

化学工程与工艺中的节能分析

苏 盛

美国空气化工 天津 301602

摘 要：在社会发展的过程中，人们已经认识到可持续发展对于化工行业发展的重要性。近年来，政府在低碳环保、节能减排方面出台了很多政策，有效改善了人们的生存环境，提高了自然资源在工业生产中的利用率。节能理念在化学工程工艺中的应用协调了化工行业生产经济增长与保护环境之间的关系。这对于我国社会经济发展的模式具有重要的意义。在过去，随着化工行业的发展，已经给居住环境造成了严重的破坏，这是强调节能理念应用在化学工程与工艺中的根本原因，实现化工行业的可持续发展。

关键词：可持续发展；化学工程与工艺；节能

化学工程与工艺当中的节能对于降低化工企业的生产成本以及提升化工企业的资源应用效率而言有着极为重要的意义。在对化学工程与工艺当中节能的重要性进行解析以后，从动力能耗、工艺以设施等多个方面着手，提出了节能的有效可行措施，希望可以对化学工程与工艺当中的节能提供借鉴以及指导。

1 化学工程与工艺节能的重要性

1.1 降低生产成本，提升经济效益。化学工业作为能源密集型产业，能源消耗占全国总能耗的20%以上。通过工艺优化（如余热回收、设备升级）和新技术的应用（如高效反应器设计），企业可显著减少燃料浪费和原材料投入，提升生产效率与产出值。例如，热管交换器的应用可实现余热二次利用，某石化企业通过此类技术年节省标煤5万吨。

1.2 履行环保责任，减少污染排放。化工生产过程中产生的废气、废水及废渣对生态环境构成威胁。节能工艺结合绿色化学技术（如清洁生产、无毒催化剂开发），可降低污染物排放强度，实现资源循环利用。例如，绿色化学工程工艺将清洁工序嵌入生产链，减少末端治理成本，同时降低环境风险。

1.3 响应政策要求，应对能源约束。在全球能源短缺和“双碳”目标驱动下，节能降耗成为化工行业的核心发展战略。我国明确提出通过优化产业结构、推广低碳工艺，提升能源利用效率至40%的目标。企业需通过技术升级（如新能源替代化石燃料）和工艺创新（如生物工程技术）满足政策合规性，规避能源成本波动风险。

1.4 推动可持续发展，保障行业未来。节能技术通过提升资源利用率（如选择性反应催化）和开发环境友好产品（如可降解材料），促进化工行业向绿色循环经济转型。例如，生物工程技术将废弃物转化为能源（如微

生物产氢），既缓解资源压力，又为行业长期发展提供技术储备。

2 化学工程与工艺节能减少环境污染的路径分析

2.1 源头控制：绿色化学工艺与原料替代。优化反应路径。采用原子经济性高的反应路径，减少副产物生成，降低污染物排放强度（例如选择性催化技术可提升反应效率20%-30%）。清洁原料与溶剂替代。使用可再生原料（如生物基化学品）和无毒溶剂替代传统有害物质，从源头减少有毒废弃物产生。

2.2 过程优化：节能技术与污染协同治理。余热回收与能源梯级利用。通过热管换热器、余热锅炉等技术回收生产过程中80%的余热，减少化石燃料消耗及废气排放。高效分离与纯化技术。采用膜分离、低温催化等先进工艺，降低分离能耗30%-50%，同时减少化学物质挥发带来的大气污染。

2.3 新能源与生物技术融合。可再生能源替代化石能源。引入太阳能、风能等清洁能源供电，部分企业通过光伏发电满足20%以上生产用电需求，显著降低碳排放。生物工程技术应用。利用微生物燃料电池处理废水并同步产氢，实现能源生产与污染治理的耦合，减少传统处理工艺的能耗和二次污染。

2.4 末端治理：资源循环与废弃物再利用。废料资源化。对化工废渣进行热解、气化处理，转化为燃料或建材原料（如废塑料裂解制油），资源综合利用率提升至60%以上。废水闭路循环。通过反渗透、电渗析等水处理技术实现工业废水回用，减少新鲜水消耗和污水排放量。

2.5 智能化与精细化管理。实时监测与动态调控。部署智能传感器和自动化系统，实时优化生产参数（如反应温度、压力），避免因工艺波动导致的能源浪费和超标排放。全生命周期评估（LCA）。构建能效与环保综

