

香山科学会议关注新能源产业下半场：

# “新三样”固废如何走好“最后一公里”

■本报记者 赵宇彤

30.4%，这是2025年清洁能源消费量在能源消费总量中的占比，包含天然气、水电、核电、风电、太阳能发电等。

“在全球气候变化与资源约束的双重压力下，以低碳化、减少化石能源依赖为核心特征的新一轮能源转型正在加速推进。”近日，中国科学院院士邢锋在第802次香山科学会议上表示。

然而，新能源体系并非“无废体系”，其运行依赖大规模材料投入与周期性装备更新。随着我国新能源产业的持续推进，一个更加棘手的难题浮出水面——如何挖掘新能源固废这座“矿山”，实现高效循环、变废为宝。

## 能源绿色发展的“最后一公里”

新能源固废处理与再利用，被视作能源绿色发展发展的“最后一公里”。

“当新能源产业从增量扩张阶段进入存量更新阶段，设备退役带来的固废问题将集中释放，并逐步形成系统性约束。”邢锋表示。其中，电动汽车动力电池、太阳能光伏板、风力发电机等“新三样”更是重中之重，已进入规模化释放阶段。

以风电产业为例，在“双碳”目标驱动下，预计2030年全球每年新增装机容量将达到194吉瓦(GW)。“风机设计寿命为20至25年，预计2030年全球每年退役叶片复合材料将超100万吨。”中国科学院院士王玉忠指出，“退役叶片的高值化回收利用迫在眉睫。”

然而，目前废弃叶片的处置方式以直接丢弃、填埋、焚烧为主，存在资源浪费与环境污染的双重风险。

“退役新能源器件具有资源与污染二重性。”对此，中国科学院院士陈勇补充道，一方面，若处置不当，会释放有毒有害物质，造成水土污染；另一方面，退役新能源器件富含的锂、钴、镍等战略矿产资源，对外依存度均超75%。

## “全民阅读活动周·科学家精神故事会”举行

本报讯(记者高雅丽)近日，“全民阅读活动周·科学家精神故事会”暨科学家精神主题丛书发布活动在京举行。“科学家精神出版工程”主题丛书首批推出的50种图书总字数超过600万字，是近年来国内体量较大、体系较完整的科学家精神主题出版成果。

丛书内容涵盖六大学科领域，包括医药卫生领域的《肖培根传》《胡亚文传》等，信息技术与工程领域的《张钹传》《王守觉传》等，基础科学领域的《於崇文传》《徐如人传》等，农业与环境领域的《曾德超传》《林浩然传》等，材料与资源领域的《钟群鹏传》《裴荣富传》等，以及中国古代科学家领域的《观天测地——张衡传》《辨药归经——李时珍传》等。

会上，本套丛书科学家代表、作者、编辑、读者等围绕“心有家国，逐光而行”主题进行了对话和分享。

活动还介绍了“科学家学术成长资料采集工程”成果。截至目前，已启动约750位科学家的学术成长资料采集工作，获得实物原件资料17.2万件、数字化资料48.9万件、视频资料54.2万分钟、音频资料63.9万分钟，为科学家博物馆建设、科学家传记编写奠定了坚实基础。

据了解，中国科协将启动“旗舰领航·科海泛舟”系列主题活动，其线上线下活动共计30场，覆盖全国11个省份14座城市，通过“阅读+讲述+实践”，将弘扬科学家精神有机融入全民阅读推广活动。

## 毫秒预警 + 跨视角锁定，他们在空地协同中取得突破

■本报记者 李媛 通讯员 王翠萍

近日，西北工业大学人工智能学院教授许悦雷团队自主研发的空地协同感知系统，在不同领域复杂环境中经受住了严苛考验。该系统集“敏锐视觉”与“智慧大脑”于一体，兼具高空俯瞰与地面洞察能力，可实现毫秒级主动预警与风险防控。

