

某石化公司全厂氢气系统优化研究

杨 猛*, 李凤新, 李 春, 郑德旺

(新疆石油工程设计有限公司, 新疆 克拉玛依 834000)

摘要:对某公司全厂氢气系统利用现状作简要介绍,对氢夹点技术简要阐述。利用氢夹点技术对该公司氢气网络系统进行分析 and 优化处理。通过优化改造,可回收氢气 9 630 m³/h,回收轻烃 1.16 t/h,节能降耗效果显著。

关键词:氢气系统;氢夹点;优化;回收

中图分类号:TQ072

文献标志码:A

文章编号:0253-4320(2016)07-0193-04

DOI:10.16606/j.cnki.issn.0253-4320.2016.07.048

Optimization of hydrogen systems for a petrochemical company

YANG Meng*, LI Feng-xin, LI Chun, ZHENG De-wang

(Xinjiang Petroleum Engineering Co., Ltd., Karamay 834000, China)

Abstract: The current situation of the utilization of hydrogen systems in a petrochemical company is briefly introduced. The pinch point technology for hydrogen is demonstrated. The hydrogen network is analyzed and optimized by using hydrogen pinch point technology. The recovery rates of hydrogen and light hydrocarbons are 9 630 Nm³/h and 1.16 t/h, respectively. It achieves obvious energy-saving effect.

Key words: hydrogen system; pinch point technology; optimization; recovery

氢气作为石油炼制和化工行业一种改善产品质量的主要原料,随着市场对油品质量要求不断提高,氢气的需求量随之增加^[1]。选择低成本制氢工艺,强化氢气消耗管理是炼油厂降低生产成本、提高竞争力的必要手段。

该公司现用氢气是由天然气作为原料制作而成,成本较高(经测算,新氢价格为 16 000 元/t)。同时,耗氢装置的大量含氢气体排放至火炬系统,造成用氢效率较低,排出的燃料气中轻烃含量较高,存在一定的安全隐患。优化供氢网络,实施按氢纯度分级供氢,达到原油加工量增加,天然气制氢装置停开或少开,将成为企业效益增长的一个亮点。

本次利用氢夹点技术对该公司全厂氢气系统进行优化,对耗氢装置排出的不同压力等级氢气流股采用梯级升压、轻烃回收、脱硫、PSA 与膜分离组合提纯的工艺流程,得到高纯度氢气和制氢原料及回收轻烃。

1 氢夹点技术

炼油厂的氢网络系统一般分为 3 个部分:产氢过程、耗氢过程和净化回收单元。产氢过程主要向系统提供氢气,如连续重整装置附产的氢气、轻烃水蒸汽转化制氢装置、部分氧化制氢装置等。耗氢过

程包括加氢裂化、加氢处理、加氢精制、异构化过程、润滑油精制等。净化回收单元是将低浓度氢气提纯到高浓度并回收利用的过程或装置,主要技术包括膜渗透法、变压吸附法(PSA)和深冷分离法。

这 3 个部分的相互作用决定了炼油厂氢气网络以及氢需求量。氢需求量为需要外购或制氢装置生产的氢气(简称为“新氢”),同时把没有价值回收的低含量氢气送入燃料气管网。通过对氢气网络进行优化,达到使用最少新氢、排放最低含量氢气燃料气管网的目的。

进行氢夹点^[2]分析,首先要建立氢源和氢阱概念^[3]。氢源是指在氢网络中可以给网络提供氢气的流股,氢源的氢气浓度一般是固定的。氢阱是指在氢网络中耗氢的过程,为了维持耗氢装置的运行,反应器入口处的氢气必须满足一定流量和浓度。对于一个加氢装置,它既是氢源,也是氢阱,如图 1 所示。

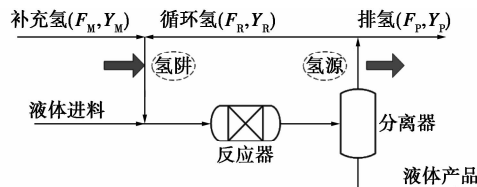


图 1 氢夹点分析中加氢装置的模型

2 氢气网络现状

该公司氢气网络包括：I 套制氢装置、II 套制氢装置、甲醇改造制氢装置、90 万 t 柴油加氢精制装置、45 万焦化石脑油加氢装置、120 万柴油加氢改质装置、临氢降凝装置、加氢处理装置、加氢脱酸装置、I 套润滑油高压加氢装置、II 套润滑油高压加氢装置、白油加氢装置、30 万重整 PSA 装置、60 万重整装置、150 万焦化装置、100 万焦化装置和 80 万催化裂化装置等。

