

2025年11月18日

每周二出版

责任编辑:程强 电话:59963258
邮箱:chengq@sinopec.com
审校:张春燕 版式设计:巩宝贵

周“油”列国

油事精彩

5

生物化工是石化企业转型升级重要方向

阅读提示

生物制造具有“第四次工业革命”的潜力，是推动经济增长的新引擎。《中共中央关于制定国民经济和社会发展第十四个五年规划的建议》将生物制造列为未来产业。生物化工是生物制造的重要组成部分，石化企业转型升级必须重视生物化工。生物化工属于蓝海市场，目前处于产业发展初期，预计到2030年我国市场规模有望达800亿元。生物化工行业有哪些最新技术进展？企业如何入局并进行产品布局？在近日由中国化工信息中心和上海化学工业区管理委员会共同主办的2025石油和化工产业循环经济发展会议上，诸多行业专家和企业代表进行了深入探讨，本版整理刊发部分观点，敬请关注。

□本报记者 程强

据研究，全球60%的物质生产可通过生物手段实现，45%的疾病可通过生物技术应对，2030年全球生物制造市场规模将在2万亿美元。

中国化工信息中心高级咨询顾问李月莲说，生物制造具有“第四次工业革命”的潜力，是推动经济增长的新引擎。

而生物化工是生物制造的重要组成部分，是我国破解化石原料瓶颈、变革传统制造工艺的重要方向。

据经合组织(OECD)预测，到2030年将有35%的化学品和其他工业产品来自生物制造，且将有25%的有机化学品和20%的化石燃料由生物基产品取代，基于可再生资源的生物经济形态终将形成。

2024年全球化工产品市场规模约35万亿元人民币，我国约占44%。因此，生物化工市场前景巨大。

相较石油化工，生物化工除绿色低碳外，还具有反应条件温和、轻资产、低能耗、高选择性等优势，可生产一些石油化工途径

难以生产的复杂产品，如聚乳酸(PLA)、聚羟基脂肪酸酯(PHA)和2,5-呋喃二甲酸(FDCA)等。

中国石油和化学工业联合会党委副书记、副会长傅向升强调，石化企业转型升级，一定不能忽视生物质资源循环利用。因为以生物质为原料、通过生物技术路径，与以化石资源为原料、通过化学合成路径一样，可以获得已知的任何化学品和合成材料。

发达国家都在布局生物制造领域。美欧已将生物制造定位为“21世纪经济主权争夺战”的关键领域，欧洲积极推进“地平线欧洲”等研究框架计划，德国实施“国家生物经济战略”。跨国能源公司和化工公司在生物制造、生物燃料等领域都取得明显进展。

我国近年来大力鼓励和支持生物化工行业发展。目前，我国在生物质乙醇、生物质甲醇、生物质乙二醇、生物可降解聚乳酸、生物基丁二醇、生物基丁二酸，以及生物基烯烃、生物基聚碳、生物基聚酯、生物基聚氨酯和生物橡胶(蒲公英橡胶、杜仲胶)等方面，都处于世界领先地位。

原料成本决定生物质产品竞争力

傅向升说，在绿色低碳、应对气候变化和可持续发展的推动下，生物基聚合物迎来新的发展机遇，但还面临技术瓶颈、成本控制，以及回收和循环等难题，当前还难以与化石基聚合物竞争。

例如，第一代生物质乙醇，原料是小麦、玉米、甘蔗和甜菜，存在与人争粮问题；第二代生物质乙醇，以秸秆和木质纤维素为原料，可在不增加原料种植面积的情况下将乙醇产量提高50%，碳足迹比第一代乙醇低30%，比普通汽油低80%，正在工业化示范阶段。

