

绿色化工工艺在精细化工生产中的应用现状与发展前景分析

孙正正（青岛恒宁生物科技有限公司，山东 平度 266700）

摘要：绿色化工工艺日益成为精细化工行业实现绿色可持续发展的关键路径，已在原料选择、反应工艺优化和废弃物处理等方面展现出显著优势。本文论述了绿色化工工艺技术及其在精细化工生产中的应用现状，并从技术发展和产业应用分析了绿色化工工艺的发展前景。

关键词：绿色化工工艺；精细化工；应用；前景

中图分类号：X78 文献标识码：A 文章编号：1674-5167 (2025) 027-0016-03

Analysis of the Current Application Status and Development Prospects of Green Chemical Engineering Processes in Fine Chemical Production

Sun Zhengzheng (Qingdao Hengning Biotechnology Co., LTD. Pingdu Qingdao 266700, China)

Abstract: Green chemical engineering processes are increasingly becoming a key path for the fine chemical industry to achieve green and sustainable development, and have demonstrated significant advantages in raw material selection, reaction process optimization, and waste treatment. This article discusses the green chemical engineering process technology and its application status in fine chemical production, and analyzes the development prospects of green chemical engineering processes from the perspectives of technological development and industrial application.

Key words: Green chemical engineering process; Fine chemicals Application; Prospect

当前，随着可持续发展理念和生态环境保护意识的提升，化工行业正面临从高污染、高能耗传统模式向绿色可持续发展新型模式的转型发展压力。包括医药、农药、日用化学品在内的精细化工行业作为化工领域的重要分支，对社会经济发展具有重要支撑作用。但传统精细化工生产过程中普遍伴随着大量有毒溶剂、高能耗工艺和复杂废弃物处理等问题，严重制约了精细化工行业的长期竞争力和发展前景。而追求技术创新和工艺优化的绿色化工工艺，在减少资源消耗、降低污染物排放和提升生产效率方面日益展现出显著优势。特别是近年来，绿色催化、超临界流体技术、膜分离技术、电化学合成等代表性的绿色化工关键技术，在精细化工生产中日益得到广泛应用，有力地推动了精细化工产品的高质量生产，为行业提供了更清洁、更经济的发展路径，正逐步成为精细化工行业绿色化发展的必然选择。

1 绿色化工工艺概述及应用现状分析

1.1 绿色化工工艺概述

绿色化工工艺技术以可持续发展为理念，通过技术创新和工艺优化实现资源高效利用、能源消耗降低以及环境影响最小化，核心目标是从源头削减有害物产生，推动化工生产走向清洁化、低碳化和循环化的绿色发展道路。原子经济性和污染预防优先是绿色化

工艺的两条首要原则，原子经济性强调反应物向目标产物的最大化转化，通过设计高效反应路径减少副产物和废物的生成。污染预防优先则强调在化工生产中采取措施降低有害物质的产生，而不是被动进行末端治理。

这些理念推动了绿色催化剂、可再生原料、无毒溶剂等技术的快速发展和应用，催生了以绿色催化技术、超临界流体技术、膜分离技术和电化学合成技术为代表绿色化工工艺技术。绿色催化技术通过开发高效、可回收的催化剂，在温和条件下实现高选择性反应；超临界流体技术以超临界二氧化碳等无毒溶剂替代传统有机溶剂，广泛应用于提取、分离和纯化过程，减少环境污染；膜分离技术则通过高效的选择性渗透实现溶剂回收、废水处理和产品提纯，提升资源利用率。电化学合成技术通过电能驱动化学反应，避免了传统化工生产所需要的高温高压条件，降低能耗并减少副产物排放。

1.2 绿色化工工艺在精细化工生产中的应用现状分析

1.2.1 绿色催化技术的应用分析

绿色催化技术通过优化催化剂种类、结构以及化学反应条件，在低能源消耗和低污染物排放的前提下实现化学反应的高效、清洁转化。其在精细化工生产中的应用，主要体现在催化剂的选择、反应条件优化

以及污染物减排等方面。在催化剂选择方面,高效、选择性好、环境影响小是选择催化剂的重点方向。近年来,生物催化剂在精细化工生产中的应用逐渐增多,其具有高度的底物特异性以及温和条件下高效催化性能,在除虫菊酯等农药生产中展现出显著优势。在反应条件优化方面。

传统化工生产中的许多反应要求高温高压条件,而绿色催化技术则能够使化学反应在温和条件下进行。这使得精细化工生产能够大为降低,也大大降低了生产中副反应的发生,还减少了高温高压带来的安全生产隐患。在污染物减排方面,绿色催化技术重视开发无溶剂或水作为溶剂的反应体系,避免了传统化工生产中传统有机溶剂的大量使用。同时,相转移催化剂使不相溶的水与有机溶剂两相得以混合反应,大大提高了化工反应的可行性和效率,能够有效降低生产过程中的环境污染风险。

