

人造太阳

人造太阳计划是国际热核实验反应堆（ITER）计划的俗称。1985年，在美、苏首脑的倡议和国际原子能机构（简称IAEA）的赞同下，重大国际科技合作计划ITER（即International Thermonuclear Experimental Reactor）得以确立，其目标是要建造一个可自持燃烧（即“点火”）的核聚变实验堆，验证聚变反应堆的工程可行性。



中国新一代热核聚变装置EAST(俗称“人造太阳”)

人造太阳是旨在地球上模拟太阳的核聚变，利用热核聚变为人类提供源源不断的清洁能源。核聚变能以氘氚为燃料，具有安全、洁净、资源无限3大优点，是最终解决我国乃至全人类能源问题的战略新能源。

工作原理

“人造太阳”以探索无限而清洁的核聚变能源为目标。由于它和太阳产生能量的原理相同，都是热核聚变反应，所以被外界称为“人造太阳”。

而所谓的“人造太阳”的原理，就是在这台装置的真空室内加入少量氢的同位素氘或氚，通过类似变压器的原理使其产生等离子体，然后提高其密度、温度使其发生聚变反应，反应过程中会产生巨大的能量。1升海水提取的氘，在完全的聚变反应中释放的能量，相当于燃烧300升汽油释放的热能。因此一旦这种技术成熟，建立了电站，就相当于建立了一个“人造太阳”。

研究重点

受控热核聚变的条件是必须加热燃料到亿万度的高温，把燃料约束到一个局部的小空间中。什么物质的器皿能够盛装上亿度的高温燃料？这成为当前最主要的难题。耐火砖、不锈钢都不可行，必须采用特殊方式来约束聚变燃料。如果没有物质的器皿盛装上亿度高温的等离子体聚变燃料，可否用磁场构造一个磁的容器来盛装？这就产生了托卡马克这类磁约束聚变装置。使用这个装置，其外面大量的大线圈和磁体会产生一个环形的磁容器，在这个磁容器里

面约束、加热聚变的燃料，让它发生聚变反应。过去的60年，近100个大大小小的托克马克一点点地贡献了不同特点的技术，才使得我们敢于去建造越来越大的托克马克聚变装置。如何克服巨大的静电斥力将原子核聚到一起，还要将它们的密度维持在一定水平以防不安全的能量爆发（如氢弹就是不可控的核聚变）。前苏联科学家在20世纪50年代初率先提出磁约束的概念，并在1954年建成了第一个磁约束装置—形如中空面包圈的环形容器的“托克马克（Tokamak）”，又称环流器。

一般情况下，在超过10万摄氏度的磁场中，原子中的电子就脱离了原子核的束缚，形成等离子体。带电粒子会沿磁力线做螺旋式运动，所以等离子体就这样被约束在这种环形的磁场中，也叫磁笼。亿万年来，地球上的万物靠着太阳源源不断的能量维持自身的发展。在太阳的中心，温度高达1500万摄氏度，气压达到3000多亿个大气压。在这样的高温高压条件下，氢原子核聚变成氦原子核，并放出大量能量。几十亿年来，太阳犹如一个巨大的核聚变反应装置，无休止地向外辐射着能量。

核聚变能是两个较轻的原子核结合成一个较重的原子核时释放的能量，产生聚变的主要燃料之一是氢的同位素氘。氘广泛分布在水中，每升水约含30毫克氘，通过聚变反应产生的能量相当于300升汽油的热能。采集氘并使之与相关物质聚变产生能量，就是“人造太阳”的原理。根据科学家的分析，如果我们未来能建成一座1000兆瓦的核聚变电站，每年只需从海水中提取304公斤的氘就可产生1000兆瓦的电量。照此计算，地球上仅在海水中就含有45万吨氘，足够人类使用上百亿年，比太阳的寿命还要长。

未来的稳态运行的热核聚堆用于商业运行后，所产生的能量够人类用数亿年乃至数十亿年。从长远来看，核能将是继石油、煤和天然气之后的主要能源，人类将从“石油文明”走向“核能文明”。

