

煤化工净化装置节能降耗对策研究

李 龙

国家能源集团宁夏煤业有限责任公司煤制油分公司 宁夏 银川 750411

摘 要：煤化工净化装置是化工生产体系中能耗占比较高的关键单元，装置长期连续运行的特性，使其普遍存在能源消耗偏高、资源利用不充分的问题。相关运行弊端集中体现在设备工况偏移、工艺模式固化、系统管控粗放及运维体系不完善等多个方面，各类问题叠加持续造成无效能耗支出。本文结合净化装置的架构特点、工艺流程与能耗构成，深入梳理装置高能耗问题的各类成因，从设备、工艺、管控、运维、智能升级多个维度制定针对性的优化举措，构建全方位的节能降耗实施体系，能够有效改善装置低效运行状态，提升煤化工净化生产的能源利用水平。

关键词：煤化工；净化装置；节能降耗；工艺优化；运维管控

引言：现代煤化工产业规模化发展进程中，生产装置的高能耗问题逐渐成为制约行业提质增效的重要因素。净化装置作为煤化工生产的核心配套单元，承担原料气提纯、杂质脱除的关键职能，运行全程涉及大量动力与热能消耗。现阶段多数净化装置仍沿用传统运行与管理模式，设备老化失准、工艺调节僵化、系统管控松散等问题不断凸显，造成大量能源浪费。依托装置运行规律梳理能耗短板，落实全方位节能优化举措，改善装置能耗偏高的运行现状，是推动煤化工生产体系高效化、集约化发展的重要途径。

1 煤化工净化装置运行体系与能耗构成特征

1.1 煤化工净化装置整体运行架构

煤化工净化装置是煤化工生产链条中负责原料气提纯净化的关键单元。整套装置由多个功能独立的运行单元组合而成，各单元按照生产流程顺序排布，形成完整的气体净化处理体系。装置整体架构以原料气处理主线为核心，搭配气体分离、介质处理、热量交换、动力输送等配套单元，搭建起完整的运行框架^[1]。不同功能单元通过管道、设备实现物料与能量的传递转换，构成连续化的工业运行模式。架构内部的单元布局遵循气体净化的处理规律，前置单元完成初步杂质脱除，后置单元实现深度精制处理。整体架构的搭建形式，直接决定装置日常运行的能源消耗形式与消耗规模。

1.2 净化装置核心工艺流程与运行逻辑

煤化工原料气从前端生产系统送入净化装置后，会依次完成杂质脱除、气体精制、组分调整、尾气处理等一系列工序。原始原料气中混杂的硫化物、碳氧化物、粉尘等杂质，会在不同工艺单元中逐步分离去除。工

艺运行按照杂质处理难度分级推进，简易杂质通过初级过滤、洗涤工序完成处理，稳定性较强的杂质依靠化学反应、吸附分离等方式深度去除。整套流程贯穿气体输入、净化处理、合格气体输出的完整闭环。各道工序依据物料状态变化调整运行方式，保障原料气纯度达到后续生产标准，也形成固定的工艺运行逻辑。

1.3 净化装置能耗产生的主要环节与类型

净化装置的能源消耗贯穿整套工艺的运行全程。工艺处理环节会产生大量热能与电能消耗，各类介质加热、降温、加压、减压操作，均会形成能源损耗。物料输送环节依靠动力设备完成气体、液体介质的转运，设备持续运转会产生稳定的电力消耗。热量交换环节存在热能散失，介质换热过程中无法实现能量完全留存，产生持续性能耗。设备运行环节的机械运转、状态调节、负荷变动，也会带来不同形式的能源消耗。结合装置运行属性，整体能耗可划分为工艺能耗、动力能耗、换热能耗、设备运行能耗几大类。各类能耗分布在不同工艺节点，构成净化装置整体的能耗体系。

2 煤化工净化装置能耗偏高的成因分析

2.1 装置设备运行工况存在的短板

煤化工净化装置常年保持不间断生产，核心动力、换热、分离设备会在长期运行中逐步偏离设计工况。介质长期冲刷、杂质持续附着，会让设备内部构件产生磨损、结垢以及老化现象。换热设备管壁堆积的污垢会削弱热传导能力，热量交换效率持续走低，生产需要投入更多热源才能达到预设工艺温度。输送类设备内部机械损耗不断加重，有效做功比例持续下降，电网供电量需要持续增加，才能维持物料输送的稳定状态^[2]。部分