I、II 套润滑油高压加氢装置的高分外排氢总计约 3 000 m³/h，一部分送入 90 万柴油加氢精制装置循环氢压缩机出口，一部分送入 45 万焦化石脑油装置循环氢压缩机出口。润滑油高压加氢的低分

气、120 万柴油加氢改质装置、90 万柴油加氢精制装置和 45 万焦化石脑油加氢装置以及加氢处理装置的低分气经过低分脱硫后，送入 30 万重整 PSA 装置提纯。

现阶段由于缺少原料，30 万重整 PSA 装置处于停工状态，30 万重整 PSA 处理脱硫低分气，PSA 解吸气送入火炬系统。60 万重整 PSA 装置处理 60 万重整氢，解吸气经过压缩机后送入燃料气管网。

90 万柴油加氢精制装置、120 万柴油加氢改质装置汽提塔顶气送入焦化装置吸收稳定系统回收液化气 and 石脑油成分。润滑油加氢装置的干气，以及其他耗氢装置的干气，加氢脱酸的外排高低分经脱硫后，和重整干气一起送入燃料气管网。

氢气网络现状图如图 2 所示。

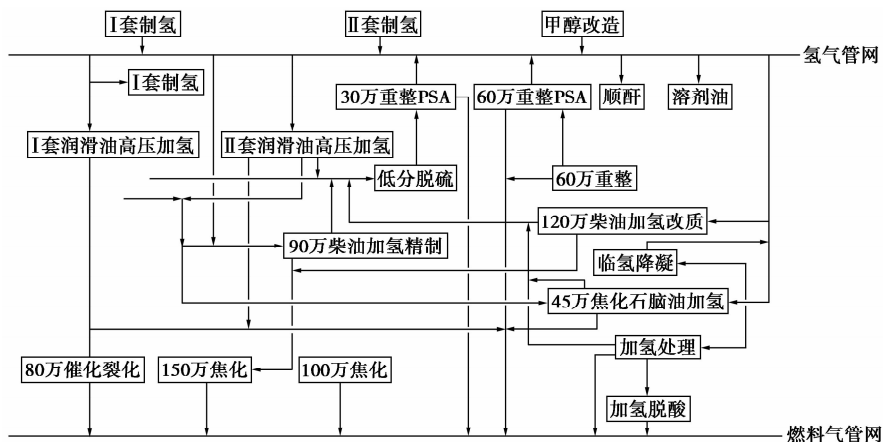


图 2 氢气网络现状图

3 氢气系统存在的问题

根据该公司生产车间反馈，主要存在以下几个问题。

(1) 耗氢装置循环氢中存在 CO、CO₂ 富集的情况，情况最恶劣时，45 万焦化石脑油加氢装置的循环氢中 CO、CO₂ 的体积分数达到 1%。

(2) 现阶段，I 和 II 套润滑油高压加氢装置高分气外排送往车间直接利用，但是存在压力波动大、操作难以控制的问题，后续将增加 III 套润滑油高压加氢装置，可能会加大其控制难度。

(3) 当低分脱硫气送入 60 万重整 PSA 装置时，造成了 PSA 原料气罐出现了积液情况，使得原料罐堵塞。

(4) 45 万焦化石脑油加氢装置新氢压缩机已达到最大负荷，且运行不稳定。

4 夹点分析

根据全厂氢网络数据得到氢剩余曲线图如图 3。

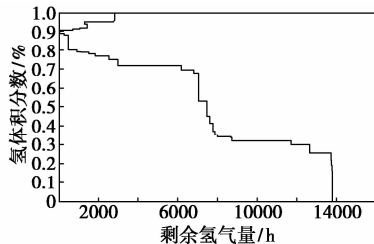


图 3 氢剩余曲线

从图 3 看出，其夹点位置为体积分数 88.9%。

(1) 系统夹点上方排氢分析

根据氢夹点理论，在不考虑压力条件和实际可行性约束条件下，体积分数位于夹点上方的氢气流股可以被直接利用，而不宜送往提纯单元或者是送

往燃料气系统。从氢源中可以看出,体积分数高于88.9%并且外排至燃料气管网或者是送往提纯单元的流股信息如表1所示。

表1 夹点上方排氢流股表

流股	流量/ ($\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$)	氢体 积分 数/%	选定工况去向
加氢处理装置高分	1600	90.1	加氢脱酸新氢
临氢降凝装置高分	1000	94.5	45万新氢压缩机入口
I套润滑油高压加氢装置高分	786	90.6	45万、90万循环氢
I套润滑油高压加氢装置高分	759	92.0	45万、90万循环氢
II套润滑油高压加氢装置高分	1009	90.5	45万、90万循环氢
II套润滑油高压加氢装置高分	605	92.6	45万、90万循环氢
60万重整装置干气	230	89.5	燃料气管网
汇总	5989	91.4	

