

# 炼油化工装置节能降耗策略探讨

王 伟

中海油惠州石化有限公司 广东 惠州 516000

**摘 要:** 炼油化工装置能耗高、节能需求迫切, 本文从全生命周期视角构建节能降耗策略体系。设计阶段通过优化工艺流程、设备选型与能源系统规划减少源头损耗; 运行阶段依托工艺参数动态调整、设备状态管控与公用工程高效利用提升能效; 技术升级阶段应用余热回收、清洁能源替代及数字化技术强化节能效果; 管理阶段通过责任考核、人员培训与能源计量夯实管理基础。多维度策略协同发力, 为炼油化工装置实现节能降耗、降本增效提供实践路径。

**关键词:** 炼油化工装置; 节能降耗; 全生命周期; 技术升级; 管理优化

引言: 炼油化工行业作为能源消耗大户, 在当前能源紧张、环保要求日益严格的背景下, 节能降耗迫在眉睫。装置能耗高不仅增加生产成本, 还对环境造成压力。从设计到运行, 从技术应用到管理体系, 各环节都存在节能潜力。深入研究节能降耗策略, 挖掘各环节节能空间, 对提升炼油化工企业经济效益、实现可持续发展以及推动行业绿色转型具有重要意义。

## 1 装置设计阶段的节能降耗策略

### 1.1 工艺流程优化设计

工艺流程优化设计需从源头减少能源损耗, 核心在于简化冗余流程与强化集成利用。梳理传统流程中的非必要环节时, 需结合原料特性与产物要求, 剔除重复的物料输送、中间缓冲等步骤, 例如合并相邻的预处理与反应单元, 缩短能源在传输过程中的路径, 降低因长距离输送或多环节转换产生的损耗, 让能源更直接作用于核心反应与分离过程<sup>[1]</sup>。推进工艺集成需打破单一装置或单元的界限, 将上下游工艺环节有机耦合, 例如将反应装置的高温产物热量直接用于下游原料预热, 实现能量从高品位到低品位的梯级利用, 避免能量在单独环节中闲置或浪费。合理规划装置布局同样关键, 根据物料加工顺序与能源供需关系, 将关联紧密的设备与单元就近布置, 如将换热器与反应釜相邻安装, 缩短物料与能源的输送路径, 减少输送过程中的动力消耗与热量散失, 从空间布局层面为节能降耗奠定基础。

### 1.2 设备选型与匹配优化

设备选型与匹配优化需兼顾效率与适配性, 避免能源浪费。核心设备选用需优先考虑高效节能型号, 针对压缩机、泵、换热器等关键能耗设备, 对比不同型号的能源利用效率与运维成本, 选择在额定工况下能耗低、性能稳定且长期运行成本可控的产品, 例如选用高效离心式压缩机替代传统往复式压缩机, 或采用新型高效换

热器提升换热效率。设备参数需与工艺负荷精准匹配, 根据装置设计产能与实际运行中的负荷波动范围, 结合未来产能扩展需求, 确定设备的额定参数, 避免“大马拉小车”现象。设备额定功率远高于实际需求会导致设备长期处于低负荷运行状态, 造成能源闲置与浪费。辅助设备选型同样注重节能, 优先采用节能电机、变频控制系统等低能耗辅助设备, 通过变频技术根据实际负荷调整电机转速, 如根据泵体输送流量变化实时调节转速, 减少辅助系统的无效能耗, 提升整体设备系统的能源利用效率。

### 1.3 能源系统规划设计

能源系统规划设计需构建循环利用体系, 最大化能源价值。装置内部需设计闭环能源循环系统, 全面梳理工艺过程中产生的余热、余压等二次能源类型与产量, 将其分类纳入系统, 例如将加热炉烟气余热用于预热燃烧空气, 将反应过程中产生的余压用于驱动泵或压缩机, 实现能源在装置内部的循环利用, 减少对外界能源的依赖。余热、余压回收相关设施布局需合理规划, 根据二次能源的产生位置与利用需求, 结合装置整体布局, 确定回收设备的安装位置与输送路径, 例如在余热产生集中的加热炉区域就近布置余热锅炉, 缩短余热输送距离, 降低回收过程中的能量损失。冷热公用工程管网设计需优化, 采用保温性能好的管道材料, 如选用高密度聚氨酯保温管, 减少管网在输送冷热介质过程中的热量或冷量损失; 同时合理规划管网走向, 避免迂回输送, 如沿装置主要生产线路铺设管网, 降低介质输送过程中的动力消耗, 确保能源在输送环节的损耗最小化。

