

人类能创造自己的太阳吗?

莫 恭 敏

科学家力图在地球上实现宇宙星体的能量反应并加以利用。人类能创造自己的太阳吗? 答案是肯定的,而且前途乐观。

世间万物无不享受着太阳的恩惠。沐浴着太阳的光辉,地球才出现生命,形成繁荣的生物圈和万能的智慧圈,才进入今天的文明时代。

人类自从懂得使用火以来,开发能源的手段越来越多。本世纪三十年代,在核物理发展的早期科学家就已发现:四个氢原子核会聚合成一个较重的氦原子核,同时释放出巨大能量。不久,又发现这种轻核聚合反应是宇宙中星体能量的主要来源。我们的太阳就是通过这种反应每年释放出 $29,835 \times 10^{27}$ 千卡热量,而且如此无休止地辐射能量已有约 50 亿年。尽管氢弹爆炸证明人类已能实现不可控制的轻核聚变,然而它至今未能通过受控轻核聚变反应来获取能量。相反,倒是重核裂变反应在 1942 年获得成功。目前,世界各国的原子能发电站全都是裂变反应堆作为动力源的。

那么,怎样才能控制住聚变反应,让它乖乖地为人类服务呢?

为实现受控聚变反应,需具备两个最基本的条件:一是参加聚变的物质(等离子体)必须获得异常高的温度(这是为使等离子体粒子(例如离子)能克服其间的库伦排斥力而进行聚变反应,正因为如此,这种反应被称为热核反应);二是热能在等离子体中必须被约束足够长的时间。(以利于聚变反应顺利进行。)

实验证明,氢的同位素氘(重氢)和氚(超重氢)在热核反应过程中能释放出巨大的能量。然而,氘核同氚核的聚合需要五千万度以上的高温,而氘核同氘核的聚合则需二亿度才得以实现。那么,怎样才能控制住如此高温的热核反应呢? 因为任何一种容器都经受不了这种高温的冲击啊!

在高温下,参加聚变的气体因核外电子全部脱出而成为电离状态,这种电离气体被称为“等离子体”。在太阳表面,等离子体是靠万有引力约束住的。在地球条件下,用什么办法约束等离子体呢? 一九五〇年,苏联科学家发现了磁绝缘的办法可以把等离子体约束起来,不让它同容器壁相接触,这样就可望达到聚变所需要的高温。在这一思想的基础上,随后便诞生了托卡马克及其它类型的装置。

为实现受控热核聚变,各国科学家研究了用来产生等离子体并对等离子体进行加热和绝热的种种装置。除已提到的托卡马克外,还有仿星器、磁镜、向心爆炸装置等;然而最接近受控聚变要求条件的装置被认为是苏联著名物理学家伊戈尔·塔姆和苏联氢弹之父萨哈罗夫发明的托卡马克。这种装置是一种真空环形室。套在环室上的线圈沿等离子体容器所产生的纵向磁场同被环室围绕的变压器所感应出的环绕等离子体的横向磁场相互迭加,便形成一个以螺旋状绕着等离子体的磁场。这一迭加磁场把等离子体箍缩住,使它同环形室(容器)壁隔绝。六十年代末,苏联科学家首先取得成功。他们用托卡马克 T-3 装置把约 1 千万度高温的等离子体约束了数毫秒。目前,美国、日本和欧洲一些国家也建造了数座被称为示范反应堆的托卡马克,如美国的 TFTR、欧洲原子能联营组织的 JET、联邦德国的 ASDEX、日本的 JT-60 等。苏联在托卡马克 T-7 和托卡马克 T-10 的基础上目前正建造新一代超导磁系统托卡马克 T-15,并设计尺寸更大的实验性热核反应堆 T-20。科学家通过往等离子体内注入快原子束或往环室内输入高频电磁波的补充加热方法在三、四年以前便就得以把托卡马克内的等离子体加热到 7000 万摄氏度的高温。

为加强热核聚变研究方面的国际合作,苏联在一九七八年提出建造国际托卡马克反应堆的倡议并提出了具体方案。随后在维也纳成立了由欧洲原子能联营组织参加国、苏联、美国和日本组成的国际环室方案工作小组。正在设计中的这座国际环室属试验性装置而非生产性热核反应堆,功率约 500 兆瓦,计划于九十年代初建成。尽管国际环室功率不大,然而各国科学家正是在这座装置上进行未来热核电站各主要分系统的试验,以展示通过可控热核聚变获取能量的现实可能性。

目前世界上最大的聚变实验反应堆之一的 TFTR 建在美国普林斯顿等离子体物理实验室内。反应堆的中心是一个半径达 3 米的环形燃烧室,室内的等离子体一旦达到一定的温度和一定的密度时,原子核就发生碰撞,实现聚变反应,而释放出巨大的能量。接着,这种以中子形式出现的能量通过反应堆装置,加热蒸汽,带动涡轮机发电。

