

10月13日上午,聚变堆主机关键系统综合研究设施“夸父”(CRAFT)取得重要进展——偏滤器原型部件顺利通过专家组测试与验收。这是我国可控核聚变研究的最新进展。

太阳,亿万年来为地球提供光和热,科学家们设想,如果能在地球上模仿出太阳释放能量的方式,是不是就能获得取之不尽的清洁能源了?这一设想正在我国的实验室和大科学装置中逐步成为现实,也就是被业界称为“人造太阳”的可控核聚变技术。2024年工信部、科技部等七部门发布《关于推动未来产业创新发展的实施意见》,将核聚变列为重点支持领域。在地球上建造出可以无限供能的“人造太阳”,还有多远?

探索未来能源

“人造太阳”是要在地球上创造类似太阳内部的环境,模拟它发光发热的过程,并让这种反应持续稳定运行。相比现在的核电站,这种方式能量密度更高,材料几乎取之不尽,而且放射性污染更低,安全性也更高。

2025年,我国可控核聚变研究不断传来新进展。1月,我国全超导托卡马克实验装置“东方超环”实现1亿摄氏度等离子体稳态运行1066秒,刷新世界纪录;3月,“中国环流三号”首次实现原子核温度1.17亿度、电子温度1.6亿度的“双亿度”运行。

核聚变发电是人类追求的终极能源。在安徽合肥科学岛,有三个核聚变装置正在建设和运行中,堪称中国聚变研究的“最强实验室”。就在这个国庆假期,紧凑型聚变能实验装置BEST主机开启全面组装,聚变堆主机关键系统综合研究设施CRAFT也进行了环向场磁体线圈盒的正式交付。让我们来认识这几位可控核聚变研究的中国天团: EAST(全超导托卡马克核聚变实验装置)、BEST(紧凑型聚变能实验装置)、CRAFT(聚变堆主机关键系统综合研究设施)。

“老大哥”EAST

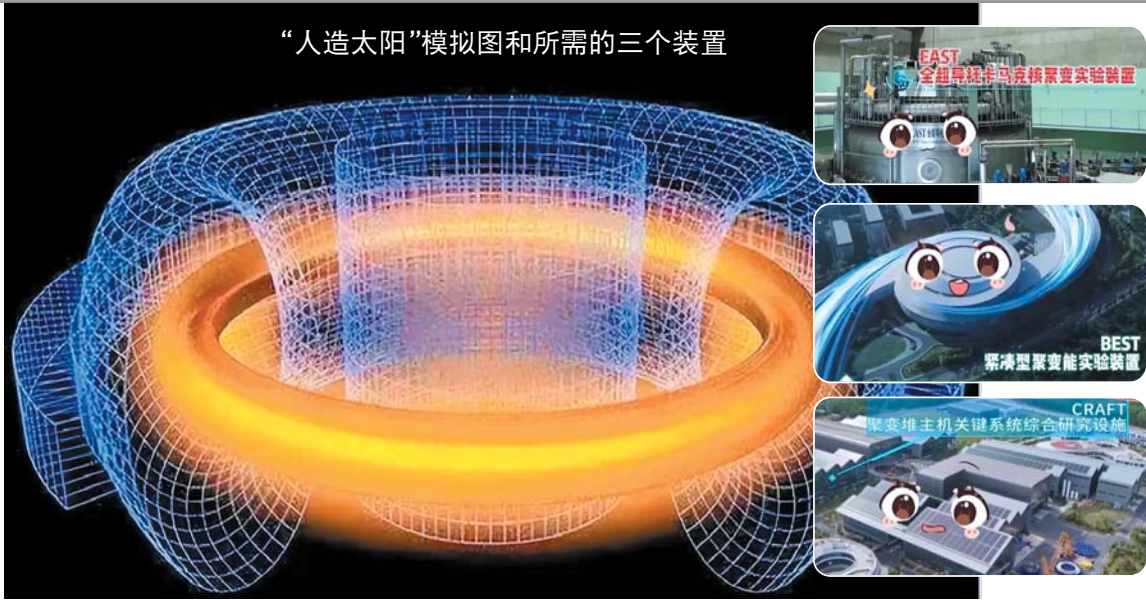
“老大哥”EAST,外号“人造太阳”。太阳靠引力让氢“挤压”成氦,EAST就用全超导磁体造了个“磁场牢笼”,它像无形的大手托住1亿摄氏度的等离子体,复刻太阳内部的核聚变。现在EAST能让1亿度等离子体稳定运行上千秒,从理论上证明了核聚变的可行性。

