

# 国防军工行业深度报告

## 可控核聚变系列深度①：科普，从氘氘反应到托卡马克

增持（维持）

2025年02月05日

证券分析师 苏立赞

执业证书：S0600521110001

sulz@dwzq.com.cn

证券分析师 许牧

执业证书：S0600523060002

xumu@dwzq.com.cn

研究助理 高正泰

执业证书：S0600123060018

gaozht@dwzq.com.cn

### 投资要点

■ **本文作为可控核聚变系列深度的首篇，将尝试阐述经典可控核聚变技术路线原理：**长久以来，可控核聚变被视为解决人类能源危机的终极方案，却因技术壁垒高筑而遥不可及。随着高温超导材料、人工智能控制系统的突破，仿星器的磁场优化路径、球形托卡马克的紧凑化设计等创新路线正持续拓宽技术可能性边界，可控核聚变研发进展显著加速，商业化曙光初现。然而，可控核聚变技术复杂度高，对于投资而言，清晰理解其原理和发展路径至关重要。本文将尝试阐述经典可控核聚变技术路线原理。通过对核聚变反应的基本条件、主要技术路径的剖析，帮助把握这一前沿领域的核心要点。

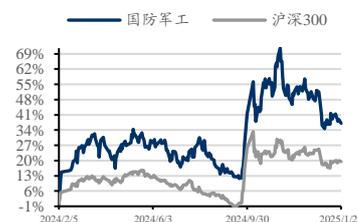
■ **核聚变原理，两个轻原子核结合成一个重原子核并释放能量：**核聚变是指轻原子核在高温、高压等极端条件下克服电磁力，接近到强核力作用范围内，从而结合成较重原子核并释放能量的过程。核聚变的能量来源于反应前后质量的微小亏损，根据质能方程  $E=mc^2$ ，这部分亏损的质量转化为巨大能量。要实现核聚变，必须满足三个条件：足够高的温度、一定的密度和足够长的能量约束时间，三者的乘积称为聚变三重积。只有当聚变三重积达到或超过某一阈值时，聚变反应才有可能实现能量的净输出，这一判断标准被称为劳森判据。在氘氘反应中生成的高能氦核可以将能量传递给周围等离子体，维持反应所需的高温，从而实现自持燃烧。这种自持燃烧状态意味着反应可以在没有外部能量支持的情况下持续进行，是实现可控核聚变的关键目标之一。

■ **可控核聚变原理，只有力场才能约束上亿度的热核聚变燃料，磁约束被公认为人类最接近实现聚变能应用的途径：**在核聚变反应过程中燃料通常被加热到上亿摄氏度，鉴于如此高的温度，唯有通过特定的场约束技术，才有可能实现对热核聚变燃料的有效约束，而采用实体容器来容纳如此高温的燃料显然是不可行的。引力场、惯性力场、磁场以及多种力场组合等约束方式，从理论层面而言，均具备约束聚变燃料并实现热核聚变反应的潜力。然而，相较于磁场约束技术，其他约束方式在实际应用中面临诸多挑战：部分力场在地球环境条件下难以实现，部分力场的控制难度极高，部分力场的约束性能尚不理想，此外还存在诸多其他方面的技术难题。综合考量上述因素，磁场约束技术凭借其相对成熟的理论基础、可实现性以及可控性，在当前阶段被公认为人类最接近实现聚变能应用的途径。

■ **托卡马克，约束等离子体的磁笼，是磁约束聚变路径的主流装置：**托卡马克是一种用于约束等离子体的磁约束装置，其核心是通过磁场约束上亿度的聚变燃料。聚变燃料以离子和电子形式存在，磁场对带电粒子产生约束作用，关键在于磁力线闭合且对带电粒子运动影响各向异性的特点，这两大特点决定了托卡马克装置的设计。托卡马克由环向场线圈、极向场线圈和欧姆变压器线圈组成，形成螺旋状磁场约束等离子体。强磁场环境中的聚变等离子体运动却极为复杂，因此磁约束核聚变等离子体的研究极度依赖于实验。基于托卡马克装置的大量实验数据，形成了关键的定标率，它决定了托卡马克在特定条件下能达到的约束性能，进而影响聚变三重积和聚变点火的可能性。定标率公式基于全球多个托卡马克装置的数百次实验数据拟合而成，是目前最为可靠的托卡马克聚变规律。

■ **风险提示：**1) 技术成熟度不足；2) 技术更新迭代；3) 市场需求不确定性；4) 商业化进程缓慢。

### 行业走势



### 相关研究

《军工行业 2025 年度策略：追进度带来业绩切换，布局主战与新质装备》

2024-12-08

《2024 年三季度报总结：业绩底部，复苏在即》

2024-11-13

## 内容目录

<b>1. 核聚变原理：两个轻原子核结合成一个重原子核并释放能量</b> .....	<b>4</b>
1.1. 能量从何而来.....	5
1.2. 如何使相斥的原子核聚合.....	5
1.3. 如何使原子核进入到强核力的作用范围.....	6
1.4. 聚变三重积与劳森判据.....	6
1.5. 为什么核聚变一般选择氘氘反应.....	7
1.6. 等离子体自持燃烧.....	7
<b>2. 可控核聚变原理：只有力场才能约束上亿度的热核聚变燃料</b> .....	<b>8</b>
2.1. 引力约束：地球上无法实现.....	8
2.2. 惯性约束：选择高温高压，放弃长约束时间.....	9
2.3. 磁约束：选择高温和长约束时间，放弃高压.....	9
<b>3. 托卡马克：约束等离子体的磁笼</b> .....	<b>10</b>
3.1. 磁场如何约束等离子体.....	10
3.2. 托卡马克是典型的磁约束装置，其本质是约束等离子体的磁笼.....	11
3.3. 人类托卡马克研究的经验结果：定标率.....	12
<b>4. 风险提示</b> .....	<b>14</b>

