



扫二维码 看科学报 扫二维码 看科学网

主办:中国科学院 中国工程院 国家自然科学基金委员会 中国科学技术协会

总第 8513 期 2024 年 5 月 27 日 星期一 今日 4 版

新浪微博 <http://weibo.com/kexuebao>

科学网 [www.science.net.cn](http://www.science.net.cn)

## 跨越 10 万年,他们用“指纹”解锁中国水稻演化史

■本报记者 冯丽妃 实习生 蒲雅杰

距离杭州约 120 公里的浙江省浦江县,蓝天白云下,稻田环绕间,上山遗址迎来一个重要发现。

中国科学院地质与地球物理研究所(以下简称地质地球所)研究员吕厚远、张健平,与来自浙江省文物考古研究所、临沂大学等 13 个国内外单位的合作者,利用水稻“指纹”——植硅体微化石中的鱼鳞纹数量等手段,解锁了水稻从野生到驯化的 10 万年连续演化史。研究进一步确认了中国是世界水稻的起源地,约 1 万年前的上山文化在其中占据重要地位。5 月 24 日,相关研究成果发表于《科学》。

“证据确凿,结论高度创新。”审稿人评价说,这项研究深入探讨了水稻在中国的漫长演化历史,改变了人们对世界农业起源格局的认知,可以说是迄今为止对东亚水稻起源最全面的论证,具有很高的学术价值。

“这是一项科学突破,更是一个文明的启示。”地质地球所所长段长青云说,小麦、水稻的起源,是人类发展历史的重要里程碑。上山遗址中水稻驯化的证据表明,东亚稻作农业与西亚两河流域麦作农业的起源在时间上是同步的,这深化了对世界农业起源格局的理解,也为增强民族文化自信作出了重要贡献。

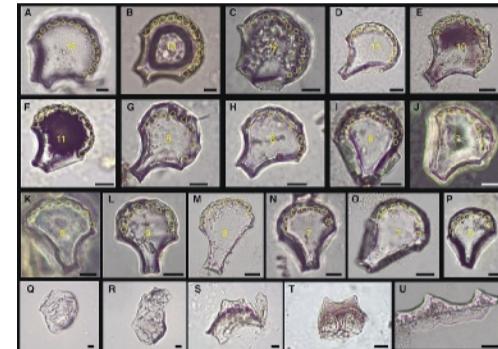
### 缺失的证据链

水稻是全球半数人口的主食。但人类最早从什么时候、在什么地方种水稻、吃稻米,开始农业起源?

过去一个多世纪来,这个问题一直充满争议。直到 20 世纪 70 年代,浙江余姚河姆渡遗址、浦江上山遗址以及长江中下游诸多遗址水稻考古证据的发现,才让国际学术界开始认同长江中下游地区可能是世界水稻的重要起源地之一。

“但直到 21 世纪初,学术界认可的农业起源地是中美洲和西亚,不包括东亚。”论文共同第一作者兼通讯作者吕厚远对《中国科学报》说,“水稻栽培和驯化对中华文明的形成和发展产生了深远影响。但至今,中国一些大学教材里还在讲水稻是起源于印度。”

国际上,中南美洲和西亚分别被认为是玉米和小麦驯化的发源地。东亚稻作农业起源缘何不



上山遗址发现的水稻壳的植硅体(前三排是不同鱼鳞纹数量的扇形植硅体)。地质地球所供图

被认可?

其关键问题是,缺少化石证据。

传统观点认为,2.65 万年前至 1.9 万年前的末次盛冰期因为温度降低,在长江中下游没有野生稻分布。“如果没有野生稻,驯化从哪儿来?”吕厚远说,“由于东亚地区的水热气候条件,植物死亡后,埋藏在地层中的有机质很容易腐烂,难以在上万年的演化中保存下来,这使得我国缺少 8000 至 1 万年前从野生稻到驯化稻的鉴定方法和证据。”

那么,是否存在可长期保存的水稻鉴定指标?能否找到长江流域末次盛冰期野生稻的证据?可否揭示人类驯化野生稻的过程并回答其中潜在机制?