在安徽合肥大科学装置集中区的一栋厂房里,一个高耸装置就是下一代“人造太阳”的核心部件“1/8真空室”。它重295吨,高19.5米,看上去像一个巨大的“橘子瓣”。

“人造太阳”其实并不是简单复制天上真实的太阳,而是复制核聚变反应过程的装置。我们都知道,万物生长靠太阳,而在太阳的内部,时刻都在发生着核聚变,从而给大自然输送源源不断的能量。比如从一升海水里面提取的氘,经过聚变反应,就能释放相当于300升汽油的能量,而且没有污染,是未来的理想能源。

经过多年研究,“人造太阳”目前已经从实验验证发展到工程应用验证阶段。通过现场展示的“人造太阳”模型可以看出,核心部件“橘子瓣”未来会安装在主机内部的中间位置,整个主机里一共有八个“橘子瓣”,全部装上后会形成一个环形的真空室,相当于聚变反应的“锅炉”。未来,从海

当代版『夸父追日』,『聚变电』让人类用上源源不断的清洁能源  
我们离实现『人造太阳』还有多远?



水里面提取的氘、氚元素就会在这样的“锅炉”里进行聚变反应,产生源源不断的清洁能源。

目前,下一代“人造太阳”正在进行关键部件的研制和现场集成调试,预计在今年年底全面建成。

“中坚力量”BEST

“中坚力量”BEST,和“前辈”EAST比,走的是“小而精”的路线。它能用更强的磁场“压缩”聚变空间,把等离子体约束得更密集,聚变功率密度反而比传统装置提升3倍。“小”不是缺点,而是为了让核聚变从实验室的“理论”,真正变成能落地的“工程”。它最大的梦想,就是能在2030年,演示核聚变发电,用核聚变的能量点亮第一盏灯。

在合肥未来大科学城,紧凑型聚变能实验装置BEST正在紧张地施工,它的目标是要在地球上第一次演示用聚变能点亮第一个灯泡。就好像是要把太阳困在笼子里,让它发电。

中国科学院合肥物质院等离子体所工程师蔡其敏介绍,在未来托卡马克主机系统安装的区域,未来高达1亿度等离子体的运行就在这里。在我们的装置里面,冰火两重天,1亿摄氏度的高温等离子体要与零下269摄氏度的低温共同存在一个罐体里面。

在地球上实现可控核聚变需要达到1亿摄氏度甚至更高,比太阳中心的温度还要高出数倍,地球

上没有任何一种材料能够承受如此高温。为了攻克这些难题,科学家们研发出了托卡马克装置,其工作原理是利用强磁场形成一个环形的“磁笼”,将高温等离子体悬浮在真空室中央,使其与容器壁完全隔离,从而避免高温对容器壁的破坏,实现安全稳定的聚变反应。这样的超级装置,需要一个超级工厂。

按照计划,BEST装置将于2027年底建成,之后将在世界上首次演示聚变能发电。

蔡其敏说:“我们每一个平台,对标的都是全世界最领先的这些实验室,而且我们的参数比他们还要高。所以未来别人能做的我们也能做,别人不能做的,我们还能做。”

