

炼化一体化型炼厂不饱和轻烃加工流程技术比选及经济性分析

张向辉 乔波涛 (恒逸实业(文莱)有限公司, 浙江 杭州 311215)

摘要: 介绍了一体化炼厂不饱和轻烃常规回收工艺和一体化回收工艺两种技术的特点, 通过对比两种技术的流程、回收率、能耗、占地、投资, 分析两种不饱和轻烃回收工艺技术的优缺点, 为企业选择不饱和轻烃回收加工流程提供参考依据。

关键词: 一体化; 不饱和轻烃回收; 常规技术; 对比

Abstract: This paper introduces the characteristics of the conventional unsaturated light hydrocarbon recovery process and the integrated recovery process in the integrated refinery. By comparing the process, recovery rate, energy consumption, land occupation and investment of the two technologies, the advantages and disadvantages of the two unsaturated light hydrocarbon recovery processes are analyzed to provide a reference for manufacturers to select the unsaturated light hydrocarbon recovery process.

Key Words: integrated; Unsaturated light hydrocarbon recovery; existing recovery process ; comparing

1 前言

炼化一体化项目中, C_2H_4 产品的原材料费用约占生产成本的 70%, C_2H_4 裂解的主要原材料石脑油的价格长期居高不下, 选择便宜的代替原材料能有效的减少 C_2H_4 生产成本。若回收炼厂不饱和轻烃 C_2 及 C_2 以上馏分, 送往 C_2H_4 装置分离工段, 可以明显减少 C_2H_4 装置的成本。

炼厂不饱和轻烃主要来自于催化装置, 催化干气中 C_2 资源丰富, C_2H_4 和 C_2H_6 体积分数在 40% 以上, 尤其是催化深度裂解干气中的 C_2H_4 体积分数更可达 30% 以上。对于传统炼厂催化干气一般作为燃料气自用, 随着炼厂加工规模的扩大和炼化一体化的深入应用, 这部分富含 C_2 的气体轻烃通常被回收, 送往 C_2H_4 装置作为原料。催化液化气因烯烃含量较高, 不能当作产品液化石油气外卖, 需要经脱硫脱硫醇处理后, 采用精馏的方法回收其中的高价值丙烯和丙烷。分离出来的富含丁烯的混合 C_4 主要用于生产烷基化油或 MTBE 产品, 作为高辛烷值的汽油调合组分。为了实现催化裂化干气(催化干气)和催化裂化液化石油气的加工利用, 相关的轻烃分离技术相继开发和应用。

2 一体化炼厂不饱和轻烃回收技术介绍

2.1 常规回收工艺技术

不饱和轻烃常规回收工艺技术从资源的结构特点出发, 采用物理分离技术, 分别设置了催化吸收稳

定、催化干气、液化气脱硫脱硫醇、 C_2 回收、气体分离装置, 最大限度回收高价值的丙烷、 C_4 资源和优质的乙烯、丙烯原料, 实现资源的分子级别的利用。某 A 石化 4000 万 t 炼化一体化项目一期工程采用不饱和轻烃常规回收工艺技术, 主要流程包括以下几个部分:

2.1.1 液化气加工流程

在催化和焦化装置设置吸收稳定单元, 分离出的液化气, 经产品精制装置脱硫脱硫醇后, 进入气体分馏装置进行分离, 丙烯去聚丙烯, 丙烷去丙烷脱氢装置, 混合 C_4 部分去 MTBE 装置。

2.1.2 干气加工流程

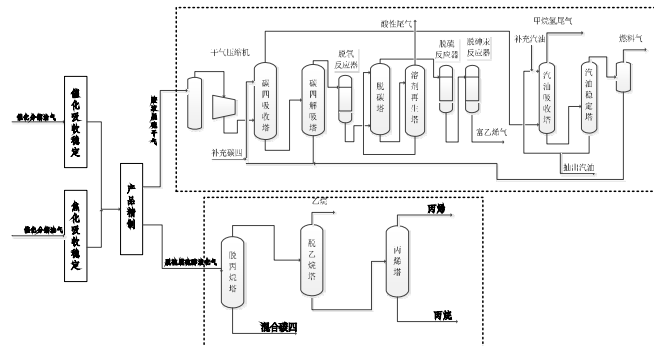


图 1

催化吸收稳定单元分离出的干气, 经产品精制装置脱硫后, 进入干气回收装置, 采用北化院浅冷油吸收法, 将富含烯烃的催化干气经过回收处理得到富乙

烯气产品，送入 C_2H_4 装置裂解气压缩单元；甲烷氢尾气经膜分离回收得到粗氢气，送往氢气提浓装置；副产物轻烃，送往轻烃回收装置；副产物抽出汽油，送往石脑油加氢装置。