这一成果标志着团队在智能感知领域的研究取得了突破性进展，为提升无人系统应用效能提供了强有力的技术支持。

### 云端：让每一个目标都无处遁形

在执行侦察任务中，无人机就像翱翔云端的“苍鹰”。然而，从数百米高空俯瞰，地面目标往往微若尘埃，画面模糊、特征极弱。一旦目标遁入树林、躲进暗巷，传统跟踪系统便极易因“看不清、追不准、认不出”而“掉链子”。

目标太小看不清、轨迹弯绕追不准、消失再现认不出……团队针对这三道“坎”逐一攻克。

他们设计了一套智能聚焦机制，如同给系统配了一副能自动对焦、滤霾的“神奇眼镜”，即便天气恶劣、图像模糊，也能清晰还原目标轮廓与细节。同时，通过轻量化优化，确保在无人机机载设备上实时处理复杂轨迹，实现追得准。

针对地面目标跟踪飘忽不定、传统“直线外推”逻辑遇上复杂路线便失效的难题，团队研发了轨迹预测模块，既能回溯目标走过的路径，又能前瞻下一步去向。“瞻前顾后”相互印

证，让预判更加精准可靠。

团队创新采用“地理定位”取代“人脸识别”。系统通过整合无人机飞行高度、全球定位系统(GPS)坐标、摄像头姿态等多种信息，将画面像素实时转化为真实地理坐标。即便在目标消失或GPS拒止环境下，系统仍能利用实景匹配与轨迹推算锁定位置。当目标重新出现，系统综合位置、运动习惯、行走姿态等线索立刻“对上号”。

为验证系统效果，团队自主建立了涵盖城市、山区、沙漠等多种地形的无人视频数据集，覆盖低、中、高空等多种飞行高度，全面检验系统可靠性。

团队依托该技术获得多个国家级创新比赛第一名和一等奖，核心模块在多个有/无人机部署应用。同时，团队已与相关一线部门展开合作开发，持续深化推进。

### 亟须系统突破

“当前，新能源固废循环利用整体上仍停留在以资源回收为导向的初级阶段，普遍面临‘低值化利用’的路径锁定。”邢锋强调，根本原因是一系列基础科学问题尚未实现系统突破。

如何在复杂多组分体系中高效拆解、精准分离、高纯再生，背后是一套尚未建立的物理化学规律体系。

首先，新能源装备在设计之初主要以服役性能为导向，内部呈现多材料、多界面、多尺度耦合的特征，而在长期服役过程中，经过热、力、电、化学环境的共同作用，微观结构持续演化，显著提高了解构难度。

“新能源固废普遍由多种材料高度耦合构成，界面结合强度高、组分分布复杂，传统依赖机械破碎或者高温处理方法，难以实现选择性分离。”邢锋指出，传统方法不仅导致资源损失与能耗增加，而且分离过程难以兼顾效率、选择性与环境友好性。

同时，新能源固废的现有回收路径多以

“降级利用”为主，即将高性能材料转化为低价值产品。例如，退役光伏板经多道工序提纯后，将再生原料“降级”应用于有色金属、建材、化工等行业。

“这难以实现资源价值的‘等值甚至增值再生’。”邢锋认为，“新能源固废循环利用的关键不在于回收规模本身，而在于再生过程的质量与价值水平。”

然而，要实现这一目标，需要在原子与分子尺度上对材料结构进行修复与重构，使其重新具备甚至超越原有性能。

“这一过程涉及界面缺陷调控、相结构重构、能量状态调节等一系列复杂问题。”邢锋说，但目前相关过程的热力学边界、动力学路径、结构稳定性机制均尚不明确，导致高值化利用路径难以规模化推广。

在邢锋看来，循环利用的环境价值不仅取决于回收率，更取决于全过程碳排放水平。

“目前不同技术路径之间缺乏统一的碳足迹核算方法，难以对其真实减排效益进行科学比较。”邢锋认为，这不仅需要实现物质闭环，更需要实现数据闭环，将碳排放与资源流动信息转化为可计量、可核查的关键数据资产。

