

# 干气提浓装置对炼化一体效益的影响 及运行存在的问题和对策

段王伟 高 波 (山东裕龙石化有限公司, 山东 烟台 265700)

**摘 要:** 本文从干气提浓装置对炼化一体效益的重要影响视角展开探讨, 分析该装置运行中的现存问题, 并围绕高能耗、设备腐蚀、提浓纯度波动大问题表现, 提出解决路径, 通过落实优化工艺操作、设备维护强化、运用新吸附剂与集成新工艺、预处理原料、改进催化剂体系并应用新材料、设置 C1C2 分离装置等对策, 改善干气提浓装置运行状态, 有效提升乙烯回收率, 助力炼油厂达成增效增收目标。

**关键词:** 干气提浓装置; 炼化一体效益; 化工原料; 催化剂; 吸附剂; 预处理

**中图分类号:** TE624.4      **文献标识码:** A      **文章编号:** 1674-5167 (2025) 017-0060-03

## The influence of dry gas enrichment device on the efficiency of refining and chemical integration, and the problems and countermeasures in operation

Duan Wangwei Gao Bo (Shandong Yulong Petrochemical Co., Ltd., Yantai Shandong 265700, China)

**Abstract:** This paper discusses the important impact of the dry gas enrichment device on the benefits of refining and chemical integration, analyzes the existing problems in the operation of the unit, and puts forward the solution path around the problems of high energy consumption, equipment corrosion, and large fluctuations in concentration purity, and improves the operation status of the dry gas enrichment unit and effectively improves the ethylene recovery rate by implementing countermeasures such as optimizing process operation, equipment maintenance and strengthening, using new adsorbents and integrating new processes, pretreating raw materials, improving the catalyst system and applying new materials, and setting up C1C2 separation devices. Help refineries achieve efficiency and revenue goals.

**Keywords:** dry gas enrichment device; refining and chemical integration benefits; chemical raw materials; Catalyst; Adsorbent; pretreatment

干气提浓装置是炼油厂生产环节所需重要设备, 具体依靠变压吸附技术, 快速提取干气中的乙烯组分, 以通过高效回收乙烯, 帮助炼油厂提高整体生产效率。故此, 有关人员需合理制定适用于干气提浓装置时下行状态的可行性优化计划, 确保改进后该装置能具备更好性能, 为炼油厂创造有利且持久的干气提浓服务条件, 促进炼油厂的炼化一体化发展。

### 1 干气提浓装置对炼化一体效益的影响

#### 1.1 提升资源利用率

干气提浓装置对炼化一体效益的影响, 主要体现在有效提升干气资源利用率上, 当炼油厂在干气提浓作业中运行该装置, 能使乙烯提取浓度得到有效控制, 亦能提高乙烯回收率, 使干气组分得到高效利用。炼油厂产生的干气多来源于焦化加工、催化裂化等工序, 造成二次加工难以充分被利用, 若加用干气提浓装置对干气进行提浓处理, 有助于提高乙烯原料转化量, 减少炼化资源损耗量。

#### 1.2 增加化工原料供应

炼油厂在炼化一体化发展背景下, 运行干气提浓装置能增加乙烯原料的供应量, 通过对富乙烯气的有

效提浓操作, 可帮助炼油厂减少外来化工原料的采购量, 且随着富乙烯气利用率的有效提升, 有利于建立持续性供应乙烯原料的良好条件, 进而提高炼油厂的生产效益。

#### 1.3 控制实际生产成本

在炼油厂运行干气提浓装置从富乙烯气中提取乙烯组分时, 减少乙烯原料采购成本之余, 也能缩减裂解炉操作成本, 减轻炼油厂对高价原料的依赖性, 而且投入的裂解炉维护成本也能得到相应降低, 最终在生产成本协调控制中, 带动炼化一体效益发展。