2.2 一体化不饱和轻烃回收工艺技术

SEI 开发了不饱和轻烃一体化回收工艺技术，将原有的催化、焦化分吸收稳定系统、产品精制装置、气体分离装置和 C_2 回收装置进行深度优化整合，将气体脱硫和脱硫醇以及 $C_2/C_3/C_4$ 稳定汽油统筹纳入一体化轻烃回收。某 A 石化 2200 万 t 炼化一体化项目采用一体化不饱和轻烃回收工艺技术，主要流程包括如下几个部分：轻汽油分离、气液相轻烃分别脱硫和脱硫醇、浅冷 C_4 吸收 C_2 与甲烷脱吸（双塔一罐）、气体分离，可直接得到甲烷氢、混合 C_2 （含有一定丙烯）、丙烯、丙烷、混合 C_4 和稳定汽油。主要有以下特点：

①将 C_2 、 C_3 、 C_4 回收统筹纳入轻烃一体化回收流程中，不单独设置吸收稳定系统，流程大幅缩短，比现有技术减少 5 个塔，各组分无二次分离，降低投资和能耗；②稳定塔前置，实现 $C_1 \sim C_4$ 和汽油的分离，降低高温位热源用量；③ C_4 循环作为补充吸收剂，改变一体化回收系统的温位需求，一体化回收系统成为低温热阱，有利于充分利用催化装置的低温热；④ C_2 吸收塔和甲烷脱吸塔分开设置，保证 C_2 回收率的同时，实现 C_2 、 C_3 中甲烷的稳定控制；⑤丙烯精馏塔上游设脱乙烷塔，稳定控制乙烷含量满足聚合级丙烯要求；⑥装置自产的 C_4 和稳定汽油作为吸收剂，无需外引吸收剂；⑦流程优化，占地、定员减少，分离流程统一设置，有利于集中管理。

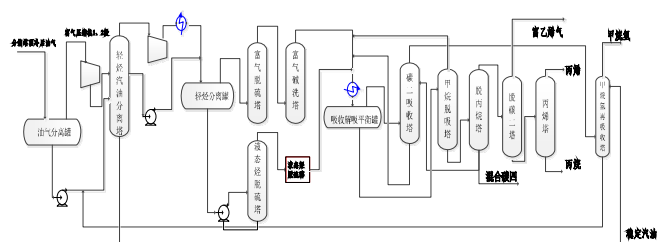


图 2

3 不饱和轻烃常规回收工艺技术与一体化回收工艺技术对比

3.1 装置流程对比

常规不饱和轻烃回收工艺技术，采用吸收稳定 + 干气、液化气脱硫化氢 + 液化气、干气脱硫醇 + 气体分馏 + C_2 回收工艺，流程较长，目前技术已经成熟，开停工程简单，操作简便，有不同规模的工业化应

用。富乙烯气需要除杂，设有脱氧、脱硫、脱水、脱氮及脱砷汞处理，使用脱碳剂进行脱碳，并带有溶剂回收系统。

“一体化回收工艺”技术，整合催化、焦化吸收稳定、产品精制装置、气体分馏装置和不饱和 C_2 提浓装置，涉及的单元操作也都是常规的换热、吸收、精馏过程，技术是各成熟工艺技术的优化组合，可靠性高，多家大型炼化一体化项目总流程设置中，均按该方案进行考虑。由于混合 C_2 需送至乙烯装置进一步回收乙烯和乙烷等资源，故需要对混合 C_2 脱除杂质，主要包括吸附脱砷、加氢脱氧、分子筛脱水、吸附脱羰基硫、硫醇、吸附脱汞，杂质脱除设施设置在一体化轻烃回收装置内。

3.2 主要产品纯度及产品收率对比

采用常规回收工艺技术的某 A 石化与采用一体化回收工艺技术的某 B 石化主要产品纯度和回收率见表 1。

表 1

产品	A 石化		B 石化	
	产纯度 (%/mol)	收率 (%/wt)	纯度 (%/mol)	收率 (%/wt)
乙烯 + 乙烷	—	90.00	—	96.00
丙烯	99.60	97.00	99.62	99.30
丙烷	96.50	96.50	97.00	99.90
混合 C_4	97.00	96.00	97.00	99.50

①从表 1 可以看出， C_2 、丙烯、丙烷和混合 C_4 的回收率一体化回收工艺技术较常规回收工艺技术有优势；②从产品纯度看，一体化不饱和轻烃回收工艺技术有优势。

3.3 能耗对比

采用常规回收工艺技术的某 A 石化与采用一体化回收工艺技术的某 B 石化能耗见表 2。

从表 2 可以看出，以回收的不饱和轻烃回收为基准计算单耗，采用常规回收技术的 A 石化不饱和轻烃回收单耗为 58.41kg 标油/t 原料，采用一体化回收技术的 B 石化单耗为 46.72kg 标油/t 原料，装置单耗一体化回收工艺技术较常规工艺技术低 20.01%。

