

化学工程中的过程优化与节能技术研究

许海军

440824*****8812

摘要: 本文聚焦化学工程中的过程优化与节能技术研究,结合化工行业绿色低碳发展需求展开分析。先梳理两者在关键工艺应用、常见技术使用、大型项目协同等方面的现状,明确现有实践的基础与局限;再剖析方案针对性弱、技术集成低、协同不足等核心问题;接着阐述其在效率提升、能耗降低、环境优化中的核心价值;随后从定制方案、技术融合、管理协同维度提出实施路径;最后分析智能化、跨领域融合、低碳创新等发展趋势。研究旨在为化工行业节能降耗、可持续发展提供参考。

关键词: 化学工程;过程优化;节能技术;实施路径;发展趋势

DOI: 10.69979/3029-2727.25.10.095

引言

化学工程作为工业体系的重要分支,其生产过程具有能耗高、流程复杂、资源消耗大的特点。化工生产涉及反应、分离、提纯等多个环节,每个环节都需消耗大量能源,且易产生污染物。在“双碳”目标与绿色发展战略推动下,化工行业对生产过程的效率提升与能耗控制需求日益迫切。过程优化可通过调整工艺参数、优化操作流程减少资源浪费,节能技术则能通过新型设备、清洁能源应用降低能源消耗。

1 化学工程中过程优化与节能技术的应用现状

1.1 过程优化技术已初步应用于化工生产关键环节

在化学工程领域,过程优化技术已初步应用于化工生产的关键工艺环节。针对反应过程,会通过优化反应温度、压力、催化剂用量等参数,提升反应转化率与产物选择性,减少副产物生成;针对分离过程,会优化精馏塔的操作参数(如回流比、塔板温度),提高分离效率,降低分离能耗;针对物料输送环节,会优化泵、压缩机的运行参数,减少输送过程中的能量损耗。例如,在合成氨生产中,通过优化反应压力与温度,可提升氨的合成效率;在石油炼化的精馏环节,优化操作参数能减少蒸汽消耗,这些应用为化工生产效率提升奠定了基础。

1.2 常见节能技术(如余热回收、变频调速)在化工企业中广泛使用

余热回收、变频调速等常见节能技术,在化工企业中已实现广泛使用。余热回收技术通过换热器、余热锅

炉等设备,收集化工生产中产生的高温烟气、高温废水等余热,用于预热原料、产生蒸汽或供暖,减少新鲜能源输入;变频调速技术则通过为风机、水泵、压缩机等设备配备变频器,根据生产负荷变化调节设备转速,避免设备空载或满负荷运行造成的能源浪费。

1.3 过程优化与节能技术在大型化工项目中实现初步协同应用

在大型化工项目中,过程优化与节能技术已实现初步协同应用。这类项目会将过程优化的参数调整与节能技术的设备升级相结合,形成协同效应。例如,在大型炼油项目中,先通过过程优化确定各装置的最优操作负荷,再配套余热回收系统收集装置产生的余热,为其他装置提供能源;在煤制烯烃项目中,通过优化反应工艺减少能耗需求,同时采用变频调速技术降低辅助设备能耗,两者协同进一步提升了项目的整体节能效果。这种初步协同验证了技术结合的可行性,但协同深度与广度仍需提升。

2 化学工程中过程优化与节能技术应用存在的问题

2.1 过程优化方案缺乏针对性,与不同化工工艺适配性不足

部分化工企业的过程优化方案缺乏针对性,与不同化工工艺的适配性不足。多数优化方案采用通用模板,未结合具体工艺的特点(如反应类型、物料性质、生产规模)进行定制设计。例如,在精细化工的间歇反应工艺中,沿用连续反应工艺的优化参数,导致反应效率低下;在高粘度物料的分离工艺中,未考虑物料粘性对分离效率的影响,优化方案无法满足实际需求。

2.2 节能技术集成度低，未形成全流程节能体系

节能技术集成度低是当前突出问题，未形成覆盖化工生产全流程的节能体系。多数企业仅在单一环节或单一设备上应用节能技术，如仅在反应环节采用余热回收，或仅为某台水泵配备变频器，未将节能技术贯穿于原料预处理、反应、分离、产品储存等全流程。例如，在化工生产中，虽在反应环节回收余热，但在原料预热环节仍使用新鲜蒸汽；虽为风机配备变频器，但在物料输送的管道保温环节未采取节能措施，导致能源在其他环节流失。这种碎片化的应用模式，无法实现全流程能耗降低，节能效果受限。

