



刘文柱：做解决国家大战略问题的科研

■本报记者 王兆昱

“真正解决实干中的问题，满足国家最紧迫的需求。”这是中国科学院上海微系统与信息技术研究所(以下简称上海微系统所)研究员刘文柱不变的初心。

年仅 34 岁的刘文柱已专注太阳能电池研究 12 年，由他主导开发的柔性单晶硅太阳能电池打破了业界对单晶硅技术的固有认知，为全球光伏领域的研究指明了方向。该成果已被用于我国多个型号的太阳能无人机和浮空器平台，以及南极科考可再生能源系统，并在许多战略场景中展现出巨大的应用潜力。

日前，获得第二届“中国科学院青年五四奖章”的刘文柱对记者说，他对自己有两个要求：第一，做原创研究，而非追随他人脚步；第二，瞄准工程上遇到的真实问题，而非为了发表论文去“制造”问题。

科研灵感源于生活

单晶硅太阳能电池发明近 70 年来，光伏领域的科学家一直有个共识，即单晶硅材质很“脆”，柔韧性差，容易断裂，这限制了单晶硅太阳能电池的应用场景。

“那些做薄膜太阳能电池的人，为了突出其重要性，总会用一页 PPT 强调‘单晶硅太阳能电池无法进行柔性应用’。”刘文柱说。

这一固有认知最终被刘文柱团队打破了。2023 年 5 月 24 日，刘文柱等人在《自然》发表封面论文，宣布能够弯曲超过 360 度的柔性单晶硅太阳能电池诞生。

时隔一年，刘文柱参加光伏展会时发现，柔性单晶硅太阳能电池这一成果已经引领了光伏领域的风潮，各大公司甚至专门成立事业部对其进行开发。

那么，刘文柱团队是如何把“脆脆的”硅片变软的？答案是，他们开发了一种全新的边缘圆滑处理技术。而这竟是刘文柱从生活小事中获



刘文柱 受访者供图

得的启发。“我们都知道，陶瓷盘子摔在地上会碎，但如果运气好，盘子只会出现裂纹而不会碎。我发现裂纹总是从边缘开始出现，那么硅片的断裂也是如此吗？”

刘文柱迫不及待想要弄清楚硅片断裂的全过程。于是，他请研究流体力学的师弟杨自强对硅片断裂的瞬间进行逐帧分析。结果发现，硅片的力学短板就在其边缘。受此启发，刘文柱团队将硅片的边缘进行圆滑处理，既能提升其柔韧性，又能保证电池效率不下降。

刘文柱告诉《中国科学报》，日常生活就是他科研灵感的宝库，对于具有科学敏感性的人来说，对生活细微的观察和独特的思考常常引发创新的突破。

比如，走在路上时，刘文柱会想：为什么不把路灯上的太阳能电池板面积做大，使其接收更多阳光、发电能力更强呢？他又想到了限制太阳能电池板面积的原因——在大风天气下容易被掀翻，甚至把路灯杆压断。解决这一问题就是把电池板做成柔性缠绕在路灯杆上，360 度接

受阳光照射，从而延长发电时间。这就是那期《自然》封面图片灵感的来源。

时时在思考，处处灵感。或许，这就是科研人员最好的状态。

扎根太阳能电池研究 12 年

2012 年，在山东大学物理学院读大二的刘文柱即将本科毕业。在开展毕业设计时，刘文柱跟随导师林兆军，在实验室做起了太阳能电池。他越做越觉得有意思，从此与太阳能电池“结缘”。

当时，刘文柱做的是染料敏化太阳能电池，与他现在研究的硅太阳能电池是完全不同的种类。由于染料敏化太阳能电池效率低，且液态电解质容易泄漏，对土壤和水造成不可逆的损害，已逐渐随技术的进步而被淘汰。

本科毕业后，刘文柱来到上海微系统研究所博读。在此期间，导师刘正新给了他最大的自由和无条件的支持，这也影响到刘文柱做导师后带学生的风格。刘文柱常说：“激发年轻人的创造力，关键是要给他们充分的自由。”

