

化学工程工艺中环保化工技术的应用

● 卢志宇



[摘要] 随着工业化进程的不断推进,化学工业在带来经济效益的同时,也不可避免地带来了环境污染问题。传统的化学工艺虽能高效地生产化工产品,但也逐渐显现在出环保方面存在的不足之处。近年来,环境保护政策日益严格,公众的环保意识也随之增强,环保化工技术逐渐成为化学工业的重要发展方向。反应过程的优化与催化剂的改进,减少了有害气体的排放,绿色溶剂与环保材料的应用,替代了传统的有毒、有害物质;废水、废气及固废的回收与循环利用减少了环境污染,降低了企业的生产成本。优化工艺流程、提高资源利用率及减少污染物的排放,实现了生产过程的绿色转型与可持续发展。这是行业的必然选择,也是推动社会经济可持续发展的重要举措。

[关键词] 化学工程;工艺;环保化工技术;应用

化学工业作为社会经济的重要支柱之一,其生产过程中伴随着大量的能源消耗及环境污染,不仅对生态环境造成了压力,也影响着人们的健康生活。传统的化学工艺带来了废气、废水及废渣等污染物的排放,造成了一定的环境问题。鉴于此,本文将深入剖析化学工程工艺中环保化工技术的应用。应用环保化工技术能够优化化学反应的过程、采用可持续的原料与能源、推动资源回收与废物循环利用,从而减少对环境的负面影响。本文先阐述了化学工程工艺核心,再分析了环保化工技术在化学工程中的实践,以期为推动绿色化工产业的发展提供一定的参考与借鉴。

化学工程工艺与环保化工技术概览

(一)化学工程工艺核心

化学工程工艺利用化学原理与工程技术,将原材料转化为有价值产品。它涵盖了从原料预处理到最终产品生产的反应、传质、传热、分离过程等各个环节。通过优化各个环节能实现高效的物料转化,达到提高生产率、降低能耗及减少环境影响的目的。设计合适的反应过程不仅依赖于反应动力学与热力学的理论分析,反应条件、催化剂的选择及反应器类型等,物料的分离与纯化也是关键的环节,如蒸馏、吸附及萃取等方法,将反应产物与副产品或杂质分离,实现产品的纯度与质量。在许多化学反应过程中,热量的有效的传递是反应顺利进行的关键,在液体、气体或固体间的物质传递过程中,提高效率也关系到生产过程的经济性。

现代化工企业在关注生产效率与成本控制的同时,还须考虑减少对环境的污染与资源的浪费。在设计及优化化工工艺时,结合绿色化工技术与循环经济的理念,以便促成更加环保且高效的生产。

(二)环保化工技术要义

环保化工技术结合了化学工程与环境保护的新技术,优化化学工艺并应用绿色技术,减少或消除化学生产过程中对环境的污染。具体来说,环保化工技术是降低污染物排放、优化资源利用效率并减少对生态环境的负面影响。如废气处理、废水回收、固废处理及能源节约等。在废气处理方面,先进的催化转化技术,能去除生产过程中产生的有害气体。同时,环保化工技术还强调原料的绿色替代,使用低毒、可降解或可再生的原料,减少对环境的负担。绿色溶剂、无害化学反应等工艺,替代传统工艺中的有害化学物质。此外,对副产品与废料的回收利用能降低生产成本,还能减少对资源的浪费提高整体资源的使用率。如废热回收系统,将生产过程中释放的废热重新利用,降低能源的消耗。

环保化工技术在化学工程中的关键地位

环保化工技术能有效的减少生产过程中对环境的污染,传统的化学工艺产生大量的废气、废水及固废,对生态环境造成长期影响,也会对人们的健康带来威胁。在现代化学工业中,环保技术的应用能有效地回收并再利用生产过程中产生的废料与副产品,如废水处理技术能净化水源,还能回

收其中的可利用资源，还减少了对自然资源的依赖，推动了产业的绿色转型。随着环保法规的出台与人们社会责任意识的增强，对污染排放的监管力度越来越严格，采用环保化工技术能帮助企业合规的运营，避免法律风险，还能提升其在市场中的品牌形象。面对气候变化与资源枯竭的挑战，环保化工技术为其转型提供了技术支持，使行业从根本上减少对环境的负担，实现了经济效益与生态效益的双赢。

Q 环保化工技术在化学工程中的实践

（一）清洁生产技术

在化学工程工艺中，清洁生产技术优化生产过程、减少污染物排放并提高资源利用率。如在传统的化学反应中，使用清洁生产技术绿色溶剂、水或天然植物提取物来替代有毒的有机溶剂，降低了生产过程中的污染风险；选择环保的催化剂与反应介质，能提高反应的效率，也能减少副产物的生成。在许多化学工艺中，能量消耗既是生产成本之一，也是污染源之一。引入节能设备、优化反应条件及提高能源利用效率，可减少能源的消耗，如蒸馏与加热等过程中的热量回收系统，将废热再利用，减少能源的浪费、降低碳的排放。清洁生产技术利用先进的废水处理技术去除废水中的有害物质，减少了对外部水源的依赖，保证了水资源的回收利用。固体废料与副产品的回收利用亦然，将反应过程中产生的废气转化为可用能源，或将废渣用于生产其他化工产品，提高了资源的利用率，减少了废弃物对环境的影响。

