

炼油工人技术丛书

炼厂气分离

山东胜利石油化工总厂炼油厂
华东石油学院 编



石油化学工业出版社

81.74
115

炼油工人技术丛书

炼厂气分离

山东胜利石油化工总厂炼油厂
华东石油学院 编

石油化学工业出版社

内 容 提 要

本书主要介绍炼厂气体分离装置的工艺流程、设备构造和操作方法。与炼厂气有关的基本知识、设备的简单工艺核算以及安全生产知识也作了简要的介绍。

炼油工人技术丛书

炼厂气分离

山东胜利石油化工总厂炼油厂 编
华 东 石 油 学 院

石油化学工业出版社出版

(北京和平里七区十六号楼)

石油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 $787 \times 1092^{1/32}$ 印张 8 字数 174 千字印数 1—4,450

1977年5月北京第1版 1977年5月北京第1次印刷

书号15063·油105 定价0.56元

限 国 内 发 行

毛主席语录

千万不要忘记阶级斗争。

鼓足干劲，力争上游，多快好省地建设社会主义。

在某种意义上来说，最聪明、最有才能的，是最有实践经验的战士。

我们能够学会我们原来不懂的东西。
我们不但善于破坏一个旧世界，我们还将
善于建设一个新世界。

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，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，使本丛书得以陆续出版。

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。

32854

目 录

第一章	石油气的基本知识	1
第一节	石油气的来源、组成及利用	1
第二节	气体烃的物理性质	22
第三节	混合气组成的表示方法	27
第四节	气体的压力、温度和体积之间的关系	38
第二章	炼厂气的分离过程与基本原理	42
第一节	气体的回收	42
第二节	气体的净化	53
第三节	气体精馏	64
第三章	主要设备	95
第一节	塔	95
第二节	再沸器与冷凝器	118
第三节	容器	138
第四节	主要设备的标定计算	140
第四章	自动控制与控制仪表的操作	171
第一节	自动控制	171
第二节	控制仪表的启用、停用和切换操作	184
第三节	控制仪表的故障及处理方法	189
第五章	工艺操作	196
第一节	开工准备	196
第二节	装置的开工	202
第三节	正常操作	208
第四节	装置的停工	222
第五节	事故处理	227

第六章 安全知识..... 233

第一节 防火..... 233

第二节 防爆..... 237

第三节 防毒..... 240

第四节 防冻..... 246

7
9
4

第一章 石油气的基本知识

第一节 石油气的来源、组成及利用

一、石油气的来源及组成

石油气是天然气、油田气、炼厂气、石油裂解气的统称。

1. 天然气

蕴藏在地层内的可燃性气体称为天然气。它主要是低分子量烷烃的混合物，还含有少量的氮(N_2)、二氧化碳(CO_2)、硫化氢(H_2S)等气体。天然气分干气和湿气两种。干气的主要成分是甲烷，通常含甲烷80~90%，个别的甲烷含量甚至高达99.8%。可作为燃料或生产炭黑、合成氨、甲醇和其它有机化合物的原料。湿气含有较多的乙烷、丙烷和丁烷，可从中提取凝缩汽油或直接用作燃料，是生产乙烯、丙烯的极好裂解原料。

我国的天然气绝大多数是干气，气体中含硫量也较低，因此，便于化工利用。气体成分以三个气田为例，见表1-1。

2. 油田气

油田气又称油田伴生气，它是伴随着开采石油从石油中分离出来的一种天然气，主要成分是甲烷、乙烷等低分子烷烃，还含有相当数量的丙烷、丁烷和汽油。可用于制取液化气或直接用作燃料和化工原料。

表 1-1 我国某些天然气成分 (体积%)

对空气的比重	甲烷	乙烷	丙烷	硫化氢	不饱和 和烃	二氧化 化碳	氢	氮
0.6222	89.99	0.19	0.10	1.46	0.05	3.1	0.07	5.01
0.5785	97.55	0.54	0.15	0.50	—	1.0	0.04	1.33
0.5614	97.88	0.41	0.04	0.097	—	0.295	0.12	1.18

在采油地区油田气的产量是很大的，每开采一吨石油可得到五十立方米左右的油田气。我国一些油田气的成分见表 1-2。

表 1-2 我国某些油田气成分 (体积%)

