

什么是核聚变？它为什么如此难以实现？

文/ Irena Chatzis 和 Matteo Barbarino

五百年前，位于今天墨西哥的阿兹特克文明相信，太阳及其所有的力量都是由人类祭品的血液来维持的。今天，我们知道，太阳连同所有其他恒星都是由一种称为核聚变的反应提供动力。如果核聚变能够在地球上复制，那么它可以提供几乎无限的清洁、安全和廉价的能源，以满足世界的能源需求。

那么，核聚变究竟是如何工作的？简单地说，核聚变是两个轻原子核结合成一个较重的原子核并释放出巨大能量的过程。核聚变反应发生在一种叫作等离子体的物质状态中。等离子体是一种由正离子和自由移动的电子组成的高温带电气体，具有不同于固体、液体和气体的独特性质。

为了在我们的太阳上实现聚变，原子核需要在超过1000万摄氏度的极高温度下相互碰撞，以使它们能够克服相互间的电排斥力。一旦原子核克服了这种排斥力并进入彼此非常接近的范围，它们之间的核力吸引力将超过电排斥力，从而使它们能够实现聚变。要做到这一点，众多原子核必须被约束在一个小空间内，以增加碰撞的机会。在太阳中，其巨大的引力所

产生的极端压力为核聚变的发生创造了条件。

核聚变产生的能量非常大——是核裂变反应的四倍，而且聚变反应可以成为未来聚变动力堆的基础。各种计划要求第一代核聚变反应堆使用氘（重氢）和氚（超重氢）的混合物。理论上，只要有几克这些反应物，就有可能产生一太（万亿）焦耳的能量，这大约是发达国家的一个人在60年内所需要的能量。

伸手摘星

虽然太阳的巨大引力自然会诱发核聚变，但如果没有这种力，就需要更高的温度才能发生反应。在地球上，我们需要超过1亿摄氏度的温度和强大的压力，以使氘和氚发生聚变，还需要充分的约束，使等离子体和聚变反应保持足够长的时间，以获得净功率增益，即产生的聚变功率与用于加热等离子体的功率之比。

虽然现在实验中通常已实现非常接近核聚变反应堆所需的条件，但仍需要改进约束性能和等离子体的稳定性。来自世界各地的科学家和工程师继续试验新材料和设计新技术，以获

太阳连同所有其他恒星都是由一种称为核聚变的反应提供动力。如果核聚变能够在地球上复制，那么它可以提供几乎无限的清洁、安全和廉价的能源，以满足世界的能源需求。

（图片来源：NASA/SDO/AIA）

取聚变能。

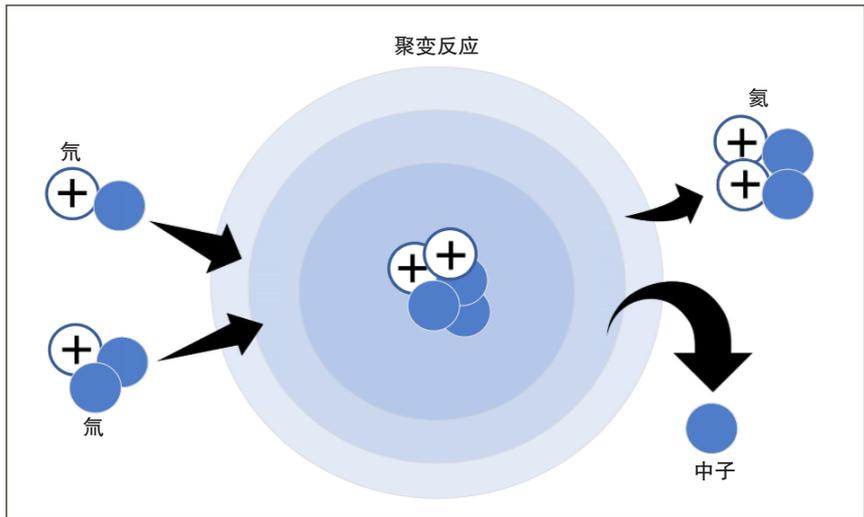
50多个国家在开展核聚变和等离子体物理研究，尽管没有证实聚变净功率增益，但许多实验已成功实现聚变反应。复制恒星的过程需要多长时间，将取决于通过全球伙伴关系和合作来调动资源。

协作历史

自20世纪30年代人们认识到核聚变以来，科学家们一直在寻求复制和利用聚变。最初，这些尝试是保密的。然而，人们很快就发现，这种复杂而昂贵的研究只能通过协作来实现。在1958年于瑞士日内瓦举行的第二届“联合国和平利用原子能国际会议”上，科学家们向世界公布了核聚变研究。

国际原子能机构一直是国际核聚变研究的核心。国际原子能机构于1960年创办了《核聚变》杂志，以交流有关核聚变进展的信息，现在它被认为是该领域的主要期刊。第一次“国际原子能机构聚变能国际会议”于1961年举行，自1974年以来，国际原子能机构每两年召开一次会议，以促进对该领域的发展和成就的讨论。

经过二十年关于国际热核聚变实验堆（ITER）的设计和地点的谈判，这个世界上最大的国际核聚变装置于2007年在法国建成，目的是论证核聚变能生产的科学和技术可行性（见第



10页文章)。ITER协定已存放于国际原子能机构总干事处。在ITER建成之后，核聚变示范电厂（或DEMO）正在计划演示受控核聚变可以产生净电力。国际原子能机构主办了多次DEMO讲习班，以促进在确定和协调DEMO常规计划活动方面的全球协作（见第12页文章）。

预计核聚变能够满足人类数百万年的能源需求。聚变燃料丰富且容易获得：氘可以从海水中廉价提取，而氚可以利用丰富的天然锂生产。未来的聚变反应堆不会产生高放射性、长寿命的核废物，而且聚变反应堆几乎不可能发生熔毁。

重要的是，核聚变不会向大气中排放二氧化碳或其他温室气体，因此，与核裂变一起，可以作为一种低碳能源在未来发挥缓解气候变化的作用。

氘和氚（两种氢的同位素）的混合物将被用来作为未来聚变电厂的燃料。在反应堆内，氘和氚的原子核发生碰撞和聚变，释放出氦和中子以及大量的能量。

（图/国际原子能机构/M. Barbarino）