而在沙特阿拉伯阿卜杜拉国王科技大学从事博士后研究的经历，更是带给了刘文柱不一样的人生体验。该“网红学校”紧靠海边，刘文柱经常与同学一起在海边散步，还会开车去沙漠露营、看星星。学校分配给刘文柱的“宿舍”是 500 平方米的别墅，他时常在周末邀请不同研究领域的朋友一起做饭、聊天，这奠定了刘文柱与不同领域研究者密切沟通、交叉合作的基础。正如刘文柱所说，“单打独斗的时代早已过去，交叉合作才更容易创新”。

(下转第 2 版)



第四届黑土地保护利用国际会议召开

本报讯(记者沈春雷)7 月 22 日至 23 日，第四届黑土地保护利用国际会议在长春召开。会上，国内外专家学者围绕黑土地健康培育、黑土地产能提升、黑土地生态屏障与黑土地数据挖掘等主题进行交流分享。会议由中国土壤学会主办，中国科学院东北地理与农业生态研究所(以下简称东北地理所)承办。

中国工程院院士、中国土壤学会理事长张佳宝指出，万物土中生，有土斯有粮。2021 年起，黑土地保护利用国际会议已经连续举办 3 届，得到了世界主要黑土区国家和学术界的大力支持，已经成为全球黑土地前沿科学与先进技术交流的高端平台。

据了解，中国科学院启动“黑土粮仓”科技会战以来，聚焦关键科学问题和核心技术，强化科技创新在黑土地保护中的支撑作用，

在基础理论研究、关键技术研发、装备研制等方面均取得了阶段性突破，构建了“龙江模式”“梨树模式 2.0”“大安模式”“大河湾模式”等创新黑土地保护利用模式，并实现规模化推广应用。

《中国科学报》从东北地理所获悉，“黑土粮仓”科技会战项目将坚持创新引领，打造“用得上、有影响”“推得开、留得下”的黑土地可持续利用技术模式，为“用好养好”黑土地、保障国家粮食安全和生态安全作出贡献。

会上，参会代表还赴吉林省长春市农安县参观了中国科学院“黑土粮仓”科技会战科技成果，包括万亩示范基地和黑土地保护利用研究院。东北地理所研究员梁爱珍介绍了黑土退化阻控与地力提升技术，展示了“黑土粮仓”科技会战长春示范区的应用成果。

生理性状在物种生存中扮演重要角色

本报讯(记者张晴丹)日前，四川农业大学生命科学院副教授熊鹰团队揭示了岛屿鸟类和哺乳动物向慢生活节奏的代谢策略具有趋同演化现象，解答了“生活史权衡的生理基础是什么”这一困扰生态学家几十年的难题，为不同代谢模式的动物类群制定保护策略奠定了重要理论基础。相关论文发表于《科学进展》。

岛屿因面积小、隔离度高、气候温和等特点，成为生态学、生物地理学和演化生物学的理想研究场所。岛屿上的物种在体形、大脑容量及飞行能力等方面与大陆物种有明显差异，这些独特特征被统称为岛屿综合征，其中多数特征与能量代谢密切相关。

通常情况下，岛屿环境的食物资源较为稀缺，种间竞争和捕食压力相对较低。因此，动物可能会演化出更为缓慢的生活史策略。然而，岛屿脊椎动物的代谢与生活史之间的进化权衡以及这些权衡对灭绝脆弱性的影响，至今仍

未被充分理解。鉴于此，2013 年英国生态学会在公布的“100 个最重要的生态学基础问题”中，特别列出“生活史权衡的生理基础是什么”这一困扰生态学家几十年的难题。

为回答这一难题，熊鹰团队构建了 2813 种四足脊椎动物的代谢数据库，包括 695 种恒温动物和 2118 种恒温动物，并利用系统发育与演化路径分析等方法揭示了岛屿鸟类和哺乳动物向慢生活节奏的代谢策略具有趋同演化现象。

