

化工工程绿色化工技术应用研究

和 龙

中昊晨光化工研究院有限公司 四川 自贡 643200

摘要：随着希望化工行业迈向可持续未来，绿色发展迫在眉睫。本文聚焦化工工程中绿色化工技术应用研究。首先阐述绿色化工技术的理论内涵，接着深入分析绿色原料、绿色催化、清洁生产、生物、循环经济等技术要点。最后探讨其在化工工程中的应用路径，包括绿色原料选与应用、绿色催化体系构建、清洁生产技术实施、生物技术融合以及环境友好型产品开发等方面，旨在为化工工程实现绿色可持续发展提供理论支撑与实践指导。

关键词：绿色化工技术；化工工程；可持续发展；应用路径

引言：化工工程作为国民经济重要支柱产业，在推动经济发展的同时，也带来诸多环境问题。传统化工生产模式资源消耗大、污染排放多，与可持续发展理念相悖。在此背景下，绿色化工技术应运而生，成为解决化工行业环境问题的关键。它强调从源头减少污染，提高资源利用率，实现化工生产与环境保护的协调发展。深入研究绿色化工技术在化工工程中的应用，对于推动化工行业转型升级、实现绿色可持续发展具有重要的现实意义。

1 化工工程绿色化工技术的理论内涵

(1) 绿色化工技术秉持可持续发展理念。在化工工程中，它不再局限于单纯追求经济效益，而是将经济、社会与环境效益统筹考量。通过优化生产流程、合理利用资源，确保化工活动在满足当代人需求的同时，不损害后代人满足其需求的能力，实现行业的长远、稳定发展。(2) 强调源头预防与过程控制。与传统化工事后治理污染不同，绿色化工技术注重从原料选取阶段就进行把控，优先选用无毒、无害、可再生的绿色原料，从源头上减少有害物质的产生。在生产过程中，运用先进的工艺和设备，精确控制反应条件，提高原子利用率，降低副产物生成，将污染控制在最小范围内。(3) 追求资源的高效循环利用。绿色化工技术致力于构建物质和能量的循环体系，对生产过程中产生的废弃物进行回收、再加工和再利用，使其重新成为生产原料或转化为有价值的产品。通过循环经济模式，不仅减少了资源浪费，还降低了对环境的压力，实现资源利用的最大化和废弃物排放的最小化，推动化工工程向绿色、低碳、循环方向转型^[1]。

2 化工工程绿色化工技术分析

2.1 绿色原料技术

绿色原料技术聚焦于从源头降低化工生产的环境负

荷，核心在于选用无毒、可再生且环境友好的原料替代传统高污染、高能耗原料。生物质原料因其可再生性和低环境影响成为重点，如植物油脂、淀粉、纤维素等，可用于生产生物柴油、生物塑料等绿色产品。同时，二氧化碳、工业废气等温室气体的资源化利用技术快速发展，通过化学或生物转化将其转化为燃料、化学品或材料，实现碳循环与减排。此外，绿色溶剂的研发与应用也是关键，如离子液体、超临界流体等，可替代传统有机溶剂，减少挥发性有机物(VOCs)排放。绿色原料技术还强调原料的生命周期评估，从开采、运输到使用、废弃的全过程考虑环境影响，推动原料选择向低碳、可持续方向转型，为化工工程绿色化奠定基础。

2.2 绿色催化技术

绿色催化技术通过开发高效、选择性高且环境友好的催化剂，降低反应能耗、减少副产物生成，实现化工过程的绿色化。纳米催化剂因其高比表面积和活性位点，可显著提高反应速率和选择性，同时减少催化剂用量。离子液体催化剂兼具低挥发性和高溶解性，在酯化、氧化等反应中可替代传统酸、碱催化剂，减少废酸、废碱排放。生物酶催化剂具有反应条件温和、选择性高的特点，适用于手性化合物合成等精细化工领域。此外，光催化、电催化等新型催化技术利用可再生能源驱动反应，实现零碳排放。绿色催化技术还注重催化剂的回收与再生，通过磁性分离、膜分离等技术实现催化剂循环使用，降低生产成本和环境影响。

2.3 清洁生产技术

清洁生产技术通过优化工艺流程、提高资源利用率和减少污染物排放，实现化工生产的全过程绿色化。原子经济性反应是核心，通过设计高效反应路径，使原料原子尽可能转化为目标产物，减少废弃物生成。过程强化技术如微反应器、超临界流体技术等，可缩小反应设

备体积、提高反应效率，同时降低能耗和排放。废水、废气、废渣的“三废”综合治理技术也是重点，通过膜分离、吸附、生物处理等手段实现污染物资源化利用。此外，清洁生产强调能源的梯级利用和余热回收，通过热集成、热泵等技术提高能源利用效率。

