

# 石油化工储运系统运行优化与节能减排技术

王小龙

江苏斯尔邦石化有限公司 江苏 连云港 222042

**摘要:** 随着环保要求日益严苛以及能源成本的不断攀升, 石油化工储运系统的运行优化与节能减排成为行业可持续发展的关键。本文围绕该系统的设备、过程控制、节能、减排以及安全环保综合优化等多方面展开深入探讨, 详细阐述各类先进技术手段, 包括储运设备的合理选型与节能设计、自动化控制系统及先进算法的运用、热能回收与新材料设备的实践, 还有废气废水处理及安全风险管控等技术, 旨在全面提升石油化工储运系统的综合效能, 实现经济效益与环境效益的双赢。

**关键词:** 石油化工; 储运系统; 运行优化; 节能减排; 技术创新

引言: 石油化工产业作为国家经济的支柱性产业之一, 在能源供应、化工产品生产等领域发挥着举足轻重的作用。然而, 其储运系统在运行过程中面临着诸多挑战, 如设备能耗高、过程控制精度不足、污染物排放量大等问题, 不仅造成大量能源浪费, 也给生态环境带来沉重压力。在全球倡导绿色发展、低碳经济的大背景下, 深入研究石油化工储运系统运行优化与节能减排技术迫在眉睫。这不仅有助于降低企业运营成本, 增强市场竞争力, 更是履行社会责任, 推动行业可持续发展, 守护生态环境的必然要求。

## 1 石油化工储运系统设备优化技术

### 1.1 储运设备选型与节能设计

在石油化工储运设备的初始选型阶段, 应综合考量物料特性、输送流量、储存压力及温度等多方面因素。例如, 针对易挥发、腐蚀性强的油品, 优先选用具备良好密封性能且耐腐蚀材质的储罐, 如采用双层壁结构的不锈钢储罐, 既能有效减少物料挥发损耗, 又能大幅延长设备使用寿命。在泵类设备选型时, 依据实际工况精准匹配流量与扬程需求, 避免出现“大马拉小车”的现象, 通过选用高效节能型离心泵, 其特殊设计的叶轮与蜗壳结构, 可显著降低运行能耗, 相较于传统泵类, 节能幅度可达20%-30%。

对于管道系统, 优化管径设计至关重要。结合流体力学原理, 利用专业模拟软件精确计算管道阻力损失, 合理确定管径大小, 确保流体在管道内以经济流速运行。同时, 采用低粗糙度内壁管材, 如内衬陶瓷或高分子聚合物的钢管, 能有效降低流体摩擦阻力, 减少输送过程中的能量消耗, 在长距离输油管道中, 节能效果尤为突出, 每年可节省大量电力成本。

### 1.2 设备运行参数优化

借助实时监测技术, 持续采集储运设备的关键运行参数, 如储罐压力、温度、泵的转速与流量等信息, 并上传至中控系统。通过大数据分析 with 智能算法, 深度挖掘设备运行数据背后的规律, 精准定位设备最佳运行工况点。例如, 对于原油加热炉, 根据油品性质、季节变化以及生产负荷动态调整燃烧器的火焰大小、空气与燃料配比等参数, 确保燃料充分燃烧, 热效率始终维持在较高水平。

利用变频调速技术灵活调控泵与压缩机等动设备的转速。在低负荷工况下, 自动降低设备转速, 减少机械磨损与能量消耗; 而在高峰生产期, 则适时提升转速满足生产需求。经实际案例验证, 在某大型石化储运厂, 对油品输送泵实施变频改造后, 设备能耗根据不同工况可灵活降低15%-40%, 设备故障率也显著降低, 维护成本大幅削减, 实现了设备长期稳定高效运行。

## 2 石油化工储运系统过程控制技术

### 2.1 自动化控制系统的应用

构建高度集成化的自动化控制系统是实现储运系统精准运行的核心手段。该系统涵盖分布式控制系统(DCS)、可编程逻辑控制器(PLC)以及监控与数据采集系统(SCADA)等关键组件。在油品储存环节, DCS实时监控储罐液位、压力、温度等参数, 一旦偏离预设安全阈值, 立即自动触发报警并启动相应调控措施, 如自动调节压力调节阀开度维持罐内压力稳定, 防止超压泄漏事故发生; 在物料输送流程中, PLC精准控制泵、阀门的启停顺序与开度调节, 依据预设流量曲线实现连续、平稳输料, 避免物料冲击与泄漏风险, 大幅提升输送效率与安全性。

