

SHIYOUHUAGONG ZHIYEJINENG PEIXUN JIAOCAI

石油化工职业技能培训教材



气体分馏装置操作工

中国石油化工集团公司人事部
中国石油天然气集团公司人事服务中心

编

中国石化出版社

[HTTP://WWW.SINOPEC-PRESS.COM](http://www.sinopec-press.com)

内 容 提 要

《气体分馏装置操作工》为《石油化工职业技能培训教材》系列之一, 涵盖石油化工生产人员《国家职业标准》中对该工种初级工、中级工、高级工、技师四个级别的专业理论知识和操作技能的要求。主要内容包括气体分馏装置的工艺过程、开停工操作、工艺操作方法、设备及仪表、紧急停工、事故判断与处理、节能、操作优化与简单计算、安全与环保等。

本书是气体分馏装置操作人员进行职业技能培训的必备教材, 也是专业技术人员必备的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

气体分馏装置操作工/中国石油化工集团公司人事部,
中国石油天然气集团公司人事服务中心编. —北京:
中国石化出版社, 2008
石油化工职业技能培训教材
ISBN 978-7-80229-481-3

I. 气… II. ①中…②中… III. 气体分馏-化工设备-
操作-技术培训-教材 IV. TE644

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 006843 号

中国石化出版社出版发行

地址:北京市东城区安定门外大街 58 号

邮编:100011 电话:(010)84271850

读者服务部电话:(010)84289974

<http://www.sinopec-press.com>

E-mail:press@sinopec.com.cn

金圣才文化发展(北京)有限公司排版

河北天普润印刷厂印刷

全国各地新华书店经销

*

787×1092 毫米 16 开本 11 印张 286 千字
2008 年 2 月第 1 版 2008 年 2 月第 1 次印刷
定价:25.00 元

《石油化工职业技能培训教材》

开发工作领导小组

组 长：周 原

副组长：王天普

成 员：（按姓氏笔画顺序）

于洪涛	王子康	王玉霖	王妙云	王者顺	王 彪
付 建	向守源	孙伟君	何敏君	余小余	冷胜军
吴 耘	张 凯	张继田	李 刚	杨继钢	邹建华
陆伟群	周赢冠	苟连杰	赵日峰	唐成建	钱衡格
蒋 凡					

编审专家组

（按姓氏笔画顺序）

王 强	史瑞生	孙宝慈	李兆斌	李志英	岑奇顺
杨 徐	郑世桂	姜殿虹	唐 杰	黎宗坚	

编审委员会

主 任：王者顺

副主任：向守源 周志明

成 员：（按姓氏笔画顺序）

王力健	王凤维	叶方军	任 伟	刘文玉	刘忠华
刘保书	刘瑞善	朱长根	朱家成	江毅平	许 坚
余立辉	吴 云	张云燕	张月娥	张全胜	肖铁岩
陆正伟	罗锡庆	倪春志	贾铁成	高 原	崔 昶
曹宗祥	职丽枫	黄义贤	彭干明	谢 东	谢学民
韩 伟	雷建忠	谭忠阁	潘 慧	穆晓秋	

前言

为了进一步加强石油化工行业技能人才队伍建设,满足职业技能培训和鉴定的需要,中国石油化工集团公司人事部、中国石油天然气集团公司人事服务中心联合组织编写了《石油化工职业技能培训教材》。本套教材的编写依照劳动和社会保障部制定的石油化工生产人员《国家职业标准》及中国石油化工集团公司人事部编制的《石油化工职业技能培训考核大纲》,坚持以职业活动为导向,以职业技能为核心,以“实用、管用、够用”为编写原则,结合石油化工行业生产实际,以适应技术进步、技术创新、新工艺、新设备、新材料、新方法等要求,突出实用性、先进性、通用性,力求为石油化工行业生产人员职业技能培训提供一套高质量的教材。

根据国家职业分类和石油化工行业各工种的特点,本套教材采用共性知识集中编写,各工种特有知识单独分册编写的模式。全套教材共分为三个层次,涵盖石油化工生产人员《国家职业标准》各职业(工种)对初级、中级、高级、技师和高级技师各级别的要求。

第一层次《石油化工通用知识》为石油化工行业通用基础知识,涵盖石油化工生产人员《国家职业标准》对各职业(工种)共性知识的要求。主要内容包括:职业道德,相关法律法规知识,安全生产与环境保护,生产管理,质量管理,生产记录、公文和技术文件,制图与识图,计算机基础,职业培训与职业技能鉴定等方面的基本知识。

第二层次为专业基础知识,分为《炼油基础知识》和《化工化纤基础知识》两册。其中《炼油基础知识》涵盖燃料油生产工、润滑油(脂)生产工等职业(工种)的专业基础及相关知识,《化工化纤基础知识》涵盖脂肪烃生产工、烃类衍生物生产工等职业(工种)的专业基础及相关知识。

