

# 绿色化工工艺的现状、经济效益与发展趋势分析

冯仁东（联泓新材料科技股份有限公司，山东 滕州 277527）

**摘要：**全球气候变化与资源约束的双重压力，推动化工行业加速向绿色生产模式转型。传统化工工艺面临能耗过高、废弃物难处理等瓶颈，清洁生产技术的突破正重塑产业竞争格局。绿色化工工艺在降低环境负荷的同时创造经济价值的技术特性，使其成为破解可持续发展难题的关键选项。本研究系统解析绿色化工的技术谱系与产业化现状，探讨其经济可行性及未来演进方向。

**关键词：**绿色化工；工艺；经济效益；发展趋势

**中图分类号：**X78；TQ032.4

**文献标识码：**A

**文章编号：**1674-5167（2025）013-0005-03

## Analysis of the Current Status, Economic Benefits, and Development Trends of Green Chemical Processes

Feng Rendong (Lianhong New Materials Technology Co., Ltd., Tengzhou Shandong 277527, China)

**Abstract:** The dual pressures of global climate change and resource constraints are driving the chemical industry to accelerate its transition to green production models. Traditional chemical processes are facing bottlenecks such as high energy consumption and difficult waste disposal, and breakthroughs in clean production technology are reshaping the competitive landscape of the industry. The technical characteristics of green chemical processes in reducing environmental load while creating economic value make them a key option for solving sustainable development problems. This study systematically analyzes the technological spectrum and industrialization status of green chemical industry, explores its economic feasibility and future evolution direction.

**Keywords:** green chemical industry; workmanship economic performance; development trend

随着全球环境问题的日益严峻和资源短缺的加剧，绿色化工工艺作为实现化工行业可持续发展的关键路径，正受到前所未有的关注。当前，绿色化工工艺不仅在污染控制与资源节约方面展现出显著成效，还通过技术创新不断提升经济效益与市场竞争力。化工行业可持续发展需求与技术创新能力的持续提升，推动绿色化工从概念探索走向工程实践。传统末端治理模式向全过程控制的转变，要求重新定义生产工艺的环境效益与经济效益关系。本研究聚焦绿色化工技术体系的经济优化路径，分析不同技术路线的产业化障碍，揭示清洁生产与价值创造的协同机制。

### 1 绿色化工工艺的现状

当下绿色化工工艺在全球范围内受到了广泛的关注并且取得了发展，这一工艺把环境保护以及可持续发展当作目标，想要运用清洁生产技术以及高效生产方式，达成资源节约以及环境污染的减少，伴随环保意识的增强，越来越多的化工企业开始重视绿色化工工艺的研发与应用。各个国家的政府也颁布了一系列相关政策，鼓励并支持绿色化工技术的创新和发展，在这样的形势下，绿色化工工艺有了明显的进步，在绿色化工工艺当中，高效、清洁、低碳、循环、安全以及可持续等特性得到了充分展现，通过运用先进的生产技术与设备，绿色化工工艺不但提高了生产效率

和产品质量，还降低了生产成本以及对环境的负面影响。比如新型催化剂的研发与应用，让化学反应的选择性和效率大幅提高，同时降低了能耗和资源消耗，另外绿色化工工艺在多个领域获得了广泛使用，在清洁能源领域，绿色化工可用来生产太阳能电池板、风力发电机组等关键材料。在环保材料方面，绿色化工技术被用于生产环保型塑料、涂料和粘合剂等，去替代传统有毒有害材料，在生物质化工领域，利用生物质资源生产化学品，像生物柴油和生物基塑料，有效减少了对化石资源的依赖，然而绿色化工工艺的发展依旧面临一些挑战。例如缺少高效、环保的催化剂和反应条件，以及化工生产过程中产生的废弃物处理等问题，都需要研究和解决，即便如此随着科技的不断进步和环保意识的持续增强，绿色化工工艺的未来发展前景依旧广阔。

