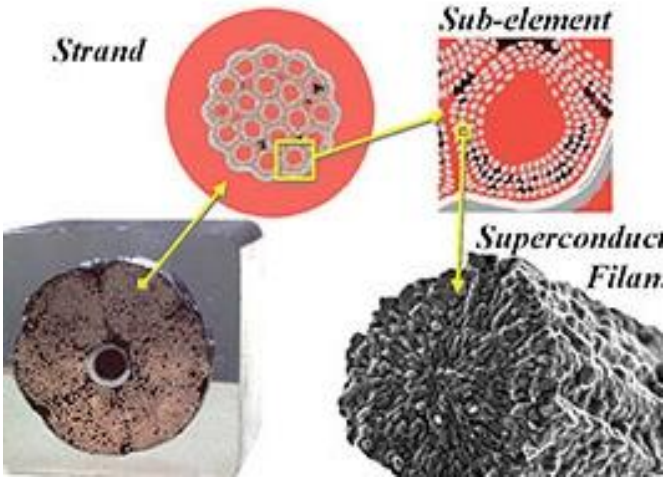
资料来源：华安证券产业研究中心整理

1.1 超导及磁体材料

超导材料（Superconducting）是一种在温度降低到某一临界值（临界温度 Tc），其直流电阻突然降为零，同时对外部磁场表现出完全抗磁性的材料。超导材料具备三大基本特性，即零电阻效应（完全导电性）、迈斯纳效应（完全抗磁性）和约瑟夫森效应（量子隧穿效应），这些特性使其成为实现无损耗大电流传输与强磁场生成的理想载体。在可控核聚变领域超导材料主要用于主机的磁体装置，给上亿摄氏度的等离子体提供约束磁场。

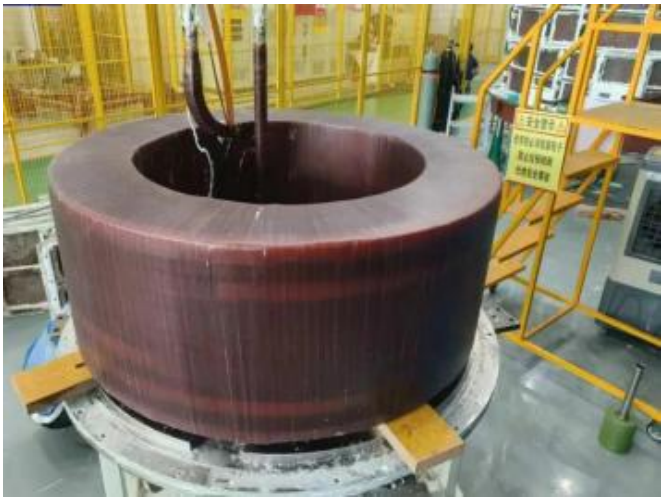
超导材料通常被划分为低温超导（LTS）与高温超导（HTS）两大类。根据临界温度，主要有 40K（-233°C）作为分界的惯例。**低温超导材料**的临界温度一般低于 40K，需要在液氦温区下运行。目前已实现产业化的低温超导材料主要为铌合金超导材料，包括铌钛合金 NbTi 和铌三锡 Nb3Sn 等，其技术较为成熟、性能稳定，长期主导全球超导材料市场。**高温超导材料**的临界温度高于 40K，对于工作环境要求较低，如第二代高温超导带材 REBCO 可在液氮环境下工作，价格远低于液氦，在制冷成本及制冷能耗上具有明显优势。同时，高温超导能提供更高的临界磁场和电流密度，尽管其制备工艺更复杂、成本较高，但被视为未来核聚变的主流发展方向。

图表 2 Nb_3Sn CICC 导体剖面（低温超导）



资料来源：National MagLab，华安证券产业研究中心

图表 3 REBCO 高温超导聚变线圈（高温超导）



资料来源：央视网，华安证券产业研究中心

图表 4 高温与低温超导关键特性对比

特性	低温超导（LTS）	高温超导（HTS）
代表材料	NbTi/Nb_3Sn 等	REBCO/BSCCO 等
临界温度（Tc）	<40K（-233° C）	>40K（-233° C）
工作温区	液氦（4.2K，约-269° C）	液氮（77K，-196℃）
磁场强度	0-15T	0-30T 以上
磁体体积及重量	较大	较小
优势	技术成熟、载流稳定、供应链完备	临界温度高、电流密度大、临界磁场强，利于磁体小型化、降低制冷负荷
代表公司	西部超导、夸夫超导	永鼎股份、上海超导、上创超导、夸夫超导、旌晟超导、深创超导等

资料来源：深企投产业研究院，央视新闻，华安证券产业研究中心

磁体配套与超导材料共同决定导体能否承受加工、冷却、电压与电磁载荷，包括电绝缘材料及超导导体/电缆。聚变装置真空腔体、超导组件、大功率电源、管线系统分别面临高温真空、振动噪声、高低温绝缘、大功率散热等不同工况，**绝缘材料**能够应对真空密封、结构减振、线缆绝缘、电子导热等不同运行环境的变化。**超导导体/电缆**包括 CICC、CORC、高温超导堆叠导体等，核聚变领域主流路线为 CICC（即电缆管内导体），通常将超导股线（如 Nb3Sn、NbTi 或 REBCO 带材）绞成电缆后穿入金属套管，套管兼做冷却通道。ITER 的 CICC 导体材料不仅包含超导股线，还包括铜稳定材料、导体铠甲和结构钢护套。

代表公司：低温超导材料公司主要以西部超导为代表，其为 ITER 项目核心供应商；高温超导公司有上海超导（精达股份联营企业）、东部超导（永鼎股份控股子公司）、上创超导（国内唯一 MOD 工艺）、旌晟超导、深创超导、量晶科技等，夸夫超导在低温、高温超导领域均涉及；磁体配套公司包括科建高分子（绝缘材料）、宝胜股份（超导电缆）、白银有色（超导电缆）、科聚高技术（超导电缆）、中天科技（CICC）、岩超聚能（CICC）等。

