

轻烃回收工艺

杨文

中国神华煤制油鄂尔多斯煤制油分公司 内蒙古 鄂尔多斯 017000

摘要: 轻烃回收主要通过吸收、脱吸、脱甲烷, 乙烷, 丙烷, 丁烷等单元操作, 将混合气体中的轻重组份分离的操作, 神华煤直接液化项目通过加氢精制和加氢裂化得到的轻烃混合组分, 其中C5以上的烃类含量达到2%, 其中C1、C2占轻烃总量的20%左右, C3、C4占轻烃总量的60%左右, 而且大都是以饱和烃为主。轻烃通过回收以后, 较轻组份的C1、C2作为低压瓦斯供煤液化区域加热炉作为燃料, 较重组份的液化气可以作为合格的产品外卖, 更重的石脑油组份作为汽油的原料经过重整装置生产合格汽油外售。轻烃回收装置在平时的稳定操作可以回收上游装置尾气提高装置的经济效益, 本文通过对轻烃回收原理及操作的论述, 希望为不同工艺条件下, 选择合适轻烃回收工艺提供一些参考。

关键词: 轻烃回收; 吸收; 变压吸附; 脱吸; 稳定塔

1 前言

加氢精制和加氢裂化装置中压气、分馏塔塔顶气是原油加工过程中的副产品。炼油厂各装置所产生气体产量和组成, 随装置加工原料性质、加工方案及工艺技术条件的不同而改变。其组成包括氢气、C1~C4烷烃、C2~C4烯烃及少量C5, 还包括H₂S、CO、CO₂、NH₃、N₂、O₂等杂质。轻烃回收装置的目的: 1、得到合格高纯度的氢气; 2、得到主要含C1~C2的干气; 3、得到合格液化石油气产品; 4、得到组分上不含C4以下组份轻烃的石脑油。轻烃回收工艺主要有四种方法: 吸附法; 油吸收法; 冷凝分离法; 膜分离法。

2 轻烃回收原理

2.1 吸附法: 利用固体吸附剂(包括活性炭、氧化铝、沸石分子筛、硅胶)对各种烃类吸附能力的不同, 通过改变吸附剂的操作条件对产品进行分离, 从而使轻烃各组分得以分离的方法。吸附法包括变温吸附和变压吸附, 变温吸附是在低温下, 吸附剂的吸附容量大, 当压力不变温度升高时, 吸附剂的吸附容量变小, 升高温度使吸附剂再生; 变压吸附是在高压下, 吸附剂的吸附容量大, 当温度不变压力减小时, 吸附剂的吸附容量变小, 降低压力使吸附剂再生。对于同一种吸附剂, 压力变化越大, 吸附脱除的杂质就越多。变压吸附(Pressure Swing Adsorption 简称PSA)一般在室温和不高的压力下工作, 床层再生时不需加热, 产品纯度高, 设备简单, 操作、维护简便, 通过多个吸附塔并联可实现连续操作, 发展迅速并已成熟。

2.2 油吸收法: 油吸收法是基于轻烃各组分在吸收油中溶解度的差异, 而使不同的烃类得以分离的方法。根

据操作温度的不同, 油吸收法可分为常温吸收、中温吸收法和低温吸收法, 吸收温度在25℃左右的常温吸收, 吸收温度在-20℃的称为中温吸收法, 吸收温度在-40℃时, 称为低温吸收法。采用常温油吸收法C3收率可达到90%, C2收率可达到60%。

2.3 冷凝分离法: 混合组份轻烃在加压降温的条件下, 有一部分烃类被冷凝为液体, 从而可以被分离的方法。根据制冷方法的不同, 可分为外加冷源法、自制冷法、混合制冷法。外加冷源法: 轻烃冷凝分离所需要的冷量由独立设置的冷冻系统提供, 根据被分离气体的压力、组分及分离的要求, 选择不同的冷冻介质。制冷循环可以是单级也可以是多级串联。常用的制冷介质有氨、氟里昂、丙烷或乙烷等。自制冷法包括节流制冷法、透平膨胀机制冷法、热分离机制冷法, 通过专用设备将介质的压力能转变为冷能, 介质温度降低, 轻组份从混合烃中分离。联合制冷法为制冷剂与膨胀联合制冷法, 介质通过膨胀机和制冷剂的共同作用达到降温的目的。

