



国际热核聚变实验堆(ITER)计划重大工程此前在法国南部圣保罗-莱迪朗斯镇正式自动安装  
视觉中国供图

# ITER又有新进展 地球上种的“太阳”已“发芽”

本报记者 陈瑜

当地时间8月31日,在法国南部卡拉拉舍,国际热核聚变实验堆(ITER)托卡马克装置杜瓦下部筒体吊装工作圆满完成。这是ITER计划重大工程安装启动仪式后的第一个重大部件安装。

此次吊装精度和形变控制要求极高,杜瓦下部筒体直径30米,高10米,重量约400吨,尺寸大约占ITER托卡马克装置的三分之一。中核集团牵头的中法联合体技术团队承担此次吊装工作,在与业主反复进行计算确认,对吊具的尺寸、现场吊装路径以及用于就位调整的工具进行反复模拟后,在理论上确保了吊装安

装工作的安全,并在正式吊装前多次组织吊装方案推演并进行吊装试验,确保调整工具和支撑工具状态安全可用。

ITER计划模仿的是太阳产生能量的过程——将氢同位素聚合成氦,释放出取之不尽的热核聚变能源。正因如此,它被形象地称为“人造太阳”计划。

那么,什么是热核聚变?国际热核聚变实验堆如何模拟太阳产生能量的核聚变过程?模拟这个过程面临哪些难题?未来核聚变的发展方向是什么?带着这些问题,科技日报记者采访了中核集团核工业西南物理研究院聚变科学所副所长钟武律。

## 太阳通过热核聚变产生能量

钟武律告诉记者,由于核反应过程中总质量发生亏损,按照爱因斯坦的质能方程 $E=mc^2$ ,核反应中相应地会释放出巨大的能量。核反应可分为核裂变和核聚变。核裂变是指由较重的原子核分裂为较轻的原子核,而核聚变则是将较轻的原子核聚合成较重的原子核。

核聚变是宇宙的能源,太阳及恒星之所以发光发热,正是因为其内部持续不断地进行着轻核间的核聚变反应。

由于自身质量巨大,在强大的引力下,太阳会不断挤压其内部的氢原子核,使得内部的压力和温度变得极高,氢原子核间不断相互碰撞,形成了可以产生核聚变反应的高温高密度条件,从

而发生核聚变释放巨大能量。太阳核心温度超过1500万摄氏度,在这种极高温条件下进行的核聚变反应也被称为热核聚变。

热核聚变反应是氢弹爆炸的基础。氢弹的爆炸依靠原子弹引爆,可在瞬间产生巨大能量。在原子弹爆炸产生的高温下,燃料的原子核全部电离成离子(原子核)和电子,它们组成的集合体即为等离子体。但氢弹爆炸是不可控的热核聚变反应,不能作为提供能源的手段。于是人类便致力于在地球上实现人工控制下的核聚变反应即受控核聚变,希望利用太阳发光发热的原理,为人类提供源源不断的能源。

## 热核聚变发生有三个苛刻条件

在所有核聚变反应中,氢的同位素——氘和氚的核聚变反应是相对容易实现的。因此人类至今探索研究的受控核聚变主要是基于氘氚聚变燃料的核聚变。

钟武律说,实现可控核聚变反应,要求在人工控制条件下等离子体的离子温度、密度与能量约束时间“三乘积”必须达到一定值。换句话说,只有核聚变反应释放出足够的能量,才可维持

核聚变反应堆的运转并有可观的能量输出,使聚变反应循环进行。

但要在地球上模拟太阳产生能量的热核聚变过程,面临着众多难题。热核聚变发生的条件非常苛刻,第一是高温条件,原子核必须具备足够高的动能(如温度达到上亿摄氏度),才能克服原子核间的库仑排斥力,使它们相互靠得足够近,以便让短程核间吸引力

