

清洁能源的“圣杯”？

专家称美国目的是研究核武器相关的物理问题

根据美国能源部和国家核安全局发布的联合声明，NIF一直在尝试用高能激光轰击核聚变材料，借助激光产生的高温高压实现核聚变。12月5日，该研究团队将2.05兆焦的激光聚焦到核聚变材料上，产生了3.15兆焦的能量，能量增益首次大于1，达到了“点火”标准。

美国有线电视新闻网(CNN)称，尽管单从数据上看，这次实验产生的能量“只够烧开10壶水”，但它的意义非常重大。根据核聚变反应的劳森准则，当核聚变的能量产出率大于能量损耗率，并且有足够的能量被系统捕获和利用，就可以被称为“点火成功”。但在过去几十年中，这一直是科学家们未能实现的梦想。NIF从2010年开始正式点火实验，用了10多年时间才梦想成真。

不过，纽约大学新闻学教授查尔斯·塞费撰文指出，很难看出这种历史性转折的性质和现实意义。他指出，这个反应需要大量的能量才能建立：要耗费巨大的热能和压力才可以使原子聚合在一起再分离，并从而释放其储存的能量。国家点火装置的激光束的能效约为0.5%，这意味着激光束要吸取大约400兆焦耳的能量，才能产生2.05兆焦耳的光能，最终输出3.15兆焦耳的聚变能。

中国工程院院士杜祥琬解释说，美国此次公布的“激光可控核聚变点火实验”可以通俗地理解为，NIF设置了一个“小靶子”，“靶子”中有热核材料，然后利用高能激光照射“小靶子”，点燃里面的热核材料产生核聚变，最后输出的能量就是核聚变能。这次实验实现了“产生的核聚变能大于输入的激光能”，这是一个重大的进步，具有科学意义，但是离实现高增益还有距离。

杜祥琬还指出，该实验的定位也不是商用的能源装置，美国此次开展的激光能可控核聚变，根本目的是研究核武器相关的物理问题。

据介绍，美国国家点火装置由美国能源部下属管理核武器的国家核安全局负责运行，它的主要任务是实现能产生高能量的聚变反应，并为美国核武器储备的维护提供指导。这可以帮助美国绕过因《全面禁止核试验条约》而停止的地下核试验，转而以较小的规模进行核反应实验，并从中收集数据。LLNL的武器物理和设计项目主任马克·赫尔曼表示，该实验本身就创造了非常极端的环境，更加接近于核武器爆炸。

N 环球时报 参考消息 深圳卫视

美国能源部13日宣布，美国劳伦斯·利弗莫尔国家实验室(LLNL)的国家点火装置(NIF)首次实现了所谓的“能量净增益”，即核聚变反应产生的能量超过输入的能量。美国媒体对此给予高度评价，将其形容为“帮助人类在实现零碳排放能源的进程中迈出关键一步”。长期以来，可控核聚变被视为解决人类能源供应问题的终极解决方案。美国在该领域取得的这项重大突破，是否意味着人类即将彻底解决能源危机？

核聚变反应目前有两大技术路线，中国采用的是与美国不同的托卡马克装置。两大技术路线，谁会胜出？

两条路径谁能胜出？

托卡马克装置离实现商用级可控核聚变更有希望

据国际原子能机构的定义，核聚变反应是较轻的原子核结合成较重的原子核，这一过程会释放出巨大能量。尽管人类早就通过氢弹验证了核聚变蕴含的巨大能量，但在可控核聚变方面却始终进展缓慢，这是因为核聚变需要极高的温度和压力条件才能进行。

杜祥琬介绍说，为实现核聚变的条件，当前可控核聚变主要分为两条技术路径。其中之一是高功率激光作为驱动器的惯性约束核聚变，代表就是美国国家点火装置。它是世界上最大的激光装置，造价高达35亿美元，可以动用近200台激光器产生的高能激光集中轰击一个微小的核聚变材料靶标，以启动核聚变反应。杜祥琬透露，中国也有类似的高能激光装置。公开材料显示，中科院与中物院联合研制的“神光ii”型高能量聚变激光器已于2000年建成投入运行。

而另一条技术路径是磁约束聚变，即用磁场约束超高温和高压的聚变物质。这个路线的主攻方向是托卡马克装置。杜祥琬表示，其典型代表是位于法国南部的“国际热核聚变实验堆(ITER)”，中国是这项计划的重要参与国。此外中国还在合肥、成都建造有自己的托卡马克装置，它们承担的就是开展获取可控核聚变能源的实验。

杜祥琬表示，对于可控核聚变的两种不同技术路线，学界的主流认识认为，托卡马克装置离实现商用级可控核聚变更有希望。

据了解，NIF和托卡马克都是有类似的瓶颈，那就是如何实现能量正收益。托卡马克主要的问题是第一壁的材料，如何长时间约束高温等离子体，实现可自持的核反应。NIF这样的激光惯性约束聚变中，材料问题不是主要问题，毕竟反应的靶丸(capsule)非常小，反应不具有可持续性也是很大问题，然而，反应能量的输出和转移并没有托卡马克成熟。

