



优势。过去培育一个不育系需要七八年甚至十几年，若能从基因层面找到控制花粉形成的“开关”，育种效率将大幅提升。

经过不懈努力，2013 年，刘耀光团队在国际上率先定位并克隆了一个关键雄性不育基因，阐明了其作用机理。此后，他们接连破解多个不育基因密码，并将其应用于育种实践。

“一株水稻就值得多代科学家研究。”刘耀光说，“研究永无止境。”这份坚守，让团队在水稻育性调控领域持续取得突破：近期，他们揭示了水稻生殖隔离温度敏感性的分子机理；阐明了核基因监控线粒体蛋白积累降解的机制，为超高产杂交水稻育种提供了理论支撑。

“2026 年中央一号文件提出‘深入实施种业振兴行动，加快选育和推广突破性品种，推进生物育种产业化’。这对我们农业科研工作者来说，是重大的机遇。”刘耀光拿着装有水稻种子的玻璃瓶对《中国科学报》说，“这是我们团队培育的新种质，当前正开展精准化育种。”如今种植水稻，不仅追求高产稳产，还需抗逆抗病、优质营养。精准育种，正是为了满足“量身定制”的多元需求。

春节期间，这群与时间赛跑的育种人依旧忙碌。团队成员将田间样本带回实验室，测量穗长、粒数，烘干、分析、提取 DNA……试管林立，仪器轻鸣，“白大褂”凝神操作，记录每一组数据、核对每一个结果，常常忙至深夜。

“今年，师生团队将继续完善植物基因编辑工具，升级全球首个基于人工智能(AI)大语言模型的植物功能基因组学智能问答系统，研究培育高产优质杂交稻品种等，致力于解决种业‘卡脖子’难题，助力种业振兴。”刘耀光的学生、华农教授谢勇告诉《中国科学报》。(下转第 2 版)



刘耀光(左二)介绍团队创制的种子。朱汉斌/摄



2 月 19 日(农历正月初三)至 23 日(农历正月初七)，2026 海淀新春科技庙会在北京举办，精心布局的五大特色展区免费向公众开放。此次科技庙会汇聚了 70 余家企业 150 余件互动展品，不仅集结了央视总台春晚同款及其他顶尖机器人“天团”亲民互动，更引入众多亮相 2026 年国际消费电子展、2025 年世界机器人大会等展会的国际前沿科技展项，匠心打造北京海淀新春特色文化符号。庙会现场集结 43 具具身智能机器人展项，还有多项精彩前沿科技互动体验。图为新春科技庙会现场。本报记者高雅丽报道 北京市海淀区科协供图

六十余年“励精涂治”，他们是航天器“铸盾”者

■本报见习记者 江庆龄

在距离地球 400 公里的高空，中国空间站每 90 分钟就会绕地球飞行一圈。在这里，空间站不仅要频繁经历从炽热到严寒的温度变化，还要承受空间粒子辐照、原子氧侵蚀的考验。而保护空间站免受空间极端环境伤害的，正是最外层那亮眼的“白色外衣”。

“外衣”是一种特殊的涂层，厚度不过两百微米，却如同盾牌一般坚守在与极端环境“正面对决”的最前线，默默守护着空间站。

这一看似轻薄却十分重要的涂层，出自中国科学院上海硅酸盐研究所(以下简称上海硅酸盐所)热控涂层团队之手。这支团队因“两弹一星”工程而生，六十余年“励精涂治”，自主研发了 40 余种涂层与材料，应用于载人航天工程、探月工程、空间站、火星探测和北斗导航等重大工程。

历经岁月淬炼，热控涂层团队逐渐形成了“以薄护重、韧性可靠、开放协同、接力担当”的“铸盾精神”。

以薄护重，为航天器“铸盾”

“每个航天器都有一套经过精密计算和设计的热控系统，使航天器内部维持合适的温度，保证舱内航天员安全和仪器设备正常工作。”团队负责人、上海硅酸盐所研究员宋力昕介绍，其中，不同种类的涂层为航天器披上了一层“护甲”。

