



中国“人造太阳”再创世界新纪录!中科院合肥物质科学研究院传来好消息:2021年12月30日晚,有“人造太阳”之称的先进实验超导托卡马克实验装置(EAST),实现1056秒的长脉冲高参数等离子体运行,这也是目前世界上托卡马克装置高等离子体运行的最长时间。新纪录不断刷新,目标只有一个:让核聚变的第一盏灯在中国点亮。

齐鲁晚报·齐鲁壹点  
记者 于梅君



中国“人造太阳”

# “人造太阳”7000万℃“燃烧”1056秒

## 中国再创全球新纪录,点亮核聚变第一盏灯未来可期

### 1 可控核聚变 为啥称为“人造小太阳”

万物生长靠太阳。支撑人类社会运转的几乎一切能源,从煤、石油、天然气,到风能、生物能,其本质都是太阳能,而太阳上的能量就来自内部的核聚变反应。太阳每秒钟有6亿吨氢发射热核反应,释放出420万吨质量的能量,地球瓜分了太阳约22亿分之一的电磁辐射能量,相当于1000多万座三峡大坝发电总量,正是靠这些能量养育了地球万物。

所谓“人造小太阳”是“核聚变反应装置”的通俗说法,就是利用太阳核聚变原理,在地球上制造出核聚变条件,并且控制能量缓慢释放,以极高的效率产生源源不断的清洁能源。科学家尝试用“人造太阳”的方法,在装置的真空室内加入少量氢的同位素氘或氚,把它们变成离子体,然后提高密度、温度,使其发生聚变反应,从而产生巨大的能量。

海水中含有大量核聚变燃料——氢的同位素“氘”。一升海水含30毫克氘,完全聚变释放的能量相当于燃烧340升汽油。海水中氘的总量约40万吨,按目前世界消耗的能源计算,聚变能可用几百年。月球上发现的氦-3,也是核聚变的优质材料,如果全部开采,够人类发电1万年。

中科院合肥物质科学研究院等离子体物理研究所王腾博士说,煤、石油、天然气等能源未来有枯竭的危险,还存在一定的环境污染,而“人造太阳”核聚变反应所需的原材料在地球上几乎取之不尽、用之不竭。而且核聚变不产生直接放射性核废料,不产生二氧化碳等大气污染物,很容易通过熄灭等离子体的方法快速终止,不存在反应失控的危险。可控核聚变技术一旦被人类掌握,将是理想的“终极能源”。

### 2 中国“人造太阳” EAST长啥样

中国“人造太阳”,又被称为东方超环的EAST,全名叫“先进实验超导托卡马克实验装置”,由我国自行设计研制。

“人造太阳”装置主体高11米,直径8米,重达400吨,周围供电、冷却等辅助设备林立,其核心结构是一个像面包圈的环形磁容器“托卡马克”。整个大科学装置共有48个窗口,零件数量相当于5架波音777飞机的零件总和。短短数十秒运行中,任何一个零件失灵,任何一滴不该出现的水珠,任何一个停滞的环节,都会导致实验风险。

可控核聚变的原理很简单,但实现起来困难重重。首先,太阳之所以能源源不断地发生核聚变反应,是因为中心压强高达2000亿个大气压,即便如此,核聚变也需要在1500万摄氏度的温度下进行。

地球上压强无法达到那么高,核聚变就需要上亿摄氏度的高温才能正常进行。所以,可控核聚变存在两大难题:如何把聚变材料加热到上亿摄氏度?用什么容器来装这么高温度的聚变材料?目前几种能实现可控核聚变的方式,“托卡马克”就是其中一种。其原理是,把聚变材料变成等离子体,然后用超强的磁场来让这些等离子体悬空高速旋转,这叫“磁约束”。如此一来,上亿摄氏度的等离子体就不会直接接触容器,也就不会烧毁容器了。

2006年建成于合肥的EAST装置,是国际上最重要的核聚变研究实验平台之一。先后于2010年运行1兆安等离子体电流,2018年首次获得1亿摄氏度高温等离子体,2021年5月成功实现可重复的1.2亿摄氏度101秒和1.6亿摄氏度20秒等离子体运行,2021年末实现大于1000秒运行。到目前为止,EAST累计放电次数超过10万次,实现了1兆安等离子体电流、1亿摄氏度高温等离子体、1000秒运行时间三大科学条件。

### 3 大批高新技术成果转化 实现一路摘瓜、沿途下蛋

EAST装置实验运行总负责人龚先祖介绍:“2021年上半年,我们把电子温度1.2亿摄氏度等离子体维持了101秒,这次是把电子温度近7000万摄氏度的长脉冲高参数等离子体维持了1056秒,注入能量达到1.73吉焦。这是两个不同阶段的目标,千秒等离子体运行的实现,为未来建造稳态的聚变工程堆奠定了坚实的科学和实验基础。”

