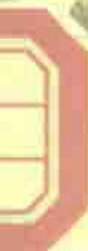




炼油设备基础知识

马大谋 编



烔加工出版社

炼油设备基础知识

马大谋 编

石油工业出版社

内 容 提 要

本书结合我国炼油厂实际生产阐述炼油工艺的流体动力过程、传热与冷冻过程、传质过程的基本规律，以及泵、压缩机、换热设备、塔器等有关设备的构造原理和应用。

本书主要供石油炼厂工人、生产管理干部使用，也可供石油技校师生以及石油化工厂有关人员参考

炼油设备基础知识

马 大 谋 编

•

烃加工出版社出版

太阳宫路甲1号

海丰印刷厂

新华书店北京发行所经销

•

787×1092 32开本 11¹/₈印张 字数243千字 印数1—3,300

1976年11月北京第1版 1988年4月北京新1版第1次印刷

书号15391·88 定价2.65元

ISBN 7-80043-056-1/TQ·045

目 录

绪 论	1
-----------	---

第一篇 流体动力过程

第一章 流体力学基础	4
第一节 流体的基本性质	5
(一) 重度和比重	5
(二) 压缩性	7
(三) 粘 度	8
第二节 流体静力学	9
(一) 压 强	9
(二) 大气压强	10
(三) 液体压强	12
(四) 液体压强是可以传递的	14
第三节 流体动力学	14
(一) 稳定流动和不稳定流动	15
(二) 流体的流量和流速	16
(三) 两种不同类型的流动	18
(四) 流体流动时的压强	20
(五) 管路阻力	22
第二章 流体输送设备	24
第一节 管 路	25
(一) 管 子	25
(二) 管子的连接	29
(三) 管 件	32
(四) 阀 门	33

(五) 管路的热胀冷缩	41
(六) 安装管路的基本原则	43
第二节 液体输送设备	44
(一) 离心泵及其工作原理	45
(二) 离心泵的性能	48
(三) 离心泵的构造和分类	53
(四) 国产“Y”型油泵简介	60
(五) 离心泵的优缺点	62
(六) 往复泵	63
(七) 其它类型的泵	67
第三节 气体输送设备	71
(一) 压缩机	71
(二) 往复式压缩机作用原理	72
(三) 往复式压缩机的构造和分类	74
(四) 其它类型的压缩机	82
(五) 通风机和鼓风机	84
(六) 真空泵	86
第三章 搅拌和分离	87
第一节 搅 拌	88
(一) 机械搅拌	88
(二) 空气或蒸汽搅拌	91
(三) 挡板式与喷射式搅拌	93
第二节 分 离	94
(一) 从气体中分离悬浮物	94
(二) 从液体中分离固体悬浮物	97
(三) 过滤设备	101

第二篇 传热与冷冻过程

第四章 热和传热	117
第一节 热的基本概念	118

(一) 温 度	118
(二) 热量和比热	119
第二节 传热方式	120
(一) 传导传热	121
(二) 对流传热	123
(三) 辐射传热	126
第三节 加热、冷却(冷凝)和保温	127
(一) 加 热	127
(二) 冷却与冷凝	130
(三) 保 温	132
第五章 换热设备	137
第一节 换热方式与换热设备	138
(一) 工业上的换热方式	138
(二) 换热设备的分类	139
第二节 换热设备的主要工艺指标	140
(一) 热负荷与传热系数	140
(二) 换热方式与平均温度差	146
(三) 流速和压力降	148
第三节 管壳式换热器	149
(一) 管壳式换热器的分类	149
(二) 浮头式管壳换热器	153
第四节 浸水式、喷淋式和套管式换热器	163
(一) 浸水式冷却器	163
(二) 喷淋式冷却器	164
(三) 套管式换热器	166
第五节 板式换热器	168
(一) 螺旋板式换热器	168
(二) 平板式换热器	173
第六节 空气冷却器	175

