

# 煤制油化工大型储罐油气回收冷凝工艺优化

王小平

国家能源集团宁夏煤业有限责任公司 煤制油分公司 宁夏回族自治区 银川 750000

**摘要:** 煤制油化工大型储罐油气回收冷凝工艺对资源利用与环境保护意义重大。当前该工艺存在参数适配欠佳、流路设计缺陷、设备适配不足、温控滞后及介质循环利用问题。本文围绕这些问题提出优化设计原则, 涵盖精准适配、动态平衡、低滞留高传质、实时协同及兼容性原则。并给出具体优化措施, 包括参数调控、流路简化、设备适配、温控升级及介质优化。同时阐述了优化后的运行保障策略, 以提升工艺效率, 实现油气高效回收与节能降耗。

**关键词:** 煤制油化工; 油气回收; 冷凝工艺; 工艺优化; 运行保障

引言: 煤制油化工行业快速发展, 大型储罐油气挥发问题日益凸显。油气挥发不仅造成资源浪费, 还会对环境产生污染, 危害人体健康。冷凝工艺作为油气回收的关键技术, 其运行效果直接影响油气回收率与工艺经济性。然而, 当前煤制油化工大型储罐油气回收冷凝工艺存在诸多问题, 如参数设定不合理、流路设计有缺陷、设备适配性不足等, 制约了工艺的高效运行。因此, 对冷凝工艺进行优化设计, 提高油气回收效率, 降低运行成本, 具有重要的现实意义。

## 1 煤制油化工大型储罐油气回收冷凝工艺现存核心问题

### 1.1 冷凝工艺参数设定与油气特性适配性欠佳

在煤制油化工大型储罐油气回收冷凝工艺里, 冷凝工艺参数设定至关重要。然而, 当前存在参数设定与油气特性不匹配的状况<sup>[1]</sup>。不同成分的油气具有独特的物理化学性质, 像沸点范围、挥发性等差异明显。若冷凝温度设定过高, 部分低沸点油气无法充分冷凝, 会随尾气排放, 造成资源浪费与环境污染; 若温度设定过低, 虽能提高油气回收率, 但会大幅增加能耗, 提高运行成本。而且, 压力参数设定不合理, 也会影响冷凝效果, 导致油气回收效率难以达到理想状态。

### 1.2 工艺流路设计存在油气滞留与冷凝不充分问题

工艺流路设计对油气回收冷凝效果影响显著。现有部分工艺流路设计存在缺陷, 导致油气在流过程中出现滞留现象。在流路拐角、狭窄处等位置, 油气流动速度减缓, 容易形成涡流, 使得油气与冷凝介质接触时间不足, 无法充分冷凝。此外, 流路布局不合理, 还会造成冷凝介质分布不均, 部分区域冷凝介质流量过大, 部分区域过小, 进一步影响冷凝效果, 降低油气回收效率。

### 1.3 冷凝设备运行状态与工艺负荷适配性不足

冷凝设备是油气回收冷凝工艺的核心部件。但目前

冷凝设备运行状态与工艺负荷的适配性存在不足。当工艺负荷增大时, 冷凝设备若不能及时调整运行状态, 如增加换热面积、提高冷凝效率等, 会导致油气冷凝不及时, 回收率下降。反之, 当工艺负荷减小时, 设备若不能相应降低能耗, 会造成能源浪费, 增加运行成本。

### 1.4 温控系统响应滞后影响冷凝工艺稳定性

温控系统在冷凝工艺中起着关键作用, 负责调节冷凝温度。然而, 当前温控系统存在响应滞后的问题。当油气特性或工艺负荷发生变化, 需要调整冷凝温度时, 温控系统不能迅速做出反应, 导致冷凝温度波动较大。温度波动会影响油气冷凝效果, 使冷凝不均匀, 降低油气回收效率, 甚至影响整个冷凝工艺的稳定性。

### 1.5 冷凝介质循环利用环节制约工艺整体效率

冷凝介质循环利用是提高工艺经济性和环保性的重要环节。但目前冷凝介质循环利用环节存在一些问题, 制约了工艺整体效率。冷凝介质在循环过程中, 会受到油气污染, 导致性能下降, 影响冷凝效果<sup>[2]</sup>。而且, 冷凝介质循环系统存在泄漏、损耗等问题, 需要不断补充新的冷凝介质, 增加了运行成本。同时, 冷凝介质处理不当, 还会对环境造成污染。

## 2 煤制油化工大型储罐油气回收冷凝工艺优化设计原则

### 2.1 工艺与煤制油油气专属特性的精准适配原则

煤制油化工产生的油气具有独特的物理化学性质, 成分复杂且特性各异。在优化冷凝工艺设计时, 必须充分考虑这些专属特性。不同种类烃类组分的沸点、挥发性差异显著, 这就要求冷凝工艺的温度、压力等参数设置要精准对应。针对高挥发性组分, 需设定较低的冷凝温度以确保充分回收; 对于沸点较高的组分, 则要合理调整工艺条件, 避免过度冷却造成能源浪费。通过精准适配, 使冷凝工艺能够高效处理煤制油油气, 提高回收率,