2.4 膜分离法: 在膜的两侧形成一定压差, 在压力的推动下, 不同的气体在膜中的扩散速度不同, 例如采用硅橡胶膜时, 可凝有机气体扩散速度快, 惰性气体扩散速度慢, 从而实现了气体的分离。

3 轻烃回收工艺

3.1 吸附法: 利用吸附法使轻烃混合组分得以分离的方法, 流程较为简单, 一般在吸附器前净化, 包括脱除原料气中的水和酸性气体。该法一般用于重烃含量不高的天然气和生成气的加工过程, 因吸附剂容量未得到解决, 该法在对于轻烃的分离没得到广泛的应用。对于脱除酸性气的中压气体(约2.5MPa), 通过变压吸附将

混合气体中的氢气分离，不仅达到氢气回收的目的，对轻烃回收负荷也大大减小。图1为变压吸附工艺流程，原料气在适宜的温度和压力下进入吸附罐，吸附剂将混合气体中除氢气之外烃类吸附在其表面，由吸附罐顶部产出较高纯度的氢气，待吸附时间达到时，不再产出氢气；利用未排出的氢气给其它较低压力的吸附罐均压，待其压力降低后，通过反冲洗将吸附剂表面的烃类反吹至吸附罐的底部，成为解吸气，吸附剂已经可以重新吸附的吸附罐处于低于状态，这时通过其它罐未排出的氢气给其升压，然后通入原料气，继续吸附。单台吸附罐的流量不是均匀的，为了产气的均匀和最大程度的提高效率，一般采用多台吸附罐并联的操作，单独一个吸收塔的整体变压吸附再生过程分为吸附、一均降、二均降、三均降、四均降、顺放、逆放、冲洗、四均升、三均升、二均升、一均升、终冲。

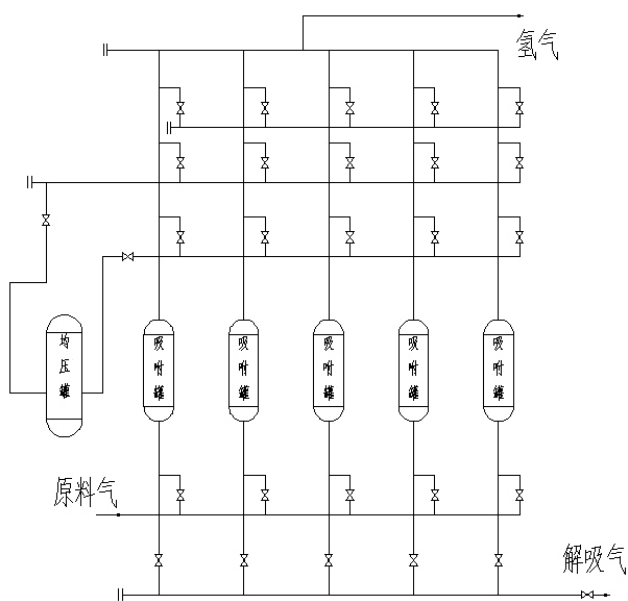


图1 变压吸附工艺流程

3.2 油吸收法：①对于轻烃回收率要求不高，特别是要考虑全厂的燃料系统供应的炼油厂，轻烃回收可采用的单塔稳定轻烃回收流程，此流程以稳定塔为主，原料气经升压分离出部分干气后，进入稳定塔产出液化气，并得到石脑油。此项操作干气品质不高，即干气C3含量高，液化石油气中的C2及C5含量极易不合格。

②为了提高液化气的品质，在稳定塔的基础上增加一个吸收塔，构成一个稳定、吸收双塔流程。原料气经吸收塔后，分离出其中的干气，然后进入稳定塔，过吸吸的干气经分离后重新返回吸收塔，同时将液化气分离，得到较高品质的液化气。此流程可在提高液化气的

产量，且液化气和干气的品质都大大提高。

③为进一步提高液化气的品质，并使液化气质量稳定，在双塔流程上增加脱吸塔，构成吸收—脱吸—稳定三塔流程，如图2所示。三塔流程是在较高压力较低的温度下，用外部冷冻剂冷却的吸收油与混合组份原料气直接接触，将原料气中的较重的组份（C3以上）吸收进入吸收液，分离出C1~C2组份；吸收液通过加热进入温度较高的解吸塔内将过吸收的C1~C2组份解吸出来；解吸后的解吸油再进入稳定塔内，通过进一步提高温度内分离出C3~C4组份并得到更重的组分石脑油。