这类与温度相关的涂层，被命名为“热控涂层”。涂层不过几百微米厚，却是航天器应对外界恶劣环境的第一道防线，保护太空中的各类航天器免受极端温度、太空辐照等伤害。

让热控涂层不断“进化”的，是几十人规模的上海硅酸盐所热控涂层研发团队。

1959 年，上海硅酸盐所因“两弹一星”工程独立建所，承担特种无机材料的研制工作。不久后，特种无机涂层材料研究室成立，正式开启为国之重器“铸盾”之旅。

1970 年，团队研制的铝合金光亮阳极氧化热控涂层，成功应用于我国第一颗人造地球卫星“东方红一号”。

到今天，热控涂层团队已建成我国规模最大、综合实力最强、产品规格最齐全的无机热控材料研发平台。回顾团队承担的历次任务，也能窥见我国航天发展的伟大征程。

2003 年，我国第一位航天员杨利伟搭乘神舟五号顺利返回地球。其中，热控涂层团队研制的防烧蚀污染涂层，成功解决了烧蚀材料污染飞船舷窗、阻挡航天员视线的难题。迄今，为历次载人



团队成员正在进行喷涂操作。宋力昕(右)和团队成员。上海硅酸盐所供图

航天工程任务，团队共研制了 12 种涂层与材料。

2020 年，北斗三号全球卫星导航系统正式开通。热控涂层团队为北斗导航系统 55 颗卫星提供了姿控发动机热防护涂层、新型低比阻防静电无机热控涂层、低辐射金热控涂层等 9 种关键涂层与材料。

2024 年，嫦娥六号实现月球背面采样返回。针对嫦娥六号的不同部位，热控涂层团队量身定制了多种“高端私服”，确保各类仪器设备在极端环境中能够正常运转。此前，团队研制的涂层与材料参与了我国探月工程“绕、落、回”三步走战略的每一步。

在深空探测任务中，2025 年发射的天问二号备受瞩目。热控涂层团队研制的多种型号二次表面镜和薄膜、光亮阳极氧化热控涂层、微弧氧化热控涂层、姿控发动机热防护涂层等，跟随探测器一同执行深空探测任务。

事实上，这些工作仅仅是团队几十年间完成的部分“代表作”。在我国发射的各类航天器上，几乎都有他们研制的无机热控涂层和材料。仅过去 5 年，团队就承担了千余项涂层研制任务，保障了 300 余颗航天器圆满完成任务。

在涂层领域深耕，意味着选择了一条极不起眼的道路。“团队成员常把自己比作一颗螺丝钉。对于航天器而言，螺丝钉虽小，一旦松动就可能带来巨大隐患；而在整个宏大系统中，它又是那样不引人注目。”上海硅酸盐所党委书记王东说，这正是一种“进窄门、走远路、见微光”的科研坚守。

韧性可靠，百分百合格率

在新闻报道中，人们几乎不会关注到航天器最外层的那层“漆”。同样，这支广泛参与我国航天任务的团队，也很少被大众听说，往往湮没在总结材

料的“等”中。而一旦航天器出现问题，大家又会首先想到涂层——这是与外界环境直接交锋的“防护盾”。

“热控涂层是一个相对小众的研究方向。”上海硅酸盐所研究员于云介绍，它需要结合航天器系统需求，应用场景相对单一，不容易形成规模化市场，同时技术门槛高，需要针对不同使用场景持续创新。

涂层需求日益多元化、并行处理多项任务、项目节点要求严格……这几乎是团队的工作常态。但他们从未因“赶时间”而降低要求，而是以匠心“雕琢”每一件产品，至今保持着交付产品百分百合格率的纪录。

“我们从原材料开始，每一步都进行了严格把控。倘若制备过程中某个步骤测试后不合格，就直接判定为不合格品，绝不允许进入下一环节。”上海硅酸盐所正高级工程师孟佳告诉《中国科学报》。

他们也遇到过系统归零问题。在航天系统中，归零是指发生质量问题时，对技术和管理进行全面排查，确保从源头上找到问题产生的原因、机理，并采取有效措施防止问题重复发生。一旦触发归零，团队本着严谨、求实的工作作风，积极配合用户按照“故障原因-问题复现-解决方案-举一反三”等全流程系统开展工作，并提供各类详实的生产记录和质量报告——报告的时间跨度甚至达十余年。