概念简介

国际热核实验反应堆（ITER）计划也被称为“人造太阳”计划。1985年，在美、苏首脑的倡议和国际原子能机构（简称IAEA）的赞同下，重大国际科技合作计划ITER（即International Thermonuclear Experimental Reactor）得以确立，其目标是要建造一个可自持燃烧（即“点火”）的核聚变实验堆，验证聚变反应堆的工程可行性。

ITER计划独立于IAEA之外，最初由俄、日、美、欧四方共同承建。2003年2月，在俄罗斯圣彼得堡召开的“ITER第八次政府间谈判会”上，中国宣布作为全权独立成员加入该计划谈判。这意味着中国承诺承担ITER工程总造价46亿欧元的10%，并享受全部知识产权。

2006年5月24日在欧盟总部布鲁塞尔，中国、欧盟、美国、韩国、日本、俄罗斯和印度7方代表共同草签了《成立国际组织联合实施国际热核聚变反应堆（ITER）计划的协

定》，这标志着 I T E R 计划实质上进入了正式执行阶段，也标志着我国实质上参加了这一计划。

与国际空间站研究、欧洲加速器、人类基因组测序研究等项目一样，I T E R 计划也是一个大型的国际科技合作项目。它的实施结果将决定人类能否迅速地、大规模地使用核聚变能，从而可能影响人类从根本上解决能源问题的进程，因此意义和影响十分重大。

人造太阳-中国参与研究

EAST 是先进超导托卡马克实验装置(Experimental Advanced superconducting tokmak)的英文缩写。

委员会评估认为它将是世界上第一个同时具有全超导磁体和主动冷却结构的托卡马克，能实现稳态运行。委员会对工程进展速度、研制质量和对关键部件的测试，尤其是对全部由等离子体所自行研制的超导磁体，留下了非常深刻的印象。委员会强烈吁请中国科学院和国家科技部给予长期的、充足的、持续的支持。

人们认识热核聚变是从氢弹爆炸开始的。氢弹爆炸时释放出极大的能量，给人类带来的是灾难。而科学家们却希望发明一种装置，可以有效地控制「氢弹爆炸」的过程，让能量持续稳定的输出。科学家们把这类装置比喻为「人造太阳」，因为它可以像太阳一样，为人类提供一种无限的、清洁的和安全的能源。

中科院等离子体物理研究所研制的「EAST」装置就是这样的一种实验设备。据有关专家介绍，等离子体长时间稳定运行是实现控制核聚变的前提条件之一，但在目前世界上的「人造太阳」实验装置上，等离子体稳定运行的时间都很短，短的只有几秒钟，最长的也只有四分多钟，而「EAST」装置由于采用了先进的非圆切面和全超导技术，等离子体稳定运行的时间可达十六分钟，是迄今为止世界上能让等离子体运行时间最长的「人造太阳」实验装置。

专家们认为，这一实验装置可为欧、美、日、中等七方正在谈判筹建中的「国际热核聚变实验堆」建设提供直接经验，并为未来聚变实验堆提供重要的工程和物理实验基础。

中科院等离子体物理研究所所长李建刚说，虽然「人造太阳」的奇观在实验室中已经出现，但离真正的商业运行还有相当长的距离，「人造太阳」所发出的电能在短时间内还不可能进入人们的家中。但他预测，根据目前世界各国的研究状况，这一梦想最快有可能在五十年后实现。

2000年10月正式开工建设，国家投资1.65亿元。它是世界上第一个具有非圆截面的全超导托卡马克，该项目的科学目标旨在探索近堆芯条件下等离子体稳态运行模式，从而为未来稳态运行的先进托卡马克核聚变反应堆提供重要的工程技术和物理基础。中科院合肥研究院

等离子体所的科研人员经过 8 年艰苦努力,于 2006 年初成功进行了装置的工程联调,自 2006 年 9 月起开始转入物理实验阶段,现已成功开展了两轮物理实验,在全超导磁体稳定运行条件下,获得了最大电流 500 千安、9 秒重复放电、大拉长比偏滤器等离子体等多项实验成果。