## 图表目录

图 1:	核聚变原理.....	4
图 2:	聚变反应产生质量损失, 进而释放能量.....	5
图 3:	电磁力.....	6
图 4:	强核力.....	6
图 5:	三种典型聚变反应的三重积, 其中氘氘反应最容易实现 (图中蓝线最低点) .....	7
图 6:	可控核聚变主要的技术实现方式.....	8
图 7:	引力收缩 (蓝色箭头) 与聚变膨胀 (红色箭头) 之间实现平衡, 保持恒星聚变燃烧.....	9
图 8:	激光惯性约束图解, 蓝色箭头代表激光; 橘色代表固态球状核燃料向外爆裂的力量.....	9
图 9:	磁场约束带电粒子运动示意图.....	10
图 10:	现代托卡马克物理模型.....	11
图 11:	历史实验数据拟合的托卡马克定标率 (图中黑线) .....	13
表 1:	四大宇宙基本力.....	5

可控核聚变，作为人类长期的战略级目标，一旦实现将是真正能够推动社会进步变革的重大突破。

具有成为无限能源的潜力，地球上的核聚变燃料足以支持人类使用几十亿年：核聚变反应的燃料主要来自海水中的氘和氚，这些资源储量丰富，几乎取之不尽。核聚变能源的广泛应用将从根本上解决全球能源短缺问题。

带动一系列前沿科技的发展，引发经济与产业变革：核聚变技术的研发和应用将带动一系列前沿科技的发展，包括超导材料、高温超导磁体、精密工程、能源设备制造等。这些产业的发展将推动材料科学、人工智能等领域的技术进步，引发经济与产业变革。

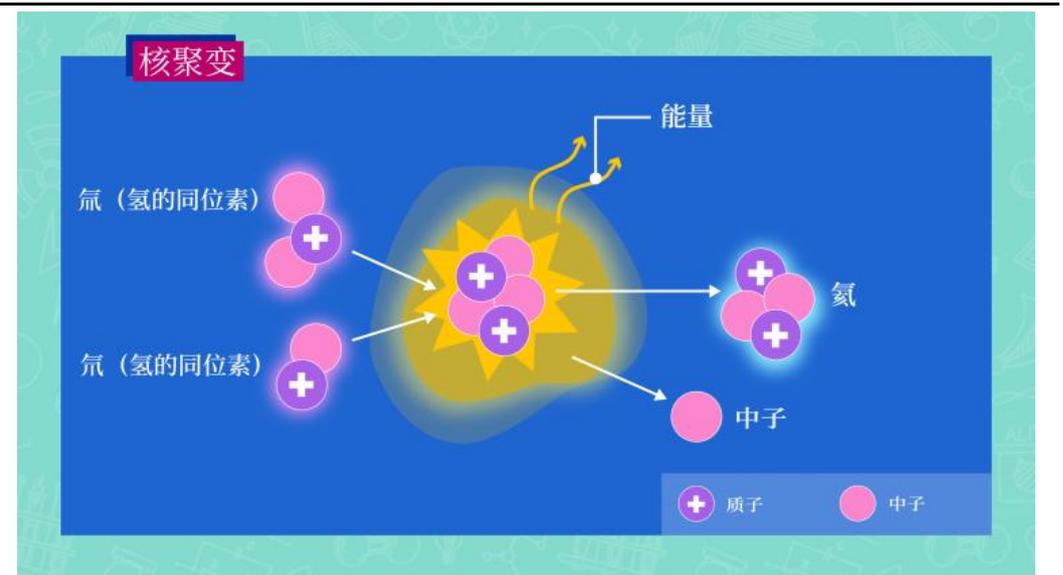
高密度能量助力人类成为跨星际物种：核聚变反应的能量密度远超化石燃料，为深空探索提供了稳定而持久的能源支持。这一特性使得航天器能够搭载更先进的生命维持系统、科学仪器和推进装置，从而进行更远距离、更长时间的星际旅行。

长久以来，可控核聚变被视为解决人类能源危机的终极方案，却因技术壁垒高筑而遥不可及。近年来随着技术不断突破，可控核聚变研发进展显著加速，商业化曙光初现。然而，可控核聚变技术复杂度高，对于投资而言，清晰理解其原理和发展路径至关重要。本文作为可控核聚变系列深度的首篇，将尝试阐述经典可控核聚变技术路线原理。

