

缺钱缺设备，这支团队靠“化缘”炼出新燃料

■本报记者 廖洋 通讯员 张建鑫

2022 年初的一个冬日傍晚，在中国科学院青岛生物能源与过程研究所(以下简称青岛能源所)位于山东平度的中试基地，一套外观略显“简陋”的百吨级中试装置开始运行。色泽深褐、如茶水般浓稠的高温煤焦油在进料泵沉稳而有力的节奏中被缓缓注入，此时，令人揪心的等待开始了。

“有东西了！”黎明时分，在控制室仪表上，低压分离器的液位信号显现。经过一个通宵，青岛能源所多相催化转化研究组组长陈松团队等来了装置的首次出料。晨曦中，看着一杯泛着黄绿色亮光的液体，团队成员欣喜万分。

随后的每一次排料，颜色都在转淡。当投料 24 小时后，终于得到了清澈如水的燃料成品，陈松迅速将它倒入矿泉水瓶中分辨，外观看起来与未开封的矿泉水十分相似。

近年来，陈松带领团队通过创新加氢技术，将煤焦化副产的高温馏分油转化为煤基液体燃料。该燃料凭超高密度、超低凝点的特性，成为无人机、民用卫星等航空航天设备实现“更高、更快、更远”目标的理想动力来源。

日前，青岛能源所与河南利源集团、成都新能联工程技术公司三方合作搭建的千吨级中试评价装置，一次性开车成功，标志着此项科研成果朝着工程转化又迈出了坚实的一步。

因缺钱，四处“化缘”

煤基液体燃料是以煤炭为原料，通过化学加工转化制成的液态燃料及替代产品。煤焦化制油过程简单、成本低，焦化产生的煤焦油属于炼焦副产物，产量大且富含多环芳烃，非常适合生产低凝点液体燃料。国内煤焦油转化技术主要集中在中低温煤焦油，杂质含量高、难加工的高温煤焦油的深度转化制备燃料油技术并不成熟。

2017 年，一次偶然的机会，陈松承接了“揭榜挂帅”项目，开始研制新型燃料。他敏锐地洞察到煤焦化副产的高温馏分油的分子结构特殊性，凭借 20 余年的研究积累，仅用 1 年时间就取得了预期的成果。2018 年，他带领团队成功开发出非贵金属系列加氢催化剂和全加氢工艺。经过深度加氢精制和选择性加氢裂化，原料成功转化为清洁液体燃料。

长期以来，我国航天燃料以石油基航天煤油为主，然而石油基航天煤油存在资源稀少、来源单一的问题，无法为我国高速发展的航天工业提供保障。

“在进口燃料长期垄断高端燃料市场、价



陈松在千吨级中试装置现场。

受访者供图

格居高不下的背景下，这项技术的突破为我国提供了自主、可控、低成本的燃料选项。燃料的成本可降至同品质进口燃料的 70% 以下，同时完全满足高能密度航天燃料的要求。”陈松告诉《中国科学报》。

历时 7 年，该技术从实验室开发到百吨级、千吨级中试，完成了催化剂研发、工艺优化和产品测试阶段。

尽管手里握着实验室里验证的技术，怀里揣着测试单位“油很好”的评语，但陈松团队的工程化之路却卡在了“没钱”。

从 2018 到 2020 年，陈松团队接触了不少的机构和企业，大多数因周期太长、有风险等原因不愿“下注”。

为此，陈松东奔西走，他的出差标配是最便宜的火车卧铺。他说：“把睡觉的时间用来赶路，就能用白天的时间干活。”

“那时候，我们连工资都快发不出来了，哪还有几百万元去建中试装置？”陈松苦笑着说。在巨大的资金缺口下，他硬是靠“化缘”筹措来的经费，以及企业家朋友的帮忙，才让工程化向前走了一步。

“外表有锈、内脏扎实”

陈松的电话一直都是企业热线，来电多是咨询技术难题。无论企业规模大小，他都无偿提供技术咨询。在他心中，科研的最终归宿始终在产业。这份不求回报的真诚，也为他换来真挚的信任。

2020 年，陈松向江苏一家化工设备厂求助。“材料费我出，工人闲的时候帮我们焊一

焊？”就这么靠着讨来的人情，陈松开始了百吨级中试装置的设计建造。

陈松常说：“车到山前必有路，首先你得把车坚持开到山前。”他用多年的情谊换来设备厂的免费建造支持，带着团队开始了一场“省钱大作战”。年龄最大的团队成员、青岛能源所高级工程师任晓东当时被派驻江苏常州，以厂为家，与工厂的技术人员和工人一起，进行了长达半年多的主体设备制造。