(一) 空气冷却器的型式	176
(二) 空气冷却器的性能和结构	178
第七节 换热器发展的现状和趋向	183
第六章 管式加热炉	188
第一节 管式加热炉的分类	188
(一) 箱式炉及斜顶炉	190
(二) 立式炉	192
(三) 圆筒炉	194
(四) 无焰炉	196
(五) 管式炉的机械结构	200
第六节 管式加热炉的主要工艺指标	208
(一) 燃料的燃烧和过剩空气系数	209
(二) 炉子的热负荷和炉管表面热强度	212
(三) 炉子热效率	216
(四) 油品在炉管内的流速和压力降	218
(五) 管式加热炉主要结构参数	219
第七章 冷 冻	224
第一节 冷冻过程的基本原理	226
(一) 利用冷冻剂冷冻	226
(二) 工业上常用的冷冻机	229
第二节 冷冻设备	230
(一) 氨冷冻设备	230
(二) 蒸汽喷射冷冻设备	232
(三) 深冷过程	234

第三篇 传 质 过 程

第八章 蒸馏与精馏过程	236
第一节 溶液的汽化和蒸馏	237
(一) 蒸 发	237
(二) 饱和汽	238

(三) 沸 腾	239
(四) 溶液的沸腾	241
(五) 溶液的相平衡	242
第二节 蒸馏和精馏的基本规律	243
(一) 什么是蒸馏	243
(二) 精 馏	245
(三) 精馏过程的基本条件	248
(四) 供给回流的方式	251
(五) 蒸馏与精馏过程的汽化方式	254
(六) 二元及多元混合液的精馏	255
(七) 减压蒸馏与水蒸汽蒸馏	257
(八) 共沸蒸馏	260
第三节 石油的精馏	261
(一) 原油的馏程	261
(二) 原油的泡点和露点	262
(三) 石油精馏塔	262
(四) 原油精馏精确度	264
(五) 精馏塔的操作条件	265
第九章 精馏塔	266
第一节 精馏塔的结构和性能	266
(一) 精馏塔的结构	267
(二) 精馏塔的主要结构尺寸	274
(三) 精馏塔的性能	280
(四) 影响塔效率的某些因素	282
第二节 精馏塔的分类	284
(一) 泡帽型塔盘	285
(二) S型塔盘	287
(三) 舌型塔盘	288
(四) 浮阀型塔盘	289

(五) 浮动喷射塔盘	294
(六) 各种塔盘的性能比较和选择	295
第十章 吸收和解吸	297
第一节 吸收和解吸的原理及装置流程	298
(一) 吸收和解吸的原理	298
(二) 吸收的装置流程	299
(三) 影响过程的因素	300
第二节 吸收塔	302
(一) 填料塔	302
(二) 筛板塔	306
(三) 湍球塔和乳化塔	308
第十一章 溶剂抽提	308
第一节 抽提的基本原理和影响过程的因素	309
(一) 抽提过程的基本原理	309
(二) 影响抽提过程的因素	311
第二节 抽提塔	313
(一) 抽提填料塔	314
(二) 旋转塔	315
第十二章 固体流态化	317
第一节 流化床的形成及其特点	319
(一) 流化床是怎样形成的	319
(二) 密相输送	321
(三) 固体流态化技术的特点	323
第二节 流化床设备的结构	325
(一) 反应器和再生器	326
(二) 催化剂回收设备	329
附录一 汉语拼音字母和希腊字母	330
附录二 单位及其换算	332
附录三 金属材料一般知识	339

绪 论

炼油工业在国民经济中占有很重要的地位，它是整个石油工业的重要一环。从地下开采的石油，必须经过进一步加工后，才能得到汽油、煤油、柴油、润滑油、石蜡和油焦等各种产品，这些产品对其它工业生产以及人民生活都是息息相关。所以说，石油能够被誉为“黑色的金子”，是和炼油工业分不开的。