## 1. 核聚变原理：两个轻原子核结合成一个重原子核并释放能量

核聚变是两个或多个较轻的原子核聚合成一个或多个较重的原子核和其它粒子的反应。

图1：核聚变原理

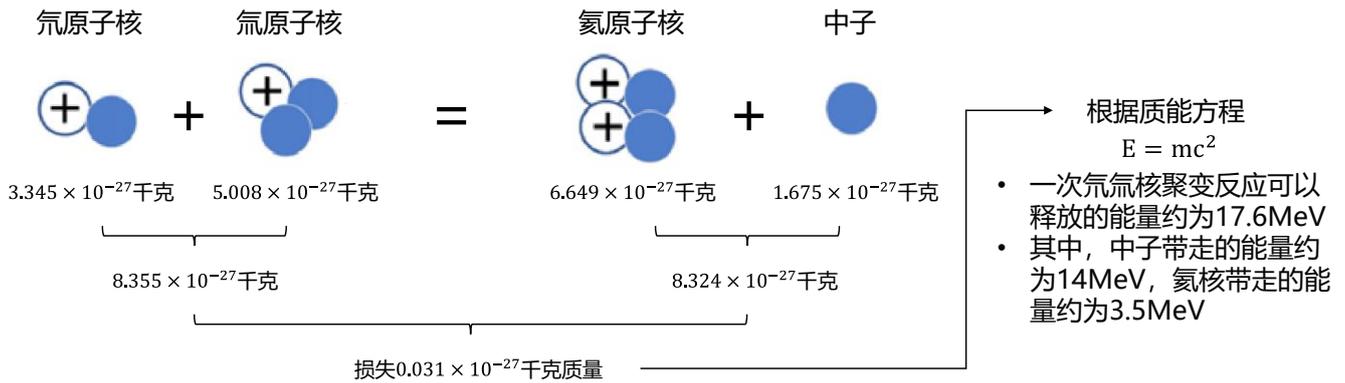


数据来源：国际原子能机构，东吴证券研究所

### 1.1. 能量从何而来

在核聚变过程中，反应前后的质量会发生微小的亏损，这部分亏损的质量会转化为能量释放出来。以经典的氘氚反应为例，氢的同位素氘和氚结合成氦核，同时释放出一个中子和大量的能量。反应前的氘核和氚核质量之和为 $8.355 \times 10^{-27}$ 千克，反应后的氦核和中子质量之和为 $8.324 \times 10^{-27}$ 千克，反应前后出现了 $0.031 \times 10^{-27}$ 千克质量亏损。根据质能方程式 $E = mc^2$ ，这部分质量差转化为了 17.6MeV 能量。

图2: 聚变反应产生质量损失，进而释放能量



数据来源：东吴证券研究所绘制

### 1.2. 如何使相斥的原子核聚合

原子核带有正电荷，因此当两个原子核相互靠近时，它们之间会受到电磁力的作用同性相斥。为了使原子核能够结合在一起，必须克服电磁力的排斥作用，这就需要强核力的介入。

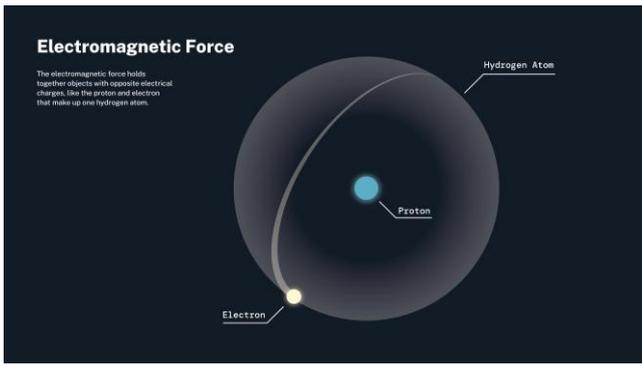
强核力作用范围仅限于原子核的尺度之内，尽管其作用范围非常有限，但强核力强度非常大，大约是电磁力强度的 100 倍。强大的强核力能够克服电磁力，在原子核内部将质子和中子紧密地结合在一起，形成稳定的原子核结构。

表1: 四大宇宙基本力

基本力	相对强度	作用范围	作用对象
万有引力	$10^{-39}$	无限（随距离减弱）	有质量的物体
电磁力	$10^{-2}$	无限（随距离减弱）	带电粒子
强相互作用力	1	$10^{-15}$ 米	夸克、胶子（原子核内）
弱相互作用力	$10^{-13}$	$10^{-18}$ 米	夸克、轻子（亚原子粒子）

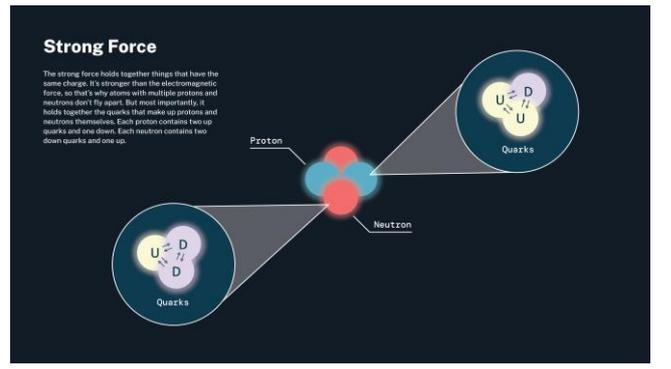
数据来源：HyperPhysics，东吴证券研究所

图3: 电磁力



数据来源: 美国航空航天局, 东吴证券研究所

图4: 强核力



数据来源: 美国航空航天局, 东吴证券研究所

### 1.3. 如何使原子核进入到强核力的作用范围

为了使原子核足够接近, 进入到强核力的作用范围以实现核聚变, 需要同时满足足够高的温度、一定的密度和一定的能量约束时间这三个条件:

1) 温度: 核聚变反应需要将燃料加热到极高的温度, 通常要达到 1 亿摄氏度以上。在这样的高温下, 燃料粒子会处于电离状态, 形成等离子体。高温使得原子核具有足够的动能相互碰撞, 从而发生聚变反应。

2) 密度: 核聚变反应需要燃料具有足够的密度, 以确保原子核之间的碰撞概率足够高。只有当等离子体的密度达到一定水平时, 原子核之间的碰撞频率才会增加, 从而提高聚变反应的几率。