从表1中数据可以看出,夹点上方排氢主要为60万重整装置干气,2套润滑油高压加氢装置的高分外排,临氢降凝、加氢处理高分纯度也位于夹点之上。从汇总数据看出,其夹点上方的排氢汇总体积分数为91.4%,总流量为5989 m^3/h 。除了排往燃料气的重整干气外,其他流股直接送入其他加氢装置。

理论上,高于89.5%的排氢流股全部可以直接送入加氢脱酸装置进行利用,表1中未被其他耗氢装置利用的流股只有60万重整装置干气,由于其流量较小,因此不考虑单独对此流股进行回收,考虑将此流股与其他2股60万重整装置干气一起进行氢气和轻烃的综合回收。

(2) 系统夹点下方排氢回收分析

相比于夹点上方排氢,夹点下方氢气排放量要大很多。一般而言,夹点下方的排氢大部分氢气体积分数并不是很高,而且流股中都含有一定量的杂质。因此,如何合理回收夹点下方的氢气对于提高整个系统的氢气利用率有着极大的意义。

夹点下方的排氢根据氢气纯度、杂质含量可以分为以下4大类。

第一类是氢气纯度相对较高,比如耗氢装置的低分气,可以直接作提纯装置原料的流股,此类流股的回收一般比较容易。

第二类是氢气纯度比较低,其他主要成分是轻烃类物质。此类流股由于氢气纯度的关系,以及含有部分 C_3 和相对比较多轻烃的关系,不能直接送往

提纯装置,比如耗氢装置的干气以及重整氢经过PSA之后的解吸气等,可以将氢气和轻烃的回收综合考虑。

第三类是氢气纯度较低,同时组分中含有一些对催化剂有毒的组成,比如 CO 、 CO_2 、催/焦化干气。此类流股中往往含有价值比较高的烯烃类组成,而且含量也比较高,因此此类流股如果能综合回收烯烃以及氢气将会带来比较大的效益,但是由于组分比较多,而且性质比较类似,需采用深冷分离的方式。

第四类是制氢厂PSA解吸气,此类流股流量较大,绝对纯氢量比较大,同时含有 CO 、 CO_2 杂质(含量非常高)。如果采取适当的措施将氢气回收和脱碳技术结合,将会很大程度上提高氢气回收率,减少温室气体的排放。

因此,对夹点下方的排氢流股的分析将按上述4类原则展开。根据该公司氢气网络现状,排往燃料气系统的含氢气体流股情况分析,将对以下氢流股进行回收。

(1) 2套润滑油高压加氢装置的干气,流量为1300 m^3/h ,体积分数为43%,其中含 $\text{C}_3 +$ 轻烃1.2 t/h,经干气脱硫后送入燃料气管网。

(2) 45万焦化石脑油加氢装置干气,流量为227 m^3/h ,体积分数为16%,其中含 $\text{C}_3 +$ 轻烃0.38 t/h,经干气脱硫后送入了燃料气管网。

(3) 60万重整PSA装置解吸气,流量为4471 m^3/h ,由于60万重整氢体积分数较高,解吸气体中所含氢气较多,氢体积分数为72%, $\text{C}_3 +$ 轻烃为1.01 t/h,经压缩机提压后送入燃料气管网。

(4) 60万重整装置干气,其流量为574 m^3/h ,氢体积分数为70%, $\text{C}_3 +$ 轻烃为0.24 t/h,直接送入燃料气管网。

(5) 30万重整PSA装置解吸气,流量为2013 m^3/h ,氢体积分数为36%, $\text{C}_3 +$ 轻烃为0.85 t/h,送入火炬系统后经气柜送入燃料气管网。

5 优化措施

根据对公司全厂氢气网络进行分析,结合氢气优化匹配原则,对耗氢装置排出的不同压力等级氢气流股采用梯级升压、轻烃回收、脱硫、PSA与膜分离组合提纯的工艺过程优化改造氢气网络,流程简述如下。

(1) 干气、混合气升压

2套润滑油高压加氢装置的0.02 MPa塔顶干

气和 45 万焦化汽油加氢装置的 0.02 MPa 干气经干气压缩机入口分液罐进行分液后,进入干气压缩机增压至 0.8 MPa 后与 90 万柴油加氢精制装置干气、120 万柴油加氢改质装置干气、60 万连续重整装置干气进行混合,混合后经混合气压缩机增压至 2.3 MPa,增压后干气经混合气压缩机出口分液罐分液后去柴油吸收塔。

