

从二手设备起家 他们练就纳米科技“绝活儿”

■本报记者 赵宇彤

苏州独墅湖科教创新区内，藏着一个“大家伙”——中国科学院苏州纳米技术与纳米仿生研究所（以下简称苏州纳米所）纳米加工平台。

一支 136 人的团队、超 1 万平方米的实验空间、300 余台套国际先进设备、支撑 100 余项国家重点科研任务攻关……在微纳米尺度上对芯片精雕细琢，他们练就了一手纳米科技的“绝活儿”。

“把芯片线宽精度控制在纳米级，相当于在头发丝上刻出万里长城的纹路。”近日，在接受采访时，苏州纳米所微纳加工技术创新团队负责人曾中明告诉《中国科学报》。

钱不够？二手设备也能用

2008 年，我国半导体产业出现 20 年来首次负增长。

“当时国外的芯片技术发展非常迅猛，而我国面临各种难题，技术人才也严重匮乏。”团队创始人、苏州纳米所研究员张宝顺告诉《中国科学报》。他深感中国芯片产业发展必须有先进的微纳加工技术，“培养芯片高端制造的人才，支撑我国新一代信息技术的发展，并推动产业转型升级”。

如何才能实现这一目标？团队提出一个大胆的想法：建立一个微纳加工技术公共平台，使其成为技术创新和人才培养的“基地”。

说干就干。团队的想法得到苏州纳米所的支持，但要让想法变成现实，还有不少难题摆在面前。“首先就是资金。”张宝顺告诉记者，当时芯片行业发展滞缓，再加上芯片制造投入高、回报慢，不少人都对芯片行业的发展持观望态度，“要找到足够的资金非常困难”。

幸运的是，他们得到了当地政府的大力支持。“江苏省和苏州工业园区非常认可这一想法，也愿意投入前期经费。”张宝顺说，拿到首批 6000 万元的“巨款”，纳米加工平



微纳加工技术创新团队。受访者供图

台终于有了启动资金。“我们可以采购一些设备，慢慢搭建平台的‘骨架’了。”

由于半导体设备普遍昂贵，团队做了大量的前期调研工作。“我们从国外采购了一批别人淘汰的二手设备，再组织团队的工程师慢慢摸索，进行翻新。”张宝顺说。由此，他们打造了一支具有芯片制造设备维修、维护和改造能力的队伍，形成了推动纳米加工平台发展的中坚力量。

设备有了，谁来使用？张宝顺又犯了难。“当时国家缺少微纳加工技术相关人才，我们能给的工资也不高，只能去找刚毕业的年轻人，让他们在动手实践的过程中慢慢摸索。”

从 1000 到 10000

2009 年，纳米加工平台建设完成并正式对外开放，首批十余位成员承担运行工作。荣获 2025 年全国先进工作者表彰的张晓东，就是纳米加工平台的首批成员之一。

“引进人才是第一步，也是最重要的一步。”张宝顺告诉记者，“没有足够的经验，我们就用‘师傅带徒弟’的方式，从知识到技

能，手把手进行指导。”同时，团队还定期聘请专家进行指导，让大家及时、迅速地学习微纳加工领域的前沿技术。张晓东就是在师傅们的言传身教下，一边学、一边做，十余年如一日，慢慢从工艺员成长为技术骨干。

随着首批设备和成员的就位，纳米加工平台的工作有条不紊地展开。

不积跬步，无以至千里。平台首个“跬步”，就是“实现收支平衡，再扩大规模”。曾中明说，初期纳米加工平台“鲜为人知”，客户以大学老师、创业团队为主；在帮助更多客户进行技术成果转化的过程中，纳米加工平台的名声也越来越响。

后来，随着核心技术自主可控的重要性日益凸显，一些大型企业主动找到纳米加工平台。“2018 年，纳米加工平台进入快速发展阶段。一位俄罗斯专家看到我们发表的论文主动前来寻求合作，凭借过硬的技术、良好的交流和合理的规划，我们成功拿到了这个国际合作项目。”曾中明说。