甲 烷	乙 烷	丙烷丁烷	氮	氢	二氧化碳
90~93	3~4	2	1~2	0.04	0.1
77~90	6~9	2~5	0.3~3	0.03~0.12	0~0.02
74~84	2~4	1~4	1~3	0.06~0.3	—

3. 炼厂气

炼厂气是石油加工过程中各种加工装置所产生气体的总称。因为是从炼油厂得来的，所以称为炼厂气。它主要包括催化裂化气、热裂化气、焦化气、减粘裂化气、加氢裂化气、重整气等。

(1) 热裂化气

热裂化是在高温 (490~520℃)、高压 (20~30公斤/厘米²) 下，使高沸点石油馏分发生分解，以生产汽油和燃料油为主的过程。由于所产汽油安定性差，辛烷值不高，已逐

渐被新型催化裂化装置所淘汰。此过程大约可得到8~14% (重)的热裂化气,其产率见表1-3。

(2) 减粘裂化气

减粘裂化是渣油的浅度热裂化过程。目的是调整作为燃料用渣油的粘度。所得裂化气很少,仅占原料的1~2%(重)。其产率见表1-3。

表 1-3 热裂化、减粘裂化、延迟焦化气体各组分的产率
(占原料重量%)

气 体 组 成	热 裂 化	减 粘 裂 化	延 迟 焦 化
氢	0.051	0.042	0.056
甲 烷	1.603	0.225	3.02
乙烷乙烯	3.34	0.295	1.98
丙 烷	2.519	0.25	1.14
丙 烯	1.818	0.178	0.427
异丁烷	0.226	} 0.147	} 0.482
正丁烷	1.096		
丁烯-1	0.567	} 0.221	} 0.328
异丁烯	0.274		
反丁烯-2	0.159		
顺丁烯-2	0.081		
合 计	11.934	1.358	7.433

注: 此表内不包括非烃气体及C₆组分。

(3) 焦化气

焦化是渣油更深度的裂化过程。此过程可以得到焦化馏出油、焦化气体及石油焦。焦化的方法很多,有釜式焦化、延迟焦化、流化焦化、接触焦化等。我国焦化装置多采用延迟焦化法。焦化气体生成量因原料油的性质、工艺类型和操作条件不同而有很大差别,一般焦化气体的产率约为5~10%

(重)左右,其产率见表1-3。

(4) 加氢裂化气

加氢裂化是以重馏分油为原料,在中压、有氢气存在的条件下,产生裂化、加氢和异构化反应,以生产高质量油品为主要目的的二次加工过程。加氢裂化原料范围很广,如:柴油、减压馏分、渣油等。含硫、含氮、含蜡高的原料也可采用。副产气体的特点是乙烷以下的成分极少。不含烯烃。异构烷烃生成量较多,如异丁烷在C₄组分中占67~75%(体)。气体的产率随原料的性质和加工深度不同各有差异。其产率见表1-4。

表 1-4 不同原料加氢裂化各组分的产率
(占原料重量%)

气 体 组 成	减 压 渣 油	减 压 重 柴 油
氢	0.18	0.1
硫 化 氢	2.62	2.4
甲 烷	0.7	0.3
乙 烷	0.7	0.6
丙 烷	1.0	1.1
丁 烷	0.9	2.2
合 计	6.1	6.7

(5) 重整气

重整是将汽油中烃分子的结构重新调整。在一定的温度、压力及有催化剂的作用下,产生异构化、脱氢、环化、芳构化等反应,生成高辛烷值汽油或轻芳烃。现在炼油厂采用金属铂或铂铈作催化剂。用铂作催化剂的重整称为铂重整,用铂铈作催化剂的称为铂铈重整。重整过程副产大量纯

度为90%左右的氢气，是加氢精制或加氢裂化的廉价原料。此外，还有少量的裂化气，主要是 $C_2 \sim C_4$ 的烷烃，可以作为燃料或化工原料。铂重整气体产率一般约为3~5%（重）左右。其产率见表1-5。

表 1-5 铂重整气体各组分的产率
(占原料重量%)

气 体 组 成	裂 化 气	重 整 氢
氢	0.08	1.65
甲 烷	0.04	0.25
乙 烷	0.34	0.5
丙 烷	0.81	0.58
丁 烷	0.72	—
合 计	1.99	2.98