1.2 面向等离子体材料

面向等离子体材料（Plasma-facing materials，简称 PFMs），是聚变堆中直接面对高温等离子体的材料，主要应用于第一壁、偏滤器等核心装置部件。PFMs 最终通常以板、块、涂层或复合部件的形式装入装置。材料需要与热沉及支撑结构连接，热量再由冷却回路传出。针对不同型号的托卡马克装置，已探索了多种适配其需求的 PFMs，主要分为两大类：低原子序数材料，如碳基材料中的石墨、碳纤维复合材料以及铍；高原子序数材料，如钼、钨、钨基合金。

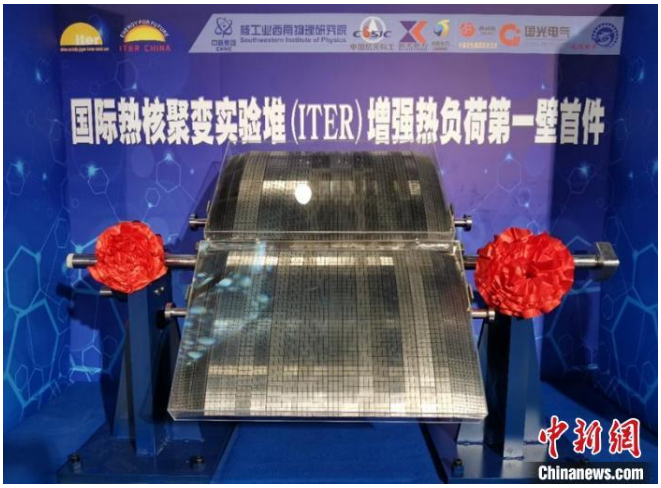
钨及钨合金是目前公认最具前景、且已逐步成为主流选择的 PFMs。铍与碳基材料等低原子序数 PFMs 主要用于聚变装置的早期路线，受制于性能、寿命与原料损耗，低原子序数材料已逐步淘汰；以钨及钨合金为代表的高原子序数材料通过改性改善脆性、提高高温强度并抑制再结晶行为，是最有前景的 PFMs 候选材料。

图表 5 不同材料 PFMs 对比

对比维度	低原子序数 PFMs：铍与碳基材料	高原子序数 PFMs：钨及钨合金
代表材料	铍（Be）、碳纤维复合材料（CFCs）	金属钨、钨合金、钨纤维增强复合材料
主要优势	高热导率、低辐射能量损失	熔点极高、弹性模量大、热导率高、蒸气压低；氚 / 氦滞留量极低；低放射性、不与氢反应、优异的抗等离子体侵蚀能力
主要缺陷 / 局限	铍：熔点低、蒸气压高、溅射率大、具有生物毒性；中子辐照下晶体结构改变、嬗变反应 碳基：抗溅射弱、化学腐蚀速率高，难承受高热负荷；氚滞留较高	钨存在低温脆性、再结晶脆性和辐照脆性问题；杂质容忍度低；抗热冲击、物理溅射和辐照表现偏弱；加工难度大、再结晶温度偏低、韧脆转变温度（DBTT）过高
聚变应用现状	早期项目第一壁 / 偏滤器材料：铍用于 ISX-B、UNITOR；CFCs 用于 DIII-D、NSTX、KSTAR 及 EAST 早期	当前最有前景的候选材料；用于 ITER 偏滤器探针组件，EAST、ITER 偏滤器和限制器
改性 / 发展方向	已逐渐被淘汰，难以满足高热负荷工况要求	① 合金化；② 复合化；③ 弥散强化

资料来源：《核聚变装置偏滤器面向等离子体材料的发展现状与展望》刘家琴等，华安证券产业研究中心

图表 6 ITER 增强热负荷铍第一壁（铍装甲，早期低 Z 面向等离子体部件代表）



资料来源：中新网，核工业西南物理研究院，华安证券产业研究中心

图表 7 ITER 钨单块偏滤器模块（W monoblock，当前主流高 Z 面向等离子体部件）



资料来源：ITER Organization，华安证券产业研究中心

面向等离子体材料由钨材替代铍材正在成为国际主流。ITER 在 2023 年决定将第一壁装甲材料由铍改为钨，官方给出两点解释：1）所有未来为燃烧等离子体设计的聚变装置均计划使用钨作为装甲材料；在此背景下，ITER 使用铍与聚变界的路线图不符；2）对铍存在具体担忧——例如，侵蚀产生的粉尘量、金属的毒性及维护影响，以及最近的建模表明，在中等等离子体电流下，铍在非正常等离子体事件中强烈熔化，或因电磁力作用导致第一壁面板过早失效，因此有必要考虑替代材料。

代表公司：在可控核聚变领域面向等离子体材料 PFMs 的供应商以上市公司为主，铍材供应商有东方钽业（参股西北稀有金属材料研究院，是我国铍材研究和生产基地）、五矿铍业、太洋科技，钨及钨合金材料供应商主要有安泰科技、厦门钨业、中钨高新、天力复合、迈微科技、楚江新材等，多数企业的材料设备已经过国际/国家大科学装置的多次验证，订单确定性较高，例如：厦门钨业为 ITER 供应偏滤器探针组件，安泰科技为 EAST、ITER 提供了偏滤器和限制器，中钨高新已进入 ITER、EAST、HL-3 等国内外核心项目供应链。

1.3 高热负荷材料

热沉材料用于将面向等离子体材料热量快速排出，主要位于偏滤器和包层第一壁等承受极端热流的部件内部。在聚变装置中，面向等离子体部件（PFCs）稳态运行下热负荷需高达 5-30 MW/m²，瞬态热负荷突破 1GW/m²。为维持其如此高温的工况下正常运行，托卡马克装置实际是通过热沉材料与 PFMs 的界面高强度冶金结合，并在热沉材料中设计流道通冷却剂，能迅速带走聚变堆在服役过程中产生的高热量，保证 PFMs 处于安全服役温度范围。

铜合金是热沉材料的首选。铬锆铜合金（CuCrZr）是 ITER 目前首选的热沉材料，其具有较高的热导率和优良的抗中子辐照性能。此外，ODS 铜、纳米级钨铜复合材料、金刚石热沉片也是 PFCs、高功率毫米波传输窗口、等离子体诊断窗口的理想热沉材料之一。