目前，纳米加工平台的超净实验室从建设初期的 1000 平方米扩展到 1 万多平方米，有各类半导体工艺加工设备 300 余台套。团队每年支撑数百家高校、科研院所和企业进行科学研究与技术开发，推动相关产业增加值数十亿元。

坚持“学习和再教育”

经过十余年的培养，以张晓东为代表的年轻一代科研人员逐渐成为团队骨干，以身

作则传递“劳模工匠”精神。现在，除了“师傅带徒弟”的手把手教学外，曾中明格外强调“学习和再教育”。

“半导体制造行业，尤其是微纳加工技术发展、迭代非常迅速，如果不能在实践中学习、在工作中接受新事物，我们的工艺技术很快就会落后。”曾中明说。此外，制造设备、高端人才储备等方面仍有提升空间。比如，人才培养往往重书本能力而轻实践，导致年轻科研人员动手能力稍显薄弱。

为拓宽年轻科研人员的前沿视野，培养他们的动手能力，微纳团队坚持定期邀请专家研讨并将优秀的成员送去培训。

曾中明还希望进一步加强与相关企业的合作。“好技术不能藏在实验室里，要成为产业升级的‘催化剂’。”这也是团队始终秉持的服务理念。

十几年来，微纳加工技术创新团队从十几人壮大到百余人，超净实验室从一层楼扩展到四层楼，营收从 1000 万元增加到 1.5 亿元，50 余人次获得“全国五一劳动奖章”“中国科学院关键技术人才”“江苏省绝技绝活”等各级荣誉。

“十余年间，我们建成了国内开放程度最高、工艺能力领先、具有特色的纳米技术公共服务平台，涵盖半导体制造的多道工序，为新一代信息科技发展输送了大量高技术和高技能人才。”曾中明说，“我希望未来能进一步提升我国微纳加工技术，让纳米加工平台真正成为全国乃至全球具有重要影响力的纳米技术公共服务平台。”



2026 年度航空领域前沿科学问题难题发布

本报讯(记者高雅丽)近日,2026 中国航空科学技术大会在江苏无锡举行。大会发布了一系列航空领域具有代表性和引领性的年度成果,以及 2026 年度航空领域 10 项前沿科学问题、9 项工程技术难题和 5 项产业技术问题。

10 项前沿科学问题分别为:高机动跨声速飞行非线性气动力演化机理与控制;航空交通韧性协同管控;超声速民机声爆机理、预测与优化控制;稀有先验与多源异构服役数据下航空结构/机构系统可靠性理论及验证问题;低空风场模拟及可控飞行的理论与方法;航空发动机机理-数据融合模型的泛化机理及不确定性演化规律;极端环境下高速飞行器内部关键结构裂纹监测原理与方法;空天结构系统多功能协同的统一能量调控理论与方法;跨声速刚-弹耦合气动弹性特性与抑制策略;强不确定性飞机在线学习控制的稳定性与安全演化机理。

9 项工程技术难题分别为:航空装备受限空间灵巧臂-手自主操控方法;厚截面复合材料构件设计理论与制造工艺研究;涡桨飞机低频噪声的超材料设计及试验研究;低空飞行复杂微气象精准实时预测;航空量子 PNT 技术及应用;类脑驱动的航空融合导航技术;航空装备数字模型可信验证的计量评价;T 型尾翼跨声速颤振机理与主动抑制研究;飞机综合电磁环境适应性测试与量化评估。

5 项产业技术问题分别为:航空发动机短舱深度修理与国产替代;增材制造微缺陷精准表征及疲劳性能影响研究;面向规模运行的低空航行体系安全架构构建与验证;面向民用航空的氢燃料电池能源与电推进系统研发应用;绿色航空兆瓦级混合动力跨轴协同集成技术。

中国航空科学技术大会是中国航空学会的品牌活动,也是中国科协指导下开展“科创中国”服务团工作的重要内容。



近日,2026 年现代科技馆体系联合行动暨自然科学类博物馆系列科普活动“全国科普月”欢乐科学周在甘肃科技馆启幕。本次活动通过主题展览、创意市集、科教活动、流动科普下沉基层、多域跨界联动等多元形式,促进优秀科学文化资源共建共享,让公众在沉浸式体验中感受科学魅力。图为活动现场。 本报记者高雅丽报道 叶满山/摄