距离实用化还有多远？

可能会在未来的“几十年”内实现

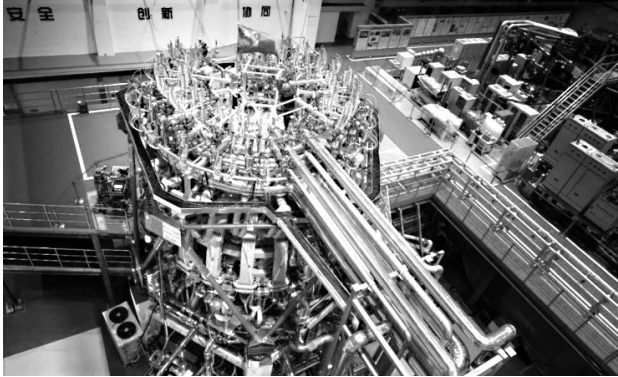
美国能源部部长格兰霍姆表示，核聚变的商业化或许可能会在未来的“几十年”内实现，大概率不会是之前预计的“五六十年”，但科学界普遍对于可控核聚变的商业化前景持谨慎态度。英国《金融时报》称，尽管该实验产生的能量比激光器输入的能量高，但光是激光器运行就需要约300兆焦的能量，就整个系统而言，产生的能量仍微不足道。此外，从聚变热能转化为电力的过程中还会有能量损失，“因此可以说，国家点火装置的实验结果是一项科学上的成功，但离提供可用的、充足的清洁能源还有很长一段路要走”。美国《华盛顿邮报》称，如果要制造足够大的设备大规模产生核聚变

能量，将需要极其难以生产的材料。同时，反应产生的中子会给设备带来巨大压力，令其在反应过程中被摧毁。

杜祥琬表示，人类离实现可控核聚变的实用化，也就是造出所谓的“人造太阳”，现在还有距离，但要强调的是，人类离实现这一愿景并没有原理性的障碍，我们已经看到全人类为实现这一目标取得了许多技术进步和突破。“至于还要多久才能实现这一目标，有业内专家认为还需要二三十年，我认为需要的时间可能更长一点，相关领域专家曾对我说过一句话，核聚变能发电，点燃的第一盏灯会在中国亮起，对此我很赞赏，相信本世纪我们一定可以实现这一梦想。”

中国处于什么水平？

新一代“人造太阳”已经取得全新突破



中国新一代“人造太阳”装置(HL-2M)

“人造太阳”是世界极度关注的大科学问题，在下一代清洁能源面前，国与国是利益相关的合作伙伴关系，最具代表性的是2006年启动的国际热核聚变实验堆(ITER)项目。它是目前全球规模最大、影响最深远的国际大科学工程之一，中国、欧盟、美国、俄罗斯、日本、韩国、印度等成员国参与其中，各国共同造出来的一颗“人造太阳”，是目前世界规模最大的核聚变反应堆，坐落在法国南部卡达拉舍。中方上月完成该项目首件关键零件“增强热负荷第一壁”。

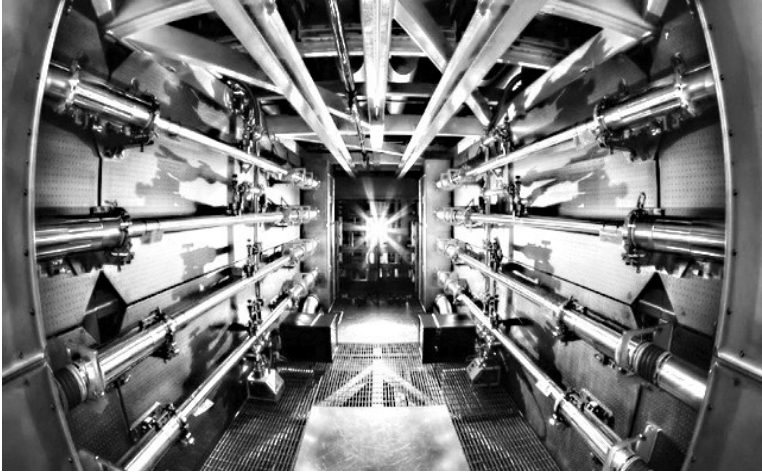
尽管可控核聚变技术和托卡马克装置最早起源于国外，但中国已经实现了后来居上，处于世界前沿。建成于2006年的中国“人造太阳”EAST，全称为“全超导托卡马克核聚变实验装置”，又

称“东方超环”，由中国科学院等离子体物理研究所建在安徽合肥。2021年底，EAST实现了1056秒的长脉冲高参数等离子体运行，其间电子温度近7000万摄氏度，创下当时托卡马克装置高温等离子体运行的最长时间纪录。

2020年12月4日，由中核集团核工业西南物理研究院自主设计、建造的新一代“人造太阳”装置(HL-2M)建成。今年10月，HL-2M取得了突破性进展——等离子体电流突破100万安培(1兆安)，创造了中国可控核聚变装置运行新纪录。此次全新的突破，意味着该装置未来可以在超过1兆安培的等离子体电流下常规运行，开展前沿科学研究，对我国未来深度参与国际热核聚变堆(ITER)实验及自主设计运行聚变堆具有重要意义。

专家称意义被夸大，距离造出『人造太阳』还要很久

美国取得『核聚变突破』？



美劳伦斯·利弗莫尔国家实验室

核聚变点火效果图