第三层次为各工种专业理论知识和操作技能,涵盖石油化工生产人员《国家职业标准》对各工种操作技能和相关知识的要求,包括工艺原理、工艺操作、设备使用与维护、事故判断与处理等内容。

《气体分馏装置操作工》为第三层次教材,主要包括气体分馏装置的工

艺过程、开停工操作、工艺操作方法、设备及仪表、紧急停工、事故判断与处理、节能、操作优化与简单计算、安全与环保等。

《气体分馏装置操作工》教材由大庆石化负责组织编写，主编张忠孝(大庆石化)，参加编写的人员有胡伟(济南炼厂)、邵建海(济南炼厂)、周灼铭(广州石化)；本教材已经中国石油化工集团公司人事部、中国石油天然气集团公司人事服务中心组织的职业技能培训教材审定委员会审定通过，主审郑世桂，参加审定的人员有白家文、周铁、吴锡君、徐成裕、赵广虎，审定工作得到了高桥石化的大力支持；中国石化出版社对教材的编写和出版工作给予了通力协作和配合，在此一并表示感谢。

由于石油化工职业技能培训教材涵盖的职业(工种)较多，同工种不同企业的生产装置之间也存在着差别，编写难度较大，加之编写时间紧迫，不足之处在所难免，敬请各使用单位及个人对教材提出宝贵意见和建议，以便教材修订时补充更正。

目 录

第一章 概述	(1)
1.1 气体分馏装置的作用	(1)
1.2 装置特点、生产方法和原理	(1)
第二章 工艺过程	(4)
2.1 工艺流程	(4)
2.2 原辅材料	(10)
2.3 主要产品	(13)
第三章 开工操作	(15)
3.1 装置开工前全面大检查内容	(15)
3.2 吹扫贯通	(16)
3.3 单机试运、水冲洗、水联运	(17)
3.4 气密试验	(19)
3.5 开工步骤	(20)
第四章 停工操作	(26)
4.1 装置正常停工	(26)
4.2 装置临时停工	(29)
第五章 工艺操作方法	(30)
5.1 主要操作参数	(30)
5.2 工艺参数的调节和控制	(32)
5.3 产品质量的调节与控制	(54)
5.4 异常工况下的操作调节	(63)
第六章 设备及仪表	(67)
6.1 仪表与自动控制	(67)
6.2 动设备	(73)
6.3 装置静设备	(102)
第七章 紧急停工、事故判断与处理	(118)
7.1 事故处理原则	(118)
7.2 装置紧急停工	(119)
7.3 装置公用工程事故	(119)
7.4 装置仪表、DCS 事故	(124)
7.5 装置机泵、设备事故	(124)
7.6 装置工艺事故	(127)
7.7 装置重大事故预案	(135)

第八章 装置的节能、操作优化与简单计算	(138)
8.1 技术改进	(138)
8.2 提高精丙烯收率的方法	(138)
8.3 降低装置能耗的方法	(139)
8.4 提高装置处理能力的方法	(143)
8.5 减少装置损失的方法	(144)
8.6 先进控制	(146)
8.7 主要工艺计算	(148)
8.8 班组经济核算	(154)
8.9 装置标定	(155)
第九章 安全与环保	(157)
9.1 安全卫生	(157)
9.2 环境保护	(164)
9.3 停工环保要求	(165)
参考文献	(166)

第一章 概 述

在原油加工过程中,常减压蒸馏、催化裂化、延迟焦化、催化重整、加氢裂化等装置产生了大量的 $C_2 \sim C_4$ 的小分子烃类,其组成包括 $C_2 \sim C_4$ 烷烃、 $C_2 \sim C_4$ 烯烃,还有少量 C_5 组分以及 H_2S 、 CO_2 、硫醇等杂质。这些烃类混合物在一定的温度和压力下可以被液化,因而被称为液态烃。以往液态烃多用作燃料,如居民家中烹饪用的液化气,作为石油加工的副产物,其真正价值没有被发掘出来。随着石油化工、精细化工、新材料等领域的发展,对乙烯、丙烯的需求日益增加,液态烃也逐渐为人们重视起来。

液态烃中的烯烃主要有丙烯、异丁烯、1-丁烯、顺2-丁烯、反2-丁烯,乙烯含量较少。

液态烃用途比较广泛,可以合成高辛烷值汽油组分;异丁烷和丁烯生产烷基化油;利用其中的丙烯、丁烯经选择性或非选择性叠合生产叠合汽油;利用其中的异丁烯与甲醇醚化生产甲基叔丁基醚,以及丙烯二聚生产异己烯等。在各国的汽油组成特别是优质汽油的组成中,这些高辛烷值汽油组分占相当大的比例,乙烷气体及重碳四可作为工业及民用燃料。烷烃可作为丙烷脱沥青的溶剂,还可以作为蒸气裂解制取乙烯的原料。