“黄山的精灵”94%时间“抱团睡”,猴王占 C 位却睡得少

■本报记者 王敏

藏酋猴是我国特有的一种猴类,为国家二级重点保护野生动物,在安徽主要分布于黄山风景区西南部,被当地老百姓称为“黄山的精灵”。

安徽大学教授李进华团队凭借自主研发的“太阳能供电 4G 星光级夜视摄像系统”,首次在自然生态环境中实现对野生藏酋猴夜间睡眠行为的连续定量观测,揭示了群体睡眠策略平衡睡眠需求与生态压力的适应机制。近日,相关成果发表于《动物行为》。

变“看不见”为“看得见、看得清”

“过去研究昼行性灵长类动物夜间行为,最直接的难题就是夜间黑暗环境造成的‘看不见’,更别说‘看得清’了。”论文第一作者、安徽大学博士生杨佩佩坦言。

虽然此前已有多种技术用于动物夜间观察,但均存在一定局限。例如,手电筒、夜视仪虽能在一定程度上观察,但人员接近和光源会干扰动物的自然行为;红外相机需要动物进入特定拍摄范围,难以完整呈现行为过程;卫星项圈可以提供动物位置等信息,却无法识别复杂的社会行为类型。

针对技术瓶颈,研究团队联合相关企业研发了太阳能供电的 4G 星光级夜视摄像设备,无需额外辅助光源即可获得清晰的夜间影像。设备支持 4G 网络连接和远程生控,尤其适应野外复杂的环境。内置的移动侦测功能可在猴群进入监控区域时,将拍摄画面实时传输至终端。

技术落地绝非坦途。首先是人员安全问题。“秋冬季节,藏酋猴偏爱在悬崖峭壁夜宿,设备安装和维护具有一定风险。”杨佩佩回忆说。更大的挑战来自猴群,一些猴子对设备表现出强烈的好奇,经常会破坏摄像机,造成通信中断。此外,黄山秋冬多阴雨天气,太阳能充电效率大幅下降,难以保证设备整夜连续运行。

团队通过调整设备位置、隐藏天线等方式,尽量降低设备被破坏的概率。同时,他们为设备增设外接电源作为补充和备用,对电源线、电池及接口加大保护,以减少猴群拉扯或啃咬造成的损坏。

杨佩佩表示,夜间个体识别并不是只依靠某一帧夜视画面,而是建立在长期的白天观察和个体资料积累基础之上。“白天,我们能够识别每个个体,熟悉其体形、面部、毛色等身体特征;夜间,则综合这些特征对个体身份进行判断。此外,我们还会结合个体的性别、年龄、社会关系和行为特点进行辅助识别。”

寒夜里的“权力游戏”

依托完整的夜间监测数据,研究团队首次系统揭示了藏酋猴睡眠的三大独特规律。

一是冬季藏酋猴表现出高度社会化的睡眠模式,群体在约 94%的睡眠时间里采取抱团睡眠的方式。二是随着夜间温度降低,猴群倾向更大规模、更紧密地抱团;同时,群体表现出明显的双相睡眠模式,午夜前后保持长时间的觉醒并发生更高频次的抱团行

为。三是寒冷条件下,高顺位个体更倾向于占据保温效果较好的抱团中心位置;环境温暖时,多选择边缘位置。年轻个体也更倾向于占据抱团中心,而老年个体更多靠近抱团边缘。

“藏酋猴是恒温动物,在寒冷环境中需要维持相对稳定的体温,所以个体通过抱团相互提供热量。”杨佩佩解释道,“此外,猴群中每只猴子都有等级,而第一顺位个体就是俗称的猴王,自然在寒冷夜晚优先占据有利于保暖的抱团中心位置。”

