

废弃油脂变身航空煤油

一场历时18年的“分子手术”

本报记者 孙丹宁

沿着晃动的云梯,王从新缓缓下至30米深的反应器底部,对内壁进行检查。这是项目开工以来催化剂装填前的“常规动作”,也是蓝鲸生物能源(浙江)有限公司50万吨/年工业级油脂制生物柴油及生物航煤装置开车前最关键的一次“巡检”。

随着检查的顺利完成,近50吨催化剂按计划装填至反应器中,为装置的开车奠定了基础。随后,位于浙江嘉兴工业园区的这座50万吨/年工业级装置,实现了一次开车成功。当首批合格产品从管道中奔涌而出时,现场欢呼雀跃,但王从新的第一感觉却是“松了口气”。

“当时心里更多的是担心。”王从新坦言,“那么多双眼睛盯着,压力很大。最终看到开车成功,还是非常开心的。”

这套采用了中国科学院大连化学物理研究所(以下简称大连化物所)研究员田志坚、王从新团队核心技术开发的装置,每年将处理50万吨废弃油脂,生产超过42万吨生物燃料,减排二氧化碳



50万吨/年工业级油脂制生物柴油及生物航煤装置。

受访者供图

超过120万吨。

数字背后是一场持续18年的科研长跑。“我们完成的不只是一次成果转化,更是一场关于‘耐心’的深度实验。”田志坚说。

给分子“做手术”

2007年,刚刚开启硕博连读的王从新加入导师田志坚团队。那时,国内几乎无人关注废弃油脂转化制航空煤油这一方向。“当时连‘双碳’概念都还没有。”王从新回忆道。

航空业碳排放在全球总碳排放中占比约3%。相较于地面交通可通过电能替代实现减排,飞机因载重、航程远的特性,短期内离不开高能量密度液体燃料,可持续航空燃料成为破解航空业减排难题的核心路径。而废弃油脂加氢异构路线,既能实现废油资源化利用,又能产出低碳燃料,是兼具环保价值与经济潜力的技术方向。

在2007年,上述技术方向既无成熟技术可借鉴,也无明确政策扶持。王从新告诉《中国科学报》:“当年,田老师布局这个方向,更多是基于对能源转型的前瞻判断。”

田志坚团队的核心思路围绕“加氢异构”展开——在不改变分子量的前提下,通过催化剂将直链烷烃转化为带支链的烷烃,从而大幅改善燃料的低温流动性,高收率获得目标产品。“该技术原理与高端润滑油基础油生产技术原理有相通之处,我们在这方面有一定积累。但油脂原料的碳链长度与润滑油差异很大,必须开发全新的催化体系。”田志坚说,“这相当于在熟悉的赛道上,迎接一场全新的挑战。”

研究开展后,团队面临的首个挑战竟来自油脂本身。废弃油脂通常需经工厂在前期多步骤剥离杂质才能进行实验,所以在最初实验室阶段,一般采用干净、精炼后的油脂做前期实验。然

“这是一场持续18年的科研长跑。科研团队完成的不只是一次成果转化,更是一场关于‘耐心’的深度实验。”

而,清澈的豆油、花生油进入反应器反应之后,却会在管路中凝固堵塞。为什么这些流动性很强的液体,反应后反而凝固了?这个问题困扰了团队许久。

经过反复试验与深入分析,谜底终于揭开:油脂的主要成分是甘油三酯,在加氢过程中,它会先转化为一些中间产物——饱和脂肪酸甘油酯和脂肪酸。恰恰是这一步,让团队吃了苦头。

“这就好比油脂分子在‘变身’中途卡住了。”王从新比喻道,“饱和脂肪酸甘油酯和脂肪酸的凝固点比原来的油脂高很多。如果催化剂性能不匹配,反应停滞在这一步,整个系统就会被‘冻’住。”

绘制出完整的反应路径图后,团队明确了目标:必须开发能精准驱动反应的加氢脱氧催化剂,引导油脂分子快速通过“高凝中间物”这一关口,还需要开发针对C15-C20这种中等链长混合构烷烃的高性能加氢异构催化剂,将其最终转化为低温流动性优异的支链烷烃。

