

精细化学品合成中催化技术的实践应用与未来发展建议

吴恩隆 (大连大化工程设计有限公司, 辽宁 大连 116000)

摘要: 在现代精细化学品合成中, 催化技术的应用日益广泛, 成为提升化学反应选择性与效率的关键因素, 精细化学品通常用于农药、医药、香料和日用化学品等领域, 其合成过程要求高效、环保且具有经济性。近年来, 随着绿色化学理念的普及以及可持续发展的需求, 催化技术得到了迅速地发展。基于此, 本文从化学催化技术要点与发展现状出发, 通过研究分析精细化学品合成的催化技术实践应用, 提出了促进精细化学品合成催化技术发展的建议。

关键词: 精细化学品合成; 催化技术; 应用与发展建议

中图分类号: TQ426 **文献标识码:** A **文章编号:** 1674-5167 (2025) 026-0016-03

Practical Application and Future Development Suggestions of Catalytic Technology in the Synthesis of Fine Chemicals

Wu Enlong (Dalian Dahua Engineering Design Co., Ltd., Dalian Liaoning 116000, China)

Abstract: In the modern synthesis of fine chemicals, the application of catalytic technology is becoming increasingly widespread and has become a key factor in improving the selectivity and efficiency of chemical reactions. Fine chemicals are usually used in fields such as pesticides, pharmaceuticals, fragrances, and daily chemicals, and their synthesis processes require high efficiency, environmental protection, and economy. In recent years, with the popularization of green chemistry concepts and the demand for sustainable development, catalytic technology has developed rapidly. Based on this, this article starts from the key points and development status of chemical catalysis technology, and through research and analysis of the practical application of catalytic technology in the synthesis of fine chemicals, proposes suggestions to promote the development of catalytic technology for the synthesis of fine chemicals.

Keywords: synthesis of fine chemicals; Catalytic technology; Application and Development Suggestions

精细化学品是现代化工产业的重要组成部分, 其合成过程通常涉及复杂的化学反应和严格的质量控制。随着全球经济的快速发展, 对高性能与高附加值化学品的需求不断上升, 传统的合成方法面临着效率低、选择性差和资源浪费等多重挑战。在此背景下, 催化技术应运而生, 并迅速成为精细化学品合成的重要手段, 前期不仅能提高反应速率和选择性, 还能降低能耗和减少废物, 为化学合成提供更为环保的替代方案。

1 化学催化技术要点

1.1 催化加氢技术

在精细化学工业领域, 精细化工产品与普通化工产品存在明显差异, 其合成过程涉及多种原料, 需依托各类技术——尤其是合成催化技术——经过一系列化学反应才能生成特定产品。在合成催化过程中, 催化剂对加速化学反应起到关键作用, 其中转移催化技术在精细化工领域应用最为广泛, 而催化加氢技术便属于化学催化转移技术的一种。然而, 能够发生加氢反应的官能团及化学键较多, 主要包括碳碳双键、碳碳三键、苯环、碳氧双键、碳氧单键和硝基等。在相对温和的反应条件下, 碳碳双键可转化为特定官能团; 采用钌碳催化剂进行加氢反应时, 能生成蒎烯这类精

细化工产品, 且反应结束后可对催化剂进行过滤回收, 避免其失活。不过, 受空间位阻的影响, 这类合成催化反应的速率相对较慢。除氢气还原法外, 转移加氢法常以醇、烃作为氢源, 在较温和的反应条件下进行催化反应, 有助于保障生产设备的安全运行^[1]。

1.2 其他加氢技术

芳香族化合物加氢技术是在一定的温度、压力和催化剂作用下, 使芳香族化合物中的芳环与氢气发生加成反应, 将芳香族化合物转化为相应的脂环族化合物, 改变其化学结构和性质, 以满足不同精细化工产品的生产需求, 如生产环己烷等重要的化工原料, 用于制造尼龙等高分子材料。

硝基加氢技术主要是将含有硝基的化合物中的硝基还原为氨基, 在精细化工生产中, 该技术常用于合成各种胺类化合物, 这些胺类化合物是许多药物、染料、农药等精细化工产品的重要中间体。例如, 对硝基苯胺通过硝基加氢技术可转化为对苯二胺, 用于生产染料和橡胶助剂等。

酮加氢技术是使酮类化合物在催化剂作用下与氢气发生加氢反应, 酮类化合物经过加氢后可生成相应的酚类化合物, 酚类化合物在精细化工领域有广泛应用, 如用于生产香料、抗氧化剂、医药中间体等。例如,

氢化丁腈橡胶 (HNBR) 是由丁腈橡胶 (NBR) 经过加氢后得到的一种高度饱和的特种弹性体, 乳液催化加氢法的出现, 实现了催化剂的相转移快速加氢, 合成了可以催化加氢的特殊 NBR 乳液 (兼容多种催化剂, 遴选出了 20 余种高效催化剂)。

