

化工工艺中常见的节能降耗技术措施分析

魏茂林

青海盐湖蓝科锂业股份有限公司 青海 格尔木 816000

摘要: 化工生产全流程能耗分布广泛,反应、分离、传热等核心环节及配套系统均存在能耗损耗,物料浪费与能量无效流失成为行业节能痛点。优化工艺运行与配套系统、强化物料回收利用,是降低化工生产能耗的关键路径。本文系统梳理化工工艺节能降耗的基础原理与能耗构成,重点分析工艺过程、物料回收、配套系统中的各类节能技术措施,梳理各技术的运行逻辑与实操要点,整合能耗控制与物料高效利用的核心思路,为化工工艺节能降耗实践提供可参考的技术梳理与逻辑支撑,助力化工生产实现能效提升与资源高效利用。

关键词: 化工工艺;节能降耗;工艺优化;物料回收;设备节能

引言:化工行业作为高能耗产业,生产过程中能量损耗与物料浪费问题突出,不仅增加生产成本,也与绿色生产发展需求存在差距。传统化工生产模式多采用粗放式运行,工艺参数不合理、物料回收不充分、配套系统能效偏低等问题,进一步加剧能耗负担。随着化工生产精细化水平提升,降低生产能耗、减少物料损耗成为行业发展的重要方向。梳理化工工艺中常见的节能降耗技术措施,明确各技术的运行逻辑与应用方式,对优化化工生产流程、提升能源与资源利用效率具有重要现实意义。

1 化工工艺节能降耗相关基础

1.1 化工工艺能耗的主要构成

化工工艺能耗贯穿生产全流程,各生产单元因工艺特性不同,其能耗特点与用能形式存在明显差异,最终构成多环节叠加的综合能耗体系^[1]。其中,反应过程能耗是整个工艺的核心用能环节,主要集中在原料向目标产物转化的阶段,该环节需通过加热或冷却维持适宜的反应条件,且会伴随反应热的吸收或释放,因此耗能强度直接与反应类型、操作参数密切相关。与反应环节紧密衔接的是分离过程,其能耗占比同样显著,该环节核心是实现混合物的提纯与组分拆分,通过精馏、萃取等单元操作,需持续输入热能或机械能以完成物料的相态转换与组分迁移。此外,传热过程的能耗也不可或缺,其主要用于物料温度调控,涉及加热炉、换热器等关键设备的运行,承担着原料预热、产物冷却及系统热量平衡的重要作用,能量损耗主要来源于换热温差与设备自身热阻。动力输送环节的能耗则服务于全流程物料与介质的转运,涵盖泵、风机、压缩机等设备的运转,通过电能向机械能的转化实现流体输送,管路阻力大小与设备运行效率直接决定了该环节的能耗水平。

1.2 化工工艺节能降耗的基本原理

化工工艺节能降耗遵循热力学基本规律,以能量梯级利用与损耗控制为核心逻辑,构建能效提升的理论支撑体系。基于能量守恒规律,生产过程中能量仅发生形式转化与转移,不存在凭空增减,节能降耗本质为减少能量无效转化与散失,提升有效能量占比。依据热量传递规律,热量自发从高温区域流向低温区域,通过合理匹配冷热物流,优化换热网络结构,可强化热量回收效率,减少外部能源输入。依托化工反应调控相关理论,灵活调整生产运作模式与运行条件,缩减反应开展所需的能量门槛,从源头削减生产阶段的能源投入,同时约束多余副产物生成,削减不必要的能源耗费。依托过程系统集成原理,打破单元操作孤立运行模式,统筹全厂能量流与物料流,实现能量跨单元耦合利用,减少系统整体用能需求。基于损耗最小化原理,通过优化设备结构与运行参数,降低管路阻力设备热损失及机械摩擦损耗,减少能量在传递与转换过程中的无效流失。这些原理相互融合、相互支撑,为各类节能技术的研发、选型与应用提供了坚实的理论依据,确保节能措施科学合理、切实可行。

2 化工工艺过程中的节能技术措施

2.1 工艺参数优化技术

工艺参数优化技术是化工工艺过程中节能降耗的基础手段,依托化工热力学与反应动力学核心理论,通过精准调控生产各环节关键操作参数,摒弃传统固定参数运行的粗放模式,实现能耗精准控制与能效提升^[2]。聚焦反应温度、压力、物料配比、停留时间等核心参数,结合工艺运行实时状态进行动态调整,使生产过程始终处于最优工况区间,减少参数偏离导致的无效能耗支出。依托高精度检测与智能化管控系统,实时捕捉参数波

