

2026-2031年中国可控核聚变能源行业发展分析与投资前景预测报告

报告简介

核聚变反应的核心物理机制是轻核在极高温、压力条件下克服原子核间的库仑斥力，发生碰撞并融合形成更重的原子核，同时伴随质量亏损并释放巨大能量(遵循质能方程 $E=mc^2$)。宇宙中最常见的聚变反应是氢核(质子)融合形成氦核，而人工可控核聚变研究中，氘(D)与氚(T)的融合反应因门槛相对较低、反应截面最大成为主流研究方向，该反应可释放17.6MeV的能量，同时产生高速中子。

全球聚变行业经历爆发式增长，投资规模急剧扩张，标志着资本市场对其商业化前景的信心趋于成熟。根据美国聚变工业协会发布的《2025年全球聚变行业》报告，2025年全球聚变研发投入规模约为26.44亿美元，预计2030年达到149.52亿美元，凸显聚变能源作为解决未来清洁能源需求的战略吸引力。

近年来是聚变产业链初步成型的关键时期，装置建设市场显现出明确的商业化导向，2024年全球装置建设市场规模约为100亿美元;部件供应链在规模和技术能力上迅速提升，2024年全球部件供应市场规模约为120亿美元;而专业的技术服务市场已成为支撑产业发展的重要一环，2024年全球技术服务市场规模约为18亿美元。

国家层面将核聚变纳入前沿颠覆性技术战略布局，财政投入呈现持续增长态势，为产业发展提供稳定资金支撑。据中国核能行业协会《2024中国核聚变发展白皮书》数据，中央财政对聚变研发的年度投入已从2020年的约8亿元增至2024年的22亿元，“十四五”期间年均支持额度超15亿元;《“十四五”能源领域科技创新规划》明确设立“聚变能开发与示范工程”重大专项，预计2026—2030年累计财政投入将达200亿元以上，重点投向关键部件国产化、材料辐照测试平台建设及示范堆前期设计。社会资本已成为聚变领域投资的重要力量，投资赛道聚焦核心产业链环节，关键设备赛道，覆盖射频电源、真空系统、超导磁体等，国光电气、安泰科技等细分龙头凭借项目订单优势吸引资本布局，其中国光电气2024年斩获46项聚变项目订单，金额合计8.7亿元;智能化赋能赛道，AI等离子体控制、数字孪生仿真系统等技术方向成为资本新热点。

本研究咨询报告由北京中道泰和信息咨询有限公司领衔撰写，在大量周密的市场调研基础上，主要依据了国家统计局、国家商务部、国家发改委、国家经济信息中心、国务院发展研究中心、国家海关总署、全国商业信息中心、中国经济景气监测中心、51行业报告网、全国及海外相关报刊杂志的基础信息以及可控核聚变能源行业研究单位等公布和提供的大量资料。报告对我国可控核聚变能源行业的供需状况、发展现状、子行业发展变化等进行了分析，重点分析了国内外可控核聚变能源行业的发展现状、如何面对行业的发展挑战、行业的发展建议、行业竞争力，以及行业的投资分析和趋势预测等等。报告还综合了可控核聚变能源行业的整体发展动态，对行业在产品方面提供了参考建议和具体解决办法。报告对于可控核聚变能源产品生产企业、经销商、行业管理部门以及拟进入该行业的投资者具有重要的参考价值，对于研究我国可控核聚变能源行业发展规律、提高企业的运营效率、促进企业的发展壮大有学术和实践的双重意义。本报告也可以用于专精特新“小巨人”申请申报。

报告目录

第一章 可控核聚变能源行业基础概述

第一节 核聚变科学原理与技术本质

- 一、核聚变反应物理机制与三重积判据
- 二、可控实现路径的理论基础与工程挑战
- 三、聚变能相较于裂变能与可再生能源的核心优势

第二节 行业技术路线分类体系

- 一、磁约束聚变(mcf)技术家族：托卡马克、仿星器、磁镜
- 二、惯性约束聚变(icf)技术路径：激光驱动、z箍缩、重离子驱动
- 三、新兴聚变概念：磁化惯性约束(mif)、场反位形(frc)与紧凑装置

