

中山大学石化绿色低碳科研团队:

怀着“工程耐心”，撬动至关重要的“1%”

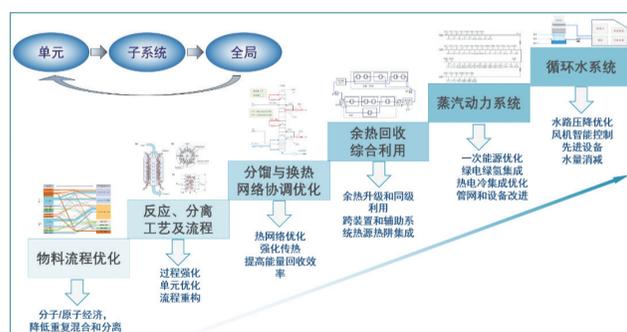


广东“新春第一会”明确制造业与服务业协同发展方向,提出以制造强牵引服务优、以服务优增进制造强,推动制造业与服务业深度融合。在中山大学材料科学与工程学院,一支聚焦石化绿色低碳的科研团队正将这一部署落到实处:扎根生产一线,破解产业痛点,让高校科研成为赋能制造业的鲜活实践。

石油化工是国民经济的重要“底盘”,既是材料制造支柱,也是技术服务沃土,但长期面临高能耗、高排放、系统优化难等挑战。行业效率哪怕提升1%,都意味着巨大的经济与生态价值。中山大学这支团队,正是在复杂工业系统中,攻坚这关键的“1%”。



中山大学与企业联合开发余热回收耦合热泵变压精馏技术



团队给工厂能源系统做的“系统体检”,可助力高耗能企业节能减碳降本增效

研究“看不见的1%”

团队课题组负责人张冰剑的核心逻辑清晰而务实:“我们关注石化过程,核心原因有两个。一是‘体量大’,哪怕效率提升1%,都是巨大的价值;二是‘系统复杂但规律尚未被充分挖掘’,这里面有丰富的科学问题。”

他们希望解决的,从来不是单一设备怎么更省能,而是试图回答一系列更为宏大的问题:能量、物料和碳排放,在复

杂的工艺流程网络中究竟是如何流动和传递的?如何让庞大的装置系统“会思考、能自优化”?在低碳约束下,如何找到安全、稳定与经济性的最优平衡点?

如果用一句话概括,他们想破解的是石化过程“看得清、算得准、调得优、跑得稳”的系统性难题。

这种研究视角,天然地要求科研不能“闭门造车”。为了破

解高校科研“不落地”的顽疾,张冰剑的课题组从一开始就采取了“三个前置”:问题前置,即选题直接来源于企业痛点;工程前置,即科研阶段就考虑现场部署;协同前置,即让企业工程师深度参与研发。他们刻意避免“论文做完再谈转化”的线性模式,走的是一条“真实需求、科研开发、示范应用、渐次迭代、工程推广”的并行路径。

从理论走向应用

理论上的路径再清晰,有时也难抵工程现场的考验。

张冰剑和团队成员所做的科研内容,进一步延伸到材料制造过程——多孔材料浸渍改性和干燥生产线。用张冰剑的话来说,这就像一辆“靠经验驾驶的重型卡车”。

“老师傅凭手感知道什么时候该踩油门、什么时候该刹车,但很难做到全程最优。我们的目标,是给这辆卡车上‘实时导航+自动驾驶大脑’。”他这样比喻道,这样才能让系统实时感知状态、预判风险、在多目标(安全、能效、成本、碳排)间自动权衡,并给出“当前最优”的操作策略。

然而,当这条从零起步的全新智能化产线进入1000升装置的试运行阶段时,团队遭遇了最大的挑战。

“连续一周,生产的多孔改性材料关键质量指标,始终明显落后于老装置。”团队成员、陈清林教授回忆,当时所有人都陷入了焦虑与反思。从新工艺研发到计算结果,从控制参数设定到设备选型,一切看起来都“没有问题”,但装置给出的答案并不理想。

随后,团队迅速打破原有分工,技术人员、工艺工程师、设备制造方、施工团队集中协同,对整个流程进行了系统性复盘与推演。最终,问题被锁

定在一个看似微小但至关重要的变化上:规模放大后的固-液相混合动力学发生了改变。原来,在小试和老装置中成立的物理假设,在规模放大后已不再适用。

基于这一判断,团队果断调整了动力设备类型。结果显示:新装置的产品指标不仅恢复稳定,还较老装置产品性能整体提升了26%以上。

“真正的技术突破,往往诞生于严苛的工程验证之中。”这次经历成为团队刻骨铭心的一课,也让他们更加坚信,跨学科的理解差异和真实工况的复杂性,才是技术从“书架”走向“货架”的最大拦路虎。

“用得上、跑得稳、算得清账”

“最初是在交流中发现,他们非常懂工艺,非常懂工程系统优化,能听懂企业在‘愁什么’。”一名企业代表如此描述初次接触中大张冰剑科研团队时的感受。这种“说同一种语言”的能力,让他决定将企业的未来押在这场合作上。

经历了“实战”洗礼的成果,到了企业眼里,评价变得格外直接且“工程化”。

“用得上、跑得稳、算得清账。”合作企业代表、科德宝阿波罗环保器材有限公司运营总监李清恩博士用短短十个字概括了他的感受。他解释说,这并非一次简单的“交钥匙式”技术交付,而是一个以问题为牵引、以工程为载体的深度协同创新过程。中大团队展现出的“工程耐心”让他们印象深刻——长期扎

根生产一线,将前沿研究成果一点点嵌入实际工艺,推动新技术与旧体系的融合。

这种融合带来了实实在在的经济效益。据企业反馈,合作开发的技术在显著提升产品质量稳定性的同时,大幅降低了溶剂用量和干燥能耗。终端产品质量明显提升,生产成本却显著下降——依托新工艺和新一代智能化装置,企业在绿色低碳、降本增效的道路上迈出了坚实一步。

这种变化也反向重塑了实验室的教学与科研。在课堂上,学生们不再面对枯燥的理论,而是能接触到真实的工业案例和工艺数据。

“学生明显能感受到:所学知识不是‘算完就结束’,而是可以真正影响工艺运行。”陈清林

教授说,深度参与项目的博士生和硕士生,更学会了如何从实际问题中凝练科学问题,如何在大数据的前提下模拟实际工艺,如何把一个想法推进到最终的工程落地——这些都是传统课堂无法提供的训练。

面向未来,张冰剑团队的期待不止于此。他们希望从单点优化走向园区级智能决策,从定制化项目走向平台化工业软件,从单纯的技术输出走向“技术+方法+人才+产业”协同的新模式。“我们希望破解的,始终是石化和材料制造过程中那个看得清、算得准、调得优、跑得稳的难题。”他说,在这个庞大的国民经济“底盘”上,哪怕只是撬动一个小小的支点,引发的也将是一场关乎能源、环境与未来的深刻变革。