因此，面对新能源固废循环利用的多重约束，无法依靠单一技术解决。“必须构建覆盖‘设计-制造-使用-回收’的全链条重构路径，推动循环利用由‘末端治理’向‘系统设计’转变，由‘资源回收’向‘价值重构’升级。”邢锋说。

### 技术助力“变废为宝”

“人工智能(AI)与循环利用深度融合是破解这一难题的核心解决方案。”陈勇表示。

具体而言，依托物联网、大数据、区块链，可以实现风险监控、产量预测、回收路线优化等智能化管理。“引入区块链与物联网技术，建立从设备退役、拆解、提纯到再利用的‘全生命

周期可信数据空间’，保障材料溯源与碳足迹认证的透明性。”邢锋说。

此外，AI赋能机器识别、智能拆解技术，可以有效提升稀有金属、高分子材料回收效率与高值再生水平。例如，在拆解与分选环节，加快发展智能化与自动化技术，通过多源信息感知与算法优化，能实现退役产品的快速识别与安全分级处理。

“同时，AI助力构建全流程污染物协同控制、资源-能源-环境-经济多维评价与智能调控体系。”陈勇指出，这有助于实时打通物质流、能量流、价值流与信息流，实现降本增效与污染防控的双重目标。

“通过建立产品级唯一标识，实现材料流动与碳排放的全过程追踪，并结合数字孪生等技术手段，对回收过程进行动态优化与决策支持。”邢锋指出，这既需要关键技术的单点突破，又应走向协同集成。

因此，放眼未来，还应当布局一批具有颠覆潜力的前沿技术，以实现循环利用的根本性突破。

“绿色溶剂体系与生物冶金技术为替代传统高污染化学过程提供了新的可能。”邢锋举例称，同时，针对难处理的复合材料等，应开发针对特定化学键的催化体系，实现材料结构的精准解离。

“总而言之，通过调控物质转化路径，实现从‘强力破坏’到‘精准调控’的转变。这不仅是技术层面的进步，还代表着循环利用理念从‘粗放处理’向‘精细重构’的深刻演进。”邢锋强调，“最终目标不仅在于减少废弃物，还在于重构资源利用方式，实现人与自然协同发展。”

“未来全球竞争既是能源技术和制造能力的竞争，又是资源循环体系韧性和绿色循环能力的战略竞争。”中国科学院院士杜祥琬呼吁，应通过新能源固废的高质量循环利用，将环境负债转化为未来的战略资产。



4月25日，全球单机容量最大的16兆瓦漂浮式海上风电平台“三峡领航号”在广东阳江青洲海上风电场水域启动安装。这是我国首个大容量漂浮式海上风电科研示范工程的关键节点，标志着深远海风电规模化发展实质性的第一步。

“三峡领航号”是我国自主研发的单机容量最大、技术集成度最高的漂浮式海上风电机组，搭载半潜式浮式基础平台。

图为“三峡领航号”拖航保障现场。

本报记者朱汉斌报道  
黄志锋/摄

证，让预判更加精准可靠。

团队创新采用“地理定位”取代“人脸识别”。系统通过整合无人机飞行高度、全球定位系统(GPS)坐标、摄像头姿态等多种信息，将画面像素实时转化为真实地理坐标。即便在目标消失或GPS拒止环境下，系统仍能利用实景匹配与轨迹推算锁定位置。当目标重新出现，系统综合位置、运动习惯、行走姿态等线索立刻“对上号”。