第二章 全球可控核聚变发展格局与竞争态势

第一节 主要国家战略布局与投入强度对比

- 一、美国《聚变能战略2024》与里程碑计划的资金分配机制

二、欧盟eurofusion路线图与工业伙伴协同模式

三、日本、韩国、俄罗斯等国特色化技术路径选择

第二节 国际大科学工程合作与博弈

一、ITER项目2026-2031年建设关键节点与延期风险评估

二、双多边合作新机制：美英日三方协议、中美科技竞争背景下的有限合作

三、全球专利池构建与技术壁垒攻防策略

第三节 私营聚变企业崛起与商业生态重构

一、CFS、Helion、TAE等头部企业技术路线与融资估值分析

二、企业-国家实验室协同创新模式的可复制性

三、全球供应链本土化与区域化趋势研判

第三章 中国可控核聚变行业发展现状与资源禀赋

第一节 国家战略体系与政策架构

一、国家“十四五”规划与中长期能源战略的衔接机制

二、“十五五”规划前期研究与聚变能定位再评估

三、财政资金、国资平台与社会资本协同投入模式

第二节 国家级研发平台与重大工程进展

一、EAST装置长脉冲高参数运行纪录与技术迭代

二、聚变堆主机关键系统综合研究设施(CRAFT)建设进度

三、环流三号(HL-3)装置实验突破与工程化验证

第三节 中国聚变工程试验堆(CFETR)规划与实施路径

一、CFETR技术方案选型与关键指标设定($Q \geq 10$)

二、建设时序分解：2026-2031年技术预研与工程设计

三、与best、dampe等紧凑型装置的协同逻辑

第四章 核心技术路线深度剖析与成熟度评估

第一节 托卡马克路线工程化瓶颈

- 一、第一壁材料与偏滤器热负荷管理技术演进
- 二、超导磁体高场强(大于15t)运行稳定性与失超保护
- 三、氦自持增值包层设计验证与氦回收率提升路径

第二节 惯性约束路线商业可行性

- 一、激光驱动效率提升与重频运行技术障碍
- 二、靶丸制备成本结构与规模化生产可行性
- 三、聚变增益q值与能量提取效率的平衡点测算

第三节 紧凑化、模块化技术革命

- 一、高温超导磁体(hts)小型化对成本曲线的重塑
- 二、球形托卡马克(st)与场反位形(frc)装置参数对比
- 三、商业公司技术验证装置(如sparc、zapenergy)的示范效应

第五章 聚变堆关键系统与部件产业链分析

第一节 磁体系统技术经济分析

- 一、铌三锡(nb₃sn)与铌钛(nbti)超导线材性能成本对比
- 二、高温超导带材(rebco)产业化进程与降本预测(2026-2031)
- 三、磁体绕制、绝缘与冷却系统一体化设计挑战

第二节 加热与电流驱动系统

- 一、中性束注入(nbi)与电子回旋共振加热(ecrh)效率优化
- 二、离子回旋加热(icrh)与低杂波电流驱动(lhcd)协同控制

三、兆瓦级射频源与高压电源系统国产化替代空间

第三节 诊断与控制系统智能化升级

一、汤姆逊散射、中子诊断与边界等离子体实时监测技术

二、ai驱动的等离子体位形预测与破裂规避算法

三、数字孪生聚变堆全系统仿真平台建设进展

第六章 聚变燃料循环与放射性安全管理

第一节 氚资源战略与供应链构建

一、全球氚库存分布与生产瓶颈(2024年小于30kg)