SCADA系统则凭借其强大的数据远程传输与可视化功能, 让操作人员可实时掌控分布于不同区域储运设施

的运行全貌,无论身处中控室还是通过移动终端,均可随时随地了解设备状态、工艺流程参数,实现远程操作与应急指挥调度,极大缩短故障响应时间,保障系统整体运行可靠性,提升企业运营管理的信息化水平。

## 2.2 先进控制算法在储运系统中的应用

模型预测控制(MPC)算法在石油化工储运系统中展现出卓越性能。它基于系统动态模型,对未来一段时间内的工艺参数进行预测,并结合优化目标函数实时求解最优控制策略。以油品调和过程为例,MPC算法充分考虑油品各组分性质、目标产品指标以及储罐存量等多元因素,精确计算各组分注入量与注入时间,确保调和产品质量稳定达标,同时最大程度减少优质组分过量使用造成的成本浪费,提升资源利用率。

智能优化算法如遗传算法、粒子群优化算法等也逐渐崭露头角。在储运系统复杂网络布局优化中,通过对管道走向、泵站选址、储罐容量配置等多变量组合寻优,找到总成本最低、运行效率最高的系统架构方案。这些算法凭借其强大的全局搜索能力,突破传统经验设计局限,为大型石化园区储运系统前期规划与后期升级改造提供科学精准决策支持,助力企业实现精细化管理与效益最大化目标。

## 3 石油化工储运系统节能技术应用

### 3.1 热能回收与利用技术

石油化工储运流程中存在大量余热资源,如原油加热后排放的高温烟气、产品分馏塔塔顶的气态热流等。采用高效余热回收装置,如热管换热器、板式换热器等,可充分捕获这些余热并加以二次利用。例如,将原油加热炉排放的高温烟气(通常温度在200℃-300℃)引入热管换热器预热助燃空气,能显著提升空气带入炉内的热量,增强燃料燃烧效果,进而提高加热炉热效率,节能率可达10%-15%;对于产品分馏塔塔顶热流,可通过与原料油换热实现预热功能,降低后续加热工序能耗,在整套蒸馏装置中形成良好的热集成网络,整体节能效益显著提升,有效降低装置单位产品能耗指标。

此外,利用余热发电技术进一步挖掘余热潜能。有机朗肯循环(ORC)发电系统凭借其适用于中低品位余热回收的优势,在石化储运领域应用前景广阔。以某石化厂为例,通过回收低温热物流驱动ORC发电装置,实现年发电量数百万千瓦时,不仅减少了企业外购电量,多余电力还可上网创收,将原本废弃的余热资源转化为清洁电能,实现能源梯级利用与经济效益增长双丰收。

### 3.2 新型节能材料与设备的应用

纳米绝热材料在石油化工储罐保温领域掀起革新浪

潮。相较于传统保温材料,纳米材料凭借其独特纳米级孔隙结构,有效降低热传导系数,如纳米气凝胶毡保温层,在相同保温厚度下,其隔热性能是传统岩棉材料的2-3倍,大幅减少储罐热量散失,降低油品蒸发损耗,尤其适用于高温高压或对温度敏感的物料储存场景,节能效果显著且使用寿命长,减少频繁更换保温材料带来的运维成本与环境负担。

节能型泵阀设备不断推陈出新。磁力驱动泵消除了传统泵机械密封易泄漏、能耗高的弊端,借助磁力耦合实现无接触传动,降低摩擦损失,提升泵效率;智能型调节阀采用先进的电动执行机构与高精度传感器,实时动态调节流量,精准控制压力,相比普通调节阀,减少了不必要的节流损失,确保系统运行过程中流体输送能耗始终处于最低状态,在长期连续运行工况下,节能效益逐年累积,助力企业降低运营成本。

## 4 石油化工储运系统减排技术应用

### 4.1 废气处理技术

针对储运系统产生的挥发性有机化合物(VOCs)废气,吸附浓缩与催化燃烧联合技术成为主流治理方案。首先利用活性炭纤维等高效吸附剂对低浓度VOCs进行富集浓缩,大幅降低废气处理体积流量;随后将浓缩后的高浓度VOCs引入催化燃烧装置,在贵金属催化剂作用下,于较低温度(通常250℃-400℃)实现有机物高效氧化分解,转化为无害二氧化碳与水,净化效率高达95%以上,有效削减废气污染物排放,满足日益严格的环保标准要求,同时回收燃烧过程产生的热能用于预热进气或其他工艺环节,实现能源回收与减排协同增效。

对于酸性废气,如油品储罐呼吸排放的含硫化物,采用碱液喷淋洗涤工艺,特制碱性吸收剂与酸性气体发生中和反应,脱除其中硫化氢、二氧化硫等污染物,结合高效气液传质设备,如文丘里洗涤器、填料塔等,确保废气与吸收液充分接触,净化后尾气达标排放,显著降低储运设施周边大气环境酸性污染负荷,保护生态环境与周边居民健康。