“这就好比给分子做一场精细的外科手术。”王从新说,“我们的目标是在不‘切碎’分子长碳链的前提下,巧妙地将直链结构‘掰’出支链。”

最终,团队开发出性能优异的油脂加氢异构专用催化剂及成套技术。该技术可根据用户需要灵活调整工艺参数,应用于全产超低凝生物柴

油、可持续航空燃料联产超低凝生物柴油、全产可持续航空燃料三种产品方案。

从中试到工厂的惊险跳跃

技术开发完成后,现实却给了团队沉重一击。“我们一直开展这方面的研究,也与企业合作进行过小规模放大试验。”王从新回忆道,“但要进一步放大到中试和工业验证,就面临资金缺口——当时没有人愿意出资建造大型装置,来验证我们的催化剂和整套工艺。”尽管研究从未中断,团队却难以全力推进工程化跨越。

转机出现在2016年。当时,新疆克拉玛依市政府与大连化物所签署合作协议,决定3年内内在克拉玛依市建设一个中试基地,共同孵化能源领域先进技术。2019年,田志坚团队与克拉玛依依澳特种油品技术开发有限公司合作在中试基地建成了一套百吨级中试装置,最大处理量达1000吨/年,可以满足该技术的放大试验需求。然而,一旦进入技术放大阶段,诸多在实验室未曾暴露的问题就接踵而至。

“整个车间都弥漫着臭鸡蛋味。”王从新对当时中试车间的气味记忆犹新。问题出在加氢脱氧油里的有害气体分离环节——废弃油脂在加氢脱氧过程中会产生硫化氢和胺类气体。这些气体部分溶于加氢脱氧油中,若不能彻底脱除,会导致后续催化剂中毒。然而,在中试工艺放大试验中,脱除难度很难把控。

团队在现场蹲守两周,逐一调整汽提塔温度,并持续优化进料参数,最终将加氢脱氧油的硫含量降至百万分之一以下,合格的加氢脱氧油顺利进入加氢异构反应段,并经过气液分离和精密分馏,高收率产出了生物航煤和超低凝生物柴油产品。这段经历让他们获得了从实验室到工业化场景的两条宝贵经验:第一,工业化必须直面真实原料的复杂性与不确定性;第二,要对工程工艺上的跨度保持清醒认识并做好充分准备。

随着欧盟可再生能源法案的酝酿,市场曙光初现。2022年,南京康鑫成生物科技有限公司主动联系田志坚团队。这家企业已掌握油脂加氢脱氧技术,却卡在后续生产航煤的关键环节。三方合作就此达成:康鑫成负责前段工艺与商务推广,大连化物所提供核心的加氢异构技术,蓝鲸生物能源则投资建设并运营工业化装置。

更大的考验紧随其后。合作工厂按团队提供的流程生产分子筛时,前几釜产品全都出现了杂质。“一釜就是5立方米,成本高达数万元。”王从新感到心疼。所有步骤明明都符合技术要求,问题究竟出在哪里?

细致排查后,团队发现了关键症结:该工厂此前生产过其他分子筛产品,在合成釜、滤液设备进出口管道等常规清洗手段很难触及的部位残留了大量其他品类分子筛。因为长期生产,这些分子筛像铁锈一样牢牢地附着在管道内壁,而他们的合成体系又对杂质异常敏感。这些微小的“种子”在新的合成过程中诱发了杂质生长。解决方案也非常简单,团队更换了关键部位管道和全

新的洗涤液,并对反应釜和所有管道进行彻底清洗,最终解决了问题。

2025年1月,工业化催化剂生产正式启动。5个月后,当卡车载着首批催化剂驶向浙江时,王从新心中涌起的不是喜悦,而是沉甸甸的责任:“20多亿元的投资、几百人的期待,全都系于这几吨催化剂之上。”

2025年12月初,装置进入开车阶段,田志坚团队驻守现场,第一周每天睡眠不足4小时。“最紧张的是升温阶段。”王从新描述道,“我们每半小时就看一次数据。当时温度升至330℃却没有观察到明显反应,控制室内的空气突然安静。”团队顶住压力,继续将温度逐步提升至335℃,终于在凌晨时分,合格的样品从取样口汩汩流出。