④为进一步搞高液化气的产量，将干气的的液化气全部提出来，在吸改塔针对干气增加再吸收塔，构成四塔工艺流程。四塔流程可以彻底将干气中的液化气分离到很高的纯度，但是其流程复杂，能耗较高，需要综合考虑能耗与液化气增量，决定是否采用。

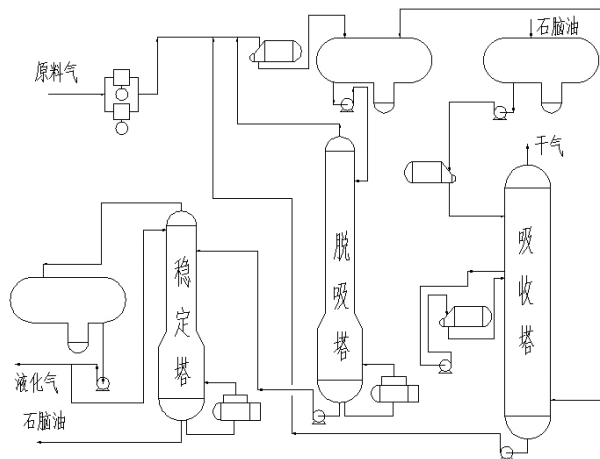


图2 三塔吸收工艺流程

3.3 冷凝法：自制冷凝法，原料油先经过预处理，先除去水份杂质，经压缩机压缩升压后，经过膨胀节降温，温度降至，进行气液分离。典型LNG轻烃回收流程为将原料气降温至-160℃，部分升温至-100℃，经闪蒸罐分离出甲烷，经闪蒸罐后的液相组份与低温的原料气进入脱甲烷塔，脱除甲烷后的液相组份，再进入脱乙烷塔，得到较高纯度的甲烷、乙烷和合格的液化气，其中甲烷摩尔含量可达99.6%，乙烷回收率可达94%^[1]。冷凝分离法优点是可以得到各种目标产品，缺点是能耗较大。

3.4 膜分离法：原料气进入膜系统前，先经过过滤器将杂质过滤掉，然后以合适的压力进入膜系统进行气体分离。设置多个膜组件并联，根据实现气量，增加或减少投用数量，从而最大效率地进行气体回收。膜分离法，技术成熟且工艺简单，占地面积小，能耗小，操作弹性大。经浅冷工艺轻烃系统回收的干气C3以上组份仍

可达6%，再耦合膜分离系统后，回收率可达52%^[2]。

4 轻烃回收操作

神华鄂尔多斯煤制油项目需要处理的气体分为两类，一类是中压气含氢气约为85%，C3以上组份含量约为4%，另一类是塔顶气和膜分离尾气的混合气体，含氢气30%，C3以上组份含量约为20%。根据处理原料气的实际情况，中国石化工程建设有限公司为其设计了变压吸附与低温油吸收的工艺流程。

中压气压为约为2.5MPa，经过变压吸附，得到纯度较高的氢气，作为加氢装置的原料。神华煤直接液化项目为得到流量稳定的氢气，变压吸附采用十罐并联的结构，在实际运行过程中，每一台吸附罐在10分钟内经过吸附、一均降、二均降、三均降、四均降、顺放、逆放、冲洗、四均升、三均升、二均升、一均升、终充等13个步骤，得到纯度99.98%的氢气。

低温油吸收流程采用三塔流程，变压吸附的尾气与低压的塔顶气混合后升压至1.5MPa，低压塔顶原料气用液氨冷却至12℃后与膜分离尾气混合，然后与12℃的石脑油在吸收塔内吸收，得到C3含量在3%以下的干气，干气作为加氢装置的燃料气；吸收后的轻烃的石脑油进入脱吸塔加热至150℃，脱除吸收塔过吸收的C1、C2组份，脱吸后的C1、C2冷却后重新回到吸收塔进行重新吸收，脱吸后石脑油进入稳定塔，加热至210℃，塔顶得到C3、C4为主的液化气，液化气作为合格产品外售；稳定塔底得到不含轻组份的石脑油，一部分送至加氢装置进一步加工后得到合格石脑油，另一部分进过升压冷却后做为补充吸收剂与加氢稳定的石脑油共同作为吸收剂进入吸收塔吸收原料气中的重组分。