从实验室到工程化车间，是很难跨越的距离。在高温煤焦油加氢制液体燃料技术的攻坚战中，任晓东凭借 30 多年的工程经验，打通这一关键环节。

他笑称“自己的职业生涯已进入了收官阶段”，但正是这样一位“老工程人”，扮演了“工程转化器”的角色。

面对经费紧张、市场上现有装备型号不合适等多重困难，任晓东采取“因地制宜，因陋就简，因材施教”的对策，从旧装置上拆、从回收市场上淘、从废料堆里翻，实时解决问题。

“当时最难办的是氢气压缩机的选型，市场上没有足够小排量的现成产品，若等厂家定制，不仅花费高，时间也长。”任晓东带着陈松跑到济南市场考察，选择了“气动增压器”，以 3 万多元的花销解决了 30 万元的预算难题。

“不少的仪表、电器元件、阀门管件都是网购淘来的，我们团队自己施工组装，本着节省每一块钱的原则，硬是抠出了这套装置。”任晓东说。

历经 1 年半的时间，这套“外表有锈、内脏扎实”的百吨级中试装置在精打细算中诞生了。

装置造好了，放在哪儿呢？由于装置试验材料的特殊性，安全与环保部门始终保持质疑。最终，通过青岛能源所和地方政府的协调，装置成功落户平度中试基地。

任晓东回忆说：“装置虽然简陋，但许多的电气设备及仪表还是不能任由日晒雨淋，我们的办法就是采用塑料布和遮阳网，经常是拉过来扯过去，顺着风向挡，迎着太阳遮。”

在投料前的催化剂还原过程中，装置中意外出现了腐蚀性液体。找出原因后，团队决定对装置进行冲洗。由于没有保温与伴热

条件，装置注水清洗后必须完全排空排尽，否则就会导致设备管道的冰冻堵塞或胀裂损坏。

尽管做了排净处理，在换热器内部的最低点还是出现了余水的冻结，不得已对设备的非关键部位进行了可修复性拆解。用保温毯盖，用暖风机吹，人是受了不少罪，但设备保住了。零下十几摄氏度的寒冬时节，团队坚守在露天实验基地，环境简陋，但所有人的心都牵挂着那套百吨级设备。

“通常装置需要数月来磨合，而这一次，整个过程却异常顺利——从启动到产出理想样品，仅用了一个星期。”任晓东说，他们仅做了两次实验，历时半个月，就得到了理想化的样品。

接下来就需要到外单位做产品的标定测试。团队没有时间沉浸于成功的喜悦，又开始投入设计并建造千吨级中试装置。

“一场不知终点的远征”

2022 年，陈松再次“化缘”。他找到了成都新能联工程技术公司总经理丁心悦，希望对方能帮助免费设计建造一套千吨级中试装置。多年的相处，使丁心悦十分信任陈松，也相信该技术的应用前景。他当即决定支持这套价值 3000 万元的装置。

装置落地，但扩大试验还需原料、人工、动力、场地等经费的大额支出，陈松继续在路上跑着。

2024 年下半年，陈松找到了河南利源集团董事长付玉堂。听完陈松“掏家底”的介绍，付玉堂当即拍板：“往后的所有费用，我们全力支持。”

这一刻，陈松泪目了。“从实验室到产业化，就像一场不知终点的远征。”陈松表示，支撑他走下去的是一群志同道合的伙伴。

在陈松看来，理论研究不是“闭门造车”，而是可以和科学实践相协调的。他常对团队说：“我们搞技术，要对产业化成本和企业的盈利进行考量。企业算账有自己的法则——他们不看摩尔收率，只看质量收率。你的技术再好，不能赚钱，那就是纸上谈兵。”

在陈松的信念里，技术真正的价值不止于纸面，而在于解决现实问题，在于能否在车间里落地生根、开花结果。

当同行在论文指标上竞速时，陈松却带着团队为一道道阀门、一台台泵四处奔波，青丝变白发见证了这些日日夜夜的坚守。“下一步，我们的目标就是把民用燃料的成本做成‘白菜价’。”陈松踌躇满志地说道。

硬、稳定且具备市场竞争力的解决方案。”