发挥主要作用;第二是等离子体高密度条件,氘氚原子核的密度足够高,可以提高原子核之间的碰撞进而发生核聚变反应的几率;第

三是长能量约束时间,将高温高密度的核反应条件维持足够长的时间,才能使核聚变反应得以持续进行。

## 聚全球之力共解磁约束核聚变难题

不仅发生核聚变的条件苛刻,而且开发聚变能还面临一系列科学与技术挑战。比如,氘氚原子核在温度超过上亿摄氏度后更容易发生聚变反应,极端高温下的等离子体无法用普通固体容器来盛装,为此科学家们提出用强磁场的方式将其“包裹”起来。

在国际上,利用强磁场来约束高温等离子体的磁约束核聚变研究始于20世纪50年代,经历了从快箍缩、磁镜、仿星器到托卡马克等不同磁约束技术路线的探索。从上世纪70年代开始,托卡马克途径逐渐显示出其独特的优点,成为国际聚变能研究的主流途径。

但要利用托卡马克装置实现对热核聚变的控制,在关键技术上仍存在很大挑战,需凝聚全世界之力共同攻克。1985年美苏首脑提出了ITER计划,其目的就是通过国际聚变界的共同努力,集当今磁约束核聚变研究领域的

主要科学和技术成果,建造一座热核聚变反应堆,以验证核聚变能和平利用的科学和工程技术可行性。

2006年,中国、欧盟、美国、俄罗斯、日本、韩国和印度共七方签署了启动ITER项目的协定。该计划是目前全球规模最大、影响最深远的国际大科学工程之一,七方超过35个国家在法国南部参与建造了一个能产生大规模核聚变反应的超导托卡马克装置,它将验证如何将足够的燃料在极端高温条件下约束足够长的时间,使它受控地发生核聚变反应。

钟武律告诉记者,ITER装置高30米,直径28米,重达2万吨,目标有3个:验证核反应堆级别的装置主机集成技术;验证装置的稳定运行能力;实现聚变反应的输出功率至少10倍于输入功率(即聚变功率增益因子Q要大于10),演示50万千瓦聚变反应功率的可靠运行。

## 中国核聚变目标更在ITER之外

随着科技日新月异,未来在核聚变能开发方面将不断涌现技术革新,或可能出现颠覆性技术革命,比如随着高温超导技术的发展,若采用高温超导强磁场技术,可获得高的聚变功率密度,可减小装置尺寸,提高聚变堆的经济性,且强磁场更利于聚变等离子体的高性能稳态运行。

以ITER为标志,磁约束核聚变研究正进入人工反应堆工程与实验阶段。国际主要发展聚变能的国家以瞄准未来设计建设本国聚变示范堆(DEMO)为目标,重点开展聚变实验堆设计及相关技术攻关,并储备相关经验与人才队伍。

对中国而言,参加ITER计划是我国磁约束

核聚变能研发计划中的关键一步,我国自主建造未来聚变堆仍面临一系列关键科学与技术挑战,需提前布局,一一攻克。

根据中国核聚变研究发展现状,我国制定了发展路线和目标。2011年开始的中国聚变工程试验堆(CFETR)设计研究,就是该路线的一个重要方面。

“纵观国际聚变发展,受控核聚变有望于本世纪中叶实现和平利用。”钟武律说,立足我国磁约束核聚变研究现状,下一步我国核聚变的发展应充分利用ITER的建设与运行,重点进行人才培养与技术储备,瞄准自主设计建造聚变堆,开展ITER未涵盖的未来聚变堆关键技术攻关。

# 我国太空育种成果丰硕,已培育出700余个新品系、新品种 那些曾“上天”的种子“落地”后都干了啥

王霄 本报记者 付毅飞

近日,在兰州召开的草业航天育种专题研讨会上,利用航天诱变育种技术选育的中天1号紫花苜蓿草种备受关注。

“经过16年选育研究,中天1号紫花苜蓿草种于2018年全国草品种审定委员会审定通过。该草种优质、丰产性状突出。”中国农业科学院兰州畜牧与兽药研究所抗逆牧草育种与利用团队首席专家杨红善介绍。



由太空育种技术选育的超级“太空南瓜”,其中一个“太空南瓜”直径超过0.7米,高0.8米,重量达170斤。  
视觉中国供图

记者从中国载人航天工程办公室了解到,无论在开展高科技育种,拓宽育种途径,创新新的高产优质品种,还是面向国家农业和生态建设的重大需求服务国计民生方面,利用载人航天技术开展空间诱变育种实验,都将发挥重要作用。

