

化工工艺节能降耗技术措施

林上理 姚璐禅 许森挺

浙江丽水有邦新材料有限公司 浙江 丽水 323000

摘要: 在全球能源短缺与环保要求趋严的大背景下, 化工行业作为高能耗、高污染的典型产业, 面临着巨大的转型压力。本文聚焦于化工工艺节能降耗技术措施。阐述了化工工艺节能降耗在应对能源危机、满足环境保护需求、提高企业经济效益及推动行业可持续发展方面的重要性。分析了化工工艺中反应、分离、加热冷却过程以及设备管道散热损失等能耗高的主要环节。从优化反应工艺、改进设备性能、强化过程控制、加强能源管理、废水废气废渣综合利用等方面提出了具体的节能降耗技术措施, 旨在为化工行业的节能发展提供参考。

关键词: 化工工艺; 节能降耗; 技术措施

引言: 在当今社会, 化工行业作为国民经济的重要支柱, 对能源的需求巨大。然而, 能源危机的加剧以及环境保护意识的增强, 使得化工工艺的节能降耗成为亟待解决的关键问题。高能耗不仅导致能源浪费, 增加企业成本, 还对生态环境造成严重破坏。同时, 随着市场竞争的日益激烈, 企业也迫切需要通过节能降耗来提升经济效益。因此, 深入研究化工工艺中的高能耗环节, 探索有效的节能降耗技术措施, 对化工行业的可持续发展具有重要的现实意义^[1]。

1 化工工艺节能降耗的重要性

1.1 应对能源危机

全球能源储备有限, 石油、天然气等化石能源面临枯竭风险, 能源供需矛盾日益尖锐。化工行业作为能源消耗大户, 其生产过程涉及大量原料转化与能量转换, 对能源需求庞大。若持续高能耗生产, 不仅加剧能源供应紧张局面, 还会引发能源价格剧烈波动。通过化工工艺节能降耗, 可降低行业对传统能源的依赖, 提升能源利用效率, 合理分配能源资源, 缓解能源危机带来的压力, 保障能源安全与稳定供应。

1.2 环境保护需求

化工生产中高能耗往往伴随高污染排放, 煤炭、石油等能源燃烧产生的二氧化硫、氮氧化物及粉尘, 是大气污染的重要来源; 生产废水、废渣处理不当则会污染土壤与水体。节能降耗可从源头减少污染物产生, 如降低能源消耗可减少废气排放, 优化工艺可降低废水废渣产出。这有助于减轻环境承载压力, 保护生态系统平衡, 减少雾霾、酸雨等环境问题, 满足社会对绿色、低

碳生产的迫切需求, 助力实现环境保护目标。

1.3 提高企业经济效益

高能耗意味着高成本, 化工企业在能源采购、设备运行维护等方面支出巨大。通过节能降耗, 企业可减少能源消耗, 降低原料采购与生产运营成本。例如, 采用节能技术优化反应过程, 可减少能源投入、提高产品产出率; 改进设备保温措施可降低散热损失, 节省能源费用。成本降低使企业产品在市场上更具价格竞争力, 利润空间得以扩大, 资金周转效率提高, 从而增强企业抗风险能力, 提升整体经济效益。

1.4 推动行业可持续发展

化工行业的可持续发展依赖于资源高效利用与绿色转型。节能降耗是实现这一目标的核心路径, 通过研发和应用节能新技术、新工艺, 可推动行业技术革新, 淘汰落后产能, 加速产业结构优化升级。同时, 节能降耗有助于化工企业满足日益严格的环保法规与行业标准, 树立良好的企业形象, 吸引更多投资与合作机会, 促进化工行业向清洁生产、循环经济方向发展, 为行业长期稳定、可持续发展奠定坚实基础。

2 化工工艺中能耗高的主要环节

2.1 反应过程

化工反应常需高温高压条件, 如合成氨需 400 - 500℃、15 - 30MPa 环境, 维持条件能耗巨大。部分反应转化率低, 像乙烯氧化制环氧乙烷, 乙烯单程转化率仅约 30%, 未反应原料循环利用增加能耗。反应选择性差产生大量副产物, 后续分离提纯耗能, 且低效催化剂导致反应慢、时间长, 进一步提升能耗, 拉低整体能源利用效率。

2.2 分离过程

化工分离能耗占比高。蒸馏需将混合物加热气化再

通讯作者: 姚璐禅, 1999年7月出生, 2021年毕业于丽水学院, 现就职于浙江丽水有邦新材料有限公司。主要从事化工管理工作

冷凝, 沸点相近组分分离时, 增加塔板数、提高回流比使能耗剧增。萃取中萃取剂再生耗能, 回收效率低则能耗更高。膜分离虽节能, 但膜材料渗透率低需高压驱动, 膜污染后清洗、更换也增加能耗, 结晶、吸附等技术同样存在能耗高、效率低的问题。