在有机化工以及精细化工中,丙烯是化工工业的基础原料之一,可用于生产聚丙烯、丙烯腈、环氧丙烷、异丙醇等;丙烯与苯炔化生产异丙苯,再将异丙苯氧化制取苯酚、丙酮;用丁烯生产甲乙酮;丙烯与乙烯共聚或异丁烯聚合生产粘度添加剂等。异丁烯聚合所得的聚异丁烯生产硫代磷酸盐和无灰添加剂。丁烯氧化脱氢制丁二烯生产顺丁烯橡胶。以上所讲的仅仅是烯烃的部分用途,随着精细化工、材料工程的深入研究,更多的用途将会被人们所发现。

1.1 气流分馏装置的作用

气体分馏装置利用精馏原理,依据后续气体加工装置对原料的要求切割各种馏分或按照客户对产品要求分离出合格产品。气体分馏装置的原料是液化气,主要产品有精丙烯(或粗丙烯)、轻碳四、重碳四、丙烷和乙烷气体。

催化裂化等装置所产的液化气和干气,除烷烃、烯烃等主要成分外,还有 H_2S 、硫醇、硫醚、二硫化物等硫化物和二氧化碳、氮气、氧等杂质,硫化物对装置设备有腐蚀作用, H_2S 有剧毒危害人身安全,这些杂质必须从液化气中去除。因而,液化气在进入气体分馏装置前按顺序经液化气脱硫装置和液化气脱硫醇装置分别脱除 H_2S 、二氧化碳和硫醇等杂质,干气经干气脱硫装置脱除 H_2S 、二氧化碳等杂质。

1.2 装置特点、生产方法和原理

在炼油厂中,催化裂化等装置分馏塔塔顶油气分离器的粗汽油和富气进入吸收稳定系统,与来自吸收塔底的吸收油和来自解吸塔顶的解吸气汇合,进入气压机出口的平衡罐进行平衡汽化,所得到的油气进入吸收塔底部在塔内与吸收剂(粗汽油和稳定汽油)进行逆流接触,从吸收塔顶部出来的贫气进入再吸收塔底部与吸收剂逆流接触,从再吸收塔顶部出来的

气体(C₂及以下组分)就是干气。

从平衡罐平衡汽化得到的凝缩油进入到解吸塔顶部,脱除吸收油中的C₂组分,塔底得到脱乙烷汽油进入稳定塔,从稳定塔塔顶出来的C₃、C₄组分(含少量C₂和C₅)就是液化石油气(以下简称液化气)。

1.2.1 装置特点

气体分馏装置的原料及产品具有易燃、易爆、有毒、有腐蚀性的特点。具有如下特征:

1. 极易引起火灾

在常温常压下,液态极易挥发为气体,气化后体积能迅速扩大200倍左右,并迅速扩散及蔓延,与空气混合形成爆炸性混合物,一旦遇有火花或高热就有爆炸并燃烧的危险。

2. 爆炸的可能性极大

爆炸浓度范围较宽,一般在空气中含有2%~10%,一遇明火就会爆炸。

3. 爆炸的破坏性强

爆炸速度为2000~3000m/s,火焰温度高达2000℃。由于燃烧热值大,爆炸速度快,瞬间就能完成化学爆炸,所以,爆炸威力大,破坏力强。

4. 具有冻伤危险

由于系统压力较高,一旦设备、容器、管线破漏,大量液化气喷出,由液态急剧减压变成气态,就会大量吸热,结霜冻冰,如果喷到人的皮肤上,就可能造成冻伤。

5. 原料及产品中含有大量硫化氢等有毒、有害、腐蚀性较强的物质,人吸入后极易造成中毒而危及生命。

所以,加工液化气的干气脱硫、液化气脱硫、液化气脱硫醇、气体分馏属于易燃易爆装置,操作人员要严格遵守安全操作规程。

1.2.2 装置生产方法和原理

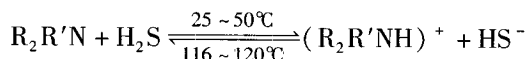
1.2.2.1 干气、液化气脱硫原理

在炼油厂中,人们习惯把C₂及以下组分的气体称为干气,C₃、C₄组分被归入到液化气中。在干气和液化气中都含有H₂S等杂质,需要经过脱硫处理。

炼油厂气体脱硫方法一般可分为两个基本类别:一类是干法脱硫,它是将气体通过固体吸收剂的床层来脱去硫化氢,干法脱硫所使用的固体吸收剂有氧化铁、活性炭和分子筛等。另一类是湿法脱硫,采用液体吸收剂洗涤气体以除去气体中的硫化氢,湿法脱硫按照吸收剂吸收硫化氢的特点又可以分为化学吸收、物理吸收、直接转化法等。通常采用的是湿法脱硫中的化学吸收法,即伴有化学反应的吸收过程,也就是使用可以与硫化氢反应的碱性溶液进行化学吸收,溶液中的碱性物质和硫化氢常温下结合生成盐类,然后用升温减压等方法分解盐类释放出硫化氢。

