



◆美國科學家採用慣性約束聚變的方法，首次成功在核聚變反應中取得淨能量增長。網上圖片

美國政府科學家經歷數十年的研究，據報終於在位於加州的勞倫斯利弗莫爾國家實驗室，首次成功在核聚變反應中取得淨能量增長（Net energy gain），被視為能源技術發展的重大突破，踏出提供廉價潔淨能源的關鍵一步。

科學家自20世紀50年代以來一直試圖複製太陽提供動力的核聚變反應，但從未有人成功在核聚變反應中取得淨能量增長，意味產生的能源比消耗的更少，淨能量增長亦因此被視為能源技術發展的里程碑之一。

「無限零碳能源目標關鍵一步」

英國《金融時報》11日引述3名了解加州實驗初步結果的人士報道，聯邦勞倫斯利弗莫爾國家實驗室的美國政府科學家，在過去兩周的一次核聚變實驗中首次實現淨能量增長，甚至稱「朝着無限、零碳能源的目標邁出關鍵一步。」該實驗室採用了一種名為慣性約束聚變（Inertial confinement fusion）的方法，即用世上最大激光撞擊一顆微小的氫等離子體顆粒。

消息人士續稱，該核聚變反應產生了約2.5兆焦耳的能量，約為激光器2.1兆焦耳能量的120%。不過，實驗室指出，初步診斷數據表明，國家點火設施進行的實驗是「成功的」。但由於產生的確切能量仍在確定中，所以目前無法確認它是否超過了閾值。實驗室強調「分析仍在進行中，因此在這個過程完成之前公布信息……是不準確的。」

能源部宣布「重大科學突破」

其中兩名消息人士亦稱，能量產出超出了預期，導致部分測量設備損壞，使分析工作變得複雜。他們還表示，科學界已在廣泛討論這一突破。另一方面，美國當局亦謹慎處理消息。能源部表示，當局於當地時間13日在勞倫斯利弗莫爾國家實驗室正式宣布「一項重大科學突破」，但拒絕進一步置評。

一杯氫燃料可為一戶供電數百年

等離子體物理學家特瑞爾評論稱，如果這消息得到證實，我們將見證一個歷史時刻。正開發類似核聚變技術的英國初創企業First Light Fusion表示，這一潛在突破「改變遊戲規則」，對核聚變發電來說意義重大。不過技術距離商業用途至少仍有十年至數十年的時間。

核聚變科學是利用極高速度將兩個原子粉碎，將過程產生的能源轉化為電力，不會排放到大氣層，亦不會產生放射性廢物，有助對抗氣候變化和改善貧窮，被視為廉價潔淨能源的「聖杯」。理論上，一小杯氫燃料在核聚變下可為一戶人提供數百年的電力。

值得一提的是，耗資35億美元的實驗室最初是為了通過模擬爆炸來測試核武器，但後來被用於推進聚變能研究。去年，它在一次聚變反應中產生了1.37兆焦耳的能量，約為那次激光能量的70%，是世界上最接近淨能量增長的一次。

◆綜合報道



◆核聚變被指是氣候變化的最終解決方案。資料圖片

原材料海水提煉資源豐 夠人類用數百億年

核聚變能源的原材料氫和氦可從海水提煉，所以資源豐富，加上無碳排放和清潔安全等突出優點，被譽為是下一代新能源之王。

核能被認為是最有前景的能源，其主要有裂變能和聚變能兩種形式。核裂變是指由重的原子核變化為輕的原子核，核電站發電就是用可控核裂變技術。不過，核電站弊端就是電站產生的熱能大約只有百分之三十可以轉化為電能，同時會有大量的熱量積載在電站當中，存在嚴重的安全隱患。

聚變燃料保存運輸更安全

核聚變則是指由較輕的原子核變化為較重的原子核。據悉，可控核聚變可以用很少的能源釋放出巨大的能量。在自然界中，最容易實現聚變反應的是氫的同位素——氘和氚的聚變。

氘和氚在海水中的儲量極為豐富；據估算，一升海水提取的氘能產生的聚變能源，相當於300公升汽油完全燃燒釋放的能量。如果能將海洋中的數量多達45萬億噸的氘元素，全部應用於核聚變的話，釋放的能量足夠人類使用幾百億年。

另外，氘和氚反應的生成物是氦氣，沒有放射性，對環境無害；同時，一旦造成反應的等離子體熄滅，聚變反應就會終止，因此聚變燃料的保存運輸、聚變電站的運行都比較安全。

目前，實現可控核聚變的最大難題是如何控制和約束核聚變反應；理論上，有三種物理方式可約束核聚變反應：重力場約束、磁力場約束和慣性約束。太陽上的核聚變就是靠太陽強大的萬有引力提供的重力場約束，這個方法在地球上無法實現。