### 2 绿色化工工艺的经济效益分析

#### 2.1 降低生产成本，提高资源利用效率

绿色化工工艺借助采用高效催化剂、优化反应条件以及开发新型反应器等方式，很大程度上提高了化学反应的选择性与转化率，这样就降低了原材料的消耗，比如说开发新型催化剂能让化学反应在更为温和的条件下开展，提高反应的选择性，减少原材料的使用量。这直接降低了原材料成本，也减少了副产品的

生成,降低了后续处理和处置的费用。

绿色化工工艺还重视资源的循环利用以及废弃物的资源化利用,运用先进的回收和处理技术,把废弃物转化成有价值的副产品或者能源资源,既减少了废弃物的处理成本,又提高了资源的利用效率。像在废水处理过程中,采用先进的生物处理技术和膜分离技术,可高效去除有害物质,同时回收废水中有价值的成分,实现资源的再次利用。

在能源利用方面,绿色化工工艺也呈现出明显的优势,通过采用节能设备和技术,比如先进的热能回收系统,可有效回收生产过程中产生的废热,减少对外部能源的依赖。利用太阳能、风能等可再生能源替代传统的化石能源,不但降低了生产成本,还减少了温室气体的排放,为实现碳中和目标做出了积极贡献。

## 2.2 提升市场竞争力,增强企业品牌形象

现如今消费者对于环保以及可持续发展方面的关注程度持续提升,在这样的背景下,市场里对绿色产品的需求呈现出日益增多的态势,企业运用绿色化工工艺制造出来的产品,鉴于其具备环保以及可持续发展的特质,会比较容易得到消费者的认可与喜爱。

这种良好的品牌形象不光对提高产品在市场中的占有率有帮助,还可吸引来更多的投资以及合作机会,增加企业的商业机遇与收益,与此同时绿色化工工艺的运用对企业提升生产效率和质量也有帮助,企业通过对生产流程加以优化并且采用先进的生产设备,可大幅度提高生产效率以及产品质量,这样就可以降低成本,提高在市场中的竞争力。

另外绿色化工工艺还着重于废弃物的减量化、资源化以及无害化处理,这对企业减少环境污染以及治理成本有帮助,能提升企业的经济效益。

## 2.3 带动相关产业发展,促进绿色产业链形成

在推广和应用绿色化工工艺时,不仅带动了化工行业的转型升级,还推动了相关产业的发展,通过和上下游企业协同合作,构建绿色供应链,实现资源的循环利用与共享,不仅提高了整个产业链的经济效益,还推动了产业的绿色转型和升级。

比如在新型催化剂的研发和应用上,绿色化工工艺促进了催化剂产业的创新发展,研发和生产高效低毒的绿色催化剂,不仅满足了绿色化工工艺的需求,还推动了催化剂产业的技术进步与产业升级,同时绿色化工工艺在废水处理、废气治理等领域的应用,也带动了环保产业的发展,促进了环保技术的创新与应用。

而且绿色化工工艺还推动了清洁能源和可再生能源产业的发展,利用太阳能、风能等可再生能源替代

传统化石能源,绿色化工工艺不仅降低了生产成本,还促进了清洁能源产业的发展壮大,这可推动能源结构的优化升级,实现能源的可持续利用。

## 3 绿色化工工艺的发展趋势

### 3.1 绿色清洁生产技术

在化工企业朝着绿色转型的道路上,清洁生产已然成为达成可持续发展目标的关键策略,济南圣泉集团研发出的“一种化工生产领域的清洁生产工艺”这项科技成果,给这一目标的实现给予了很强的技术支持,该工艺有创新地对化工废气做了高效吸收以及资源化利用,明显提高了资源回收率,在环境保护方面也取得了很大进展。该工艺把化工废气里的高沸点且易溶于水的组分当作中低浓废水,利用精馏、汽提等先进办法,达成了这些组分几乎完全回收(利用率在99%以上),在这个过程中,吸收塔作为关键设备,里面填充的吸收液起到了很重要的洗涤作用,有效抓住并吸收了废气中的有害物质。