20 多年来,吕厚远和团队一直在试图回答这些问题,他们的办法是用植硅体微化石。

“植硅体是充填在高等植物细胞组织中的二氧化硅颗粒,它数量多、分布广,1 克叶子中能够产生几万粒,而且二氧化硅跟玻璃一样能够保存很久,不管是被动物吃下排泄还是遇火焚烧,都能在土壤中沉淀下来。”论文第一作者兼通讯作者张健平向《中国科学报》解释说。

更关键的是,吕厚远表示,像人的“指纹”一样,不同植物的植硅体有着不同的形态特点。比如,水稻的植硅体是带有鱼鳞状纹的扇形、竹子的是长鞍形、芦苇的是盾形……

吕厚远团队从上世纪 80 年代末起就开始研究植硅体,在中国可谓一枝独秀。他们跑遍全

国,不仅采集了不同气候带的表土土壤样品,分析不同植被带植硅体组合特征和分布规律,还采集了数千种植物样品。请植物学家帮助鉴定后,他们画成了成套的现代植硅体素描图,做成了图版和多套显微镜片,出版了研究专著,每年都会吸引很多国内外的学生前来学习。

这套技术在我国多个遗址的考古工作中都取得了非凡“战绩”,如鉴定出我国青海“东方庞贝”喇家遗址的“面条”是由黍粟制作的,河北武安磁山考古遗址植物遗存为黍(黄米)。这套农作物植硅体鉴定方法还被写入欧美多所大学的教科书中。

然而,由于野生稻和驯化稻的植硅体属于“同类”,要鉴定出它们的演化差异难上加难。

### 建立“新标准”

早在 1998 年,吕厚远在分析东海大陆架钻孔样品时,就发现在 1.3 万多年前的地层中有水稻植硅体。根据当时有限的现代野生稻、驯化稻样品的分析,他发现驯化稻植硅体中的鱼鳞纹通常大于等于 9 个,而野生稻中则多数少于 9 个。但基于当时的技术和有限的化石数量,很难回答野生稻何时开始驯化的问题。

2017 年,吕厚远与学生用植硅体鱼鳞纹数量的判别方法,发现上山遗址文化层中的水稻驯化时间可追溯到 9400 年前,并认为作物驯化是一个漫长的过程,应该有更早的从野生到驯化的记录。

如何找到更早的野生稻的证据,区分野生稻与驯化稻的差别,并建立一套国际认可的指标?

“我们花了很多工夫回答这个问题,需要和许多单位合作,获得野生稻的样品。在我曾经负责的中国科学院的‘碳专项’项目中,有植物专业的团队参加,提供了难得的获得样品的机会。”吕厚远说。

研究团队不仅采集了野外不同年代地层中的土壤,带到实验室通过化学溶液处理等方法将植硅体分离出来进行鉴定,还从海南、江西等地采集了很多现在的野生稻、土壤进行分析,并通过大棚实验培植野生稻,排除驯化基因,然后一个个叶片进行鉴定,取得了大量可重复检验的数据。

(下转第 2 版)

## 世界最大跨径四主缆悬索桥鄂州侧主塔成功封顶

本报讯(记者李思辉 通讯员张金光)日前,由湖北交投投资建设、中交二航局承建的湖北省燕矶长江大桥鄂州侧主塔率先完成封顶,为后续主桥上部结构施工奠定了坚实基础。

燕矶长江大桥是世界最大跨径四主缆悬索桥,同时也是世界首座不同垂直度四主缆双层钢桁梁悬索桥。

该项目全长约 26 千米,大桥主跨 1860 米,上层为高速公路,设计时速为 100 公里,下层为城市快速路,设计时速为 80 公里。受航空限高的影响,大桥主塔高度仅有 184 米,主塔受力要求高,因而大桥主塔壁厚是寻常跨长江大桥的两倍,达到 4 米。



## “旅行者 1 号”再次发回科学数据



本报讯 这是人类历史上一项终极的远程 IT 服务——跨越 240 亿公里以修理太空中一台建于 20 世纪 70 年代的计算机。

据《科学》报道,美国国家航空航天局(NASA)日前宣布,“旅行者 1 号”——最早到达星际空间的著名探测器,在经历了数月的通信中断后,终于再次向地球传回科学数据。这标志着“旅行者 1 号”在恢复正常运行方面取得了重大进展。

“旅行者 1 号”及其姊妹探测器“旅行者 2 号”于 1977 年发射升空,捕捉到了木星大红斑、木星卫星木卫一上令人震惊的火山景象,以及海王星大气中的天蓝色风暴。任务完成后,“旅行者 1 号”继续向日球层边缘进发,并于 2012 年离开日球层,成为第一个到达星际空间的探测器。2018 年,“旅行者 2 号”成为第二个进入星际空间的探测器。

尽管它们在探索太阳系及外围星际空间的 40 余年中险象环生,但“旅行者 1 号”的通信危

机是前所未有的。美国加州理工学院物理学家、为相关任务工作了 51 年的 Alan Cummings 说:“这是没有数据时间最长的一次。”

去年 11 月 14 日,“旅行者 1 号”停止向地球发送可读的科学和工程数据。一个由工程师组成的应急小组试图找出问题所在。为了解这个系统,他们不得不筛选半个世纪以来工程师撰写的所有代码。最终,工程团队将问题归咎于一块存储通信所需代码的内存芯片。