3) 时间: 核聚变反应需要在有限的空间内将高温、高密度的等离子体约束足够长的时间, 以确保聚变反应能够持续进行。如果等离子体的能量在短时间内散失, 反应将无法持续。

### 1.4. 聚变三重积与劳森判据

上文提及的三个参数: 等离子体的温度 $T$ 、密度 $n$ 和能量约束时间 $\tau_E$ , 其乘积为聚变三重积 $nT\tau_E$ 。只有当聚变三重积达到或超过某一阈值时, 聚变反应才有可能实现能量的净输出, 这个判断标准被称为劳森判据。换言之, 劳森判据通过设定聚变三重积的最小值来判断聚变反应的可行性。例如, 对于氘氘反应, 劳森判据要求聚变三重积至少要达到 $3 \times 10^{21} [keV s/m^3]$ 。

$$nT\tau_E \geq 3 \times 10^{21} [keV s/m^3]$$

$n$  密度

$T$  温度

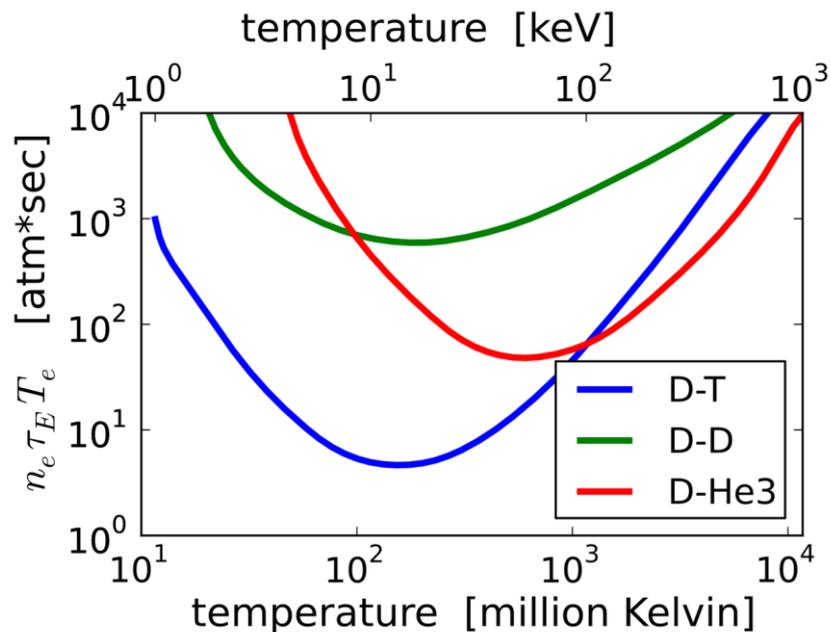
$\tau_E$  能量约束时间

同时, 聚变三重积也是衡量核聚变反应效率和性能的关键指标。

### 1.5. 为什么核聚变一般选择氘氚反应

之所以核聚变燃料普遍选择氘氚，燃料来源与安全性方面并非主要的原因，很大程度上是因为其物理特性与技术实现难度，实现氘氚反应需要的聚变三乘积较小，在工程上更容易实现。首先，氘氚反应的截面（强核力起作用的范围）较大，这意味着在相同的温度和密度条件下，氘核和氚核发生碰撞并融合的概率更高。其次，氘氚反应的点火温度相对较低，通常在 1 亿摄氏度左右，相比其他核聚变反应，这一温度更容易达到。此外，在 15 keV（约 1.74 亿摄氏度）时，氘氚反应的聚变三乘积最小，这意味着在此温度下更容易满足劳森判据，实现可控核聚变。

图5: 三种典型聚变反应的三重积，其中氘氚反应最容易实现（图中蓝线最低点）



数据来源：麻省理工大学，东吴证券研究所

### 1.6. 等离子体自持燃烧

图 2 提到，氘氚反应生成的氦核携带 3.5 MeV 能量，这些高能氦核可以将能量传递给周围的等离子体，从而维持反应所需的高温。在聚变反应堆中，通过循环利用氦核能量，可以在停止外部能量输入后，依靠聚变产生的能量维持等离子体的温度，实现自持燃烧。这种自持燃烧状态意味着反应可以在没有外部能量支持的情况下持续进行，这是实现可控核聚变的关键目标之一。

然而，在达到自持燃烧之前，必须确保等离子体在足够长的时间内保持高温状态。这个时间被称为约束时间。只有当约束时间大于开始自持燃烧的时间时，才能实现自持燃烧。约束时间的长短取决于等离子体的温度、密度以及能量约束效率等多个因素。在磁约束聚变中，等离子体的平均离子温度、密度和能量约束时间的三者乘积需要满足劳森判据，才能满足自持燃烧的条件。

## 2. 可控核聚变原理：只有力场才能约束上亿度的热核聚变燃料

1.3 节提到，在核聚变反应过程中燃料通常被加温到 1 亿摄氏度以上。鉴于如此高的温度，唯有通过特定的场约束技术，才有可能实现对热核聚变燃料的有效约束，而采用实体容器来容纳如此高温的燃料显然是不可行的。