生物质乙醇除了直接用作燃料，还可脱水制乙烯，进而获得有机化学品和聚丙烯等聚合物。韩国LG、巴西拉斯科等公司则在研发生物质乙醇脱水制丙烯和聚丙烯的技术。

技术，住友化学开展了乙醇直接制丙烯中试。目前，生物质乙醇的成本主要取决于生物质原料的价格，因为其占乙醇价格的55%~80%。

另外一种重要的生物质产品是生物质甲醇。与煤制甲醇工艺相近，生物质甲醇主要是生物质原料脱除水分再经气化获得合成气，然后经合成反应获得甲醇。

全球第一家生物质甲醇工厂2012年在瑞典建成，原料是森林废渣，年生产10万吨燃料级甲醇，效率为66%~72%。

生物质甲醇比天然气甲醇有明显的低碳优势，但由于生物质原料成本占总成本的60%~70%，生物质甲醇成本比天然气甲醇至少高1.5倍。

把玉米芯“穿”在身上

玉米芯占干玉米重量的1/4~1/3，是人类无法食用的副产品。全球每年生产玉米芯3亿吨以上，主要用作燃料或填埋。在我国，每年至少3800万吨玉米芯被焚烧或填埋。

如今，创新赋予玉米芯新生。

人们日常运动离不开可以拉伸的服装，氨纶就是这种服装的主材。氨纶全称聚氨基甲酸酯纤维，主要原料是聚四氢呋喃(PTMEG)，而PTMEG的主要原料是四氢呋喃(THF)。

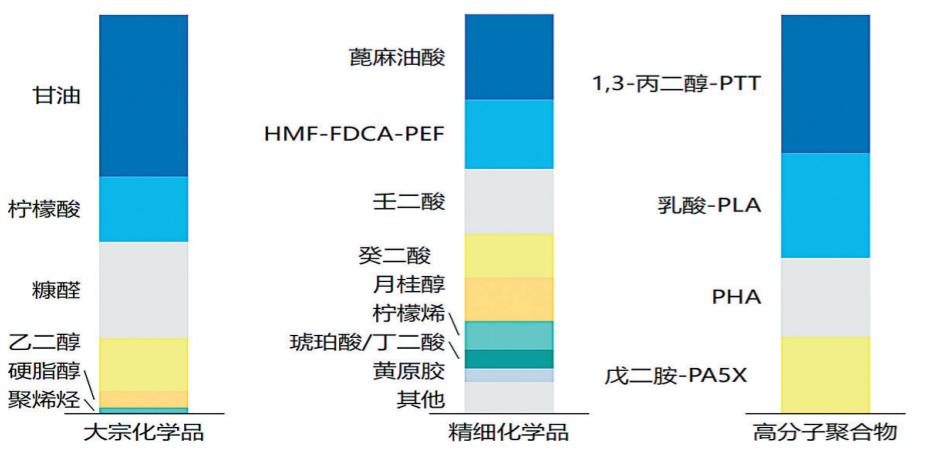
传统生产THF都是化工过程，如乙炔和甲醛合成1,4-丁二醇(BDO)，再合成THF。早在1949年，美国杜邦公司就开始

尝试从甘蔗渣中提取糠醛生产THF，但直到2012~2014年才试点成功。2022年，华峰集团收购杜邦旗下生物基产品相关业务及技术，华峰瑞讯生物材料有限公司诞生；2024年，该公司成功研发一项先进热化学(ATC)技术，并正在商业化。

这项新的技术就以玉米芯为原料生产糠醛，继而生产生物基THF。中试结果证实，以玉米芯为原料可制备高性能的聚合物，已生产120吨合格生物基THF，并成功转化为生物基氨纶与聚酯弹性体。

目前，该技术正商业化落地，计划在2026年初实现首次商业化供应。

2030年生物化工细分领域市场规模



(来源:中国化信·咨询)



来自吐鲁番的细菌走向世界

聚羟基脂肪酸酯(PHA)，是细菌合成的一种胞内聚酯，在生物体内主要作为碳源和能源的贮藏性物质而存在。

PHA用途广泛，其降解产物可被人体吸收，因此可作为人体植入材料。据测算，PHA材料每替代1万吨聚丙烯，可减少5倍日本国土面积的海洋塑料污染；每生产1万吨PHA减少的碳排放，相当于新建一片长白山森林。

大自然创造了PHA，而北京微构工场生物技术有限公司正揭开其面纱，使其得到更多元的发展。

PHA很难通过石油化工途径生产，即便通过生物技术制造，也面临诸多难题：什么样的菌种最适合生产PHA？如何实现万吨级生产？如何改性以适应市场需要？PHA的应用场景在哪里？如何实现产品商业化？