### 2 运行存在的问题

干气提浓装置运行期间, 根据对炼油厂装置实际运行状态的分析, 目前主要存在能耗高、设备腐蚀、产品纯度波动大、吸附剂性能降低等现实问题, 导致该装置难以充分体现出上述有利影响, 因此有必要对该装置进行针对性改进。

所谓高能耗表现指的是该装置需消耗大量电能及蒸汽能, 随着能耗水平升高, 干气提浓效率将随之降低。例如某厂每小时能完成 5 万 m<sup>3</sup> 富乙烯气提浓任务, 其能耗为 167kg/t, 在余热排出场景内运行该装置,

其 C4 吸收塔塔底再沸器的蒸汽消耗量为 7.7t/h (温位 121℃), 热负荷 4633kW; C4 解吸塔塔底再沸器为 13.2t/h (温位 112℃), 热负荷 3309kW, 低压蒸汽模式下进行干气提浓作业, 能耗比可达到 14.2%, 之后根据能耗量统计分析, 多呈现上升趋势。随着装置内压缩机等设备持续被富乙炔气侵蚀, 可能会缩短装置的使用寿命, 使内部配备设备遭受腐蚀, 可能造成乙炔提浓情况出现较大波动, 容易受生产工艺、吸附剂及催化剂等物质使用效果的影响, 难以保持最佳运行状态。另外, 干气提浓装置运行中, 若未及时分离多个组分, 也可能影响乙炔纯度, 不利于达到上述提高炼化一体效益的实践效果, 故必然要从多个方面做好装置优化应对工作, 确保炼油厂在该装置的支持下具备炼化一体化发展条件, 最大化发挥干气提浓装置对炼化一体效益的促进作用。

### 3 可行的解决对策

#### 3.1 优化工艺操作

为妥善解决上述问题, 笔者认为可对干气提浓装置的运行工艺进行优化调整, 以产生改善装置性能等实践效果。通常情况下, 运行中的干气提浓装置, 具体是利用富乙炔气或焦化干气及催化干气充当干气提浓操作原料, 其工艺流程以混合干气→置换废气→解吸气(真空泵→压缩机→冷干机→真空泵)→脱硫脱碳处理为主, 随着该装置通过压缩机、真空泵及脱硫脱碳设备进行有序操作, 可获得所需乙炔组分。

然而, 为改善装置的运行状态, 有必要利用大数据分析技术, 对该装置中的压缩机设备健康状态进行集成分析, 运用新设定的工艺操作程序, 提高装置生产效率。一般在应用新技术优化工艺流程期间, 可依据评价压缩机运行状态→汇总采集数据→分析健康状态→应用健康状态分析结果的优化思路, 使压缩机在解吸气及清洗作业中表现出良好功能。

首先, 在状态评价环节, 可对该装置运行中压缩机历史异常状态记录结果进行整合, 而后对照时下状态识别隐患, 从实时数据库、设备维修记录及安装技术资料等多个部分采集有效数据, 给定健康状态分析结果, 设定健康状态安全阈值(C3 以上组分体积比低于 5%), 预测压缩机未来发展走向。当干气压缩机中 C3 以上组分中体积占比高于 10%, 则代表压缩机具有异常状态, 此时可指导工作人员快速更换压缩机中故障配件, 以便融入大数据技术后, 建立标准化工艺操作程序。

#### 3.2 设备维护强化

干气提浓装置运行中, 可能因原料气存在大比例焦化干气问题而引发设备腐蚀后果, 所以需有效强化

设备维护功能, 以免因内部设备性能下降或出现故障而影响炼化一体效益。此次研究以冷干机设备为例, 当原料气顺利通过真空泵、压缩机、冷干机等设备完成干气提浓操作时, 若冷干机的压降波动较为明显, 易加大压降损失, 造成该装置的吸附力下降, 因此应从压降制约力的强化方向改进冷干机设备。具体可在该装置的冷干机链接部位增配回温换热器, 经过对原料气的加热处理, 可预防冷干机处理后形成冻凝现象(气体温度<冷干机出口温度)。

