

绿色化工技术在化学工程与工艺中的应用

任滔丽

国家能源集团宁夏煤业有限责任公司烯烃二分公司 宁夏 银川 750411

摘要：在全球环保意识不断觉醒的当下，化学工程与工艺领域正面临严峻的绿色转型挑战。本文聚焦绿色化工技术，阐述其在化学工程与工艺中的应用。绿色原料包括生物质原料、二氧化碳及废旧资源回收利用；绿色催化剂有生物酶、固体酸（碱）、纳米催化剂等；绿色化学反应技术涵盖超临界流体、光催化、电催化技术等；还涉及废弃物处理与资源化利用。同时指出绿色化工技术应用面临技术研发难、成本高、政策法规不完善等挑战，其发展趋势为智能化、与新能源技术融合、跨学科合作加强，对推动化学工程与工艺的绿色发展具有重要意义。

关键词：绿色化工技术；化学工程；工艺；应用

引言：在当今可持续发展理念深入人心的时代，化学工程与工艺领域对绿色发展的需求愈发迫切。传统化工过程常伴随高污染、高能耗等问题，严重影响生态环境与资源可持续利用。绿色化工技术作为一种创新的解决方案，致力于从源头上减少或消除有害物质的产生与排放，提高资源利用率。它在原料选择、催化反应、废弃物处理等多个环节都有着独特的优势。深入研究绿色化工技术的应用、挑战及发展趋势，对于推动化学工业的转型升级和可持续发展具有关键作用。

1 绿色化工技术概述

绿色化工技术是指在化工产品的生产过程中，从源头上减少或消除有害物质的使用和产生，实现资源的高效利用和环境友好的化学工艺技术。它是化学工程与工艺领域实现可持续发展的关键手段。传统化工产业在为社会创造巨大物质财富的同时，也带来了严重的环境污染和资源短缺问题。而绿色化工技术的出现，旨在改变这一现状。在原料选择上，绿色化工技术倾向于采用可再生的生物质原料、二氧化碳等，避免使用高污染、不可再生的原料，从源头上降低对环境的危害。在化学反应过程中，运用高效的绿色催化剂，如生物酶催化剂、固体酸（碱）催化剂和纳米催化剂等，提高反应的选择性和原子利用率，减少副产物的生成。绿色化工技术还注重对生产过程中废弃物的处理与资源化利用，通过先进的废水、废气处理技术以及废渣的资源化手段，实现废弃物的最小化排放和资源的循环利用^[1]。

2 绿色化工技术在化学工程与工艺中的具体应用

2.1 绿色原料的应用

2.1.1 生物质原料

生物质原料来源广泛，如农作物秸秆、林业废弃物、动物粪便等。在化学工程与工艺中，它们大有用武

之地。一方面，通过生物发酵技术，可将生物质转化为生物燃料，像乙醇、生物柴油等，有效缓解能源危机。另一方面，利用生物质能合成多种化工产品，如以木质纤维素为原料制备生物基塑料，不仅降低了对石油基塑料的依赖，还因生物基塑料良好的可降解性，减轻了白色污染，为环境保护贡献力量，实现了从传统高污染原料向绿色可再生原料的转变。

2.1.2 二氧化碳

二氧化碳通常被视为温室气体，但在绿色化工领域，它摇身一变成了宝贵原料。在特定催化条件下，二氧化碳可与环氧化合物反应合成聚碳酸酯，这种材料在包装、电子等行业广泛应用。此外，二氧化碳加氢制甲醇也是研究热点，甲醇作为重要的化工原料和燃料，该反应路径既能消耗二氧化碳，又能获取高附加值产品，为化工产业的绿色转型提供了新途径，对缓解碳排放压力和拓展碳资源利用具有重要意义。

2.1.3 废旧资源回收利用

废旧资源回收利用是绿色化工技术的重要体现。废旧金属通过熔炼、精炼等工艺，可重新制成金属制品，大大减少了原生金属开采带来的资源消耗和环境破坏。废弃塑料经分类、裂解等处理，能回收单体或转化为燃料油。废旧橡胶也能加工成再生橡胶继续使用。这种将废弃物变为资源的方式，不仅降低了生产成本，还减少了垃圾填埋和焚烧造成的污染，形成了“资源－产品－废弃物－再生资源”的良性循环，推动化学工程与工艺朝着循环经济模式发展。

2.2 绿色催化剂的应用

2.2.1 生物酶催化剂

生物酶催化剂是一类具有特殊催化活性的蛋白质。在化工生产里，它展现出独特优势。其催化反应条件温

和,通常在接近常温、常压及中性 pH 值环境下就能高效运作,这极大降低了能耗与设备要求。比如在食品工业中,淀粉酶可将淀粉高效水解为葡萄糖,反应精准且副产物少,产品纯度高。在制药领域,脂肪酶能催化药物合成中的关键反应,提升药物合成效率与质量,因其高度特异性,能精准作用于特定底物,减少不必要的化学反应,助力绿色制药工艺,实现化工生产的节能与环保。

