

化工工程中的节能降耗工艺技术研究

王健¹, 刘娟²

1. 山东京博石油化工有限公司, 山东 滨州 256500

2. 山东安特检测有限公司, 山东 滨州 256500

DOI: 10.61369/SSSD.2026060009

摘 要 : 随着全球资源日益匮乏, 环境问题日渐加剧, 节能降耗已经成为各行业关注的焦点。化工行业是能源消耗和环境污染重点领域, 应用节能降耗技术能降低生产成本, 提升企业市场竞争力, 为环境保护和资源可持续利用带来积极影响。本文主要探讨化工工程节能降耗的战略重要性及节能降耗工艺技术的应用, 期望能为化工工程节能降耗技术的应用提供有益参考, 推动化工工艺向高效、环保的方向发展。

关 键 词 : 化工工程; 节能降耗; 工艺技术

Research on Energy-Saving and Consumption-Reducing Process Technologies in Chemical Engineering

Wang Jian¹, Liu Juan²

1. Shandong Chambroad Petrochemical Co., Ltd., Binzhou, Shandong 256500

2. Shandong Ante Testing Co., Ltd., Binzhou, Shandong 256500

Abstract : With the increasing scarcity of global resources and the worsening environmental problems, energy conservation and consumption reduction have become the focus of attention in various industries. The chemical industry is a key field of energy consumption and environmental pollution. The application of energy-saving and consumption-reducing technologies can reduce production costs, enhance the market competitiveness of enterprises, and bring positive impacts on environmental protection and the sustainable utilization of resources. This paper mainly discusses the strategic importance of energy saving and consumption reduction in chemical engineering and the application of energy-saving and consumption-reducing process technologies, aiming to provide useful reference for the application of energy-saving and consumption-reducing technologies in chemical engineering and promote the development of chemical processes towards an efficient and environmentally friendly direction.

Keywords : chemical engineering; energy saving and consumption reduction; process technologies

引言

化工行业是国民经济产业体系的重要组成部分, 需在推动产业升级的同时, 积极践行国家生态保护政策。传统化工工艺下, 能源利用率低、原料消耗多、废物排放大, 种种问题制约着化工行业的发展。如今, 随着技术的更新迭代, 越来越多的节能技术在化工工程中推广应用, 如变频调速技术、废热回收技术等, 其能够减少能源浪费, 提升原料循环利用率, 降低整体生产损耗。本文重点探究化工工艺中常用的节能降耗技术, 挖掘潜在的节能降耗措施, 期望能提高能源利用效率, 促进化工行业的可持续发展和绿色转型。

一、化工工程中节能降耗技术的重要性

化工生产本身属于高耗能、高排放的行业, 多数工艺需要在高温、高压的条件下开展。电力、蒸汽、煤炭等能源在企业生产成本中占比较高, 部分高耗能化工产品的能源成本占比甚至更高^[1]。应用变频调速、废热回收、高效换热等节能降耗技术, 可以降低生产过程中的能源损耗。比如, 将生产余热回收转化为可循环利用的蒸汽, 降低外购能源用量, 直接减轻企业的经济负担, 提升市场竞争力。与此同时, 化工生产中能源过度消耗往往伴随

大量废气、废水排放, 这会加重环境负荷, 节能降耗技术可提升能源利用率、降低废弃物排放量, 帮助企业实现绿色低碳生产, 此举契合国家环保政策与全球可持续发展趋势, 有利于企业长远发展。

二、化工工艺能源消耗现状

化工行业是高能耗产业, 其生产过程中需要消耗较高能源, 这不仅会增加企业的运营成本, 同时也会制约行业的高质量发

展。因此，在化工生产作业中，核心重点之一便是在保障生产效率与产品质量的前提下，最大限度限制能源损耗。当前，化工企业能耗管控仍面临诸多困境，生产过程中仍存在的各类不合理、不可逆的客观因素。同时，人为操作不规范、流程监管不到位也会导致资源浪费^[2]。因此，加强对化工工艺能耗现状的研究与改进尤为重要，需规范生产运作环节，减少各类不规范操作带来的能源损耗，同时加快化工生产工艺的更新迭代，通过科学手段严控能源使用量，实现节能减排，推动化工行业可持续发展。