中科院合肥物质科学研究院副院长、等离子体物理研究所所长宋云海说,本轮实验至少持续到2022年6月,EAST科研团队将在未来聚变堆类似条件下,向更高参数稳态高约束等离子体运行等科学目标发起冲击,“1000秒是阶段目标,更是新的起点”。

在东方超环这座大科学装置的牵引下,还衍生出一系列重要的创新成果,形成了超导技术、低温技术、等离子体技术、生物技术、材料技术、机器人技术等多个产业技术板块,推动一大批高新技术成果实现转移转化,实现了“一路摘瓜”“沿途下蛋”。

比如,质子和重离子放疗是目前国际公认最尖端的放射治疗技术,一直被发达国家所垄断。合肥等离子体所利用EAST的超导技术,积极研制国内首套具有自主知识产权的医用超导质子癌症治疗系统,将大幅降低患者治疗费用。此外,等离子体还能治疗皮肤病,有广谱抗菌、加速凝血、促进细胞增殖、无耐药性及副作用等优点;等离子体所还将EAST离子束技术引入生物学科,致力于微生物新菌种的创制、发酵调控、产物分离分析及终端产品的研究和产业转化。

### 4 点亮核聚变第一盏灯 离我们还有多远

实验装置、实验堆、工程堆是瞄准聚变能商用不可逾越的步骤,经过国际社会70余年的共同努力,核聚变研究已从实验装置进入实验堆和工程堆篇章。

合肥EAST只是一个核聚变实验堆,据媒体报道,我国下一代“人造太阳”——中国聚变工程实验堆(CFETR)目前已完成工程设计并开始建造,计划到2035年建成核聚变工程实验堆,开始实用化发电的大规模科学实验,到2050年,聚变工程实验堆实验成功并建设大型聚变商业示范堆,初步掌握可控核聚变发电等方面技术。

以这个项目为依托,我国科研人员还参与了目前全球规模最大、影响最深远的国际科研合作项目ITER(国际热核聚变实验堆计划)。

可以说,我国当前的托卡马克核聚变装置走在世界前列,是最有希望率先掌握可控核聚变技术的国家。虽然可控核聚变当前还只能在实验室内进行短时间维持,但近几年我国的突破有目共睹,从几十秒到几百秒再到如今的突破千秒,总有一天会达到里程碑式的进展,开启一个新的时代。未来如果实现“人造太阳”产能和供能,对于整个人类世界,将是比工业革命更能推动社会进步的又一次科技革命。

到目前为止,EAST累计放电次数超过10万次,一路走来,每一项纪录就像一个深深的脚印,记录着我国在开发利用聚变能征程上的每一步。这条路目的地只有一个:“让聚变能的第一盏灯在中国点亮”,我们相信终点总会到达。

### ■延伸阅读

#### 工程院院士张偲:可燃冰开发是未来能源战略的制高点

## 2030年我国将实现可燃冰商业化开采

2021年12月12日,“2021大湾区科学论坛”海洋科学分论坛在广州南沙举办。中国工程院院士张偲发表了题为《海洋烃类能源有序开发的“负碳”路径》的报告。张偲认为,可燃冰开发将是未来能源战略的制高点。

我国可燃冰储量约800亿吨油当量,为石油可采储量的两倍多,计划2030年实现商业化开采。粤港澳大湾区及其临近海域已圈定11个远景区,锁定两个千亿方级矿藏区。张偲指出,我国可燃冰主要储存在南海,前景可期。

2017年5月18日,中国南海神狐海域可燃冰试采实现连续187个小时稳定产气,标志着我国首次海域可燃冰试采成功。自然资源部2020年3月26日召开视频报告会时介

绍,我国海域可燃冰第二轮试采取得成功,在水深1225米的南海神狐海域,创造了“产气总量86.14万立方米,日均产气量2.87万立方米”两项新世界纪录。

2021年年底,我国可燃冰开采又传出好消息,中科院广州能源研究所研究员李小森团队,历时3年研制出国际首套大尺度全尺寸开采井天然气水合物三维综合试验开采系统。该系统有效体积2585升、最大模拟海深为3000米,能显著提高可燃冰开采的经济性、安全性。

可燃冰又称天然气水合物,是由天然气与水在高压、低温条件下形成的类冰状结晶物质。因其外观似冰且遇火燃烧,所以称作可

燃冰。可燃冰主要分布在两类地区:一类是水深300—3000米的海底;一类是陆上冻土区。

可燃冰的全球储量约是当前已探明的所有化石能源,包括煤、石油、天然气中碳含量总和的两倍。可燃冰极易燃烧,1立方米可燃冰一般可以分解出160—170立方米的天然气。虽然可燃冰极具优势,但开采时仍需小心谨慎。据估算,全球海底可燃冰的甲烷总量大约是地球大气中甲烷总量的3000倍,如果开采时不慎导致甲烷气体大量泄漏,将可能引发温室效应。不过,科学家认为,可燃冰是公认的最清洁能源,虽然开采过程存在一定的环境风险,但如果做好预防和控制,完全可以实现安全、环保地开发。



我国可燃冰第二轮试采在南海神狐海域进行。