

Research on energy saving and consumption reduction technology in chemical engineering

Hailiang Wang

Jiangsu Thorpe Chemical Co., Ltd., Zhenjiang, Jiangsu, 212000, China

Abstract

As an industry with high energy consumption, energy saving and consumption reduction is the key path to achieve sustainable development. This paper analyzes the importance of energy saving and consumption reduction in chemical engineering, and expounds the technical measures of energy saving and consumption reduction in detail from the aspects of chemical reaction process, separation and purification link, power system optimization, equipment maintenance and management, and energy recovery and utilization. By optimizing the reaction conditions, using the new separation technology, improve the efficiency of power system, strengthen equipment maintenance and efficient energy recovery, can effectively reduce the energy consumption of chemical engineering, reduce resource waste and environmental pollution, improve the enterprise economic efficiency and competitiveness, provide strong support for the green development of chemical industry, power of global energy and environmental problems, promote the sustainable development of economy and society.

Keywords

chemical engineering; energy saving and consumption reduction; technical measures; sustainable development

化工工程中的节能降耗技术研究

王海亮

江苏索普化工股份有限公司, 中国·江苏·镇江 212000

摘要

化工行业作为高能耗产业, 节能降耗是其实现可持续发展的关键路径。本文剖析化工工程中节能降耗的重要性, 从化学反应过程、分离与提纯环节、动力系统优化、设备维护管理以及能源回收利用等方面, 详细阐述节能降耗技术措施。通过优化反应条件、采用新型分离技术、提升动力系统效率、加强设备维护及高效回收能源等手段, 可有效降低化工工程的能耗, 减少资源浪费与环境污染, 提高企业经济效益和竞争力, 为化工行业的绿色发展提供有力支撑, 助力全球能源与环境问题的缓解, 推动经济社会的可持续发展。

关键词

化工工程; 节能降耗; 技术措施; 可持续发展

1 引言

化工行业在国民经济中占据重要地位, 为各领域提供丰富多样的基础材料和产品。然而, 其生产过程通常伴随着大量的能源消耗和资源利用, 不仅增加企业的生产成本, 也对环境造成较大压力。在全球资源日益紧张和环境问题愈发严峻的背景下, 化工工程中的节能降耗技术研究与应用成为当务之急。采用先进的技术手段和管理方法, 降低化工生产过程中的能源消耗和资源浪费, 实现经济效益与环境效益的双赢, 是化工行业未来发展的必然趋势。

2 化工工程节能降耗的重要性

2.1 经济层面

能源成本在化工企业总成本中占比较大。降低能耗可直接减少企业的能源采购支出, 如在大型化工合成反应中, 精准控制反应条件使每吨产品能耗降低一定比例, 生产成本随之显著下降, 这对于提升企业利润空间、增强市场竞争力至关重要。同时, 节能降耗还能减少因能源价格波动带来的经营风险, 使企业在市场竞争中处于更有利的地位^[1]。

2.2 资源利用层面

化工生产涉及多种原材料和能源, 提高资源利用效率是可持续发展的必然要求。采用节能降耗技术, 可优化反应过程和物料处理, 减少原料损失与浪费, 实现资源的最大化利用。不仅有助于缓解资源短缺压力, 还能降低企业对原材料的依赖程度, 保障原材料供应的稳定性, 从长期来看有利

【作者简介】王海亮(1988-), 男, 中国江苏淮安人, 本科, 工程师, 从事化工工程研究。

于企业的稳定发展。

2.3 环境层面

化工行业是能源消耗和污染物排放的大户，大量的能源消耗伴随着温室气体排放、废水废气废渣产生等环境问题。节能降耗技术的应用可有效减少能源消耗，进而降低温室气体和污染物排放，减轻对生态环境的破坏，如减少煤炭燃烧产生的二氧化硫、氮氧化物和二氧化碳排放，改善空气质量，降低酸雨和温室效应风险，助力环境保护和生态平衡的维护^[2]。

2.4 企业发展层面

在当前严格的环保政策和激烈的市场竞争环境下，化工企业只有积极推进节能降耗，才能符合可持续发展理念，赢得社会认可和政府支持，树立良好的企业形象。同时，节能降耗过程中企业需不断进行技术创新和管理优化，有助于提升企业的技术水平和管理能力，推动企业转型升级，增强企业的核心竞争力和抗风险能力，为企业的长远发展奠定坚实基础。

3 化工工程能耗现状与挑战

3.1 能源消耗量大

化工生产过程涉及众多复杂的化学反应和物理过程，需要大量的能源支持，如热能、电能、机械能等。据统计，化工行业的能源消耗在工业领域中占据相当大的比重，许多化工企业的能源成本在总成本中占比高达30%以上^[3]。从原材料的预处理、反应过程的加热与冷却，到产品的分离、提纯和干燥等环节，均伴随着大量的能源消耗，且随着化工生产规模的不断扩大，能源需求也呈持续增长态势。