“硬核技术工坊”CRAFT

“硬核技术工坊”CRAFT,为了将来真正实现核聚变商用发电,专“啃”未来聚变堆建设中的“卡脖子”技术,负责把实验室里的想法变成真家伙。比如制造能扛住火箭尾焰10倍极端高温的偏滤器、高性能的超导磁体部件,还有燃料循环系统等等,为未来的示范堆,商用堆提供成熟的技术和部件支持,让核聚变能源从“能亮灯”真正变成“能供电”,把“取之不尽用之不竭”的聚变能源送进千家万户。

10月13日上午,聚变堆主机关键系统综合研究设施“夸父”(CRAFT)取得重要进展——偏滤

器原型部件顺利通过专家组测试与验收。测试结果显示,该部件稳态热负荷能力达到20兆瓦/平方米,靶板面向等离子体表面邻接误差小于1毫米,标志着我国自主设计的国际尺寸最大、热负荷最高的偏滤器原型部件研制成功。

偏滤器作为聚变堆堆芯稳态运行的关键部件,承担排出聚变产物和热量,控制杂质等重要功能,服役环境极为复杂和严苛。CRAFT偏滤器原型部件在设计上创新性地提出混合偏滤器包层集成设计方案,理论上可将氘增殖率提升超过3%,为实现氘自持提供了一种有效辅助途径;设计了三种结构可靠、可正面拆装的独特靶板,验证了可靠快速更换的可行性。

据了解,通过采用平板结构,部件有效将钨表面温度控制在再结晶温度以下,成功实现了稳态20兆瓦/平方米的超高热负荷,相当于打造了一面聚变堆“盾牌”。研究人员介绍,在其研制过程中,形成了热等静压与钎焊加爆炸焊两条质量稳定的工艺路线,全面推动了包括钾钨、弥散强化铜和低活化钢等国产先进聚变堆材料的发展应用。

随着下一代“人造太阳”相关技术的不断突破,科研人员也在同步推进聚变能发电商业化的应用研究。相信在重大科学装置的助力下,人类距离用上清洁无限的“聚变电”,实现“能源自由”的那一天将越来越近。

据新华社、央视新闻

延伸阅读

AI或将“吃掉”全球五分之一电力  
核聚变是能源终局之战

“相信不少人听过这么一句话:AI的终点是能源,能源的终点是聚变。”近日,中国科学技术大学核科学与技术学院教授、星能玄光创始人兼董事长孙玄在2025 Inclusion+外滩大会开幕式暨主论坛上表示,核聚变是开启下一代文明的关键科技。

孙玄认为,全球正处于百年难遇的大时代,AI的崛起正指数级推高全球能源消耗,核聚变是解决这一挑战的终极出路。核聚变一旦实现,不仅将带来能源革命并引发工业革命,更是迈向利用宇宙中最普遍能源、跨越到更高阶文明的关键一步。

他在演讲中援引数据称,AI

目前的用电量占地球的1.5%,“如果我们把AI比喻成‘地球大脑’的话,人的大脑能耗占人体的20%,有人预测,AI的耗电量也将占地球总数的20%以上。”

核聚变是满足未来AI技术发展所需能源供给的热门技术路径。孙玄称,核聚变拥有极高的能量密度:1克核聚变燃料,释放的能量相当于8吨石油。

近年来,敏锐的资本纷纷涌入聚变赛道。孙玄说,从2020年起,资本对于核聚变的投入增长显著,英伟达、谷歌、OpenAI等头部国际科技企业均已入局核聚变领域,押注这一终极能源成为业界共识。

据美国聚变工业协会(FIA)2024年7月发布的报告,全球核聚变商业公司累计获得总投资额达71亿美元,同比增加9亿美元,资本市场融资屡创新高;受访的35家企业中,89%的企业看好在2030年代末之前实现并网发电。

“AI的进步代表人类的智力从碳基到硅基的演化,聚变代表的是人类从利用地球上已有的能源形式到宇宙能源形式的转变。这两者分别实现,都可以说是代表一个新的时代的到来,如果两者能够携手起来,或许可以加速这个大时代的来临。”孙玄表示,“当未来到来时,也许我们并没有意识到。”  
据澎湃新闻