这些详细的记录赢得了用户信任，也证明了热控涂层团队“出品必属精品”。

值得一提的是，团队从不满足于“吃老本”。身为“国家队”，他们始终以国家需求为导向，在工程任务中挖掘科学问题，再以材料和技术创新给工程任务予以反馈。

对于航天器设计单位的新需求，热控涂层团队有能力给出创新解决方案，并将之转化为落地可用的产品；面

对突发状况，团队也能够迅速响应，第一时间给出解决方案，加班加点保证任务完成。

正如团队研制的材料能够在太空极端环境下长期稳定工作，团队自身所展现的严谨、创新和担当，构成了同样经得起考验的韧性底色。这种韧性，使得团队在面对不确定性时保持定力，在面对节点压力时守住原则，最终以“百分百合格率”，铸就航天器最外层的“防护盾”。

开放协同，从“配套”到参与设计

在航天工程体系中，涂层从来不是孤立存在的，必须与航天器的结构、材料体系、热控方案、制造工艺紧密耦合。作为一个偏工程应用的团队，热控涂层团队在长期工程实践中，始终秉持建制化攻关、开放协同的理念。

一方面，团队内部实行“大组套小组”的建制化管理模式，根据不同工艺路线和研究方向划分为多个小组。在这种模式下，各小组既能围绕具体问题独立作战，保持创新活力，不断拓宽热控涂层的应用方向，又能构筑牢固“后盾”，在重大型号任务中迅速集结力量，形成整体合力。

另一方面，团队积极融入航天工程总体中，与上下游单位建立了良好的长期合作关系。他们习惯于从全局视角出发，能够主动跳出舒适区，提前完成各项前置工作，满足项目节点需求。“在一个技术链中，每一个环节都很重要，上游或者下游出现了问题，可能就意味着整个链条断裂了。”宋力昕表示，“当我们的合作者遇到困难时，我们也会想办法协调，确保完成国家交给我们的任务。”

正是在一次次并肩作战中，热控涂层团队积累了良好的口碑——团队不仅能做大事，而且专业尽责、值得信赖。正因如此，在新一代载人飞船工程中，团队的参与度进一步提高。

基于雄厚的基础积累和敢于创新的精神，在国家其他重大工程任务中，团队设计并研制了兼具防隔热和优异光学性能的光学窗口、温度超过 1600°C 的新型轻质耐高温多层隔热材料、寿命超过 15 年的抗原子氧涂层等新型涂层与组件。这意味着他们不再仅仅作为“配套”提供涂层材料，还可以深度参与型号分系统重要材料的设计，助力涂层材料在航天器中发挥更优性能。(下转第 2 版)



科学家揭示海南长臂猿种群恢复遗传机制

本报讯(记者王兆昱)近日，中国科学院动物研究所研究员詹祥江团队与国内外科研机构合作，围绕海南长臂猿粪便样本建立了一套严格的技术流程，对样本采集、宿主 DNA 富集、基因组数据产生和质量检测进行了系统设计，并在此基础上系统揭示了海南长臂猿种群恢复的遗传基础。相关论文在线发表于《科学进展》。

海南长臂猿被列为国家一级重点保护野生动物，种群数量曾于 2003 年跌至

谷底，仅剩 13 只、两个家庭群。经多方持续保护，其数量至 2024 年已恢复至 42 只、7 个家庭群。基于该研究获得的粪便基因组数据，研究人员发现，海南长臂猿种群能够从极端低谷中逐步恢复，不仅源于近几十年的保护投入，还与其进化历史中积累的“遗传遗产”密切相关。

在较早的进化时期，海南长臂猿曾经历过一次千年尺度的种群回升，这一过程在遗传层面缓冲了更早之前与末次冰期相关的种群瓶颈带来的不利影响

，使其保留下相对丰富的遗传变异。与此同时，海南长臂猿基因组中存在高水平的局部重组，有助于减少有害突变积累、降低遗传负荷，并维持对生存有利的功能性遗传变异。这两方面特点可能在近期种群低谷时共同帮助了海南长臂猿，缓冲了种群所带来的负面遗传效应，为其长期存续奠定了基础。

在该研究中，科学家首次发现，现今海南长臂猿种群存在两个来源不同、历史久远的遗传支系。来自这两个支系的长臂

猿个体已在自然状态下发生杂交。模型模拟显示，这种杂交方式可以减少近亲繁殖的影响，使后代拥有更丰富的遗传组合，从而提高整个种群增长的潜力，并显著降低未来走向灭绝的风险。

