

他们把“工业维生素”换成中国配方

■本报记者 孙丹宁

在山西一座煤矿的通风瓦斯排放口，甲烷浓度不足 0.75%的乏风被送入催化氧化装置。反应器内，温度计指针越过 300℃刻度，稀薄甲烷在非贵金属催化剂表面悄然“点燃”，在真实工业气流中连续坚守 1100 小时。数百公里外，贵州一套 10000 标准立方米 / 小时的含氧煤层气催化脱氧装置正满负荷运转，剧烈放热被稳稳压入安全窗口，长周期运行下床层温度与出口气组成依然平稳。

这一幕，正是中国科学院大连化学物理研究所(以下简称大连化物所)研究员王胜团队开发的新一代非贵金属整体结构燃烧催化剂实现工业示范应用的场景。该催化剂在山西、贵州两地“双点开花”，成功实现工业示范应用，验证了其在真实工况下的可靠性，也展示了其在降低成本、节约战略资源和减少污染物排放等方面的价值。

不久前，王胜获得辽宁五一劳动奖章。他感慨良多：“看到催化剂从实验室走进工厂，我特别激动。因为成果落地这件事正在被看见、被肯定。这枚奖章表彰的不只是论文和专利，更是对成果付诸实施的肯定。当前，国家最需要的正是‘把论文写在祖国大地上’的科研。所以我们下一步要做的不是守成，而是要把技术做成产业、做成标准。”

当“工业维生素”遇上“卡脖子”

催化燃烧技术，是实现含一氧化碳、挥发性有机物及甲烷废气超低排放的重要技术途径。长期以来，这项技术被铂、钯等贵金属“绑定”，根源在于贵金属催化剂表现出优良的低温活性、广谱性、热与化学稳定性，堪称催化领域的“工业维生素”。

“工业维生素”虽好，却稀缺且昂贵。我国铂族金属储量占全球比重不足 0.1%，对外依存度长期超过 90%。脆弱的供应链，带来高昂且不确定的成本。更棘手的是，贵金属“吸附适中”的优势在含硫、氯工况时反而成为致命弱点，高温水汽还会加速金属迁移与烧结，只有更换材料体系才有破局的机会。

“工业痛点不在活性，而在于成本与稳定性。”王胜这样概括团队挑战非贵金属的初衷，“过渡金属氧化物的调控空间远大于贵金属，可以通过多尺度活性位点设计，将本征活性提升至工业可用区间。我们的目标不是廉价替代品，而是苛刻工况下综合性能更优的新技术路线。”

正是基于这一判断，团队将目光投向了非贵金属氧化物体系。然而，此前非贵金属单组分的 d 带电子结构导致反应物物种吸附过强或过弱，单一氧化物无法满足要求，必须重新“设计材料”。

为此，团队围绕催化剂表界面精准调控，



10000 立方米 / 小时煤层气催化脱氧装置。
受访者供图

构建了多尺度活性位点设计与调控方法，从三个维度协同发力：调控电子结构，通过多组分复合、掺杂与缺陷工程使吸附强度适中；调控几何构型，控制位点尺寸、配位环境与暴露晶面以丰富活性位点；调控氧化物 - 氧化物相互作用，通过界面化学键合锚定活性中心、抑制水汽烧结。

“三者并非简单叠加，而是协同的关系。它们统一了非贵金属体系中‘高活性’与‘强稳定性’长期相互制约的矛盾，这也正是媲美贵金属，并在抗中毒与低温稳定性上反超的根本原因。”大连化物所副研究员宗绪鹏告诉《中国科学报》。

非贵金属催化剂设计出来后，团队几乎没有犹豫，直接就投入了工业化应用试验。“我们此前进行了一些贵金属燃烧催化剂研究，并且已经应用于数十套一氧化碳和挥发性有机物催化净化工业装置。正是这些积累，为后续非贵金属催化剂的工业化奠定了基础。”王胜说。

1100 小时背后的“沉默”

从实验室样品到工业产品，中间隔着一道看不见的鸿沟。“实验室里用化学试剂在烧杯中做出的结构，在吨级生产线上很难复刻。而且，这一步没有论文可发、没有奖项可拿，只有反复试错，但却是决定成败的‘沉默阶段’。能否扛过去，是‘做完一个课题’和‘做成一项技术’的分水岭。”王胜坦言。