场离子显微镜

——陆华——

一、历史的回顾

场离子显微镜 Field Ion Microscope (FIM) 是一种具有高放大倍数、高分辨率并能在原子级水准上直接观察表面原子的研究装置。它是由比它出现早 15 年的场发射显微镜 Field Electron Emission Microscope (FEM) 的发明者 E. W. Müller 本人改进而成的。在 FEM 中, 当一负电位加到针状样品并产生 $\sim 10^7$ V/m 的场强时, 在样品尖端会因隧道效应而出现冷电子发射, 从而将其表面状况扩大投影到离样品 10cm 左右的荧光屏上成像。然而, 这种发射电子具有较大的横向速度分量 and 较长的 de Broglie 波长, 因而限制了 FEM 像的最大分辨率, 只能在 20 Å 左右。为提高像的分辨率, Müller 进行了长期的实验探索, 最后

提出了改用离子成像, 并用降低样品温度以减小成像离子的横向速度分量的办法实现原子级分辨率的设想。直到 1941 年发现场脱附现象之后此设想才逐步得以实现。1951 年, Müller 将它作为“成像气体”充到抽空了的 FEM 镜体中, 并在针状的 W 样品上加了正的高电压, 使成像气体原子在样品表面附近产生“场离子”, 终于得到了 W 的原子像, 这就是最初的 FIM。到了 60 年代, 由于超高真空技术、低温技术、微电子学以及各种表面分析技术的迅速发展, 使 FIM 产生了新的飞跃。 10^{-11} Torr 真空的获得, 使单个表面吸附原子的扩散、成簇、重排以及脱附等动态过程的观察成为可能。电子倍增微通道板的问世, 解决了离子像的亮度及显微观察中动态摄影上的困难。高灵敏质谱技术的引入, 使原子的质量分辨提高到 $1/1000$ a.m.u. 脉冲激光新技术的应用, 解决了在低温下导电率较低的半导体或绝缘体样品的分析问题, 从而使金属/半导体界面等研究取得了突破性的进展。尤其是从 1967 年 Müller 将 FIM 与飞行时间质谱结合在一起, 建成世界上第一台原子探针场离子显微镜 Atomprobe Field Ion Microscope (APFIM) 以来, FIM 的研究进入了定量化阶段。因而它作为一种具有极限原子分辨能力似

据报道, 一九八六年七月, 美国科学家在这座托卡马克聚变反应堆的试验中分别取得了两项突破: 即产生了 2 亿摄氏度的高温和实现了对等离子体创纪录的长时间约束。另有报道说, 欧洲共同体委员会于同年十一月宣布, 欧洲共同体的受控核聚变试验装置成功地将等离子体温度提高到 1 亿 4 千万摄氏度, 使等离子体密度达到每立方厘米 2 亿 5 千万亿个, 并且将等离子体约束时间保持 0.5 秒。报道认为, 这一突破超过了美国和日本科学家在这一领域已取得的成就。

上述这两项突破, 使人类利用核聚变能的研究又向前迈进了一步。

2 亿摄氏度是目前在世界上所记录到的最高温度。这一温度是太阳中心温度的 10 倍。科学家指出, 这一创纪录高温使人类第一次达到了实用性核聚变反应堆所要求的温度。普林斯顿等离子体物理实验所所长哈罗德·弗思说, 美国科学家期望在一年内达到另一个目标: 在同一试验中产生高温和实现等离子体长时间的约束。他宣布, 实验所下一步的目标是达到盈亏平衡, 即反应堆产生的能量至少等于使反应堆启动和运转所需的能量。美国核聚变能工程部主任约翰·克拉夫指出: “我们现在已有实际可能在托卡马克装置的基础上建造稳态的聚变反应堆。”

普林斯顿等离子体物理实验所副所长保罗·托瑟福德博士在几年以前, 当 TFTR 反应堆记录到 7000 万摄氏度时就曾指出, 尽管目前受控热核聚变的研究仍然处于婴儿期, 然而这个时期即将结束。他估计到 2020 年受控核聚变反应堆将对人类的电能需求作出有意义的贡献。现在, 当 TFTR 产生 2 亿摄氏度高温时, 美国核聚变能工程部主任克拉克以乐观的口吻表示, 他预料在十五年内就有可能建造出实用的聚变反应堆。如果这个目标如期实现, 那对人类来说该是多么巨大的喜讯啊!

受控热核聚变最吸引人之处在于, 热核反应堆与目前的裂变反应堆不同, 它没有放射性副产品, 在能量生产过程中只留下少量的放射性废料, 而且不存在反应失控和反应堆熔化的可能性。

受控热核聚变反应堆投入工业使用, 将在二十一世纪给人类带来无限的光明与巨大的希望。当人类终将点燃自己的太阳的时候, 这不仅标志着人类已打开了永不枯竭的能源的闸门, 而且也标志着人类向更高级的文明跨出了一大步!

(上接第 10 页)

实验。

9. 光物理的研究也将大大推动分子生物学的发展。通过生物分子的光谱和时间分辨谱可以研究生物分子的结构和生物分子演化的动力学过程, 从而将为发展分子生物学及其应用作出贡献。