引力场、惯性力场、磁场以及多种力场组合等约束方式，从理论层面而言，均具备约束氘、氚等聚变燃料并实现热核聚变反应的潜力。然而，相较于磁场约束技术，其他约束方式在实际应用中面临诸多挑战：部分力场在地球环境条件下难以实现，部分力场的控制难度极高，部分力场的约束性能尚不理想，此外还存在诸多其他方面的技术难题。综合考量上述因素，**磁场约束技术**凭借其相对成熟的理论基础、可实现性以及可控性，在当前阶段被公认为人类最接近实现聚变能应用的途径。

图6：可控核聚变主要的技术实现方式

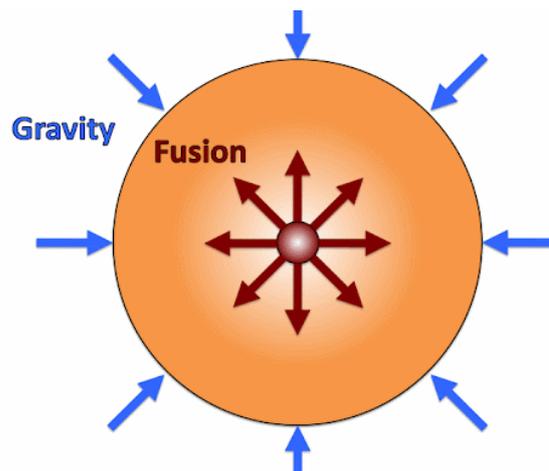


数据来源：国际原子能机构，东吴证券研究所

### 2.1. 引力约束：地球上无法实现

引力约束是恒星内部核聚变反应的主要约束方式。在恒星内部，巨大的质量产生强大的引力，将氢原子核等物质紧紧地束缚在一起。这种强大的引力克服了原子核之间由于带有相同电荷而产生的静电斥力，使得原子核能够靠近到足够近的距离，从而在高温高压的环境下发生核聚变反应。太阳内部的温度高达约 1500 万摄氏度，压力巨大，氢原子核在引力的作用下发生聚变，生成氦原子核，同时释放出巨大的能量。这种约束方式依赖天体的超大质量，在地球上无法复制，因为人工无法产生如此规模的引力场。

图7：引力收缩（蓝色箭头）与聚变膨胀（红色箭头）之间实现平衡，保持恒星聚变燃烧

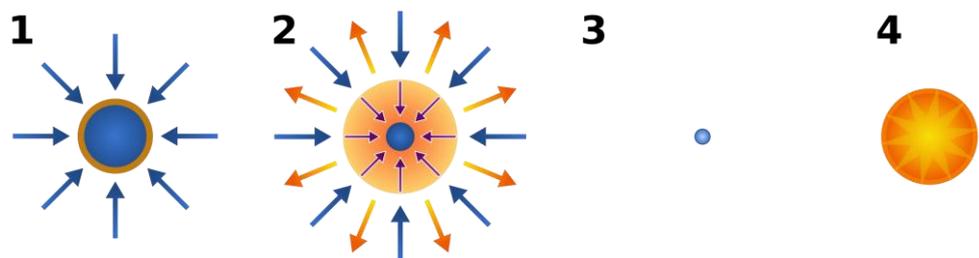


数据来源：斯坦福大学，东吴证券研究所

## 2.2. 惯性约束：选择高温高压，放弃长约束时间

惯性约束是一种通过高能量的激光或粒子束对聚变燃料进行加热和压缩，利用燃料自身惯性作用实现核聚变反应的方法。当高能激光束均匀辐照到装有聚变材料的靶丸上时，靶丸表面迅速吸收激光能量并转化为热能，导致表面材料迅速蒸发并产生向外膨胀的反作用力。这股反作用力作用于靶丸内部，由于惯性作用，靶丸内层材料会向内挤压，形成极高的压力和温度环境。在这种极端条件下，聚变材料中的氘核和氚核被压缩至足够近的距离，进而发生聚变反应，释放出巨大能量。惯性约束核聚变的优点是在实验室规模上进行研究，并且有可能实现快速点火和能量输出。

图8：激光惯性约束图解，蓝色箭头代表激光；橘色代表固态球状核燃料向外爆裂的力量



数据来源：《Inertial Fusion》，东吴证券研究所

## 2.3. 磁约束：选择高温和长约束时间，放弃高压

磁约束核聚变是利用强磁场来约束高温等离子体，使其在磁场的约束下保持在一定的空间范围内，从而实现核聚变反应。在磁约束装置中，等离子体被磁场限制在磁场线形成的磁笼内，避免了等离子体与容器壁的直接接触，因为一旦接触，等离子体就会迅速冷却，无法维持核聚变所需的高温条件。磁约束核聚变的优点是可以实现长时间的稳定约束，为持续的聚变反应提供了可能。