#### 3.3 运用新吸附剂、集成新工艺

该装置中投放的吸附剂, 本身会因吸水性, 造成在干气提浓操作中出现吸附剂破损问题, 从而削弱吸附剂的吸附功能, 故可以尝试运用新吸附剂, 以应对传统吸附剂的粉化喷灰风险。常用的有氧化铝、硅胶等, 前一种多具有良好的干气净化作用, 可适当提高干气提浓纯度。后一种则具备热稳定性强的特性, 可快速实现干气吸附与脱附动作的有效转换。至于其余新吸附剂, 值得炼油厂不断从实际应用效果中寻求适用性强的产品。

此外, 也可在该装置运行阶段利用新工艺集成处理方式进行改进。具体可集成热泵精馏工艺, 通过调整压缩机加压功能, 保证 0.5MPa 以下蒸汽, 在该工艺辅助下得以减压处理, 确保压缩机设备运行阶段, 能使蒸汽温度从 131℃上升为 150℃。值得注意的是, 应用新工艺时, 还需要将原有压缩机更换成蒸汽压缩机(罗茨式), 且要求蒸汽流量达到 11.5t/h, 入口与出口压力分别为 195kPa、278.4kPa, 功率为 460kW, 并且保证为新工艺配置的蒸汽压缩机, 具备 45t 动载荷的技术参数, 消除现有装置运行风险。

#### 3.4 预处理原料

针对该装置运行中所接触的干气原料, 还可以采用预处理方式进行净化。具体可实施气液分离预处理, 确保经过预处理的干气原料, 其组分(含碳量较高烃类及饱和水分)能够更加分明, 以降低冷干机及压缩机等设备的处理难度。为优化预处理效果, 宜设定 40℃ 的温度条件, 并按照热交换分离→低温处理(33℃)→气液分离→吸附加热处理(> 23℃)的优化步骤, 提高干气原料的干燥度。只有干气原料进入该装置后, 能早期进行预处理, 才能有效降低能耗, 减轻设备腐蚀性, 亦能维持产品纯度提取稳定性。所以, 炼油厂在改进该装置阶段, 务必积极增配气液分离器, 以达到预期优化效果。

#### 3.5 改进催化剂体系、应用新材料

##### 3.5.1 改进催化剂体系

由上可知, 干气提浓装置在实际应用中, 旨在实



现资源的高效利用,构建绿色炼化体系,故需要改善催化系统。如:将茂金属催化剂体系应用在干气提浓装置中,并通过控制催化剂用量的方式,严格把控脱氢反应情况,让干气中氢气体积分数得到降低。以某石油化工企业为例,该企业在过往生产发展中,以齐格勒-纳塔催化体系为主,为进一步提高炼化一体效益,进一步实现技术改革升级,引入以茂基为催化剂的生产体系。

从该企业实际生产出的产品性能来看,聚乙烯制品在新催化剂体系下抗拉强度 35MPa,断裂延伸率为 600mm,相比较过往催化体系而言,抗拉强度提高 7MPa,断裂延伸率提高 85mm。茂金属催化剂体系引入后,干气提浓装置的能耗也会随之降低,整体反应活性提高,根据该企业不完全统计结果来看,不仅干气提浓装置中乙烯回收率提升至 95%,装置能耗也降低至 920kWh。最为关键的是,引入茂金属催化体系后,催化剂用量也随之减少,符合当前炼化一体工作的发展需求。

### 3.5.2 应用新材料

对于干气提浓装置而言,实际生产中,想要提高炼气一体化效益,仅提高催化剂体系能够产生的效果有限,因此还需针对不同的炼化发展方向引入新型物料,助力高附加值产品生产。仍以上述石油化工企业为例,该企业在引入全新的催化剂体系的基础上,也在积极拓宽生产方向,构建光伏胶膜、生物可降解塑料和工程塑料等产品生产体系,以求实现全产业链的深度布局,从而增强企业发展竞争优势。为此,该企业选择 1-乙烯和 1-辛烯作为共聚合单体,纯度可达 99.9%。除了该企业选择的这两个原料外,还有很多高含碳量的  $\alpha$ -烯烃,可根据实际的生产需求进行确定,以此可在干气提浓装置下完成低成本、高质量的聚合物生产。

