



## 关于为 2021 年度“中国 / 世界十大科技进展新闻”推荐候选新闻的启事

由中国科学院、中国工程院主办,中国科学院学部工作局、中国工程院办公厅及中国科学报社承办的两院院士评选“中国 / 世界十大科技进展新闻”评选活动自 1994 年启动至今已成功举办了 27 次,取得了积极的社会反响。2021 年度两院院士评选“中国 / 世界十大科技进展新闻”评选活动目前已正式启动,诚邀两院院士推荐候选新闻,同时邀请广大科技人员、新闻工作者积极推荐。评选范围限 2021 年 1 月 1 日至 2021 年 12 月 15 日在国内外媒体公开报道的中国、世界科学技术重大进展的新闻。这项评选是

面向社会公众进行的科学普及活动。推荐候选新闻请注明公开出版物的时间和网络链接,必要时可附相关介绍材料,并于 2021 年 12 月 16 日前将相关材料发送邮件至本社。  
地址:北京中关村南一条乙三号 中国科学报社  
联系人:李舒曼  
邮编:100190  
电话:(010)62580726;13651188901  
邮箱:smli@stimes.cn

# 东方超环的极限挑战

■本报记者 倪思洁

在安徽合肥西郊风景秀丽的董铺水库上,有一座名为“科学岛”的小岛。这里是备受当地人喜爱的休闲胜地,也是世界首个全超导托卡马克核聚变实验装置——东方超环(EAST)的所在地。核聚变具有清洁、环保、安全、原材料储量极其丰富等优点,被认为能最终解决人类能源问题。但核聚变的发生需要上亿摄氏度的高温,如何把物质持续、稳定、可控地加热到上亿摄氏度成为难题。攻克这一难题,就是东方超环的使命。东方超环建成于 2006 年,被誉为“人造太阳”。之所以获此美名,并不是因为它与太阳的外观有多相似,而是因为科学家尝试用它模拟太阳的热核聚变过程,并由此为人类提供能源。从建成至今,15 年来,科学家推动东方超环一次又一次冲破极限,逼近核聚变所需要的条件。

### 建中国人自己的托卡马克

一般物质达到 10 万摄氏度时,原子中的电子就会脱离原子核的束缚,形成等离子体。如何为这些等离子体加热,一度成为核聚变研究中的难题。

20 世纪 50 年代初,苏联科学家建成了第一个托卡马克装置。该装置是一个由封闭磁场组成的“容器”,可以把炙热的等离子体托举到空中持续加热。这个办法被视为探索、解决未来核聚变反应堆工程及物理问题的最有效途径。

早在上世纪 70 年代,位于合肥的中国科学院等离子体物理研究所(以下简称中科院等离子体所)就开始了核聚变相关研究;90 年代,开始了超导托卡马克的研究。

1990 年 2 月,苏联库尔恰托夫所副所长卡多姆采夫院士给中科院等离子体所所长霍裕平院士发一封信,提出愿意将已停机的 T-7 托卡马克装置赠送给中科院等离子体所,以便更好地开展合作研究。

作为等离子体物理学家,霍裕平心里非常清楚 T-7 对中国意味着什么。他迅速组织了全所科技骨干深入了解 T-7,反复论证改造 T-7 的可行性。最终,他们决定接受 T-7,并不惜一切代价在 3 年内对其进行改造,为中国的核聚变做一番拼搏。

1991 年 3 月,T-7 设备运抵国内,相关改造和建设也在中科院等离子体所全面铺开。1994 年 12 月,由 T-7 改造成的超导托卡马克装置 HT-7U 首次获得等离子体,成为中国第一个超导托卡马克。

在此基础上,中科院等离子体所的科学家又提出了对 HT-7 进行升级改造的新计划——“HT-7U 全超导非圆截面托卡马克装置建设”计划,以便在近堆芯的高参数条件下研究等离子体的稳态和先进运行,深入探索实现核聚变能源的工程、物理问题。

为使国内外专家易于发音、便于记忆同时又有确切的科学含义,项目于 2003 年 10 月更名为 EAST,中文名为“东方超环”。

2006 年,由国家发展改革委立项支持的东方超环正式建成。这个主机部分高 11 米、直径 8 米、重 400 吨的大家伙,成为我国自行设计研制的国际首个全超导托卡马克装置。



东方超环 中科院合肥研究院等离子体所供图

### 第 98958 次实验

“98,99,100!”2021 年 5 月 28 日凌晨 3 时 02 分,当大屏幕上的数字突破 100 秒时,所有人起立欢呼。

这是东方超环的第 98958 次实验。一个新的世界纪录由此诞生——东方超环成功实现可重复的 1.2 亿摄氏度 101 秒和 1.6 亿摄氏度 20 秒等离子体运行,将 1 亿摄氏度 20 秒的原纪录延长了 5 倍,进一步证明核聚变能源的可行性,也为迈向商用奠定了物理和工程基础。

