



国产人造太阳 有望两年后点燃

人类建造出真正无限供能的“人造太阳”还有多远

由14栋单体建筑构成的超级实验室

可控核聚变

“人造太阳”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，核聚变能源具备环境友好、资源充足、能量密度高、自限性反应机制等优势，被视为未来清洁能源的终极目标，素有“人造太阳”之称。BEST装置作为我国下一代“人造太阳”，承担“燃烧”使命。

与ITER(国际热核聚变实验堆)或EAST(全超导托卡马克核聚变实验装置)等追求“大而全”的传统路线不同，BEST选择了紧凑型高场技术路线。它通过制造更强的磁场，在更小的空间内更有效地约束和压缩等离子体，从而用更小的体积实现更高的功率密度。这标志着研发重点从原理验证转向了工程可行性与经济性的考量，是通往商业化发电至关重要的一步。

聚变燃烧是当今的前沿物理难题，解决这一问题是实现核聚变项目持续发电必须跨越的关键。所谓“燃烧等离子体”，是指核聚变反应像火焰一样，主要依靠自身产生的热量来维持，而不需要外部持续“加热”。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。

“我们将要进入燃烧等离子体的新阶段……这是‘无人区’的探索，将面临许多工程与物理挑战。”中国科学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涛介绍，燃烧等离子体是聚变工程研究的关键，这意味着核聚变像“火焰”一样，由反应本身产生的热量来维持，是未来持续发电的基础。

另外，此次启动“燃烧等离子体”国际科学计划，意味着中国的聚变研究正以更开放的姿态引领全球合作。来自法国、英国、德国等十余个国家的聚变科学家共同签署《合肥聚变宣言》，该宣言倡导开放共享与合作共赢精神，鼓励各国的科研人员到中国开展聚变合作研究。

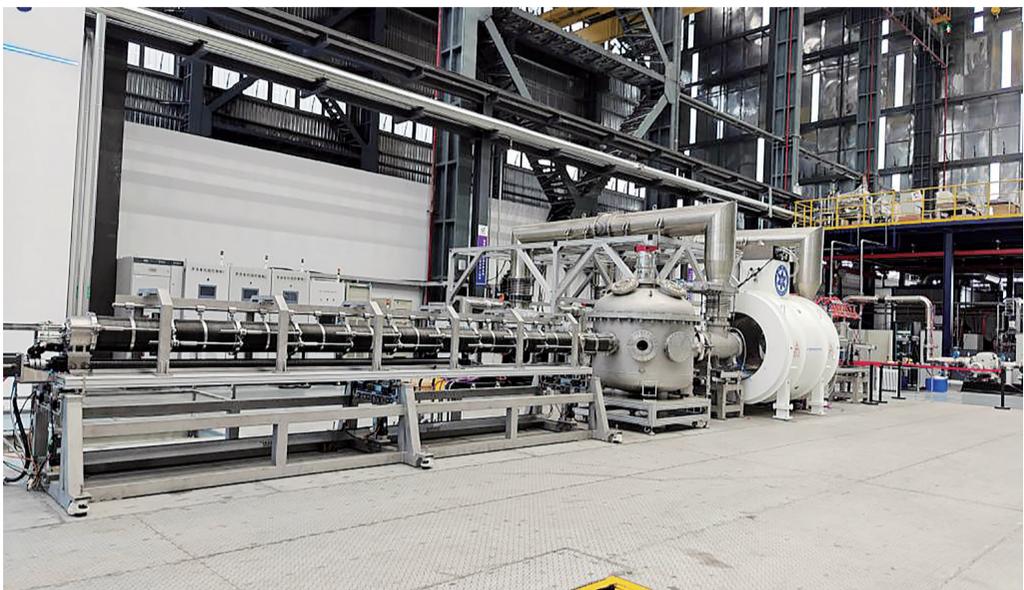
探秘大装置BEST

“人造太阳”靠什么造出来

我国对可控核聚变的研究始于上世纪50年代，经过几十年的探索，不仅取得了基础科研的突破，在工程技术领域，也已经走在世界前沿。在合肥未来大科学城，一个建造“人造太阳”的超级工程正在紧张施工。

记者了解到，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。”据介绍，在地球上实现



厂房里的“赤霄”

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。而与BEST装置紧紧相邻的，就是建造它的工厂——“聚变堆主机关键系统综合研究设施”大科学装置，它还有一个特别的名字叫“夸父”。