研究表明，岛屿物种演化出更慢的代谢率和更长的世代时间，而岛屿恒温动物中并未观察到类似的代谢策略。研究还发现，这种慢生活节奏的趋同代谢特征加剧了岛屿特有物种在面临入侵物种和其他人为威胁时的灭绝风险，表明生理性状在物种生存与灭绝中扮演重要角色。

相关论文信息：
<http://doi.org/10.1126/sciadv.adm8240>

研究发现调控水稻抗病性的新机制

本报讯(记者王方)近日，中国农业科学院植物保护研究所的科研团队在《发育细胞》发表论文，报道了水稻中一对同源 E3 泛素连接酶通过靶标一对同源底物蛋白，调控水稻抗病性和开花期的新机制。

E3 泛素连接酶介导的蛋白降解机制，广泛参与植物与病原菌的互作过程。团队研究发现，水稻 E3 泛素连接酶 APIP6 通过降解底物蛋白 Os-ELF3-2 能够正调控水稻对稻瘟病的抗性。

新研究通过酵母文库筛选发现，APIP6 与同源 E3 泛素连接酶 APIP1 形成同源二聚体，且都与 Os-ELF3-2 相互作用，并通过 26S 蛋白酶体系统促进其降解，从而正调控水稻对稻瘟病的抗性。

进一步研究发现，APIP1 与 Os-ELF3-2 的同源蛋白 Os-ELF3-1 特异性相互作用，过量表达 APIP1 株系表现出与 Os-ELF3-1 突变体类似的晚

花表型，而 Os-ELF3-1 突变体还显著增强稻瘟菌抗性。相比之下，Os-ELF3-2 突变体的开花期与野生型无显著差异，表明水稻中的同源 ELF3 蛋白在免疫和开花的调节中出现功能分化，这些研究结果为同源蛋白在植物中的进化提供了证据。

有趣的是，IP11 和 APIP6 同源二聚体能够协同调控 Os-ELF3-1 与 Os-ELF3-2 的蛋白积累，进而精准调控水稻抗病性和开花期，表明同源蛋白可以协同促进底物蛋白降解。

该研究在植物中率先揭示了一对 E3 泛素连接酶通过靶向同源底物蛋白调控抗病性和开花期的新机制，为创制抗病且开花期适中的作物新品种奠定了重要基础。

相关论文信息：
<https://doi.org/10.1016/j.devcel.2024.06.013>

国内最大跨径跨峡谷分离式混合梁斜拉桥北主塔封顶

本报讯(记者李思辉 通讯员靳晰)近日，由中交二航局承建的国内最大跨径跨峡谷分离式混合梁斜拉桥——河南淅南高速丹江小三峡特大桥北岸主塔成功封顶。

本次实现封顶的丹江小三峡特大桥北主塔高 155 米，共分 27 个节段，采用“宝剑”造型设计。该大桥共有两座主塔，南主塔高达 206 米，为河南省内最高桥塔，目前建设者正在进行最后的封顶冲刺。

中交二航局淅南高速项目经理陈成介绍，北主塔下方岩石强度高，且大桥位于丹江口水库，严禁排放泥浆，建设团队研发并应用了全球最大的 1.5 米直径集束环状切割取芯式气动潜孔锤，全过程清水钻进，既确保了工期，又做到了绿色环保施工。

淅南高速丹江小三峡特大桥全长 919 米，主跨 536 米，是国内跨径最大的跨峡谷分离式混合梁斜拉桥。项目建成后，河南淅南到湖北丹江口的通行时间可缩短 1 小时以上，有望解决沿线丹江口水库库区 300 万居民的出行难题。



