

生物化工企业中绿色催化技术的应用实践

施涯邻 周灿亮

湖北中迅长青科技有限公司 湖北 荆门 448000

【摘要】：在传统生物化工生产模式下，化工产业容易出现溶剂污染高、原料利用率等问题，会一定程度上给行业发展带来制约。而绿色催化技术则可以在固体催化、生物质基催化等工艺助力下，通过温和反应条件、催化剂循环复用等核心优势的发挥来逐步的替代传统化工的合成路线。本文就联系生物化工企业的发展请款，对绿色催化技术的应用做出了深入探究，希望可以总结出更多优秀的经验方法。

【关键词】：生物化工企业；绿色催化技术；应用实践

DOI:10.12417/2811-0528.26.17.024

前言

作为绿色化学的核心技术，绿色催化主要是通过选取对环境更友好的催化剂来尽可能的降低化学反应能耗，减少有毒助剂的使用，努力做到从生产源头来做好污染物排放的控制。近几年随着酶催化、生物质载体催化技术的持续更新，很多龙头化工企业都已经完成生产线改造，柠檬酸、氨基酸与生物农药原料等也已经做到了绿色催化规模化量产。但对于大中小型企业来讲，因为受资金、人才短板，以及绿色催化技术落地速度慢等方面的影响，一些新工艺的应用推广还有待优化。

1 绿色催化技术在生物化工企业的生产实践

1.1 有机酸生产工艺优化

柠檬酸是食品添加剂行业用量最大的一种有机酸，传统生产一般都是通过深层液态微生物发酵，结束发酵后，基于碳酸钙沉淀提取产物，生产中会有大量的石膏废渣产生，废水钙盐不仅超标，废渣堆放时也会占用土地，需要花费较大的环保处理费用。大型的生物化工企业引入了固定化霉菌酶催化体系，完善连续发酵生产线的搭建。在反应罐内部放置固定的化酶颗粒，玉米淀粉水解原料持续通入催化体系，在常温环境下完成发酵反应。连续式生产模式能做到不间断投料生产，对比分析间歇式发酵模式，可大幅度提升原料淀粉，同样可以显著的削减废料产量。发酵废水杂质含量降低后，可以进一步简化污水处理工序，能有效减少污水处理药剂用量。乳酸生产企业可以借助水解酶催化工艺去完善糖基原料水解流程，减少强酸水解剂的使用，废水酸碱度能够接近于中性，可有效控制废水调碱处理成本^[1]。结合有机酸龙头企业投产数据可以明确，通过持续优化绿色催化工艺，会大幅度降低长期生产的排污成本，碳排放指标也能满足环保政策标准。中小型有机酸企业一般引用

的都是半改造模式，将原有的发酵罐体保留下来，然后增加酶回收过滤这一装置，实现对废水排放环境的优先改造，分阶段落地绿色工艺，以此来尽可能的规避一次改造带来的资金压力太大的问题。

1.2 生物基高分子材料生产应用

作为可降解的塑料，聚乳酸、聚羟基脂肪酸酯是替代传统塑料的主流环保材料。对于传统的化学聚合工艺来讲，在应用中需要引用有机金属催化剂，聚合反应温度较高，成品塑料内部会有一些催化剂残留，食品级材料离不开复杂提纯工艺的助力，且有机溶剂挥发也会给车间空气带来污染。而企业在引用了脂肪酶催化聚合技术后，可以在温和温度环境中将乳酸单体聚合完成，反应中不需要有机溶剂，且过滤回收催化剂之后也可以重复利用。成品塑料催化剂残留量很低，产品能够直接满足食品包装材料的生产标准^[2]。一些企业还做到了对秸秆糖化-酶催化聚合一体化生产线的有机整合，经过生物质催化剂分解后，玉米秸秆可以生成葡萄糖，发酵生成乳酸菌后可以聚合成塑料颗粒，整条产业链原料都是农林生物质原料，可大幅度降低对化石原料的消耗。就现阶段来看，国内很多条万吨级聚乳酸生产线都引入了酶催化工艺投产，为可降解塑料产能的文本扩张提供了有力支持。

1.3 医药精细中间体绿色合成

医药中间体分子结构相对复杂，传统化工合成路线需要经过很多步骤，每一步的合成都会有副产物产生，期间也会生成有机溶剂废液，且处理起来难度较高。同时，化学合成很可能会产生手性杂质，在药品提纯期间会损耗大量原料。这一行业痛点能够通过转氨酶催化技术的应用来解决，酶可展现定向催化特点，同时精准合成目标手性中间体，副产物大量减少，提