回望过去的 15 年,东方超环一次次挑战极限:2012 年,东方超环打破世界纪录,获得超过 400 秒的 2000 万摄氏度高参数偏滤器等等离子体,并获得稳定重复超过 30 秒的高约束等离子体放电;

2016 年,东方超环获得超过 60 秒的完全非感应电流驱动(稳态)高约束模等离子体,成为世界首个实现稳态高约束模运行持续时间达到分钟量级的托卡马克核聚变实验装置;

2017 年,东方超环实现了稳定的 101.2 秒稳态长脉冲高约束等离子体运行,创造了新的世界纪录;

2018 年,东方超环实现加热功率超过 10 兆瓦,等离子体储能增加到 300 千焦,在电子回旋与低杂波协同加热下,等离子体中心电子温度达到 1 亿摄氏度;

2021 年,东方超环又一次创造新的世界纪录。从这份成绩单可以看到,近 5 年,东方超环进入了“丰产期”。“这主要是因为 2015 年东方超环完成了第一次全面升级,装置能力得到了大幅提升。”中国科学院合肥物质科学研究院等离子体物理研究所副所长徐国盛告诉《中国科学报》。

人才队伍的壮大,是东方超环近 5 年持续出现重大突破的另一个原因。“从 2006 年东方超环建成到 2016 年,10 年时间,我们的科研人员不畏艰难、坚持创新,探索出托卡马克稳态运行的有效方案,科研队伍在人员数目和研究水平上有了显著提升。”徐国盛说。

### 合作,革新,再冲刺

在东方超环建成的 2006 年,中国核聚变领域还经历了另一件大事——正式签约加入国际

### 热核聚变实验堆(ITER)计划。

这是全球最大的实验性托卡马克核聚变反应堆装置,集成了当今国际上受控磁约束核聚变的主要科学和技术成果,是人类受控核聚变研究走向实用的关键一步。这也是目前全球规模最大、影响最深远的国际科研合作项目之一,中国、欧盟、俄罗斯、美国、日本、韩国和印度七方 30 多个国家参与其中。

与 ITER 外形相似但比 ITER 更早投入运行的东方超环,无论是在工程建设上还是在物理研究上,都为 ITER 项目提供了可借鉴的经验。“东方超环的下一个目标之一,就是演示 ITER 设计运行时间尺度高约束模式等离子体稳态运行的可行性。”徐国盛说。

作为中国为人类命运共同体作贡献的重要平台,ITER 项目也成为我国发展自身聚变工程实验堆的有力支撑。“近年来东方超环取得的系列原创性重大成果,以及深度参与 ITER 计划取得的成果和经验,都为未来中国聚变工程实验堆的建设和运行奠定了坚实的科学与工程基础。”徐国盛说。

接下来,在以往成果和国际合作经验的基础上,东方超环还将探索在更长时间尺度下的高温等离子体运行——数百秒时间尺度维持等离子体芯部电子温度超过 1 亿摄氏度的稳态运行。

“东方超环是一个自身不断进步的系统,需要通过升级改造来不断提升系统能力,挑战工程参数,突破其运行极限,逼近核聚变所需要的等离子体条件。”徐国盛说。

除了推着东方超环一步步挑战极限外,科学家们还有更宏伟的目标。“中国磁约束核聚变研究的最终目标就是率先在中国实现核聚变发电。”徐国盛说。

对于中国核聚变研究的科学家来说,最值得期待的就是我国尽早开始建设和运行聚变工程实验堆。

徐国盛介绍,近些年,在科技部的支持下,我国科学家已完成了未来中国聚变工程实验堆的概念设计、物理设计和工程设计,并进行了一些关键部件的预研。正在建设的“聚变堆主机关键系统综合研究设施”(CRAFT)也将成为国际磁约束聚变领域参数最高、功能最完备的综合性研究平台,可为我国开展聚变堆核心部件研发和建设提供技术基础。

“从东方超环到中国聚变工程实验堆,我们所做的每一件事都是人类没有做过的。我相信,假以时日,科研人员一定能逐步解决未来聚变堆核心科学和技术问题,让取之不尽、用之不竭的清洁聚变能造福人类。”徐国盛自豪地说。

