

从源头供给到终端应用

# 突破核心技术瓶颈 开发海洋生物资源

近年来,海洋产业逐渐成为我国经济增长的新引擎。生物技术对推动海洋生物资源的开发利用、提高海洋生物制品质量有着重要作用。

近日,广东省重点领域研发计划项目——“广东特色海洋生物制品共性关键技术研发及产业应用”完成验收工作。通过与5家国内龙头企业合作,团队建设了金枪鱼肽粉、卵形鲳鲹肽粉、海水螺旋藻多糖等多条海洋生物功能原料生产线或中试线,并应用于食品、化妆品和饲料等领域,开发出18款终端制品,取得了良好的经济效益。

“该项目瞄准我国绿色高质量发展的战略需求和相关技术的国际前沿,充分利用鱼贝藻等广东特色海洋生物资源,开展了一系列自主创新研究,建立了从原材料到产业应用的系统性解决方案,针对海洋生物资源的开发利用,创建了全链条绿色高效提取制备与品质控制技术。”项目负责人、中国科学院南海海洋研究所研究员向文洲说。

## 改变传统方式 瞄准重点问题

“海洋生物制品涵盖范围广,包括从海洋生物中提取的各种功能产物,如蛋白质、多肽、不饱和脂肪酸等。”项目核心骨干、中国科学院南海海洋研究所研究员潘剑宇介绍。

海洋生物中蕴含丰富的生物活性物质,具有抗肿瘤、免疫调节、降血脂、抗氧化等功

效,被广泛应用于功能食品和新药研发。作为海洋战略性新兴产业之一,海洋生物制品产业发展潜力巨大。

近年来,我国高度重视海洋生物制品产业发展,并将其纳入相关政策和规划。“要推动海洋生物制品的大规模应用,其实还面临不少挑战。”潘剑宇告诉记者,“以往,海洋生物制品大多采用‘一锅煮’的生产方式,以粉末、胶囊片剂或者口服液的形式进入市场。但这种生产方式简单粗放,制作过程中易产生大量废液,能耗高,不仅会污染环境,而且产品功效成分也不确切,品质难以保证。”

此外,一些国际企业牢牢把控海洋生物制品高端产品的核心功能原料,使我国保健品、食品、化妆品和生物医药等相关行业发展受到影响。

“我们瞄准这两大问题,希望突破海洋生物制品制备的高能耗、高污染和高成本瓶颈,特别是要掌握生物原料生产及其功能产物制备核心技术,为我国海洋生物制品产业技术创新抢占科技制高点奠定基础。”向文洲说。

## 对标国际水准 创建技术体系

金枪鱼、鲍鱼、龙须菜……项目团队选取了广东十多种具有代表性的特色海洋鱼贝藻进行深入研究,挖掘了一批海洋生物新型功能产物,包括可用于肿瘤辅助治疗的金

枪鱼肽、降血脂卵形鲳鲹肽、保护胃肠黏膜的牡蛎肽以及抗凝血罗非鱼鱼鳔硫酸软骨素等。这些产物功效好,开发潜力极高。目前,团队已申请了相关专利。在此基础上,团队还进一步探究了其构效关系和作用机制,从认知源头为精准开发新型海洋生物制品奠定了最关键的技术基础。

“从商业化市场开发角度来看,高端功能性海洋生物制品开发的竞争首先是认知的竞争。核心产物结构清晰、功效确切、应用精准,正是国际企业垄断市场的核心竞争力。”向文洲认为,国际企业甚至采用或借用新药研发的技术策略与路径来开发海洋生物制品,国内应迎头赶上。

海洋微藻功能产物的开发应用在国际上受到高度关注。团队瞄准这类独特的海洋生物资源,针对海水螺旋藻建立了从藻种源头创新到功能产物高端应用的全产业链技术体系。

团队研发的海洋微藻绿色低碳与高品质养殖技术,通过补充外源二氧化碳作为藻细胞生长碳源并同步调控藻液pH值,解决了海水养殖螺旋藻会产生大量钙镁沉淀导致成本大幅上升的问题,还有望实现对工业二氧化碳捕集后的高值化利用。同时,这一技术大幅提高了螺旋藻多糖、藻蓝蛋白等功能产物的含量,降低了螺旋藻原料的生产成本和能耗,为功能产物开发提供了绿色、高

品质和低成本生物原料。

在向文洲看来,这为打造和优化海洋微藻以及其他海洋生物的产业链提供了有益示范。在沿海地区土地和淡水资源日益紧张的情况下,充分利用海域资源发展微藻生物制品产业大有可为。

## 优化产业链条 推动升级转型

“我们建立了包括海洋生物酶解优化、分离纯化等在内的一系列新技术和新工艺。”潘剑宇说,团队从全链条角度出发,有效突破了海洋生物制品核心技术问题,可使整个行业在产品制备效能、质量、功能和经济性上取得进步。

海洋生物制品需求大、市场广,因此,我国正大力推进海洋牧场建设。向文洲认为,未来,人工养殖的海洋生物种质及其可开发资源的大幅增加和多元化,将为产学研与跨行业合作开展源头创新和集成创新提供难得的机遇。这必将推动海洋生物制品的新一轮开拓与升级转型。

“我们将持续推动新技术在海洋生物制品生产中的应用,带动产业发展。”向文洲说,“相信未来项目研发的技术能对广东乃至国内的海洋生物制品产业发展起到重要支撑和示范作用。部分技术有望率先‘走出去’,为我国海洋生物制品产业高质量发展赋能。” (叶青)