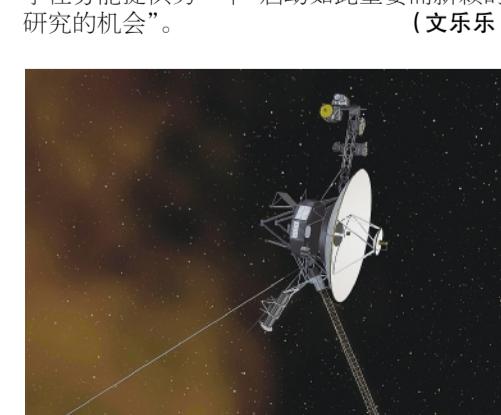
由于无法修复损坏的芯片,工程团队设计了一个巧妙的修复方案,将受影响代码分成几部分,分别存储在飞行数据子系统的不同位置,并确保存储于不同位置的代码仍作为一个整体运行,此外还对引用代码位置的指令进行了更新。经过仔细考虑,团队首先对负责打包“旅行者 1 号”工程数据的代码进行修复。

今年 4 月,时隔 5 个月后,探测器再次发回有关其工程系统健康状态的可读数据。

5 月 17 日,研究人员向这一已有 40 余年的航天器发出命令,尝试使其目前运行的 4 台仪器中的两台能够恢复向地球发送科学数据。NASA 还将在未来几周内尝试恢复传输“旅行者 1 号”另外两台仪器的科学数据。

“旅行者 1 号”和“旅行者 2 号”探测器是仅有的两个已离开太阳系进入星际空间飞行的人造航天器,目前与地球距离分别为约 240 亿公里和约 200 亿公里。“旅行者 1 号”传回的数据无疑是非常宝贵的。天体物理学家、“旅行者 1 号”高能粒子仪联合研究员 Kostas Dialynas 说,要等到几十年后,才有新的星际科学任务能提供另一个“启动如此重要而新颖的研究的机会”。

(文乐乐)



“旅行者 1 号”。 图片来源:NASA

## 全球首例猪到人临床异种肝移植手术完成

本报讯(记者温才妃、王敏)日前,云南农业大学教授魏红江团队与安徽医科大学第一附属医院教授孙倍成团队合作,在合肥将 10 基因编辑供体猪的肝脏移植到一位 71 岁右叶巨大肝癌男性患者身上。

经检索证实,这是世界首例猪到人的临床异种肝移植手术,也是全球第五例猪到人的异种器官移植手术,开创了基因编辑猪异种肝移植的先河。

截至目前,患者没有发现超急性和急性排斥反应,凝血系统没有障碍,移植猪肝脏每天有 200 毫升左右金黄色胆汁分泌,CT 和 B 超证实移植猪肝脏肝功能正常,肝静脉血流正常,患者肝功能已经恢复正常,目前已能下地自由活动。

此次手术中首先切除了患者右肝的巨大肿瘤,术中证实剩余的左叶肝脏不足以维持肝癌患者的肝功能,于是将 514 克重的 10 基因编辑猪(11 月龄,体重 32 千克,雄性)肝脏移植到患者右侧肝窝内,手术非常顺利,即刻分泌胆汁。

此次移植的供体猪肝脏获取自云南农业

大学云南省小型猪基因编辑与异种器官移植重点实验室。魏红江团队告诉《中国科学报》,此次使用的 10 基因编辑供体猪是目前一种新的多基因组合,也是全球报道的第 4 个超过 10 个基因编辑的供体猪。

其中,GGTA1、CMAH、β4GalNT2 是目前已知的 3 个猪异种糖原合成基因,敲除这 3 个基因可克服超急性排斥反应。hCD46、hCD55、hCD59 是 3 个抑制人补体系统活化的调节蛋白,过表达这 3 个补体调节蛋白可有效缓解急性体液排斥反应。hTBM、hCD39、hEPCR 是 3 个抑制凝血发生的蛋白,过表达这 3 个蛋白可有效抑制血栓形成,同时可以减轻移植后的炎症反应。hCD47 是巨噬细胞等免疫细胞识别自我与非自我的标志物,过表达 hCD47 可减轻免疫细胞活化产生的排斥反应。

华中科技大学同济医学院附属同济医院器官获取组织首席顾问陈忠华说:“该项突破性进展不仅在近期内为超米兰标准的巨大肝癌患者带来福音,同时也使我们有机会观察真正意义上的临床异种肝移植病理、生理变化,不得不说这是一个关键性突破。”

## 研究提出实验探究非均匀应力对导热调控的新策略

本报讯(记者严涛)西安交通大学教授岳圣瀛与北京大学研究员杨林、教授高鹏、工程师杜进隆等人合作,提出了实验探究非均匀应力对导热调控的新策略。近日,相关研究成果发表于《自然》。