2.3 过程优化与节能技术协同不足，信息传递与数据共享滞后

过程优化与节能技术常处于独立应用状态，协同不足，信息传递与数据共享滞后。过程优化团队制定的参数调整方案，未及时同步给节能技术运维团队，导致节能设备无法根据优化后的参数调整运行状态；节能技术收集的能耗数据，也未反馈给过程优化团队，无法为优化方案调整提供依据。例如，过程优化团队将反应温度下调以减少能耗，但节能技术团队未及时得知该调整，余热回收系统仍按原温度参数运行，导致余热回收效率下降；节能技术团队发现某设备能耗异常，未及时告知过程优化团队，无法通过优化工艺参数解决能耗问题，影响整体节能效果。

3 化学工程中过程优化与节能技术的核心价值

3.1 提升化工生产效率，减少原料损耗与生产周期

过程优化与节能技术能显著提升化工生产效率，减少原料损耗与生产周期。通过过程优化调整工艺参数，可提升反应转化率与产物选择性，减少副产物生成，降低原料消耗；优化操作流程能减少生产环节的等待时间，缩短生产周期。节能技术通过提升能源利用效率，确保生产过程稳定运行，避免因能源供应不足导致的生产中断，进一步保障生产效率。例如，在乙烯生产中，优化裂解工艺参数可提升乙烯收率，减少原料消耗；采用余热回收技术为裂解炉提供部分能源，保障裂解过程连续稳定，缩短生产周期，提升整体生产效率。

3.2 降低化工生产能耗，减少化石能源依赖与碳排放

降低化工生产能耗是过程优化与节能技术的核心价值之一，能减少对化石能源的依赖与碳排放。过程优化通过优化工艺参数与操作流程，减少无效能耗，如降

低反应过程中的过度加热、分离过程中的过度回流；节能技术通过余热回收、变频调速、清洁能源替代等方式，减少化石能源消耗。两者协同作用，可大幅降低化工生产的综合能耗。例如，在甲醇生产中，优化合成工艺参数减少反应能耗，配套余热回收系统回收合成气冷却过程中的余热，替代部分蒸汽消耗，不仅降低了化石能源使用量，还减少了燃烧化石能源产生的碳排放，符合低碳发展需求。

3.3 优化生产环境，减少污染物排放与安全风险

过程优化与节能技术能优化化工生产环境，减少污染物排放与安全风险。过程优化通过提升反应选择性，减少副产物生成，降低污染物源头产生量；优化分离与提纯工艺，提高产物纯度，减少废水、废气中有害物质的含量。节能技术通过减少化石能源消耗，降低燃烧过程中二氧化硫、氮氧化物等污染物的排放；采用新型节能设备替代老旧设备，减少设备泄漏、故障等引发的安全隐患。例如，在染料生产中，优化反应工艺减少有毒副产物生成；采用变频调速技术降低风机、水泵的运行噪音，改善车间工作环境；减少化石能源使用，降低废气排放，优化厂区周边生态环境，同时降低设备故障引发的安全风险。

4 化学工程中过程优化与节能技术的实施路径

4.1 研发适配不同化工工艺的定制化过程优化方案

研发适配不同化工工艺的定制化过程优化方案，需结合具体工艺特点开展针对性设计。首先，深入分析工艺的反应类型（如均相反应、多相反应）、物料性质（如腐蚀性、粘度）、生产规模（间歇生产、连续生产）等关键信息，明确优化目标（如提升收率、降低能耗）。其次，采用流程模拟软件（如 Aspen Plus、PRO/II）搭建工艺模型，模拟不同参数组合下的工艺效果，筛选最优参数；针对间歇工艺，重点优化批次操作的时间节点与参数切换时机；针对连续工艺，重点优化稳态运行参数与动态调整策略。最后，通过小试、中试验证方案可行性，根据试验结果调整优化参数，形成与工艺高度适配的定制化方案。

4.2 构建“技术融合”的全流程节能技术体系

构建“技术融合”的全流程节能技术体系，需将节能技术贯穿化工生产全流程并实现技术协同。在原料预处理环节，采用余热预热原料、太阳能干燥等技术；在反应环节，应用余热回收、新型催化剂（降低反应能耗）

等技术；在分离环节，采用高效节能分离设备（如膜分离、新型精馏塔）；在产品储存与输送环节，采用保温材料、变频输送设备等技术。同时，推动不同节能技术的融合，如将余热回收技术与热泵技术结合，提升余热利用效率；将变频调速技术与智能控制技术结合，实现设备精准调速。通过全流程覆盖与技术融合，形成系统性的节能体系，避免能源在局部环节流失。