这意味着,加氢异构生产可持续航空燃料及超低凝生物柴油技术,在50万吨/年的工业级装置上实现了一次开车成功。

“唯有对每个细节死磕”

这是王从新首次完整经历技术从实验室走向工厂生产的过程。“沉住气,把事情做扎实。”他总结道,“没有捷径,唯有对每个细节死磕。”

在工业化生产现场,工业反应器有30多米高。装填催化剂前,王从新爬上去检查。“那是临时架设的云梯,踩上去晃悠悠的。第一次下去爬到一半手臂就酸软发抖,因为全靠两只手臂用力。在从反应器底部往上爬到倒数第二层时,实在没力气了,挂着安全绳,戴着呼吸面罩,歇了好一会儿才缓过来。”

王从新之所以能坚持下去,是为了亲眼确认反应器内部的清洁程度。“操作人员可能觉得已经很‘干净’了,但他们的标准未必是生产真正需要的标准,我必须亲眼看、亲手摸。”果然,下到反应器深处后,他在内壁上一抹,手套沾上了一层锈灰,这主要是由于装置建设时反应器除锈和维护方面的疏忽导致的。“虽然铁锈本身不是决定性因素,但会影响催化剂和工艺的长周期稳定运行,所以我们必须重新搭好架子,彻底清理。”

这件事也体现了团队长期秉持的“小狗过河”文化。“导师会指引河对岸的方向,但不会具体教你用哪种泳姿游泳;每个学生都要像过河的小狗,必须自己‘扑腾’,在探索中练就本领,找到自己的方式抵达目标。”田志坚说。课题组不经常开组会,更多的是依靠成员的自觉和对问题的主动探索。“你不能指望导师什么手把手教,核心是自己折腾过河,工作中的主观能动性和自我驱动力才是最重要的。”王从新说。

如今,工业化装置正在稳定运行,但田志坚团队在技术上的优化从未停止。他们正致力于将反应温度再降低10℃,将目标产品收率至少再提高1个百分点。

“这套技术的意义不止于处理废弃油脂,更是为中国生物燃料产业提供了一个可复制的技术范式。”王从新说,“未来我们将探索与其他可再生能源耦合的新工艺,力争取得新的突破。”

易颜新:让花出去的每一分钱都“门清”

本报记者 沈春蕾 通讯员 程振伟

“过去在复杂化工生产、医院运营过程中只知道‘大概花了多少钱’,现在要搞清楚的是成本具体花在哪里?每分钱是赚了,还是亏了?”

在杭州电子科技大学(以下简称杭电)会计学院教授易颜新眼中,这些看似简单的问题,背后撬动的却是一场从企业到医院的管理革命。

“这不是一份普通的财务报表,而是一套能实时计算医院每台手术、每次抽血化验,企业每条生产线‘具体花了多少钱’的智能成本管控系统。”近日,易颜新向记者详细介绍了其办公室大屏上跳动的数据。

近年来,易颜新带领团队将作业成本法(ABC)与人工智能深度融合,打造出一套让成本“开口说话”的智能系统。他告诉《中国科学报》:“这套系统不仅能让化工企业省下数亿元成本,还能让公立医院在医保改革中‘心里有底’。”

给复杂生产安装“成本雷达”

1台设备生产10种产品,成本怎么算?大多数制造业类企业的回答是:“按工时,大概摊一摊。”易颜新指出,这个“大概”的算法,常常导致误判——有的产品明明赚钱却算成亏损而被砍掉,有的产品明明赔钱却因短期数据光鲜而被保留。“这就是典型的成本黑箱。管理者像蒙着眼睛走路,决策靠经验、靠感觉。”

易颜新给出的建议是,把成本拆到每一次领料、每一次开机、每一次质检,具体做法就是将每个“作业”消耗的人力、耗材、电力都精准记录并算进成本里。这也是作业成本法的核心逻辑。

然而,传统作业成本法依赖人工录入,效率低,更新慢,易颜新觉得不够快。他联合杭电计算机专家展开数年的攻关,开发出智能成本管控系统。这套系统可以自动对接企业管理系统,实现数据秒级采集,成本当天核算,实时可视。

“今天干了什么,当天就知道花了多少钱。”易颜新介绍,这套系统已经在巨化集团、绿能风登环保公司等大型化工集团落地实施,实时核算成本——每班次结束,班长能看到本班产量和成本,车间主任每天早上能看到前一天24小时产量和成本并准确把控每个环节生产成本,销售部门根据实时成本和市场需求可以及时调整销售策略。这套系统在3年时间里帮助企业累计降本增效逾5亿元。

“更重要的是,企业管理者开始用成本数据流做决策——该投产哪个产品?哪条产线该优化?”