二、氚增殖包层(tbr大于1.2)工程技术验证时间表

三、氚提取、纯化与再循环系统的经济性测算

第二节 中子辐照材料损伤与寿命评估

一、14mev中子对结构材料的嬗变与脆化效应数据库

二、低活化马氏体钢(rafm)与钨合金服役寿命预测模型

三、材料辐照后检验(pmi)与加速老化试验方法

第三节 放射性废物管理与公众接受度

一、聚变设施低中放废物产生量估算与处置路径

二、氚泄漏风险评估与气态废物处理技术

三、公众沟通策略与社会许可(sociallicense)获取机制

第七章 2026-2031年全球及中国聚变市场规模测算

第一节 全球市场规模与增长动能

一、2026-2031年全球聚变研发投入投资规模

二、聚变产业链细分市场规模：装置建设、部件供应、技术服务

三、区域市场结构：北美、欧洲、亚太份额动态变化

第二节 中国市场容量深度解析

一、国家财政投入与重大项目设备采购预算

二、地方政府聚变产业园投资规模与布局

三、社会资本参与聚变风险投资的赛道分布与估值逻辑

第三节 细分市场结构性机会

一、高温超导材料市场爆发式增长拐点预测

二、聚变诊断设备与真空系统的国产替代空间

三、聚变-制氢、聚变-同位素生产等衍生业务萌芽

第八章 聚变能源度电成本（lcoe）与经济性建模

第一节 资本性支出(capex)结构分解

一、磁体系统、真空室、主机系统成本占比动态变化

二、紧凑型装置规模化生产后的单位成本递减曲线

三、模块化设计与工厂化预制对建造成本的削减效应

第二节 运维成本(opex)与燃料循环成本

一、氦自持实现前后的燃料成本变化敏感性分析

二、远程维护机器人系统对运维人力成本的优化

三、等离子体破裂导致的第一壁更换频率与成本影响

第三节 不同技术路线的lcoe情景预测

一、托卡马克商业堆(q=30)2030-2050年lcoe演进路径

二、惯性约束与磁惯性约束路线成本竞争力对比

三、聚变能与风光储、核电、火电平准化成本交叉点预测

第九章 行业竞争格局与主体行为分析

第一节 科研机构技术护城河深度

- 一、中科院等离子体所、核工业西南物理研究院研发方向差异
- 二、高校团队在ai等离子体控制、材料计算领域的突破
- 三、国家实验室与企业联合体的知识产权共享机制