图表 8 铜铬（锆）合金材料铸锭



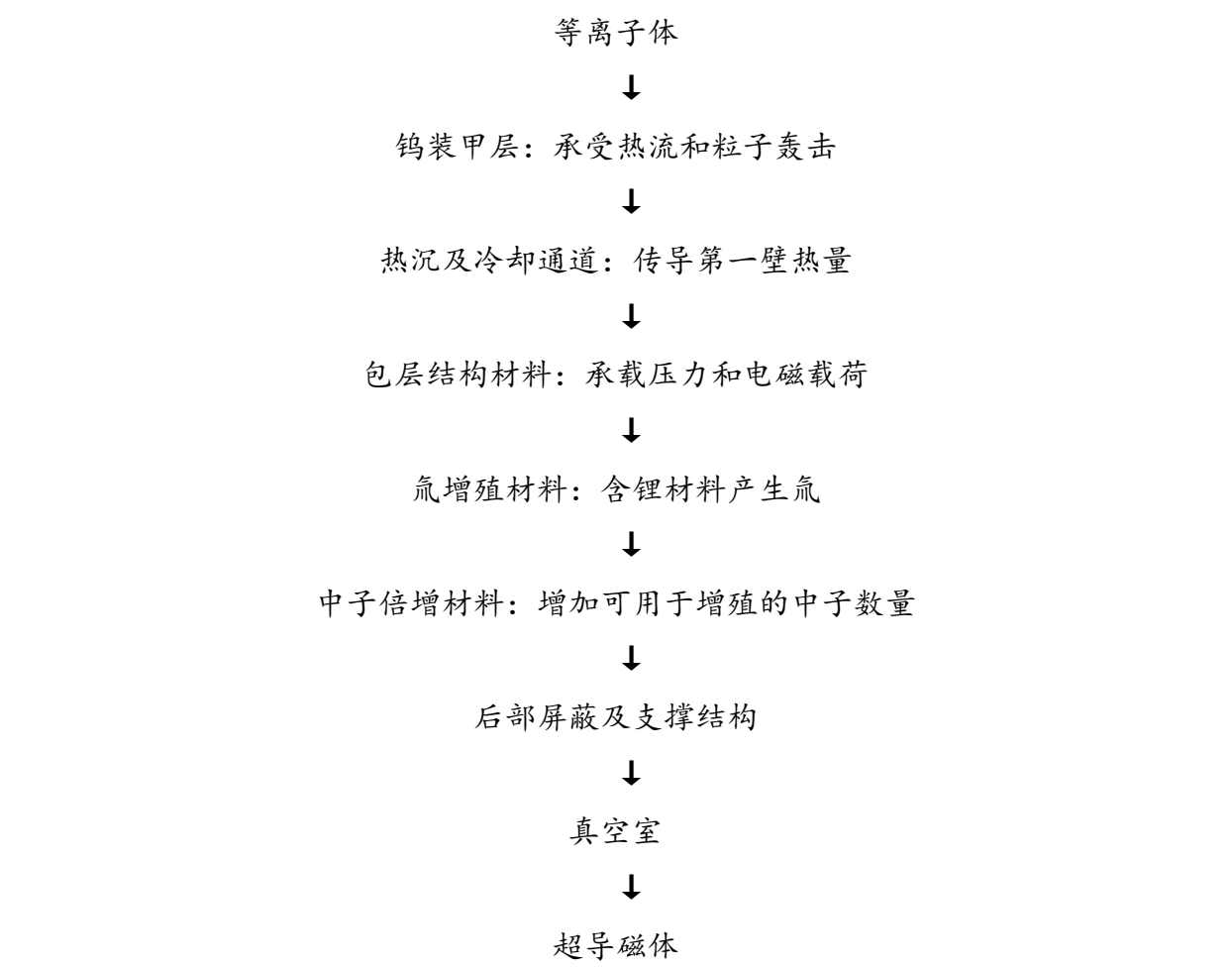
资料来源：斯瑞新材官网，华安证券产业研究中心

代表公司：可控核聚变领域热沉材料的主要标的有斯瑞新材（高强高导铜合金；已成功配套新奥科技等国内关键下游客户）、西部材料/天力复合（天力复合为西部材料控股子公司，已布局复合热沉材料）、安泰科技（钨铜复合热沉）、复鑫力（全资子公司雷夫鑫负责第一壁热沉复合材料）。热沉材料的金属原料与面向等离子体材料 PFMs 的高度重合，因此该材料布局公司多在第一壁、偏滤器等上游材料领域亦有较深厚积累。

1.4 包层材料

包层位于等离子体外围、第一壁后方，是吸收中子、提取热量、屏蔽和氚增殖的系统。值得注意的是，第一壁不等于包层；面向等离子体材料 PFMs 也不等于包层材料。在 ITER 的工程定义中，包层模块由第一壁面板和后面的屏蔽块组成，因此第一壁属于包层系统，但在未来聚变电站的“增殖包层”中，第一壁只是最靠近等离子体的一层，后面的屏蔽块则负责中子屏蔽、支撑第一壁和传递冷却水。

图表 9 从等离子体到超导磁体的系统架构



资料来源：ITER 官网，华安证券产业研究中心整理

包层按装置任务承担中子屏蔽、支撑、取热及氚增殖等功能。结构材料需要承受机械载荷、温度变化和辐照损伤，同时适应冷却介质与增殖材料环境。低活化铁素体/马氏体钢通常简称 RAFM 钢，是聚变包层结构材料的重要研究体系，CLAM 属于相关材料体系的具体发展路线之一。**氚增殖**利用聚变中子与含锂材料作用产生氚，并将氚提取、净化和送回燃料系统，相关材料包括固态陶瓷和液态增殖剂。氚增殖并不是必须项，氘氚聚变消耗氚，ITER 实验包层项目同时用于考察聚变环境下的增殖与取热技术，为后续工程设计积累数据。聚变中子在包层内传播时，会发生散射、吸收及其他核反应，**中子倍增**有助于为氚增殖提供更多可利用中子。铍与相关铍化物、铅及含铅合金是常见的倍增材料。