为验证系统效果，团队自主建立了涵盖城市、山区、沙漠等多种地形的无人视频数据集，覆盖低、中、高空等多种飞行高度，全面检验系统可靠性。

团队依托该技术获得多个国家级创新比赛第一名和一等奖，核心模块在多个有/无人机部署应用。同时，团队已与相关一线部门展开合作开发，持续深化推进。

### 地面：让每一个角落都尽在掌握

在城市的十字路口与大型商圈，地面交通监控与低空巡逻无人机虽已广泛应用，却长期处于“各自为战”的状态。地面摄像头视角受限，高空设备则因成像差异难以与地面画面融合。即便强行整合，高昂的算力成本与上百毫秒的延迟，也往往让应急指挥错失处置良机。

如何破解这一难题？团队的答案是让高点设备与地面摄像头“说同一种语言”，从被动记录变成主动预判、提前预警。

该系统的核心创新在于摒弃传统的“外貌



复杂环境下对地目标感知场景。

西北工业大学供图

人”思路，转而采用基于空间的“靠位置对号入座”方案。这一变革有效解决了因高空与地面视角差异造成的车辆外观特征不一致难题。

通过统一空间语言，系统实现了对同一目标的跨视角精准锁定。此外，团队还专门研发了“防畸变修方案”，确保高点设备在极速机动状态下，系统依然能够保持稳定运行。

有了“统一的语言”，系统便能无缝衔接不同设备的目标信息，真正实现“全城接力、永不掉线”，无需大规模更换现有设备，通过算法与软件升级，原有普通摄像头便能“老树发新芽”，以极低成本实现智能化跃升。

区别于传统监控“只记录、不干预”的被动

模式，空地协同感知系统更像一位随时待命的“预警指挥官”，持续研判路口人流、车流动态，一旦预判潜在风险，即刻主动推送疏导建议并锁定危险区域，大幅压缩响应时间，实现风险防控“抢先一步”。

目前，团队已与交管部门达成深度合作，用新技术赋能老设备，推动智慧交通系统在更多城市场景落地应用。

从硬核技术到智慧方案，这支无人系统智能感知与认知团队始终坚守“让有用的科技真正落地”的初心持续深耕。未来，团队将继续推动更多创新成果在应急救援、智慧交通、低空安防等领域落地应用。

## 发现·进展

中国科学院亚热带农业生态研究所等

## 找到提升生猪饲料效率的“天然开关”

本报讯(记者王昊昊)中国科学院院士、中国科学院亚热带农业生态研究所研究员印遇龙团队联合湖南师范大学教授杨焕胜团队，找到可直接提升生猪饲料效率的脂质分子“天然开关”。相关成果近日发表于*iMeta Omics*。

研究团队以我国地方优良品种沙子岭猪与国外瘦肉型大白猪为研究对象开展对比试验，发现沙子岭猪的小肠总长度更短，但小肠绒毛更长，肠道消化活性更高，营养物质转运能力更强，最终整体养分消化效率与大白猪基本持平。

围绕这一特殊现象，团队开展深度机制解析，最终锁定了调控肠道发育的核心“密码”脂质代谢。研究发现，沙子岭猪肠道内油酸乙醇胺(OEA)这一脂质分子的含量显著高于大白猪，它正是调控肠道发育的“天然开关”。OEA如同肠道绒毛的“生长信号”，能精准激活细胞内的PPAR $\alpha$ 通路，通过氧化磷酸化反应为肠道干细胞提供能量，大幅提升肠道干细胞活性与增殖能力，进而推动小肠绒毛生长发育，扩大肠道养分吸收面积，从根本上提升肠道的消化吸收效率。

团队通过肠道类器官、小鼠模型和仔猪动物实验证实，抑制OEA合成或PPAR $\alpha$ 通路，肠道发育会变异；补充OEA或类似物质棕榈酰乙醇胺(PEA)，小肠绒毛长度显著增加，消化酶活力、营养转运蛋白活性提升；在饲料里添加PEA，仔猪对能量和蛋白质的消化率明显提高。