第二节 产业链企业竞争地位评估

- 一、主机系统总成商的技术集成能力壁垒
- 二、材料与部件供应商的性能验证周期与客户关系粘性
- 三、下游工程服务商的资质获取与项目经验积累

第三节 区域集群竞争与协同

- 一、合肥、成都、上海三大聚变产业集群对比
- 二、跨区域人才流动与技术扩散路径
- 三、地方产业政策对集群竞争力的强化效应

第十章 聚变人才体系与教育培养机制

第一节 多层次人才需求结构

- 一、等离子体物理、核工程基础科研人才供给缺口
- 二、超导材料、ai算法等交叉学科复合型人才需求
- 三、高级技工与运维工程师的规模化培养挑战

第二节 教育培养体系现状与改革

- 一、现有高校等离子体物理专业招生规模与就业去向
- 二、企业博士后工作站与联合培养基地运行模式
- 三、国际联合培养项目与人才回流趋势

第三节 人才激励与保留策略

一、国有科研机构薪酬竞争力与股权激励限制

三、私营聚变企业期权池设计与人才争夺战

三、国家级人才计划对聚变领域的倾斜

第十一章 标准体系、监管框架与安全管理

第一节 技术标准体系构建进展

一、聚变堆设计标准(如真空室结构、磁体绝缘)的空白与填补

二、国际电工委员会(iec)聚变技术委员会(tc123)标准转化

三、中国聚变堆安全导则(haf系列)的适应性修订

第二节 安全监管与许可证制度

一、聚变设施与裂变电站监管差异的国际比较

二、氚监管、中子辐射防护的特殊要求

三、示范项目首次装料许可证申请路径与时间预估

第三节 保险与风险分担机制

一、聚变堆第三者责任险(tpl)产品设计难点

二、政府兜底与商业保险共担模式探索

三、国际核共体(nuclearpool)对聚变风险的定价模型

第十二章 技术风险、工程风险与科学不确定性

第一节 核心物理问题未解之谜

一、等离子体破裂预测的准确率瓶颈

二、边界局域模(elm)对第一壁的侵蚀速率不确定性

三、氚自持实现的时间节点与技术路径争议

第二节 关键材料性能衰减风险

- 一、钨基材料再结晶脆化与氢同位素滞留协同效应
- 二、超导磁体中子辐照后临界电流退化模型不完善
- 三、面向等离子体材料(pfm)寿命预测误差范围过大

第三节 系统集成与可靠性风险

- 一、多物理场耦合导致的非线性失效模式
- 二、氦渗透导致的真空系统污染与维修窗口期压缩
- 三、极端工况下控制系统失效的概率安全评估(psa)

第十三章 聚变能源商业模式创新与价值链重构

第一节 传统科研驱动模式的局限

- 一、纯公共投入下的成本超支与进度拖延历史
- 二、技术转移效率低与产业化脱节问题
- 三、私营企业介入后的利益分配与知识产权冲突

第二节 新兴商业模式探索

- 一、聚变装置即服务(faas)：租赁运行时间给研究机构
- 二、技术授权与工程总承包(epc)混合模式
- 三、聚变-数据中心共生：为ai算力提供零碳基荷电力