之后在精馏塔内,这些被吸收的组分经过一系列物理处理,实现了高效回收,达成了资源的循环再利用,该工艺在树脂材料的帮助下,实现了废气中水蒸气的再生,这个创新设计不但提高了废气的处理效率,在冷凝处理后,还借助溶剂罐顺利回收了溶剂,提升了资源的综合利用率。该工艺以甲醇作为再生原料,特别适合处理沸点在150℃以下的物质,其废气成分中常含的甲苯、二甲苯、三氯甲烷等有害组分,在这个工艺下都得到了有效处理,为保证清洁生产能高效实施,该工艺对化工生产装置做了精心设计和配置。溶剂回收罐、冷凝分相器、换热器以及树脂吸附罐等核心配件共同发挥作用,构成了完整的废气处理与资源回收系统,为提高清洁生产效率,工艺设计中还特意强调了树脂吸附罐的循环运行,通过至少配备两个树脂吸附罐,保证了吸附效能不断强化。同时雾化喷淋器、填料器等辅助结构的增加,让整个化工生产流程形成了标准化的清洁程序,为化工企业的绿色转型提供保障。

### 3.2 绿色化学催化氧化技术

催化氧化技术在化工生产领域占据着重要地位,始终在加快化学反应速度、提高生产效率方面有着关键作用,在传统工艺里,像氯化铝这类氧化剂被大量使用,借助氧化、酯化以及裂解等反应方式,切实推动了化工生产的高效运转,其中超过90%的化学工程依靠催化剂的应用才能达成。不过在绿色化学理念愈发受到重视的当下,催化氧化技术的变革十分必要,绿色催化剂的研发和应用成了行业转型升级的关键,绿色催化剂的选择想要从源头减少有害物质排放,提



高化工生产的环保性能, 超强酸固体催化剂和超强碱固体催化剂, 凭借它们独特的酸碱性质, 成为绿色催化领域的新亮点。硫酸、盐酸基的超强酸固体催化剂, 酸度超过了  $-11.92$  的界限, 而碳酸钠、氢氧化钠基的超强碱固体催化剂, 碱度达到  $26$  以上, 这些催化剂的加入, 明显提升了催化效率, 也降低了对环境的潜在危害, 天然黏土比如蒙脱土等夹层催化剂的使用, 把自然界的智慧融入到化工生产中, 达成了资源高效利用和环境友好的双重目标。季磷盐与季铵盐类催化剂, 依靠其独特的亲水亲油特性, 为化工物质的稳定状态提供了保障, 同时分子筛催化剂的引入, 也为化工生产的绿色转型增添了新活力, 铝骨架磷酸盐分子筛产品, 因其广泛的适用性, 成为众多化工工艺中的首选。在一项关于乙苯与异丙苯催化剂使用的调查中发现, 随着市场需求以每年  $3\%$  至  $5\%$  的速度持续增加, 分子筛催化剂的应用显示出明显优势, 和传统催化剂相比, 采用分子筛技术的化工生产线, 年产量从  $6.7$  万吨提高到  $8.5$  万吨, 废气排放量从  $211\text{kg/h}$  大幅减少到  $4\text{kg/h}$ , 废渣排放量也大幅下降到  $4.6\text{kg/h}$ , 这一变化不仅大大提高了生产效率, 还降低了生产成本与环境负担。另外纳米催化剂作为绿色化学催化领域的又一突出点, 它在化工生产中的应用前景也很广阔, 纳米级催化剂因为其极大的比表面积与活性位点数量, 展现出出色的催化性能与选择性, 为实现化工生产的低碳、环保提供支持。