## 2 装置运行过程中的节能降耗策略

### 2.1 工艺参数动态优化

工艺参数动态优化需依托实时数据调整, 结合装置历史运行最优数据与当前生产需求, 确保运行始终处于

低耗高效区间。针对反应单元,需实时跟踪原料性质、产物组成变化,调整反应温度、压力、流量至最优范围,既避免温度过高导致的能源浪费与副反应增加,也防止压力不足影响反应转化率,让反应过程在能耗与效率间达到平衡<sup>[2]</sup>。对于精馏塔、吸收塔等分离单元,需根据进料组分波动优化操作条件,通过调整塔底温度、塔顶压力减少回流比,降低分离过程中的蒸汽消耗与冷却能耗,同时保证产品分离纯度达标。加热炉、锅炉等热源设备需合理控制燃烧工况,根据负荷需求调整燃料与空气配比,减少不完全燃烧带来的能源损失,同时监测排烟温度,通过优化风门开度等方式降低排烟热损失,提升设备热效率。

### 2.2 设备运行状态管控

设备运行状态管控需聚焦隐患排查与工况优化,制定每日固定时段与随机抽查结合的巡检计划,减少无效能耗。加强设备日常巡检力度,重点关注阀门、法兰等密封部位,及时处理泄漏问题,避免物料与能源因泄漏造成浪费;定期检查换热器、加热炉等设备内部情况,发现结垢、积焦及时清理,防止传热效率下降导致的能源消耗增加。针对泵、风机等转动设备,需实时监测负载变化,根据工艺需求调整运行参数,避免设备处于空载或超载状态,空载会造成电力浪费,超载则可能加剧设备磨损并增加能耗。同时建立设备运行台账,记录关键设备的运行参数与能耗数据,通过数据分析识别工况异常,提前介入调整,确保设备始终在高效区间运行。

### 2.3 公用工程高效利用

公用工程高效利用需通过精准分配与回收,最大化资源价值。蒸汽、冷却水、压缩空气等公用工程需根据各装置、各单元的实际需求分配供应量,安装流量监测仪表实时把控用量,避免因过量供应造成的能源闲置,例如根据生产负荷调整冷却水流量,减少循环水泵的电力消耗;根据用汽设备的压力需求分级供应蒸汽,避免高品位蒸汽用于低需求场景。推进公用工程系统负荷调节,在装置低负荷运行时段,适当降低公用工程制备设备的运行负荷,减少能源投入。加强冷凝水与疏水阀管理,通过专用回收管道及时回收蒸汽使用后的冷凝水,用于锅炉补水或其他加热需求,减少水资源浪费与热能损失;定期检查疏水阀工作状态,确保其正常排凝,避免蒸汽随冷凝水排出造成能源损耗,提升公用工程的整体利用效率。

## 3 技术升级与改造的节能降耗策略

### 3.1 高效节能技术应用

高效节能技术应用需聚焦能源回收与消耗优化,降

低装置能源损耗。推广余热回收技术,针对装置产生的不同品位余热选择适配技术类型,例如在高温烟气排放环节采用余热锅炉,将热量转化为蒸汽用于生产;在中低温余热场景应用热泵,提升热量品位后用于原料预热;在局部高散热设备处安装热管,强化热量传递与回收,最大限度减少余热浪费<sup>[3]</sup>。采用先进分离技术替代传统高能耗工艺,针对混合物分离需求,用膜分离、吸附分离等技术取代能耗较高的精馏工艺,这类技术无需大量加热或冷却过程,能显著降低分离环节的能源消耗,同时保证分离效果达标。应用节电技术优化电力消耗,为泵、风机等设备加装变频调速系统,根据实际负荷调整电机转速,避免满负荷运行造成的电力浪费;替换传统电机为永磁同步电机,这类电机运行效率更高,能在长期使用中减少电力消耗,提升装置整体节电水平。

### 3.2 能源替代与结构优化

能源替代与结构优化需从能源供给端入手,降低高能耗能源依赖。推进清洁能源替代,针对装置燃料需求,用天然气、生物质能等清洁能源替代煤炭、重油等高能耗化石能源,这类清洁能源燃烧效率更高,且产生的污染物更少,既能减少能源消耗,也符合环保要求。探索装置副产能源回收利用,针对生产过程中产生的弛放气、火炬气等副产物,开发回收提纯技术,将其转化为可用燃料或化工原料,避免直接排放造成的能源浪费;同时优化副产能源输送与利用系统,确保回收能源能稳定接入装置能源网络,提升能源自给率。优化电力消耗结构,关注电网峰谷电价差异,在电价低谷时段安排高耗电操作,如设备检修后的重启、原料预处理等;在电价高峰时段调整运行策略,减少非必要高耗电设备运行,通过错峰用电降低电力成本,同时减轻电网负荷压力。

