

化工技术在化工工程与工艺中的应用

李 静

湖南省雪天盐碱新材料有限公司 湖南 衡阳 421400

摘 要：本文以化工技术在化工工程与工艺中的应用为核心，阐述化工技术的内涵、分类及支撑作用，分析化工工程与工艺的核心要素。重点探究基础化工、新型催化、过程强化等六大核心化工技术的具体应用，包括原料处理、反应调控、设备优化等关键环节的技术实践。研究表明，化工技术通过保障工艺稳定、提升生产效率、强化安全环保，为化工产业提供核心支撑。本文成果可为化工技术的工程化应用及产业升级提供理论参考与实践指导，推动化工行业高质量发展。

关键词：化工技术；化工工程；工艺；具体应用

引言：化工产业作为国民经济的支柱，其工程与工艺的高效运行直接关乎产业竞争力。当前，化工行业面临资源消耗大、环保要求高、效率提升难等挑战，而化工技术是破解这些难题的关键。从传统传热传质技术到现代智能催化技术，化工技术的迭代为工程与工艺优化提供了多元路径。本文系统梳理化工技术的应用逻辑，深入剖析各类技术的实践价值，旨在为化工工程与工艺的提质增效提供可行方案，助力行业绿色转型。

1 化工技术的内涵与分类

1.1 化工技术的内涵

化工技术是贯穿化工产品全生命周期的技术体系总和，以化学原理为核心，融合多学科知识实现物质转化与优化。其本质是通过精准把控物质结构、反应规律及工程条件，解决化工生产从原料处理到产物输出的系列技术难题，兼具理论指导性与工程实践性。化工技术以化学反应为核心纽带，衔接原料预处理、反应调控、产物分离等关键环节，形成完整技术链条。它不仅关注反应可行性，更注重生产高效性、稳定性与安全性，通过优化工艺参数与适配设备，实现物质转化的低耗优质目标。同时，其具有鲜明系统性，各环节技术相互支撑，任一环节突破都可能带动整个生产体系升级。

1.2 化工技术的分类

化工技术可按核心功能、技术属性及应用领域科学分类，各类技术承担特定作用：（1）按技术功能，分为反应控制、分离提纯、过程强化等技术，直接作用于生产核心环节，决定效率与产品质量。（2）按技术属性，涵盖基础与前沿化工技术，前者含传热传质、反应动力学调控等传统技术，是生产基石；后者包括催化、智能、绿色等技术，聚焦解决行业瓶颈。（3）按应用领域，可分为高分子、精细化工等技术，针对特定需求形

成专属体系，共同构成多元化框架，为化工工程与工艺发展提供支撑^[1]。

2 化工工程与工艺的核心要素

化工工程与工艺的高效运行依赖多要素协同作用，各要素紧密关联，共同决定生产质量与效益，核心要素包括以下四方面：（1）原料属性与预处理体系。原料是生产起点，其纯度、成分稳定性及物理化学特性直接影响后续工艺设计。预处理体系需精准匹配原料特性，通过除杂、配比调节等手段，为反应环节提供达标原料，是保障工艺稳定的基础前提。（2）反应过程与参数调控。反应是物质转化的核心，反应类型、条件及参数调控精度至关重要。需依据反应动力学规律，对温度、压力、浓度等关键参数精准控制，确保反应高效进行并抑制副反应，这是决定产品产率与质量的核心所在。（3）设备适配与工程设计。设备是工艺实施的载体，其结构、材质需与工艺高度匹配，兼顾传热传质效率与运行安全。工程设计需统筹设备布局、物流路线，实现生产流程顺畅衔接，提升整体生产效率。（4）安全环保与能耗控制。安全防控涵盖风险预警、应急处理等；环保聚焦污染物处理与达标排放；能耗控制通过工艺优化降低能源消耗^[2]。

3 化工技术对工程与工艺的支撑作用

化工技术是化工工程与工艺运行的核心驱动力，其支撑作用体现在多维度，具体如下：（1）筑牢工艺实施基础。通过解析物质转化规律、明确反应机理，为工艺设计提供科学依据，攻克原料转化技术壁垒，使复杂生产具备可行性。依托精准参数调控平抑生产波动，避免反应条件失衡导致的工艺中断，保障生产持续稳定。

（2）驱动效率与质量双升。借助反应强化、传质优化等技术，缩短反应周期、提高原料转化率，大幅提升生

产效率。通过优化催化体系、改进分离工艺,精准控制反应选择性,降低产物杂质,实现产品质量标准化与高端化。(3)推动工程优化与降本。与工程设计深度融合,通过设备改良、流程集成优化布局与物料路径,减少能耗物耗。依托废弃物资源化技术降低环保成本,构建“低耗高效”模式,提升生产经济性。(4)强化安全与产业升级。智能监测、风险预警技术实时捕捉异常信号,提前识别隐患,构建全流程安全防护网。新型技术推动传统工艺迭代,助力开发高附加值产品,推动产业从规模扩张向质量效益转型。