然而,这份“福利”代价高昂——高顺位个体的睡眠时间反而更短。杨佩佩介绍,当猴群集中在有限睡眠场所时,个体间距骤减,社会紧张感加剧。处于中心的高顺位个体需要通过加强社会联系维持稳定的抱团结构,确保自己获得相应的抱团热量。与此同时,它自身也会受到更多社会干扰,从而增加睡眠损失。

“从这个意义上说,抱团中的高顺位意味着具有权力带来的资源优势,也意味着须承担维持群体关系和抱团稳定的社会成本。”杨佩佩总结道。

“年轻个体占据中心,老年个体位于边缘”——这似乎与人们惯常理解的“尊老”不同。杨佩佩解释,这反映了不同年龄个体在保温需求和睡眠舒适度之间的权衡。年轻个体具有较高的发育性睡眠需求,同时在野外也面临更高的被捕食风险,因此更倾向于进入抱团中心,获得最高热量和群体庇护。而老年个体睡眠质量较差、易受干扰,因此多选择在边缘位置——一侧依靠岩壁获得支

撑,另一侧仍可以与其他个体保持身体接触获得热量。

同时,“午夜觉醒”并不意味着藏酋猴整夜睡眠质量较差。前半夜温度较高时,猴群以小规模抱团最小化社会压力;后半夜温度骤降时,猴群以大规模抱团提高热效益,进而维持睡眠质量。这种双相睡眠模式与早期人类具有一定可比性,反映了地面睡眠面临的温度变化、捕食风险和社会环境压力。

将建立更完整的昼夜行为联系

团队更长远的目标是将夜间行为研究与长期积累的昼间行为资料结合起来,从完整的 24 小时活动周期乃至个体生活史角度理解野生灵长类的行为适应。

“我们不仅关注动物夜间行为,还希望进一步回答白天的社会关系是否影响夜间行为,夜间活动又是否影响第二天的社会交往、觅食和个体状态等问题,从而建立更加完整的昼夜行为联系。”杨佩佩说。

在技术层面,团队研发的监测设备不仅应用于藏酋猴研究,也正在通过与德国马克斯·普朗克动物行为研究所的合作,应用于野生狒狒的夜间行为研究。杨佩佩表示,这表明该方法具有跨物种、跨区域应用的潜力。“未来,可以将其进一步拓展至其他灵长类以及大熊猫、东北虎等野生动物,为过去较难实现连续观察和个体识别的夜间行为研究提供新的技术条件。”

相关论文信息: <https://doi.org/10.1016/j.anbehav.2026.123659>

发现·进展

中国科学技术大学等

量子安全定位 对目标位置进行可信验证

本报讯(记者王敏)中国科学技术大学郭光灿院士团队的韩正甫、陈巍、银振强、王双等与广东工业大学秦玉文、付松年团队合作,结合量子力学基本原理与相对论时空约束,实现了具有可证明安全性的量子安全定位,可对目标位置进行可信验证,为保障现代信息体系中的位置信息安全提供了新的技术途径。近日,相关研究成果在线发表于《自然-物理学》。

对目标的真实位置进行可靠验证,不仅能使定位系统确定目标“在哪里”,还可以判断其位置是否真实可信,从而赋予位置信息以身份认证和安全凭证等新功能。然而,这一安全能力在经典技术框架下已被证明无法实现,攻击者可通过复制、转发经典验证信息以及协同响应等方式伪造自身位置。

基于量子信息的安全定位为可信的位置验证开辟了一条全新的技术路径。量子信息遵循不可克隆等量子物理原理,结合相对论时空约束,可实现具有信息论安全性的位置验证。但这一方案对传输损耗、系统误码和响应延迟等提出了极为严苛的要求,长期以来一直未能得到实验实现。

研究团队发展了面向实际实验条件的量子安全定位理论协议,并在此基础上首次实现了完整的实验验证。他们首先设计了基于弱相干态的安全协议,显著提升了实际系统的损耗容忍能力。针对量子态制备中的误码问题,他们进一步设计了基于微组装环分器的 Sagnac 量子态制备方案,将量子比特误码率降低至 0.27%。为进一步降低延迟,团队发展了多波长强度编码、空芯光纤低时延传输和高速随机逻辑函数处理等关键技术,将系统整体延迟压缩至百纳秒量级,实现了优于 75 米的定位精度,达到单栋建筑物的空间尺度。