从空中俯瞰这个超级工厂，你会发现，这个工厂由14栋单体建筑构成，每一栋都是某一关键领域的超级实验室，这里一共正在验证和设计制造着与可控核聚变相关的19个子系统。如强流直线等离子体装置“赤霄”，每平方米每秒可极速喷射出10的24次方——即万亿个粒子，一次可连续运行24小时以上，对新研制的“人造太阳”壁材料进行充分检测；如给人造太阳加温的“锅炉”——射频波加热系统和中心束加热系统，它们同时作用，相当于数万台微波炉同时工作。还有像橘子瓣一样造型的装置，叫八分之一真空室，它高度达到19.5米，有六层楼那么高，重达300吨。未来，上亿摄氏度的高温等离子体就是在这个舱室里面悬浮。这些研究设施，不仅可以生产出BEST核心部件，也可以制造出全球最先进的聚变装备。

蔡其敏介绍：“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。”

多路线同步验证

探索不同“造太阳”方案

聚变能源作为未来能源中最具潜力的形态，目前已经开始走出实验室迈向工程应用。记者在调研中注意到，不仅是科研院所，一些龙头企业、初创团队，也纷纷加入“聚变能源”这个赛道，提出自己的解决方案。在河北省紧凑型聚变重点实验室，这个由龙头能源企业主导的可控核聚变实验正在紧张进行。大屏幕上，数字显示13032，这是实验放电次数的统计，从去年一月份到现在，除了检修，几乎从未间断。

新奥能源研究院聚变实验首席科学家石跃江介绍：“我们大概10分钟会放一次电，反复去尝试去优化我们的整个运行的控制参数，达到我们的实验目标。”

低成本、快速试错、技术迭代，是商业化团队的目标。不仅如此，在可控核聚变等离子体材料的选择上，他们也从成本角度出发，另辟

蹊径。传统的研究团队大多采用氢的同位素氘和氚作为燃料，而这个托卡马克实验装置里放的是“氢和硼”。

新奥能源研究院院长刘敏胜说，氢就是水里面正常的氢，硼常规的都有，它没有什么稀缺性，价格极其便宜，所以才能使产生的聚变的电能够便宜。第二个它的产物只有氦，氦是直接能发电的，它不需要用蒸汽转化，所以它的发电效率能够做到90%以上。

团队从成本、效率和安全等角度，提出了全新的聚变能研究路线。不过就像硬币都是两面，这个路线要将等离子体加热到10亿度甚至更高，挑战飙升。经过研判，他们提出了阶梯加热路线。

“第一个是用变压器的原理，它能够加热到几百万度。第二个是用类似微波炉的原理，加热到几千万度甚至到亿度。然后中性束用的是高能物理里面加速的原理，它把粒子加速到十几亿甚至上百亿摄氏度，它的原理很简单，我用更高的温度加到等离子体里面，温度就上来了。”刘敏胜说，为了达到更高的加热目标，团队还在升级全新一代的托卡马克装置，希望它能够冲刺更高的参数指标，为聚变研究贡献出自己的探索。

产业正从实验室走向

工程化落地的关键跃迁期

近期，聚变行业频现大额招标，从招标金额、频率来看，国内核聚变项目招标明显提速。

近日，BEST项目建设方聚变新能公司发布采购项目超20亿元，主要涉及电源系统、低温系统、屏蔽包层等环节；作为ITER中国工作组的重要单位之一，中国科学院合肥物质科学研究院等离子体物理研究所发布了合计预算金额超13亿元的采购项目，主要为涉氦相关平台，而氦是目前人类实现可控核聚变发电中最关键、也是最棘手的燃料。

光大证券认为，基于未来AI产业发展对于用电结构的重塑，可控核聚变产业具备长期增长潜力，伴随聚变行业多个项目稳步推进，新路线及项目不断发布，行业进入密集招投标期，建议关注BEST项目、“星火一号”“中国环流四号”、CFETR等项目的后续进展。

中金公司表示，核聚变正走向“工程化验证”与“示范堆导入”阶段，产业正从实验室走向工程化落地的关键跃迁期，建议关注产业化配置关键窗口期。以ITER项目为例，核聚变装置核心价值集中于磁体、包层、真空室、偏滤器四大系统，设备中磁体系统、容器内部件、建筑和真空室的成本占比最高，分别为28%、17%、14%和8%。短期来看，核心部件国产化推进将主导产业节奏；长期而言，成本控制能力与跨学科技术融合(如AI等离子体控制)将决定核聚变在全球能源结构中的最终权重。

据央视新闻、新华社、财联社



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。

11月24日上午，在位于安徽合肥未来大科学城的紧凑型聚变能实验装置(BEST)主机大厅，中国科学院“燃烧等离子体”国际科学计划正式启动并面向国际聚变界首次发布BEST研究计划，聚力点燃“人造太阳”。

那么，在地球上建造出可以无限供能的“人造太阳”，还有多远？



八分之一真空室



EAST升级改造现场