## 物理辐射育种的延伸 传统育种手段的重要补充

航天育种是航天技术、生物技术与农业育种技术相结合的育种新途径。利用航天搭载生物材料在宇宙环境强辐射、微重力和弱地磁的共同作用下,空间诱变产生基因组水平上的变异,返回地面后经过至少4代地面选育,筛选出携带新性状的新材料、新种质,最终培育出遗传稳定、品质优良的新品系、新品种。

与常规地面辐射育种突变相比,航天搭载空间诱变产生的突变材料具有成活率高、变异频率高、突

幅度大、稳定性强、育种周期短等明显优势。它由此成为物理辐射育种的延伸、传统育种手段的重要补充。育种专家们借助载人航天工程提供的平台,利用特殊的空间环境培育出农作物新品种,极大地提升了农业创新和生产技术水平。

据航天育种产业创新联盟理事长梁小虹介绍,我国先后30多次利用返回式卫星、神舟飞船、天宫空间实验室和其他返回式航天器搭载植物种子,已在千余种植物中培育出700余个航天育种新品系、新品种。累计种植面积1.5亿亩,产业化推广创造经济效益2000亿元以上。除粮食、蔬菜、水果、油料等农作物品种外,还创制出林草花卉、中草药新品种和制药、酿酒等微生物新菌种,获得了广泛应用和良好的社会效益。

## 天上的育种试验不断 育出优质、丰产、高抗新品种

记者从中国载人航天工程办公室了解到,中国载人航天工程实施以来,在历次载人航天工程飞行试验任务中,利用神舟飞船及新一代载人飞船试验船搭载作物种子和植物材料开展空间诱变实验,经过多年科研和地面选育后,通过国审和省审的航天育种新品种超过200个。

神舟一号到神舟十一号的历次飞行任务都搭

载了航天育种生物类试验载荷。神舟八号为了验证高等植物在空间环境下的开花结实过程,设计搭载了《番茄试管苗空间开花结实》实验装置,8个番茄苗苗5株开花结果,在国际首次实现了太空空间植物开花结果。天宫二号进行了高等植物培养实验,首次在空间上获得了拟南芥开花基因启动子控制的绿色荧光蛋白实时图像,为未来建立以植物为基础的空间生命生态系统和提高系统的生产效率提供依据,这也是我国首次成功进行植物“从种子到种子”的全生命周期培养。

“近年来,航天育种技术成果在扶贫攻坚中发挥了显著作用。”梁晓虹说。

利用空间诱变育种技术,华南农业大学成功地在普通稻瘟病的品种“丽江新团黑谷”和“中二软占”中诱变和创制出一批抗病乃至对病害达到免疫的新种质。科学家利用这些抗病种质资源,培育出更为优质丰产高抗稻瘟病的新品种。

江西省超级水稻研究发展中心利用航天诱变,选育出了跃恢航0799、跃恢航1698、跃恢航1573等优良恢复系应用于育种。

航天搭载空间诱变技术还在其他主粮作物、经济作物和蔬菜水果等品类上获得了成功的应用,涌现出的新品种为粮食安全和农民增收增收带来了切实的收益和实效。

## 新知

## 人类自闭症基因 也会影响牛的情性

新华社(记者郭阳)澳大利亚昆士兰大学一项新研究发现,引发人类自闭症谱系障碍(俗称“自闭症”)的基因也会影响牛的情性,这可能有助于提高牛肉产量和质量。

性情温和的动物通常生长得更快,更易饲养和运输,肉质也更好。反之,脾气暴躁不利于动物自身生长,还可能危害同伴和伤害工作人员。

昆士兰大学动物科学中心主任本·海斯介绍,养牛业常通过测量牛从围栏中放出后的移动速度来衡量牛的情性,与围栏一打开就凶猛冲的牛相比,缓慢稳定前行的牛更受青睐。

海斯等人在新一期学术刊物《遗传学选择进化》上发表论文说,他们对9000多头肉牛进行了全基因组测序,分析与性情相关的基因位点。结果发现,控制人和牛大脑中有关功能和对恐惧刺激反应的基因存在重叠,一些在自闭症患者中常见的基因,也会使牛对新环境更恐惧,性情更暴躁。