4.3 建立过程优化与节能技术协同的管理机制

建立过程优化与节能技术协同的管理机制，需从组织架构、信息共享、考核激励三方面入手。组织架构上，成立跨部门协同小组，成员包括过程优化工程师、节能技术运维人员、生产管理人员，统筹协同工作；信息共享上，搭建数字化管理平台，实时采集过程优化参数、节能设备运行数据、能耗数据，实现数据实时共享与可视化展示，确保双方及时获取所需信息；考核激励上，制定协同考核指标（如综合能耗降低率、优化方案落地率），将考核结果与团队绩效挂钩，对协同效果好的团队给予奖励，激发全员协同积极性，确保过程优化与节能技术形成高效联动。

5 化学工程中过程优化与节能技术的发展趋势

5.1 向智能化方向发展，融合 AI 与大数据实现精准优化调控

未来，过程优化与节能技术将向智能化方向发展，深度融合 AI 与大数据实现精准优化调控。通过大数据技术收集化工生产全流程的历史数据（如工艺参数、能耗数据、产品质量数据），构建数据库；利用 AI 算法（如机器学习、深度学习）分析数据，挖掘工艺参数与能耗、质量之间的潜在关联，建立预测模型与优化模型。基于模型实时预测生产过程的变化趋势，自动调整工艺参数与节能设备运行状态，实现精准调控。例如，AI 模型可根据原料成分波动，提前调整反应参数，避免能耗升高；根据实时能耗数据，自动优化节能设备的运行模式，确保能源利用效率始终处于最优状态。

5.2 推动跨领域技术融合，强化新能源与化工生产的协同

推动跨领域技术融合，强化新能源与化工生产的协同，将成为重要发展趋势。新能源技术（如太阳能、风能、氢能）将与化工生产深度结合，为化工过程提供清洁动力。例如，利用太阳能发电为化工设备供电，或通过太阳能光热技术为反应过程提供热量；将风能发电与

储能技术结合，为间歇化工生产提供稳定能源；利用氢能作为化工反应的原料或还原剂，减少化石能源使用。同时，化工生产过程中产生的余热、副产物也可用于新能源生产，如利用化工余热制氢，形成“化工生产 - 新能源 - 化工生产”的循环体系，实现跨领域资源高效利用。

5.3 聚焦低碳工艺创新，发展循环化、资源化的生产模式

聚焦低碳工艺创新，发展循环化、资源化的生产模式，是未来核心发展方向。通过开发新型低碳工艺（如电催化反应、光催化反应），替代传统高能耗、高排放工艺；推动化工生产过程的循环化，将某一装置的副产物作为另一装置的原料，减少废弃物排放与资源消耗；实现资源化利用，将化工废水、废气、废渣处理后回收有用物质，如从废水中回收贵金属、从废气中回收二氧化碳用于合成化学品。例如，开发二氧化碳加氢合成甲醇的低碳工艺，利用工业废气中的二氧化碳作为原料；构建化工园区内的物料循环体系，实现园区内资源共享与废弃物零排放，推动化工行业向循环经济、低碳经济转型。

6 结论

过程优化与节能技术是推动化学工程绿色发展的关键支撑，已在化工生产关键环节应用、常见节能技术使用、大型项目协同等方面取得初步成效，但仍存在方案针对性弱、技术集成低、协同不足等问题。通过研发定制化优化方案、构建全流程节能体系、建立协同管理机制，可有效落地技术应用；未来向智能化、跨领域融合、低碳创新方向发展，将进一步释放技术价值。

参考文献

- [1] 张伟, 温博, 魏紫阁. 化学工程溶剂选择与溶解过程优化工艺研究[J]. 化肥设计, 2025, 63(04): 64-67.
- [2] 郝金鹏. 化学工程过程优化与节能降耗策略探索[J]. 化纤与纺织技术, 2025, 54(07): 130-132.
- [3] 宋智, 刘伯霞. 高等反应工程课程教学改革探究[J]. 知识文库, 2024, 40(16): 147-150.
- [4] 陈应虎. 化学工程与工艺中的过程安全评估与风险控制[J]. 中国石油和化工标准与质量, 2024, 44(19): 1-3.
- [5] 尤彩虹. 计算机处理技术在化学化工行业中的应用[J]. 热固性树脂, 2024, 39(01): 106.