

冷,可以使用乙烯、丙烷等制冷剂,逐级降温至-140℃以下。在冷箱和分馏塔中按照沸点由低到高分离氢气、甲烷、乙烯和乙烷。对分离后的组分进一步提纯,从而获得聚合及乙烯、丙烯等产品。

在整个工作流程中需要把握其中的要点,确保达到良好的分离效果。例如在裂解期预处理过程中,可以通过碱洗法有效去除酸性气体,使用分子筛干燥器去除水分,避免后续低温设备结冰。在制冷系统与预冷环节时,可以使用多级制冷循环。丙烯制冷系统会提供-38℃级别的能量,用于初步冷却裂解器,而乙烯制冷系统会提供-100℃级别的能量,用于深冷段。甲烷制冷系统会提供-140℃的超低温能量。然后按照顺序分离其中的组分,先进行氢气或者甲烷的分离。使用低温分馏塔将温度设置在-100℃~-140℃顶部,采出氢气和甲烷的混合物。底部为C₂+组分。然后进行氢气提纯,可以使用膜分离技术,在甲烷中将氢气脱离出来。在乙烯和乙烷的分类工作中,可以利用脱乙烷塔和乙烯精馏塔进行处理。丙烯及重组分离中使用脱丙烷塔和丙烯精馏塔。通过进一步提纯丙烯,塔顶可以获得高纯度的丙烯产品。

3.2 前脱乙烷分离流程

前脱乙烷分离流程中,裂解器经逐段压缩以后,会首先进入到脱乙烷塔中切割C₂组分。C₂轻组分进入到脱甲烷塔系统中进行深冷分离。脱乙烷塔塔釜的C₃组分会进入脱丙烷塔中进行后续分离。工业生产中,脱乙烷分离是以乙烷作为主要原料,需要设置低压低温实现有效冷却,前脱

乙烷塔操作压力设置为2.0~2.5Ma,顶温-15~0℃,底温60~90℃。塔顶采出轻组分,塔釜为C₃加重组分。经过精馏分离乙烷及更重组分被提前脱除,可以有效降低后续脱甲烷塔的负荷。在具体应用中,第一顺序塔会通常采用高低压双塔设置,可以根据工艺情况对比分析,不同组合的功效优化设计,脱乙烷塔的位置不同导致工况各不相同,适用于不同的情况。

3.3 前脱丙烷分离流程

前脱丙烷分离流程主要适合于液体或者组分较重的原料。第一顺序塔为脱丙烷塔,设置高低压双塔,可以有效防止二烯烃自聚。根据裂解气压缩机末端的压力,可以将高压脱丙烷塔置于四五段或者五段之后。要控制好高压脱丙烷塔内的压力和温度,保障整体的运行效果。根据乙炔加氢反应器的位置确定前加氢流程或者后加氢流程,两者的应用效果不同。后加氢选择性好,但流程复杂,前加氢的流程相对简单。C₂进料中含有氢气,降低下游C₃加氢负荷。该流程具有节能较好、操作灵活的优势。比较适用于加氢裂化尾油等一些重质原料,其裂解气中C₄₊含量高。可以提前脱除,避免重组分对深冷系统产生一定的干扰。在应用时,部分装置会采用高压塔加低压塔串联的方式,可以优化分离效率。通常设置70~100块塔板,回流比0.6~1.2,塔顶的温度约100~120℃,塔顶的温度约50~70℃,操作的压力设置为0.8~1.0MPa^[2]。

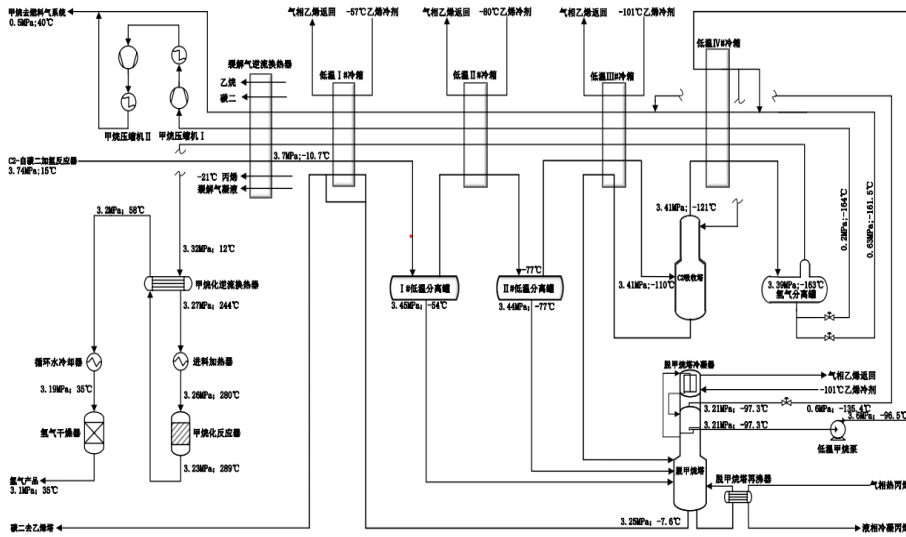


图 1 乙烯装置深冷分离流程

4 乙烯装置的节能措施

4.1 采用自回流来替代甲烷回流泵

目前新建的大型乙烯装置已逐步采用自回流技术。例如,某石化项目通过自回流设计,省去甲烷回流泵,使深冷分离单元能耗降低15%,年减少CO₂排放约2万吨。未来随着工艺模拟软件(如Aspen Plus)和材料科学的进步,自