◆綜合報道

美研核聚變大突破 「能源聖杯」首現眉目

數十年研究終獲淨能量增長 廉價潔淨能源可成真

小資料

科學界現時得知共有3種物理方式可達成約束核聚變反應，包括重力場約束、磁力場約束和慣性約束。今次實驗所採用的是慣性約束技術。

重力場約束的例子之一是太陽上的核聚變，太陽在巨大的自身引力作用下，有着向中心不斷坍塌的壓力，與核聚變產生的巨大膨脹壓力，互相抵消，維持在一種平衡狀態。科學界普遍認為這個方法在地球上無法實現。

報道中的慣性約束聚變（Inertial confinement fusion）原理是利用粒子的慣性作用來約束粒子本身，從而實現核聚變反應。基本思想是：利用驅動器提供的能量使靶丸中的核聚變燃料（氘、氚）形成等離子體，在這些等離子體粒子由於自身慣性作用還來不及向四周飛散的極短時間內，通過向心爆聚被壓縮到高溫、高密度狀態，從而發生核聚變反應。

磁力場約束聚變（Magnetic confinement fusion）則是利用磁場與高熱等離子體來引發核聚變反應的技術。具體做法是，先加熱燃料，使

它成為等離子體形態，再利用磁場，約束住高熱等離子體中的帶電粒子，使它進行螺旋運動，進一步加熱等離子體，直到產生核聚變反應。目前，磁力場約束聚變技術發展比慣性約束聚變更好，法國早在2007年建立使用磁力場約束聚變的設施。

◆綜合報道



◆磁力場約束聚變

核聚變三類約束方式

產生可觀電力或等到2060年代

目前大多數國家級的核聚變實驗室從來沒有被設計成發電站。在短暫實現核聚變之後，人們便會關閉反應堆，仔細研究結果，並對實驗進行改造。美國普林斯頓大學的科學家考利說：「我們不知道的是，我們用核聚變發電的成本是否會低於消費者願意支付的電價。」

從點火到發電困難重重

美國國家點火設施（NIF）一直難以實現可持續的核聚變反應，即使微小瑕疵也可能意味着外殼碎片會散落到等離子體中，對核聚變反應產生干擾。目前每個燃料囊的成本是大約100萬英鎊。

即使採用久經考驗的裝置，實驗反應堆也只能短時間運行。歐洲聯合環狀反應爐的5秒紀錄受到反應堆銅線圈的限制，如果受到核聚變過程中釋放的中子太長時間的轟擊，銅線圈就會過熱。試驗性的托卡馬克裝置既笨重又複雜，意味它們的建造可能就需要花幾十年時間。

歐洲國家核聚變實驗室組織EUROfusion的項目經理多內估計，須等到本世紀60年代，核聚變才能產生可觀的電力，「有鑑於此，你或許會奇怪，為什麼一眾私營企業會把『十年內實現商業核聚變』看作一個合理目標。」

◆綜合報道



◆美國國家點火設施一直難以實現可持續的核聚變反應。網上圖片

借無限能量願景吸金 私企一年籌集28.3億美元

核聚變轉化無限能量的願景吸引科學界幾十年來前仆後繼，近年亦逐漸成為私企的「吸金」招數，引領大批資金落入該領域。根據聚變工業協會的數據，在截至6月底的12個月，核聚變公司籌集了28.3億美元，主要在美英兩國。

全球現時出現35間私營核聚變企業，總投資額達到近49億美元。投資者包括微軟創辦人蓋茨、著名避險基金「老虎環球」和美國能源巨頭雪佛龍。能源公司託卡馬克首席執行官凱爾薩爾表示，

他們押注自己能夠在未來10年提供商業上可行的核聚變能源，「我們非常專注於在2030年代早期至中期提供技術示範，將淨電力輸入電網。」凱爾薩爾續稱，核聚變產業作為對抗氣候變化的潛在工具，在過去一年開始受投資者關注，人們的態度「明顯發生了轉變」。

「氣候變化終極解決方案」

發展核聚變技術、總部位於牛津的First Light Fusion的首席執行官霍克表示，「無限清潔能源」的前景使核聚變的潛力具有不容忽視的吸引力。「從某種意義上說，核聚變是氣候變化的最終解決方案。」

First Light Fusion的等離子物理學家溫德里奇形容「這是一個非常令人興奮的時刻」，因為公營實驗室和私企的合作越多，就越可能盡快實現核聚變發電。

◆綜合報道



◆核聚變科學是利用極高速度將兩個原子粉碎，將過程產生的能源轉化為電力，不會像化石燃料發電廠般排放碳到大氣層。資料圖片