

“人造太阳”离我们还有多远？

撰文 / 贺占强（武安市第七中学）

你听说过“人造太阳”吗？下面，我们就一起揭开它的神秘面纱。

核裂变与核聚变

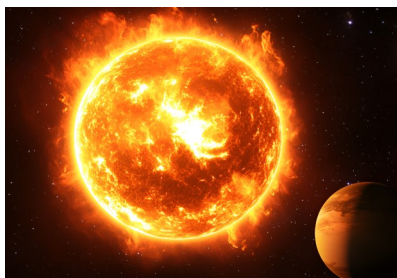
要读懂“人造太阳”，首先要了解两种核反应——核裂变与核聚变。顾名思义，核裂变是一个重原子核分裂成若干较轻原子核的核反应。科学家利用中子轰击铀-235和钚-239等重元素的原子核，将它们“劈”成多个较轻的原子核，这个过程会释放出巨大的能量。原子弹和目前的核电站，利用的都是核裂变原理。虽然核裂变能产生巨大能量，但也存在一些缺陷：燃料储量有限、产生放射性废料、发生事故后可能引发核泄漏……

核聚变与核裂变的反应原理恰好相反，是多个轻原子核聚合成一个较重原子核的过程。氘（dǎo）和氚（chuān）均为氢的同位素，它们的原子核在特定的高温、高压条件下受到挤压，会融合成一个比较重的氦原子核，释放的能量远高于核裂变。氢弹依托核聚变原理研制而成，威力远超原子弹。

什么是“人造太阳”

太阳能够长期持续地发光发热，依靠的就是内部不间断的核聚变反应。太阳核心温度高达1500万摄氏度，压力是地球标准大气压的2000~2600亿倍。在这种极端环境下，氢原子核持续碰撞、融合，形成氦原子核。在太阳内部，每秒钟约有6.2亿吨氢原子核发生核聚变，释放的能量以光和热的形式辐射到整个太阳系。

我们所说的“人造太阳”，并不是在天空中“复制”一个太阳，而是在地球上模拟太阳的聚变环境，建造一种可控的核聚变装置，实现能量持续、稳定地输出。太阳内部以氢原子核发生核聚变为主，而“人造太阳”主要依靠氘、氚原子核发生核聚变反应产能。



氢弹和“人造太阳”虽然都利用核聚变原理，但二者有着本质区别：氢弹是不可控的核聚变，爆炸时如同点燃一整箱炸药，瞬间释放出全部能量；而“人造太阳”是可控核聚变，就像家中的煤气灶，可以调控条件下稳定向外输出能量。

如何装下1亿摄氏度的等离子体

实现可控核聚变，需要把氘、氚化合物加热至1亿摄氏度以上，达到太阳核心温度的6倍以上。在高温高压环境下发生核聚变以后，氘、氚化合物会转化为带电等离子体。带电等离子体同我们熟知的固态、液态、气态物质，如同一团带电的高温“火焰”。这就出现了一个很棘手难题：什么样的容器能够容纳1亿摄氏度的等离子体？可能有人会说：地球上熔点最高的金属是钨，我们可以用钨制造一个容器来盛放这些“火焰”。这种设想无法实现，钨在3422摄氏度就会熔化，遇上1亿摄氏度的等离子体会瞬间汽化。

为了解决这一难题，科学家找到了方案：既然没有固体容器能够承受如此高温，就借助磁场力量，让等离子体在磁场中沿着磁感线做螺旋运动。这样，高温等离子体悬浮在空中，既不触碰容器内壁，又能持续稳定“燃烧”。依据这一思路，科学家研制出托卡马克装置。

神奇的“甜甜圈”

托卡马克装置是“人造太阳”的核心装备之一，这个名称源自俄语缩写，含义为“带磁线圈的环形真空室”。装置外形酷似巨型“甜甜圈”，主体是环形真空容器，外部环绕磁线圈。

当“甜甜圈”开始工作时，首先将真空室里的空气抽干净，注入氘和氚燃料。接着通过微波加热、中性粒子束注入等手段，把氘、氚化合物加热到1亿摄氏度以上，让它们变成等离子体。然后再利用磁线圈搭建一个无形的“磁场牢笼”，将等离子体牢牢约束在真空室的中央。为了防止等离子体逃出，科学家加装了“偏滤器”来清理杂质，并且通过“高约束模式”来延长高温约束时间。

潜力无限的未来能源

“人造太阳”所需的燃料丰富，运行时高效无污染，可以为人类源源不断地提供能源，被视为人类的终极能源。

“人造太阳”的燃料近乎取之不尽。氘可以从海水中提取，从一升海水中提取的氘参与聚变反应释放的能量，大约等同于300升汽油完全燃烧释放的能量。全球海水里的氘足够人类使用几百亿年。氘可以通过中子与锂的反应生成，锂在地球上储量丰富，完全不用担心能源枯竭问题。

“人造太阳”运行时非常安全。核聚变装置的磁场一旦消失，等离子体就会瞬间冷却，聚变反应也会立刻停止，不会像核裂变那样发生爆炸。核聚变几乎不产生放射性废料，不会排放二氧化碳，有利于改善地球的生态环境。

“人造太阳”除了为我们提供电能，在其他领域也有广阔的应用前景。在太空探索领域，核聚变发动机能让航天器飞得更快、更远，星际旅行将不再是梦想；在工业领域，它可以提供超高温热源，用于新材料合成、海水淡化等。将来，说不定轮船、飞机都会装上小型核聚变装置，从而实现“零排放”运行。

我国的“人造太阳”有多牛

你可能还不知道，在全球“人造太阳”的研发赛道上，我国是真正的“领跑者”。

“东方超环”（EAST）是我国自主研制的世界首个磁约束核聚变实验装置。2021年，“东方超环”的等离子体在1.2亿摄氏度下“燃烧”了101秒，2023年又把纪录提升到403秒。2025年1月，我国成功实现了1亿摄氏度等离子体稳态运行1066秒，创造了新的世界纪录。对核聚变来说，稳定约束时间越长，就越接近持续发电的目标。“东方超环”是全球第一个能在1亿摄氏度高温下长时间约束等离子体的装置，为下一步的核聚变发电打下了基础。“中国环流三号”是我国新一代核聚变装置。2025年3月，这一装置首次实现了原子核温度1.17亿摄氏度、电子温度1.6亿摄氏度的“双亿度”重大突破。

2025年10月1日，核聚变装置（BEST）的主机关键部件——杜瓦底座在安徽合肥成功完成吊装。这标志着我国从核聚变实验向核聚变发电迈出了关键一步。BEST装置计划于2027年竣工，有望成为人类历史上首个实现核聚变发电的装置。预计到2030年，BEST装置将通过核聚变发电点亮第一盏灯。

随着科技的不断进步，相信在不久的将来，“人造太阳”一定会照亮我们的生活！

编辑 / 杨颖容