2.2.2 固体酸、碱催化剂

固体酸、碱催化剂以固态形式存在,区别于传统液体酸碱催化剂。在石油化工行业,固体酸催化剂用于催化裂化反应,能将重质油转化为轻质油品,显著提高汽油、柴油等产品的产率。因其为固体,易于与反应产物分离,避免了传统液体催化剂后续分离难、污染产品的问题,还可重复使用,降低生产成本。在精细化工中,固体碱催化剂可催化酯交换反应合成精细化学品,反应选择性好,能精准控制反应方向,减少杂质生成,推动化工生产向绿色、高效方向迈进。

2.2.3 纳米催化剂

纳米催化剂因具有纳米级尺寸,拥有极大的比表面积与高活性位点。在汽车尾气净化领域,纳米级的铂、钯等金属催化剂能高效催化一氧化碳、碳氢化合物和氮氧化物的反应,将有害气体转化为二氧化碳、氮气和水,大幅降低尾气污染物排放。在化工合成反应里,比如纳米二氧化钛催化剂用于光催化合成有机化合物,在光照条件下,能有效激发反应,提高反应速率与转化率,以其高效、节能的特性,为化工工艺绿色革新提供有力支撑,在诸多领域展现出广阔应用前景。

2.3 绿色化学反应技术的应用

2.3.1 超临界流体技术

超临界流体技术利用物质在超临界状态下特殊的物理化学性质。以超临界二氧化碳为例,它兼具气体的低黏度与液体的高溶解性。在萃取领域,超临界二氧化碳可高效提取植物中的有效成分,如从咖啡豆中提取咖啡因,相较于传统有机溶剂萃取,避免了溶剂残留,产品更纯净。在化学反应中,超临界流体能充当反应介质,增强反应物的传质效率,促进反应进行,像某些聚合反应在超临界条件下,反应速率和产物质量都得到显著提升,实现了化工过程的绿色、高效生产。

2.3.2 光催化技术

光催化技术借助光催化剂,在光照下激发电子跃迁,产生具有强氧化还原能力的活性物种。在环境治理方面,二氧化钛光催化剂常用于降解水中有机污染物,

在太阳光照射下,可将污水中的有害物质分解为二氧化碳和水,净化水质。在化工合成中,光催化可实现一些传统方法难以达成的反应,例如在温和条件下催化有机化合物的选择性氧化,减少高温高压反应带来的高能耗与副反应,以清洁的太阳能为驱动力,推动化工反应向绿色、可持续方向发展,为化工生产开辟新路径。

2.3.3 电催化技术

电催化技术通过电极与电解液界面的电化学反应来促进反应进行。在燃料电池中,电催化剂能加速氢气和氧气的反应,高效产生电能,为新能源汽车等提供动力,减少对化石燃料的依赖,降低碳排放。在化工合成里,电催化可实现一些常规条件下不易发生的反应,如电催化二氧化碳还原制备化学品,将温室气体转化为有价值的产物,过程绿色环保,且能精准调控反应路径,提高目标产物的选择性,对化工产业绿色转型意义重大。

2.4 废弃物处理与资源化利用

2.4.1 废水处理技术

在化工生产中,废水处理技术至关重要。物理法通过沉淀、过滤等手段,去除废水中的悬浮颗粒与杂质,例如砂石过滤可拦截大颗粒污染物。化学法利用中和、氧化还原等反应,调节废水酸碱度,降解有害化学物质,像用强氧化剂将废水中的重金属离子转化为沉淀。生物法借助微生物的代谢活动分解有机污染物,活性污泥法中微生物能将废水中的有机物转化为二氧化碳和水。经这些技术处理,废水达到排放标准,部分还可回用于生产环节,实现水资源的循环利用,减少对新鲜水资源的需求,助力化工行业绿色发展。

2.4.2 废气处理技术

化工废气常含多种污染物,废气处理技术可有效净化。吸附法利用活性炭等吸附剂,吸附废气中的有害成分,如处理含苯废气时,活性炭能高效吸附苯分子。燃烧法将可燃废气在高温下燃烧转化为无害物质,对于高浓度有机废气效果显著。吸收法通过特定吸收剂与废气中的污染物发生化学反应,从而吸收污染物,比如用碱性溶液吸收酸性废气中的二氧化硫。这些技术减少了有害气体排放,降低对大气环境的污染,改善空气质量,同时部分处理后的废气成分可回收利用,创造经济效益。