第三节 价值链增值环节分析

- 一、设计仿真软件的订阅服务市场
- 二、聚变中子源用于同位素生产的衍生价值
- 三、等离子体技术向半导体、材料表面改性领域的溢出效应

第十四章 中国重点区域聚变产业发展战略

第一节 长三角地区：上海-合肥双核驱动模式

- 一、上海光源同步辐射平台对聚变材料表征的支撑
- 二、合肥综合性国家科学中心大装置集群协同效应
- 三、长三角G60科创走廊聚变产业链配套能力

第二节 成渝地区：成都聚变产业园的崛起

- 一、核工业西南物理研究院产业化基地扩建规划
- 二、四川重装制造能力对聚变主机的适配改造
- 三、西部科学城人才政策对高端团队吸引力评估

第三节 粤港澳大湾区：应用创新与市场牵引

- 一、深圳私营聚变企业的风险投资活跃度
- 二、广州核电产业集群与聚变技术的协同潜力
- 三、香港高校基础研究与内地工程化衔接机制

第十五章 聚变能源多场景应用路径与需求研判

第一节 基荷电力供给与电网融合

- 一、聚变堆调峰能力与电网灵活性需求匹配度
- 二、聚变-风光储互补系统的优化调度模型
- 三、并网技术规范(频率、电压、电能质量)适应性改造

第二节 工业蒸汽与化工合成

- 一、聚变堆高温蒸汽(大于500°C)提取效率与成本
- 二、聚变能用于绿氢、合成氨、合成甲醇的经济性
- 三、与非化工园区配套建设的模式创新

第三节 特殊场景应用潜力

- 一、海岛/偏远地区模块化聚变堆分布式能源系统
- 二、聚变中子源驱动次锕系核废料嬗变处理
- 三、空间核聚变推进系统的远期展望

第十六章 “十五五”规划期中国聚变战略专题研究

第一节 规划目标与指标设定合理性评估

- 一、q值目标(从q大于1到q大于10)的技术可行性
- 二、建设时序与资金投入的匹配性压力测试
- 三、自主化率(大于90%)与核心部件依赖进口的矛盾

第二节 关键技术攻关任务分解

- 一、2026-2031年“卡脖子”技术清单
- 二、中央-地方-企业联合攻关的组织模式创新
- 三、国际科技合作在规划实施中的角色再定位

第三节 规划实施的风险预警与动态调整机制

- 一、技术路线重大颠覆性突破导致规划目标过时
- 二、私营部门进度远超公共项目引发的资源错配
- 三、规划中期评估节点与纠偏机制设计

第十七章 2026-2031年技术演进趋势与前瞻预判

第一节 等离子体物理理论突破方向

- 一、ai赋能的第一性原理模拟(密度泛函+机器学习势)
- 二、无elm运行模式的稳定性边界拓展
- 三、破裂预测从模式识别向因果推理的范式升级

第二节 工程技术的代际跨越

- 一、高温超导磁体从“能用”到“好用”的可靠性跃迁
- 二、增材制造(3d打印)在复杂部件制备中的应用成熟度
- 三、抗中子辐照损伤材料基因设计加速迭代

第三节 颠覆性技术路线的潜在冲击

- 一、高温稠密等离子体焦点(dpf)技术复兴可能性
- 二、 μ 子催化聚变的基础研究进展与工程化瓶颈
- 三、晶体聚变(crystalfusion)等非主流路线评估

第十八章 投资前景分析与资本配置策略

第一节 投资规模与资金流向预测

- 一、2026-2031年中国聚变领域年均投资增速
- 二、政府资金投向：基础研究vs工程验证的分配比例优化
- 三、风险资本关注的细分赛道估值泡沫与价值洼地

第二节 产业链投资机会矩阵

- 一、上游：稀有金属(nb、w)供应安全与战略储备
- 二、中游：高功率微波源、超导磁体等核心部件国产化替代
- 三、下游：聚变产业园基础设施与配套服务

第三节 投资回报模型与退出路径

- 一、聚变企业ipo估值模型(ps法、期权定价法)
- 二、并购市场：主机厂商整合部件供应商的逻辑
- 三、政府引导基金的让利退出与社会资本回报平衡

第十九章 行业发展面临的系统性挑战与应对策略

第一节 技术民族主义与供应链安全

一、美国《聚变能法案》对华出口管制风险扩散

二、关键材料与软件工具(如cfv代码)断供应急预案

三、内循环为主、外循环为辅的供应链重构路径

第二节 公众认知与反核情绪潜在反弹

一、福岛核事故阴影对聚变公众接受度的溢出效应

二、氚泄漏谣言传播的风险沟通失败案例

三、科学传播策略：从“绝对安全”到“可控风险”的话语转变

第三节 能源转型大局中的定位竞争

一、风光储成本持续下降对聚变时间窗口的挤压

二、新型电力系统“源网荷储”一体化对聚变的需求弹性

三、聚变从“颠覆性技术”到“补充性技术”的战略心态调整

第二十章 研究结论与战略展望

第一节 核心结论汇总

一、技术成熟度：从物理可行迈向工程可行的临界点判断

二、经济性拐点：2030-2035年lcoe接近煤电的敏感性

三、产业链完备度：从“样品级”到“批量级”的能力差距

第二节 战略实施路线图

一、2025-2027年：夯实基础，实现q大于1的装置稳定运行

二、2027-2030年：工程突破，启动cfvtr主体工程建设

三、2030年后：产业培育，构建商业聚变堆示范

第三节 对决策层、产业界、投资者的行动建议

一、决策层：保持战略定力，优化资金配置效率

二、产业界：强化垂直整合，培育自主生态

三、投资者：把握窗口期，布局核心卡脖子环节

图表目录

图表：2026-2031年全球聚变研发投入投资规模(亿美元)

图表：2023-2025年全球聚变产业链细分市场规模(亿美元)

图表：托卡马克商业堆Icoe演进路径关键假设与预测

图表：聚变能事业多层次人才结构的特点与挑战

图表：风险资本关注的细分赛道

把握投资 决策经营！

咨询订购 请拨打 400-886-7071 (免长途费) Email : kf@51baogao.cn

报告编号：4065391

本文地址：<https://www.51baogao.cn/baogao/20260328/4065391.shtml>

在线订购：[点击这里](#)