（二）生物技术革新

生物技术作为环保化工技术的重要组成部分，用于废水处理、废气治理及绿色生产等环节。利用微生物、酶及植物等生物催化剂，将有害物质转化为无害或有用的物质。传统的化学法处理废水需要使用大量的化学药剂且会产生二次污染，而生物处理法则是利用微生物的代谢作用来去除废水中的有机污染物。对含有有机物废水的去除率可达90%以上，如活性污泥法是利用微生物群体分解水中的有机物，每天处理废水量可达到数千立方米，且几乎不产生额外污染物。此外，生物膜法、厌氧消化等技术也在工业废水处理上得到了广泛的应用。在化学工业中，废气中常含有硫化氢、氮氧化物等有害气体，生物滤池技术利用特定微生物降解废气中的有害成分，节能降耗的同时清除污染物。在使用生物滤池技术后，硫化氢的去除效率可达95%，同时，能耗仅为传统方法的1/5。此外，采用生物催化剂代替传统的化学催化剂，也能减少有毒副产物的生成，还能提高反应选择性与效率。以柴油为例，酶催化的转酯化反应相较于传统的化学催化法，转化率提高了20%左右，减少了使用有害溶剂的需求。

（三）环境友好产品

环保化工技术不仅致力于减少污染物的排放，还推动环境友好型产品的开发与应用。传统化学工艺中，很多产品依赖于石油基化学品或有害物质，会对环境造成污染，且资源有限。现代环保化工技术研发并应用生物基原料、可再生资源等，减少了对环境的负面影响，如生物基塑料如聚乳酸PLA与聚羟基脂肪酸酯PHA具有较好的生物降解性，不仅来源于植物或微生物，还能减少塑料污染问题。据统计，聚乳酸的生产过程中，二氧化碳排放量减少了约50%。在许多化学品的生产过程中，环保工艺采用绿色溶剂、低温反应、催化反应等方式，降低了能源的消耗与化学废料的生成。如超临界流体技术能在较低温度与压力下实现高效的提取与反应，既减少了化学反应中的副产物与污染物生成，也提高了反应的选择性、减少了有害副产品的生成。如今，涂料、包装材料及纺织品等越来越多的化学产品，采用了可降解或可回收的设计，减少了长期存在环境中的废弃物，譬如，一些水性涂料与无溶剂化学品的开发，减少了有毒溶剂的使用，降低了挥发性有机物VOCs的排放，提高了空气质量。

（四）绿色催化技术

绿色催化技术采用环保催化剂与优化反应条件，实现了化学过程的绿色转型，减少了对环境的负担。使用环保催化剂，降低了传统化学催化反应中的有害副产物。以固体酸催化剂为例，相较于传统液体硫酸、氯化氢，固体酸催化剂在反应后能减少废酸的排放，如在生物柴油的生产过程中，采用固体酸催化剂进行转酯化反应，提高了转化率、降低了能源与溶剂的使用量。研究表明，使用固体酸催化剂后转化率提高15%~20%，且副产物的生成减少了约30%。固体催化剂还能重复使用，这也减少了废弃物的产生与处理成本。另外，绿色催化技术可用于温度、压力及溶剂反应条件的优化，如采用超临界流体催化技术进行有机合成反应时，相较于传统溶剂，超临界二氧化碳scCO₂较低的毒性，且在反应后可轻松分离，减少了有害溶剂的使用与环境污染。

Q 提升化学工程环保性的策略

（一）绿色技术研发

1. 增强反应选择性，精准控制

基于环保化工技术，提高反应选择性的策略体现在优化催化剂的选择、控制反应条件及采用绿色反应介质等方面。环保化工技术运用研发与应用高效、选择性强的催化剂，能提高目标产物的产率，减少不必要的副反应。如金属催化剂在有机合成中的应用广泛，特别是钯、铂、铑等贵金属催化剂，在催化反应时能精确控制反应活化能，使反应朝着特定的产物方向进行。优化温度、压力及反应时间等因素，能有效的抑制副反应的发生并增强目标反应的选择性，如某

些反应在低温下进行,抑制不必要的自由基反应。温度控制也是常用的优化手段,低温条件下目标产物的生成速率较高、副反应速率较低,例如苯乙烯的选择性聚合反应中,精确控制温度在 50℃ 左右,能减少副反应的发生使聚合物的纯度达到 90% 以上。传统化学反应常依赖于有毒溶剂,增加了反应的环境负担,还会影响反应的选择性。使用超临界二氧化碳 scCO₂ 或水相溶剂等绿色溶剂,具有较低的毒性且更好的反应选择性,如在酯化反应中,超临界二氧化碳作为溶剂,不仅提高了反应的选择性,还能将溶剂回收再利用,减少废溶剂的排放。