2 精细化学品合成的催化技术实践应用

2.1 酶催化技术在化学制药中的应用

2.1.1 裂解酶在化学制药中的应用

裂解酶作为一类重要的生物催化剂, 主要是作用于 C-C 或 C-O 等不饱和键, 通过加成或消除反应, 助力合成精细化工产品^[2]。在头孢菌素的半合成过程中, 7-氨基头孢烷酸 (7-ACA) 是关键的中间体, 传统的化学合成方法步骤烦琐, 且会产生大量的化学废弃物; 而利用裂解酶催化技术能从头孢菌素 C 出发, 高效且选择性地去除特定的侧链, 生成 7-ACA。

某大型制药企业在引入裂解酶催化技术生产 7-ACA 后, 生产效率得到了显著提升, 以往化学合成法生产 7-ACA, 每批次反应耗时约 48h, 而采用裂解酶催化技术后, 反应时间缩短至 24h, 生产周期大幅缩短。从产品收率来看, 化学合成法的收率约为 60%, 而裂解酶催化技术使收率提高到 80% 以上, 极大地提高了原料的利用率^[3]。在环保方面, 化学合成过程中每生产 1t 7-ACA, 会产生约 5t 化学废弃物, 而裂解酶催化技术产生的废弃物减少至 1t 左右, 显著降低了对环境的污染。这一案例充分证明, 裂解酶催化技术在提高生产效率、降低生产成本以及实现绿色制药等方面, 具有传统化学合成方法无可比拟的优势, 为化学制药行业的高质量发展提供了有力的技术支撑。

2.1.2 转移酶在化学制药中的应用

在利用转移酶开展化学反应时, 辅酶是不可或缺的物质, 以化学制药中应用较为广泛的转氨酶为例, 其在反应过程中常使用磷酸吡哆醛作为辅酶。磷酸吡哆醛作为维生素 B6 的合成物质, 与转氨酶协同作用, 能够引发底物分子发生系列反应, 这一特性使其在氨基酸合成领域展现出独特优势, 尤其在手性药物的生产中发挥着重要作用。

手性药物对治疗多种疾病具有高度的有效性和特异性, 其市场需求持续增长, 显著加快手性药物的生产进程, 极大地满足市场对这类药物的需求。转移酶在推动化学制药产业的发展进程中, 不仅能提升药物合成的效率和质量, 还为新型药物的研发与生产提供了更多的可能性。随着生物技术的不断发展与创新, 转移酶在化学制药领域的应用必将持续拓展, 助力化学制药产业迈向新的高度。

2.1.3 氧化酶在化学制药中的应用

在化学制药领域, 氧化还原反应是合成众多药物不可或缺的环节, 而氧化酶凭借其独特的催化特性, 推动氧化还原反应的顺利进行, 为化学制药产业的发展提供了强大助力。以丙肝病毒蛋白抑制剂的生成为例, 氧化酶的应用对达成药物合成目标至关重要, 该抑制剂能有效抑制丙肝病毒复制, 在丙肝治疗中发挥着关键作用。氧化酶在这一合成过程中, 基于精确的催化机制, 促使相关底物发生特定的氧化还原反应, 从而生成具有特定结构和活性的丙肝病毒蛋白抑制剂。植物激素松脂醇的生产同样离不开氧化酶, 松脂醇具有良好的治疗效果, 对多种疾病疗效显著, 在维持机体健康方面发挥着稳定的保护作用。

2.2 新催化剂与催化新技术研制工程

在精细化工产业的持续发展进程中, 合成催化剂对提升精细化工产品的生产效率与质量起着核心作用, 为了进一步发挥合成催化剂在精细化工生产领域的优势, 需要从多个维度对催化技术进行系统规划, 推动新催化剂与催化新技术的研发与应用。首先, 要紧密关注政策导向和行业动态, 在此基础上加大对催化技术研发项目的投入, 从资金、技术、人才等多个关键要素出发, 为研发工作提供全方位支持。与此同时, 随着生物技术的飞速发展, 基因编辑技术在催化技术领域的应用为精细化工生产带来了新的变革, 借助基因编辑技术对生物酶进行改造, 可以使化学反应在更温和的条件下进行, 提高反应过程的稳定性, 减少能源消耗和废弃物排放, 推动精细化工生产向绿色化方向发展^[4]。

以某大型精细化工企业为例, 该企业为提升自身在市场中的竞争力, 积极开展新催化剂与催化新技术的研发工作, 与多所高校和科研机构建立合作关系, 汇聚了一批在催化领域具有深厚造诣的专家和学者, 组建了专业的研发团队。针对氧化反应技术, 团队展开了深入研究, 运用基因编辑技术对相关生物酶进行改造。经过不懈努力, 成功研发出一种新型氧化催化剂。使用该催化剂后, 企业在特定精细化工产品的生产过程中, 反应温度从原来的 150℃ 降低至 80℃, 反应时间从 12h 缩短至 6h, 生产效率提升了 1 倍。同时, 产品的纯度从 90% 提高到 95%, 副产物减少了 30%, 显著降低了生产成本, 减少了对环境的污染。