### 4.2 废水处理技术

石油化工储运系统废水成分复杂,含油、酚类、硫化物等多种污染物。首先采用隔油与气浮组合工艺,利用油、水密度差异在隔油池中初步分离浮油,再经溶气气浮装置进一步去除细微乳化油滴,大幅降低废水含油量,减轻后续处理负荷;后续衔接生化处理单元,如采用厌氧-好氧(A/O)工艺,利用微生物代谢作用深度降解废水中溶解性有机物、氨氮等污染物,通过精心驯化培养耐油、耐冲击负荷的功能菌群,保障生化系统稳定

运行,出水水质达到行业排放标准或回用要求,实现废水减排与水资源循环利用,减少新鲜水取用,缓解企业水资源压力,契合绿色循环经济发展理念。

膜分离技术作为深度处理关键手段,超滤、反渗透等膜工艺精准截留废水中残留微量有机物、重金属离子等难降解杂质,产出高品质回用水,满足冷却循环水补充、设备冲洗等生产环节用水标准,提高水资源回用率,降低废水排放总量,在水资源匮乏地区石化企业中,成为不可或缺的减排节水利器,助力企业实现废水近零排放目标。

## 5 石油化工储运系统安全与环保技术综合优化

### 5.1 安全风险评估与防范措施

运用故障树分析(FTA)、失效模式与影响分析(FMEA)等先进风险评估方法,全面剖析储运系统潜在安全隐患。从设备故障、人为操作失误、自然灾害等多维度构建风险模型,精准识别可能导致火灾爆炸、泄漏中毒等重大事故的关键因素,如储罐腐蚀穿孔引发物料泄漏、电气设备火花引燃易燃易爆气体等场景,并逐一量化风险概率与后果严重程度。

依据风险评估结果,量身定制多层次防范措施。在硬件设施上,增设本质安全型设备,如防爆电气设备、紧急切断阀、泄漏检测与修复(LDAR)系统等,实时监测并快速处置泄漏风险;在软件管理层面,完善标准操作流程(SOP)与应急预案体系,定期组织员工应急演练培训,提升全员安全意识与应急处置能力,确保事故萌芽前有效预警防控,发生时快速响应救援,最大程度降低人员伤亡与财产损失,维护企业安全生产秩序。

### 5.2 环保法规与标准的遵循

紧密跟踪国内外环保法规政策动态,及时更新企业内部环保标准要求,确保石油化工储运系统全生命周期运营活动合规合法。从项目前期规划设计,严格执行环境影响评价制度,确保选址布局、工艺选型满足区域环

境容量与生态保护红线要求;在建设施工阶段,强化扬尘、噪声、废水等污染防治措施监管,减少施工过程环境扰动;日常运营中,定期开展污染物排放自行监测,如实向环保部门报告数据,主动公开环境信息接受社会监督,持续投入研发资源升级环保技术装备,确保各项污染物排放指标优于国家标准限值,积极履行环保社会责任,塑造绿色环保企业形象,实现可持续发展战略目标。

### 结语

石油化工储运系统运行优化与节能减排技术的全方位推进,是行业应对能源危机与环境挑战的必由之路。通过设备选型优化、先进过程控制、节能与减排技术深度融合以及安全环保综合管理提升,不仅能大幅削减企业能耗成本与污染物排放,增强市场竞争力,更能推动石油化工产业向绿色、低碳、安全方向转型升级。未来,随着科技持续进步,如人工智能、大数据、新材料等前沿技术不断迭代创新,石油化工储运领域有望解锁更多高效节能、清洁环保解决方案,助力全球能源化工产业可持续繁荣,守护地球生态家园。

### 参考文献

- [1]徐伟,马超. 石油化工储运系统环保与节能技术研究[J]. 环境与发展, 2020, 32(6): 102-104.
- [2]吴勇,赵鹏. 石油化工储运系统自动化控制技术的应用与优化[J]. 自动化与仪器仪表, 2020(7): 212-215.
- [3]郑洁,杨帆. 石油化工储运系统能效提升与减排策略[J]. 石油炼制与化工, 2021, 52(10): 121-125.
- [4]张丽,李欣. 石油化工储运系统节能降耗技术的实践与思考[J]. 化工管理, 2021(3): 119-120.
- [5]陈伟,李华. 石油化工储运系统节能减排技术的应用与发展[J]. 石油石化节能, 2022, 12(3): 23-26.
- [6]王雷,李娜. 石油化工储运系统能效评估与节能减排技术研究[J]. 节能技术, 2022, 40(1): 47-51.