2.绿色溶剂应用,替代有害溶剂

绿色溶剂能减少传统有害溶剂对环境与大众健康的负面影响,同时提高反应的选择性与效率,促进化学工艺的可持续发展。传统溶剂大多来自石油基产品,高毒性、难降解且挥发性有机物 VOCs 排放。绿色溶剂侧重于低毒性、可降解性,不易造成环境污染,如超临界二氧化碳 scCO₂ 具有良好的溶解能力、低毒性、易回收性,用于提取、反应及分离。研究表明,超临界二氧化碳作为溶剂的反应速率比传统溶剂提高了约 30%,同时副产物减少了约 40%。在许多化学反应中,水能作为溶剂替代有毒溶剂,如在某些水溶性催化反应中,水提供了优良的反应环境,还能在反应后轻松分离产物,减少溶剂的残留。以绿色合成反应为例,使用水替代传统有机溶剂可降低成本,也能有效避免有机溶剂对环境的污染。此外,可再生溶剂如乙醇、丙二醇及丁二醇等,同样也具有较低的环境负担、能有效的替代石油基溶剂,且在生产与使用过程中能减少 CO₂ 的排放。如采用生物基乙醇代替石油基溶剂,减少了温室气体的排放,还能运用生物质资源循环利用,降低了生产成本。

(二)清洁技术推广

1.优化生产工艺,提升效益

基于环保化工技术,优化生产工艺有助于提升产品质量与产量、有效降低对环境的负面影响。传统的化学生产过程需要大量的热能与电能,增加了生产成本,也加剧了能源的消耗与温室气体的排放。采用节能技术优化反应条件能有效的减少能源的消耗,如热集成技术在化学工艺中回收废热并重新利用;绿色催化技术能有效的提高反应的选择性与效率、降低副产物生成。如钯、铂催化剂等高效催化剂在有机合成反应中的广泛应用,使生产工艺的整体效率得到提升,资源利用率与经济效益也显著增加。此外,在传统化学工艺中许多反应会产生废料与废气,这无疑会增加处理成本,也会对环境造成一定的污染。引入环保化工技术可将废料转化为有用资源,如某些溶剂回收,运用膜分离、吸附或蒸馏等技术将废溶剂回收并重新利用,回收率可达 95% 以上,既减少了废溶剂的排放,也节约了生产成本。

2.废物资源化利用与循环利用

废物资源化能有效的减少生产过程中的废弃物排放,还能将废弃物转化为有用的资源,降低生产的成本,减少环境污染,实现循环经济。在化学工程中,许多反应过程会产生挥发性有机化合物 VOCs 与二氧化碳等废气,若未经处理直接排放,会对大气环境造成严重污染。采用吸附法、膜分离法等将废气中的有价值成分回收并再利用,如活性炭吸附法用于回收溶剂气体,并将蒸馏工艺将溶剂再生利用。化工生产过程中会产生大量含有有毒有害物质的废水,若不经处理就排放将对水体与土壤会造成一定的污染。采用先进的废水处理技术进行回收与再利用,如膜过滤技术与生物处理法,将含有有机物的废水净化处理,回收水资源将其用于冷却、清洗等。

(三)建立健全体系,确保合规运行

基于环保化工技术加强环保管理与监管,有助于提高生产过程的环保水平、减少污染排放。随着信息技术的发展,智能化监控系统被广泛应用于化学工程中的环保管理。安装传感器与在线监测设备,实时的跟踪排放源的废气、废水与废渣等污染物的浓度与流量,实时的掌握环保指标,使污染排放不超过标准值。如烟气自动监控系统 CEMS 自动检测并报告废气中的污染物浓度,及时发现异常情况,避免超标排放。在化学工程工艺中引入绿色化学设计与绿色催化技术来减少废弃物的产生与有害物质的使用,可提高反应的选择性与产率,减少资源的浪费与污染。

Q 结束语

环保化工技术在化学工程工艺中的应用,有效应对了日益严峻的环境问题,更推动了化学工业的可持续发展。实践中,清洁生产技术、绿色催化剂、废物资源化方法等,被广泛应用于各类化学工程项目中。技术创新与绿色化学的设计,环保监管的加强,也为企业的可持续发展提供了保障。在各方的共同努力下,环保化工技术将在化学工程中发挥越来越重要的作用,为实现绿色发展目标做出更大的贡献。

参考文献

- [1]董娜,张峰,刘龙涛.化学工程与工艺中绿色化工技术的应用[J].中国石油和化工标准与质量,2022,42(18):166-168.
- [2]靳慧轩.环保化工技术在化学工程工艺中的应用[J].化工管理,2021(31):152-153.
- [3]杜建军.绿色化工技术在化学工程工艺中的应用[J].化工管理,2019(11):179-180.

作者简介:

卢志宇(1974-),男,汉族,河北沧州人,本科,助理工程师,沧州聚隆化工有限公司,研究方向:氯碱化工技术。