

炼
油
工
人
技
术
丛
书

常减压蒸馏

上海炼油厂编

石油工业出版社



炼油工人技术丛书

常 减 压 蒸 馏

上海炼油厂 编

石 油 工 业 出 版 社

内 容 提 要

本书主要介绍炼油厂常减压蒸馏装置的工艺流程、设备构造、操作方法。对常减压蒸馏装置有关的理化基本知识、精馏原理、仪表自动化和安全生产知识也作了简要的介绍。

本书适于炼油厂常减压蒸馏装置的操作工人阅读，也可供其他装置炼油工人参考。

炼油工人技术丛书

常 减 压 蒸 馏

上海炼油厂编

*

(根据燃料化学工业出版社纸型重印)

石油工业出版社出版

(北京和平里七区十六号楼)

化学工业出版社印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行

*

开本 $787 \times 1092 \frac{1}{32}$ 印张 $8 \frac{1}{8}$ 字数 178千字 印数 1—5,750

1975年1月第1版 1978年12月新1版第1次印刷

书号15937·2044 定价0.57元

限国内发行

出版者的话

在党的鼓足干劲，力争上游，多快好省地建设社会主义总路线的指引下，我国的石油炼制工业得到了迅速的发展。各种新型装置相继建成投产，已经掌握了现代化的炼油技术。随着炼油工业的发展，工人队伍也相应壮大。为满足广大新工人的需要，尽快掌握操作技术，不断提高理论水平和操作水平，我们按工艺过程分装置编写了一套《炼油工人技术丛书》。这套丛书是在总结我国炼油工业操作经验的基础上，重点写了工人应知应会的基本原理、基本操作技术以及基本的计算方法等。

在编写这套丛书的过程中，得到了各厂领导的大力支持和工人同志的热情帮助，在编写人员的积极努力下，使本书得以陆续出版。

由于我们的水平所限，又缺乏组织编写此类丛书的经验，所以书中有些内容，无论是在反映我国炼油技术水平方面，还是通俗地表达专业性较强的技术方面都有不足之处。因此，希望广大读者，特别是工人同志提出宝贵意见，以便再版时修改。

目 录

第一章 基本理化知识	1
第一节 物质的构成	1
第二节 物态的变化	3
第三节 物质的热现象	6
第四节 流体的力学性质	11
第二章 石油的组成和性质	21
第一节 石油的物理性质和元素组成	21
第二节 石油的化学组成和石油的分类	23
第三节 石油产品的使用要求	30
第四节 原油的馏分组成和馏分的理化性质	49
第三章 石油的蒸馏及精馏原理	59
第一节 基本概念	59
第二节 汽化与冷凝	64
第三节 精馏原理	68
第四章 常减压蒸馏的工艺流程概述	84
第一节 原油蒸馏发展简史	84
第二节 原油常减压蒸馏的工艺流程说明	86
第三节 常减压蒸馏的主要工艺操作条件	94
第五章 常减压蒸馏装置主要设备的构造和性能	96
第一节 精馏塔	96
第二节 加热炉	112
第三节 换热器	126
第四节 减压塔抽真空设备	137
第五节 机泵	140

第六章	常减压蒸馏的开停工及设备的操作管理	153
第一节	开工操作	153
第二节	停工操作	160
第三节	塔的操作与管理	163
第四节	加热炉的操作与管理	178
第五节	换热器的操作与管理	186
第六节	机泵的操作与管理	188
第七章	仪表及自动调节	192
第一节	测量仪表	192
第二节	调节器及自动调节	205
第三节	常用的几种控制方案	218
第八章	安全知识和事故判断及处理	228
第一节	安全知识	228
第二节	事故的判断和处理	243

第一章 基本理化知识

第一节 物质的构成

一、分子、原子和元素

世界是物质的。存在于世界上的一切物体均是由物质组成的。我们常见的水、空气、钢铁、石油、煤炭、糖、食盐等都是物质。汽车、飞机、房子等都是由物质组成的物体。

物质是由许多肉眼看不出来的微粒构成的，这种微粒叫分子。分子是保持物质化学性质的最小微粒。例如：一杯水是由无数个水分子组成的，一桶石油是由无数个碳氢化合物分子组成的，等等。

分子是由比它更小的微粒构成的，这种微粒叫原子。原子是参加化学反应的基本微粒。例如：水分子是由氢原子和氧原子组成的，甲烷分子是由碳原子和氢原子组成的。

同类的原子称为元素。例如：水分子中有氢原子，甲烷分子中也有氢原子，所有各种分子中的氢原子总称氢元素。现在世界上已经发现的元素有 103 种。世界上所有物质均由这 103 种元素的原子组成。每种元素均用一个或两个拉丁字母作符号，如氢是 H、氧是 O、碳是 C、钠是 Na 等等。