回流技术将得到进一步发展。

乙烯装置深冷分离中采用自回流技术替代传统回流泵,具有以下显著的技术优势:

- 1) 自回流利用系统内压力差或重力实现介质循环,无需额外能源驱动泵,节省了电力消耗,直接降低运营成本,同时符合低碳排放趋势。
- 2) 省去回流泵后装置设备整体结构更简单,空间布局

得到进一步优化,没有电机及配套管线,区域占地面积和空间占用量更少。

3)省去回流泵后系统可靠性、稳定性更好,没有转动部件,泄露和振动问题更少,设备故障率更低,装置非计划停车风险更低。

4)省去回流泵后,装置投资更低,投资回收周期更短。

5)用自回流替代回流泵,装置适应极端工况的能力更强。深冷分离属于低温、高压系统,对设备耐受力要求非常高,采用自回流则无需考虑设备耐受力的问题。

因此,深冷分离部分通过技术革新合理优化工艺流程,采用自回流替代回流泵实现了高效、低耗、高可靠的深冷分离,成为乙烯装置节能降本、绿色升级的重要方向,显著提升了炼化行业的竞争力。

4.2 优化热泵系统

乙烯精馏塔与乙烯制冷压缩机会形成开式热泵系统,通过进一步优化热泵系统,可以有效降低该装置的能耗和投资,达到良好的节能效果。

分离系统中与精馏塔相关的节能技术包括热泵精馏技术、隔壁塔热耦合、高低压双塔热耦合等,而其中热泵精馏技术的发展比较成熟也得到了一定的应用。它的本质是利用低温热源向高温热源供热,压缩机作用于低温热源,实现内能转换,将热量换热输送至高温热源^[1]。而在热泵精馏技

术的设计工作中,需要考虑到能量消耗的问题。可以通过优化乙烯精馏塔塔顶的压力控制阀,可以有效控制压力。对于乙烯制冷压缩机而言,乙烯蒸馏塔是一个吸入罐,是三段吸入量的主要来源,因此在生产过程中,压力控制阀需要设置为手动全开的状态,如果出现负荷波动或者压力波动时,可以进行调节。将塔顶蒸汽加压升温以后,作为塔釜在废气热源,实现传统蒸汽加热的有效替代。或者加入闭式热泵或者开式热泵,可以有效降低能耗30%左右,实现节能降耗的目的。

4.3 合理设置中沸器

在塔中部引入合适的中沸器可以达到良好的节能效果。例如乙烯塔增加中沸器,从乙烯机高压缸缸体中间段抽出一股热乙烯气作为中沸器的热源,被冷却后的热乙烯气降低至露点温度逐步发生冷凝,冷凝液作为乙烯塔回流。该设计可以有效避免乙烯气经乙烯机过度加压,然后又过度消耗冷量来冷却加压后的乙烯气,有效降低了乙烯机功耗。

4.4 采用低温余热回收技术

乙烯装置深冷分离单元能耗占全流程40%-50%,通过低温余热分级回收与热泵技术集成,可实现综合能效提升15%-20%、年减排CO₂20-30万吨/百万吨乙烯。核心技术方案如下:

1) 预热品位与分级利用

预热品位与分级利用见表1。

表1 预热品位与分级利用

余热来源	温度范围	利用方式	效率目标	效益
脱甲烷塔顶冷凝器	-100~0℃	高品位余热(>150℃部分):蒸汽发生 低品位余热:ORC发电(效率8%12%)	蒸汽效率≥90% 发电效率≥10%	年发电1.2MW·h
脱乙烷塔顶冷凝器	-80~40℃	中品位余热(50~150℃): 溴化锂制冷(COP≥3.5)	制冷能耗降低70%	年节电500万kWh(100万吨乙烯)

2) 热泵与级联优化

将压缩式热泵用于乙烯原料预热,COP可达4-6,其能耗仅为电加热的1/3。

采用三级级联系统,余热锅炉→工艺预热→溴化锂制冷→ORC发电,综合热效率从35%提升至70%。

通过余热分级回收与热泵技术协同,构建“高品位蒸汽-中品制冷-低品发电”三级利用体系,可以为乙烯装置低碳转型提供核心路径,助力炼化行业实现“双碳”目标。

4.5 深冷系统的优化

实现乙烯装置深冷系统的进一步优化是促进节能减排的关键。因此在进一步优化工作中,要从工艺设备、能源利用等多个方面入手。前期设计中需要建立深冷系统的能耗模型,量化各环节的能量需求和电耗占比,从而明确其中的高能耗节点。使用技术分析识别冷量浪费点。在优化工作中可以引用多级制冷循环优化,在压缩机中间加入高效冷却器,减少能耗,或者优化丙烯、乙烯、甲烷制冷剂的复叠配置,合理分配温区。调整相关的操作参数,例如裂解器预冷温度,可以有效降低深冷系统的负荷。实现设备升级和改造工作,引入高效压缩机技术,也可以替换为磁悬浮压缩机,降低摩