合评价模型,从原料开采到产品废弃的全链条优化资源利用,推动低碳工艺设计。

3 化学工程与工艺节能措施

3.1 工艺流程优化。简化反应路径。采用原子经济性更高的反应路径,减少副产物生成,并通过催化剂改良缩短反应时间(如选择性催化技术使能耗降低10%-20%)。连续化生产模式。以连续流程替代间歇式生产,减少设备启停频率,降低能源损耗(如某企业连续化改造后效率提升15%)。

3.2 高效设备升级。节能型设备应用。采用高效电机、变频调速技术及新型换热器,降低电力与热能消耗(如高效换热器可减少冷却水用量20%-30%)。设备智能化改造。引入智能控制系统实时监控设备运行状态,动态调节负载功率,避免能源浪费。

3.3 余热回收与能源梯级利用。热管换热器与余热锅炉。回收反应余热用于预热原料或发电,某石化企业通过余热回收年节约标煤5万吨,减少CO₂排放13万吨。冷凝水与烟气回收。将高温蒸汽冷凝水循环利用,并通过热管技术捕获烟气余热,提升能源综合利用率至80%以上。

3.4 可再生能源与清洁技术。新能源替代化石能源。利用太阳能、风能等清洁能源供电,部分企业光伏发电可满足20%以上生产用电需求。生物工程技术融合。开发微生物燃料电池处理废水并同步产氢,实现污染治理与能源生产的协同增效。

3.5 资源循环与废弃物再利用。废料资源化。化工废渣通过热解、气化为燃料或建材原料(如废塑料制油技术提升资源利用率至60%)。废水闭路循环。采用反渗透技术处理废水,实现工业水回用率达90%以上,减少新鲜水消耗与污水排放。

3.6 能效管理与智能监测。全生命周期评估(LCA)。从原料到产品全链条优化能耗,建立能效评价模型指导工艺设计。实时数据监控。部署智能传感器监测关键能耗节点,动态调整生产参数(如反应温度、压力控制精度提升30%)。

4 化学工程与工艺节能中实际应用的整合路径

4.1 新能源耦合与绿色工艺革新。绿氢制绿氨示范工程。案例:公司在实施的“风光制氢一体化合成绿氨”项目,通过“风电/光伏发电→电解水制绿氢→合成绿氨”全链条耦合,实现化工生产与可再生能源深度融合,绿氢成本降低15%,绿氨生产过程碳排放强度下降70%。技术支撑:电解槽效率提升至80%以上,氨基储能技术突破氢气长距离运输瓶颈。乙烷裂解炉热能深度回收。案例:塔里木乙烷制乙烯项目采用双急冷换热器设

计,回收裂解气高温余热用于蒸汽发生,单炉年节约标准煤4万吨,CO₂减排11.1万吨。

4.2 工艺优化与设备升级。连续蒸馏技术改进。案例:化工有限公司将传统单塔蒸馏升级为三塔三效精馏工艺,酒精回收能耗降低60%,年节约标准煤0.56万吨。技术亮点:多效热耦合工艺实现热能梯级利用,抗堵塔盘设计延长设备运行周期。糠醛废水零排放改造。案例:化工采用六塔连续蒸馏技术,通过全蒸发处理废水并回收二次蒸汽作为水解热源,废水回用率达100%,年节水12万吨。

4.3 循环经济与资源再利用。酒精回收系统节能改造。案例:生物科技建设300吨/天三效酒精回收装置,蒸汽消耗降低60%,年减排CO₂6.04万吨。废塑料裂解制燃料技术。案例:某石化企业通过热解技术将废塑料转化为轻质燃料油,原料综合利用率提升至75%,减少填埋污染的同时降低原生石油消耗量。

4.4 智能化与精细控制。智能传感与动态调控。案例:某大型石化厂部署工业物联网系统,实时监测裂解炉温度、压力参数,动态优化燃烧效率,燃料消耗降低12%,年节约成本超千万元。全生命周期能效管理。实践:德国巴斯夫引入绿色化工技术评估模型,从原料采购到产品废弃全链条优化能耗,2025年预计实现生产过程碳强度下降40%。

5 化学工程与工艺节能策略

5.1 工艺流程革新与优化。原子经济性提升。开发高选择性催化剂,优化反应路径以减少副产物生成,例如银基催化剂改进使环氧乙烷产率提升10%-15%;通过动态调控反应温度、压力及物料配比,降低单位产品能耗(如乙烯氧化工艺能耗降低12%)。连续化生产替代间歇工艺。采用连续精馏、反应装置减少设备启停能耗,某企业改造后效率提升15%以上;多效热耦合技术实现热能梯级利用,酒精回收蒸汽消耗降低60%。