### 3. 托卡马克：约束等离子体的磁笼

#### 3.1. 磁场如何约束等离子体

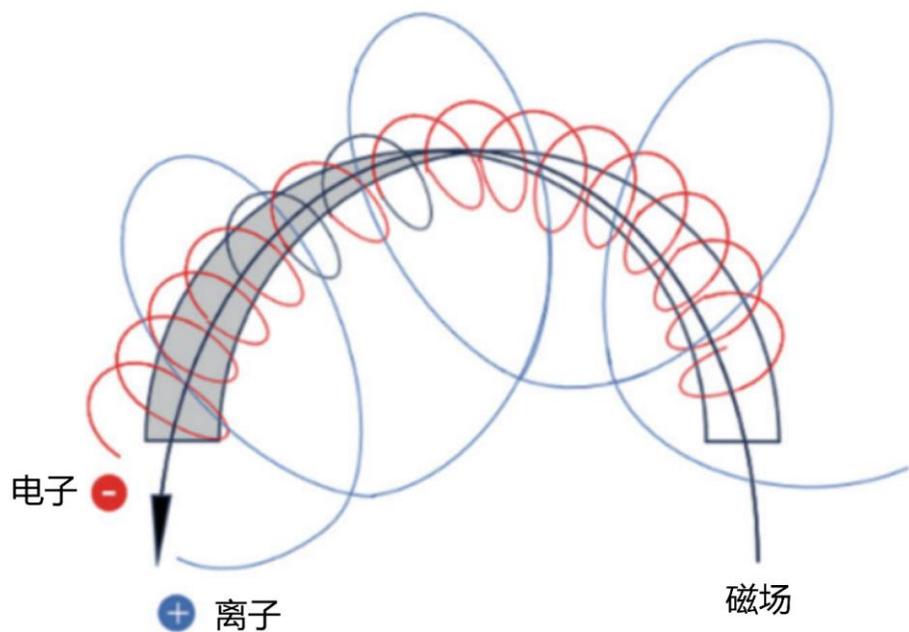
之所以可以通过磁场约束聚变燃料，是因为上亿度的聚变燃料都以离子（带正电）和电子（带负电）的形式存在，而磁场可以对运动中的带电粒子产生一定的约束。磁场有两个特点对于约束非常关键：

1) **磁力线是闭合的**：磁力线在空间中形成闭合的回路，没有起点和终点，这使得带电粒子在磁场中的运动路径受到限制。带电粒子在磁场中受到洛伦兹力的作用，其运动轨迹会沿着磁力线的形状发生偏转。由于磁力线是闭合的，带电粒子无法沿着磁力线的方向逸出，从而被有效地约束在磁场内部。

2) **磁场对带电粒子运动的影响是各向异性的**：磁场对带电粒子运动的影响在不同方向上是不同的。具体而言，带电粒子垂直于磁力线的运动分量会受到洛伦兹力的强烈约束，导致其运动轨迹发生偏转，进而被有效地限制在磁力线附近。然而，带电粒子沿磁力线的运动分量则几乎不受磁场的影响，得以自由进行。这种各向异性的影响机制，使得磁场能够在不干扰粒子沿特定方向运动的同时，有效地约束其垂直于磁力线的运动，从而实现了聚变燃料的高效约束。

总之，磁力线没有起点或终点，带电粒子只有垂直于磁力线的运动被洛伦兹力约束，但沿磁力线的运动不会受到磁场的影响。这两大特点决定了托卡马克装置的设计。

图9：磁场约束带电粒子运动示意图



数据来源：《我国磁约束核聚变能源的发展路径、国际合作与未来展望》，东吴证券研究所

### 3.2. 托卡马克是典型的磁约束装置，其本质是约束等离子体的磁笼

托卡马克（音译自俄语单词 Токамак，直译是环形的、有磁场线圈的腔体）其核心是磁体系统，本质是约束等离子体的磁笼。

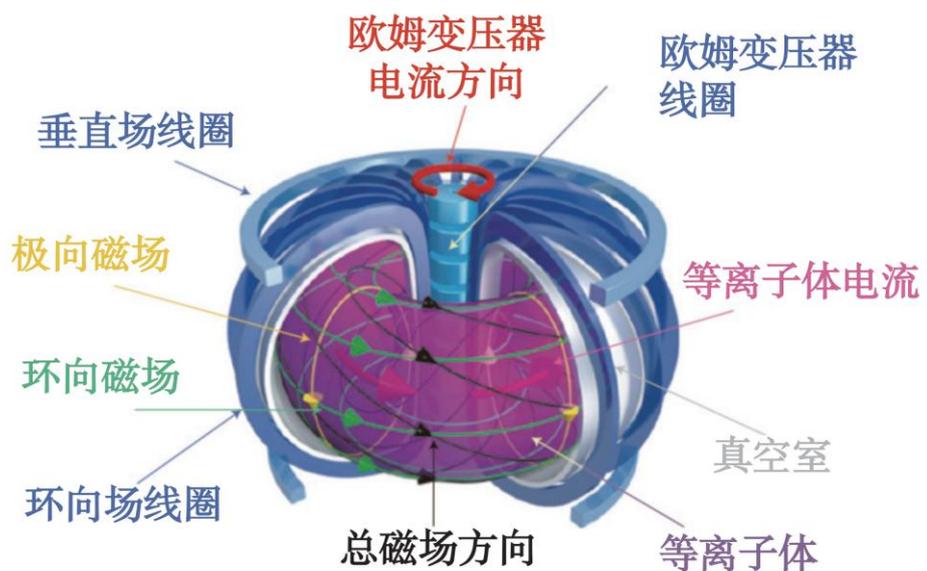
托卡马克主要由环向场线圈、极向场线圈以及欧姆变压器线圈组成，各种线圈组成的磁体系统能够形成螺旋状的磁场，约束等离子体：

1) **环向场线圈，从环向约束等离子体：**托卡马克装置最核心的部分是由一圈环向场线圈组成，环向场线圈的主要功能是产生强大的环向磁场。在磁场中运动的带电粒子会受到洛伦兹力的作用，而洛伦兹力能够用来约束等离子体，但这种约束仅对垂直于磁力线运行的等离子体有效。为了防止不垂直于磁力线运行的等离子体向外飞散，托卡马克采用环状的设计，将等离子体圈起来，使其在闭合的磁力线环中运动。