一百多年前的炼油厂里，只有简单的蒸馏釜装置，仅仅可以生产煤油和燃料油等少数产品；但是随着科学技术水平的不断提高，为了从石油中取得数量更多、质量更高的产品，先后出现了许多石油加工方法，即炼油工艺。现代化的大型炼油厂，包括原油蒸馏、裂化、重整、加氢和润滑油制造等各种类型的生产装置，石油产品多到数以千计。

由于目前炼油工艺和设备十分复杂，因此，常常使人们眼花缭乱了，不易摸着头绪。但是，如果通过复杂的外表现象，看其实质，那么就会发现，任何一个石油炼厂的炼油工艺都是由一些应用较广、而为数不多的基本生产过程所组成的。例如：在所有的炼油工艺中都需要输送油品等液体物料或石油气等气体物料，而输送的设备绝大多数是泵和压缩机。因此，把这些相类似的物料输送，可看作为一个基本生产过程。同样，在许多炼油工艺中，如原油常减压蒸馏、裂化、重整、焦化和加氢等装置，都有类似的油品蒸馏、加热和热交换过程，而蒸馏、加热和热交换所采用的设备，大多

数是蒸馏塔、加热炉和换热器。因此，蒸馏、加热和换热也可以看作是炼油工艺的一个基本生产过程。

按照上述的分析，就可以把错综复杂的炼油工艺整理成为几个基本生产过程，或叫单元操作。如果进一步观察，还会发现，这些基本生产过程的原理是大致相同的，所使用的设备可归纳成为数不多的几种典型形式。换一句话说，可以把任一炼油工艺，看成是由若干基本生产过程或单元操作和设备串联组合而成的。所以只要熟悉了这些基本生产过程或单元操作的原理和典型设备，就会更容易了解任一石油炼厂的生产工艺。

按照这些基本生产过程和设备的特点，可将其分为以下三大类。

1. 流体动力过程和设备 包括流体的流动和输送、搅拌与分离等。这些基本生产过程的共同特点是体现了流体在受力情况下所遵循的流体动力学规律。

2. 传热与冷冻过程和设备 包括传热、冷冻理论，以及管式加热炉、换热设备和冷冻设备等。这些基本生产过程的共同特点是有热量的传送（也叫热交换），并体现了热量传递过程所遵循的热传递和热力学规律。

3. 传质过程和设备 包括蒸馏、吸收、提取（萃取）和固体流态化理论，以及蒸馏、吸收、提取和流化床设备等。这些基本生产过程的共同特点是体现了物质从一相转移到另一相（也叫传质）所遵循的传质规律。

上述的分类方法并非绝对的，在一个过程中常常包含有另一过程；而某些设备也会随着生产条件和使用目的不同，可有不同的作用。例如，在蒸馏和流体输送过程常常需要考虑传热的问题，在传热过程中又有流体动力学现象；而各种

塔器既可以在蒸馏过程中起精馏作用，又可以在吸收或提取过程中起着吸收或提取的作用。

其次，还应指出，随着科学技术水平日益提高，使许多旧有的典型过程和设备不断地推陈出新，但所遵循的仍是流体力学、热力学等基本规律。

“炼油过程及设备”已经形成了一个完整的技术学科，它的主要内容就是研究炼油工艺各个基本生产过程或单元操作的基本原理、炼油设备的工艺结构和性能以及工艺设计方法；这对炼油生产者来说，是一门重要的基础技术知识。

这本小册子是“炼油过程及设备”这门学科的基础读物。根据我国石油炼厂实际情况，结合炼油工艺基本生产过程，着重介绍典型炼油设备的工艺结构和性能；没有包括工艺设计、核算等内容，对其发展现状和趋向仅作了简要的说明。书中提到的有些设备，虽然目前还未用于炼油工艺，但可能用于石油化工厂或对读者有参考价值，也做了简要介绍。