研究团队通过在自制的悬空微器件上弯曲单个硅纳米诱发非均匀应变,并利用具有亚纳米分辨率的基于扫描透射电子显微镜的电子能量损失谱技术表征域晶格振动谱。研究结果显示,0.112 nm 应变幅度将导致热导率显著降低 34 ± 5%,这是先前文献中应变下热导率调制结果的 3 倍以上。该成果揭示了均匀应力下不存在的、由应变梯度导致的

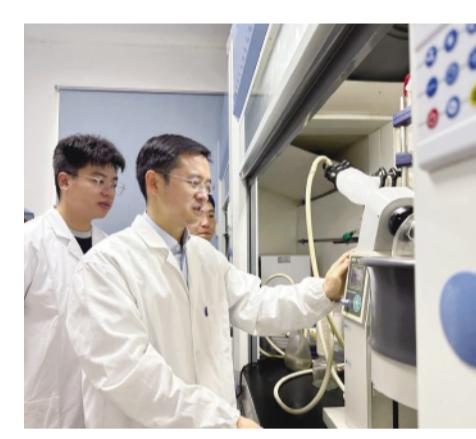
独特声子谱扩展效应及其对导热的反常抑制现象。

通过开发跨微米-原子尺度的实验表征技术,并结合第一性原理的理论模拟,该工作为长期以来有关非均匀应力对声子传输影响的难题提供了关键线索。这项研究不仅清楚揭示了非均匀应力对固体导热的调制机理,而且为基于应变工程的功能性器件的创新设计提供了重要思路。此外,基于非均匀应力调制热导率可实现功能性热开关器件,用于动态控制热通量。

相关论文信息:  
<https://doi.org/10.1038/s41586-024-07390-4>

## 这位教授,手机里存着 100 多位工人的电话

■本报记者 李思辉 通讯员 程毓



李享成(前)与团队成员在一起。 武科大供图

能正常使用。

“我们用一年时间制造出国内第一台相关设备,费用仅为进口产品的一半。”李享成自豪地说,“这台设备可是‘大功臣’,支撑了许多国家项目的研究。”

如何测试涂层材料在高温下的性能?李享成在网上查询后发现,全球都没有相关设备。这一次,他还是“自己做”。

他从学院找到一台 LCR 阻抗仪,然后绘制炉子的图纸,找厂家做出实物,还开发了软件。经过无数次改进,终于把这些部件组装起来并连上电脑。

“这台设备属于全球首创!”李享成介绍,“我们在这台设备上做出了大量的数据。”上个月,他们拿到的两项国家发明专利就来自于此。

此外,为打通创新成果从实验室走向工业应用的“最后一公里”,李享成研制了 10 公斤和 100 公斤级的聚合物反应生产设备。

一系列自主研发的科研设备,不断增强了一队的核心竞争力。

中国工程院院士毛新平赞赏道:“李享成在关键设备上的自主研发,为一些重要技术突破提供了保障。”

### 为国之重器披“防护衣”

高温陶瓷抗热冲击性差,是世界难题。为了观察陶瓷材料的摩擦和损毁过程,李享成带领团队成员穿上厚重的工作服,深入超高温生产现场,一待就是十几个小时。回到实验室,他埋头做理论研究、模型修正、工艺改进。经过 5 年上万次的实验,团队成功突破了这一科研瓶颈。

给高温陶瓷做涂层是关键技术。李享成把团队师生分成两组,一组在电脑上计算技术参数,一组在设备上给陶瓷做涂层。半年过去了,涂层要么无法附着,要么附着后不均匀,没有一块材料合格。

望着厚厚的、卷了边的一摞摞实验记录本,看着每页纸上密密麻麻的实验数据,师生们有些气馁。但李享成鼓励他们:“多试试!”

通过坚持不懈的努力,他们终于研制出第一块合格的高温电磁材料。此后,研究工作逐渐走上了“快车道”。

为什么在研究过程中遇到各种难题时,李享成总是很乐观?他说,这得益于他青少年时期与家人一起劳作的经历——夏天插秧,头顶烈日,脚踩泥水,一天下来身上晒脱皮;秋天割麦,手拿镰刀,弯腰挥动,一天做上万次重复动作。那些辛勤劳作的日子,铸就了他坚韧不拔的品格。

新冠疫情期间,团队成员不能返校,但是科研任务不能停,李享成只能“单枪匹马”冲锋陷阵。他一个人在实验室里,从设计配比、混合、烧制,到调设备、上涂层、分析数据,每天反反复复做实验,终于按期完成所有的科研项目。

近 10 年,李享成团队承担了近 20 个国家重大项目,研究成果不仅打破了国外对我国的多项技术封锁,还为国之重器披上了“防护衣”,有效实现了电磁防护。

(下转第 2 版)