3.2 能源利用效率低

尽管化工行业在技术进步方面取得一定的成果，但目前整体能源利用效率仍然较低。在许多化工生产流程中，由于设备老化、工艺落后、能源管理不善等原因，存在着大量的能源浪费现象。部分化学反应过程中的热量未能得到充分回收和利用，而是直接排放到环境中；一些加热设备的热效率较低，大量的热能通过散热等方式损失掉；在物料输送和加工过程中，因设备的不合理设计和运行参数的不优化，导致机械能的浪费等。能源利用效率低下，不仅增加企业的能源成本，还对环境造成不必要的负担^[4]。

3.3 节能降耗技术推广难度大

一方面，一些先进的节能技术研发成本高，企业在进行技术改造和设备更新时需要投入大量的资金，对于一些中小企业来说往往难以承受。另一方面，企业在采用新的节能技术时，面临技术风险和生产稳定性的挑战，担心新技术的应用会对产品质量和生产进度产生不利影响。此外，部分节能技术的实施，需对现有生产工艺和设备进行较大幅度的调整，涉及生产流程的重新规划、人员的培训以及与上下游企业的协同配合等问题，进一步增加技术推广的难度^[5]。

4 化工工程中的节能降耗技术措施

4.1 化学反应过程节能技术

精确调控化学反应的温度、压力、反应物浓度和催化剂活性等参数，能显著提高反应效率和选择性，降低能耗。以放热反应为例，合理设计换热系统及时移走反应热，可避免因温度过高引发副反应，提高产品收率；利用移出的热量预热原料或产生蒸汽，实现能量的梯级利用。通过精准控制，反应转化率可提升15%，能耗降低30%；同时，新型高效催化剂可降低反应活化能，加快反应速率，使反应在较温和条件下进行，减少能源消耗和原料浪费。在石油化工的加氢裂化过程中，新一代催化剂的应用降低反应温度和压力，提高产品质量和收率，同时降低氢气消耗和能耗，实现工艺的优化升级；此外，改进反应器结构和内部构件，如采用高效搅拌装置、新型换热元件和规整填料等，可增强反应过程中的传质与传热效果，提高反应速率和均匀性，缩短反应时间，降低能耗。在气液反应中，优化的反应器内部构件可使气液接触面积增大23%，能耗相应减少。

4.2 高效设备应用技术

换热器是化工生产中广泛应用的设备之一，用于热量的交换和传递。采用高效换热器，如板式换热器、螺旋板式换热器等，可以显著提高热量传递效率，减少传热温差，降低传热面积，从而减少设备的体积和投资成本，同时提高能源利用效率。这些高效换热器具有较大的传热系数和紧凑的结构，在较小的温差下实现高效的热量传递，有效回收生产过程中的余热，用于预热原料、加热反应介质或产生蒸汽等，实现能源的循环利用，降低企业的能耗水平；同时，泵和压缩机是化工工程中用于输送流体和压缩气体的关键设备，其能耗在整个生产过程中占有较大比例。选用高效节能的泵和压缩机，如采用变频调速技术的设备，可以根据实际生产需求灵活调整流量和压力，避免设备在额定工况下长时间运行造成的能源浪费。此外，优化泵和压缩机的叶轮设计、密封结构等，降低设备的内部摩擦损失和泄漏损失，提高设备的机械效率，进一步降低能耗。高效泵和压缩机的应用不仅能够节约大量的电能，还可提高生产过程的稳定性和可靠性，减少设备的维护成本和停机时间。

4.3 能量回收与利用技术

化工生产过程中会产生大量的余热，如高温反应热、烟道气余热、冷凝热等。通过建立完善的余热回收系统，将这些余热进行有效的回收和利用，可显著降低企业的能源消耗。例如，利用余热锅炉将高温烟道气的热量回收，产生蒸汽用于驱动汽轮机发电或满足生产过程中的加热需求；采用有机朗肯循环(ORC)技术，将中低品位的余热转化为电能，提高能源的利用效率和附加值。余热回收系统的应用可以将原本被浪费的能源重新利用起来，实现能源的梯级利用和最大化利用，为企业创造可观的经济效益和环境效益；此外，在一些化工生产过程中，存在着大量的低品位废热，这些废

热难以直接用于生产过程中的加热需求，但可以通过废热制冷技术将其转化为冷量，用于冷却工艺物料或提供空调制冷。吸收式制冷和吸附式制冷是两种常见的废热制冷技术，它们利用废热驱动制冷循环，实现热量从低温热源向高温热