易颜新表示,一切都有精确的数据作为依据。

一家合作企业的负责人感叹道:“没想到你们几个月就帮我们吧把成本明细搞清楚,这可解决了我们公司管理的关键问题啊!”

“我们不是做软件,而是帮企业安装了‘成本雷达’。”易颜新说。

让治病的成本“晒在阳光下”

在车间里,易颜新团队开发的智能成本管控系统可以帮助企业提升生产效率。在医院里,这套系统让成本晒在阳光下,推动医疗服务项目收费改革。

2018年,易颜新团队走进浙江瑞安市人民医院,为这家公立医院定制作业成本法智能管控系统。结果令人震惊:2.9元的静脉注射收费是亏本的,系统计算的静脉注射实际成本高达9.9元;某些高值耗材手术,表面有结余,实则因人力和设备折旧未被合理分摊,存在“隐形亏损”。

“以前按科室统收统支,谁也不知道是亏损还是有结余。”一位医生坦言,“现在有了作业成本法智能管控系统,每打一针、每做一次检查的成本都清清楚楚。”

瑞安市物价局借助易颜新团队搭建的医疗服务项目作业成本数据库,对医疗项目成本价格比较分析后,将112个检查检验项目进行了价格下调,对部分药品和材料用量进行了限制。

2018年至2020年,使用易颜新团队开发的作业成本法智能管控系统,瑞安市推动了三轮医疗项目价格调整,为当地患者降低医疗费用2.6亿元,患者整体费用负担降低1亿元。

2021年,国家医疗保障局印发《DRG/DIP支付方式改革三年行动计划》,提出2022—2024年全面完成疾病诊断相关分组(DRG)和病种分值(DIP)付费方式改革。

“计划指出,医保不再为每一项检查买单,而是根据疾病类型打包付费。”易颜新表示,这意味着,花超了,医院得自己兜底。

2023年,杭电公立医院成本管理研究中心成立,旨在通过专业+财务的融合,帮助公立医院实现成本管理与控制,推动看病贵难题的解决,实现医保、医院、患者三赢。

“当成本晒在阳光下,患者才愿意信任医院。”易颜新告诉记者,如今,越来越多的医院主动上门求“体检”。因为只有知道“治病的真实价格”,患者才能“付费付得明白”。



团队成员在生产车间调研。

受访者供图

从“账房先生”到“价值设计师”

“走,去车间看看。”易颜新在杭电讲授“成本管理会计”课程时,从来不在教室里“打转”。

多年来,他带着学生深入企业一线,看流程、采数据、建模型。他的学生或蹲守在车间流水线上记录工人操作时间,或蹲守在医院科室,甚至手术室统计耗材使用频次。

“未来的财会人,不能只会做账。”易颜新希望他们懂具体业务、懂业务数据、懂战略规划、懂价值创造,做“四懂”财务人。

如今,易颜新的学生毕业进入社会后,有的成了企业的成本分析师,用模型指导产品定价;有的担任医院的成本主管,协助制定诊疗标准;还有的参与政府医保政策评估,用真实数据支撑科学决策。

“他们不再是传统的‘账房先生’,而是深入业务前端的‘价值设计师’。”易颜新说,“财务人员不该是事后监督、板着脸的人,而应是事前参与的军师。”

由于行业业务千差万别,易颜新认为,成本管理没有适合所有行业的统一设计方案和软件系统,而要针对不同行业的特殊性,以及同一行业中不同企业的管理需求,通过实地调研,定制化设计成本管理体系,并结合信息化基础,定制化开发智能成本管理系统。