擦损耗,提升效率。选择低温材料与保温,可以减少冷量损失。在具体应用中开展智能监测工作,实时调整各项参数,预测负荷的波动情况,调整压缩机的转速制冷剂的流量可以达到良好的节能效果。

5 结语

综上所述,乙烯装置的进一步优化可以促进相关的生产效率,相关企业在应用中需要明确乙烯装置分离原理以及各项工作流程。基于节能减排的需求,优化前期设计工作。采用自回流来替代甲烷回流泵,合理优化热泵系统,设置中沸器,采用低温余热回收技术等,通过合理设计组合安排,可以实现节能降耗的目的。

参考文献

[1] 任枭雄,王雅琪. 乙烯装置分离及节能工艺探讨[J]. 河南化工,2024,41(4):52-55.
 [2] 谭明松. 乙烯装置低温分离流程模拟与优化[D]. 辽宁:大连理工大学,2020.
 [3] 郑文斌. 乙烯装置分离技术环保减排及低能耗优化[J]. 乙烯工业,2022,34(4):9-14.

Analysis of Operation and Maintenance Strategies for Dry Gas Seals in Centrifugal Compressors

Huanhuan Shi

China Energy Xinjiang Chemical Co., Ltd., Urumqi, Xinjiang, 831499, China

Abstract

Centrifugal compressors are used to compress various gases, including toxic, flammable, and explosive gases, thereby enhancing safety through compression operations, which imposes stringent requirements on compressor sealing. Dry gas seals, as a non-contact sealing technology, offer advantages such as low leakage, ease of operation, and reduced energy consumption. Consequently, they are widely adopted in centrifugal compressor sealing systems. However, during practical application, malfunctions in dry gas seal systems are inevitable, leading to suboptimal sealing performance in centrifugal compressors. This paper investigates operational maintenance strategies for dry gas seals in centrifugal compressors.

Keywords

centrifugal compressor; dry gas seal; periodic inspection; fault diagnosis; operational standards

离心式压缩机干气密封运行维护策略探析

石欢欢

国能新疆化工有限公司, 中国·新疆 乌鲁木齐 831499

摘要

离心式压缩机可以对各种气体进行压缩处理, 具有毒害作用、易燃易爆的气体经过压缩操作以提高安全性, 对于压缩机密封要求非常高。干气密封作为非接触密封技术, 所具备的优势在于泄露少、操作更加容易且降低消耗, 所以, 离心式压缩机密封系统多采用这种密封处理方式。但实际应用过程中, 干气密封系统运行中难免出现故障问题, 离心式压缩机密封无法达到预期效果, 本论文针对离心式压缩机干气密封运行维护策略展开研究。

关键词

离心式压缩机; 干气密封; 定期检查; 故障诊断; 操作规范

1 引言

离心式压缩机作为现代工业中不可或缺的关键设备, 广泛应用于石油化工、天然气输送、电力等行业领域, 核心部件之一就是干气密封系统, 其是否维持良好的稳定运行状态, 直接关系到压缩机的整体性能以及安全性。干气密封技术以其无接触、低摩擦、长寿命等优势, 逐渐取代了传统的机械密封和油密封, 成为离心式压缩机的主流密封方式^[1]。然而, 干气密封系统的复杂性和高精度要求, 使得其在运行过程中需要严格的技术维护策略, 以确保其长期稳定运行。本文将从干气密封的工作原理、常见故障分析以及技术维护策略三个方面, 探讨离心式压缩机干气密封运行中的技术维护策略。

2 干气密封的工作原理

干气密封是一种非接触式密封技术, 其核心原理是利用气体动压效应在密封端面之间形成一层稳定的气膜, 从而实现密封效果。从干气密封系统的构成来看, 主要包括动环、静环、弹簧、密封腔体等组成。在压缩机运行过程中, 动环随轴旋转, 静环则固定在密封腔体上。当压缩机启动时, 气体通过密封腔体进入动环和静环之间的微小间隙, 由于动环的高速旋转, 气体在间隙中形成动压效应, 产生一层稳定的气膜。这层气膜不仅能够有效隔离压缩机内部的高压气体与外部环境, 还能减少动环与静环之间的摩擦, 从而延长密封系统的使用寿命。

干气密封由密封气和隔离气两部分组成。一级密封气在压缩机正常运行的情况下采用来自压缩机合成段出口的工艺气体, 该气体经过两个互为备用的过滤器(过滤器设有压差 PDI1610 高报警, 报警值为 0.1MPa) 过滤出杂质, 并由 PDCV1611 控制一级密封气的压差, 然后分别进入压缩机两端的一级密封腔, 一级密封泄漏的气体经流量孔板

【作者简介】石欢欢(1988-), 男, 中国江苏徐州人, 本科, 工程师, 从事设备管理研究。