图表 10 包层系统功能结构

分类	部件	功能	典型材料
包层系统	结构部件	承载、容纳与连接各功能区域	RAFM 钢，如 CLF-1 钢、CLAM 钢等
包层系统	氚增殖	与中子作用，补充氚燃料	含锂陶瓷、锂铅等
包层系统	中子倍增	改善中子经济性	铍、铅及相关化合物或合金
包层系统、面向等离子体部件	第一壁	大面积包围等离子体的最前端壁面，是面向等离子体部件的一类	钨装甲、CuCrZr 或钢热沉、RAFM 钢或不锈钢结构
面向等离子体部件	偏滤器	承受集中热流、排出氦灰和杂质的面向等离子体部件	钨、CuCrZr、钢结构

资料来源：ITER 官网，华安证券产业研究中心整理

代表公司：在可控核聚变领域，包层结构钢材的公司有广大特材（CLAM）、远方装备（CLF-1 钢）、天力复合（CLF-1 钢）、天工国际（RAFM 研发中）等，涉及氚增殖领域的公司有中矿资源、中核同创、中核科技（关联设备）、上海电气（关联设备），而中子倍增材料及研发机构主要包括西北稀有金属材料研究院（东方钽业参股）、核工业西南物理研究院、太洋科技（铍材）。包层材料技术壁垒较高，因此供应商以上市公司和科研院所为主。

1.5 核级结构、管路和屏蔽材料

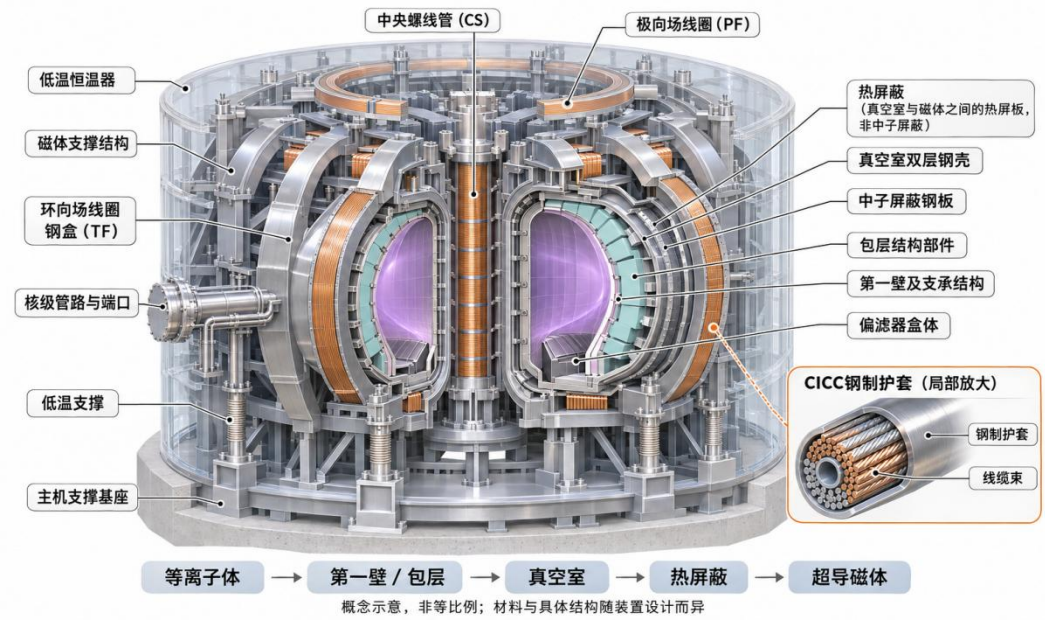
由于真空室、核级管路和中子屏蔽的原材料高度重合、上游制造能力相似、供应商能力有所交叉，因此本报告将三者原材料归为同一上游大类。核级奥氏体不锈钢（如 316L(N)-IG、316LN 等）具有真空室结构材料的相关工程应用积累，同时也是核级管路的主要材料。含硼不锈钢和铁磁钢等可在特定结构或屏蔽区域承担中子吸收、屏蔽和磁场修正等功能，是重要的中子屏蔽及功能材料。值得注意的是，此处核级管路有别于 CICC 导体和低温支撑材料，特用于主机真空、冷却、氚燃料输送；中子屏蔽包含包层主体、真空室夹层和外围生物等多级体系，这里单独统一归为屏蔽材料。

图表 11 上游结构钢材梳理表

分类	环节	解释	核心功能	典型材料
核级结构、管路和屏蔽材料	真空室	包围等离子体的密封钢制容器	提供高真空环境；构成放射性物质第一道包容边界；支撑包层、偏滤器等堆内部件；承受电磁力和热载荷	316L(N)-IG、316LN 等核级奥氏体不锈钢
	核级/特种管路	聚变装置内部输送流体和气体的管道	输送冷却水、氦气、氘氚燃料、真空尾气等；承受温度、压力、辐照和氚渗透	奥氏体不锈钢、低温不锈钢、镍基合金及特种密封、焊接材料
	中子屏蔽	阻挡和吸收聚变中子的防护层	降低中子和次生伽马射线对磁体、设备、建筑和人员的影响；减少材料活化；部分材料兼具磁场修正功能	含硼不锈钢、铁磁性不锈钢、含硼钢、含硼混凝土等
包层系统	包层结构部件	位于第一壁后方，支撑第一壁	承受机械载荷、温度变化和辐照损伤；适应冷却介质与增殖材料环境	RAFM 钢，如 CLAM、CLF-1、EUROFER，核级不锈钢
	面向等离子体结构部件	第一壁结构基体+偏滤器盒体	承载装甲与固定组件；承受并导出高热负荷	RAFM 钢、316L（N）-IG
超导及磁体材料	磁体线圈盒(TF/PF)	包裹超导绕组的大型钢制承压壳体	固定约束超导线圈；传递巨大电磁载荷；磁体主承力结构	316L（N）、CHSN01 等核级不锈钢
	CICC 钢制护套	超导电缆导体外包钢制护套	约束超导缆；承受电磁力与机械载荷；阻隔氦气	316L、316LN、低活化不锈钢
低温材料及介质	低温支撑材料	液氦低温输送管路；热屏蔽体	输送超低温氦制冷剂；阻隔辐射热流；降低低温系统制冷负荷	316L、304L 等低温奥氏体不锈钢
主机系统	主机支撑基座/框架	整机大型钢制支承框架	承载真空室、磁体与堆内组件重量；抗地震与电磁冲击	304LN、316LN 核级结构不锈钢