4 核心化工技术在化工工程与工艺中的具体应用

4.1 基础化工技术在生产工艺优化中的应用

基础化工技术是化工生产的底层支撑,其应用围绕流程规整与参数精准控制展开,贯穿生产全链条,具体体现在:(1)原料预处理技术优化适配。通过粒度分级控制将固体原料破碎至工艺需求的均匀粒径,减少后续传质阻力;采用低温真空干燥精准控制含水率,避免水分影响催化活性。针对液体原料,以精密过滤与吸附脱色技术去除机械杂质及有机色素,保障原料纯度达标。(2)反应过程动力学调控。基于反应速率方程,借在线检测实时捕捉反应物浓度变化,动态调节温度、压力参数,使反应维持在最优动力学区间。采用分段控制策略,初期提温加速启动,中期稳参保效率,后期微调促反应完全,减少未反应物残留。(3)传热传质效率提升。换热环节以螺旋板式换热器替代传统设备,优化流道结构增大传热面积与湍流程度;高粘度体系采用夹套与内盘管组合传热,消除局部温差。传质方面改良搅拌桨叶,形成复合流场促进反应物均匀分布,规避局部浓度过高引发的副反应。(4)分离提纯工艺简化。依产物与杂质沸点差异,优化精馏塔塔板数、回流比及进料位置;共沸体系采用萃取精馏,筛选高效萃取剂破乳分离。固液分离选用卧式螺旋沉降离心机,通过调控转速与差速优化分离因数,提升固相含水率控制精度。

4.2 新型催化技术在化工工艺中的创新应用

新型催化技术以高活性、高选择性为核心优势,通过材料改良与反应机制创新推动工艺精准升级,具体应用包括:(1)催化材料结构与改性。采用溶胶-凝胶法制备纳米级催化颗粒,增大比表面积提升活性组分暴露度;通过贵金属掺杂调整电子结构,增强对反应物的吸附活化能力。针对腐蚀性体系,以陶瓷或合金为载体负载活性组分,提升催化剂稳定性与寿命。(2)选择性催化反应调控。多组分体系中,利用分子筛择形特性控制孔道尺寸,仅允许目标反应物进入活性中心;不对称

合成采用手性催化技术,通过手性配体与金属中心协同作用,精准控制产物立体构型与光学纯度。(3)催化反应工艺革新。以固定床反应器替代釜式设备,实现连续进出料减少批次波动;开发催化-分离一体化工艺,将催化剂固定于装置内,产物经膜组件直接分离,省去后续分离成本。放热反应采用微通道反应器,借高效传热及时移热防催化剂过热失活。(4)催化剂再生与回收。采用高温吹扫或化学清洗进行原位再生,去除积碳与中毒物质恢复活性;贵金属催化剂通过溶剂萃取回收活性组分,实现循环利用降低消耗成本。

4.3 过程强化技术在化工工程中的实践应用

过程强化技术通过设备优化与流程集成实现工程高效紧凑运行,核心应用聚焦反应与分离效能提升:(1)微化工技术工程应用。以微通道反应器构建紧凑系统,利用小尺寸效应强化传热传质,使反应在毫秒级完成并缩短停留时间。通过多通道并行设计提升处理量,满足工业化需求,同时精准控制反应条件降低高危反应风险。(2)超临界流体技术实践。以超临界二氧化碳为萃取介质,借高溶解性与扩散性提取天然产物有效成分;作为反应介质时可改善反应物溶解度与相界面接触状态,提升反应速率与选择性。还可用于废旧高分子材料降解回收,在超临界条件下破坏分子链实现资源循环。(3)反应-分离一体化应用。反应与精馏结合构建反应精馏塔,反应物边反应边分离产物,打破平衡限制提升转化率;气液体系采用膜反应器,实现气体选择性渗透与产物及时分离;萃取与反应集成,利用萃取剂移除副产物促进反应正向进行。(4)设备强化与流程集成。以静态混合器替代搅拌装置,通过内部元件扰流实现高效混合并减少能耗。将原料预热、反应、冷却等单元整合于单一设备,缩短物料输送距离降低投资。通过流程模拟优化设备连接与操作参数,实现能量与物料匹配最优。