第一篇 流体动力过程

第一章 流体力学基础

炼油生产过程中，从原料到成品，除了石蜡和油焦等少数产品在常温下是固体外，其它大多是气体或者液体。由于气体和液体不象固体那样有固定的形状，而是可以流动的物质，所以把气体和液体都叫做流体。

炼油生产过程的初馏、裂化、重整、加氢等各种加工工艺都是在流体流动状态下完成的。现以原油初馏为例，如图1—1所示。

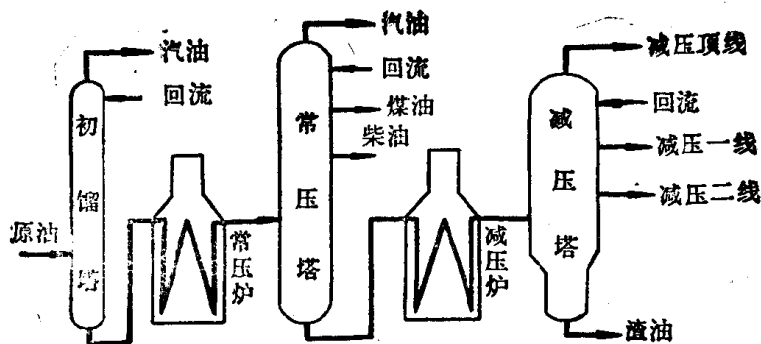


图1—1 原油初馏原理流程

从图中可以看出，原油经加热、分馏得到汽油、煤油、柴油和渣油等，都是以液态或气态从一个设备流向另一个设备中的。为了在输送这些流体物料时，消耗最小的动力以完成生产任务，就需要选择适当的流体输送设备（泵、压缩机和管线等）；同时，还必须选择适宜的流体流动条件（压强和流量等）。

所有上述问题，都和流体力学有关。流体力学所研究的是流体的各种力学问题，也就是流体在静止或流动状态下，所遵循的各种规律。其主要内容有：（1）流体的基本性质；（2）流体静力学；（3）流体动力学。

学习流体力学不仅和流体输送过程有关，同时也是学习传热、冷冻过程和传质过程的基础。

第一节 流体的基本性质

炼油工业中常遇到的流体，除了油品、油气、水、蒸汽和空气外，还有酸、碱、酮和苯等化学物品。这些流体输送设备和流动条件又不完全相同，因而使炼油生产中的流体输送问题相当复杂。为了便于了解有关的流体流动理论知识，本节中先介绍流体的一些基本性质，主要是流体的重度和比重；流体的压缩性；流体的粘度。

（一）重度和比重

重度和比重这两个概念是我们经常遇到的。譬方说，当问到“汽油为什么会飘在水上？”有人就会回答说：“那是因为油比水轻呗！”听到这样的答复，如果不加思索，并不感到有什么问题；但是，当仔细想想后，就觉得“油比水轻”这样的说法很不确切了。其实，我们通常所说的“油比

水轻”是指在相同容积的条件下油比水轻，如果不是在同一容积下进行比较，当然就没有意义了。为了表示各种物质在相同容积下的重量，我们提出了重度和比重这两个概念。

重度是指1个单位体积（1立方米或1毫升等）物质所具有的重量（通常把单位体积物质所具有的质量叫密度，一般情况下，同一物质的重度和密度是相等的）。任一物质的重度可用下列公式表示。

$$\gamma = \frac{G}{V} \text{ 公斤/米}^3$$

式中 γ ——物质的重度，公斤/米³；
 G ——物质的重量，公斤；
 V ——物质的体积，米³。

物质的重度随温度变化而不同，温度越高，物质的体积会膨胀加大，其重度将随着变小。

比重是指物质的重度和4°C时纯水的重度的比值。4°C时纯水的重度等于1吨/米³，所以任一物质的比重在数值上和该物质的重度相等，但是没有单位。显然，物质的比重也是随着温度变化而不同的，温度越高，其比重越小。