微构工场的技术源自全球顶尖合成生物学家、清华大学合成与系统生物学中心主任陈国强教授的团队。

为寻找能够适应极端环境的微生物，陈国强教授团队来到世界最酷热干燥的地区之一——新疆吐鲁番艾丁湖，在盐浓度达200克/升的湖水中成功获得高度适应性耐盐细菌，通过持续迭代改造嗜盐菌，使之适应工业化放大规模。

PHA是一个超过100亿种材料组合的材料家族，微构工场基于PHAMily菌株平台不断拓展材料种类，建设嗜盐菌高密度发酵过程放大体系，结合生物发酵大模型，实现PHA产业化。

传统发酵流程中，每次需新加淡水、无机盐等，密封发酵、高温高压灭菌。微构工场基于嗜盐菌底盘，创新研发无灭菌连续发酵生产工艺，实现淡水、无机盐循环使用，开放式发酵，无须灭菌，被称之为“NGIB下一代工业生物技术”。

经过近30年产业化，该技术2021年完成千吨级放大，2023年建设年产3万吨级工厂。

微构工场建设PHAbry材料性能数据库，拉通材料数据库和应用场景需求，材料数据反馈至材料开发上游形成闭环，产品可用于人体植入材料、化妆品添加辅料、美容用品包装、生物材料多色打印、新一代环保水性乳液包装、无微塑料餐具等场景。

PHA的主要纸塑复合技术路线有两条。一条是水性乳液，将PHA分散于水相中形成稳定乳液，通过涂布/喷涂工艺在基材表面成膜，替代溶剂型涂层，是一种全新的颠覆性纸塑复合工艺，适用于纸基阻隔涂层、生物基胶黏剂与压敏胶、乳胶漆、可堆肥种子包衣与化肥控释/包丸、护乳霜/乳液等场景。另一条是淋膜，通过熔融挤出工艺，将PHA以高温液态薄膜形式涂覆于基材(如纸张、纸板)表面，形成均匀的阻隔层，可用于纸杯/纸碗内壁阻隔层、食品包装袋覆膜等场景。

通过四方合作，成功开发PHA水性乳液。其中，微构工场提供PHA生物材料原料，都城负责PHA的乳化改性工艺，金光APP生产高性能食品卡纸，恒鑫生活负责终端产品制造和商业化推广，PHA水性乳液可直接应用于现代化高速造纸生产线。

微构工场还与制浆造纸化学品全球领先企业索理思合作，开发新一代水性乳液，让PHA走向全球，打开纸塑复合(水性乳液)千亿元级市场。

为“聚酯之王”提供生物基原料

1,3-丙二醇(PDO)用途很广泛，其中一大重要用途是与对苯二甲酸(PTA)聚合，生产聚对苯二甲酸丙二醇酯(PTT)。

PTT是继聚对苯二甲酸乙二醇酯(PET)、聚对苯二甲酸丁二醇酯(PBT)之后新一代纤维材料，集各种化纤的优良性能于一身，尤其是具备优良的染色性、回弹性、抗污性和保型特征，被称为“聚酯之王”“记忆纤维”。

PTT性能优异，但市场价格偏高限制了它的应用。在合理价差下，PTT有可能逐步替代传统化纤，市场前景十分广阔。在低端市场，PTT已经抢占了氨纶40%的份额，未来将扩大至60%；在锦纶市场也有巨大的替代潜力。

在日化领域，PDO具备优异的性能及良好的消费者体验，被广泛用作溶剂、保湿剂和抑菌剂，随着成本降低，其在日化市场的份额将进一步扩大。

在聚氨酯领域，PDO可用于合成聚醚多元醇，也可作为扩链剂在聚氨酯、热塑性聚氨酯弹性体(TPU)及水性聚氨酯中应用。基于环保原则，欧洲国家和地区已要求部分进口聚氨酯添加20%~25%的生物基二元醇原料。