4.4 绿色化工技术在环保工艺中的应用

绿色化工技术以“减量化、无害化、资源化”为目标,实现污染控制与资源回收双重效益,具体应用:(1)清洁生产技术应用。以无毒原料替代传统有毒试剂从源头控污;开发溶剂回收技术,通过精馏、吸附实现溶剂循环。反应工艺中采用催化氧化替代化学氧化,降低有害废弃物排放。(2)废气处理与净化。含硫废气采用湿法与干法联合脱硫,将硫氧化物转化为固体产品;挥发性有机废气通过活性炭吸附-热脱附实现有机物回收与炭再生。光催化氧化技术可在紫外光与催化剂作用下,将有害有机物降解为二氧化碳与水。(3)废水处理与资源化。膜生物反应器结合生物降解与膜分离,提升

化工废水处理效果；高盐废水采用纳滤与反渗透组合技术实现盐水分离，处理后水循环使用、盐分结晶回收。芬顿氧化、臭氧氧化等高级技术可降解难生化有机物，提高废水可生化性。（4）固废处理与回收。热解技术在无氧环境下将固废分解为可燃气体、液体燃料与残渣实现能量回收；含重金属固废通过化学浸出提取离子，再经沉淀、萃取回收。化工废渣可作为水泥掺合料等用于建材生产，实现资源化利用^[1]。

4.5 智能化工技术在工程与工艺中的融合应用

智能化工技术通过数据采集、分析与智能决策实现生产精准控制，应用于全流程智能化升级：（1）化工过程建模与模拟。利用AspenPlus等软件构建生产流程数学模型，通过模拟优化工艺参数与设备结构。基于反应动力学建立反应器模型，预测不同工况反应结果，为设计优化提供依据，同时通过全流程模拟优化单元操作耦合关系。（2）物联网与传感器技术应用。在设备上安装温度、压力等各类传感器实时采集参数，经物联网传输至中央控制系统实现实时监控。无线传感器网络覆盖偏远或危险区域，光纤传感器等高精度设备实现产物成分与质量在线分析。（3）人工智能与大数据分析。基于生产数据，用机器学习建立工艺参数与产品质量、能耗的关联模型，实现质量预测与参数优化。神经网络算法识别异常数据，诊断设备故障与工艺波动并预警；大数据挖掘节能潜力，优化生产调度降低能耗。（4）智能控制与自动化系统。采用分布式控制系统（DCS）实现集中控制与分散管理，通过算法自动调节执行机构稳参。开发模糊控制与专家系统应对非线性、大滞后特性提升精度，工业机器人替代人工完成物料搬运、巡检等工作，提效保安全。

4.6 高分子化工技术在材料合成工艺中的应用

高分子化工技术通过聚合调控与材料改性实现精准合成与性能优化，满足多元需求，具体应用：（1）聚合反应精准控制。活性聚合技术通过调控引发剂与反应

条件，实现聚合物分子量及分布精准控制；乳液聚合在乳化剂作用下控制温速，制备粒径均匀乳液；悬浮聚合借分散剂调控液滴大小，实现聚合物颗粒形貌与尺寸管控。（2）功能高分子合成。共聚反应将不同单体引入分子链赋予特定功能，如亲水与疏水单体共聚制备两亲性高分子；接枝聚合在主链接枝功能侧链，如抗菌基团制备抗菌材料；交联聚合通过交联剂形成三维网状结构，提升力学性能与热稳定性。（3）高分子改性技术。物理改性通过聚合物共混实现性能协同，如聚乙烯与聚丙烯共混改善加工性；化学改性通过氧化、氯化等反应改变结构，提升相容性与功能性；填充改性将纳米颗粒等加入基体，制备高强度、高耐磨性复合材料。（4）聚合工艺绿色高效化。本体聚合替代溶剂聚合减少污染与回收成本，开发水性聚氨酯等以水为分散介质的合成技术。微波与超声聚合加速反应速率缩短时间，连续聚合替代间歇工艺实现连续生产，减少波动提升质量稳定性^[4]。

结束语：化工技术贯穿化工工程与工艺全流程，其应用深度决定产业发展高度。本文从多维度构建了化工技术的应用体系，证实基础技术是保障、前沿技术是动力。未来，化工技术需进一步向绿色化、智能化融合发展，强化多技术协同应用。企业应结合自身生产需求，精准匹配技术类型，通过工艺优化与设备升级实现降本增效。

参考文献

- [1]张德强,陆健,庄顺江.绿色化工技术在化学工程与工艺中的应用[J].化纤与纺织技术,2025,54(4):60-62.
- [2]陆健,庄顺江,张德强.环保化工技术在化学工程中的应用研究[J].化纤与纺织技术,2025,54(5):46-48.
- [3]张金辉.化工工程工艺中的绿色化工关键技术分析[J].中文科技期刊数据库(全文版)工程技术,2025(3):217-219.
- [4]张倩.化工技术在化学工程与工艺中的运用[J].石油石化物资采购,2025(15):61-63.