二、原子量和分子量

原子虽小也有质量，但它们的质量很小。为了方便起见，用碳元素原子质量的 $\frac{1}{12}$ 为标准来表示各元素的原子质量，叫原子量^①。例如碳元素的原子量是12，氢元素的原子量约为1，氧元素的原子量约为16。

表1—1举出了常见的几种元素的符号和原子量。

表 1—1 常见元素的符号和原子量

元素名称	符 号	原子量	元素名称	符 号	原子量	元素名称	符 号	原子量
氢	H	1.008	钾	K	39.10	铁	Fe	55.85
氧	O	15.999	钠	Na	22.99	铅	Pb	207.20
氮	N	14.01	钡	Ba	137.34	锡	Sn	118.69
氯	Cl	35.45	钙	Ca	40.08	铜	Cu	63.55
碳	C	12.01	镁	Mg	24.31	汞	Hg	200.59
磷	P	30.97	铝	Al	26.98	银	Ag	107.87
硫	S	32.06	锌	Zn	65.37	金	Au	196.97
硅	Si	28.09	镍	Ni	58.71	铂	Pt	195.09

用元素符号来表明物质分子的组成，叫分子式。如水的分子式是 H_2O ，它的意义是：(1)一个分子；(2)水是由氢、氧两元素组成的；(3)一个水分子中有两个氢原子，一个氧原子。

分子中各原子量的总和就是分子量。分子量可以通过分

① 各种元素的原子量是以 $C_{12}^{12}=12.0000$ 作为标准计算其所含各同位素而得的平均相对重量。过去化学上所用的原子量，是以氧的平均同位素量（原子量）定为 16.0000 作为标准计算所得的平均相对重量。——编者

子式求得。例如可以通过 H_2O 把水的分子量求得：

$$\text{水的分子量} = 1 \times 2 + 16 = 18$$

在工业计算上分子量常以公斤或克来计算，叫公斤分子或克分子。例如 1 公斤分子水重 18 公斤，1 克分子水重 18 克。1 克分子物质中含有 6.023×10^{23} 个分子。

三、混合物和化合物

物质的分子是由两种以上元素的原子组成的叫化合物，如水、甲烷等。物质是由一种元素的原子组成的，如氧气、铝等。由两种或两种以上化合物或单质混合而成的物质叫混合物。如空气主要是由氧气、氮气混合而成的，石油和石油产品则是极其复杂的碳氢化合物的混合物。

第二节 物 态 的 变 化

一、物 质 三 态

常见的物质存在的状态有固体状态、液体状态和气体状态三种。物质以什么状态存在是有条件的，如空气在常温常压下是气体状态，但在高压低温下就是以液体状态存在。固体状态、液体状态和气体状态可以在一定条件下互相转化。

由固体状态变为液体状态的过程叫溶解。溶解是在一定温度下并不断吸热的情况下进行的，这个温度叫熔点。由液体状态变为固体状态的过程叫凝固。凝固需要放热，凝固时的温度叫凝固点。对同一物质而言凝固点与溶解点是相同的。有的石油产品就因使用上的要求，把凝固点作为质量控制指标之一。

液体状态吸收热量变成气体状态的过程叫汽化；反过来，

气体状态放出热量变成液体状态的过程叫液化或冷凝。在常减压蒸馏装置中，原油被加热，一部分油品变成气态进入初馏塔或常压塔进料段，就是汽化过程；常压塔顶油气被冷却变成汽油及水，就是冷凝的过程。

二、分子运动和物态变化

组成物质的分子是在不停地运动着；分子与分子之间有一定的距离；分子与分子之间既互相吸引又互相排斥。物质的不同状态是由组成物质的分子运动和分子间互相作用的不同特点所决定的。

气体分子之间的距离较大，分子之间的吸引力很弱，而气体分子的运动速度又很快，因此在没有跟别的分子或器壁相碰撞的时候，是始终作直线等速运动，直到与其它分子或器壁相碰撞才改变其运动方向。所以气体具有可以占有一切空间的特性，即气体不能保持一定的形状和体积，气体受压压缩，遇热膨胀的现象比较显著；气体的扩散（不同物质的分子的互相混合）也比较快。

液体分子之间的距离比气体小，而分子之间的引力比气体分子大，液体分子的运动速度也小，只是在一定位置上的振动和较慢速度的移动。所以液体能保持一定体积，但不能保持一定形状，即液体具有流动性，液体的扩散较慢，亦不易被压缩。

固体分子的距离更小，分子间的引力很强，固体分子只在一定位置上作微小的振动，只有少数分子可以作相对的移动。所以固体有一定的形状和体积，固体只能产生缓慢的局部扩散现象。