建设中的河南淅南高速丹江小三峡特大桥。 中交二航局供图

全球最大冰芯储存库即将升级



本报讯据《自然》报道，世界上最大的冰芯储存库即将进行升级，其制冷系统从使用可能损害臭氧层的禁用制冷剂转向采用更加环保的技术。

“用臭氧友好型解决方案最终替代制冷剂是非常重要的，是法律驱动下的工作。”澳大利亚气候科学家、冰芯科学国际合作伙伴计划联合主席 Tas van Ommen 说。

冰芯内包裹着气泡、各种粒子以及化学同位素，为研究过去的大气成分、温度变化以及火山爆发等事件提供了线索。

这些冰芯通常被切成段，一部分供研究人员分析，其余则保存在冰芯库供以后研究使用。其中，位于美国科罗拉多州丹佛市的美国国家科学基金会(NSF)冰芯设施(NSF-ICF)拥有的

冰芯长度总计约 2.5 万米，包含自 1993 年该设施开放以来由 NSF 资助钻探的所有冰芯。例如，钻取自南极埃文山的冰芯，包含有史以来最古老的冰，它们可追溯到数百万年前。

“它们都是这里的‘热门冰芯’。”NSF-ICF 馆长 Curt LaBombard 说。

为了保存冰芯，NSF-ICF1500 立方米的冷冻室温度设置为 -36℃。然而，这个巨大的“冰箱”与 20 世纪 90 年代许多家用冰箱和空调一样，仍依赖于氢氟碳化物(HFC，氟利昂的一种)作为制冷剂。

这类制冷剂从生产设施或设备中泄漏，会破坏地球的保护性臭氧层。因此，HFC 等制冷剂逐步被淘汰。1987 年签署的旨在拯救地球臭氧层的《蒙特利尔议定书》禁止富裕国家在 2020 年后生产新的 HFC，并禁止较贫穷国家在 2030 年后生产。

另外两个大型冰芯储存设施——位于加拿大阿尔伯塔省的加拿大冰芯实验室和位于德国阿尔弗雷德·韦格纳研究所的欧洲冰芯储存设施，都使用氢氟碳化物(HFC)作为

制冷剂。

与 HFC 相比，HFC 虽然对臭氧的破坏小得多，但它可能是比二氧化碳还要厉害的强效温室气体。因此，根据《蒙特利尔议定书》2016 年修正案，HFC 将逐步被淘汰，化学家和相关公司正在寻找替代品。

这样的淘汰规则适用于新设备，而非现有设备。但 LaBombard 表示，NSF 设施运营商认为是时候为 NSF-ICF 升级了。

负责升级工作的 NSF 南极地球科学项目主任 Michael Jackson 表示，NSF-ICF 这座有几十年历史的设施效率低下、软件过时，服务和维修成本也在不断上升。

NSF-ICF 管理人员最终选择跨临界二氧化碳作为替换的制冷剂。它可以同时表现为液体和气体，是一种越来越受欢迎的高效商业制冷剂。

Jackson 说，尽管二氧化碳是一种温室气体，但它不易燃，在低温工作中更有效。

据悉，NSF-ICF 的升级工作计划于今年 8 月开始，于 2026 年第一季度完成。(徐锐)

新型精准猴模型 助力阿尔茨海默病研究

■本报记者 刁雯慧

阿尔茨海默病(AD)俗称“老年痴呆”，是最常见的神经退行性疾病，其病因复杂、发病机制尚未完全阐明，临床治疗效果也不尽如人意。另外，现有动物模型在全面模拟人类 AD 的病理特征和临床表现方面存在局限，在一定程度上制约了该疾病的机理研究和干预策略的发展。

近日，中国科学院深圳先进技术研究院(以下简称深圳先进院)研究员陈宇、路中华，副研究员叶涛团队，成功建立了精准模拟家族性 AD 致病突变的新猴模型——PSEN1 基因突变食蟹猴，并在幼年突变猴中发现与 AD 相关早期生物标志物的改变以及外周炎症和免疫信号分子的异常，为深入理解 AD 的发生及发展进程提供了新机遇。相关研究已发表于《阿尔茨海默病与痴呆》。