3 促进精细化学品合成催化技术发展的建议

3.1 提升战略意识, 促进资源要素集成

为了推动该精细化学品合成催化技术的进步与发展, 企业要深入分析市场形势, 全面梳理技术资源, 明确自身在精细化学品合成催化技术领域的定位与发

展方向。在此基础上,加大对具有核心竞争力的技术与优势产品的研发投入,避免陷入同质化竞争的困境,形成差异化的市场竞争优势,提高行业的整体创新水平。复杂分子的合成往往涉及多个步骤,不仅工艺流程复杂,而且适用的催化剂成本较高,且在应用过程中灵活性欠佳。

针对此类情况,研发人员需谨慎评估研发的可行性与潜在价值,避免盲目投入资源,对于路线简单的大规模合成项目,催化剂成本在总成本中所占比重较大,这在一定程度上影响了研发人员对相关催化剂进行应用和研究的积极性。因此,研发人员要权衡各方面因素,在保证产品质量和生产效率的前提下,选择成本效益最优的催化剂及合成路线,提升产品与技术之间的适配度。

3.2 注重产研结合,提升产业化能力

当前,催化技术在产业化推进中仍面临不少阻碍,转化效率有待提升。在技术研究阶段,不少机构往往将重心过度放在技术创新性上,却忽视了为研发过程制定科学的时间规划和明确的目标导向。这种失衡直接导致,在精细化工产品的实际生产场景中,催化技术的潜在应用价值难以充分释放——许多实验室阶段表现优异的技术,因与生产需求衔接不畅,无法有效融入生产线,不仅延缓了技术研发的整体进程,更制约了其从理论走向实践的步伐。要打破这一困境,提升催化技术的产业化水平,推动精细化学品合成催化技术持续健康发展,关键在于整合多方资源,构建紧密高效的产研合作体系。

具体而言,一方面,应积极汇聚有机合成、药物合成、精细有机合成等多个学科领域的专家力量,组建跨学科的科研团队。不同学科的研究者可围绕催化反应机理分析、催化剂性能优化、生产工艺适配等关键环节展开协作,从多维度提供解决思路,让研发更具针对性。另一方面,科研团队需主动与市场占有率高、行业影响力强的企业建立深度合作,企业可依托自身生产经验,提供真实的生产数据、应用场景及市场需求信息,帮助科研团队精准把握研发方向,避免技术研发与实际生产脱节。在此基础上,双方可通过联合攻关关键技术、共建中试基地、共享研发成果等方式,完善产学研协同模式。这样一来,既能让企业及时获取先进技术以提升生产效能,也能让科研成果快速找到落地场景,从而打通从实验室研究到产业应用的全链条,加速催化技术在精细化工领域的产业化渗透。

3.3 强化有机合成技术与生物技术交叉集成

在现代工业有机化学的发展进程中,以医药、农

药及其他功能性化工品为代表的精细化学品,成为推动行业进步的关键力量,这些产品凭借其独特的性能和广泛的应用,在满足社会多样化需求方面发挥着重要作用。然而,传统有机合成技术在生产此类精细化学品时,不可避免地给生态环境带来严重污染,这与生态文明建设的要求背道而驰,成为制约精细化工行业可持续发展的瓶颈。为了化解这一难题,实现精细化工行业的绿色转型,企业要大力推进有机合成技术与生物技术的交叉集成,以生物技术绿色、安全的优势,为解决有机合成技术的环境问题提供新的思路和方法,降低精细化工生产过程中的污染物排放,创造良好的生态效益。一方面,利用生物酶催化剂替代传统的化学催化剂,催化有机合成反应,利用生物酶的专一性和催化效率,在温和的反应条件下进行,减少能源消耗,降低副反应的发生,从而减少废弃物的产生。另一方面,在生产实践中企业应积极探索将生物技术引入有机合成工艺流程,实现生产过程的绿色化和智能化,构建生物转化与化学合成相结合的联合生产模式,充分发挥两者的优势,提高资源利用率,降低生产成本^[5]。

4 结语

针对催化技术在精细化学品合成中的应用现状,企业要提出进一步强化有机合成技术与生物技术的交叉集成,推动催化技术朝着绿色、低污染方向发展,有效降低精细化工生产对环境的负面影响。同时,注重产研结合,搭建产学研合作平台,促使科研成果快速转化为生产力,对研发资源进行科学整合与规划,明确研发方向,提高研发效率。未来,随着材料科学、信息技术和生物技术的不断进步,催化技术在精细化学品合成领域将迎来更广阔的发展空间。

参考文献:

- [1] 王祥伟.精细化学品合成中的催化技术[J].化工管理,2022(24):61-64.
- [2] 王文霄.精细化学品合成催化技术的应用与发展建议[J].化工管理,2022(20):65-68.
- [3] 陈磊,高波.精细化学品合成催化技术的应用研究[J].云南化工,2021,48(10):88-90.
- [4] 靳灿辉.精细化学品合成中的催化技术的应用与发展[J].云南化工,2018,45(12):91-92.
- [5] 代兴超,袁航空,黄永吉,等.基于含羧分子构建与转化的含氮精细化学品清洁合成催化体系研究[J].中国科学(化学),2018,48(12):1568-1586.

作者简介:

吴恩隆(1994-),男,汉族,辽宁抚顺人,本科,助理工程师,研究方向:化学。