2025 年，团队在大连长兴岛进行催化

放大时，就遭遇了一个“诡异”的问题。催化剂在焙烧时表面出现明火，导致高温烧结，而这一现象此前在实验室从未发生过。

“我们第一反应是干燥不充分，于是选择延长干燥时间，然而问题依旧存在。”大连化物所高级工程师杨晓野说。

经过逐一排查后，团队才发现真正原因是前驱体分解过程中，产生的有机物在高温空气氛下燃烧，从而导致出现明火。实验室样品量小，放热量少，问题就被掩盖过去。而到了吨级生产线上，放热量骤增，问题才暴露出来。“通过对样品进行热重分析，我们找到适宜的分解温度，并在该温度下维持足够长的时间，问题便迎刃而解。”王胜说。

正是这种“沉默阶段”的坚持，让催化剂最终在两个极具挑战的工业场景中经受了考验。

“我们选择山西和贵州作为工业示范，是因为这两地分别代表煤矿甲烷治理中最典型、最棘手的两类工况：一类是富氧贫甲烷，即氧气多、甲烷少，目标是氧化销毁甲烷；另一类是富甲烷贫氧，即甲烷多、氧气少，目标是催化脱氧。”王胜解释道，“两种极端条件相互补充，能够全面检验非贵金属催化剂的工业适应能力。”

新一代非贵金属整体结构燃烧催化剂分别在山西 1000 标准立方米 / 小时通风瓦斯催化氧化工业侧线试验装置和贵州 10000 标准立方米 / 小时含氧煤层气催化脱氧工业装置上实现稳定运行。在实际工况下，催化剂甲烷

无人机喂鱼：不仅“喂得准”，还“送得快”

■本报记者 沈春蕾 通讯员 张洪嘉

在浙江温州平阳县南麂岛，蔚蓝海面之上，数百口深水网箱如棋盘般散落。伴随着一阵嗡嗡，一架满载饵料的无人机腾空而起，精准飞向远处的大黄鱼养殖基地。操控无人机的是杭州电子科技大学(以下简称杭电)讲师李沛团队的成员。

作为鳌江实验室（平阳县科技创新研究院)低空低轨数智产业创新中心负责人，李沛带领团队通过技术攻关，成功实现了无人机自主投喂的示范应用。

“以前由人工将一袋袋饵料搬到辅助渔船上再出海投喂，不仅效率低下，还要受天气制约。”温州海派渔业有限公司南麂渔场负责人林端照回忆道。

“现在，无人机搭载 75 公斤饵料，仅用两个多小时就能完成对 120 万尾大黄鱼的精准投喂，不仅作业效率提升 3 倍以上，而且残饵率较传统模式大幅降低，有效削减水体污染，生态效益显著。”李沛告诉《中国科学报》。

用技术回应真问题

2023 年 12 月，李沛来到平阳县科技局挂职担任副局长。她走访调研了南麂岛多家养殖企业后发现，当地采用的人工投喂方式存在效率低、招工难、残饵污染等问题，而通信与无人机技术恰好能回应这些“真问题”。

2025 年，杭电与平阳县人民政府签署共建鳌江实验室的协议，李沛团队依托杭电通信工程学院成立鳌江实验室低空低轨数智产业创新中心，同步启动了“海牧智飞”无人机自主投喂系统的研发。很快，李沛带领团队研制出实验室原理样机。

不过，将无人机从陆地搬至海上，绝非简单的场景切换。针对海上环境复杂等特点，李沛团队攻克了三个技术难题：高盐雾环境下的设备防护、复杂海况下的稳定控制、远海通信与自主决策。

她介绍，海上高温、高湿、高盐雾对电子设备构成严峻考验，为此团队采用耐盐雾密封防护与轻量化复合材料体系，对飞控、电机等核心部件进行特殊处理，有效解决了设备易腐蚀失效的行业痛点。

南麂岛每年 7 级以上大风天气约 133 天，无人机起降平台随波浪晃动。“我们开发了抗风与自适应控制算法，使无人机能实时感知海况并自主调整姿态，确保在 7 级风以下仍能稳定作业。”李沛说。

针对深远海缺乏地面网络的困境，李沛团队依托抗电牵头头设计的“蓝碳一号”海洋卫星与边缘计算技术，结合激光雷达与人工智能避障算法，让无人机能自主感知鱼群摄食活跃度、动态调整投料节奏，实现了真正的智能化作业。