A 石化不饱和轻烃采用常规回收技术，装置多且分布分散在不同的主装置内，装置规模小，装置产品重复分离回收，装置能耗增加较多。

B 石化不饱和轻烃采用“一体化工艺”回收技术，分离与轻烃回收部分与催化分馏部分进行深度热联合，上下游装置采用热进料和热出料方式，所用冷量

可以采用全厂热水和低低压蒸汽制冷,更有利于全厂能量的一体化利用,降低能耗 10–15kg 标油/t 催化进料,经济效益显著。

表 2

项目	装置名称	规模 (万 t/a)	单耗 (kg 标 油 /t 原料)	总能耗 (t 标 油 /a)
A 石化	吸收稳定	208.86	7.60	1587.34
	产品精制	90.17	0.83	74.84
	气体分馏	71.76	33.01	2368.80
	干气回收	18.41	67.15	1236.23
	不饱和轻烃总计	90.17	58.41	5267.21
B 石化	吸收稳定	240.73	0.76	1833.26
	气体分馏	91.52	11.67	1068.04
	产品精制		0.78	714.00
	干气回收		7.22	660.77
	不饱和轻烃总计	91.52	46.72	4276.07

3.4 占地面积对比

常规回收工艺技术,装置多,分散布置在不同的主装置内,同时因干气回收装置因原料中杂质限制,干气分成三个单独系列进行吸收回收,装置设备及压缩机较多,占地面积较大。

“一体化回收工艺”技术,可不设置干气、液化气脱硫脱醇装置、气体分离装置和不饱和干气提浓装置,同时催化裂化不再设置单独的吸收稳定系统,几套装置整合在一起,较紧凑,占地面积大幅减少。

3.5 装置投资对比

采用常规回收工艺技术的某 A 石化与采用一体化回收工艺技术的某 B 石化装置投资见表 3。

表 3

厂家	装置投资费用对比		
	装置名称	规模 (万 t/a)	装置投资费用 (亿元)
A 石化	催化、焦化吸收稳定	90.17	0.94
	产品精制	90.17	0.63
	气体分馏	71.76	1.15
	干气回收	18.41	1.12
	不饱和轻烃总计	90.17	3.84
B 石化	不饱和轻烃一体化回收	91.52	2.96

采用“一体化回收工艺技术”后,由于改变了分离路径,分离部分从常规工艺技术的 12 个塔变为 7 个塔。从表 3 可以看出,采用常规回收工艺技术装置投资费用 3.84 亿元,采用一体化不饱和轻烃回收工艺技术装置投资费用 2.96 亿元,从工程费用上看,一体化不饱和轻烃回收工艺技术有优势。

4 存在问题

采用一体化不饱和轻烃回收工艺技术,由于装置

整合在一起,关联性较强,若不饱和轻烃回收装置故障时,会影响到催化、延迟焦化主装置运行,为此,需要设置相关备用管线。富气中 C_3 、 C_4 含量在 45wt% 以上,会出现烃类凝结进入胺液,对下游溶剂再生装置影响较大。

5 结语

经对比分析,常规回收工艺技术成熟,工业化应用多、开停工程简单等优点,但存在回收率较低、综合能耗高、装置投资高、占地面积大等缺点。一体化回收工艺技术有回收率高、综合能耗低、装置投资低、占地面积小、装置流程短等优点,但装置关联性较强,若出现故障时,会影响到催化裂化等主装置的运行。上述两种技术有着不同的优缺点,均能满足不饱和轻烃回收的生产要求。因此,各企业可根据自己的实际情况,进行综合分析后慎重选择。

参考文献:

- [1] 吴群英. 炼油厂轻烃资源利用现状与加工趋势分析 [J]. 炼油技术与工程, 2019, 49(10): 8.
- [2] 王永飞, 华贵, 李亚军. 炼厂干气的综合利用研究 [J]. 现代化工, 2008, 28(2): 69–72.
- [3] 冷桂玲, 田原宇, 乔英云, 等. 炼厂干气的综合应用技术 [J]. 天然气化工, 2011, 36(6): 71–78.
- [4] 张礼昌, 李东风, 杨元一. 炼厂干气中乙烯回收和利用技术进展 [J]. 石油化工, 2012, 41(1): 103–110.
- [5] 张书丽, 易明新, 商剑峰, 等. 中原油田轻烃深加工改扩建工程技术特点与分析 [J]. 天然气与石油, 2003, 21(2): 3.
- [6] 邵庆磊. 油田轻烃深加工技术的实践分析 [J]. 化工设计通讯, 2019, 45(12): 2.
- [7] 张舰. 油田轻烃深加工技术研究现状 [J]. 化工设计通讯, 2018, 44(9): 1.
- [8] 李英存. 天然气轻烃回收冷凝分离工艺比选 [J]. 建筑工程技术与设计, 2017(19).
- [9] 苏欣, 李瑜, 章磊. 低压油田气轻烃回收方案比选 [J]. 石油与天然气化工, 2008, 37(3): 5.
- [10] 郑延英. 轻烃生产加工过程中存在的问题及对策探讨 [J]. 智富时代, 2019(12): 1.
- [11] 王健. 轻烃回收工艺的发展方向及新技术探讨 [J]. 天然气与石油, 2003, 21(2): 3.

作者简介:

张向辉 (1985-), 男, 任职于恒逸 (文莱) 实业有限公司。