### 3.3 废水废气绿色化工技术

在化工企业的生产过程中, 废气和废水是不可避免会产生的环境污染物, 对它们进行有效治理以及资源化利用, 是实现绿色化工生产的关键所在, 华陆工程科技企业研发了“煤气化废水废气预处理与综合利用技术”, 为解决这一难题提供了创新的办法。这项技术经过精细调控, 成功把化工生产废水的酸碱度稳定在大约适宜的  $8.3$ , 这样的调整优化了后续处理步骤, 还减少了因酸碱失衡可能导致的二次污染, 技术的核心是能高效去除废水中的镁、钙离子以及微小颗粒悬浮物, 这些悬浮物的粒径低至  $0.1\mu\text{m}$ , 这一步极大地提高了废水的净化程度, 为后续的资源化利用打下了坚实基础。更先进的是该技术可以对化工生产过程中产生的黑水闪蒸汽、真空闪蒸汽以及气化废水进行有效处理, 这些废气废水在传统工艺里往往很难得到有效管控, 而该技术通过集成汽提装置、絮凝沉降装置, 其中絮凝沉降装置包含澄清槽、清液泵等关键组件, 还有清液过滤器等一系列精密设备, 实现了对废气废水中硫化氢、一氧化碳、氨氮等有害成分的深度净化, 保证排放物达到严格环保标准的同时空气

质量有了明显改善。该技术在处理过程中, 不仅重视污染物的去除, 还关注资源的循环再利用, 通过一系列先进的物理、化学手段, 该技术把原本被当作废弃物的废气废水转化为有价值的资源, 实现了真正的“变废为宝”, 这一转变不但减轻了企业的环保压力, 还在经济效益和社会效益之间找到了很好的平衡点, 为推动化工行业的绿色转型提供了有力的技术支持。

### 4 结束语

绿色化工工艺作为现代化学工业的重要发展方向, 其现状展现出显著的环保效益与技术创新活力。通过不断优化工艺流程与催化剂, 绿色化工在实现高效生产的同时, 有效降低了环境污染, 展现了良好的经济效益与社会责任。展望未来, 随着材料科学、生物技术与信息技术的深度融合, 绿色化工工艺将迈向更加智能化、精细化的发展道路, 为构建循环经济体系、推动化工行业绿色发展贡献力量。我们有理由相信, 绿色化工工艺将成为化工行业转型升级的关键驱动力, 引领行业走向更加繁荣、可持续的未来。

### 参考文献:

- [1] 张杨. 绿色化工技术在化学工程工艺中的应用探究[J]. 石化技术, 2024, 31(09): 282-284.
- [2] 胡金龙. 绿色化工技术在化学工程与工艺节能中的运用研究[J]. 清洗世界, 2024, 40(07): 61-63.
- [3] 胡希春, 高健, 李维海, 等. 化工工程工艺中的绿色化工关键技术分析[J]. 清洗世界, 2024, 40(05): 72-74.
- [4] 万婷. 绿色化工技术在化工工程工艺中的应用[J]. 化纤与纺织技术, 2023, 52(12): 60-62.
- [5] 崔苗苗. 绿色化工技术在化学工程与工艺节能中的运用研究[J]. 中国石油和化工标准与质量, 2023, 43(21): 148-150.
- [6] 杨孝栋. 绿色化工技术在化学工程工艺中的运用[J]. 化学工程与装备, 2023, (10): 37-39.
- [7] 隋冲. 化学工程与工艺中绿色化工技术的应用分析[J]. 山东化工, 2023, 52(13): 131-132+136.
- [8] 南文文. 绿色化工技术在化学工程与工艺节能中的运用探讨[J]. 中国石油和化工标准与质量, 2023, 43(01): 169-171.
- [9] 杨靖. 精细化工的发展趋势以及如何发展绿色精细化工[J]. 化工管理, 2023(15): 155-157.
- [10] 罗昕. 化学工程与工艺中的绿色化工技术解析[J]. 石化技术, 2022(7): 41-43.
- [11] 李万力. 分析绿色化工技术的最新发展与应用[J]. 工程技术, 2023(6): 88-90.
- [12] 黄成炉. 浅谈绿色化学工艺的研发现状及未来发展[J]. 石化技术, 2016(11): 61-63.