1.2.2 超临界流体技术的应用分析

超临界流体技术以超临界流体作为溶剂或反应介质来实现高效、清洁的化学反应过程,在精细化工生产中具有重要应用价值,在化合物提取、分离和纯化等方面具有显著优势。在植物源农药的提取过程中,超临界 CO_2 能够高效地从植物中提取天然杀虫剂、杀菌剂以及植物生长调节剂等生物活性成分。与传统有机溶剂提取法相比,超临界流体技术能够更有效地分离出目标化合物,并且不会留下有害残留物。在产品提纯方面,通过调整压力和温度可达到对超临界流体溶解度的精确控制,从而实现对特定化合物的高效选择性分离。

同时,超临界流体技术也能够用于去除化工生产过程中未反应的原料、副产物以及有机溶剂残留等杂质,从而提高最终化工产品的纯度和安全性。此外,超临界流体技术在农药制剂制备中的应用也日益广泛。例如,通过调节操作参数,可以利用超临界流体技术制备纳米级农药颗粒,从而改善农药的分散性、稳定性,从而提高药效和减少农药用量,降低环境污染的风险。

1.2.3 膜分离技术的应用分析

膜分离技术利用半透膜的选择性透过性,实现混合物中不同组分的分离、提纯或浓缩,具有高效、节能、环保等显著优势。在精细化工生产过程中,该技术在溶剂回收、产品纯化和浓缩等方面具有重要应用。在溶剂回收方面,膜分离技术能够高效地从混合物中分离出有价值的有机溶剂,减少废弃物的产生。例如,在农药生产过程中通常涉及有机溶剂的大量使用,相比于依赖蒸馏或吸附等高能耗工艺的传统回收方法,

膜分离技术通过选择适当的膜材料和操作条件,可以从复杂的混合物中精准地回收高价值溶剂,不仅降低了生产成本,也减轻了环境负担。

在产品纯化方面,纳滤技术可用于除去小分子杂质,而超滤则可以去除大分子杂质和悬浮颗粒,保证最终化工产品的高质量。同时,膜分离技术自动化水平高、操作相对简单,从而能够进一步提升化工生产效率。例如,在农药制剂生产中,膜分离技术可用于去除未反应的原料、副产物和杂质,提高产品的纯度和稳定性,确保产品的实际应用效果。在化工产品浓缩方面,通过膜过滤可以有效从反应物料中浓缩目标成分,同时排除不必要的水分和杂质。例如,在某些高浓度农药制剂的生产中,膜分离技术可以帮助快速浓缩活性成分,满足市场对高效、稳定产品的迫切需求。

1.2.4 电化学合成技术的应用分析

电化学合成技术利用电能驱动氧化还原反应,在电极表面定向合成目标物质。该技术以电子转移实现物质的还原或氧化,不依赖传统化学合成中的氧化剂、还原剂,具有原子经济性高、反应条件温和、过程可控性强等显著优势。在精细化工生产中,电化学合成技术具有独特优势。通过电能驱动化学反应,不需要传统热化学反应所需的高温高压条件,从而极大地降低能源消耗。

在选择性方面,电化学合成技术通过精确调控电位、电流密度等参数,可以实现对特定化学键的定向断开或形成,从而得到目标产物。同时,电化学合成技术能够通过选择性氧化或还原反应,直接合成复杂的有机分子,避免了传统合成路线中繁琐的步骤和副反应的发生,从而提高产品的质量和一致性。在减少废物生成方面,电化学合成通过直接利用电子转移完成化学转化,使得反应过程不涉及大量有机溶剂和氧化还原剂的使用,从而减少了废弃物的生成。这种清洁的生产方式不仅符合绿色化学的原则,更为精细化工行业可持续发展提供重要方向。

2 绿色化工工艺发展前景分析

2.1 技术发展前景分析

绿色化工工艺技术具有广阔的发展前景,技术创新驱动的资源高效利用、能源消耗降低以及环境污染减少是极为关键的发展动力。近年来,随着全球对可持续发展的持续重视,绿色化工技术在绿色催化、超临界流体技术、膜分离技术和电化学合成技术等多个关键领域取得了显著进展,相关技术不仅提升了化工生产的环境友好性,也有力地推动了传统化工行业的转型升级。