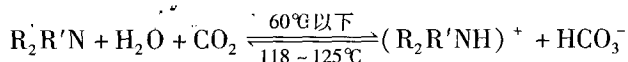
化学吸收法所使用的吸收剂很多,我国炼油厂大部分使用的是醇胺类,也有部分装置使用液氨,无论使用何种吸收剂,其原理都是一样的:在低温的吸收塔里,吸收剂吸收干气、液化气中的H₂S(同时吸收CO₂和其它杂质)产生胺盐,利用液化气不溶于水的特点把胺盐与液化气分离,胺盐溶液在再生塔中用升温减压等方法分解为吸收剂和H₂S或CO₂,实现吸收剂的再生。其典型反应过程如下:

甲基二乙醇胺(MDEA)与H₂S等酸性气反应,生成胺的盐类:



式中 R——醇基；R'——烃基。

由于 MDEA 的 N 原子上没有孤对电子，因此 MDEA 不能直接与 CO_2 反应，只有在水溶液下才能发生如下反应：



式中 R——醇基；R'——烃基。

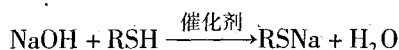
MDEA 与 H_2S 、 CO_2 的反应，存在着反应速度的差异，与 H_2S 的反应速度远大于 CO_2 的速度，因此 MDEA 在有 CO_2 存在的条件下对 H_2S 有较好的选择吸收能力。

液化气脱硫原理与干气脱硫原理相同，不作叙述。

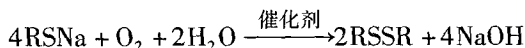
1.2.2.2 液化气脱硫醇原理

经过脱硫以后的液化气里的硫醇并没有减少，仍然需要进行脱硫醇处理。国内液化气脱硫醇多采用催化氧化脱硫醇法。

石油产品中的硫醇显酸性，当与含催化剂的碱液在混合器中接触时发生中和反应。其反应式：



而含有 RSNa 的碱液则经过加热到 60°C 左右后与非净化风一起进入氧化再生塔，使 RSNa 转化成 RSSR，碱液得到再生，循环使用。其反应式为：



1.2.2.3 气体分馏原理

气体分馏装置利用精馏方法使炼油厂气体中的烃类混合物得到分离。在炼油厂中，最常用的分离方法是分馏，精确的分馏就称为精馏，其基本原理是利用被分离的各组分具有不同的挥发度，即各组分在同一压力下具有不同的沸点将其分离，其实质是不平衡的气-液两相在塔盘上多次逆向接触，多次进行部分汽化和部分冷凝，传质传热，使气相中轻组分浓度不断提高，液相中重组分浓度不断提高，从而使混合物得到分离。

一个典型的精馏系统主要由以下设备组成：精馏塔、塔顶流出物冷凝冷却器、塔底重沸器、塔底抽出物冷凝冷却器、进料换热器、回流罐、回流泵、进料泵等。上述设备构成的精馏系统如图 1-1 所示。

精馏塔是精馏系统完成精馏任务的关键设备，一个完整的精馏塔包括三个部分：精馏段、提馏段和进料段。精馏塔一般由中部进料，进料段上部称为精馏段，下部称为提馏段。

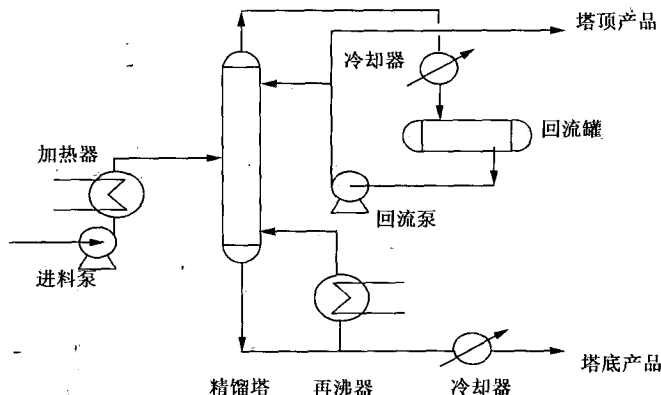


图 1-1 典型的精馏系统示意图

第二章 工艺过程

2.1 工艺流程

2.1.1 典型工艺流程

常减压蒸馏、催化裂化、延迟焦化、催化重整、加氢裂化等装置生产的液化气，经液化气脱硫装置脱除 H_2S 后进入脱硫醇装置与 NaOH 碱液反应脱去硫醇后再进入气体分馏装置，气体分馏装置把液化气切割成乙烷气体、精丙烯、丙烷、轻碳四、重碳四、戊烷等产品。精丙烯可以直接作为产品销售，亦可以合成聚丙烯。轻碳四送入甲基叔丁基醚(MTBE)装置与甲醇在强酸性固体催化剂作用下合成 MTBE，其剩余的碳四组分被称作剩余碳四或未反应碳四，可以与气体分馏装置所产的重碳四混合后进入烷基化装置，异丁烷和烯烃在浓硫酸或氢氟酸的作用下发生烷基化反应，生产高辛烷值的烷基化油。典型的炼油厂液化气加工流程如图 2-1。

