

化工工程中的绿色化工技术

丁会华 沈永滨

浙江麦堆科技有限公司 浙江 嘉兴 314000

摘要:绿色化工技术作为化工领域前沿方向,以可持续发展为指引,融合多学科知识,实现化工生产全流程绿色革新。其关键领域涵盖绿色原料应用、绿色催化剂研发及绿色反应过程优化。该技术在石油化工、精细化工、制药等领域应用广泛,通过创新工艺与技术手段,降低能耗与污染,提高资源利用率,推动产业绿色转型。

关键词:化工工程;绿色化工技术;应用;研究

引言:在化工产业高速发展进程中,环境污染与资源短缺问题日益凸显,传统化工模式面临严峻挑战。绿色化工技术作为前沿发展方向,以可持续发展理念为指引,融合多学科前沿知识,构建起系统技术体系。其聚焦全流程绿色革新,在原料、催化剂、反应过程及多领域应用中成效显著,为化工产业转型发展提供关键支撑。

1 绿色化工技术概述

绿色化工技术,亦称环境友好型化工技术,作为当代化工领域的前沿发展方向,正引领着传统化工产业向绿色、低碳、可持续模式深度转型。它以可持续发展理念为根本指引,深度融合化学工程、环境科学、材料科学等多学科前沿知识与技术,构建起一套全面且系统的技术体系,旨在实现化工生产全流程的绿色化革新。

(1)从核心目标来看,绿色化工技术致力于在确保化工产品品质与产量稳定的前提下,全方位降低生产过程中的能源消耗与污染物排放,达成资源利用的最大化。这一目标与当今全球倡导的绿色发展理念高度契合,也为解决化工产业长期面临的环境污染与资源短缺难题提供了切实可行的路径。(2)相较于传统化工技术,绿色化工技术展现出显著优势。传统化工技术在发展过程中,过度聚焦于生产效率与经济效益的提升,对环境影响关注不足。在原料选取上,过度依赖石油、煤炭等不可再生资源,不仅导致资源日益枯竭,还在开采与加工过程中引发一系列生态破坏问题。生产环节中,由于反应条件控制不精准、工艺路线不合理等因素,产生大量废气、废水、废渣(“三废”),这些污染物未经有效处理直接排放,对大气、水体和土壤环境造成严重污染,威胁生态平衡与人类健康。(3)而绿色化工技术贯穿原料获取、反应过程到产品处理的全生命周期,严格遵循绿色环保原则。在原料选择上,积极采用生物质、废弃物等可再生资源,如以淀粉、纤维素等生物质为原料生产生物基塑料,既减少了对不可再生资源的依赖,又实

现了废弃物的资源化利用。在反应过程优化方面,通过研发新型催化剂、改进反应工艺等手段,降低反应活化能,提高反应选择性,减少副反应发生,从而降低能源消耗与废弃物产生。例如,采用酶催化技术替代传统化学催化,具有反应条件温和、选择性高、环境友好等优点。在产品处理环节,注重产品的可降解性与循环利用性,开发出众多环境友好型化工产品,如可降解塑料、水性涂料等,从源头上减少了对环境的污染^[1]。

2 绿色化工技术的关键领域

2.1 绿色原料的应用

绿色原料的选择是绿色化工技术的重要基础。传统化工生产大量使用化石燃料及其衍生产品作为原料,不仅面临资源枯竭的风险,还会产生大量二氧化碳、硫化物等污染物。而绿色原料具有可再生、低毒无害或无毒无害等特点,能够从源头上降低污染。例如,以生物质为原料替代部分化石原料在化工生产中逐渐兴起。生物质是一种可再生资源,通过生物发酵、热化学转化等技术,可将其转化为乙醇、生物柴油、有机酸等化工产品。以纤维素为例,它是生物质的主要成分之一,经过预处理和酶解等工艺,可转化为葡萄糖,进一步加工可制备出多种化工原料和产品,减少了对石油等不可再生资源的依赖,降低了碳排放。此外,二氧化碳作为一种丰富的碳资源,也可作为绿色原料应用于化工生产。通过化学转化技术,将二氧化碳与环氧化合物反应合成可降解塑料,不仅实现了二氧化碳的资源化利用,还解决了传统塑料造成的白色污染问题。

2.2 绿色催化剂的研发

催化剂在化工反应中起着加速反应速率、提高反应选择性的关键作用。绿色催化剂的研发旨在降低催化剂本身及其使用过程对环境的影响。传统催化剂如浓硫酸、氢氟酸等,具有强腐蚀性,在使用过程中易产生大量废液,处理不当会对环境造成严重污染。新型绿色催