资料来源：ITER 官网，华安证券产业研究中心整理

图表 12 通用托卡马克聚变装置钢结构及部件位置示意图



资料来源：华安证券产业研究中心绘制

代表公司：可控核聚变领域结构钢材的主要标的有久立特材（ITER 用 PF 导管/方圆管）、融发核电（特种管道和真空部件；已成功交付 ITER 项目）、天工国际（旗下子公司天工爱和中标 BEST 真空室屏蔽系统项目；已布局核聚变核心部件专用材料高硼不锈钢和 RAFM 低活性钢）、禾材高科（中子功能陶瓷材料；已布局硼化钨中子屏蔽材料、SiC/SiC 复合材料以及 Li_4SiO_4 含锂增殖陶瓷等方向）。由上表可以看出，聚变装置不同结构部件的钢材高度重合，主要包括核级奥氏体不锈钢、RAFM 钢、含硼不锈钢等，部分核级钢材的龙头企业已承接多个部件的材料供应，实现多线并行、多单交付的实质性跨越，形成较强的行业竞争壁垒。

1.6 低温材料及介质

维持超导磁体稳定运行离不开冷却介质的支撑。核聚变装置会在超导材料内部冷却管道注入冷却介质实现冷却，使运行环境温度不超过临界温度。为防止失超导致超导材料热烧毁，冷却介质的纯度需达到 5N 及以上，避免低温下杂质气体凝固堵塞管道，这一硬性指标直接拉高了行业准入门槛。低温超导磁体需稳定处于液氦温区（沸点 4.2K，约-269℃），而高温超导磁体则可根据功率状态进行温区选择，主流是使用液氮（沸点 77K，-196℃）来冷却。液氮的制备成本只有液氦的 1/20，大大降低了使用门槛和运营成本。

图表 13 液氦杜瓦罐



资料来源：凤凰网资讯，华安证券产业研究中心

图表 14 液氦杜瓦罐



资料来源：阿里巴巴，华安证券产业研究中心

代表公司：已参与可控核聚变产业的液氦/液氮生产商主要有金宏气体（投资者互动平台表示部分产品成功导入）、美科氦业（中国科学院等离子物理研究所与美国 HTI-NUTECH 合资）、广钢气体（董事长专访中提到为核聚变实验装置提供关键支撑）、瑞信气体（持有大阳日酸瑞信气体 49%股份，曾参与核工业西南物理研究院、华中科技大学液氦采购招投标），其他具备相关气体供应潜力的公司有蜀道装备、凯美特气、华特气体、谱源气体、九丰能源、白银有色等。

1.7 聚变燃料

聚变燃料是聚变装置的根本性约束。不同燃料的原子核属性、点火阈值、反应温度、功率密度、聚变产物存在显著差异，从而决定了聚变装置的整体设计框架，影响着设备复杂程度、工程落地难度、上下游供应链配套，以及电站全生命周期的能量经济效益。可以说，看似简单的燃料选型，是决定可控核聚变能否从实验室样机走向商业化应用的核心关键。

D-T 燃料是目前最易实现点火的聚变反应，是目前商业化的首选。理论上可以用于聚变的燃料组合有氘-氚（D-T）、氘-氦 3（D-^{3}He）、氘-氘（D-D）及氢-硼 (p-B^{11}) 聚变。近期大型实验装置普遍优先选择氘-氚（D-T），主因其相对其他类型聚变反应所需要的点火温度较低、三乘积最低、粒子动能更小，可以在较低能量处即拥有较高的反应截面（概率）。

图表 15 可控核聚变燃料路线比较

燃料路线	定位	中子特征	核心优势	主要难点	代表主体

D-T(氘-氚)	商业化首选路线	中子能量最高，产生 14.1MeV 高能快中子	低点火温度、大反应截面、聚变三乘积最低；高能释放与自持加热；技术积累最成熟	氚天然稀缺性；高能中子造成辐照损伤和材料活化	ITER、CFS、聚变新能
D-D(氘-氘)	过渡路线	产生 2.45MeV 低能中子	不依赖氚与锂增殖包层；燃料供给简单；工程维护难度下降	反应速率比偏低；需更高温度、更长约束时间；仍存在中子损伤	偏基础研究、部分初创装置，如原能聚变
D-^{3}He(氘-氦 3)	低中子中间态路线	主反应无中子，副反应（D-D）带来少量中子	辐照损伤显著降低；带电产物可直接电能转换	点火温度较高；地球上氦 3 资源极稀缺	Helion、东昇聚变
p-B^{11}(质子-硼 11)	终极无中子理想路线	几乎无中子，低放射性废物	完全无中子、放射性负担极小；硼 - 11 储量丰富；可直接电能转换	点火温度极高；轫致辐射能量损失严重；反应截面极低，劳逊判据要求严苛	TAE Technologies、新奥聚变

资料来源：《可控核聚变研究现状及未来展望》李建刚，华安证券产业研究中心整理

代表公司：可控核聚变领域的氚燃料供应商与上文“氚增殖材料”企业高度重合（如中矿资源），部分聚变主机装置厂商（如中国聚变）亦自行开展氚自持循环和燃料系统的研发；具备氦原料供应潜力的公司同上文“低温介质-氦气”企业高度重合，亦可通过一家供应商实现多端材料的供给；氚在自然界较为稀缺，目前在可控核聚变领域实现氚气供应的企业较少，明确表示参与聚变项目的企业有正帆科技。