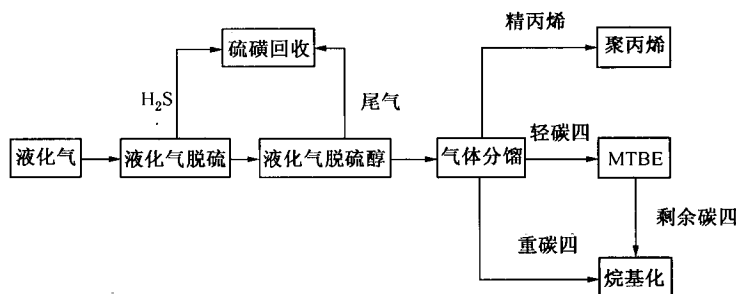


图 2-1 典型的炼油厂液化气加工流程图

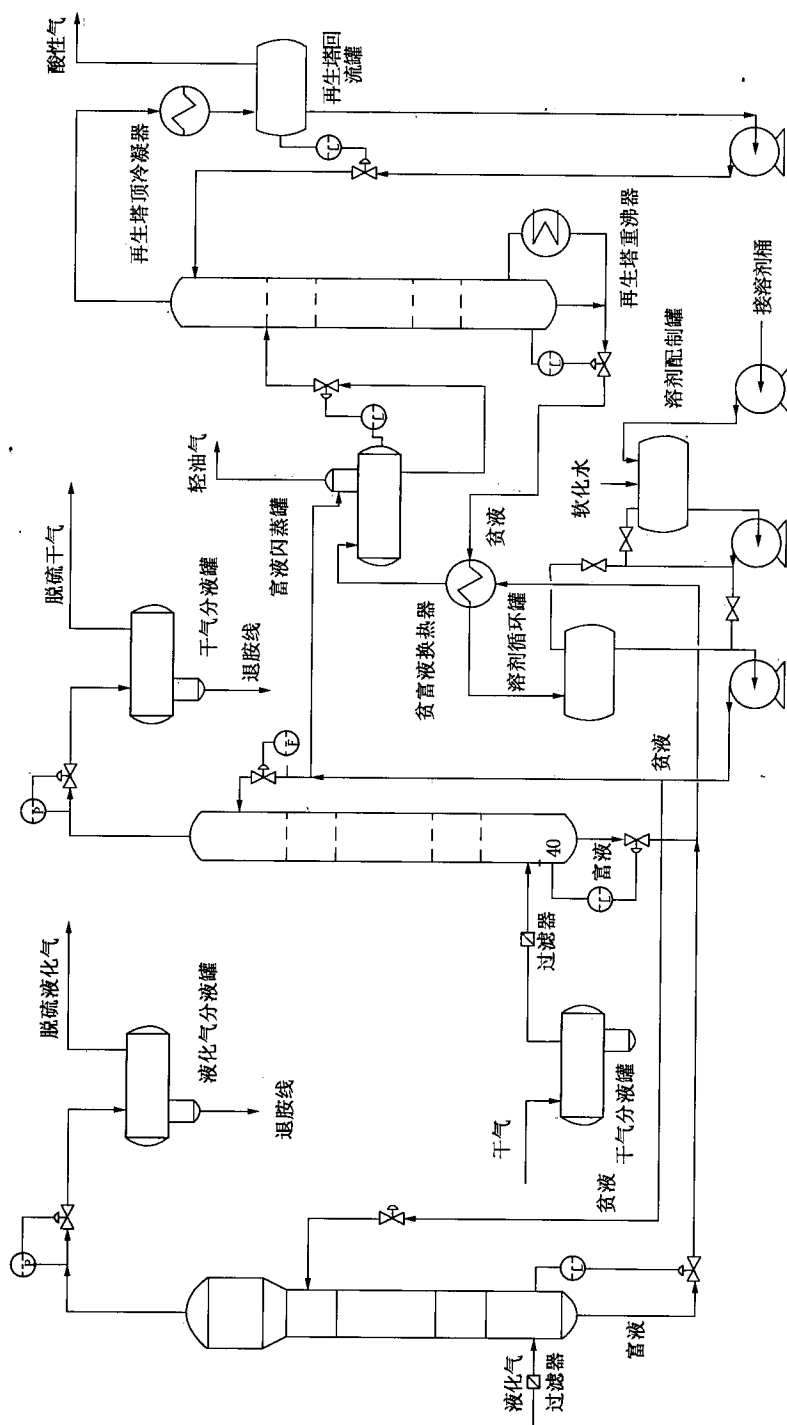
2.1.2 炼厂常见的工艺流程

2.1.2.1 干气、液化气脱硫流程

如图 2-2 所示，干气进入装置后经干气分液罐分液，气体由过滤器过滤固体杂质后进入干气脱硫塔下部，贫液(胺液)从干气脱硫塔上部进入塔内，干气由下而上，胺液由上而下，逆向接触， H_2S 、 CO_2 与胺反应生产胺盐，胺盐溶于胺液中在塔底部形成富液。塔顶气体经过干气分液罐分液后的气体就是脱硫干气，脱硫干气自压送出装置到瓦斯系统。

液化气进入装置后经过过滤器过滤固体杂质后进入液化气脱硫塔下部，与从塔上部进入的贫液在塔内利用密度差逆向接触，液化气中含有的 H_2S 、 CO_2 与胺反应生产胺盐，胺盐溶于胺液中，最终在塔底部形成富液。塔顶的液体经过液化气分液罐分离出夹带的胺液后就是脱硫液化气，被送至液化气脱硫醇装置作进一步处理。

干气脱硫塔、液化气脱硫塔底部富含胺盐的富液汇合后经过贫富液换热器与贫液换热进入富液闪蒸罐，闪蒸出大部分溶解烃后，进入溶剂再生塔，塔底由再生塔底重沸器加热，以保证塔底温度。塔顶气经再生塔顶冷凝器冷凝冷却后，进入塔顶回流罐进一步分液后，酸性气送至硫磺回收装置，冷凝液经再生塔顶回流泵返塔作为回流。塔底贫液经贫富液换热器换热冷却，由溶剂循环泵送至装置内各脱硫塔循环使用。



液化气脱硫塔

干气脱硫塔

溶剂循环泵

溶剂配制罐

溶剂补充泵

再生塔

再生塔回流泵

图 2-2 干气、液化气脱硫流程图