三、化工工程节能降耗工艺技术应用

（一）高效催化剂应用技术

化工反应的能耗与原料利用率，与反应路径和条件密切相关。高效催化剂应用技术主要优化反应机制，为化学反应提供更合理的反应通道，减少反应所需要的苛刻条件以及不必要的副反应发生^[3]。传统化工反应对温度、压力等反应条件要求十分严苛，不仅需要投入大量能源以满足反应所需的环境条件，还易因复杂苛刻的反应环境影响产物的最终纯度。催化剂通过改变反应的活化能要求，让反应可以在更温和的工况下顺利推进，同时引导反应朝着目标产物的方向进行，减少无用副产物的生成。

在石油化工领域，催化裂化过程中使用的催化剂能针对性地处理原油分子结构，将重质油转化为更具利用价值的轻质油品，让原料得到更充分的利用，减少废弃物产生^[4]。在精细化工生产中，新型催化材料凭借特殊的结构特性，还能够精准用于反应靶点，适配特定化工产品的合成需求。

（二）变频调速节能技术

化工生产中的泵、风机、搅拌器等动力设备，运行负荷常随生产工况变化。变频调速节能技术针对设备运行与负荷匹配问题，调整电机运行状态，避免设备在非满负荷工况下无效耗能^[5]。传统恒速电机无论生产负荷多少，都保持固定功率运行。这会导致，负荷较低时，多余的能量得不到有效利用，造成浪费。变频调速技术根据实际生产中的负荷变化，实时调整电机的运行频率，确保电机输出功率匹配负荷需求。

在流体输送系统中，泵类设备用于各类介质的传输，不同生产阶段对输送流量的要求不同。变频调速技术可根据实际流量需求调整泵的运行状态，防止因为恒速运行时通过阀门节流等方式损失能量。在反应釜搅拌系统中，不同反应阶段对搅拌强度的需求存在差异，变频调速可适配这种变化，在保证反应所需的搅拌效果的同时，还能避免过度搅拌带来的能源消耗^[6]。

（三）阻垢防腐节能技术

化工设备在长期运行中，管道和换热面易出现结垢现象，设备材质也可能受到腐蚀影响，这两类问题都会影响设备运行效率，增加能源消耗，缩短设备使用寿命。阻垢防腐节能技术主要用于防止及清除管道、设备和热交换器内部的垢积物，提高化工工艺设备的效率，延长其使用寿命^[7]。

阻垢技术分为不同类型，垢积物防治技术主要是通过向化工工艺系统中添加阻垢剂，使其在设备内部形成一层致密防垢保护

膜，从源头上阻止垢积物的附着生成。垢积物清除技术主要针对的是在设备内形成的垢积物，可根据垢型特性，选用酸性、碱性或酶类专用清洗剂，破坏垢积物分子结构，削弱其在设备内部的黏着力，使其剥离、溶解，便于后续清洗去除。^[8]垢积物监测技术通过监测工艺系统内的压力、温度、介质流量等参数，掌握垢积物的生成情况，以便技术人员及时采取措施，避免过度堆积影响生产。

防腐蚀技术主要是要升级材质，并采取表层防护措施。选用耐腐蚀性更强的材料制作设备，可以提升设备抵御腐蚀的能力。在设备表面加上涂层、镀层等防护处理，形成隔离层，阻断腐蚀介质与设备本体的接触，减少腐蚀带来的损害。配套的监测技术可实时关注设备运行状态，及时发现结垢和腐蚀的早期迹象，提前采取应对措施。

（四）污染物控制与资源回收技术

化工生产过程中，必然会产生废气、废水、废渣等废弃物，这些废弃物不仅浪费有限的资源，还会对周边土壤、水体、空气造成污染。因此，污染物的控制与资源回收是化工工程节能降耗的关键环节，核心是通过针对性处理技术减少污染物的排放以达到环保标准，同时实现废弃物的循环利用。

针对化工厂中煤炭燃烧产生的硫化氢、二氧化碳等酸性气体，实际生产过程中主要采用酸性气体脱出技术处理，常用物理吸收、化学吸收或生物降解三种方式。具体流程贴合现场实操，先通过预处理去除废气中的杂质，再经冷却单元将废气温度降至-40℃，促进酸性气体充分吸收分离，最后利用富含特定微生物的过滤系统，将酸性气体转化为硫磺或硫酸盐，实现无害化处理与资源回收。

原材料回收利用技术通过对废水、废渣以及关键资源的回收进而再利用，降低原材料的过度消耗，有效控制生产成本。其中化工废水主要采用三级处理工艺。一级处理通过物理过滤、沉降以及化学中和、沉淀等简单实操手段，去除水中悬浮固体和部分易处理的有害物质；二级处理结合活性污泥法、膜生物反应器等生物处理技术，搭配超滤、反渗透等膜分离工艺，分解水中有机和污染物；三级处理采用离子交换等先进技术，对废水进行深度净化，循环用于生产中的洗涤、冷却等环节^[9]。废渣回收可通过粉碎、筛选、再加工等简单可行的步骤，将工业废渣转化为建筑材料、农用肥料等产品，实现资源再利用，进一步降低生产能耗和成本。