设备选型偏向常规生产工况，运行调节范围固定，面对生产负荷波动无法灵活适配。设备整体运行效率持续走低，大量能源在机械损耗与无效做功中消耗，抬高整套装置的能耗基数。

2.2 工艺运行模式存在的不合理问题

当前净化装置不少工艺运行方式沿用传统操作逻辑，整体调节弹性不足。工艺参数大多设定固定区间，未针对原料气杂质含量、气体组分的动态变化做出调整。原料气杂质负荷偏低的生产阶段，整套净化工艺依旧保持高负荷运行状态，大量能源被无效消耗。部分工序保留冗余操作流程，物料处理时长、反应强度、介质循环量超出实际净化所需标准。洗涤、换热、溶剂循环等前后工序衔接不够紧凑，工况配比失衡会产生大量能量空置。固化粗放的工艺运行模式，难以适配多变的生产工况，长期维持低效耗能的运行状态。

2.3 系统运行管控模式存在的漏洞

净化装置由多个工艺单元组合运行，整体管控精细程度存在明显欠缺。各单元调控相对独立，负荷配比缺少统一的统筹调度。局部生产工况出现波动后，上下游单元运行状态无法及时适配，系统整体运行平衡被打破。负荷调节机制较为单一，生产低峰阶段依旧保持全系统满负荷运转状态。热能、电能、循环介质的调配方式粗放，没有依据各单元实时生产需求精准分配。能源供给与生产需求脱节，过剩的能源无法有效利用，浪费问题贯穿装置运行全程。

2.4 装置运维管理体系存在的不足

装置现有运维工作侧重故障后的维修处置，事前预防养护工作落实不足。日常巡检只关注设备故障、泄漏等显性问题，对能效衰减、运行阻力上升、部件轻微老化等隐性问题排查不到位。各类设备养护周期缺乏科学规划，关键耗能设备养护间隔不合理，损耗问题不断堆积。现场运维执行标准宽松，设备除垢、参数校准、部件检测等基础工作落实不到位。运维体系的缺陷会持续降低设备运行性能，让装置始终处于高能耗运行状态，压缩装置节能降耗的优化空间。

3 煤化工净化装置节能降耗优化思路与优化原则

3.1 节能降耗优化总体思路

煤化工净化装置的节能降耗工作需要立足装置实际运行状态开展整体统筹。优化工作摒弃单一环节整改的零散模式，围绕设备工况、工艺运行、系统管控、运维体系多个维度搭建全方位优化框架^[3]。结合装置能耗产生的核心环节，针对性补齐运行短板与管理漏洞。以降

低无效能源消耗、提升能源利用效率为核心方向，挖掘装置内部潜在的节能空间。依照装置运行规律调整不合理的运行方式，重塑适配生产需求的运行与管理模式。通过分层、分步的优化手段，实现装置能耗水平的稳步下降，推动净化生产体系高效平稳运行。

3.2 设备层面节能优化基本原则

设备节能优化以适配实际生产工况为基础准则，保障设备运行性能与生产负荷相互匹配。聚焦高耗能设备的能效衰减问题，通过性能整改、结构调整与工况校准提升设备有效做功比例。优先解决设备结垢、老化、工况偏移等引发能耗上升的核心问题，降低设备机械损耗与无用能耗。严格把控设备运行负荷区间，杜绝超负荷、低效率的不合理运行状态。设备改造与调整工作贴合装置长期生产需求，不盲目开展设备升级，每一项优化动作有效均可有效改善设备能效水平，夯实装置节能的硬件基础。

3.3 工艺层面节能优化基本原则

工艺优化坚持按需调控的核心准则，打破固定化、模式化的传统运行逻辑。依据原料气组分、杂质含量的动态变化，灵活调整工艺参数与运行强度。删减工艺体系内多余的操作环节与冗余负荷，压缩无效工艺耗时与介质循环消耗。注重各工序之间的运行匹配度，理顺工序衔接逻辑，减少工况失衡带来的能量空置问题。工艺优化过程坚守生产稳定底线，所有参数调整与流程优化均以保障气体净化质量为前提。在满足生产标准的基础上最大化精简工艺能耗，搭建低耗高效的工艺运行体系。

3.4 运维管控节能优化基本原则

运维管控优化以精细化、常态化为核心准则，转变传统事后维修的被动管理模式。强化前置性养护排查工作，主动挖掘影响装置能效的隐性运行问题。科学规划设备养护周期，制定标准化的巡检、检修、养护流程，落实各项运维工作标准。完善系统统筹管控逻辑，细化各生产环节的能耗管控标准，规范现场运行操作规范。依托完善的运维管理机制约束不规范运行行为，从管理层面规避人为因素引发的能耗浪费。持续稳固装置节能优化成果，形成稳定长效的节能运行管理模式。