为行业痛点提供解决方案

为行业痛点提供解决方案

为行业痛点提供解决方案

为行业痛点提供解决方案

为行业痛点提供解决方案

为行业痛点提供解决方案

为行业痛点提供解决方案

为行业痛点提供解决方案

为行业痛点提供解决方案

为行业痛点提供解决方案

为行业痛点提供解决方案

为行业痛点提供解决方案

资讯

西北首条硅光中试线正式通线

本报讯(记者李媛)日前,陕西光电子先导院宣布其建设的 8 英寸先进硅光集成技术创新平台正式通线,成为西北地区首条硅光中试线,将为国内光子产业各类创新主体提供多种类型光电、硅光芯片的研发和中试服务。

“硅光技术是人工智能算力、智能驾驶、量子通信等前沿领域的核心支撑,正处于技术突破与应用落地的关键期,但产业发展长期受限于中试资源集中的困境。”陕西光电子先导院总经理杨军红说,全球硅光中试资源大多掌握在欧美企业手中,国内企业依托国外平台流片要支付高昂的费用,且面临流片周期长、产能优先供给受限等问题。自建产线则要巨额投入,这让中小企业和科研团队望而却步。

2023 年,陕西光电子先导院总投资 7.5 亿元启动建设 8 英寸先进硅光集成技术平台,并引入光刻、蚀刻、离子注入、介质填充、金属化等 60 多台(套)关键核心设备,构建起自主可控的先进工艺体系。

目前,陕西光电子先导院已解决 100 余家初创企业“研发难、流片难”的问题。此次硅光中试线的启用,更被视为向“高质量集群发展”迈进的关键落子——通过中试能力的完善,陕西将进一步吸引产业链上下游企业集聚,加速形成“材料—芯片—应用”的产业闭环。

“海外代工厂满足不了企业研发阶段的高度定制化需求,但在陕西进行中试,排队时间短、效率高,速度比在国外快 5 倍以上。”深圳瑞识智能科技有限公司董事长汪洋说。

“未来,平台将大幅缩短光电、硅光客户的流片周期和降低研发成本。”杨军红说,目前平台已经与十多家头部企业达成意向合作协议,并吸引了多家外地企业集聚陕西。

2025 人工智能百万奖金国际创业大赛落幕

本报讯(记者高雅丽)近日,“香港科大—东方聚智”2025 人工智能百万奖金国际创业大赛总决赛在北京落幕。在路演环节,前十强团队集中展示项目技术核心、商业模式与市场竞争力。经过激烈角逐,脉冲视觉(北京)科技有限公司获 2025 决赛冠军,奖励 21.5 万元。

本届赛事继续沿用“百万奖金投委会”机制,10 位投票委员手握 20 枚金币,每枚金币对应 5000 元奖金,现场投票决定奖金归属。北京千诀科技有限公司与深圳市灵驭科技有限公司分获亚军和季军。

在决赛现场,香港科技大学(广州)副校长李世玮作了主题为“具身智能:现实或幻想”的分享。他结合具身智能的定义、迭代、特色为在场创作者提供了前沿视角与思维启发。随后,3 位对话嘉宾分别从学术研究、资本赋能、产业应用角度,探讨了具身智能的发展现状与前沿趋势,为创业者提供了多维度的思考。

据悉,人工智能百万奖金国际创业大赛启动于 2011 年,已成功举办 14 届,先后孵化出大疆创新、云洲智能、望圣科技等众多独角兽企业,累计孵化超 1747 家初创公司。

2000 万元! 校企联手转化鱼类智能投喂系统技术

本报讯(记者李思辉 实习生侯婧怡)近日,“鱼类智能化精准投喂系统技术成果转化签约暨新产品全球发布”会议在湖北省武汉市举行。会上,华中农业大学水产学院与深圳盛亚环境技术有限公司正式签订技术成果转化协议,以 2000 万元的转化金额达成技术独占许可合作,许可期为 20 年。这标志着我国鱼类养殖智能化投喂技术从实验室走向产业化应用。

华中农业大学教授王春芳团队历经十年技术攻关,集成鱼类生物学、物联网、智能计算及自动化控制等多学科技术,构建起“感知—预测—管控”全链条智能投喂体系。该系统实现投喂过程无人化操作,通过 App 及微信小程序即可远程操控;基于多维度数据实现智能精准定量,避免过度投喂;从源头减少饲料浪费与养殖废物排放,双重助力水污染治理。