5.2 高效设备与能源管理。节能型设备升级。推广高效换热器降低冷却水用量20%-30%,变频电机减少空载电能损耗;热管技术回收余热发电,某石化企业年节约标煤5万吨。智能化能源监控。部署工业物联网实时监控关键参数(如裂解炉温度、压力),动态优化生产流程,燃料消耗降低12%;全生命周期能效评估模型指导设备选型与工艺设计,实现碳强度下降40%。

5.3 余热与资源循环利用。余热深度回收。高温蒸汽冷凝水二次利用,低温废热用于原料预热或供暖,能源综合利用率提升至80%以上;乙烷裂解双急冷换热器设计年减排CO₂11.1万吨。废弃物资源化。废塑料热解制燃料

油,原料利用率达75%,减少原生石油依赖;糠醛废水全蒸发处理实现100%回用,年节水12万吨。

5.4 绿色技术与新能源融合。可再生能源替代。风电/光伏耦合电解水制绿氢,绿氢生产碳排放强度下降70%;微生物燃料电池同步处理废水并产氢,实现污染治理与能源协同。生物工程技术应用。纤维素废弃物制备生物乙醇,能耗降低40%,废水排放减少50%。

6 化学工程与工艺行业前景分析

6.1 就业领域持续扩展。传统领域深化:化工、石油、制药等行业仍是主要就业方向,毕业生可从事生产工艺优化、设备管理、质量控制等岗位,尤其在石化巨头企业(如中石油、中石化)中需求稳定且薪资竞争力强。新兴领域崛起:新能源(风光制氢、生物燃料)、环保工程(废水处理、固废资源化)、新材料(纳米材料、特种化学品)等领域成为就业增长点,相关岗位需求增速超过传统行业。跨学科融合:智能制造、AI驱动的工艺优化技术为化工人才开辟新赛道,例如通过大数据优化生产流程或开发低碳技术。

6.2 行业技术转型驱动。绿色化工与可持续发展。绿氢合成、生物基材料制备等技术加速推广,例如风光制氢一体化项目已实现绿氢生产碳排放强度下降70%;化工企业通过热解技术将废塑料转化为燃料油,资源综合利用率提升至75%,推动循环经济模式落地。智能化与数字化升级。工业物联网实时监测与动态调控技术普及,某企业裂解炉燃料消耗降低12%;AI模型应用于全生命周期能效管理,助力碳强度下降目标(如巴斯夫计划2025年减少40%)。

6.3 区域发展与政策红利。产业集群效应:长三角、珠三角等区域依托化工园区形成产业集聚,提供大量技术研发与生产管理岗位;政策支持:国家“双碳”目标推动化工行业清洁生产改造,环保法规趋严催生污染治理技术人才需求;国际竞争力提升:中国化工企业通过技术输出(如高效催化剂、连续化工艺)参与全球产业

链分工。

6.4 教育与技能需求升级。复合人才培养:高校强化绿色工艺、智能控制等课程,例如徐州工业职业技术学院设置危险化学品特种作业证等职业资格培训;实践能力要求:企业优先录用具备工艺设计、设备调试经验的毕业生,部分岗位需持有有机合成工、化工总控工等证书;科研与教学路径:硕士以上学历者可进入科研院所或高校,推动绿色催化、原子经济性反应器等前沿技术研发。

6.5 挑战与应对策略。行业痛点:部分细分领域(如传统石化)面临产能过剩与环保压力,需通过技术升级实现转型;职业发展建议:关注新能源、环保等政策导向领域,提升跨学科技能(如数据分析、自动化控制);通过职业资格认证(如化学检验员、环保工程师)增强竞争力。未来趋势。行业预计至2030年能源利用率提升至40%以上,核心发展方向包括:零碳工厂:可再生能源深度替代化石能源,绿氢、生物质能技术规模化应用;纳米材料与原子级制造:推动催化剂性能突破,缩短反应路径并降低能耗;全球合作:跨国企业联合研发低碳技术,共享绿色化工标准与专利。

总之,化学工程与工艺中的节能不仅仅是提升企业单位经济效益的需求,更是建设资源节约型企业单位,走循环进展之路的需求。伴随着时代的飞速进展,化学工程与工艺中节能的路径也持续丰厚,不论是动力能耗控制节能、工艺技术节能还是设施节能,贯穿全过程的都是低碳环保进展以及绿色进展理念,这也是新时期背景之下现代化工生产与以往化工生产的本质差别。

参考文献

[1]刘振,绿色化学工程对化工实验节能减排的促进作用.2022.

[2]王宇慧,绿化学工程与工艺对化学工业节能的促进作用.2023.