在易颜新看来,会计学与信息学等技术跨界融合,这也是未来会计发展方向。他说:“跨界可以让成本从模糊走向精确,从后台走向前台,从控制工具变为价值引擎。”

声音

刘晓华:完善化工新材料成果转化体制机制

本报讯(记者陈欢欢)近日,在全国两会期间,全国人大常委会委员、中国石化安庆石油化工有限公司党委书记刘晓华聚焦新材料市场秩序,建议完善化工新材料可研成果转化体制机制。

他表示,可研成果转化是连接研发与产业化的核心枢纽,其体制机制完善至关重要。然而,该环节目前面临政策体系不完善、转化成本高企、专业人才短缺等问题,制约了创新成果转化与产业竞争力提升。

刘晓华建议,第一,强化政策针对性与协同性。制定新材料可研成果转化平台建设的实施细则,细化技术标准、审批规范、补贴标准、税收优惠等内容,统一执行尺度;建立多部门协同的工作协调机制,制定专属审批清单,简化冗余审批

环节,明确支持政策享受门槛,简化补贴申请流程,提高政策落地效率。

第二,建立健全考核与激励机制。建立成果转化容错机制,明确化工新材料可研成果转化环节的容错范围、免责条款和实施路径,消除企业试错顾虑;优化考核评价体系,建立长期激励机制,鼓励企业加大投入力度。

第三,破解成本与人才瓶颈问题。对企业成果转化中的投入给予阶段性补贴,优化税收优惠政策,降低企业税负;完善人才评价体系,将技术转化效果纳入人才评价指标,畅通人才职业发展通道,加大对优秀人才的激励力度;加大对成果知识产权的保护力度,严厉打击侵权盗版行为,保障企业转化成果权益。

环,明确支持政策享受门槛,简化补贴申请流程,提高政策落地效率。

第二,建立健全考核与激励机制。建立成果转化容错机制,明确化工新材料可研成果转化环节的容错范围、免责条款和实施路径,消除企业试错顾虑;优化考核评价体系,建立长期激励机制,鼓励企业加大投入力度。

第三,破解成本与人才瓶颈问题。对企业成果转化中的投入给予阶段性补贴,优化税收优惠政策,降低企业税负;完善人才评价体系,将技术转化效果纳入人才评价指标,畅通人才职业发展通道,加大对优秀人才的激励力度;加大对成果知识产权的保护力度,严厉打击侵权盗版行为,保障企业转化成果权益。

环节,明确支持政策享受门槛,简化补贴申请流程,提高政策落地效率。

第二,建立健全考核与激励机制。建立成果转化容错机制,明确化工新材料可研成果转化环节的容错范围、免责条款和实施路径,消除企业试错顾虑;优化考核评价体系,建立长期激励机制,鼓励企业加大投入力度。

第三,破解成本与人才瓶颈问题。对企业成果转化中的投入给予阶段性补贴,优化税收优惠政策,降低企业税负;完善人才评价体系,将技术转化效果纳入人才评价指标,畅通人才职业发展通道,加大对优秀人才的激励力度;加大对成果知识产权的保护力度,严厉打击侵权盗版行为,保障企业转化成果权益。

环,明确支持政策享受门槛,简化补贴申请流程,提高政策落地效率。

第二,建立健全考核与激励机制。建立成果转化容错机制,明确化工新材料可研成果转化环节的容错范围、免责条款和实施路径,消除企业试错顾虑;优化考核评价体系,建立长期激励机制,鼓励企业加大投入力度。

第三,破解成本与人才瓶颈问题。对企业成果转化中的投入给予阶段性补贴,优化税收优惠政策,降低企业税负;完善人才评价体系,将技术转化效果纳入人才评价指标,畅通人才职业发展通道,加大对优秀人才的激励力度;加大对成果知识产权的保护力度,严厉打击侵权盗版行为,保障企业转化成果权益。

环,明确支持政策享受门槛,简化补贴申请流程,提高政策落地效率。

第二,建立健全考核与激励机制。建立成果转化容错机制,明确化工新材料可研成果转化环节的容错范围、免责条款和实施路径,消除企业试错顾虑;优化考核评价体系,建立长期激励机制,鼓励企业加大投入力度。