4 煤化工净化装置节能降耗具体优化对策

4.1 优化设备运行状态与运行模式

设备是净化装置能耗消耗的核心载体，设备运行状态的调整升级能够直接降低无效能源损耗。针对换热器、压缩机、循环泵等高耗能设备，定期开展内部清

垢、部件检修与精度校准工作,修复长期运行产生的性能衰减问题。稳定设备原始运行效率,减少机械阻力带来的电力与热能额外消耗。结合现场生产负荷变化,重新划定各类设备合理的运行负荷区间^[4]。调整传统固定不变的运行模式,根据原料气处理量灵活切换设备运行档位。杜绝设备长期空载、轻载或超负荷运行的不良状态。对工况匹配度偏低的老旧设备开展针对性改造,优化内部结构与运行参数。提升设备有效做功比例,减少机械运转过程中的能量损耗,从硬件运行层面筑牢节能基础。

4.2 改良净化装置核心工艺流程

传统固化工序流程存在较多能耗冗余空间,针对性改良工序结构可以持续压缩工艺能耗。梳理整套净化处理流程,甄别各类重复性、可简化的操作工序,对多余处理环节进行整合删减。缩短物料在装置内部的无效停留时长,降低介质循环与持续换热产生的能耗。结合原料气杂质波动规律,重构阶梯式净化处理流程。根据杂质含量高低匹配对应的处理工艺强度,避免高规格工艺用于低负荷生产工况。优化溶剂吸收、气体解析、热量交换等核心工序的衔接逻辑。调整介质循环量、换热温度、系统压力等关键参数的运行区间,适配实际净化生产需求。精简工艺运行成本,构建适配动态生产的低耗工艺运行体系。

4.3 完善装置系统化运行管控模式

净化装置多单元联动运行的特性,决定局部调控无法实现整体节能目标,需要搭建系统化管控机制。打破各工艺单元独立调控的运行现状,建立统一的负荷调配逻辑。依据前端进气状态统筹分配各单元运行负荷,平衡上下游工序的运行强度。优化系统能源分配方式,按需调配热能、电能与循环介质供给量。减少能源过量供给造成的闲置与浪费。细化不同生产负荷下的系统运行方案,明确低峰、高峰、稳态生产场景的管控标准。规范现场人员操作流程,杜绝人为操作偏差引发的工况失衡问题。通过系统性的全局管控,缩小各单元运行能耗差异,提升整套装置的能源整体利用效率。

4.4 搭建标准化节能运维管理体系

科学完善的运维管理是维持装置长效节能运行的关键手段。改变传统以故障维修为主的管理方式,建立以预防性养护为核心的运维机制。结合不同设备结构特性与运行时长,制定差异化的巡检、养护、检修周期。细

化设备清垢、部件检测、参数校准、故障排查等各项工作的执行标准。记录设备运行能效变化数据,梳理能效衰减规律。提前干预设备性能劣化问题,避免小损耗累积为高能耗问题。建立运维工作考核机制,规范各项运维举措的落地执行。填补日常运维中的管理漏洞,持续稳定保持设备与系统的优良运行状态,长期控制装置能耗水平。

4.5 推进装置运行智能化节能管控升级

传统人工管控模式精度有限,难以适配精细化节能降耗的发展需求。引入智能化监测与调控手段,完成装置能耗管控的升级迭代^[5]。部署智能监测模块,实时采集工艺参数、设备工况、能耗数据等关键信息。依托数据反馈掌握装置能耗变化规律,精准定位能耗偏高的薄弱环节。搭建自动化调控体系,对关键工艺参数与设备负荷实现自主微调。弱化人工操作带来的滞后性与偏差性。借助数字化手段梳理能耗管控短板,持续优化运行策略。用智能化管控替代粗放式人工管理,提升装置能耗调控的精准度与时效性,挖掘长效节能潜力。

结束语

净化装置的节能降耗是煤化工生产提质增效的重要环节,装置高能耗问题源于设备、工艺、管控、运维等多方面的综合短板。通过梳理装置运行架构与能耗特征,系统剖析各类能耗损耗的形成原因,从设备工况调整、工艺流程改良、系统管控完善、运维体系搭建、智能管控升级多个维度落实优化举措,可全方位补齐装置运行的能耗漏洞。整套优化方式贴合净化装置实际运行场景,能够有效减少无效能源损耗,提升装置运行效率与能源利用率,为煤化工装置节能化运行提供坚实支撑。

参考文献

- [1] 骆建国,石磊,张林通,等.煤化工净化装置节能降耗对策研究[J].山东化工,2024,53(4):277-279.
- [2] 杨吉祥,武建军,曹国宝.煤化工低温甲醇洗工艺优化与节能降耗研究[J].现代盐化工,2025,52(6):74-76.
- [3] 冯李锋.煤化工企业节能降耗现状及优化对策[J].内蒙古煤炭经济,2023(19):151-153.
- [4] 吴有衡,何乃胜.煤化工企业节能降耗措施探讨[J].中国石油和化工标准与质量,2025,45(16):123-125.
- [5] 陈海笑,董传利.煤化工空分装置的节能降耗措施及运行总结[J].氮肥与合成气,2023,51(1):20-23.