化剂如固体酸催化剂、离子液体催化剂、生物酶催化剂等逐渐受到关注。固体酸催化剂具有稳定性高、可重复使用、腐蚀性小等优点,可替代传统液体酸催化剂应用于酯化、烷基化等反应。例如,采用分子筛固体酸催化剂进行烷基化反应,不仅提高了反应的选择性和产率,还避免了大量废酸的产生,简化了后续处理工艺。离子液体催化剂是一种在室温或接近室温下呈液态的盐类,具有蒸汽压低、热稳定性好、可设计性强等特点,可作为绿色溶剂和催化剂应用于多种化工反应。生物酶催化剂具有高效、专一、反应条件温和等优势,在生物化工、制药等领域得到广泛应用。例如,在生物柴油的生产中,使用脂肪酶作为催化剂,可在较低温度下实现油脂与甲醇的酯交换反应,降低了能耗,减少了污染物排放^[2]。

2.3 绿色反应过程的优化

优化绿色反应过程是实现化工生产高效、清洁的重要环节。这包括对反应条件、反应设备以及反应流程的优化。在反应条件方面,通过降低反应温度、压力,减少催化剂用量等方式,可降低能源消耗和生产成本,同时减少副反应的发生,提高产品收率和质量。例如,采用微波辅助加热技术,可使反应体系在短时间内达到较高温度,加快反应速率,降低能耗。在反应设备方面,开发新型高效的反应器,如微反应器,能够实现反应物料的快速混合和精确控制,提高反应的传质和传热效率,减少反应时间和物料用量,降低废弃物产生。微反应器具有比表面积大、反应体积小、温度和压力易于控制等特点,特别适用于一些强放热、快速反应以及危险反应。在反应流程方面,通过集成化、连续化生产工艺,实现物料的循环利用和能量的梯级利用,提高资源利用效率。例如,在化工生产中采用循环经济模式,将生产过程中的中间产物或废弃物作为其他反应的原料再次利用,减少了资源浪费和污染物排放。

3 绿色化工技术在化工工程中的应用

3.1 石油化工领域的应用

石油化工行业作为能源与基础化学品的关键供应领域,传统生产模式长期面临高能耗与高污染的严峻挑战。绿色化工技术的引入,为该领域的可持续发展提供了有效解决方案。(1)在石油炼制环节,绿色催化裂化技术成为革新焦点。传统催化裂化工艺受限于催化剂性能,轻质油收率提升空间有限,且反应过程中会生成大量焦炭和气体副产物。焦炭燃烧不仅消耗额外能源,还会释放二氧化硫等污染物,对环境造成负面影响。而绿色催化裂化技术采用新型分子筛催化剂,这类催化剂具有独特的孔道结构和酸性分布,能精准调控反应路径。

其规则的孔道可对反应物分子进行选择性与扩散,使大分子烃类更倾向于裂解为轻质油组分,显著提高了轻质油的选择性和收率。同时,新型催化剂能抑制焦炭和气体的生成,使焦炭和气体产率大幅降低,相应减少了二氧化硫等污染物的排放,实现了炼制过程的绿色升级。(2)乙烯生产领域,新型氧化脱氢技术展现出巨大优势。传统蒸汽裂解技术需在高温条件下进行,能耗巨大,且会产生大量碳氢化合物副产物,增加了后续分离处理的难度与成本。新型氧化脱氢技术以氧气或二氧化碳为氧化剂,替代了传统的高温蒸汽裂解方式。在适宜的反应条件下,氧气或二氧化碳可参与反应,促进乙烷等烃类脱氢生成乙烯,同时自身被合理转化,降低了反应所需温度,从而大幅削减了能源消耗。此外,该技术减少了碳氢化合物副产物的生成,优化了乙烯生产的产品分布,降低了碳排放。