源的转移，从而产生冷量。废热制冷技术的应用不仅可以回收利用废热，减少对外部制冷能源的需求，降低企业的能耗和生产成本，还可提高能源的综合利用效率，减少对环境的污染（图1）。

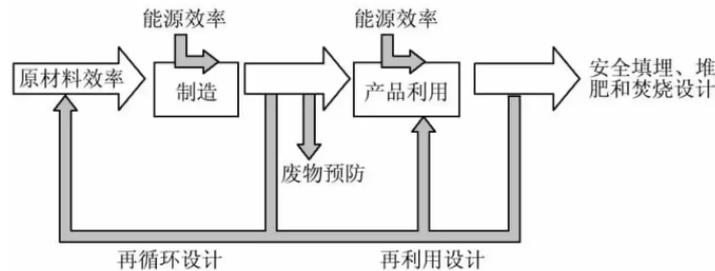


图1 能量回收与利用技术

4.4 新型材料应用技术

在化工生产过程中，许多设备和管道需要进行保温处理，以减少热量的散失。采用高性能保温材料，如纳米气凝胶保温材料、陶瓷纤维保温材料等，可以显著降低设备和管道的散热损失，提高能源利用效率。这些新型保温材料具有极低的导热系数、良好的耐高温性能和化学稳定性，能够在高温、高压等恶劣环境下长期稳定地工作，有效减少热量的传递，降低企业的加热能耗。在蒸汽管道上采用纳米气凝胶保温材料进行保温后，散热损失可降低30%以上，节能效果显著；此外，化工生产过程中常常涉及腐蚀性介质，设备的腐蚀不仅会缩短设备的使用寿命，增加设备的维修和更换成本，还可能导致物料泄漏，影响生产的安全和稳定运行。采用耐腐蚀材料，如钛合金、不锈钢、工程塑料等，制造化工设备和管道，可以提高设备的抗腐蚀性能，减少因腐蚀引起的能量损失和物料损失。耐腐蚀材料的应用可以延长设备的使用寿命，降低设备的维护成本和能源消耗，同时提高生产过程的安全性和可靠性，为企业的节能降耗和可持续发展提供有力保障。

4.5 智能化控制技术

一方面，引入先进的自动化控制系统，实现对化工生产过程的实时监测、精确控制和优化管理，可有效提高生产效率和能源利用效率。通过传感器采集生产过程中的各种参数，如温度、压力、流量、浓度等，并将这些数据传输到控制系统中，控制系统根据预设的控制策略对生产设备进行自动调节，确保生产过程始终处于最佳运行状态。在化学反应过程中，自动化控制系统可以根据反应物料的浓度和温度变化，精确控制反应条件，避免因反应过度或不足导致的能源浪费和产品质量问题。同时，自动化控制系统还可实现对设备的远程监控和故障诊断，及时发现并解决设备运行过程中的问题，提高设备的运行可靠性和生产连续性，降低设备的维护成本和停机时间；另一方面，利用智能优化算法，如遗

传算法、粒子群优化算法等，对化工生产过程中的操作参数进行优化求解，以实现能源消耗的最小化和经济效益的最大化。这些智能优化算法能够在复杂的生产约束条件下，快速搜索到最优的操作参数组合，为生产过程的优化控制提供决策支持。在化工精馏过程中，利用智能优化算法对精馏塔的回流比、进料位置、加热功率等参数进行优化，在保证产品质量的前提下，降低精馏过程的能耗，提高能源利用效率。智能优化算法的应用，可充分挖掘生产过程中的节能潜力，实现化工生产过程的精细化管理和智能化控制，为企业的节能降耗提供有力的技术手段。

5 结论

化工工程中的节能降耗技术是一个系统工程，涵盖化学反应、分离提纯、动力系统、设备管理以及能源回收利用等多个环节。实施上述节能降耗技术措施，化工企业能有效降低能源消耗，提高资源利用效率，减少环境污染，增强企业的经济效益和竞争力，实现可持续发展。随着科技的不断进步，未来化工行业应持续加大对节能降耗技术的研发投入，积极探索创新技术和方法，不断优化生产工艺和管理模式，加强技术交流与合作，推动节能降耗技术的广泛应用和推广，促进化工行业与经济社会的协调发展，迈向绿色、低碳、可持续发展道路。

参考文献

- [1] 姜文文,房继雷,赵家颖.绿色化工技术在化学工程中的节能降耗效益评估与经济分析[J].中国化工贸易,2024,16(15):67-69.
- [2] 李慧.化工工艺中的新型节能降耗技术及其应用[J].华东纸业,2024,54(5):17-19.
- [3] 张瑶,李媛,崔燕,等.化工工艺中节能降耗技术及应用[J].天津化工,2023,37(6):61-63.
- [4] 王浩宇.化工工艺中节能降耗技术的应用[J].石油化工建设,2023,45(z1):25-26.