研究人员说,通过分析相关基因的遗传机制,也许可以培育性情更温顺、肉质更好的肉牛。

## 万物冷知识

## 苍蝇为啥难打? 因为走位中运用了高等数学

七君

夏天在外边吃饭的时候,苍蝇经常会不请自来。打苍蝇是件技术活,因为苍蝇的飞行轨迹十分诡异,人类只靠双手很难找到准头。所以问题来了,苍蝇为什么这么难打呢?

## 苍蝇乱飞居然蕴含数学原理

你可能不知道,苍蝇这样乱飞,实际上应用了一种强大的数学原理,这个原理让它们的飞行轨迹难以捉摸,从而避免被打中。这种数学原理,就叫做莱维飞行。莱维飞行属于随机游走,也就是说它的轨迹并不能被准确预测,就和苍蝇的飞行轨迹一样鬼魅。很显然,莱维飞行可以帮助苍蝇躲避掠食者还有想要敲扁它们小头的人类。

在中学时你可能学过,一些微小的粒子会进行布朗运动。虽然布朗运动也属于随机游走,不过,莱维飞行和布朗运动不同。布朗运动有个特点,那就是每次运动的距离集中在一个区域内。但莱维飞行中,大多数的运动距离很短,但有少部分运动距离很长。莱维飞行和布朗运动的不同性质,直接导致了莱维飞行比布朗运动更有效率。走了相同的步数或路程的情况下,莱维飞行位移比布朗运动要大得多,能探索更大的空间。这一点对于需要在未知领域打野的生物来说至关重要。果不其然,发现莱维飞行的法国数学家保罗·皮埃尔·莱维最早发现,生命的许多随机运动都属于莱维飞行,而不是分子那样的布朗运动。

## 世间万物多有莱维飞行特征

2008年,一个来自英国和美国的研究团队在《自然》上发表了一项研究,他们给大西洋和太平洋的55只不同海洋掠食动物(包括鳐鱼、剑鱼、蓝枪鱼、黄鳍金枪鱼、海龟和企鹅)带上了追踪器,跟踪观察它们在5700天里的运动轨迹。在分析了1200万次它们的动作后,这些研究者发现了大多数海洋掠食动物在食物匮乏时对莱维飞行运动的偏好。此外,浮游生物、白蚁、蜜蜂、鸟类、灵长类动物等在觅食时的路线也有类似的规律,莱维飞行似乎是生物在资源稀缺的环境中生存的共同法则。

不仅是野生动物,许多自然现象都有莱维飞行的特征。比如,自来水龙头滴水时,两滴水滴之间的时差;健康心脏两次跳动的间隙;甚至连股票市场的走势都是莱维飞行。莱维飞行甚至被用于研究流行病的暴发。

1997年,程序员汉克·艾斯金因为想知道钱都去哪儿了,建造了一个叫做wheresgeorge.com的网站。用户在网站上输入当地的邮政编码、纸币序列号等信息,就可以追踪手上那张美元的“生活史”。艾斯金做这个网站只是为了好玩,但是后来的德国柏林洪堡大学的物理学家德克·布鲁克曼和同事在研究传染病的时候,注意到了这个网站。他们认为传染病的传播路线和纸币的流通类似,于是调用了这个网站的数据进行分析。在分析了46万张纸币的轨迹后他们证实了自己的猜测:传染病的传播和纸币的流通一样,符合莱维飞行的特征。他们把这项研究发表在2006年的《自然》上。布鲁克曼的这个发现和当时的主流流行病学理论相悖,但是莱维飞行却比传统理论更好地预测疾病(比如SARS)的传播,因此现在许多流行病模型都在应用莱维飞行预测疾病传播。

最后,别以为人类行为能逃脱莱维飞行的支配。人类在旅游和购物时的轨迹也属于莱维飞行。没想到血拼的剁手党和乱飞的苍蝇竟也有相同之处。

(来源:《万物》杂志官方微信“把科学带回家”)