降低资源损耗。

### 2.2 工艺效率与设备运行负荷的动态平衡原则

煤制油化工生产具有连续性与波动性并存的特点，油气排放量会随生产负荷的变化而动态调整。冷凝工艺优化设计需充分考虑这一特性，实现工艺效率与设备运行负荷的动态平衡。通过安装先进的流量监测装置，实时掌握油气排放量变化情况。依据实时数据，自动调节冷凝设备的运行参数，如冷却介质流量、冷凝温度等，使设备始终在最佳负荷区间运行。当油气排放量增大时，适当提高冷却介质流量、降低冷凝温度，确保油气充分冷凝；当排放量减小时，则相应调整参数，避免设备过度运行造成能源浪费，提高工艺整体效率与经济性。

### 2.3 工艺流程的低滞留、高传质优化原则

工艺流程的设计直接影响油气在系统中的传输效率与冷凝效果。优化设计应遵循低滞留、高传质原则，减少油气在流路中的停留时间，降低因长时间滞留导致的组分变化与损失风险。合理规划管道布局，避免出现不必要的弯头、死角，缩短传输距离，降低流体阻力。同时，优化管道内壁粗糙度，选用光滑内壁的管道材质，减少油气与管壁的摩擦，提高传输速度。在传质方面，通过优化冷凝设备内部结构，如增加换热面积、改善流体分布等，增强油气与冷却介质之间的传质效率，确保油气中的组分能够快速、充分地冷凝回收。

### 2.4 温控与冷凝过程的实时协同原则

温度控制是冷凝工艺的核心环节，直接影响冷凝效果与能源消耗。优化设计需实现温控与冷凝过程的实时协同，确保冷凝温度能够根据油气成分、流量以及环境温度等因素的变化及时调整。采用高精度的温度传感器与先进的控制算法，构建实时温控系统。温度传感器实时监测冷凝温度，并将数据传输至控制系统。控制系统依据预设的工艺要求与实时数据，快速、精准地调节冷却介质的流量或温度，使冷凝温度始终保持在最佳范围，实现高效冷凝与节能降耗的双重目标。

### 2.5 工艺优化与原有系统的兼容性原则

在对煤制油化工大型储罐油气回收冷凝工艺进行优化设计时，需充分考虑与原有系统的兼容性。避免因优化改造导致原有系统出现不匹配、运行不稳定等问题。对原有系统的设备性能、工艺流程、控制逻辑等进行全面评估，在此基础上进行优化设计。确保新工艺、新设备能够与原有系统无缝对接，实现平稳过渡与协同运行。在设备选型方面，优先选用与原有系统接口标准一致、控制方式兼容的设备，减少改造工作量与成本，降低对生产的影响。

## 3 煤制油化工大型储罐油气回收冷凝工艺具体优化措施

### 3.1 冷凝工艺核心参数的精准调控优化

煤制油化工产生的油气成分复杂多样，不同组分的物理化学性质差异显著，这要求对冷凝工艺核心参数进行精准调控。深入分析油气中各组分的沸点、饱和蒸气压等特性，结合实际生产中的油气排放流量与压力变化，制定分级冷凝温度策略<sup>[3]</sup>。依据组分沸点从高到低设定多个冷凝温度区间，使高沸点组分在较高温度段优先冷凝，低沸点组分在较低温度段充分冷凝，提高各组分的回收针对性与效率。根据工艺负荷动态调整冷凝压力，确保冷凝过程始终处于最佳热力学状态，减少能源消耗与冷凝不完全现象。

### 3.2 工艺流程的简化与油气传输效率提升优化

对现有工艺流程进行全面审视与优化，去除冗余环节与不必要的弯头、阀门等部件，简化流路结构。合理规划管道布局，缩短油气传输距离，减少局部阻力损失。采用大曲率半径弯头替代小曲率半径弯头，降低流体在转弯处的能量损耗。优化管道内壁粗糙度，选用光滑内壁的管道材质，减少油气与管壁的摩擦阻力。此外，根据油气流量与流速要求，合理选择管道直径，确保油气在管道内呈稳定湍流状态，提高油气传输效率，为后续冷凝工序提供稳定的气源保障。

### 3.3 冷凝设备结构与运行参数的适配性优化

依据优化后的工艺需求，对冷凝设备结构进行针对性改进。优化换热管排列方式，采用高效的错排或螺旋排列，增大换热面积，提高换热效率。合理设计换热管间距，避免因间距过小导致油气流动不畅，或间距过大降低换热效果。结合设备运行负荷变化，对冷却介质流量、流速等运行参数进行动态调整。当油气流量增大时，适当增加冷却介质流量，确保足够的换热能力；当环境温度变化时，及时调整冷却介质入口温度，维持冷凝设备稳定运行。