溶剂在循环使用过程中，浓度逐渐下降，当浓度下降到一定程度后，需补充新溶剂。可将胶管一端插入装有溶剂的桶内，另一端接到溶剂补充泵入口，开泵把桶中的溶剂抽至溶剂配制罐中，然后往溶剂配制罐中加入适量软化水稀释，启动新溶剂泵，抽取溶剂配制罐中的溶剂进行循环，待混合均匀后，便可打入溶剂循环罐或溶剂循环泵的入口，直接进入系统。

2.1.2.2 液化气脱硫醇流程

如图 2-3 所示，液化气经过脱硫处理后进入装置的原料缓冲罐，用液化气进料泵抽出，经流量控制调节阀送至预碱洗罐下部，在罐内用 7% (质量) 的 NaOH 溶液洗涤液化气中少量的 H_2S 。

预碱洗后的液化气自预碱洗罐顶部压出，进入抽提塔下部，由催化剂碱液循环泵送来的催化剂 (磺化酞菁钴或聚酞菁钴) 碱液进入抽提塔上部，在塔内液化气为分散相，催化剂碱液为连续相，经塔盘逆向接触，液液萃取抽提液化气中的硫醇，这个伴有化学反应的抽提过程，使硫醇生成硫醇钠，并溶于催化剂碱液中。

脱硫醇后的液化气，从抽提塔顶部压出，进入抽提沉降罐，沉降分离携带的少量碱液后，由抽提沉降罐顶部压出与从脱盐水泵来的脱盐水一同进入水洗混合器混合，洗去液化气携带的微量碱液，混合物进入水洗沉降罐中，分离后的液化气经罐顶压力调节阀后送到气体分馏装置或气体分馏装置原料罐区。

从水洗沉降罐沉降出的水进入分水斗，一部分经流量调节阀到水洗混合器循环使用，其余经液位调节阀去尾气水洗罐水洗尾气后排至含碱污水系统。

如果二硫化物与催化剂碱液分离效果不好，循环催化剂碱液中会将二硫化物携带入抽提塔中与液化气接触，由于二硫化物能溶于液化气被携带出装置，导致双脱后的液化气总硫含量偏高。因此在下工艺对液化气总硫有严格要求时，就需要对催化剂碱液所携带的二硫化物作进一步分离；增加反抽提措施。即将二硫化物分离罐出来的催化剂碱液引入一反抽提塔中，在该塔中与含硫量低的汽油 (如重整汽油、重整预精制汽油或加氢汽油) 反抽提剂进行逆向抽提，降低催化剂碱液中的二硫化物浓度，一般多采用重整汽油。