在生物降解材料领域，生物基来源PDO应用潜力巨大，可与脂肪族二元酸聚合形成可降解聚酯材料，或与聚乳酸(PLA)、聚对苯二甲酸-己二酸丁二醇酯(PBAT)、聚丁二酸丁二醇酯(PBS)等可降解材料共聚形成新型可降解共聚酯材料。

从替代市场看，PDO在纤维领域市场容量超过500亿元，在聚氨酯领域市场容量超过130亿元，在日化领域市场容量超过20亿元。

近年来，国内多家聚酯企业已实现PTT国产化技术突破，但关键原料PDO长期被杜邦公司垄断，成为PTT产业链发展的关键“卡脖子”问题。

广东清大智生生物技术有限公司20年来致力于发酵法生产精制PDO技术开发，先后开发了四代技术，目前已成为全球范围内率先掌握“甘油+糖多原料PDO发酵技术”并实现产业化的高科技企业。其第五代“非粮型”多原料PDO绿色生物制造技术，能够高效利用各种非粮碳源，且不添加维生素B12，使成本大幅降低。

企业如何布局生物化工

2025年10月，《中共中央关于制定国民经济和社会发展第十四个五年规划的建议》将生物制造列为未来产业。但目前，国家和地方尚未出台明确的量化目标和财税补贴政策、标准规范、专利保护等落地性支持政策。

目前生物化工产品主要有两类：一类是同类替换石化化合物，如生物基1,4-丁二醇、生物基烯烃等，需要提升技术、降低成本；另一类是创新产品，即采用生物法生产化工无法生产或难以产业化的产品，如戊二胺、PHA等，早期开发阶段成本高，需政策扶持和提升下游客户对绿色溢价的接受度。

李月莲说，我国生物化工仍处于产业发展初期，2024年我国生物化工产品对传统石油化工产品的替代率仅在5%左右，市场规模约340亿元。

生物化工属于蓝海市场，下游应用有望向汽车、电子电气等高附加值领域拓展，复合增长率高、渗透率低，叠加在研产品的陆续投产，预计到2030年我国市场规模有望达800亿元。

企业如何进入这片蓝海市场？李月莲建议，产业链上游，生物质原料公司或具备非粮生物质利用技术的公司，可借助原料和技术优势，与生物化工生产企业建立合作关系。

产业链中游，对于石化企业，具备化学品基础的可以发挥渠道优势，具备生物技术的可以与科研院所合作。

企业应选择适合的生物化工产品切入，可优先选择布局附加值高的精细化学品，如2,5-呋喃二甲酸(FDCA)、癸二酸、戊二胺等。如凯赛生物聚焦生物法长链二元酸及聚酰胺产业链，生物法长链二元酸产品全球市场占有率约80%；微构工场专注于生产PHA，工艺技术国际领先。

具备化学法大宗化学品的石化企业，可聚焦生物法大宗化学品，发挥销售渠道优势，实现插入式替换。如中国石化大连院在生物基精细化学品领域深耕多年，已形成二酸、二醇和关键酯类等生物基化学品，以非粮生物质、正构烷烃为原料，通过生物制造技术形成了生物基塑料、生物基尼龙、生物基聚酯等材料的单体池(1,3-丙二醇、长链二元酸、己二酸、戊二胺、乳酸、2,5-呋喃二甲酸、异山梨醇等)，为下游应用提供了广阔空间。

为快速入局生物化工领域，中国石化资源公司以直投+设立产业基金的方式，先后投资了海正生物材料(玉米、秸秆制聚乳酸)、博奥晶典(生物芯片)、朗泽科技(工业尾气生物转化)、普力材料(二氧化碳多元醇)等多家公司，积极布局生物质化工产业链生态圈。

巴斯夫也采取与相关企业合作或直接收购的方式，提升自身的DNA测序、基因编辑及设计、开发和改造生物系统的能力，形成了覆盖基础理论-平台技术-生物发酵-工业废气利用的完整技术链布局。

产业链下游，可通过合作示范项目，应用新产品。如招商局集团出资参与凯赛生物定增，双方在集装箱制造、冷藏车厢、纺织、轮船等多个领域进行了业务对接，在生物基聚酰胺复合材料应用的多个试点项目取得实质性进展。