该研究阐明了海南长臂猿种群恢复的遗传基础，凸显了在濒危物种保护中理解种群历史、基因组特征、行为生态等多方面信息的重要性。

相关论文信息：<https://doi.org/10.1126/sciadv.adw3298>

新型有机锂电池可在极端温度下正常工作

本报讯(通讯员梁绍楠 记者陈彬)天津大学教授许运华团队联合华南理工大学教授黄飞团队等，成功研制出一种新型有机正极材料，突破了传统有机锂电池“电量低”“难以实用化”等关键瓶颈。近日，相关研究成果发表于《自然》。

目前，主流锂电池正极材料大多使用钴、镍等无机矿物，这类材料面临资源、成本、安全及柔性不足等多重挑战。相比之下，有机电极材料取材广泛，其分子可灵活设计且自身柔韧，被视为极具潜力的“绿色电池新星”。然而，这类

材料一直难以兼顾高容量与大负载，导致制成的电池往往“电量”不足或充电缓慢，严重阻碍其实用化进程。

为解决这一困境，研究团队在新型 n 型导电聚合物材料聚苯并二咪唑二酮(PBFDQ)基础上，系统调控材料中电子与锂离子的协同传输效率，成功研制出一种兼具优异电子导电性、锂离子快速传输能力和高储能容量的有机正极材料。

基于这一材料，团队制备出一款能量密度超过 250 瓦时/公斤的有机

软包电池，这一数值已超越目前广泛使用的磷酸铁锂电池。同时，该电池展现出卓越的温度适应能力，不仅能够工作在-70°C 到 80°C 的极端温度下正常工作，还兼具良好的柔韧性与安全性，为未来电池设定了高性能与高安全兼顾的新标准。

实验表明，其电极在弯折、拉伸甚至外力挤压后仍保持完好，且电池容量不减。团队研制的安时级测试包电池成功通过了严格的针刺安全测试，在充放电过程中不变形。安全性得到验证，标

志着有机锂电池从实验室向实际应用迈出了关键一步。

“这项工作突破了电池技术的资源与环境约束，不仅实现了可与商用电池媲美的高能量密度，更兼顾了安全性能和极宽的温度适应性。”许运华表示，该成果为未来开发绿色电池奠定了关键材料基础，其柔性特质也为柔性电子、可穿戴设备等领域提供了全新的储能解决方案。

相关论文信息：<https://doi.org/10.1038/s41586-026-10174-7>

数十名研究人员将从美国迁往法国搞科研



本报讯 法国近日宣布，将向 46 名科学家提供资助，他们此前几乎都在美国机构任职。这是“选择法国科研”计划的一部分，该计划以“更大的学术自由”为承诺，招募外国研究人员来法工作。

据《自然》报道，法国国家科研署于去年 4 月启动该计划，投入经费超 3000 万欧元。

“选择法国科研”计划的 46 名受聘研究员中，有 41 人将从美国迁至法国，其中 8 人此前在美国哥伦比亚大学工作。去年，该校数亿美元研究经费被特朗普政府削减、冻结。

在特朗普政府的政策下，美国研究人员经历了经费削减、科学资助机构重组及联邦政府对大学控制增强等一系列变化。去年宣布“选择法国

科研”计划时，时任法国国民教育、高等教育和科研部部长 Elisabeth Borne 表示，“全球范围内科学与研究面临史无前例的威胁”，法国将为研究人员提供“庇护”。

“该计划招募的美国研究人员比例如此高，表明美国研究人员的科研热情和士气低迷。”去年 12 月于美国国立卫生研究院退休的 Sharon Milgram 说。

“选择法国科研”计划受聘研究员中，大部分从事气候、生物多样性与可持续社会领域的研究。近一半的受聘者将前往巴黎及周边地区的高等教育机构，另有 12 人将前往法国艾克斯-马赛大学。该校已启动投入约 1500 万欧元的“科学避难所”计划，这一计划是在一些美国科学家研究受阻的背景下启动的。

然而，美国高层官员对这种“人才流失”不以为意，并表示美国仍是世界上从事生物医学研究的最佳选择。(徐锐)