1.8 上游产业链公司梳理

综上，可控核聚变上游分为超导及磁体材料、面向等离子体材料、包层材料、高热负荷热沉材料、核级结构管路与屏蔽材料、低温材料及介质、聚变燃料七大板块，各个材料环节各司其职，共同构成聚变装置运行的物质基础。**超导及磁体材料**是装置实现强磁场约束的核心，CICC 超导导体、磁体绝缘等配套部件同样不可或缺；**面向等离子体材料**直面等离子体轰击，钨基材料已经成为当前工程化主流选择；**包层材料**承担结构承载、氚增殖、中子倍增的关键职能，RAFM 低活化钢、锂基增殖材料是商用 D-T 堆的核心壁垒；**高热负荷热沉材料**保障堆内极端热流条件下的部件散热；**核级特种钢材、管路及屏蔽材料**为装置提供结构支撑与中子防护；**低温介质**保障超导系统稳定运行；**聚变燃料**路线则从底层决定装置的设计框架与工程难度。

当前国内聚变产业正由实验室样品验证走向工程化部件批量交付阶段。伴随 BEST、CRAFT、EAST 等国内装置建设提速以及 ITER 采购持续落地，上游各细分赛道已经涌现一批具备项目供货经验的上市公司、创业企业与科研转化主体。不同企业依托自身材料工艺、核级制造、特种焊接等能力，分别切入对应细分环节。下面我们通过产业图谱全景展示七大上游材料赛道对应的主要参与主体。

图表 16 可控核聚变上游材料产业图谱



资料来源：华安证券产业研究中心绘制

2. 本月行业新闻

2.1 国际前瞻

【德国启动聚变里程碑计划：从技术资助转向企业培育】

2026 年 10 月 7 日，德国联邦突破创新局（SPRIND）代表德国联邦研究、技术与空间部（BMFTR）正式启动聚变里程碑计划（Fusion Milestone Program）。该计划作为德国 High-Tech Agenda （HTAD）的一部分，将通过竞争性机制，为初创企业和年轻企业提供基于技术与财务里程碑的资金支持，推动其向聚变示范电站乃至聚变电站迈进。与传统科研资助不同，这一计划更强调企业自身商业化路线、阶段性成果和私人资本撬动能力。德国政府希望借此进一步缩短从聚变科研到商业化应用之间的距离。（核聚变商业化公众号，2026 年 10 月 9 日）

【日本仿星器企业 Helical Fusion 完成 B 轮第二次交割募资 32.3 亿日元】

10 月 8 日，日本致力于开发仿星器路线的聚变能源企业 Helical Fusion 宣布完成 B 轮第二次交割，募资 32.3 亿日元（约合 2060 万美元）。本轮标志着围绕"Helix 计划（Helix Program）"形成的产业联盟进一步扩大。日本大型电气与工业设备制造商富士电机（Fuji Electric Co., Ltd.）同时以投资者与 Helix 计划官方合作伙伴身份加入。（可控核聚变公众号，2026 年 10 月 10 日）

【General Fusion 磁化靶聚变装置 LM26 电子温度突破 1keV】

2026 年 10 月 8 日，加拿大聚变能源企业 General Fusion（纳斯达克代码：GFUZ）联合英国原子能管理局 UKAEA 发布公告，其大型磁化靶聚变（MTF）演示装置 LM26 取得全球首创成果：依靠低速压缩实现等离子体电子温度突破 1keV，同时实现可观离子加热。这是 LM26 设定的三大技术里程碑中的第一项，为聚变商业化迈出关键一步。（可控核聚变公众号，2026 年 10 月 12 日）

【美国 DOE 聚变里程碑计划，激光 / 脉冲功率 / AI 全路线提速商业化】

2026 年 10 月 13 日，里程碑式聚变发展计划再传集中进展：Xcimer Energy、Zap Energy、Commonwealth Fusion Systems（CFS）三家企业先后公布关键节点成果，覆盖惯性约束、Z 箍缩、磁约束三大技术路线，从核心部件、系统架构到智能化运营全面落地。2023 年美国能源部（DOE）启动的里程碑式聚变发展计划，曾被视作撬动全球聚变商业化的关键杠杆 —— 遴选出 8 家私营聚变企业，以“节点验证、分批资助”的公私合营模式，目标 5~10 年内完成示范电站设计并攻克核心技术难题。（下一代核能公众号，2026 年 10 月 14 日）

2.2 国内动态

【中共中央、国务院印发《关于发展新质生产力的意见》】

10 月 9 日，中共中央、国务院印发《关于发展新质生产力的意见》，部署 19 项重点举措，包含大力推进科技创新、推动科技创新和产业创新深度融合、着力推进发展方式创新、扎实推进体制机制创新、深化人才工作机制创新五大方面。其中，在“推动科技创新和产业创新深度融合”板块，《意见》提出要前瞻布局未来产业，探索多元技术路线、典型应用场景、可行商业模式、市场监管规则，推动包括氢能与核聚变能在内的未来产业发展。（聚变安全公众号，2026 年 10 月 11 日）

【上海超导三期基地封顶，全球首创 3 公里级超导带材问世】

10 月 18 日，上海超导科技股份有限公司位于浦东张江科学城的二代高温超导带材生产及总部基地三期项目正式全面封顶，标志着这一全球超导领域产能规模最大的项目，正式从土建建设阶段转入产线组装与设备调试阶段。该基地规划年产能达 1.5 万公里（12mm 规格），全部达产后，上海超导总产能将攀升至 2 万公里/年，登顶全球第二代高温超导带材细分领域产能榜首。封顶仪式上，上海超导总裁朱佳敏公布了产线核心技术进展：三期基地将投产全球首创的 3 公里单根长带量产线，预计 2027 年一季度实现首批产品下线。（下一代核能公众号，2026 年 10 月 19 日）

【太乙核能仿星器聚变基地落地无锡高新区】

2026 年 10 月 16 日，据无锡高新区官方消息，太乙核能可控核聚变仿星器研发验证基地项目签约落地无锡高新区，总投资超 25 亿元，为江苏省首个仿星器路线可控核聚变项目。项目规划建设仿星器研发验证平台和核聚变技术验证基地，按"实验装置级—工程堆级—聚变堆级"三个阶段分步实施。太乙核能成立于 2026 年 7 月，是江苏省第一家核聚变整机企业，此次落地采用其提出的全球首创"双模仿星器"位型设计，可在一台装置上实现 QA 准轴对称与 QI 准等动力的混合位形。这反映长三角聚变装备产业链正加速集聚。（核聚变商业化公众号，2026 年 10 月 19 日）