作者简介：施涯邻（1984.12）男，汉，湖北荆门，硕士研究生，研究方向：化工工艺。周灿亮（1974.11.04），男，汉族，湖南省湘潭市人，中级工程师，大学本科，研究方向：化工工艺，职务：技术部部长。

纯步骤能够得到精简。在抗溃疡药物中间体生产中,一些生产企业会基于酶催化路线去替代原有的化学氧化工艺,能够取消强氧化性化学试剂,大幅度降低了废液污染物含量。医药化工企业一般都是精细化小规模生产,要优先完成模块化催化反应设备的搭建,这样设备不会占据很大规模的土地,生产切换也会更加灵活,能做到与多品类中间体轮番生产模式相适应。但需要考虑的是高端工业酶采购价格偏高,现阶段的绿色催化在高附加值医药原料生产中的应用较多,对于大宗商品化工中间体来说还处于工艺试点阶段^[3]。

1.4 农林生物质废料资源化转化

玉米秸秆、稻壳、甘蔗渣等农林废料产量巨大,一些地区的秸秆露天焚烧会带来一定的大气污染。对于生物化工企业来说,一般都是基于固体催化、生物质催化技术去完成木质纤维素的分解,然后进行糠醛、生物乙醇、木糖醇等化工原料的制备。从前的秸秆水解大多都是通过稀硫酸高温水解,酸性废液排放会给水土环境带来污染,也无法回收硫酸。而企业在引用了炭基固体酸颗粒催化剂之后,可以高温下完成秸秆纤维的水解,能大幅度降低废水处理成本。秸秆转化产生的乙醇能够用作生物燃料、消毒原料。木糖醇可以用到食品甜味剂生产当中。化工企业应增加与周边村镇的合作交流,做到对秸秆废料的定点收购,这样既可以将农村秸秆处理难题妥善解决,还可以让工厂获得稳定的低成本原料供应,做好工农产业联动^[4]。

2 绿色催化产业化落地现存主要问题

工业催化剂的稳定性无法满足连续生产标准。天然酶耐热性能不理想,工业连续生产时,长期流动物料冲击、温度校服波动都会引发酶蛋白失活。固定化载体长期浸泡在溶液当中,会一定程度上损耗载体孔隙结构,催化剂使用寿命有限。且大多数的固定化酶连续稳定生产周期较短,企业需要频繁的更换催化剂,短期生产成本会上涨。固体催化剂长期生产之后,活性组分会脱落,催化效率慢慢下滑。经过实验室优化后的催化剂,虽然样品性能优异,但经过规模化放大生产之后,传质、物料流动也会随之发生变化,催化剂的整体效率要比实验室效果低,规模化放大效应这一难题还有待解决。

生产线前期改造成本较高,中小企业会承担较大压力。绿色催化生产线需要进行密闭反应釜、催化剂过滤回收装置、连续投料控制系统的购置,全新生产线建设需要投入较大规模的资金。而对于老旧生产线改造来讲,原有罐体、管道设备一般都无法做到和新工艺相适配,设备更新、厂房调整都离不开资金的投入。但中小型生物化工企业营收规模有限,贷款融资存在较大难度,对于前期投入周期较长、回本速度慢,企业会有一定顾虑,大多保持观望态度,很少会主动去改造^[5]。

工艺配套技术有待优化,专业技术人才有很大缺口。绿色催化生产属于化工-生物交叉领域,生产操作人员不仅要做到对微生物发酵知识的熟练掌握,还要熟悉化工设备运维、催化剂维护工艺。目前来看这种复合型产业人才较少,配套工艺优化也不够,整体工艺体系存在显著的碎片化特征。

行业标准不完善,市场监管、市场激励机制有待优化,企业缺少升级动力,再加上老旧工艺违规生产总成本更低,短期经济效益要比绿色工艺高很多,企业难以产生足够的转型升级意愿^[6]。

3 推进绿色催化技术产业化落地优化对策

3.1 改良催化剂结构

产学研协同开展催化剂技术研发与更新工作,特别是高校科研机构和龙头企业要加强深度合作,着重围绕工业生产环境来对固定化载体材质做出持续优化,尽可能选择耐酸碱、抗物料冲刷的高分子载体材料。巧用微生物育种技术来对工业酶做出改良,促进酶耐高温性能的逐步提升,让催化剂使用周期可以合理延长。多开展中试放大试验,提前做好连续生产工况的测试,让物流流速、反应温度参数可以得到显著提升,尽量避免规模化生产效率下降这类问题产生。加大催化剂再生工艺的研究力度,对于活性衰减的固体催化剂,可通过溶剂清洗、活性组分补加来促进催化剂再生,做到对催化剂采购消耗成本的合理控制。对于中小企业,要注重模块化小型催化设备的优先推广,让工艺流程得到进一步简化,实现与中小规模间歇式生产,模式相适配^[7]。