当干气产品中C3以上组分偏高时，则需要调整吸收剂与原料气的比例，当吸收塔吸收温度不变压力不变，原料气组分偏重或者气量较大时需要增加吸收剂的量用以调节二者的比例，反之亦然；当吸收塔的吸收剂与原料气比例不变吸收温度偏高时，吸收效果变差，也会使干气中C3组分含量偏大，调整操作则需要多使用制冷剂把吸收塔的整体温度调低一些，增大吸收效果使干气中C3含量降低，还可能是吸收塔的液位太高了把部分液相组分带到了干气组分去了，在吸收塔温度压力以及吸收剂和原料气比例不变的情况下，脱吸塔的底温过高或脱吸塔顶温过高导致过解吸，返回吸收塔的组分过多也会至使干气中C3以上含量偏高类似于原料气量增大吸收塔的负荷增大。

液化气中C2组分偏高时，可能是发生过吸收，需要调整操作降低吸收塔的吸收效果，升高吸收塔的温度或

者降低吸收剂的量从而降低吸收塔的吸收效果，也可能是脱吸塔的温度偏低，脱吸效果不好，可以通过提高脱吸塔的底温或者底温，从而提升脱吸塔的吸收效果，还可能是脱吸塔的负荷太大了，需要降低脱吸塔的整体气相负荷，也可能是吸收塔的吸收效果太好了导致过吸收超过的脱吸塔的吸收量。

液化气中C5以上组分含量偏大，则可能是稳定塔塔顶温度太高了，气液组分分离效果差，部分C5以上的组分被带到液化气产品会导致液化气产品不合格，原料组分中含水量大发生了冲塔以后导致液化气中C5含量偏大，当稳定塔底温过高时也会导致稳定塔气相组分偏大，为确保液化气产品质量合格就需要操作中控制好吸收塔的吸收效果，脱吸塔的吸收效果，稳定塔的稳定塔分离效果。所以在整个操作过程中就需要控制好吸收塔，脱吸塔，稳定塔的温度压力才能确保产品液化气，干气的合格。

轻烃回收装置在整个工艺操作过程中会出现大量的铵盐结晶，所以在轻烃回收装置的整个工艺过程需要在温度偏低处就需要做好注水，从而减少减少铵盐结晶的量，如果装置发生大量铵盐结晶会导致装置的处理量减小，发生超压报警或爆炸事故的发生，当发生铵盐结晶时可以通过升高温度或者增加注水量的方式处理铵盐结晶。

PSA当产品氢气纯度较低时，可能是原料气量太大了超过了整个变压吸附装置的处理量，杂质击穿了整体吸附塔进入了产品氢的内部，吸附塔的吸收时间太长了也会使杂质击穿了吸附塔，发生最多的故障可能是仪表阀故障各吸附塔无法正常运作至使产品氢气纯度较低，当PSA某个塔或者与塔直连的阀故障无法单独切除时，则需要把整个塔切除进行故障的排除，从而降低PSA的处理量。^[3]

当轻烃回收装置发生事故状态时要首先确保人员安全，之后才是设备安全，要尽可能保证干气的产量稳定，必要时可以把部分液化气并入干气系统中以确保全厂瓦斯官网的压力稳定，确保不会因为轻烃回收自己波动导致全厂操作波动产品质量不合格。

5 结论

轻烃回收工艺的选择与原料气的组成、原料气的气量、原料气的流量和成分波动，烃类回收率等多种因素有关，所以，要具体情况具体分析。

油吸收法工艺成熟，设备简单，处理量大，负荷范围广等优点，但是存在成品气纯度低，能量消耗大，对于一些要求较高的工业部门不能满足。变压吸附法具有动力消耗少，流程短，操作弹性大，自动化程度高等明显优势。在加氢精制和加氢裂化生产中，通过变压吸附与油吸收法处理尾气，不仅能够最大程度的节约能量，

而且能够得到满足要求的产品。

参考文献

[1]谷卓霖.LNG轻烃回收流程模拟及参数优化[J] 石油化工及应用, 2018, 3 (4) : 146~149

[2]孙德胜.膜技术在轻烃回收中的应用[J] 石油化工设计, 2009, 26 (3) : 40~42

[3]张竹梅.轻烃回改流程整合和低温油吸收技术的应用[J], 2019, 36 (6) : 28~31