(6) 催化裂化气

催化裂化的原料是重质馏分油（例如：减压馏分和二次加工的重油），在高温及硅酸铝（或分子筛）催化剂存在的条件下，原料进行裂化以生产高辛烷值汽油，同时得到柴油和大约10~20%（重）气体，其中 $C_3 \sim C_4$ 烯烃占4~10%（重）。目前它不仅是深度加工增产轻质油品的主要手段，而且是发展石油化工获得 $C_3 \sim C_4$ 烯烃重要途径之一。采用分子筛催化剂进行深度裂化可以获得更多的 $C_3 \sim C_4$ 烯烃，其产率高达17.4%（重）。催化裂化气体的组成及产率，因原料油的性质、工艺型式和操作条件不同有很大的差异，见表1-6、表1-7。

从表1-6看出，大庆油和胜利油在不同的条件下气体的组成及产率有很大的差别。表1-7列举两种不同型式的催化裂化对气体组成和产率的影响。一种是以硅酸铝为催化剂的

表 1-6 不同原料在不同工艺条件下催化裂化的气体产率
(占新鲜原料重量%)

项 目	大庆油：减压一、二、 三线馏分油	胜利油：减压一、二线馏 分油和焦化汽油、柴油
条件：		
反应温度，℃	480	464
剂油比（重）	5.17	8.6
回炼比（重）	1.5	1.3
空速，时 ⁻¹	5.7	10
气体产率：		
氢	0.037	0.195
甲 烷	1.11	0.627
乙 烷	1.881	1.125
乙 烯		
丙 烷	1.709	0.700
丙 烯	4.069	1.560
异 丁 烷	3.516	0.720
正 丁 烷	0.852	0.259
丁 烯-1	1.136	0.977
异 丁 烯	1.768	
反 丁 烯-2	1.608	0.349
顺 丁 烯-2	1.012	0.348
异 戊 烷	0.722	0.442
正 戊 烷	0.065	0.122
总 戊 烯	0.312	1.260
合 计	19.8	9.3

流化床催化裂化；另一种是以分子筛为催化剂的提升管催化裂化。从表 1-7 可以清楚地看出，操作条件基本相同时，提升管催化裂化的气体产率高，气体中可以作化工原料的丙烯、丁烯产率也高，提升管催化裂化可增产化工原料。

值得注意的是近些年来，国外分子筛提升管催化裂化技

表 1-7 不同类型的催化裂化对气体组成和产率的影响

项 目	提升管催化裂化	流化催化裂化
操作条件:		
反应温度, °C	530(入)/500(出)	500
剂油比 (重)	6	6
回炼比 (重)	0.22	0.14
气体产率, (重) % (对新鲜原料)		
C ₂ 及C ₂ 以下	1.5	1.6
总C ₃	8.8	5.8
其中C ₃ [*]	7.4	4.4
总C ₄	15.8	12.2
其中C ₄ [*]	10.0	4.8
合 计	26.1	19.6

术又有几种加工方案。在以产气为主的生产方案中, 气体产率高达 36.5% (重), 其中丙烯产率为 7% (重), 正丁烯产率 10.4% (重)。几种方案产气率的比较见表1-8。

4. 石油裂解气

在目前的生产条件下, 炼厂气还是炼油过程中的副产品, 从表1-3和表1-6可看出, 炼厂气中烯烃的含量总的来说是比较少的, 用炼厂气体作为石油化工的原料是远远不够的。为适应石油化工发展的需要, 现代石油化工工厂一般都采用裂解的方法来进一步扩大化工原料的来源。石油裂解过程的裂解反应温度一般在 800°C 左右。乙烷、丙烷、石脑油、粗柴油甚至原油都可以作为裂解的原料。石油裂解主要目的是为了制取更多的乙烯, 同时还可取得联产物丙烯、丁二烯、苯、甲苯、二甲苯等。这些产物都是发展石油化工的基本原料。石油裂解气的组成及产率与原料组成、裂解深度