3.2 落实分层产业改造

政府要联系实际需求,做到对产业升级路径的分层次规划,龙头企业要注重全流程绿色示范生产线建设,将行业样板项目打造出来。对于中小企业可进行分布改造方案的推行,做到对排污废水处理、发酵核心工序的优先升级,对于化工绿色改造项目,可以适当的放宽贷款条件,合理延长还款年限。实现对税收优惠政策的到位落实,针对投产绿色催化工艺的企业,可实施减免环保税费的政策,针对低碳化工产品可给予退税补贴,让企业生产成本得到合理控制。龙头企业要注重成熟工艺技术的开发,通过采用技术合作模式来为中小企业提供帮扶,做好研发改造成本的分摊^[8]。

3.3 完善上下游产业链布局

注重上游酶制剂、催化载体原材料生产企业的有机整合,重视产业园区集聚模式的建立,将一体化产业链打造出来,做到对原材料采购成本的合理控制。化工企业、地方高校要加强校企合作,做到对生物化工复合型人才的定向培养,课程应做

到对微生物技术、催化工艺实操内容等方面的合理兼顾。企业内部方面,要组织在岗员工开展各项技能培训活动,让现有工人技术水平得到持续提升。注重行业技术交流平台的搭建,企业注重优秀生产实操经验分享,让催化剂再生、工艺调试中的实操难题得到妥善解决。将下游产物提纯、固废资源化配套工艺补齐,将完整全链条生产体系构建出来。

3.4 健全行业规范标准

行业协会牵头进行绿色催化化工产品行业标准的制定,清晰把握碳排放、废水废渣排放指标,让绿色低碳产品的认证流程做到进一步简化,做好绿色产品市场准入门槛的划定。持续优化排污收费、碳排放管控政策,通过增加高污染工艺排污成本去倒逼落后产能的淘汰。将绿色产品的销售渠道打通,为食品级、医药级绿色化工产品可以积极主动地打造品牌溢价带来一定的促进作用,结合政府采购、绿色采购政策去做到对低碳

化工产品的优先采购,促进绿色产品市场销量的显著提升。注重中长期产业规划的出台,将行业低碳转型时间表划定好,实现对高污染老旧生产线的有序淘汰,实现行业整体升级的稳步推进。

4 结语

综上所述,在双碳背景下,绿化催化技术是生物化工产业转型升级的重要路径。酶催化、生物质基催化技术等已经在有机酸、可降解高分子材料,以及农林废料资源化等领域完成了规模化实践,能够显著减少污染物的排放,促进原料利用效率的显著提升。未来还应加强技术创新研究,以及产业链的集群建设,做好产业的分层式改造等,以此来持续的突破规模化生产技术存在的短板,让绿色催化技术的应用规模可以得到稳步推广,为化工产业整体绿色转型带来助力。

参考文献:

- [1] 姜良金,郑琪豫,李鑫鑫.绿色化工环保技术与环境治理的关系探讨[J].化纤与纺织技术,2025,54(2):40-42.
- [2] 王伟,姜永要,宣宗亮.新时期绿色化工技术在精细化工中的运用分析[J].中国石油和化工标准与质量,2024,44(23):169-171.
- [3] 雪晶,鲜楠莹,付凯妹,等.国际能源化工公司生物化工业务发展策略分析[J].石油科技论坛,2024,43(2):30-38.
- [4] 蔡玮玮.化工技术与绿色化工设计的相关问题研究[J].化工管理,2022,(30):53-55.
- [5] 杨拓.化工环保技术在绿色生产中的应用研究[J].皮革制作与环保科技,2022,3(19):18-20.
- [6] 常宇飞.绿色化工环保技术与环境治理的相关性分析[J].山西化工,2022,42(4):150-151.
- [7] 路文利.绿色化工技术与绿色化工设计的相关问题研究和工艺危害[J].化工设计通讯,2022,48(5):181-183.
- [8] 孙茹,薛红俊.从绿色化学角度出发探讨精细化工工艺及绿色化工技术[J].中国石油和化工标准与质量,2021,41(5):170-172.