2) **欧姆变压器线圈，从径向约束等离子体：**托卡马克内部的磁场强度存在梯度变化，通常内部磁场较强，而外部磁场较弱。在这种磁场分布下，带电粒子会向垂直于磁力线和磁场梯度的方向漂移，导致等离子体向外扩散。为了均匀内外磁场的强度，防止等离子体向外漂移，托卡马克装置在中间加设了一个欧姆变压器线圈。由欧姆变压器线圈引起的电场驱动电流通过等离子体柱，产生一个极向磁场，使得原来的环状磁力线被拧成了螺旋状。这种磁场结构的改变能够基本中和等离子体的漂移现象。

3) **极向场线圈，控制等离子体的形状和位置：**在托卡马克装置的上下，设有极向场线圈。极向场线圈的主要作用是产生磁场，用于控制等离子体截面的形状和位置平衡。通过调节极向场线圈中的电流，可以精确地改变磁场的分布，从而对等离子体的形状和位置进行微调。

图10：现代托卡马克物理模型



数据来源：《磁约束聚变堆托卡马克误差场研究进展综述》，东吴证券研究所

### 3.3. 人类托卡马克研究的经验结果：定标率

研究磁约束核聚变等离子体所需的物理理论并不是很艰深。在绝大多数情况下，牛顿力学方程组与麦克斯韦方程组即可对其运动进行精准描述，需要引入相对论、量子力学的场合较少。然而，**强磁场环境中的聚变等离子体运动却极为复杂**。其回旋运动与平行运动相互耦合，电场与磁场的存在使得粒子之间无需碰撞便能产生长程相互作用，同时大量粒子的集体效应、非热平衡效应、多时空尺度特性以及非线性等诸多复杂因素相互交织，这使得磁约束核聚变等离子体的运动求解变得异常困难。即便当前最先进的超级计算机，也仅能在对问题进行显著简化后开展计算，或者仅能计算微小空间内等离子体在极短时间内运动的局部情况。

因此，**磁约束核聚变等离子体的研究极度依赖于实验**。大量基于托卡马克装置的实验数据，构成了目前人类最为充分且可信的磁约束核聚变数据库。其中**最为关键的实验成果是定标率**，它决定了在特定的等离子体电流、磁场强度、密度、尺寸以及形状条件下，托卡马克能够达到怎样的约束性能。所有参数又基本决定了聚变三重积，进而决定在该托卡马克上能否实现聚变点火。

典型的 ITER98y,2 定标率表达式为：

$$\tau_E = 0.0562I^{0.93}B^{0.15}n^{0.41}P^{-0.69}R^{1.97}\kappa^{0.78}\varepsilon^{0.58}M^{0.19}$$