物质中分子运动速度是与温度有关，温度愈高，分子运

动速度愈快,所以,物态变化与温度高低变化有关。加热固体,使固体的温度升高,其分子运动速度就加快,当达到一定温度时,固体分子有规则的振动变成了无规则的移动,此时固体就变成液体。液体继续被加热升高温度,分子运动速度继续加大,到一定温度,分子运动速度克服了分子间的互相吸引,液体就变成气体。从固体变为液体或由液体变为气体过程中,因为分子间的距离加大,分子的势能增加,所以虽然温度没有变化,也需要吸收热量。反过来,由气体变为液体或由液体变为固体,由于分子间距离变小,分子的势能降低,所以要放出热量。

在气体状态和液体状态的互相变化过程中,不但与温度有关,而且与物质所承受的压强有关。物质所承受的压强愈大,分子间的距离愈近,分子间的引力愈强,物质就比较容易从气体转变为液体;反之,物质所承受的压强愈小,分子间的距离愈远,分子间的引力愈小,液体中的分子愈易从液体表面跑出,液体就比较容易变为气体。这方面的事例,在生产中很多。例如在减压蒸馏中,就是利用减低减压系统的压强,使油品在不过高的温度下达到一定的汽化量;又如在常压下呈气体状态的炼厂气,可以利用加压的办法,使之变为液态烃,而储存于钢瓶中。

三、蒸发和沸腾

由液体状态变为气体状态的汽化过程有两种方式:蒸发和沸腾。

蒸发是一种只从液体表面进行汽化的现象,它在任何温度和压强下都能发生,但是温度愈高、压强愈低则愈容易蒸发。

沸腾是一种从液体表面和内部同时进行汽化的现象，它只在一定温度和压强下才能发生。在沸腾过程中，液体继续吸收热量，但温度不变，这个温度叫沸点。液体的沸点随压强而变：压强减小，沸点就降低；压强增高，沸点就升高。不同的物质有不同的沸点，例如在常压下，水的沸点是 100°C ，酒精的沸点是 78°C ，液态氮的沸点是 -23°C 。对石油和石油产品来说，它是一个复杂的混合物，没有一个固定的沸点，把它开始沸腾的温度叫初沸点，随着轻组分的不断汽化，沸点也逐步升高，把汽化完了时的温度叫终沸点。通过初沸点和终沸点可以看出油品馏分的轻重和宽窄范围。

第三节 物质的热现象

一、物质的热性质

1. 温度

物质冷热的程度叫温度。最常用的是摄氏温度（以 $^{\circ}\text{C}$ 表示），它是以水在常压下结冰的温度作为 0°C ，以水在常压下沸腾的温度作为 100°C 而制定的。

除了摄氏温度，有时还会碰到绝对温度（以 $^{\circ}\text{K}$ 表示）和华氏温度（以 $^{\circ}\text{F}$ 表示），它们与摄氏温度的换算公式如下：

$$T^{\circ}\text{K} = t^{\circ}\text{C} + 273$$

$$t'^{\circ}\text{F} = \frac{9}{5}t^{\circ}\text{C} + 32$$

式中 t ——摄氏温度；
 T ——绝对温度；
 t' ——华氏温度。

2. 比热

生产上所用的热量单位是千卡（或叫大卡），所谓 1 千卡热量是指把 1 公斤水升高（或降低） 1°C 所吸收（或放出）的热量。把 1 公斤其他物质升高（或降低） 1°C 所吸收（或放出）的热量，叫该物质的比热，它的单位是千卡/公斤 $\cdot^{\circ}\text{C}$ 。石油产品的比热随比重的增加而减小，随温度的升高而增大，一般均小于 1。

3. 潜热

物态变化时所吸收或放出的热量叫潜热，例如 1 公斤油品在一定的温度下由液态转化为气态（或由气态转化为液态）所吸收（或放出）的热量，叫该油品的汽化潜热，其单位是千卡/公斤。

4. 热焓

把 1 公斤物质由常压下基准温度（例如 0°C ）加热至某温度、某压力下（包括物态变化）所吸收的热量，叫该物质在某温度、某压力下的热焓，其单位是千卡/公斤。油品的热焓见图 1—1，它是以 -17.8°C 作为基准温度的。

二、传 热

原油在换热器中的预热、在加热炉中的加热，都是物质的传热过程，所以传热在常减压蒸馏过程中是一个很重要的问题。在没有外功输入时，热量只能从温度较高的物体传向温度较低的物体，温度的差别是传热的根本原因。有三种传热的形式：

1. 传导

热量通过物体内部由温度较高的部分传向温度较低的部分，这种传热方式叫传导。例如通过换热器和加热炉炉管的管壁传热，通过加热炉炉墙的传热，都是属于传导这种方式。

不同物质有不同的热传导能力。表示物质热传导能力的指标是导热系数，单位是千卡/米·小时·℃。导热系数越大，表示其热量传导能力越强。一般金属导热系数最大，非金属及液体较小，气体最小。所以生产上使用导热系数大的钢管作为换热器中的传热介质，而用导热系数小的石棉，蛭石等作为保温的绝热介质。某些固体的导热系数见表1—2。