从该企业生产经验来看,新材料引入后,干气组成发生变化,高含碳量的  $\alpha$ -烯烃可让干气中乙烯含量下降,丙烯、丁烯含量增加,在实际加入后还需要对分离装置进行调整,增加丙烯、丁烯分离塔,同时脱乙烷塔的操作压力调整至 1.9MPa,操作温度调整至 48℃,确保炼化一体化的分离效率和乙烯回收率。总的来说,新材料引入后,搭配完善的催化剂体系可切实提高干气提浓装置的运行效率,让经济效益得到提高。

### 3.6 设置 C1C2 等分离装置

在落实改进催化剂体系、应用新材料外,上述案例企业还利用 C3/C4 工艺对全流程的饱和液化气体进行回收,同时设有 C5 正相异构烷烃裂解设备,用于对转化后的戊烷游油及 HC 轻石脑油进行净化。以高乙烯产率的正构 C5 为乙烯裂解原料,以高辛烷值的

C5 为调油组分,使 C5 的资源得到最大程度发挥利用。从实际应用效果上看,这一分离装置的设计,可进一步强化干气提浓装置的运行效果,在确保高附加值产品生产工作的基础上,实现进一步增产,打造出高效率、高质量的炼化一体工作。而这一分离装置和上述更新后的催化剂体系相辅相成,可进一步提高催化剂的活性和稳定性,确保干气提浓装置稳定运行,保证长期效益。

## 4 实践案例

以某个每年原油加工能力高达 2000 万 t 的炼油厂为例,年乙烯产能水平为 100 万 t,饱和干气产量为 63 万 t,运行干气提浓装置时,能对 48t 干气进行乙烯提浓操作。该厂在尚未落实相关改进对策前,所用工艺以浅冷油吸收为主,并且针对该装置共计投资 4.4 亿元,干气中含有 60% 的甲烷成分及 28% 的乙烷成分,且每年至少能通过该装置完成 2 万 t 的干气提浓任务。

为进一步优化该装置的运行状态,充分提升干气资源的利用率,提高炼化一体效益,该厂专门改进了该装置的实际性能,并联合脱硫工艺应对脱硫不达标问题,最终使该厂落实各项改进举措后,其投资收益逐渐达到 4000 万元,维修费用控制在 1200 万元左右,同时工作人员还通过对内部干气提浓操作占比份额的提高,减少了化工原料外购成本,进而确保该厂在炼化市场重新占据了竞争优势。由此表明:此次研究从多个方向提出的解决对策,确有一定可行性,值得各炼油企业借鉴。

### 参考文献:

- [1] 刘志新.干气提浓装置中往复式压缩机的控制方案设计[J].石油化工自动化,2022,58(02):27-32.
- [2] 车景华,王子健.热泵精馏在柴油加氢装置与干气提浓装置热联合上的应用分析[J].化工进展,2021,40(S1):27-31.
- [3] 王小艳.干气提浓副产品气压缩机健康状态与原料气组分相关性分析应用[J].中国石油和化工标准与质量,2019,39(16):82-83+85.
- [4] 饶建平.余隙调节系统在干气提浓副产品气压缩机上的应用[J].石油石化绿色低碳,2018,3(03):44-47.
- [5] 后磊.干气提浓装置对炼化一体效益的影响及运行存在的问题和对策[J].当代化工,2015,44(10):2447-2450.

### 作者简介:

段王伟(1984-),男,汉族,陕西延安人,本科,中级职称;研究方向:炼油、化工。

高波(1987-),男,汉族,陕西韩城人,本科,中级职称,研究方向:化工。