据介绍,该技术系统通过自主研发的摄食传感器、饲料需求营养模型与智能投喂装备的深度融合,可显著降低养殖成本,饲料损耗率、人工成本及水处理成本均实现有效下降,为养殖户带来实实在在的经济效益。

国内外专家认为,该技术突破了传统投喂依赖经验的瓶颈,实现从“人工判断”到“数据决策”的转变。

山东出台多项措施支持民营企业科技创新

本报讯(记者廖洋 通讯员荆培珩)日前,记者从山东省科技厅获悉,山东省委科技委印发的《关于支持民营企业科技创新的若干措施》(以下简称《若干措施》)推出 19 条举措,提升民营企业科技创新能力,因地制宜发展新质生产力,赋能民营企业高质量发展。

《若干措施》明确指出,支持民营企业加强前沿基础研究,鼓励民营企业与省自然科学基金成立联合基金,加大国家重大科研基础设施向民营企业开放力度;支持民营企业开展关键技术攻关,突破产业“卡脖子”技术难题;支持有能力的民营企业牵头承担国家重大科技攻关任务;支持民营企业建设重大创新平台,对新升级为国家级且国家没有配套资金要求的创新平台,按规定给予 1000 万元经费支持。

《若干措施》还提出,畅通民营企业创新供需对接机制,加强民营企业中试孵化能力建设;对获工业和信息化部认定的科技型中小企业孵化器,依据认定层级给予每家最高 200 万元一次性补助;鼓励民营企业牵头组建概念验证中心和科技成果转化中试基地,对服务突出的省级中试基地,年度最高补贴 200 万元;支持民营企业参与创新创业大赛,最高给予 50 万元支持。

从负 30 元到 3000 元，一场关于“风味”的探索

■本报记者 杨晨

实验室的长桌上，没有试管、烧杯和培养皿，取而代之的是果汁、洋酒、白酒……

穿过几间弥漫着发酵酸气的生物实验室，在中国科学院成都生物研究所(以下简称成都生物所)一座大楼 4 层的尽头，藏有一间由办公室改造而成的调酒屋。

在这个“风味实验室”里，成都生物所副研究员朱晓宇正在进行一项试验：将一种名为“己酸乙酯”的有机化合物作为核心风味因子，调制出口味层次更丰富的鸡尾酒——“低度酒、高度香”。

己酸乙酯，正是浓香型白酒主要香气来源，其前体物质己酸主要由以粮食为原料的生物发酵制得。历经十年技术攻关，朱晓宇所在团队进行了路径革新，从白酒酿造产生的废弃“黄水”中，高效提炼出纯净、安全且风味不减的己酸。

团队从解析机理入手，逐步驯化微生物、优化发酵工艺，最终成功构建了一个稳定、高效的己酸生物制造系统，实现了从基础研究到十吨级工业应用的完整跨越。

据估算，这项技术可将每吨处理成本约 30 元的“黄水”，转化为每吨价值超过 3000 元的己酸产品，使“环境负债”变成了“绿色资产”。

让“黑箱”变“白箱”

在粮食发酵变成酒的过程中，数以亿计的微生物会产生自己的“代谢物”。这些物质混合着水，渗入窖池底部，形成了黄褐色、黏稠的“黄水”。对于酒厂而言，黄水有机物浓度高，直接排放会造成环境负担，合规处理又增加了不少成本。

但“黄水”富含的乳酸和糖类等营养物质，是微生物“口中”的美味“食物”，也是科学家眼中的可再生资源。“我们利用生物技术，把‘黄水’中的乳酸和糖作为养料，培养出高效的己酸合成菌，并实现规模化量产。”近年来，成都生物所研究员李东团队，就做出了这项“变废为宝”且“环境友好”的新突破。

他们利用厌氧发酵工艺生产己酸。在工业生物合成中，好氧与兼性厌氧发酵易于规模化培养而成为主流，而严格厌氧菌对无氧环境要求极高，在大规模培养中面临工程控制难题，限制了其工业应用。

为突破这一瓶颈，团队采用了“菌群发酵”

技术路线。作为李东团队技术负责人之一的朱晓宇解释：“与依赖单一菌种的纯菌发酵不同，菌群发酵更适用于‘黄水’这种成分复杂的废弃物基质。”通过构建多菌共生体系，不同微生物之间形成代谢互补、功能协同的生态网络，增强了系统的适应能力与运行稳定性。