### 3.3 数字化与智能化技术赋能

数字化与智能化技术赋能需通过数据驱动提升节能精准度。搭建装置能源管理系统,整合各环节能耗数据,实现能耗实时监测与可视化展示,运维人员可通过系统快速掌握能源消耗分布与异常情况,为节能决策提供数据支撑;系统能自动生成能耗分析报告,识别能源浪费环节,辅助制定针对性优化方案。应用智能控制算法,将算法嵌入工艺与设备控制系统,根据实时生产数据自动优化调节参数,例如根据原料性质变化调整反应条件,根据设备负载波动调整运行状态,减少人工干预带来的滞后性与误差,确保装置始终在最优节能状态运行<sup>[4]</sup>。借助数字孪生技术,构建装置虚拟模型,模拟不同运行参数下的能耗情况,通过虚拟试错优化运行方案,避免实际调整过程中的能源浪费;可通过模型预测设备故障与

能耗异常,提前制定应对措施,减少因突发问题导致的能源损耗。

#### 4 管理体系强化的节能降耗策略

##### 4.1 节能责任与考核机制建设

节能责任与考核机制建设需明确权责、强化激励,推动节能目标落地。明确各部门、岗位的节能职责,构建从管理层到基层操作岗的分层管理体系,例如生产部门负责工艺参数优化的节能落实,设备部门承担设备能效维护责任,后勤部门关注公用工程节约使用,确保每个环节都有明确负责主体,避免责任推诿。制定具体量化的节能降耗目标,结合装置历史能耗数据与行业先进水平,将目标分解到各部门、各岗位,同时纳入绩效考核体系,将节能成效与薪酬、评优直接挂钩,激发全员主动参与节能的积极性。建立节能降耗成效跟踪与反馈机制,定期统计各部门、岗位的节能目标完成情况,分析未达标的原因并及时反馈,针对问题制定改进方案,形成“责任明确—目标分解—考核激励—跟踪改进”的闭环管理,持续推动节能效果提升。

##### 4.2 人员节能意识与技能提升

人员节能意识与技能提升需从认知与操作双维度发力,减少人为因素导致的能耗浪费。开展常态化节能知识培训,内容涵盖装置高能耗环节、节能技术原理、日常节能操作要点等,通过案例讲解、现场实操演示等方式,让员工理解节能的重要性与具体方法,提升节能操作技能,避免因操作不规范造成能源损耗。推广统一的节能操作规范,针对关键设备启停、工艺参数调整、公用工程使用等场景,制定标准化操作流程,明确操作边界与优化方向,例如规定加热炉燃烧空气过剩系数的合理范围、泵体空载运行的最长时间,引导员工按规范操作,减少随意性操作带来的能耗波动。鼓励员工参与节能合理化建议征集,设立专项奖励机制,对提出有效建议的员工给予表彰或物质奖励,充分挖掘基层员工在日常工作中发现的节能潜力,形成全员参与节能的良好氛围。

##### 4.3 能源计量与统计管理

能源计量与统计管理需夯实数据基础,为节能策略

制定提供精准支撑。完善能源计量体系,根据装置能耗分布特点,在关键能源消耗节点加装计量仪表,实现从装置整体到单元、再到单台设备的能耗细分计量,覆盖电力、蒸汽、燃料、水资源等各类能源,确保每一笔能耗都可监测、可追溯,避免因计量缺失导致的能耗数据模糊<sup>[5]</sup>。加强能耗数据统计与分析,建立固定的数据统计周期,按时收集各计量点数据,通过对比分析不同时段、不同工况下的能耗变化,识别能耗异常波动的环节与设备,锁定节能薄弱点,例如某单元能耗突然升高可能源于设备故障或操作偏差,为后续针对性整改提供方向。建立能耗基准数据库,整合装置长期运行的能耗数据,结合生产负荷、原料性质等影响因素,确定不同工况下的能耗基准值,为节能目标设定、节能效果评估、节能策略优化提供科学依据,让节能管理从“经验判断”转向“数据驱动”。

#### 结束语

炼油化工装置节能降耗是一项长期且系统的工程,需从设计源头把控,在运行中精细化管理,借助技术升级改造提升能效,并通过强化管理体系保障节能措施落地。通过多维度、多层次策略的综合应用,可有效降低装置能源消耗,提升企业经济效益与行业竞争力。未来,随着技术不断进步与管理理念创新,炼油化工装置节能降耗将迈向更高水平,为行业绿色发展注入强劲动力。

#### 参考文献

- [1]马飞,王云云,张景.炼油化工装置节能降耗策略探讨[J].石化技术,2025,32(5):44-45,26.
- [2]贾佳.炼油化工企业节能降耗技术措施探讨[J].石化技术,2023,30(05):98-100.
- [3]董兴鑫.炼油化工装置节能降耗思路[J].中国石油和化工标准与质量,2022,42(09):33-35.
- [4]裴克祥.关于炼油化工企业节能降耗技术思考研究[J].石油石化物资采购,2023(4):127-129.
- [5]张丙凯,黄传林.炼油化工企业节能降耗技术研究[J].山西化工,2023,43(3):181-183.