## “十三五”科技创新成就巡礼

## 碳家族“添丁”! 科学家合成次晶态金刚石

本报讯(见习记者刘如楠)北京高压科学研究中心研究员魏慧阳等人在高温高压条件下合成了一种新形态的金刚石——次晶态金刚石,填补了非晶态结构和晶态结构之间原子排列尺度上的缺失环节,为深层次理解非晶态材料的复杂结构提供了密钥。该成果 11 月 25 日在线发表于《自然》。

魏慧阳与合作者通过其在大型压机中发展的最新极端高压技术,在 30GPa、1500-1600K 的温度条件下,对富勒烯(C60)前驱体进行高温高压处理发现,压缩的富勒烯发生转变成为一种高密度无序的 sp<sup>3</sup> 键合的碳。高分辨透射电子显微镜显示,样品中存在高密度且均匀分布的类晶态团簇(尺寸为 0.5-1.0nm),其原子构型接近于立方和六方金刚石,且具有很高的晶格畸变,即次晶态金刚石。

“模拟结果显示,次晶态金刚石和非晶态

金刚石具有显著的结构差异。二者都不具有长程有序性,且在第一个配位原子层,次晶态金刚石和非晶态金刚石同时具有相似的有序性。然而,在中程尺度范围(2-5 原子层),次晶态金刚石的有序性虽然在逐步降低,但远高于非晶态金刚石。”论文共同通讯作者、美国乔治梅森大学教授生红卫说。

“这种次晶态的发现,在结构拓扑上链接了非晶态和晶态,对于揭示非晶态材料复杂的结构本质具有深远意义。”论文第一作者、北京高压科学研究中心博士唐虎告诉《中国科学报》,“次晶态金刚石的发现为碳材料家族增加了一种新的结构形态,它兼具优异的机械性能、热稳定性以及独特的光学特性,在高端技术领域和极端环境下具有重要的应用前景,有利于进一步开发新型类金刚石材料。”

相关论文信息:  
<https://doi.org/10.1038/s41586-021-04122-w>

## 克隆抗旱基因! 小麦品种培育有了新资源

本报讯 近日,中国工程院院士、西北农林科技大学植物保护学院教授康振生团队克隆了小麦抗旱基因 TaNAC071-A,并揭示了其调控小麦抗旱性的分子机理。相关研究成果在线发表于《分子植物》。

康振生团队利用不同来源的小麦自然变异群体,通过全基因组关联分析研究策略,克隆了一个小麦抗旱基因 TaNAC071-A。研究发现,TaNAC071-A 基因沉默后小麦抗旱性明显降低,而 TaNAC071-A 过表达则能够显著增强小麦抗旱性,改善转基因株系水分利用效率,降低干旱造成的产量损失,表明了 TaNAC071-A 在调控小麦抗旱性方面具有重要作用。

为了进一步挖掘并鉴定 TaNAC071-A 基因的功能性遗传变异位点,该研究对大量小麦材料 TaNAC071-A 序列进行了精细的测序分

析,结果发现在抗旱性强的小麦材料中,TaNAC071-A 启动子区含有一个长度为 108-bp 的 DNA 片段插入(InDel-693),该片段含有两个 MYB 顺式作用元件。后续结合遗传学和分子生物学手段,进一步发现 MYB 转录因子 TaMYB1 可结合并调控 TaNAC071-A 基因表达,从而导致 TaNAC071-A 表达量变化及小麦抗旱性差异。此外,通过杂交和连续回交的方法,将抗旱材料的 TaNAC071-A 基因型(In-693)导入干旱敏感的材料中,有效提高了小麦苗期的抗旱性。

该研究对小麦抗旱遗传改良具有重要意义,为小麦抗旱新品种的培育提供了重要的基因资源和选择靶点。  
(靳军 张行勇)  
相关论文信息:  
<https://doi.org/10.1016/j.molp.2021.11.007>

## 每天三分钟「红光」改善视力衰退



寰球眼

本报还在为随着年龄增长而下降的视力烦恼吗?也许早上起床后照照“红光”就能改善。近日,英国科学家发表于《科学报告》的一项开创性研究发现,每天只需暴露在深红光下 3 分钟,就能显著缓解视力下降。

40 岁左右,人类视网膜细胞就开始老化,部分原因是细胞线粒体开始衰退,其功能是产生新陈代谢能量基础的三磷酸腺苷(ATP)和提升细胞功能。视网膜感光细胞对能量的需求很高,线粒体密度最大,也使得视网膜细胞比其他器官的细胞老化得更快。在生命周期中,ATP 减少 70%,光感受器就会因缺乏能量导致功能显著下降。