实验结果验证了量子安全定位在现实条件下的可行性,并展现出面向实际应用的性能潜力。

相关论文信息: <https://doi.org/10.1038/s41567-026-03439-5>

西南联合研究生院等

太阳能电池实现 10 米海深处稳定运行

本报讯(记者冯丽妃)西南联合研究生院/云南大学研究员张文华与合作者开发了一种水下太阳能电池。该电池可在南海 10 米海深处正常运行,水下工作两小时产生了 324 兆瓦时的电能,足以给锂离子电池充电;若持续置于 10 米水深的环境中,其运行寿命约 5.5 年。近日,相关研究成果发表于《焦耳》。

由于阳光在水下短距离内就会迅速衰减,研究人员一直难以在海底收集太阳能。为攻克这一难题,张文华团队首先开发了一套定制化的实验室系统,配备定制的光学滤光片,以模拟不同水深下的光照条件。

研究人员开发的高效宽能带隙浸没式太阳能电池能够吸收从蓝光到橙光的光谱。将电池在充满氮气的手套箱中储存 300 天后,其效率仍保留了初始值的约 96%。此外,在模拟 10 米水深条件下运行 1160 小时后,电池几乎未出现性能衰减,表明其在水下具有卓越的耐久性。

接下来,研究团队将太阳能电池与水下机器人集成,并部署在南海涠洲岛附近 10 米海深处,以测试其实际应用性能。张文华表示,这些电池展现了“卓越”的长期运行稳定性。

研究表明,水下太阳能电池有望为水下传感器、摄像头和通信系统提供动力。目前,研究团队已将小型实验室电池扩展至大型组件,通过实验室研究与现场实验为水下光伏系统的运行提供了有力证据。

相关论文信息: <http://doi.org/10.1016/j.joule.2026.102672>

华东理工大学

不同糖苷键结构影响 肠道菌群演替与代谢

本报讯(记者江庆龄)华东理工大学教授赵黎明团队揭示了不同糖苷键结构与肠道微生物选择性响应、菌群演替及代谢差异之间的关联,并基于糖苷键特异性微生物响应者构建合成微生物群落,为理解膳食糖链结构如何影响肠道微生物选择性利用和群落演替提供了新证据,也为后续从结构特征出发进行功能寡糖设计和肠道微生态调控研究提供了参考。相关研究成果近日发表于《先进科学》。

功能寡糖是调控肠道微生态的重要膳食活性成分,其生物学效应与单糖组成、聚合度及糖苷键类型密切相关。不同寡糖能够形成差异化的菌群结构和代谢表型,但天然寡糖通常同时存在多种结构差异,难以单独解析糖苷键结构在其中发挥的作用。同时,肠道微生物对底物的利用是一个连续变化的过程,部分菌群可能在早期率先响应并启动底物利用,随后又因群落竞争或代谢交叉作用而下降,仅依赖终点相对丰度容易遗漏部分早期响应者。

研究团队选取了 5 种均由两个葡萄糖单元组成的二糖,它们具有相同的单糖组成和聚合度,主要区别在于糖苷键的构型和连接位置。体外厌氧发酵结果显示,不同糖苷键葡萄糖二糖可引发不同的菌群演替过程。与菌群变化相对应,不同糖苷键葡萄糖二糖也形成了不同的短链脂肪酸代谢特征,其中龙胆二糖更有利于乙酸积累,纤维二糖组丁酸积累最为明显。

研究团队进一步利用绝对丰度时间序列构建贝叶斯 gLV 模型,从菌群自身生长、种间相互作用和底物响应等因素中识别出具有统计学支持的糖苷键特异性微生物响应者。系列研究结果显示,代表性响应菌能够通过直接利用相应二糖,且不同响应菌表达了与对应糖苷键相匹配的底物识别、转运和水解蛋白。

相关论文信息: <https://doi.org/10.1002/adv.77488>