(2) 柴油吸收与干气脱硫

经混合气压缩机出口分液罐来的干气进入柴油吸收塔底部,自 80 万催化柴油装置来的柴油由塔顶部进入与干气逆流接触传质,吸收干气中大部分轻烃,贫干气自吸收塔塔顶至干气脱硫塔进行脱硫,塔底的富柴油去焦化装置主分馏塔进行解吸。

柴油吸收塔塔顶的贫干气进入干气冷却器经循环水冷却至 40℃,进干气缓冲分液罐分液后,贫干气进入干气脱硫塔底部,与塔顶部的 N-甲基二乙醇胺(MDEA)(质量分数为 20%)溶液逆流接触传质,

脱除干气中大部分 H₂S。净化后干气自塔顶部至干气胺液回收器,将其中携带的胺液进行回收,回收的胺液自胺液回收器底部与干气脱硫抽提塔底部富胺液一起返回至干气脱硫-液化气脱硫联合装置的溶剂再生系统,胺液回收器顶部的净化干气至 30 万重整 PSA 装置。

(3) 提纯

干气脱硫塔顶部出来的净化干气与低分脱硫气、膜分离渗透气进入 30 万重整 PSA 进行提纯。高纯氢进入全厂氢气管网,解吸气增压后进入制氢原料气系统。

60 万重整 PSA 解吸气进入解吸气压缩机入口分液罐,罐顶气体进入解吸气压缩机后,再进入解吸气压缩机出口分液罐进行分液,罐顶气进入膜分离装置,渗透气进入 30 万重整 PSA 进一步提纯。渗余气进入制氢原料气系统。

优化的工艺流程框图如图 4。

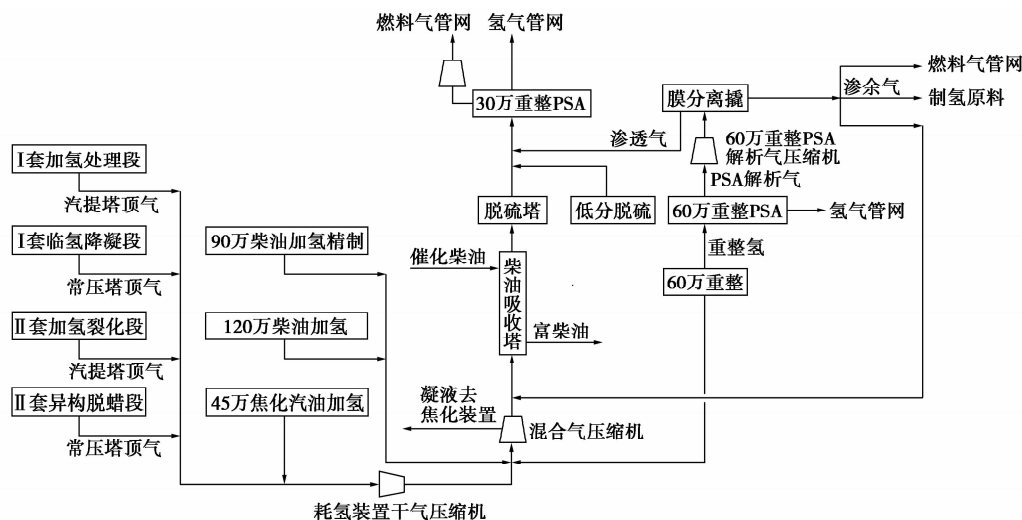


图 4 优化后的工艺流程框图

6 经济效益

通过对该公司氢气网络现状进行优化,可回收氢气 9 630 m³/h,回收轻烃 1.16 t/h。同时提供制氢原料 5 840 m³/h,实现了较显著的增效降耗的目的。

7 结语

通过研究分析,采用氢夹点技术对该公司全厂氢气系统的不同工况进行优化,实现全厂氢网络中氢流股的梯级利用。氢气、轻烃回收过程选择含氢气体增压、柴油吸收回收轻烃、干气脱硫、PSA 与膜

分离组合提纯氢气的加工路线,技术成熟可靠、投资较少、施工周期短,提高了企业的氢气利用率和轻烃回收率,产品结构符合企业需求,有利于增加企业的经济效益。

参考文献

[1] 严钧,洪志刚.炼化企业氢气系统优化[A].广东省石油学会.炼厂制氢、废氢回收与氢气管理学术交流论文集[C].广东省石油学会,2008;215-216.
 [2] 明元,刘桂莲,冯霄.利用氢夹点图解法分析某炼油厂的氢网络[J].华北电力大学学报,2007,34(2):48-51.
 [3] 冯霄.氢夹点原理及其应用[J].石油和化工节能,2006,(5):10-13. ■