英国伦敦大学学院(UCL)一个研究团队此前对小鼠、大黄蜂和果蝇进行实验发现,当它们的眼睛暴露在深红光下时,视网膜感光受体的功能会显著得到改善。他们对果蝇的单独研究发现,线粒体体会随着一天中的时间变化而改变负荷。因此,研究小组比较了清晨和下午红光暴露的不同。

综合上述研究,研究小组探索了红光

暴露对人类眼睛的影响。结果发现,当参与者早上暴露于 670 纳米(长波)深红光下 3 分钟时,其视力平均提高了 17%,并且这种单次暴露带来的效果至少可持续一周。然而,当下午进行相同的实验时,参与者的视力未得到任何改善。

“线粒体对长波光有特殊敏感性,波长在 650-900 纳米之间的长波光可以提高线粒体性能,从而增加能量的产生。”论文主要作者、UCL 教授 Glen Jeffery 说。

由于普通人可负担的深红光眼科治疗手段目前仍很匮乏,Jeffery 一直在与相关企业合作,以期研发出成本低廉的 670 纳米红外眼科器具。

“这项技术简单且安全,因为 670 纳米长波光的能量不比自然光的能量大多少。”Jeffery 说,在不久的将来,每周一次 3 分钟的深红光照射在人们喝咖啡的工夫就能完成。这将改变全世界眼睛护理和视力保护的方式。

尽管研究结果很清晰,但研究人员表示,仍存在一些不足。虽然 670 纳米辐射明显能对个体产生积极影响,但在相似年龄段的个体之间,视力改善程度可能会有差异,其中存在影响红光暴露效果的变量。目前研究人员尚未确定这些变量,因此需要收集更大样本量的实验数据。  
(徐晟)  
相关论文信息:  
<https://doi.org/10.1038/s41598-021-02311-1>

## 赵书红:寻找改良种猪遗传密码的人

■本报记者 李晨

从事猪遗传育种研究近 30 年,华中农业大学教授赵书红默默耕耘着。“一个人一辈子专注做一件事,在一个方向上进行系统深入的研究,这样才可能有比较有价值的发现。”赵书红告诉《中国科学报》,这是她在国家自然科学基金委员会长期支持下一个深刻的体会。

正是在这样的持续性支持下,她始终坚持发现并解决了不少新的科学和行业需求问题,不断取得新成果。

### 在一个方向上做系统深入的研究

我国猪种类繁多、资源丰富,地方猪种和商业猪种差异十分明显。地方猪好吃、抗病,但长得慢、肥肉多,而商业猪种生长快、瘦肉率高。因此,研究产肉性状差异形成的分子机理一直是猪遗传育种领域的重点课题。

1998 年,赵书红被华中农业大学破格晋升为副教授。同年,她第一次成为基金委资助的科研人员。首个国家自然科学基金项目主要致力于用当时最新的技术手段找出两类猪种的差异,旨在发掘其优良基因并在育种中应用。

### 看封面



## 电气化发展的“候选者”

近年来,一系列技术的突破重新激发了人们对可充电水系锌电化学储能器件(AZD)的兴趣。其中一些器件已实现应用,成为进一步发展电气化颇具希望的“候选者”。最新一期《焦耳》封面图片显示,高性能 AZD 充当了电气化城市的“基石”。基于此,研究人员对高性能 AZD 的电化学电荷存储机制、界面性质和未来发展方向进行了展望。  
(王方)  
图片来源:Cell Press

近年来,一系列技术的突破重新激发了人们对可充电水系锌电化学储能器件(AZD)的兴趣。其中一些器件已实现应用,成为进一步发展电气化颇具希望的“候选者”。最新一期《焦耳》封面图片显示,高性能 AZD 充当了电气化城市的“基石”。基于此,研究人员对高性能 AZD 的电化学电荷存储机制、界面性质和未来发展方向进行了展望。  
(王方)  
图片来源:Cell Press

组的功能位点与中性分子标记无法区分,基因组育种也就无法充分利用调控区域和功能位点信息,影响了利用基因组信息提升育种效率。

赵书红紧紧抓住竞争时间窗口,利用自己多年的积累,带领团队在国际上率先绘制出涵盖品种信息和组织类型最广的猪基因组精细图谱,大规模鉴定了调控元件及功能突变位点,为应用功能突变位点提升猪基因组育种效率奠定了基础。相关成果在线发表于《自然-通讯》。

有了基础数据,必须立即推向应用才能体现科研价值。接着,她又带领团队鉴定了一批猪重要经济性状基因和标记;研发出准确性高、计算速度快的育种评估新方法,并开发出能高效处理百万级群体大数据的基因组育种工具,建立了自主知识产权的基因组高效育种技术体系,支撑合作企业显著提升育种效率。  
(下转第 2 版)