表 1-8 分子筛提升管催化裂化各种操作方案的气体产率

产 物 名 称	多产汽油方案		多产柴油方案		多产气体方案	
	体 %	重 %	体 %	重 %	体 %	重 %
气体:						
C ₂ 以下	—	3.0	—	1.8	—	4.9
丙 烷	2.6	1.5	1.1	0.6	5.6	3.2
丙 烯	7.0	4.1	3.9	2.3	12.0	7.0
异丁烷	8.1	5.1	4.4	2.8	14.0	8.9
正丁烷	1.4	0.9	0.8	0.5	3.2	2.1
丁 烯	11.0	7.5	5.0	3.4	15.2	10.4
小 计	30.1	22.1	15.2	11.4	50.0	36.5
液体:						
脱丁烷汽油	71.1	59.6	47	38.3	55.7	44.3
轻质循环柴油	7.0	7.2	39	39.3	7.0	7.2
重质循环柴油	3.0	3.5	3.0	3.5	3.0	3.5
焦 炭	—	7.6	—	7.5	—	8.5
合 计	—	100.00	—	100.0	—	100.0

有直接关系。表1-9、表1-10、表1-11列出了几种原料炉出口的裂解气组成及产率。从表1-9至表1-11中不难看出，原料越轻，裂解深度越大，乙烯产率越高。

二、气体烃及非烃化合物

由碳(C)、氢(H)两种元素构成的碳氢化合物叫作烃。C₁~C₄低碳数的烃类在常温、常压下呈气态故称为气体烃。气体烃是石油气的主要成分，石油气体烃中含有烷烃和烯烃。

1. 烷烃(又称饱和烃)

表 1-9 以乙烷、丙烷为原料的管式炉出口
裂解气各组分的产率% (重)

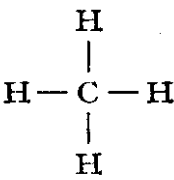
原 料	乙 烷		丙 烷	
裂解转化率%	60	70	90.75	93.5
H ₂	3.70	4.34	1.19	1.20
CH ₄	4.10	5.95	24.00	25.55
C ₂ H ₂	0.3	0.4	0.41	0.43
C ₂ H ₄	48.91	53.73	34.47	36.07
C ₂ H ₆	40.00	30.00	5.82	5.89
C ₃ 炔烃	0.09	0.15	0.53	0.56
C ₃ H ₆	1.12	1.95	14.60	13.15
C ₃ H ₈	0.18	0.29	9.25	6.50
C ₄ H ₆	0.51	1.02	1.50	1.74
C ₄ H ₈	0.26	0.48	1.00	1.08
iC ₄ H ₈	0.06	0.10	0.04	0.04
C ₄ H ₁₀	0.03	0.07	0.03	0.03
C ₅	0.12	0.78	1.09	1.09
C ₆ ~C ₈	0.64	0.10	1.57	1.70
苯	0.49	0.95	3.02	3.28
甲 苯	0.06	0.13	0.64	0.77
二甲苯	0.03	0.06	0.64	0.77
C ₉ 以上	—	—	0.20	0.24
合 计	100.00	100.00	100.00	100.00

烷烃的特点是在形成碳氢化合物时，碳原子的各价都被氢原子饱和。根据碳氢化合物中碳原子数的不同，用甲、乙、丙、丁……等命名。

甲烷 甲烷的分子式为 CH₄，常用 C₁⁰ 符号表示，其分子结构式如下：

表 1-10 以石脑油为原料的管式炉出口
裂解气各组分的产率% (重)

相对裂解深度	浅	中	深
H ₂	0.7	0.8	0.9
CO + CO ₂ + H ₂ S	0.3	0.4	0.4
CH ₄	14.4	15.3	16.8
C ₂ H ₂	0.3	0.4	0.7
C ₂ H ₄	21.2	25.6	28.4
C ₂ H ₆	5.2	4.6	4.4
C ₃ H ₆	17.3	15.2	13.0
C ₃ H ₈	0.7	0.6	0.4
其它C ₃ (丙炔、丙二烯)	0.2	0.4	0.3
C ₄ H ₆	3.6	3.8	4.0
C ₄ H ₈	6.9	5.8	4.0
C ₄ H ₁₀	0.5	0.5	0.4
汽油馏分	24.8	22.6	21.6
燃料油馏分	3.9	4.1	4.6
合 计	100.0	100.0	100.0



由结构式可看出，甲烷含有一个碳原子，其碳原子的四个价键被氢饱和。

乙烷 乙烷的分子式可写成CH₃—CH₃或C₂H₆，常用C₂⁰符号表示，其分子结构式如下：