动, 精准反馈调整方向, 避免参数失衡引发的副反应加剧与能耗浪费。通过参数优化可有效提升反应转化率与产品收率, 减少原料消耗的同时, 降低后续分离、提纯环节的能耗负荷, 形成全流程节能效应, 符合化工生产精细化节能的技术发展方向。

2.2 反应过程节能技术

反应过程节能技术聚焦化工生产核心反应环节, 通过优化反应路径、调控反应条件及改进反应方式, 实现反应环节能量输入减少与能量利用率提升。优化反应路径可简化原料转化步骤, 缩短反应周期, 减少反应过程中能量累积消耗, 同时抑制副反应发生, 降低无效能量损耗与原料浪费。科学调控反应温度与压力, 降低反应活化能需求, 减少加热、加压环节的外部能量投入, 同时合理利用反应自身释放的反应热, 实现能量梯级利用。改进反应方式可采用新型反应技术, 整合反应与分离环节, 打破传统反应平衡限制, 提升反应速率与转化率, 减少反应过程中能量浪费。选用高效催化剂降低反应能耗门槛, 加速反应进程, 减少反应所需能量输入, 进一步强化反应环节节能效果。

2.3 传热过程强化节能技术

传热过程强化节能技术针对化工生产中传热环节能耗占比高的突出问题, 依托传热传质理论, 通过优化传热设备结构、改进传热介质及强化保温措施, 提升传热效率, 减少热量无效流失。优化传热设备内部结构, 增大传热面积、降低传热热阻, 提升设备传热能力, 缩短传热时间, 降低设备运行过程中的能量消耗。选用导热系数高、稳定性强的新型传热介质, 加快热量传递速率, 减少传热过程中的能量损耗, 降低外部能源补充需求。强化设备与管路保温防护, 采用高效保温材料优化保温结构, 减少设备外壁与环境的热量交换, 降低散热损失。优化传热网络布局, 合理匹配冷热物流, 实现热量交叉利用, 提升热量综合利用率, 进一步降低传热环节整体能耗。通过多维度协同优化, 可显著降低传热环节能耗, 推动全流程能效提升, 适配各类高传热需求的化工工艺场景。

2.4 分离过程节能技术

分离过程节能技术围绕化工生产中分离单元高能耗痛点, 通过简化分离流程、优化分离设备及改进分离操作, 降低分离环节热能与机械能投入, 实现节能降耗。简化分离流程可整合冗余分离单元, 减少分离步骤, 降低各单元间能量传递损耗, 同时减少物料在分离过程中的损耗与能量浪费。优化分离设备内部结构, 改进塔内件设计, 提升分离效率, 减少分离过程中热能与机械能

消耗, 替代传统高能耗分离设备。改进分离操作方式, 采用热泵精馏、膜分离、反应精馏等新型分离技术, 替代传统高能耗分离模式, 通过优化分离操作参数, 提升分离纯度与效率^[3]。回收分离过程中产生的余热与可利用组分, 实现能量与物料的循环利用, 进一步降低分离环节能耗, 契合化工行业绿色节能发展需求。该技术可有效破解分离单元高能耗难题, 兼顾分离效率与节能效益, 是化工工艺全流程节能的重要支撑。

3 化工工艺中物料回收与降耗技术措施

3.1 物料循环利用技术

物料循环利用技术是化工工艺物料回收与降耗的核心手段, 通过将生产过程中未完全反应的原料、副产物及中间物料重新引入生产系统, 实现物料高效利用, 降低原料消耗与废弃物排放。依托化工过程系统集成理念, 梳理生产全流程物料流向, 识别可循环利用的物料组分, 搭建合理的循环利用流程, 避免可利用物料直接排放造成的资源浪费与能耗损失。针对不同工艺的物料特性, 采用针对性的提纯处理技术, 去除循环物料中的杂质, 确保循环物料符合生产工艺要求, 不影响产品质量与工艺稳定性。通过物料循环可减少新鲜原料投入量, 降低原料采购与处理环节的能耗, 同时减少废弃物处理负荷, 形成物料与能耗的双重降耗效应, 实现生产过程的资源高效利用。

3.2 废弃物回收处理技术

废弃物回收处理技术聚焦化工生产过程中产生的各类废弃物, 通过物理、化学或生物处理方法, 实现废弃物的资源化回收与无害化处理, 降低废弃物排放带来的资源浪费与环境负荷。针对生产过程中产生的废液、废渣、废气等不同形态废弃物, 采用差异化处理技术, 提取废弃物中可利用的组分, 转化为可重新投入生产的原料或辅助物料, 实现废弃物资源化。对无法直接回收利用的废弃物, 通过无害化处理技术降低其环境影响, 同时尽可能回收废弃物中蕴含的能量, 减少能量无效流失。废弃物回收处理需贴合化工工艺特性, 优化处理流程与操作参数, 提升回收效率, 降低处理过程中的能耗投入, 实现废弃物处理与节能降耗的协同推进, 契合化工生产绿色发展需求。