【核聚变连获政策加码前瞻布局未来产业】

2026 年 10 月 20 日至 22 日，核聚变能连获政策加码。20 日，国家发改委发布会介绍新质生产力意见部署，将氢能和核聚变能与量子科技、生物制造等并列为未来产业，强调抢占制高点；21 日，中办、国办印发科技创新和产业创新深度融合意见，同样将氢能和核聚变能并列，探索多元技术路线、典型应用场景、可行商业模式；22 日，工信部等八部门印发产业基础能力提升十五五规划，将聚变列入前沿领域，前瞻布局关键基础产品创新任务。（核聚变商业化公众号，2026 年 10 月 26 日）

【星环聚能 NTST 装置实验大厅完成主体结构封顶，杜瓦正式交付】

近日，星环聚能自主研发的原生负三角球形托卡马克装置（NTST）建设取得两项重要进展：位于上海嘉定徐行镇实验基地的装置实验大厅完成主体结构封顶，装置杜瓦完成制造与出厂验收，正式交付。两大节点的完成，为 NTST 装置后续设备进场、现场安装与系统集成奠定了基础。（可控核聚变公众号，2026 年 10 月 31 日）

2.3 安徽近况

【合肥聚能超导线材科技有限公司正式开业】

2026 年 10 月 13 日，由西部超导材料科技股份有限公司、西北有色金属研究院、合肥综合性国家科学中心能源研究院有限公司及科大硅谷引导基金（安徽）合伙企业（有限合伙）共同出资设立的合肥聚能超导线材科技有限公司，在安徽合肥正式开业。新材料是发展新质生产力、构建现代化产业体系的重要支撑。合肥聚能于 2026 年

4 月 20 日注册成立，聚焦高性能低温及高温超导材料研发与产业化，重点开展铌三锡（Nb3Sn）低温超导材料、铋系（Bi 系）高温超导材料研发制造，推动技术成果向工程化、规模化应用转化。（星澄可控核聚变公众号，2026 年 10 月 13 日）

【曦华波源实现百秒量级长脉冲运行】

近日，安徽曦华波源科技有限公司在聚变用回旋管测试中取得重要突破：170 GHz 回旋管实现 150 kW 功率、100 秒长脉冲运行。该成果标志着曦华波源在高频回旋管长脉冲运行技术方面迈出关键一步，也为 170GHz 回旋管国产化积累了新的实践经验。（亚化可控聚变与量子公众号，2026 年 10 月 21 日）

【第一届核聚变能控制大会在合肥召开】

2026 年 10 月 27 日至 28 日，第一届核聚变能控制大会暨第五届人工智能在磁约束聚变控制应用会议在合肥召开。大会由中国科学院等离子体物理研究所、安徽省聚变产业联合会、中国物理学会等离子体物理分会主办，聚焦核聚变能控制核心主线。来自国内主要聚变装置团队的专家集中介绍 EAST、环流器 3 号、玄龙 50U、J-TEXT、SUNIST-2、晨光 HOPE 的运行控制进展与人工智能应用成果。学术与产业会议同步召开，围绕智能控制算法、数字孪生、破裂预测及产业落地深入研讨。（核聚变商业化公众号，2026 年 11 月 2 日）

3. 本月投融资事件

3.1 本月投融资事件汇总

据不完全统计，10 月共有 10 件可控核聚变行业投融资事件发生，投融资对象多为华东地区企业，其中 3 家在安徽合肥，3 家在上海市；事件多为初始轮次融资，其中天使轮 4 件，Pre-A 轮 3 件，A 轮及以上 2 件。

产业链方面，投资标的中共有 5 家位于产业链中游，其中支撑系统领域 4 家、主机系统领域 1 家。主机厂商 1 家，聚焦仿星器（岩超聚能）技术路线。除此之外，标的企业位于上游的有 4 家，主要布局高温超导领域。

图表 17 可控核聚变行业 10 月投融资事件梳理

融资时间	公司	行业	地区	投资机构	事件轮次	融资金额	最新估值	产业链
2026/10/12	智瑞捷电气	电子元件	湖北武汉	中科创星 光谷金控 普朗克创投 龙芯创投	Pre-A 轮	未披露	未披露	中游-支撑系统-电源系统
2026/10/12	深创超导	新材料	广东深圳	熠钧科技	天使轮	未披露	未披露	上游-超导及磁体材料-高温超导

2026/10/8	**禾材高科**	**新材料**	**安徽合肥**	**万联广生 捷创资本 深创投 道翼资本**	**天使+轮**	**未披露**	**未披露**	**上游-包层材料-核级结构、管路和屏蔽材料；下游-衍生应用-核医疗**
2026/10/14	**束研聚创**	**新能源**	**上海**	**上海未来产业基金 成都技转创投 成都科创投**	**天使+轮**	**未披露**	**未披露**	**中游-支撑系统-加热与电流驱动系统**
2026/10/13	岩超聚能	新能源	上海	万联广生 岩山科技 洪山资本 鸿元投资	Pre-A轮	未披露	未披露	下游-主机装置-仿星器
2026/10/15	临界领域	新材料	北京	不公开的投资者 中信建投 深创投集团 长江资本	不详	未披露	未披露	上游-超导及磁体材料-高温超导
2026/10/15	可视科学	综合硬件	安徽合肥	上海未来产业基金 云道资本 浦东创投	天使轮	未披露	未披露	中游-配套系统-数字软件研发
2026/10/21	紫明低温	智能装备	浙江绍兴	东方江峡 中核产业基金 常金控 杭州固泽基金 策源资本	A+轮	未披露	未披露	中游-支撑系统-低温制冷系统
2026/10/22	**合肥科烨电物理**	**机械装备**	**安徽合肥**	**上海产业知识产权基金 上海科创投集团(上海科创) 中科育成创投 华泰紫金 合肥创新投资 国科创投 敦鸿资产 经纬创投**	**A 轮**	**未披露**	**未披露**	**中游-主机系统-总装集成**
2026/10/26	量晶科技	新材料	上海	云岫资本 国新科创基金(国新基金) 深创投	Pre-A轮	未披露	未披露	上游-超导及磁体材料-高温超导