该研究首次在国际上明确脂质信号分子OEA/PEA通过PPAR $\alpha$ 通路直接调控猪肠道发育和饲料利用效率的核心机制，不仅破解了我国地方猪种肠道高效消化的适应机制，也为生猪养殖降本增效、绿色发展提供了全新解决方案。未来在饲料中添加这类天然脂质分子，可有效改善生猪肠道健康、提升养分消化效率、降低养殖饲料肉比。

相关论文信息：<https://doi.org/10.1002/imo.270078>

华南理工大学

## 研发分子骨架“编辑术”

本报讯(记者朱汉斌)近日，华南理工大学教授吴钊团队研发了一种精准编辑分子内部结构的新方法。该研究利用高张力环状中间体作为驱动单元，提出了一种高效且普适的羰基1,2-转位策略，成功解决了环戊酮等小环酮骨架编辑中长期存在的合成难题，在新药研发与精准合成领域具有广阔应用前景。相关成果发表于《自然-合成》。

羰基是决定分子性质的关键官能团之一。将羰基迁移至相邻碳原子位置即1,2-转位，可显著改变分子的几何构型、电子分布及生物活性。然而，实现羰基的1,2-转位长期以来是合成化学的一项挑战。

团队设计了一种基于环戊炔、环己炔等高张力环状中间体的分子骨架编辑策略。这些环炔因三键角度扭曲而储存了显著的环张力，类似于压缩的弹簧。通过简单的化学反应释放的张力能，可驱动羰基自动迁移至相邻位置。与已有方法相比，该策略具有多项优势：操作简便，无需复杂流程与繁琐的分离步骤；仅使用常规试剂，避免贵金属催化剂，降低了研发成本；底物适用性广，可高效实现五元环及六元环酮的羰基迁移。

团队成功对薄荷酮、诺品酮等萜类天然产物以及脱氢表雄酮等甾体化合物进行了骨架编辑，并对多种药物前体进行了结构优化，为开发更有效的药物奠定了基础。此外，团队发展出“组装+迁移”的组合技术，能够快速构建复杂的多环分子骨架。

该研究具有重要的科学意义与应用前景。在药物研发领域，该成果有望加速新药候选物的发现并降低成本；在天然产物合成方面，可高效获得结构多样的衍生物，拓展天然产物的研究与应用；在材料科学领域，有望推动具有特殊性能的新材料开发。

相关论文信息：<https://doi.org/10.1038/s44160-026-01059-8>

上海应用技术大学

## 提出“芳香-健康”双导向理念

本报讯(见习记者江庆龄 通讯员吕睿)近日，2026中国香料香精科学技术大会在江西吉水举办。会上，上海应用技术大学教授柯勤飞团队发布“芳香-健康”领域最新科研成果，并应邀作大会主旨报告。

据了解，面对人工智能(AI)时代人们对“悦己健康”的迫切需求，柯勤飞团队率先提出“芳香-健康”双导向创新理念，并构建了“EASTE”研究范式。

“‘芳香-健康’绝非简单的概念叠加，其核心在于实现感官愉悦与健康功能的协同统一。”柯勤飞表示，“‘芳香-健康’双导向是回应AI时代需求的核心理念。”“EASTE”研究范式颠覆了传统唯感官论调理念，将香气从装饰品提升为健康媒介，推动行业向“身心共养型”转型。

这一创新范式打破了传统调香仅凭经验的局限，揭示了香气分子调节情绪、改善睡眠乃至干预代谢健康的分子机制，为我国香料香精产业从传统感官体验向科学实证的健康功效跨越提供了核心科技支撑。

此外，柯勤飞团队率先搭建了中国功能性芳香植物数据库，系统收录了芳香植物资源、挥发性成分及作用靶点等关键信息，实现了三维精准检索，为全行业提供权威数据支撑。有了这套高效精准的香气分子挖掘体系，每一款功效香气都能有据可依，有靶点可依，改变了传统香气研发长期面临的“靠经验、大海捞针”困境。