经精准调控，研究团队构建了以瘤胃球菌属为核心的高效己酸合成菌群。当对该体系的群落演替规律与代谢网络进行解析后，原本被视为“黑箱”的混菌发酵过程，也转化为机制明确、可预测调控的“白箱”系统。

在该系统中，各个菌群分工明确。己酸菌能够将“黄水”中的乳酸等有机酸高效、定向地转化为己酸。“‘上游’的乳酸菌可将未被充分利用的复杂有机物转化为乳酸；‘下游’的甲烷菌则可消耗己酸反应过程中产生的氢气，维持系统还原力平衡，推动反应持续进行。”朱晓宇说道。

这种自我维持的菌群结构，有效减少了对外部严格无氧条件的依赖，为厌氧发酵的规模化应用提供了工程可行性。

企业硬性指标倒逼科研

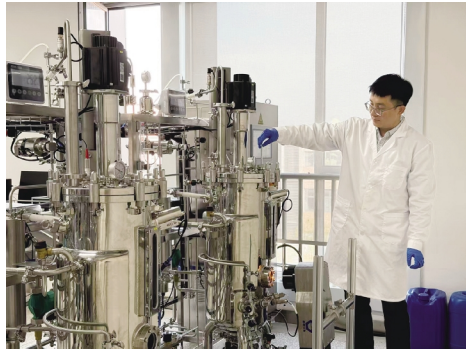
经过长达 3 年的菌群驯化，团队在实验室里成功将己酸浓度提升至 33.7 克 / 升，创造了已报道的最高纪录。

实验室的成功只是起点。己酸菌的培养在几百毫升至数升的试剂管内能够稳定进行，但发酵到 500 升中试规模，乃至 1 吨、2 吨甚至 10 吨级工业化生产，每一阶段传质传热条件、设备可靠性、染菌控制、经济性要求等方面均会发生变化，任何参数的微小偏差都可能导致生产失败。

“你从来没有一种踏实的感觉，会觉得这个系统随时就要崩掉。”朱晓宇回忆道，在驯化初期里，团队过着“像喂孩子一样”的生活。尤其从 50 升放大到 2 吨规模的阶段，团队每天监测、定时补料，要从早晨 8 点守到深夜 12 点。

补料，是为了维持这个脆弱生态系统的生命线。他们向发酵罐中持续定量加入含乳酸的培养基。一旦停止补料，菌群不仅不会“长大”，还会因“饥饿”而死亡。

“总是要人来小心翼翼地呵护是不可能实现规模化的。”从 500 升到 2 吨规模的过程中，团队开发出一整套包括菌种大规模保藏、系统快速恢复、复杂原料适应性调控在内的技术体系，从



在菌群发酵从 5 升放大到 50 升阶段，科研人员正在进行接种操作。

受访者供图

而实现稳定的工业化生产。

随着规模扩大，新问题应接不暇。有时发酵罐整整一个月毫无动静，有时顺利运行几轮后却突然“停摆”。团队不得不反复排查原因，改进工艺。

即便掌握了成熟的工艺，生产过程中也会遭遇意想不到的状况。进行 10 吨级规模的发酵时，合作的酒厂通常会先将成吨的“黄水”运至团队的培养中心，经过高效定向发酵，产出高浓度的己酸菌液，再由企业直接运回，作为启动的接种菌种。在第一次发酵中，系统环境的复杂波动导致团队投入的 2 吨菌种活性急剧下降，整个发酵进程几近停滞。

他们只得从实验室冰柜里找出仅存的一小管原始菌种，重新开始逐级发酵放大，但效果不佳。重压之下，朱晓宇在家里躺了两天，不知道该怎么继续。

在“再救一下”的坚持中，团队作出了一个反常的决定。他们将目光投向了那些被认为已经“死亡”的菌种，设计了一套独特的刺激方案，尝试激活这批“沉寂”的菌种。

令人惊喜的是，这次重启后，菌群展现出前所未有的活力，短时间内竟为企业生产了上百吨菌液。

企业的硬性指标亦是考验，例如要求 3 个月内发酵成功率高于 90%，如果达不到，合同无法签署。

“这些条件是不是太苛刻了？”成都生物所领导看到合同条款后不禁问道。但团队一致认为，达不到要求，说明没有生存下来的能力。“这种压力反过来倒逼科研人员，拿出真正过