2.4 生物技术

生物技术通过微生物、酶等生物催化剂实现化工过程的绿色化，具有反应条件温和、选择性高、环境友好等优势。代谢工程和合成生物学技术的发展，使微生物能够定向合成目标产物，如生物燃料、生物基化学品等。酶催化技术通过基因编辑和蛋白质工程优化酶性能，提高反应效率和稳定性，适用于手性药物、精细化学品等高附加值产品的合成。生物固碳技术利用微生物或藻类固定二氧化碳，转化为有机物或生物燃料，实现碳减排。此外，生物降解技术可处理塑料等难降解污染物，通过微生物或酶的作用将其分解为无害物质。

2.5 循环经济技术

循环经济技术通过物质和能量的闭环流动，实现资源的高效利用和废弃物的最小化排放。产业共生是核心模式，通过构建企业间的物质和能量交换网络，实现废弃物的资源化利用，如化工园区内企业间的蒸汽、废水、废渣的梯级利用。再制造技术通过表面修复、性能升级等手段，使废旧产品恢复或超过原性能，延长使用寿命，减少资源消耗。资源化技术将废弃物转化为有价值的资源，如电子垃圾中的金属回收、废旧塑料的热解制油等。此外，循环经济技术还强调产品的生态设计，从设计阶段考虑产品的可拆卸性、可回收性和可升级性，推动绿色消费和循环经济的发展^[2]。

3 绿色化工技术在化工工程中的应用路径

3.1 绿色原料的选择与应用

(1) 生物质原料利用。生物质原料具有可再生、低污染特性，是绿色原料的重要来源。在化工工程中，可利用植物油脂生产生物柴油，以淀粉、纤维素为原料制造生物可降解塑料。通过生物发酵技术，还能将糖类转化为乙醇、丁醇等生物燃料。推广生物质原料，能减少对化石资源的依赖，降低生产过程中的碳排放，推动化工行业向绿色可持续方向转型。(2) 二氧化碳资源化。将二氧化碳作为原料进行资源化利用，是绿色化工的创新方向。可通过化学催化将二氧化碳转化为甲醇、碳酸酯等化学品，也能借助生物技术，利用微生物或藻类将其固定并转化为有机物。这不仅实现了温室气体的减排，还开发出新的化工产品，为化工生产提供了绿色原料，助力行业实现低碳发展目标。(3) 废弃物再生利

用。对化工生产过程中的废弃物进行再生利用，是绿色原料选择的关键举措。可将废旧塑料通过热解、催化裂解等技术转化为燃料油或化工原料；工业废渣经处理后用于建筑材料生产。通过废弃物再生利用，既减少了废弃物对环境的污染，又降低了对原生资源的开采，提高了资源利用效率，实现经济效益与环境效益的统一。

3.2 绿色催化体系的构建

(1) 酶催化技术。酶作为生物催化剂，能在温和条件下精准催化特定反应，减少副反应发生，降低能耗与污染。通过基因工程可对酶进行改造，提升其活性与稳定性，拓宽适用范围。在有机合成中，酶催化可实现手性化合物的高选择性合成。而且酶可生物降解，不会造成二次污染，符合绿色化工对环保与高效的要求，推动化工生产向清洁化迈进。(2) 纳米催化技术。纳米粒子具有高比表面积和丰富的活性位点，能显著提高催化反应速率和选择性。通过调控纳米粒子的尺寸、形貌和组成，可优化其催化性能。在催化加氢、氧化等反应中，纳米催化剂展现出优异效果。同时，纳米催化剂易于回收和重复使用，降低了生产成本，为绿色化工提供了可持续的催化解决方案。(3) 离子液体催化。离子液体几乎无蒸汽压，可减少挥发性有机物排放，降低对环境的污染。其独特的离子结构和可设计性，能根据反应需求调整阴阳离子组合，实现对多种反应的高效催化。在酯化、烷基化等反应中，离子液体催化表现出高选择性和活性。而且离子液体可循环使用，提高了资源利用率，是构建绿色催化体系的重要技术手段。

3.3 清洁生产技术的实施

(1) 超临界流体技术。在萃取过程中，它能高效溶解目标成分，且不会残留有害溶剂，广泛应用于天然产物提取、药物纯化等领域。在化学反应中，超临界流体可改善反应物传质效率，提高反应速率和选择性，减少副产物生成，实现绿色、高效生产。(2) 微波辅助反应。微波辅助反应通过微波直接加热反应物，使反应体系快速升温，加速分子运动和碰撞频率，从而显著提高反应速率。与传统加热方式相比，微波加热具有选择性、均匀性和快速性，能减少反应时间，降低能耗。同时，微波辅助可实现一些常规条件下难以进行的反应，提高产品收率和质量。此外，该技术操作简便，易于控制，为清洁生产提供了高效、节能的反应途径。(3) 连续流反应技术。连续流反应技术将反应物连续输入反应器，在流动状态下完成化学反应并连续输出产物。与传统的间歇式反应相比，连续流反应可精确控制反应条件，如温度、压力、停留时间等，提高反应的选择性和