在经费有限、工程建设时间紧迫,特别是国内超导工业基础薄弱、缺乏相关技术储备的条件下,EAST 团队完成了十几个子系统的研发,在大型超导磁体的设计、制造、性能测试、精密加工等方面取得了重大突破,除少量国内没有条件生产的,如超导线和低温阀门等材料和部件进口外,独立自主加工制造了超导托卡马克所有核心部件和绝大多数的关键设备,其自主研发部分大于 90%,实现了 EAST 装置的安装调试运行放电一次成功。

该项目工程在建设过程中自主发展了 65 项关键技术和新技术,形成了一系列技术生长点,创造了多个国内乃至国际第一。如铠装电缆超导体(CICC)是 EAST 全超导托卡马克的最重要的核心部件,为了满足工程需要,等离子体所自主生产了 EAST 所需的总长度达 35 公里的大电流 CICC 导体,这不但使中国的 CICC 制造技术处在世界先进行列,产量达世界第一,同时创造性地发展了无焊瘤管—管对接焊技术、薄壁焊缝超声波检测技术等一整套大型超导磁体制造工艺,全面提升了我国大型超导磁体设计、制造和综合实验测试能力。相关的设计理念和工艺技术创新还包括大型超导磁体的设计和制造、大规模超低温制冷技术、任意可控的急剧变化大电流设备技术等,这些都属国内首创并达到国际先进水平。

EAST 装置的建设 and 投入运行为国内外聚变研究搭建起了一个重要的研究平台。目前,等离子体所已同中国科技大学、清华大学、核工业西南物理研究院等 16 个大学、研究机构建立了 20 多个工作组,与国外 14 个著名研究所签署了双边合作协议,联合科学家小组近 40 个,一个以我为主的国际合作局面初步形成。

人造太阳—评价及意义

EAST 的成功建设得到国际聚变研究专家的高度评价。由 29 位国际聚变界权威人士组成的国际顾问委员会在评价意见中指出,“EAST 是全世界聚变工程的非凡业绩,是全世界聚变能开发的杰出成就和重要里程碑”,“EAST 是目前世界上唯一投入运行并拥有类似于即将建设的国际热核聚变实验堆(ITER)而采用全超导磁体的托卡马克装置。EAST 的成功建设和运行为中国平等参加 ITER 这一重大国际合作奠定了基础”。

由国家发改委、中科院、科技部、国家档案局、国家环保总局、国家自然科学基金委的领导和相关院士及专家组成的 34 人验收委员会认为:EAST 超导托卡马克核聚变实验装置项目实现了原定的建设目标,性能在同类装置中处于国际领先地位。这一具有我国自主知识产权的新一代全超导托卡马克核聚变实验装置率先在我国成功建成,整个实验系统运行稳定可靠,装置主机及其重要子系统均达到或超过设计指标,该装置已全面、优质完成,为我国核聚变事业的发展创造了良好的发展平台,也为我国全面参与国际合作项目奠定了坚实的基础。

国家发改委副主任张晓强说：“这是我国聚变开发史上一个不可缺少的重要步骤，也是我国科学家对世界科技发展的重要贡献。”

人造太阳-相关知识

核聚变反应：核聚变反应主要借助氢同位素。核聚变不会产生核裂变所出现的长期和高水平的核辐射，不产生核废料，当然也不产生温室气体，基本不污染环境

托卡马克装置：托卡马克是“磁线圈圆环室”的俄文缩写，又称环流器。这是一个由封闭磁场组成的“容器”，像一个中空的面包圈，可用来约束电离子的等离子体。

氘-氚聚变：氢原子最容易实现的聚变反应是其同位素氘与氚的聚变。氘和氚聚变后，2个原子

核结合成1个氦原子核，并放出1个中子和17.6兆电子伏特能量。每1升海水中含30毫克氘，30毫克氘聚变产生的能量相当于300升汽油。