（五）热能梯级利用技术

化工生产过程中，会伴随产生大量余热资源，如高温废气、废渣、工艺余热等，不加以回收利用，也是一种资源的浪费，还会增加企业的隐性能耗成本。热能梯级利用技术可以根据余热温度与品位，采用不同的回收方式，实现对热能的分级匹配与高效利用^[9]。

在化工生产实践中，热能梯级利用主要分为三个层面。其中，高温余热回收主要通过余热发电系统实现，将高温废气、废渣的热能转化为电能，供给生产或民用；中温余热则通过热管技术进行远距离传输，用于原料预热、车间供暖等；低温余热可依

托有机朗肯循环装置进行发电，或通过吸收式制冷系统转化为冷量，用于工艺冷却。

为进一步提升热能梯级利用效率，减少热能在传输、利用过程中的损耗，还需要同步优化配套的加热系统。在实际生产中，可采用高效换热器与新型纳米绝热材料，减少散热损失；推广电磁感应加热与旋流燃烧技术，强化燃烧完全度与传热效率。同时，实施多级加热方案，根据物料特性匹配热源，结合智能温控系统实时调控，实现按需供热。

（六）智能化管控技术

智能化管控技术旨在通过整合数据采集、分析、优化决策等功能，更加精准地管控化工生产的能源损耗，是实现节能降耗技术的重要支撑。

构建 DCS 集散控制系统与 OPC-UA 协议架构，可以实时采集能效数据与工艺参数，并筛选出最佳工艺参数组合。在关键能耗节点安装上温度、压力、流量等传感设备，就可以建立全面覆盖的在线监测网络，技术人员便可以实时掌握能源消耗与工艺运行状态。基于 PLC 控制器组建自动化监控网络，当监测到能耗出

现异常，或者物料损耗超标时，系统会自动激活预警模块，技术人员便可以快速处理^[10]。

大数据、数字孪生等技术的应用可以进一步提高管控水平，即对采集的能耗数据进行深入分析，可挖掘节能潜力，优化生产调度方案。数字孪生技术可以用于模拟生产场景，技术人员可以提前预测能耗的变化趋势，进而提前调整操作参数，保证能源供需处于平衡状态。

四、结语

化工工程中，节能降耗工艺技术的研究与应用是实现可持续发展的重要途径。化工企业必须将节能降耗作为重要发展战略，全面推进技术创新、设备升级降低能源消耗与污染物排放，提升资源利用率与经济效益。未来，随着绿色化工理念的深入发展与技术的持续进步，节能降耗工艺技术将向高效化、集成化、智能化方向迈进，为化工行业构建低碳、环保、高效的生产体系提供有力支撑。

参考文献

- [1] 樊龙龙, 刘艳, 董养林. 化工工艺中节能降耗技术应用与优化研究 [J]. 产业创新研究, 2024, (24): 78-80.
- [2] 李程. 化工炼厂设备的节能降耗技术研究与应用 [J]. 化纤与纺织技术, 2024, 53(10): 98-100.
- [3] 李良. 节能降耗技术在化工工艺中的应用研究 [J]. 当代化工研究, 2024, (17): 161-163.
- [4] 祖燕霞. 节能降耗技术在化工工艺中的应用分析 [J]. 中国石油和化工标准与质量, 2024, 44(15): 172-174.
- [5] 王化淳. 化工工艺中常见的节能降耗技术措施 [J]. 石化技术, 2024, 31(07): 170-172.
- [6] 王伟, 姜永要, 郑锐. 化工生产工艺的节能降耗技术探讨 [J]. 中国石油和化工标准与质量, 2024, 44(10): 181-183.
- [7] 褚衍佩, 刘婷婷. 节能降耗技术在化工工艺中的应用研究 [J]. 化纤与纺织技术, 2024, 53(05): 64-66.
- [8] 韩云飞, 牛颖颖. 化工工艺中节能降耗技术应用与优化研究 [J]. 中国石油和化工标准与质量, 2024, 44(04): 183-185.
- [9] 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(06): 61-63.
- [10] 阮金俊. 化工工艺中节能降耗技术应用与优化策略 [J]. 石化技术, 2023, 30(03): 231-233.