3.3 原料预处理节能降耗技术

原料预处理节能降耗技术通过优化原料预处理流程与方法, 提升原料纯度与反应活性, 减少后续反应环节的能耗与物料消耗, 为整个化工生产流程节能降耗奠定基础。原料预处理核心是去除原料中的杂质、水分及有害组分, 避免杂质影响反应效率、增加能耗, 同时提升

原料反应活性,降低反应所需的能量输入。采用高效预处理技术,简化预处理步骤,减少预处理过程中的物料损耗与能量消耗,替代传统高能耗预处理方式^[4]。通过精准控制预处理条件,优化预处理剂用量与反应环境,提升预处理效果,确保预处理后的原料符合后续工艺要求,减少后续反应环节的副反应发生,降低无效能耗与物料浪费,实现原料利用效率与工艺能效的同步提升。

4 化工工艺配套系统节能降耗技术措施

4.1 动力系统节能技术

动力系统是化工工艺生产的能量供给核心,其运行效率直接影响整体能耗水平,动力系统节能技术聚焦能量转化效率提升与损耗控制,实现节能降耗目标。优化动力设备运行参数,根据化工生产负荷动态调整设备输出功率,避免设备长期处于高负荷或低负荷低效运行状态,减少能量无效消耗。采用高效动力设备替代传统高能耗设备,提升能量转化效率,降低电能或热能输入需求。加强动力设备运行维护,减少设备机械摩擦损耗与能量泄漏,延长设备使用寿命的同时,维持设备高效运行状态。梳理动力系统能量流向,优化能量分配方式,使能量供给与工艺用能需求精准匹配,减少能量在传输与分配过程中的流失,提升动力系统整体能效。通过设备优化、运行管控与维护升级,实现动力系统能耗的精准控制,为工艺生产提供高效、稳定、节能的能量支撑。

4.2 公用工程节能技术

公用工程为化工工艺生产提供稳定支撑,涵盖供水、供电、供汽、制冷等多个环节,公用工程节能技术通过优化系统运行与资源利用,降低辅助环节能耗。优化供水系统运行,采用节水型设备与工艺,减少生产用水消耗,同时推进生产废水处理回用,降低新鲜水投入与废水处理能耗。规范供电系统运行,优化供电线路布局,减少线路损耗,合理调配电力资源,避免电力浪费。优化供汽与制冷系统,整合供汽与制冷负荷,优化运行参数,提升系统热效率与制冷效率,减少热能与电能消耗。搭建公用工程能量集成网络,实现各环节能量交叉利用,提升能量综合利用效率,降低公用工程整体能耗支出。

4.3 设备节能改造技术

化工生产设备是能耗消耗的主要载体,设备节能改造技术通过改进设备结构、优化设备性能,减少设备运行过程中的能量损耗,提升设备运行能效。针对反应设备、传热设备、分离设备等核心生产设备,优化设备内部结构,减少设备内部阻力与热损失,提升设备运行效率,降低设备运行能耗^[5]。对老旧设备进行节能改造,替换低效部件,提升设备性能,避免老旧设备因性能下降导致的能耗浪费。采用新型节能材料制作设备部件,增强设备保温、防腐性能,减少设备热量散失与损坏概率,延长设备稳定运行周期。优化设备运行状态,通过精准调控设备操作参数,避免设备空转、过载运行,确保设备在高效低耗区间稳定运行,实现设备节能与工艺降耗的协同推进。

结束语

化工工艺节能降耗是一项贯穿生产全流程的系统性工作,需依托科学的原理支撑,结合工艺特性与配套系统运行状态,统筹运用各类节能技术措施。工艺过程优化可直接降低核心环节能耗,物料回收利用能实现资源循环与损耗控制,配套系统节能则为整体能耗管控提供保障。各类技术措施相互衔接、协同作用,可有效减少能量无效流失与物料浪费,优化化工生产能效水平。合理运用这些技术措施,能够贴合化工生产实际运行需求,完善能耗管控体系,推动化工生产朝着低耗、高效、绿色的方向稳步推进。

参考文献

- [1]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(7):170-172.
- [2]李小龙.化工工艺中常见的节能降耗技术措施[J].化工设计通讯,2022,48(7):55-57.
- [3]黄健,李伟.化工工艺中常见的节能降耗技术措施[J].模型世界,2022(34):45-47.
- [4]王佳佳.简析化工工艺中常见的节能降耗技术措施[J].工程技术研究,2023,5(9):186-188.
- [5]王婧,赵乐.化工工艺中常见的节能降耗技术措施[J].石油石化物资采购,2024(7):133-135.