催化剂碱液从抽提塔底部压出，经液位调节阀进入催化剂碱液加热器升温至 $60^{\circ}C$ 左右。与非净化风一起进入混合器混合后进入氧化塔，在氧化塔里硫醇钠转化为二硫化物和氢氧化钠。所有反应物均从氧化塔顶部压出，进入二硫化物分离罐。催化剂碱液和二硫化物及尾气在罐内进行沉降分离，分离后的碱液经催化剂碱液冷却器冷却至 $40^{\circ}C$ 左右，经流量调节阀进入脱二硫化物塔的上部与下部进入的重整汽油在塔内逆向接触，脱去催化剂碱液中携带的微量二硫化物。催化剂碱液由催化剂碱液循环泵从脱二硫化物塔底部抽出，送至抽提塔上部循环使用。

重整汽油由重整装置来，经过重整汽油冷却器冷却后，再经过流量调节阀进入二硫化物塔下部与进入塔上部的催化剂碱液逆向接触，重整汽油将催化剂碱液中的微量二硫化物萃取带走，由脱二硫化物塔顶部出来，经过压力调节阀进入汽油罐，然后用汽油泵抽出，经过液位调节阀进入汽油罐区。当重整装置停工时，以汽油罐为重整汽油循环罐，汽油罐出来的重整汽油经汽油泵抽出经过流量调节阀进入脱二硫化物塔作萃取剂，循环使用。

二硫化物从二硫化物分离罐定期排至二硫化物罐，用氮气压送至污油罐区。

液化气脱硫醇的尾气自二硫化物分离罐顶部自压至水洗罐下部，液化气水洗沉降罐分出的水经液位调节阀至尾气水洗罐上部，尾气经水洗后排至硫磺回收装置尾气焚烧炉焚烧后经烟囱高空排放。

催化剂碱液经碱液泵抽送至催化剂碱液循环系统。未加催化剂的碱液[含 5% ~ 10% (质量) 氢氧化钠]自碱液配置罐来, 由碱液泵抽至预碱洗罐周期性更换使用。液化气脱硫醇装置生产过程中产生的废碱液排至碱渣罐, 分离出碱液中残存的气态烃后, 废碱渣用氮气压送至装置外罐区作进一步处理。

2.1.2.3 气体分馏流程

炼油厂气体分馏的任务, 是按照后续气体加工装置的要求切割各种馏分。将液化气切割成 n 个组分时, 需要的分馏塔为 $n - 1$ 个。气体分馏流程的选择与原料组成密切相关, 在满足分离前提下, 工艺流程应尽量使能耗和设备投资最低。我国炼油厂中气体分馏装置的典型流程见图 2-4, 经脱硫的液化气由原料罐区进入装置液化气原料缓冲罐, 通过脱丙烷塔进料泵从原料缓冲罐抽出, 经脱丙烷塔进料加热器加热, 以泡点状态进入脱丙烷塔。

脱丙烷塔塔顶蒸出的碳二、碳三馏分经塔顶冷凝器冷凝后进入塔顶回流罐, 冷凝液自塔顶回流罐抽出, 分为两部分: 一部分经脱丙烷塔顶回流泵升压作为回流; 另一部分用脱乙烷塔进料泵送入脱乙烷塔作进料。脱丙烷塔底由塔底重沸器加热。塔底碳四馏分自压进入脱轻碳四塔, 也可以直接经过碳四冷却器冷却后送液化气球罐区或 MTBE 装置。

脱乙烷塔塔顶蒸出的碳二、碳三馏分经部分冷凝器冷凝进入回流罐, 未冷凝的气体主要为乙烷和一部分丙烯及丙烷, 经回流罐压控阀放至高压瓦斯气管网或回收利用。冷凝液从塔顶回流罐抽出用回流泵送回塔顶作为回流, 塔底用重沸器加热。

脱乙烷塔塔底丙烯、丙烷馏分自压进入丙烯塔(1)。由于丙烯塔的总塔板数多塔太高, 故分为丙烯塔(1)和丙烯塔(2), 丙烯塔(1)塔底设有重沸器, 丙烯塔(2)塔顶设有冷却器。

丙烯塔(1)顶部气相通过管线引入丙烯塔(2)底部; 丙烯塔(2)底部液体通过丙烯塔(1)回流泵送入丙烯塔(1)顶作为内回流。丙烯塔(2)顶出来的气相丙烯经过丙烯塔冷凝器冷凝为液相后进入回流罐, 回流罐液体经过丙烯塔回流泵升压, 部分返回丙烯塔(2)顶作为回流, 其余部分作为精丙烯产品送出装置, 部分气体分馏装置精丙烯送出装置前还需要对丙烯进行预精制(如图 2-5 所示)。丙烯塔(1)底部的丙烷自压出装置。