2.4.3 废渣资源化利用

化工废渣若处理不当会占用土地且污染环境,资源化利用则变废为宝。金属废渣经选矿、冶炼等工艺,可回收其中的金属,如从废旧电池废渣中提取锂、钴等稀

有金属,实现资源再利用。煤矸石等废渣可用于生产建筑材料,制成砖、水泥等,既解决了废渣堆放问题,又降低建筑材料生产成本。有机废渣通过堆肥处理,制成有机肥料,用于农业生产,改善土壤肥力。废渣资源化利用既环保又经济,推动化工行业向循环经济模式转变^[2]。

3 绿色化工技术应用面临的挑战与发展趋势

3.1 绿色化工技术应用面临的挑战

3.1.1 技术研发难度大

绿色化工技术的研发需要跨学科的知识和技术支持,涉及化学、化工、材料、生物、环境等多个领域。开发新型的绿色催化剂、绿色溶剂、绿色反应工艺等,需要深入研究化学反应机理、材料结构与性能关系等基础科学问题,这对科研人员的专业素养和创新能力提出了很高的要求。而且,绿色化工技术的研发往往需要大量的实验和数据积累,研发周期长、成本高,面临着诸多不确定性,增加了技术研发的难度。例如,在开发高效的生物基催化剂时,需要筛选和培育合适的微生物菌株,优化发酵工艺,研究催化剂的固定化技术等,每一个环节都需要耗费大量的时间和精力,且在实际应用中还可能面临催化剂活性降低、稳定性差等问题。

3.1.2 成本较高

绿色化工技术在初期投入方面通常较大,包括研发成本、设备购置成本、工艺改进成本等。采用新型的绿色原料和工艺,可能导致原材料价格较高,生产过程中的能耗和物耗也可能在短期内难以降低,从而使产品成本上升。这在一定程度上影响了企业应用绿色化工技术的积极性,尤其是对于一些中小企业来说,较高的成本可能成为其采用绿色化工技术的障碍。

3.1.3 政策法规不完善

虽然政府对环境保护和绿色发展越来越重视,但目前相关的政策法规还不够完善,对绿色化工技术的支持和引导力度有待加强。在一些地区,对于采用绿色化工技术的企业,缺乏明确的税收优惠、财政补贴等政策措施;在标准制定方面,部分绿色化工产品和技术的标准不够统一和规范,导致市场上产品质量参差不齐,影响了绿色化工产业的健康发展。

3.2 绿色化工技术的发展趋势

3.2.1 智能化发展

随着人工智能、大数据、物联网等信息技术的快速发展,绿色化工技术将朝着智能化方向发展。通过智能化控制系统,可以实时监测和优化化工生产过程中的

各项参数,实现生产过程的精准控制和自动化运行。例如,利用传感器实时采集反应温度、压力、流量等数据,通过大数据分析和人工智能算法,及时调整生产工艺,提高反应效率和产品质量,同时降低能源消耗和废弃物排放。

3.2.2 与新能源技术融合

新能源技术的发展为绿色化工技术带来了新的机遇和挑战。未来,绿色化工技术将与太阳能、风能、水能等新能源技术深度融合。一方面,利用新能源为化工生产提供清洁、可持续的能源,减少对传统化石能源的依赖,降低碳排放。另一方面,化工技术也可以助力新能源的开发和利用,如研发新型的储能材料和电池技术,提高新能源的存储和利用效率。

3.2.3 跨学科合作加强

绿色化工技术的复杂性决定了其发展需要加强跨学科合作。未来,化学工程与工艺将与生物学、材料科学、环境科学、计算机科学等学科进行更广泛、更深入的交叉融合。例如,生物化工领域需要生物学和化学工程的结合,通过基因工程技术改造微生物,使其能够高效生产化学品,同时利用化工原理对生物反应过程进行优化和放大。在材料科学方面,开发新型的绿色化工材料需要材料学和化学工程的协同创新,设计和制备具有特殊性能的材料,满足化工生产和环境保护的需求^[3]。

结束语

绿色化工技术在化学工程与工艺中的应用,正引领行业迈向可持续发展的光明前景。从源头削减污染、提升资源利用率,到创新工艺减少能耗,它全方位推动产业变革。这不仅助力企业降低成本、增强竞争力,更是对生态环境的有力守护。展望未来,随着科研持续投入、技术不断迭代,绿色化工技术必将在更多领域深度渗透,为人类打造经济与环境和谐共生的美好蓝图,成为支撑全球可持续发展的关键力量。

参考文献

- [1]孙维维,苏振明,王鹏,丛亚凤.绿色化工技术在化学工程与工艺中的应用研究[J].化工管理,2022(10):213-214.
- [2]张顺.化学工程工艺中绿色化工技术的开发与应用[J].中小企业管理与科技(中旬刊),2022(03):143-144.
- [3]赵占科.化学工程工艺中绿色化工技术的实践应用研究[J].山东工业技术,2022(06):149-167.