石油产品和一些物质的比重，常以其20°C（或15°C）的重度与4°C（或15°C）纯水的重度比值来表示，可写成 d_{40}^{20} 或 d_{15}^{15} 。表1—1是某些常见液体物质的重度和比重。

对于气体，通常用在标准状况下（0°C、1大气压下）单位体积中气体重量来表示其重度。例如，空气重度等于1.293公斤/米³，也就是说，在0°C和1大气压下，1立方米的空气重1.293公斤。某些气体在标准状况下的重度和干空气重度之比叫做该气体的相对比重。表1—2列举了某些气体物质的重度和比重。

表 1—1 某些常见液体物质在15~20℃时的重度和比重

名 称	重 度 公斤/米 ³	比 重	名 称	重 度 公斤/米 ³	比 重
汽 油	760	0.760	苯	900	0.900
溶 剂 油	小于 795	0.795	甲 苯	866	0.866
煤 油	845	0.845	酒 精	793	0.793
柴 油	小于 880	0.880	甘 油	1273	1.273
轻润滑油	860~900	0.860~0.900	丙 酮	812	0.812
重 油	890~950	0.890~0.950	苯 胺	1039	1.039
原 油	790~950	0.790~0.950	硫酸 (98%)	1830	1.830

表 1—2 某些气体物质的重度和比重

名 称	重 度 公斤/米 ³	相对空气 的 比 重	名 称	重 度 公斤/米 ³	相对空气 的 比 重
空 气	1.293	1	乙 烯	1.26035	0.975
氮 气	1.25049	0.967	乙 炔	1.1747	0.907
氨	0.77140	0.596	丙 烷	2.0096	1.554
甲 烷	0.71682	0.554	丁 烷	2.7032	2.090

(二) 压 缩 性

流体是可以压缩的，我们日常用气筒给自行车打气，炼厂里的空气压缩机送风过程就是气体被压缩的实例。流体受压力作用后体积缩小，当温度升高后体积膨胀。也就是说，流体的重度随着施加给流体压力的大小和温度的高低发生变化。气体受压缩后，体积变化较大，而液体受压缩后，体积变化极小。例如，水在温度不变的情况下，每增加1大气压，它的体积比原来仅仅缩小0.005%，在1000大气压时，

可使水的容积减小5%。

某些流体随压力变化，其体积的变化极小（可忽略不计），叫做不可压缩的流体；反之，则叫做可压缩流体。

（三）粘 度

粘稠的液体比稀薄的液体流得慢，这是显而易见的，因为粘稠的液体流动时，分子之间摩擦阻力较大。表示液体流动时由于其分子间摩擦所产生的阻力大小叫粘度。

液体粘度随其成分、温度和压力而定。粘度大小可用动力粘度单位和运动粘度单位等表示。动力粘度是两液层之间相距1厘米，其面积各为1平方厘米，相对移动速度为1厘米/秒时所产生的阻力，单位为克/厘米·秒。1克/厘米·秒叫1泊，百分之一泊叫厘泊。动力粘度和同温度下液体密度的比值叫运动粘度，单位是厘米²/秒。1厘米²/秒叫1沱，百分之一沱叫厘沱。

一般油品常用恩氏粘度值来表示粘度的大小。恩氏粘度是某一油品从恩氏粘度计流出200毫升和20℃时流出200毫升蒸馏水所需时间的比值，常用“E”表示，假设在50℃条件下进行测定的，就写成“E₅₀”。

表1—3列举了一些物质的粘度。

表1—3 某些物质的动力粘度

名 称	温度, ℃	粘度, 泊	名 称	温度, ℃	粘度, 泊
水	20	1.004	苯	20	0.0065
酒 精	20	0.0120	甲 苯	19.91	0.0058
硫 酸	20	0.242	间二甲苯	19.91	0.0064
丙 醇	25	0.0032	酚	30	0.0700