重复性。它还能实现反应与分离过程的集成，减少中间体的储存和转移，降低安全风险。此外，连续流反应设备体积小、占地面积少，易于实现自动化生产，符合清洁生产对高效、安全、环保的要求。

3.4 生物技术的深度融合

(1) 生物催化。酶具有高度专一性，能在温和条件下精准催化特定反应，减少副产物生成，降低能耗与污染。微生物细胞则可整合多步酶反应，实现复杂化合物的合成。生物催化技术广泛应用于制药、食品、精细化工等领域，用于合成手性药物、生物基化学品等，为绿色化工提供了高效、环保的催化手段，推动产业可持续发展。(2) 代谢工程。代谢工程通过基因编辑技术对微生物代谢途径进行精准改造，优化目标产物合成。通过过表达关键酶基因、敲除竞争途径基因等操作，可提高微生物合成特定产物的能力。例如，改造大肠杆菌生产生物燃料、氨基酸等。代谢工程还能开发新型微生物细胞工厂，利用可再生资源合成高附加值产品。该技术实现了从基因水平对生物合成过程的调控，为生物技术在绿色化工中的深度应用提供了有力支撑。(3) 生物质精炼。生物质精炼以生物质为原料，通过物理、化学和生物方法将其转化为燃料、化学品和材料。该过程整合了预处理、水解、发酵等多步技术，实现生物质中纤维素、半纤维素和木质素的高效利用。例如，将农作物秸秆转化为生物乙醇、生物柴油等燃料，以及生物塑料、纤维等材料。生物质精炼提高了生物质资源的综合利用率，减少了对化石资源的依赖，推动了绿色化工与生物经济的协同发展。

3.5 环境友好型产品的开发

(1) 可降解材料。可降解材料能在自然环境中被微生物分解，最终转化为无害物质，有效缓解传统塑料造成的“白色污染”。常见的有聚乳酸(PLA)、聚羟基脂肪酸酯(PHA)等生物基可降解材料，它们以可再生资源为原料，生产过程碳排放低。还有光降解、氧化降解等材料，通过特定条件触发降解。可降解材料广泛应用于包装、农业地膜等领域，推动各行业向绿色可持续转型，减少对生态环境的长期负面影响。(2) 低毒

溶剂。低毒溶剂具有毒性低、挥发性弱的特点，可大幅降低对操作人员健康和环境空气质量的危害。如离子液体、水基溶剂、某些醇类溶剂等。离子液体几乎无蒸气压，不易挥发；水基溶剂以水为溶剂主体，添加少量助剂，环保又经济；醇类溶剂如乙醇，毒性相对较低。在涂料、清洗、制药等行业，使用低毒溶剂可减少有机废气排放，保障生产安全与环境友好，符合绿色化工发展要求。(3) 绿色化学品。绿色化学品从原料获取、生产过程到产品使用和废弃处理，均遵循环境友好原则。其原料多来自可再生资源，生产过程采用清洁工艺，减少“三废”排放。例如，生物基表面活性剂，以植物油脂等为原料，可替代传统石油基产品；绿色农药，低毒、低残留，减少对土壤和水体的污染。绿色化学品的开发与应用，有助于构建绿色产业链，实现经济发展与环境保护的双赢^[3]。

结束语

化工工程中绿色化工技术的应用研究意义深远且重大。从绿色原料的精心选用，到绿色催化体系的巧妙构建；从清洁生产技术的全面实施，到生物技术的深度融合，再到环境友好型产品的积极开发，每一步进展都为化工行业的可持续发展注入强大动力。这些技术不仅有效降低了化工生产对环境的负面影响，还提升了资源利用效率，推动行业向绿色、低碳、循环方向转型。未来，我们仍需持续创新与探索，不断完善绿色化工技术体系，让绿色化工技术在化工工程中发挥更大效能，实现经济效益与生态效益的双丰收，绘就化工行业绿色发展的美好蓝图。

参考文献

- [1]赵庆来.化学工程工艺中绿色化工技术的开发应用[J].黑龙江科学, 2022, 10(12): 74-75.
- [2]刘朝金.试论绿色化工技术在化学工程与工艺中的应用[J].云南化工, 2021, 46(3): 192-193, 196.
- [3]李连峰,熊东,方磊,周峰.化学工程工艺中绿色化工技术应用的几点探究[J].中国石油和化工标准与质量,2020,40(10):238-239.