随后，李沛带领团队在实验室开展模拟仿真阶段工作。李沛介绍：“我们最初基于标准大气紊流模型进行仿真，但实地采集风场数据后发现存在明显偏差，我们给出的解决方案是将实地风场数据回注仿真系统，重新标定扰动参数。”

在海上实测阶段，李沛团队首次赴南麂岛试飞时，通信断链频次远超预期。他们排查后发现网箱区金属结构多径反射严重。“为此，我们优化了飞控断链策略，将‘立即返航’改为‘悬停等待 + 重连尝试’，增加机载存储，确保断点续传。”

今年 5 月，“海牧智飞”无人机自主投喂系统在南麂岛完成了全流程实战测试。数据显示，无人机搭载 75 公斤饵料，仅用两个多小时便完成了对 120 万尾大黄鱼的精准投喂。

不同于普通无人机系统

除了“喂得准”，“海牧智飞”无人机还能做到“送得快”。在当地政府支持下，鳌江实验室等相关团队正共同探索无人机运输新场景，有望在几分钟内，将鲜活大黄鱼从网箱送至岛上的酒店，打造一条“空中走廊”，让海鲜保持极致的鲜活度。

李沛介绍：“自主投喂项目由我们团队联合北京航空航天大学教授王景璟团队进行攻关，目前已经完成测试。活鲜运输项目由浙江海洋大学教授严小军团队开展保鲜技术方面的攻关，我们团队开展飞控平台以及运维方向的技术支持和保障工作。活鲜运输项目今年 6 月启动，还属于初期实验阶段。”

“自主投喂和活鲜运输是‘海牧智飞’无人

机系统的两个重要的自主运行项目。”李沛指出，不同于普通无人机依靠遥控执行固定航线，“海牧智飞”无人机系统融合激光雷达与人工智能避障算法，能实现从“预设航线飞行”到“感知—判断—决策—执行”的自主作业闭环。

从理论研究到实地试飞，李沛对产业场景的认知也发生了转变。“过去我关注通信速率等技术指标，现在我更关注极端环境下系统能否稳定运行、能否真正替代人工。”她说，产业需要的不是“先进展示”的技术而是“可靠管用”的产品。

在李沛看来，高校院所的科研往往追求“新”，企业的实际需求更看重“稳”。“海牧智飞”无人机系统给出的解决方案是，企业出题、高校解题、业绩答题。

企业提出的减少投喂人工依赖、残饵污染等需求，本身就是具有挑战性的科学问题，比如海上抗风控制、弱通信自主作业、鱼群状态感知等。“我们结合产业痛点，先提炼出科学问题解决痛点，再发表学术成果，而不是先做算法再找应用场景。”李沛说。

李沛还算了一笔经济账，单架次无人机可以替代 2~3 名渔工，每年每个网箱预计可节约管理成本约 5000 元，经培训即可独立操作，有效缓解用人单位招工难问题。

另外，无人机系统可以自动记录投喂量、鱼群摄食响应、水质溶解氧与氨氮等关键指标并实时回传，与卫星遥感整合形成养殖数字档案，为策略优化、病害预警、品质追溯和保险定损提供依据。

今年 3 月 25 日，全国唯一的大黄鱼品质打分标准《大黄鱼品质等级评价技术规范》开始实施，李沛团队开发的无人机系统为标准评价体系的品质分级提供了重要支撑。

让创新成果走出实验室

目前，“海牧智飞”项目已完成南麂岛全流程实战测试。但李沛指出，该项目距离规模化推广还需补齐一些关键短板。

氧化起燃温度低于 300℃；在 400℃至 420℃、每立方米催化剂每小时处理 10000 立方米气体的条件下，甲烷或氧气转化率稳定在 90%以上，已连续稳定运行 1100 小时。其催化性能可媲美传统贵金属催化剂，并在抗中毒、低温稳定性等关键指标上表现出优势。

一条“难而正确”的路

工业化试验成功后，王胜表示：“我觉得这是一条艰难却又正确的道路，它标志着催化剂从‘实验室样品’变成了‘货架产品’。”

工业装置上的 1100 小时性能验证，经受住了实验室无法再现的“三重考验”：真实的气体成分与浓度波动、频繁的开停车与负荷调整、含硫含水气流的持续冲击。在这些扰动下，该催化剂转化率始终稳定在 90%以上，充分验证了真实工况下的可靠性与寿命。