3.2 精细化工领域的应用

精细化工产业以其产品品种繁杂、附加值显著、生产规模相对较小等特性,在化学工业体系中占据独特地位。然而,传统生产模式下的高污染、低效率问题,制约了其可持续发展。绿色化工技术的深度融入,为精细化工行业的转型升级注入了新动力,在提升产品质量与降低环境负荷方面成效显著。(1)在染料生产领域,绿色合成工艺正逐步取代传统模式。传统染料合成常依赖有毒有害的原料与催化剂,生产流程中会释放大量含有机污染物、重金属等有害物质的废水,对水体生态与土壤环境构成严重威胁。绿色合成工艺则聚焦于无毒无害原料与催化剂的应用,以天然植物染料为例,其从茜草、苏木、靛蓝等植物中提取,具有可再生、无毒副作用、生物降解性优良等特质。在染色过程中,天然植物染料无需添加多种助剂,减少了化学物质的使用,降低了废水处理的难度与成本。此外,通过优化反应条件与工艺参数,如采用温和的反应温度、压力以及绿色溶剂体系(如离子液体、超临界流体),不仅提升了染料的合成效率与品质,还显著减少了挥发性有机化合物(VOCs)的排放,实现了染料生产的绿色化转型。(2)农药生产方面,绿色农药的研发与应用成为行业焦点。传统农药的高毒、高残留特性,导致农产品农药残留超标、生态环境恶化等问题频发。生物农药技术作为绿色农药的核心代表,利用微生物(如细菌、真菌、病毒)、植物提取物等天然活性成分,具备选择性强、对非靶标生物安全、不易引发抗药性等优势。例如,苏云金芽孢杆菌产生的伴孢晶体蛋白,对鳞翅目害虫具有高效专一的杀灭作用,而对人畜及有益昆虫无害。通过

基因工程、发酵工程等现代生物技术手段,可对微生物进行定向改造与优化,提升生物农药的活性、稳定性与杀虫谱,为农业害虫防治提供了环保、可持续的解决方案。(3)精细化工企业积极引入连续化生产工艺与自动化控制技术。连续化生产通过将多个反应步骤有机整合,实现了物料的连续流动与反应,减少了批次间切换导致的物料损耗与时间浪费,提高了生产效率与产品质量的稳定性。自动化控制技术则借助传感器、执行器与智能控制系统,对生产过程中的温度、压力、流量等关键参数进行实时监测与精准调控,确保反应在最优条件下进行,进一步降低了物料浪费与废弃物产生,推动了精细化工行业向高效、绿色、智能方向发展^[3]。

3.3 制药领域的应用

制药行业作为关乎人类健康的关键产业,在生产过程中因涉及大量复杂化学反应、种类繁多的原料与溶剂,以及严格的质量控制要求,往往伴随较高的环境负荷。绿色化工技术的引入,为制药行业实现清洁生产、推动可持续发展提供了有力支撑。(1)在药物合成环节,绿色化学合成方法成为降低环境影响的核心策略。原子经济性反应作为绿色化学的重要原则,强调在化学反应中尽可能使原料分子的原子全部转化为目标产物,减少副产物和废弃物的生成。例如,环加成反应、重排反应等原子经济性反应类型,通过精准设计反应路径,避免了传统反应中大量小分子副产物的产生,显著提高了原料的利用率,降低了后续处理成本和环境压力。(2)不对称催化合成技术是提升药物合成绿色化水平的关键手段。许多药物具有手性中心,不同立体异构体在药效、毒性及代谢途径上可能存在显著差异。传统合成方法常得到消旋体混合物,后续分离纯化过程复杂、成本高昂,且会产生大量废弃物。不对称催化合成技术利用手性催化剂,可高选择性地合成目标手性药物,使目标异构体的含量大幅提高,副产物生成量显著减少。这

不仅降低了分离纯化的难度和成本,还提高了药物的疗效和安全性,减少了因无效或有害异构体排放带来的环境风险。(3)制药企业还通过优化生产工艺,引入连续流反应技术替代传统的间歇式反应技术。连续流反应技术借助微通道反应器等设备,实现了反应物料的连续流动与反应,反应条件(如温度、压力、浓度等)可精确控制,反应时间大幅缩短,减少了因局部过热、浓度不均等导致的副反应。同时,该技术显著降低了溶剂的使用量,减少了溶剂挥发和废弃物排放。此外,制药企业高度重视“三废”处理与资源化利用,采用膜生物反应器、高级氧化等先进污水处理技术,活性炭吸附、催化燃烧等废气净化技术,以及焚烧发电、化学沉淀回收重金属等废渣综合利用技术,实现了制药生产全流程的绿色化转型^[4]。

结束语

综上所述,绿色化工技术凭借其多学科融合的创新优势,在原料、催化剂、反应过程及各化工工程细分领域全面发力,为石油化工、精细化工、制药等行业破解高能耗、高污染困局提供了系统性解决方案,有力推动了化工产业向绿色、低碳、可持续方向深度转型,成为化工领域高质量发展的核心驱动力。

参考文献

- [1]侯利燕.试析化工工程工艺中的绿色化工技术[J].山东化工,2021,(01):263-265.
- [2]罗超然.化工工程中绿色化工技术的应用[J].化工设计通讯,2021,(09):72-73.
- [3]秦翠翠,冯巧,陈爱欣,等.化学工程与工艺中绿色化工技术的应用[J].当代化工研究,2020(7):120-121.
- [4]郭婷婷.绿色化工技术在化工工程中的应用[J].化工管理,2020,(06):115-116.