脱丙烷塔塔底碳四馏分作为碳四塔进料, 碳四塔顶气相馏分经脱轻碳四塔顶冷凝器冷凝后进入碳四回流罐, 回流罐内液相由脱轻碳四塔回流泵抽出, 一部分返回塔顶作回流, 另一部分经碳四产品冷却器冷却后作为轻碳四产品出装置。碳四塔塔底设有重沸器, 用于提供精馏所需的热量和上升气相, 塔底馏分自压进入戊烷塔。

戊烷塔塔顶气相馏分经戊烷塔顶冷凝器冷凝后进入戊烷塔回流罐, 回流罐液体经过戊烷塔回流泵升压, 一部分作为回流被打回塔顶, 另一部分经重碳四产品冷却器冷却后送出装置。塔底有一重沸器, 塔底馏分自压经过戊烷产品冷却器送出装置。

2.1.2.4 热泵流程

我国气体分馏装置很重要的技术改进是应用热泵技术以节约能量。热泵系统能将低温位热变为高温位热, 以较少的能量获得较多的可利用热量。

热泵是一种从低温热源吸取热量, 使其在较高的温度下作为可以利用的有用的热能的装置。

热泵适用于塔底和塔顶温差较小的分馏系统, 在气体分馏系统中, 热泵技术基本上是采用压缩式热泵系统, 分为“开式”与“闭式”两种。目前我国气体分馏装置中, 用于丙烷-丙烯分馏塔的较多, 采用的流程多为开式循环。有采取塔底产品作为压缩工质的, 也有采取塔顶产品作为压缩工质的, 现以某炼油厂塔底产品作为压缩工质的流程为例, 如图 2-5 所示。

热泵系统由如下部分组成：离心式压缩机组、(丙烯)冷凝-(丙烷)蒸发器、节流阀、丙烷辅助冷凝器等。

通过压缩机高速转动，在压缩机入口对丙烷有强大的吸力。丙烯塔塔底液相的丙烷，纯度>97%、压力在1.50MPa(表)左右、温度46.5℃，受压缩机的吸引流向压缩机入口，经过节流阀，节流阀后压力为0.8~0.9MPa，发生绝热膨胀，部分液相丙烷汽化，温度迅速降低至23~28℃，视节流阀前后压差决定节流后温度的高低。

节流后气-液相丙烷混合物进入丙烷蒸发罐，在罐内混合物获得足够的空间和时间进行气液分离，在重力的作用下，液相向下沉降到丙烷蒸发罐底部，流入与之相连的(丙烯)冷凝-(丙烷)蒸发器的壳层底部。在冷凝-蒸发器壳层中，液相丙烷吸收丙烯冷凝的热量后恒温下汽化，气相丙烷返回丙烷蒸发罐上部，进入压缩机入口分液罐上部。

分液罐的上部与顶部之间有一层破沫网，丙烷气体通过破沫网时可以截留其中所携带的液沫，避免液相进入高速转动的转子发生气蚀。丙烷气相从分液罐顶部被抽出进入离心式丙烷压缩机。

被压缩后的丙烷升压至1.6MPa(表)左右，温度57℃左右。压缩机出口的丙烷分为两路，少量的过热丙烷气体经丙烷辅助冷凝器，用循环水冷凝降温后，以液相状态返回丙烯塔底部。大部分丙烷气体直接返回丙烯塔底部作热源，通过调节两路流量达到调整丙烯塔热负荷的目的。为保证开工时丙烯塔有足够的热源也可以增设一台开工重沸器，采用1.0MPa(表)蒸汽加热。

丙烯塔塔顶控制压力1.35MPa(表)左右，温度35℃左右，塔顶蒸出的气相丙烯馏分进入冷凝-蒸发器管程与在壳程的液相丙烷进行热交换。气相丙烯发生冷凝，冷凝液进入塔顶回流罐，然后用丙烯塔(2)回流泵抽出，一部分送入丙烯塔(2)顶作回流，另一部分送出装置去精丙烯贮罐。

丙烯塔应用热泵的具体效果见表2-1。

表 2-1 丙烯塔热泵流程与常规流程的比较

项 目	常规流程	热泵流程	项 目	常规流程	热泵流程
相对公用工程项目	1	0.56	塔顶温度/℃	55	35.2
相对主要设备投资	1	1.8	塔底温度/℃	64.5	45.2
塔顶压力/MPa	2.1	1.4	能耗/(MJ/t)	1989.9	831.8
塔底压力/MPa	2.2	1.5			

2.2 原辅材料

2.2.1 原料

表2-2 是气体分馏装置原料典型组成。

表 2-2 气体分馏装置原料组成

%(体)

组成	乙烯	乙烷	丙烯	丙烷	异丁烷	异丁烯	1-丁烯	正丁烷	反2-丁烯	顺2-丁烯	戊烷
原料	0.35	0.50	36.41	11.17	13.73	8.32	7.70	4.55	8.70	6.80	1.76