从经济效益看，改善是系统性的——贵金属元素被替代，催化剂成本不再与国际铂、钯价格挂钩，从“随行就市、不可预测”变为“取决于工艺、可控可降”。据统计，仅发挥性有机物治理领域，2026 年的贵金属燃烧催化剂市场就在 217 亿元以上。如果该非贵金属催化剂进一步拓展应用到甲烷、一氧化碳催化净化领域，每年可节省数亿元的贵金属消耗。

从环保效益看，煤炭行业占全国甲烷排放的 41%，每年风排瓦斯排放纯甲烷 150 亿立方米以上，相当于 2 亿吨二氧化碳当量。低成本非贵金属催化剂的开发，将显著促进催化净化技术在相关领域的推广应用。

更重要的是国家战略价值。我国铂族金属对外依存度超 90%，已被列为战略性矿产。从材料源头上去除铂、钯，使催化燃烧不再消耗这一“卡脖子”资源，其意义不仅在于省钱，更在于把成本决定权从国际矿业市场转移到自己的制备工艺手中。

谈到团队的下一步发展规划，王胜说：“我们将继续针对通风瓦斯与含氧煤层气等场景，验证催化剂的长周期运行性能并完成更大规模装置的工程应用。随后，我们会向石化、化工、焦化等行业的挥发性有机物治理和一氧化碳协同净化拓展，并依托已实现的规模化制备能力，推动建立低成本、高可靠性的非贵金属技术路线。”

从 2006 年博士毕业留所工作至今，20 年走来，王胜对“科技创新”的理解经历了三次转变：起初以为是“做出别人没做过的东西”；做了工业项目后变成“做出别人用得上的东西”；现在他认为是“在科学的边界和工程的可行性之间，找到真正能落地的交点”。

“做科研最幸运的事，是看到自己研发的东西真正在工厂运行，真正为企业、为国家解决了问题。”他说。



李沛(右)在实验室指导学生。
受访者供图

李沛介绍，现在示范作业已验证单机在特定场景下的可行性，但规模化推广需要建立完整的工程化体系，比如制定无人机上投喂作业规范、运维标准和安全操作规程；完成从“实验室样机”到“工业化产品”的可靠性验证，建立产品质控体系；通过第三方检测认证，减少养殖企业的使用顾虑。

虽然单网箱年节约成本约 5000 元，但李沛认为，前期设备投入、运维成本与收益分摊机制仍需厘清。比如，建立设备租赁、作业服务、数据运营等多元商业模式；引入科技金融机制，通过“科创贷 + 研发保险”为早期项目提供风险分担；测算不同养殖规模下的投资回报周期，形成可复制的经济模型。

“2025 年 12 月，我们通过平阳县保代联动政策，成功贷款 100 万元，才得以顺利开展‘海牧智飞’项目。”李沛说，“项目最终能走通，关键得益于挂职经历让我能深度理解产业语言。成果转化光靠科研人员不行，需要既能听懂企业的话，又能把需求拆解成技术问题的，还需要愿意陪跑的中试平台，更需要能容忍失败的制度环境。”

企业提出的最直接的问题是“几年能回本”。李沛在实践中发现，一项创新技术成果如果不能在中长期内形成正向的经济闭环，降本增效的收益无法覆盖投入，就很难真正走出实验室。

资讯

我国醇催化脱氢制醛技术进入工业化示范运行

本报讯(记者叶满山)近日,3万吨/年低碳醇催化脱氢制含氧化学品工业示范装置顺利完成72小时现场标定考核,一次开车成功且各项指标全面优于设计标准。其中,装置乙醇平均单程转化率达30.31%,产品乙醛平均选择性高达97.15%,两项关键指标均超额完成设计目标,充分验证了整套工艺与核心催化剂的工业化适配性与稳定性。

该示范装置由中国科学院兰州化学物理研究所(以下简称兰州化物所)联合西安科技大学、陕西润中清洁能源有限公司、北京石油化工工程公司协同完成研发、设计、建设与运行工作。该成果标志着我国自主醇催化脱氢制醛技术正式迈入工业化示范运行阶段,填补了国内相关绿色化工工艺工业化应用的关键空白。