非人灵长类新模型精准模拟致病突变

与啮齿类动物相比，猕猴等非人灵长类动物与人类在进化和遗传信息、大脑结构、认知行为、免疫系统等神经生物学特征上更为接近。开发非人灵长类动物精准疾病模型有望更准确和全面地反映灵长类动物特异的 AD 病理特征和疾病进程，从而为深入理解疾病机理和开发诊疗策略提供新的机会。

在构建精准模拟人类 AD 基因突变的非人灵长类动物模型方面，此前，科学家成功建立了携带家族性 AD 基因突变的精准小型猴模型——猕猴模型。然而与人类进化更为相近的大型猴模型仍然缺乏，如食蟹猴模型。

“利用 CRISPR 基因编辑技术构建疾病突变精准猴模型面临的挑战是，经基因编辑-同源重组方式精确插入疾病突变的效率较低，这在繁殖周期短、产崽多的小型猴模型中影响较小。对于食蟹猴等大型动物而言，由于其较长的妊娠期和性成熟时间，以及单胎生育特性，获得精准突变猴模型的概率很低。”论文第一作者、深圳先进院工程师李梦奇向记者介绍。

对此，研究团队对 AD 精准猴模型方案进行深度探讨后认为，双向 RNA-CRISPR/Cas9 基因编辑系统可以高效删除两个向导 RNA 切割位点之间的基因序列。而与常规家族性 AD 中的基因错义突变不同，PSEN1-E9 是一类特殊的家族性 AD PSEN1 基因外显子 9 功

能缺失型突变，该突变携带者通常在 45 岁至 57 岁发病。

研究团队结合双向 RNA 基因编辑技术和 PSEN1-E9 基因突变的特点，设计了靶向外显子 9 两侧内含子序列的双向导 RNA-CRISPR/Cas9 系统，在食蟹猴基因组中实现了 PSEN1 外显子 9 的高效删除，获得多只家族性 AD PSEN1-E9 突变食蟹猴，并精准模拟出致病突变导致的基因 mRNA 和蛋白水平的异常，成功构建出精准携带家族性 AD 基因突变的食蟹猴模型。

疾病转化研究新平台

近日，阿尔茨海默病协会发布了《阿尔茨海默病诊断和分期的修订标准(2024 年)》，其中强调了增加特征性生物标志物检测辅助阿尔茨海默病临床诊断的必要性。

此前研究表明，家族性 AD 基因突变过量产生 Aβ42，突变携带者脑脊液中 Aβ42/40 的比例在症状出现前 20 年至 30 年会高于健康人。随着疾病的进展以及 Aβ42 在脑内沉积形成斑块，该比例会逐渐低于健康人。然而，早期的家族性 AD 突变携带者脑脊液中 Aβ42 比例上升的时期，在临床研究或检测中难以被准确捕捉到。一方面是缺乏足够年轻的 AD 突变携带者可供研究；另一方面是脑脊液的获取需要进行腰穿手术，很难被患者接受。

研究团队对幼年 AD 突变猴脑脊液的检测发现，Aβ42 及磷酸化 tau217 两大核心生物标志物的比例均显著增高，表明团队建立的 AD 突变猴模型有望成为研究人类 AD 进程最早期无临床症状的良好载体，为深入揭示 AD 早期疾病转化提供了一个临床相关性高，且可全生命周期动态追溯的动物模型。

此外，研究团队对幼年突变猴进行了血液转输组和血浆蛋白组的检测，发现幼年 AD 突变食蟹猴的外周血液系统中，开始出现大量与炎症和免疫反应相关信号分子的异常。

“未来对这些免疫相关分子的动力学追踪和功能验证，有望为进一步阐明早期外周免疫反应异常在阿尔茨海默病中的贡献提供新的线索。”论文共同通讯作者陈宇说。

相关论文信息：
<https://doi.org/10.1002/alz.14046>