表 1—2 某些固体在 0~100℃ 时的导热系数 λ

金 属 材 料			建 筑 或 绝 热 材 料		
物 料	重 度 公斤/米 ³	λ , 千卡/公 尺·小时·℃	物 料	重 度 公斤/米 ³	λ , 千卡/公 尺·小时·℃
铝	2670	175.0	石棉	600	0.13
青铜	8000	55.0	混凝土	2300	1.1
黄铜	8600	73.5	绒毛毡	300	0.04
铜	8800	330.0	松木	600	0.12~0.33
铅	11400	30.0	建筑用砖砌	1700	0.6~0.7
锡	7230	55.0	耐火砖砌	1840	0.9①
铸铁	7220	54.0	绝热砖砌	600	0.1~0.18
钢	7900	39.0	85%氧化镁粉	216	0.06
镍	9000	50.0	锯木屑	200	0.06
锌	7000	100.0	软木片	160	0.04
银	10500	394	玻璃	2600	0.6~0.7

① 温度在 800~1100℃ 时

2. 对流

靠流体的流动来传热的方式叫对流。例如在加热炉中，烟道气通过对流炉管的传热，换热器中油品通过管束的传热，均是对流传热。

对流传热有两种，一种如加热炉内，由于燃料燃烧产生热量，烟道气被加热变轻而上升，经过烟囱排至大气，而冷空气也不断地进入炉内，自然形成一个循环流动。这种由于

流体受热变轻上升，自然形成对流流动进行的传热，叫自然对流。另一种如换热器内，油品的流动乃是靠外力作用，叫强制对流。

3. 辐射

两个物体并不接触，只要互相“看见”，也可以进行传热，这种传热方式叫辐射。人在太阳下觉得温暖，就是因为热量是以辐射的方式从太阳传向地球的。所以能进行辐射传热，乃是因为物体能不停地以射线的方式（这种射线的性质和光线一样），向外发出辐射能，当辐射能照射到别的物体上，就被吸收了一部分。物体辐射传热的能力一方面与温度有关，温度越高，辐射能力越大；另一方面也与物体表面状态有关，一般地来说，表面黑的、粗糙的，善于辐射，也善于吸收；表面白亮的、光滑的，不善于辐射，也不善于吸收。

实际上，传热很少以一种方式进行的，大都是两种或三种方式同时进行，不过在不同情况下，三种方式各占的比重不同罢了。例如：在换热器中，传热是以对流和传导二种方式进行的；在加热炉辐射室内，传热是以辐射、对流和传导三种方式进行，但在三种方式中辐射是主要的；在加热炉对流室中，三种传热方式都有，但辐射所占的比重就很小了。

三、物质的热膨胀

物质受热膨胀，遇冷收缩。一般用线膨胀系数表示固体物质热胀冷缩的性质。它的定义是：温度每升高 1°C ，物体的伸长长度，例如铁的线膨胀系数是 0.000012 （单位是 $1/^{\circ}\text{C}$ ），表示 1 米长的铁棒，温度升高 1°C ，长度要增加 0.000012 米。这个数值不大，但不能忽视。例如横截面为 1厘米^2 ，长为 1 米的铁棒，温度升高 40°C ，如果不让它有膨胀的余地，则它

内部将产生1000公斤的热应力，这种热应力严重时会使物体本身破碎。所以，在炼油生产装置中，应当注意设备和管道的热膨胀问题，分馏塔顶的油汽管线作成环形，加热炉墙有伸缩缝，就是留下伸缩余地，以免设备管线因热膨胀而造成损坏。

第四节 流体的力学性质

液体、气体无一定形状，可以自由流动，总称流体。在常减压蒸馏装置中所碰到的几乎全是流体，如原油、石油产品、水、压缩空气及燃料气等。本节着重介绍流体在静止或运动时的一些性质。

一、质量、重量和比重

1. 质量和重量

物质质量的多少叫质量。物质因地球引力而受到的重力的大小叫重量。当然质量越大，重量越大。但在地球任何地方，质量均是一样的，而重量则因所处的地球纬度和海拔高度的不同而略有差别，不过在通常情况下，这种差别很小，可以忽略。在实际生产上均是以重量来计算物质的多少，认为重量是多少，质量也是多少。生产上所用的重量单位是：吨、公斤、克。

2. 重度和比重

单位体积物质的重量叫重度，其单位是 公斤/米³ 或 吨/米³。

$$\gamma = \frac{G}{V}$$

式中 γ —— 重度；