作为此次技术突破的核心支撑,兰州化物所依托低碳催化与二氧化碳利用全国重点实验室的长期技术积累,自主研发出新型高分散铜基催化剂。长期以来,传统铜基催化剂普遍存在高温易失活、醛类产品选择性差等行业痛点,严重制约了醇脱氢制醛技术的工业化落地。此次研发的新型催化剂成功攻克上述工业应用难题,构建起低成本醇直接无氧脱氢制醛、联产高纯氢气的高效、高稳定催化转化体系,从核心材料层面实现了工艺技术的革新升级。

相较于传统醇氧化法制醛工艺,此次落地的新型催化脱氢技术具备显著的绿色低碳与经济效益优势。该技术原子利用率高、反应条件温和、工艺流程简洁,大幅减少生产过程中的三废排放,从源头实现醛类化合物制备的本征安全。同时,工艺在制备高端含氧化学品时可联产高纯度氢气,有效提升醇类碳资源综合利用效率,破解了传统化工工艺资源浪费、污染较大的痛点,为低碳醇向精细化工、新材料、生命科学等高端产业链延伸提供了核心技术支撑。

小麦新品种“南淮麦 195”转化签约

本报讯(记者李晨)日前,南京农业大学、淮安市农业科学研究所与皖垦种业在皖垦种业科创中心举行小麦新品种“南淮麦 195”合作签约仪式。

据悉,“南淮麦 195”是南京农业大学教授马正强团队和淮安市农业科学研究所研究员顾正中团队联合选育的黄淮南片国审品种,已通过生产试验,由皖垦种业独家转化推广,转让金额超400万元。该品种株高约67.8厘米,株型紧凑、矮秆大穗、抗性好,携带抗赤霉病基因Fhb1和Fhb4,产量三要素协调,兼具良好的抗病性、丰产性等品质特征。签约现场,各方代表围绕强化产学研协同、深度挖掘“南淮麦 195”的核心优势、携手推进该品种在黄淮麦区产业化落地与大规模推广进行了深入探讨。

据介绍,马正强团队长期深耕小麦抗赤霉病基因挖掘与种质创新研究。团队先后克隆了Fhb1等具有重大育种价值的原创性抗病基因,并在此基础上创制出一批优异新种质,为突破性新品种选育奠定了坚实的理论与材料基础。“南淮麦 195”是该团队从基因挖掘、新种质创制到新品种选育全链条系统布局的集中体现,也是聚焦具有重大育种价值的原创性新基因、将理论研究与应用实践有机结合的成功案例。

第七届中国新材料产业发展大会将在南京举行

本报讯(记者高雅丽)近日,记者从第七届中国新材料产业发展大会主办方获悉,第七届中国新材料产业发展大会将于11月4日至8日在江苏南京举行。本届大会由中国材料研究学会主办,旨在推动我国新材料领域“政产学研用金”协同发展,服务“材料强国”建设。

中国材料研究学会秘书长张增志表示,中国新材料产业发展大会是我国新材料领域面向产业应用的高层次交流合作平台,致力于解决新材料产业化、应用化过程中的行业共性堵点及场景落地难题。自2018年首届在南京举办以来,大会已先后在长沙、武汉、温州、桂林等地举办五届,成为国内规模最大、覆盖面最广的“政产学研用金”融合平台之一。

张增志介绍,与往届相比,本届大会呈现三大亮点:一是办会平台提档升级,大会重回南京并首次落地南京国际博览中心;二是高端智力资源集聚,预计参会规模达5000人,创南京国际博览中心历史之最;三是产研对接更加深入,设置70个分会及分论坛,聚焦关键基础材料、关键能源材料、关键信息材料、关键医用材料、关键民生材料、关键环境材料和关键安全材料七大领域,与南京产业方向高度契合。

大会内容涵盖先进基础材料、关键战略材料和前沿新材料三大领域,涉及先进玻璃、储能技术、半导体材料、人工智能材料学等细分方向。同期将举办新材料总师峰会2026、“1+10”产研对接高端沙龙、新材料好项目遴选会、第27届中国国际新材料博览会(南京)、新材料投融资论坛2026及全国新材料人才招聘会2026等系列活动,促进产业链上下游精准匹配与协同发展。

南京市贸促会副会长吴杰介绍,近年来,南京依托石化、钢铁产业深厚根基,加速创新资源集聚。2025年,全市新材料产业产值突破2500亿元,初步形成以江北新区为核心、占比超60%的“一核多点”布局。随着江北新材料中试基地首批项目入驻,南京已构建起从技术研发到中试转化的完整创新链条。