资料来源：ifind，华安证券产业研究中心整理

3.2 本月重大投融资事件

【束研聚创：完成年内第三轮千万级融资】

10 月 14 日，束研聚创（上海）科技有限公司完成千万级新一轮融资，本轮由上海国投旗下上海未来产业基金、成都科创投集团旗下成都未来产业天使基金联合投资。这是公司 2026 年完成的第三轮融资，继 2026 年 7 月天使轮融资后再度获得市场加注，进一步夯实“国资引领+产业赋能+市场化助力”的多元资本结构，在国内聚变上游装备赛道的行业占位持续巩固。公司累计融资规模已超亿元。本轮资金将主要用于中性束核心装备技术迭代、研产基地产能扩建、核心工程团队补强及市场拓展。

束研聚创成立于 2025 年，总部位于上海，是国内专注可控核聚变核心辅助系统及工业应用的商业化供应商，为聚变装置提供从核心部件到成套系统的整体解决方案，是国内少数具备中性束加热成套系统研制能力的企业。

【合肥科烨电物理：完成 A 轮融资】

10 月 22 日，可控核聚变核心部组件供应商合肥科烨电物理设备制造有限公司宣布完成融资，投资人包括上海产业知识产权基金、华泰紫金、中科育成创投、敦鸿资产、上海科创投、经纬创投、合肥创新投等机构。本轮融资是科烨电物理在引入长三角吉六零科创基金、安徽创投、中信建投资本、紫金矿业资产等机构后的新一轮加码。资金将主要用于全技术路线核心工艺迭代，以及半导体、医疗等第二增长曲线的产能扩张。

科烨电物理成立于 2007 年 1 月，总部位于合肥高新区。作为国内最早进入核聚变领域的民营企业之一，科烨电物理长期深耕聚变工程装备领域，已深度参与 ITER、EAST、CRAFT、BEST 等国内外重大科学工程及聚变装置建设，并形成覆盖超导磁体、过渡馈线系统、真空系统、低温系统、加热系统及电源系统等核心环节的产品与工程能力。

【禾材高科：中科院系聚变材料获深创投数千万元天使轮融资】

10 月 8 日，安徽禾材高科技有限公司完成数千万元天使+轮融资。本轮融资由捷创资本领投，深创投、万联广生、道翼资本共同投资，天使轮投资方合肥创新投继续跟投。资金将用于核心中子功能材料研发、产线产能建设与团队扩充，加速产品工程化落地与产业化进程。

禾材高科 2025 年落地合肥瑶海区，是国内中子功能特种陶瓷、辐射防护材料硬科技企业，聚焦裂变核能、核医疗、可控核聚变三大赛道，面向中子慢化、中子吸收、强辐射屏蔽等极端核环境需求，打造中子功能陶瓷材料平台。公司已形成氟化物慢化陶瓷、稀土中子材料、硼化物中子吸收材料等成熟产品体系，并前瞻布局 SiC/SiC 复合材料、含锂陶瓷等下一代核能关键材料。

4. 风险提示

技术研发不及预期：当前聚变能应用仍面临燃烧等离子体研究、抗中子辐照材料研究、氚自持等多重挑战，目前多数装置均以研究为主，若技术研发不及预期，或影响聚变行业投资及商业化节奏。

行业招标规模不及预期：目前聚变业务在多数企业的业绩中占比较小，若下游企业、科研机构等招标规模不及预期，或影响相关企业聚变业绩的兑现。

国内外技术竞争：聚变能源技术是未来大国竞争的重要主题之一，目前聚变领域我国尚有部分技术存在对外依赖，若受国际政治与科技竞争影响，或面临部分技术封锁风险，进而影响产业发展节奏。

分析师与研究助理简介

庞士伟

华安证券产业研究分析师，5 年新能源产业经验，3 年投资行业经历，主要覆盖新能源汽车、光伏及储能等领域产业研究。

欧阳欣玥

华安证券产业研究助理，毕业于香港中文大学和美国西北大学，主要覆盖能源产业研究。

重要声明

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，以勤勉的执业态度、专业审慎的研究方法，使用合法合规的信息，独立、客观地出具本报告，本报告所采用的数据和信息均来自市场公开信息，本人对这些信息的准确性或完整性不做任何保证，也不保证所包含的信息和建议不会发生任何变更。报告中的信息和意见仅供参考。本人过去不曾与、现在不与、未来也将不会因本报告中的具体推荐意见或观点而直接或间接收任何形式的补偿，分析结论不受任何第三方的授意或影响，特此声明。

免责声明

华安证券股份有限公司经中国证券监督管理委员会批准，已具备证券投资咨询业务资格。本报告由华安证券股份有限公司在中华人民共和国（不包括香港、澳门、台湾）提供。本报告中的信息均来源于合规渠道，华安证券研究所力求准确、可靠，但对这些信息的准确性及完整性均不做任何保证。在任何情况下，本报告中的信息或表述的意见均不构成对任何人的投资建议。在任何情况下，本公司、本公司员工或者关联机构不承诺投资者一定获利，不与投资者分享投资收益，也不对任何人因使用本报告中的任何内容所引致的任何损失负任何责任。投资者务必注意，其据此做出的任何投资决策与本公司、本公司员工或者关联机构无关。华安证券及其所属关联机构可能会持有报告中提到的公司所发行的证券并进行交易，还可能为这些公司提供投资银行服务或其他服务。

本报告仅向特定客户传送，未经华安证券研究所书面授权，本研究报告的任何部分均不得以任何方式制作任何形式的拷贝、复印件或复制品，或再次分发给任何其他人，或以任何侵犯本公司版权的其他方式使用。如欲引用或转载本文内容，务必联络华安证券研究所并获得许可，并需注明出处为华安证券研究所，且不得对本文进行有悖原意的引用和删改。如未经本公司授权，私自转载或者转发本报告，所引起的一切后果及法律责任由私自转载或转发者承担。本公司并保留追究其法律责任的权利。

不出具投资评级的声明

本报告为产业研究报告，主要用于产业布局、发展趋势等的参考，并非用于二级市场投资建议，故不做投资评级，请审慎参考。