$\tau_E$  能量约束时间

$I$  等离子体电流

$B$  磁场强度

$n$  密度

$P$  等离子体吸收的加热功率

$R$  等离子体环大半径

$\kappa$  等离子体截面形状拉长比

$\varepsilon$  等离子体截面半径与环半径之比

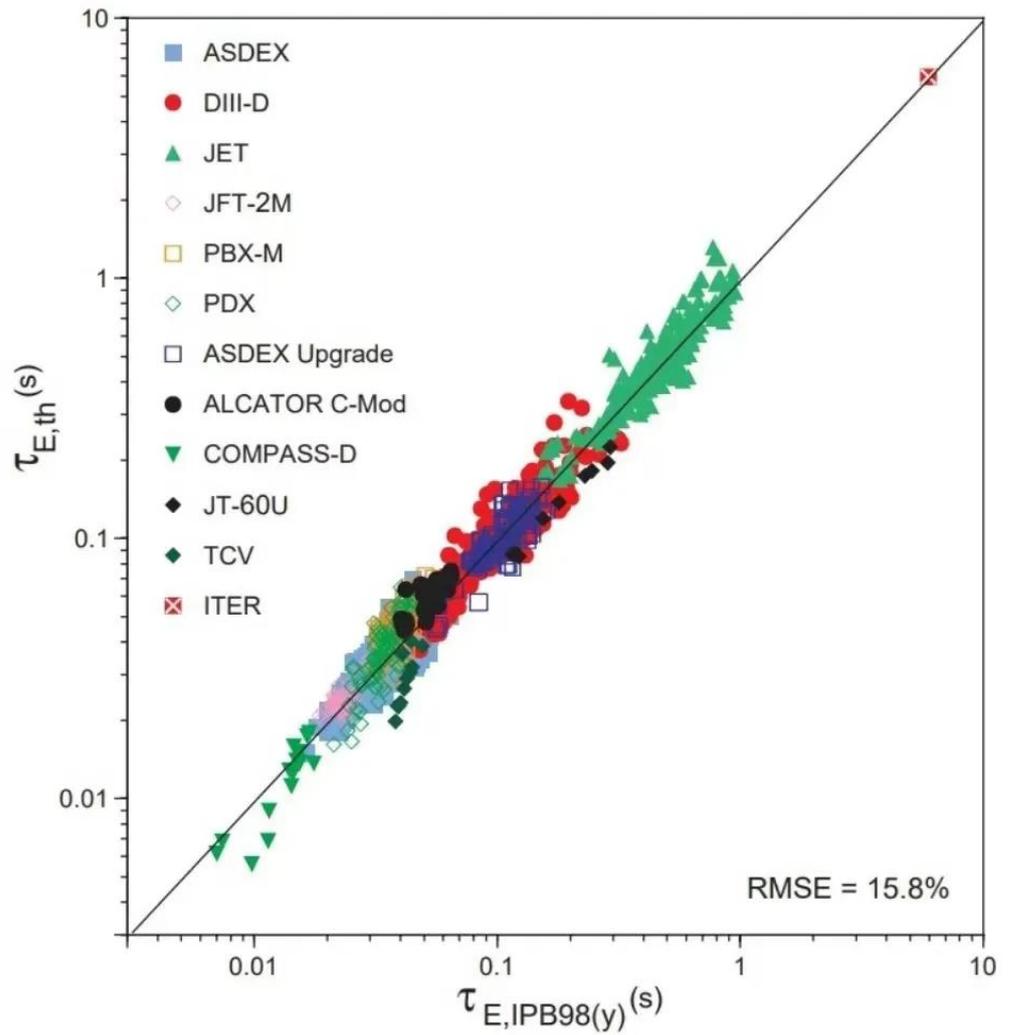
$M$  等离子体中离子的质量数

简而言之，托卡马克的约束性能很大程度上取决于装置的尺寸  $R$  和磁场强度  $B$ 。

$$\tau_E \propto RB$$

这一定标率公式是基于全球多个国家的十多个托卡马克装置所积累的数百次实验数据拟合而成。虽然其形式并不简洁优美，但它经受了无数次实验的严格检验，是目前最为可靠的托卡马克聚变规律。

图11: 历史实验数据拟合的托卡马克定标率 (图中黑线)



数据来源: 《What will we learn from ITER?》, 东吴证券研究所

#### 4. 风险提示

**技术成熟度不足：**可控核聚变的核心技术（如等离子体约束、能量增益、材料耐受性等）仍处于实验阶段。目前最接近商业化的技术路线是托卡马克和仿星器，但尚未实现能量净增益。如果关键技术无法突破，可能导致项目停滞或失败。

**技术更新迭代：**可控核聚变技术路线多样，每种路线都有其优缺点和不确定性。此外，技术路线的多样化也增加了投资的不确定性，不同技术路线的优劣和可行性尚需时间验证。未来可能出现更高效、更经济的技术路线，导致现有投资贬值。

**市场需求不确定性：**尽管核聚变能源具有巨大的潜在市场，但目前其市场需求仍处于起步阶段，市场接受度和需求量有限。此外，核聚变能源的经济性、政策环境、公众接受程度以及与其他可再生能源技术的竞争等因素，都会对其市场接受度产生影响。

**商业化进程缓慢：**可控核聚变从实验堆到示范堆再到商业堆，需要经历漫长的研发和建设周期，预计至少需要 20-30 年。期间可能面临资金不足、技术瓶颈、政策变化等风险，导致商业化进程延迟。

## 免责声明

东吴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。

本研究报告仅供东吴证券股份有限公司（以下简称“本公司”）的客户使用。本公司不会因接收人收到本报告而视其为客户。在任何情况下，本报告中的信息或所表述的意见并不构成对任何人的投资建议，本公司及作者不对任何人因使用本报告中的内容所导致的任何后果负任何责任。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。

在法律许可的情况下，东吴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。

市场有风险，投资需谨慎。本报告是基于本公司分析师认为可靠且已公开的信息，本公司力求但不保证这些信息的准确性和完整性，也不保证文中观点或陈述不会发生任何变更，在不同时期，本公司可发出与本报告所载资料、意见及推测不一致的报告。

本报告的版权归本公司所有，未经书面许可，任何机构和个人不得以任何形式翻版、复制和发布。经授权刊载、转发本报告或者摘要的，应当注明出处为东吴证券研究所，并注明本报告发布人和发布日期，提示使用本报告的风险，且不得对本报告进行有悖原意的引用、删节和修改。未经授权或未按要求刊载、转发本报告的，应当承担相应的法律责任。本公司将保留向其追究法律责任的权利。

## 东吴证券投资评级标准

投资评级基于分析师对报告发布日后 6 至 12 个月内行业或公司回报潜力相对基准表现的预期（A 股市场基准为沪深 300 指数，香港市场基准为恒生指数，美国市场基准为标普 500 指数，新三板基准指数为三板成指（针对协议转让标的）或三板做市指数（针对做市转让标的），北交所基准指数为北证 50 指数），具体如下：

公司投资评级：

- 买入：预期未来 6 个月个股涨跌幅相对基准在 15% 以上；
- 增持：预期未来 6 个月个股涨跌幅相对基准介于 5% 与 15% 之间；
- 中性：预期未来 6 个月个股涨跌幅相对基准介于 -5% 与 5% 之间；
- 减持：预期未来 6 个月个股涨跌幅相对基准介于 -15% 与 -5% 之间；
- 卖出：预期未来 6 个月个股涨跌幅相对基准在 -15% 以下。

行业投资评级：

- 增持：预期未来 6 个月内，行业指数相对强于基准 5% 以上；
- 中性：预期未来 6 个月内，行业指数相对基准 -5% 与 5%；
- 减持：预期未来 6 个月内，行业指数相对弱于基准 5% 以上。

我们在此提醒您，不同证券研究机构采用不同的评级术语及评级标准。我们采用的是相对评级体系，表示投资的相对比重建议。投资者买入或者卖出证券的决定应当充分考虑自身特定状况，如具体投资目的、财务状况以及特定需求等，并完整理解和使用本报告内容，不应视本报告为做出投资决策的唯一因素。

东吴证券研究所  
苏州工业园区星阳街 5 号  
邮政编码：215021

传真：（0512）62938527

公司网址：<http://www.dwzq.com.cn>