### 3.4 温控系统的响应机制与调控精度优化

升级温控系统硬件设备，选用高精度温度传感器与快速响应执行器，提高系统对温度变化的感知与调节能力。优化控制算法，采用先进的模糊控制或神经网络控制策略，使温控系统能够根据实时温度数据迅速做出反应，精准调控冷凝温度。设置合理的温度控制死区与调节周期，避免因频繁调节导致系统振荡，提高温控稳定性。加强对温控系统的维护与校准，定期检查传感器精度与执行器性能，确保温控系统始终处于最佳工作状态。

### 3.5 冷凝介质的选取与循环利用流程优化

综合考虑冷凝介质的热物理性质、化学稳定性、成本及环保要求,筛选合适的冷凝介质。优先选用热剪率高、比热容大、化学性质稳定的介质,以提高冷凝效率与设备使用寿命。优化冷凝介质循环利用流程,设置高效的过滤与净化装置,去除介质中的杂质、水分与腐蚀性物质,防止介质性能下降与设备腐蚀。建立介质性能监测体系,定期检测介质的关键指标,根据检测结果及时补充或更换介质,确保冷凝介质始终满足工艺要求,降低运行成本与环境影响。

#### 4 煤制油化工大型储罐油气回收冷凝工艺优化后的运行保障

##### 4.1 工艺优化后设备的日常运维流程优化

在煤制油化工大型储罐油气回收冷凝工艺完成优化后,设备日常运维流程需同步升级。建立标准化运维作业指导书,明确各设备清洁、润滑、紧固等操作的具体步骤与周期<sup>[4]</sup>。针对冷凝设备,制定详细的换热面清理计划,依据油气成分及运行时长,确定合理的化学清洗或物理除垢频率,防止换热面结垢影响冷凝效率。同时,规范设备巡检路线与内容,要求运维人员定时检查设备运行声音、振动、温度等关键指标,及时发现潜在故障隐患。对润滑系统,根据设备工况选择合适的润滑油脂,并严格把控加油量与换油周期,确保设备运转部件得到充分润滑,降低磨损,延长设备使用寿命。

##### 4.2 工艺参数的实时监测与动态调整机制

构建完善的工艺参数实时监测体系,在冷凝工艺关键节点安装高精度传感器,对温度、压力、流量等参数进行24小时不间断监测。通过数据采集系统将监测数据实时传输至控制中心,利用专业软件对数据进行深度分析。当工艺参数出现异常波动时,系统自动发出预警信号。依据预设的动态调整策略,结合实时监测数据与历史运行规律,对冷凝温度、压力等参数进行精准调整。例如,当油气流量增大时,适当降低冷凝温度并增大冷却介质流量,确保油气充分冷凝;当环境温度变化时,及时调整温控系统设定值,维持冷凝工艺稳定运行。

##### 4.3 冷凝系统关键部件的运行状态预警设置

针对冷凝系统中的压缩机、换热器、阀门等关键部

件,设置多级运行状态预警机制。利用振动分析、温度监测、压力检测等技术手段,实时掌握关键部件的运行状态。当部件振动值、温度值或压力值超出正常范围一定比例时,触发初级预警,提醒运维人员加强关注;若参数持续恶化,达到危险阈值,立即启动高级预警,自动切断相关设备电源或采取紧急保护措施,防止事故扩大。同时,建立关键部件健康档案,记录运行数据与故障信息,为设备维护与更换提供科学依据。

##### 4.4 工艺适配性的动态校验与微调机制

定期对冷凝工艺适配性进行动态校验,结合煤制油生产计划调整、油气成分变化等因素,评估工艺与实际工况的匹配程度。通过实验室模拟与现场测试相结合的方式,分析工艺运行效果,查找存在的问题与不足。依据校验结果,对工艺参数、设备运行模式等进行微调优化。例如,根据油气中轻烃含量变化,调整冷凝温度梯度,提高轻烃回收率;根据设备性能衰减情况,优化设备运行参数,确保工艺始终处于最佳运行状态,实现油气回收效率与经济效益的最大化。

#### 结束语

煤制油化工大型储罐油气回收冷凝工艺优化是一个系统工程,需从设计原则、具体措施到运行保障全方位推进。通过精准调控核心参数、简化工艺流程、适配设备结构与运行参数、升级温控系统以及优化冷凝介质循环利用等措施,可有效提升工艺效率,降低能耗与运行成本。同时,完善的运行保障策略能确保优化后的工艺稳定运行,实现油气的高效回收与资源的充分利用,为煤制油化工行业的可持续发展提供有力支撑。

#### 参考文献

- [1]陈松,周靖鑫,许可,等.基于冷凝法的油气回收工艺分析[J].化工技术与开发,2024,53(6):74-77.
- [2]李宁,乔剑华.液氮冷凝油气回收技术在石化码头中的应用研究[J].港口航道与近海工程,2024,61(3):37-41.
- [3]王丹,高秀宝,牛晓鹏.原油油气冷凝回收工艺模拟与优化[J].油气田地面工程,2022,41(2):78-83.
- [4]张善泽.基于响应面分析的冷凝油气回收工艺能耗优化[J].石油石化节能与计量,2024,14(5):62-67.