# 复合膜净化工业废气高效又节能

甲醇是生产新能源汽车锂电池电解液碳酸二甲酯的主要原料,但甲醇跟其他物质反应后,会形成碳酸二甲酯和甲醇共沸混合物。从共沸混合物中提取碳酸二甲酯,通常采用变压精馏工艺。

最近,南京工业大学化工学院教授金万勤团队开发出一种新型有机-无机复合膜材料,采用新型膜分离工艺,提出一种有机共沸混合物分离的新策略。

“与变压精馏工艺相比,这种新工艺分离1吨碳酸二甲酯的蒸汽消耗将从8吨降至4吨。”金万勤说。

这一新工艺正是基于金万勤团队主持完成的“气体净化膜材料的创制及应用”项目研发的最新技术。经过多年积累,项目成果在中石化、中盐集团等企业的200余项工程中应用,取得了一定的经济效益和社会效益。

## 研发“有机-无机复合膜”

金万勤介绍,石化、制药领域的工业废气成分复杂,其中含氯有机挥发物、超细分以及含油气体治理难度极大。传统气体净化技术如旋风、静电和布袋除尘等,往往存在处理效率低、运行不稳定、资源回收利用率不高等问题。

“相较于传统气体净化技术,膜技术具有效率高、能耗低等特点。应用膜技术对工业废气进行处理,有望实现废气达标排放和资源回用。”金万勤说。

膜技术用于气体净化优点显著,但目前不少气体净化膜材料存在分离性能低、规模制备难度大、运行不稳定等问题,很难应对工业烟气管单位时间排放体积大、过滤推动力小等复杂工况。

对此,团队聚焦工业化废气净化与回收面临的共性问题,针对气体净化膜技术的瓶颈问题,开展了系统深入的研究。

金万勤介绍,现有的膜材料通常是有机-无机复合膜,这种膜在有机溶剂等苛刻环境中极易发生溶胀。这会导致膜孔道结构被破坏失去分离选择性,使性能不稳定。

于是,团队另辟蹊径,提出了“有机-无机复合膜”。在反复试验中,团队通过构建聚合物分离层和陶瓷支撑层,制备出低成本、高

稳定性的聚合物-陶瓷复合膜。

为何要让两种材料复合叠加?金万勤介绍,这样做能更好地发挥两种材料的优势。他们通过将刚性无机支撑体与有机膜层复合,构筑了受限溶胀界面的新结构,成功突破膜通量和选择性相互制约的限制,解决了有机膜层在有机溶剂中因溶胀带来的不稳定性。

“这种膜的研制难点就在于如何解决无机层与有机层间的界面结合问题,其中涉及如何控制膜层厚度、支撑体的粗糙度、高分子溶液的黏度、孔渗控制,以及在放大制备过程如何保证膜层完整性。这些都需要团队一次次反复试验优化。”金万勤说。

金万勤带领团队围绕现有膜材料难以满足复杂化工烟气管超低排放与回收利用需求的难题进行了一系列攻关。他们克服了现有膜材料有机溶剂不耐受的难题,打破了传统膜渗透性和选择性难以兼具的瓶颈,实现了两者的同步提升;开发出国际首创有机-无机复合膜和双硫膜产品,显著提高膜的抗污染性能和长期服役性能;提出了国际首创的防静电导流网技术,创制了本质安全型膜组件,从根本上解决了装备防静电防爆问题,保障了百余项工程的安全运行。

## 突破规模化制备瓶颈

在实验室里实现的理论突破能否转化为产品,是团队面临的又一个挑战。在南京工业大学材料化学工程实验室,金万勤展示了一种膜层厚度不超过5微米的气体净化膜。他对记者感慨道,他带领团队攻克了气体净化膜技术的一系列规模化制备难题,又用了



团队研发的聚合物-陶瓷复合膜。

10年时间,让气体净化膜材料从实验室走向中试。

针对工业烟气管中油性气溶胶易吸附在滤材表面形成污染层、影响膜结构和透气性能的难题,团队又提出了表面疏水疏油改性的热辅助原位功能化方法,实现了对膜界面结合性与表面浸润性的有序调控,创制了双硫膜性能与长期服役性能。

“较之国际先进技术,气体净化膜产品透气速率提高30%以上,机械性能提高198%,对0.3微米超细粉尘去除率远超国际标准,达到99.99%以上。”谈及双硫膜,项目第二完成人、南京工业大学教授仲兆祥介绍,烟气管中油性气溶胶等污染物在双硫膜表面吸附作用力小,污染层在重力和反吹等外力的作用下极易脱离膜表面,从而具有自清洁效果。这为解决膜材

料在高黏高温体系中的应用提供了新的解决途径,膜稳定运行寿命也延长了3倍以上。

金万勤介绍,目前气体净化膜技术在200余项工程中应用,遍及25个省(区、市),率先实现了膜技术在含氯气体、含油烟尘处理等领域的规模化应用,累计处理工业气体超过3000亿立方米,新增高附加值粉体和有机溶剂回收价值超10亿元,产生了广泛的经济效益和社会效益。

“一张膜无法解决所有气体净化问题。利用膜技术更高效地进行气体净化是我们科研工作的更高目标。”金万勤说,下一步,团队将继续在提高气体净化膜材料分离性能及应用性上下苦功。“我们将在有机-无机复合膜的基础上,进一步创新研发一种新型混合基质膜,希望未来一到两年里实现规模化制备。”他说。 (杨芳 朱琳 金凤)