在绿色催化技术发展方面,随着纳米技术、生物催化和新型催化剂材料的不断发展,绿色催化技术的应用范围将进一步扩大。纳米催化剂具有高比表面积和高活性,能够显著提高反应速率和选择性,减少反应时间和能源消耗。生物催化技术利用酶或微生物作为催化剂,其反应条件温和、选择性高,能够有效减少有害溶剂和试剂的使用,从而降低环境污染。绿色催化技术将在精细化学品、医药中间体和农药生产等领域不断发挥出更加重要的作用,推动化工行业向高效、环保的方向发展。在超临界流体技术发展方面,随着设备成本的降低和操作条件的优化,超临界流体技术在天然产物提取、农药生产以及高端化学品制造中的应用正在变得越来越广泛。

今后,随着新型超临界流体材料和反应器设计的进步,该技术在化工生产中的应用将更加高效和经济。在膜分离技术发展方面,随着聚合物膜、陶瓷膜和复合膜等高性能膜材料的研发和应用,膜分离技术的分离效率和稳定性将进一步提高,能耗和维护成本也将进一步降低。膜分离技术在农药生产中的应用也不断得到拓展,在去除未反应的原料、副产物和杂质展现出显著优势,推动产品纯度和稳定性的不断提高。同时,随着智能化控制系统的引入,膜分离技术的自动化程度将进一步提升,为化工生产提供更加高效和环保的发展路径。在电化学合成技术发展方面,随着新型电极材料和电解质的开发,电化学合成技术的反应效率和稳定性将进一步提升。导电聚合物电极和离子液体电解质的应用,不仅提高了电化学反应的选择性和效率,还减少了传统电解质可能造成的污染问题。同时,电化学合成技术的灵活性使其能够适应多种反应类型,为复杂分子的合成提供多样化的选择。随着电化学合成技术的不断完善,该技术今后在绿色化工生产领域的应用将更加广泛,将为化工行业提供更加清洁和高效的生产方式。总的来说,随着新材料、新工艺和智能化控制系统的引入,绿色化工工艺技术的应用范围将进一步扩大,并将加快推动化工行业向绿色化、低碳化方向发展。

2.2 产业应用前景分析

绿色化工工艺在精细化工产业中的应用前景十分广阔,通过技术创新和工艺优化能够有力促进化工生产过程中的资源高效利用、能源消耗降低以及污染物减排。在精细化学品生产领域,绿色化工工艺的应用主要体现在高效催化、清洁工艺和资源循环利用等方面。精细化学品的生产通常涉及复杂的反应步骤和高纯度要求,而绿色化工技术能够优化反应条件,提高产品的选择性和产率,同时减少废弃物的产生。绿色

催化技术在精细化学品合成中的应用,能够缩短反应流程和减少副产物生成,从而提高资源利用率。膜分离技术在精细化学品提纯中的应用,则能够实现高效、低能耗的分离过程,提高产品的纯度和稳定性。随着市场对高品质精细化学品的需求不断增长,绿色化工技术在该领域的应用将进一步拓展,为精细化工行业提供更加环保和经济的发展方向。更具体地来看,绿色化工工艺在医药、农药领域的应用,还主要体现为绿色合成技术和生物催化技术的推广。传统制药工业在生产过程中往往涉及大量有毒溶剂和高能耗工艺,而绿色化工技术的引入能够显著降低环境污染和资源消耗。生物催化技术利用酶或微生物作为催化剂,能够在温和条件下进行高效反应,减少有害试剂的使用,提高药物合成的选择性和产率。绿色合成技术的应用能够减少副产物的生成,提高药物的纯度和稳定性,从而提升药品的质量和安全性。电化学合成技术在医药、农药中间体生产中的应用,能够减少高温高压反应条件,降低能耗和副产物的生成。随着绿色制药理念的推广,绿色化工技术在生物医药领域的应用将进一步扩大,能够相关产业的可持续发展提供有力的技术支持。

3 结语

随着绿色催化技术、超临界流体技术、膜分离技术和电化学合成技术等核心技术的应用,精细化工生产已经在资源高效利用、能耗降低和污染最小化方面取得显著进展。今后,随着低碳化、智能化技术与绿色化工工艺技术的深度融合,精细化工生产将向更高效率、更低排放的方向发展。

参考文献:

- [1] 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(05):170-172.
- [2] 缪建存.绿色理念催生绿色化工技术的应用及发展[J].化工管理,2020,(36):120-121.
- [3] 季永盛,胡凯,孙蓓蓓.绿色化工技术创新应用及对企业经济效益提升的意义[J].化学工业,2024,42(03):40-43.
- [4] 夏虎,孙举兰.化工工程中的绿色生产工艺与可持续发展研究[J].华东纸业,2025,55(03):20-22.
- [5] 邵永超,燕强.绿色化工环保技术在工业生产中的应用与发展[J].清洗世界,2025,41(06):98-100.

作者简介:

孙正正(1990-),男,汉族,山东省平度市人,大专,青岛市作家协会会员,初级注册安全工程师,从事应用化工方向。