2.3 加热与冷却过程

加热与冷却在化工生产能耗突出。加热时, 蒸汽加热能量传递效率低, 大量潜热浪费; 电加热能量转换有损失, 成本高。冷却环节, 冷却水系统设计不佳会降低冷却效果、增加能耗; 制冷机深度冷却时, 压缩制冷循环耗能大, 尤其在低温工艺中高负荷运转加剧能耗, 频繁的加热冷却切换也导致设备启停损耗增加。

2.4 设备与管道的散热损失

化工设备和管道散热损失不可小觑。高温物料输送时, 管道保温不足会使热量以对流、辐射散失; 低温设备绝热层破损会让外界热量侵入, 加重制冷负担。设备密封不严导致高温高压物料泄漏, 不仅有安全隐患, 泄漏物料携带的能量也随之浪费, 长期积累造成可观的能源损耗^[2]。

3 化工工艺节能降耗技术措施

3.1 优化反应工艺

3.1.1 选择合适的催化剂

催化剂在化工反应中起着关键作用, 合适的催化剂能够显著降低反应的活化能, 加快反应速率, 从而实现节能降耗。以合成氨工业为例, 传统的铁基催化剂需要在高温高压下才能保证反应效率, 而新型钨基催化剂的活性更高, 可使反应温度降低 100 - 150℃, 压力减少 5 - 10MPa, 大幅降低了维持反应条件所需的能源消耗。此外, 高选择性的催化剂能减少副反应的发生, 降低后续分离提纯过程的能耗。

3.1.2 改进反应条件

合理改进反应条件是实现节能降耗的重要途径。通过深入研究反应动力学和热力学特性, 精准调控反应温度、压力、浓度等参数, 可在保证反应转化率和选择性的前提下, 降低能源消耗。例如, 在一些酯化反应中, 采用微波辅助加热技术, 能够使反应体系快速均匀受热, 相比传统加热方式, 反应温度可降低 20 - 30℃, 反应时间缩短一半以上, 有效减少了热能损耗。另外, 利用超临界流体技术改变反应介质的性质, 可使反应在更温和的条件下进行。

3.1.3 采用连续化反应工艺

相较于间歇式反应, 连续化反应工艺具有显著的节能优势。连续化反应可实现物料连续进料和出料, 避

免了间歇式反应中频繁的设备启停所造成的能源浪费。同时, 通过优化流程设计, 连续化反应能更好地实现热量回收利用, 将反应过程中产生的余热用于预热原料或其他需要加热的环节。例如, 在石油化工的裂解过程中, 采用连续化裂解工艺, 可将高温裂解气的余热用于预热原料油, 使能源利用率大幅提升。

3.2 改进设备性能

3.2.1 选用高效节能的反应设备

高效节能的反应设备能够显著降低化工生产过程中的能耗。新型的微反应器凭借其巨大的比表面积和优异的传热传质性能, 可实现反应物料的快速混合与高效反应, 大幅缩短反应时间, 降低反应温度。例如, 在精细化工的硝化反应中, 使用微反应器可使反应温度从传统的 80 - 100℃降至 30 - 40℃, 能耗减少约 40%。此外, 带有内置换热装置的新型反应釜, 能及时移走或补充反应过程中的热量, 提高反应的稳定性和选择性, 减少因温度控制不当导致的能源浪费。

3.2.2 优化分离设备

分离设备的性能直接影响化工生产的能耗水平。优化蒸馏塔结构, 采用高效规整填料替代传统散装填料, 可降低塔内压降, 提高分离效率, 减少回流比, 从而降低蒸馏过程中的热能消耗。例如, 在乙醇 - 水分离中, 使用新型规整填料可使蒸馏能耗降低 20% - 30%。膜分离设备的升级同样关键, 开发高渗透率、高选择性的新型膜材料, 如陶瓷膜、纳滤膜等, 能在较低压力下实现高效分离, 相比传统分离技术节能 30% 以上。

3.2.3 加强设备保温

化工生产中, 设备和管道的散热损失是不容忽视的能耗因素, 加强设备保温至关重要。对于高温设备和管道, 采用新型高效保温材料, 如纳米气凝胶保温毡、真空绝热板等, 其导热系数远低于传统保温材料, 能有效减少热量散失。例如, 在高温蒸汽管道上使用纳米气凝胶保温毡, 可使管道表面温度降低 50℃以上, 减少热量损失约 35%。针对低温设备, 采用多层复合绝热结构, 并填充高性能绝热材料, 防止外界热量侵入, 降低制冷系统的能耗。

3.3 强化过程控制

3.3.1 采用先进的自动化控制系统

先进的自动化控制系统能够实现化工生产过程的精准调控, 有效降低能耗。通过部署分布式控制系统 (DCS) 和可编程逻辑控制器 (PLC), 可实时采集温度、压力、流量等关键参数, 并依据预设程序自动调整设备运行状态。例如, 在化工反应过程中, 自动化系统可根据反应进程动态调节加热或冷却装置, 避免能源过

度消耗；在物料输送环节，通过变频调速技术，依据实际需求调整泵和风机的转速，降低电力消耗。

3.3.2 实施能量集成优化

能量集成优化是挖掘化工生产节能潜力的重要途径。通过构建能量集成网络，对生产过程中的余热、余压进行回收利用。例如，将高温反应产生的余热通过换热器用于预热原料或产生蒸汽，为其他工序供能；利用蒸汽透平回收高压蒸汽的余压发电，降低企业对外部电力的依赖。在多效蒸发系统中，通过合理安排蒸发流程，将前一效产生的二次蒸汽作为后一效的加热热源，提高蒸汽利用率。

3.3.3 加强生产调度管理

科学的生产调度管理能够优化资源配置，降低生产过程中的能耗。通过建立动态生产调度模型，综合考虑原料供应、设备运行状况、市场需求等因素，合理安排生产计划与设备启停顺序。例如，将连续生产设备的检修时间集中安排，减少设备频繁启停造成的能源损耗；根据能源价格的峰谷变化，调整高耗能设备的运行时段，降低用电成本。同时，加强各生产环节之间的协同配合，避免因物料积压或供应不及时导致设备空转。

3.4 加强能源管理

3.4.1 建立能源管理体系

建立完善的能源管理体系是化工企业实现节能降耗的重要基础。企业需依据国际标准（如 ISO 50001）或行业规范，制定涵盖能源规划、采购、使用、监测等环节的管理制度。明确各部门及岗位的能源管理职责，设立能源管理专职岗位，统筹协调企业能源工作。通过安装智能电表、流量计等能源计量器具，构建能源数据采集与监测网络，实时掌握能源消耗动态。同时，将能源管理目标分解到车间、班组，定期开展考核与奖惩，激励全员参与节能工作。

3.4.2 开展能源审计

能源审计是挖掘节能潜力、发现能源浪费环节的有效手段。专业审计团队通过对企业能源购入储存、加工转换、输送分配、终端使用等全过程进行统计分析，排查能源消耗不合理之处。对能源消耗指标进行对标分析，与行业先进水平对比，明确节能差距。同时，评估企业余热余压利用、能量回收等节能措施的实施效果，提出针对性的改进建议。

3.4.3 推广节能新技术、新工艺、新设备

推广节能新技术、新工艺、新设备是实现化工行业节能降耗的关键路径。企业应密切关注行业技术动态，积极与科研院所、高校合作，引入如新型催化技术、高

效膜分离技术、余热发电技术等前沿节能技术。同时，鼓励企业自主研发创新，对现有工艺进行节能优化，推广节能型设备替代高耗能老旧设备。

3.5 废水、废气、废渣的综合利用

3.5.1 废水处理与回用

化工生产过程中产生的废水成分复杂，污染物浓度高，实现废水处理与回用对节能降耗和环境保护意义重大。可采用物理、化学与生物相结合的多级处理工艺，先通过格栅、沉砂池等物理手段去除大颗粒悬浮物；再利用化学混凝、中和等技术去除重金属、酸碱污染物；最后借助生物处理技术降解有机污染物。处理后的达标水可回用于对水质要求较低的环节，如设备冷却、厂区绿化灌溉等。对于高盐废水，采用蒸发结晶、膜分离等技术进行盐分分离，实现水资源与盐类物质的双重回收利用。

3.5.2 废气回收与利用

化工废气含有大量可回收利用的资源，对其进行回收利用既能减少污染物排放，又能创造经济效益。对于含挥发性有机物（VOCs）的废气，可采用吸附-脱附、冷凝回收等技术，将其中的有机溶剂回收再利用。对于含有二氧化碳、氢气等气体的废气，可利用膜分离、变压吸附等技术进行分离提纯，实现资源循环利用。

3.5.3 废渣的综合利用

化工废渣种类繁多，通过综合利用可有效减少固废堆积污染，实现资源再利用。对于含有金属元素的废渣，如冶炼废渣、电镀污泥等，采用火法冶炼、湿法浸出等技术提取其中的有价金属，实现金属资源的回收。对于工业副产石膏、粉煤灰等废渣，可作为原料用于生产水泥、建筑砌块等建材产品，替代部分天然原材料，降低生产成本的同时减少废渣占地^[3]。

结束语

化工工艺节能降耗是应对能源危机、实现绿色发展的必然选择。从优化反应工艺、改进设备性能，到强化过程控制、加强能源管理，再到废弃物综合利用，一系列技术措施相互配合，构建起全方位的节能降耗体系。这不仅能降低企业生产成本、提升经济效益，更对推动化工行业可持续发展、保护生态环境意义深远。

参考文献

- [1] 苏世俊. 浅谈化工设备维护与改造对设备的影响[J]. 中国设备工程, 2020(23):73-75.
- [2] 乔平. 试论化工设备升级改造和节能技术[J]. 当代化工研究, 2020(17):148-149.
- [3] 贾永进. 关于化工机械设备改造[J]. 设备管理与维修, 2021(15):198-199.