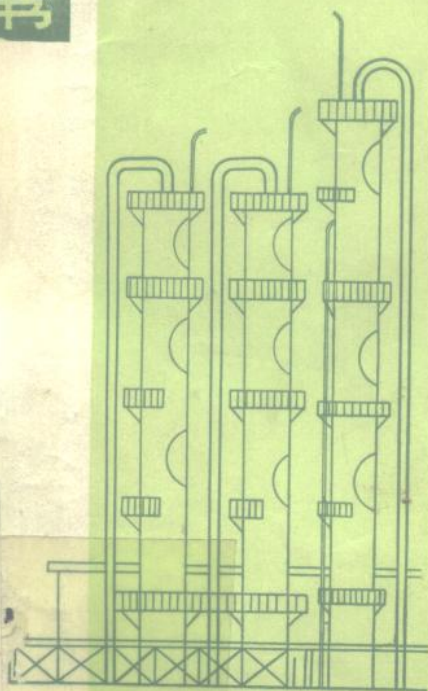


炼油工人技术丛书

催化重整

石油三厂《催化重整》编写小组编



石油化学工业出版社

炼油工人技术丛书

催 化 重 整

石油三厂《催化重整》编写小组编

石油化学工业出版社

内 容 提 要

本书主要介绍了催化重整的基本知识、工艺流程和操作技术。并对本装置特用的设备和仪表作了简单的介绍。

本书适于工业催化重整装置的操作工人阅读。也可供其它装置炼油工人参考。

炼油工人技术丛书

催 化 重 整

石油三厂《催化重整》编写小组编

*

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 $11^{7/8}$ 字数261千字印数1—6,450

1977年7月北京第1版1977年7月北京第1次印刷

书号15063·油81定价0.81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 概 述	1
第一节 芳烃的应用	1
第二节 高辛烷值重整汽油	8
第三节 催化重整的其它用途	11
第四节 催化重整工业的回顾与展望	12
第五节 催化重整装置的类型简介	15
第二章 催化重整过程的反应机理	23
第一节 汽油的分子构造	23
第二节 汽油烃分子的重排	30
第三节 汽油烃分子催化重排的基本历程	34
第四节 汽油催化重整的转化规律与平衡产率	37
第三章 重整催化剂	46
第一节 关于催化剂与催化作用的基本知识	46
第二节 重整催化剂的双功能特性	54
第三节 重整催化剂的物理化学组成	57
第四节 重整催化剂的种类和新进展	68
第四章 催化重整过程的基本特点	73
第一节 催化重整气-固相接触反应过程的基本概念	73
第二节 重整过程的热效应和热调节	76
第三节 催化重整过程的操作参数	84
第四节 催化重整过程反应强度与芳烃转化率	94
第五章 原料的预处理过程	103
第一节 重整原料的来源、组成和特性	103

第二节	重整原料油的杂质及其毒化作用	114
第三节	原料预分馏过程和操作	121
第四节	预加氢的基本原理和工艺流程	123
第五节	预加氢工艺参数和操作分析	129
第六节	预加氢催化剂的再生与更换	135
第六章	汽油的催化重整过程	139
第一节	典型的催化重整工艺流程简介	139
第二节	催化重整过程的单元操作	143
第三节	运转过程的参数分析	147
第四节	运转催化剂的活性保护	151
第五节	催化重整装置的开停工	161
第六节	重整催化剂的再生与再活化	177
第七章	芳烃的溶剂抽提过程	191
第一节	抽提原理和溶剂的特性	191
第二节	溶剂抽提用单元设备简述	195
第三节	筛板式溶剂抽提工艺流程	198
第四节	筛板式抽提过程的影响因素	200
第五节	抽提系统的单元操作	214
第六节	抽提过程的开停工	224
第八章	芳烃的精炼过程	230
第一节	芳烃原料的净化	231
第二节	芳烃精馏过程的基本原理	232
第三节	精馏过程的温差控制	234
第四节	纯苯类芳烃的生产过程	236
第九章	催化重整装置设备和操作管理	248
第一节	反应器	248
第二节	加热炉	262
第三节	塔	276
第四节	泵和压缩机	296

第五节	冷换设备	309
第十章	催化重整装置的控制仪表和过程分析仪表	
		317
第一节	简述	317
第二节	电动控制过程仪表	320
第三节	气动控制过程仪表	336
第四节	气动控制系统的操作	352
第五节	工艺介质（油或气）性质自动检测仪表	365
第六节	重整装置的报警与自动保护过程仪表	370

第一章 概 述

催化重整是现代炼油和石油化学过程的主要加工方法之一。

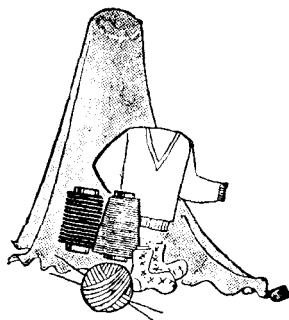
催化重整不仅给我们提供优质汽油，它还将生产出具有宝贵用途的芳烃。因此，人们常常说催化重整是一举两用，“一箭双雕”。由此可见，催化重整在石油和石油化学工业中的地位和作用是多么重要，可以说几乎所有现代化炼油厂和石油化工厂都离不开催化重整。为了进一步认识催化重整在炼油和石油化学工业中的作用，还得先从催化重整的三大产物——芳香烃、高辛烷值汽油和工业氢的应用说起。

第一节 芳烃的应用

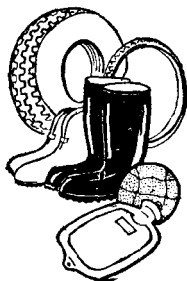
芳烃是现代石油化工三大合成（合成纤维、合成塑料和合成橡胶）的基本原料，大家知道，现在市场上的合成纤维、塑料和橡胶制品，真是品种繁多，数不胜数。常见的各种制品见图1-1。

此外，芳烃还是医药、洗涤剂、溶剂、涂料等的原料。上述这些产品是由不同种类的芳烃制成的。

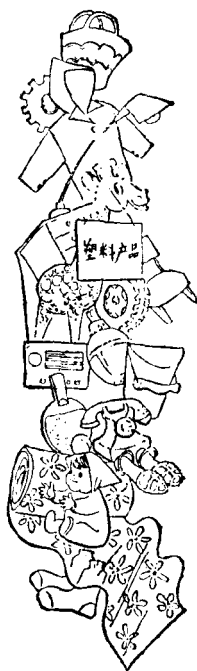
催化重整所制得的芳烃通常包括苯、甲苯、二甲苯、乙基苯和9个碳以上的重芳烃。但二甲苯和9碳芳烃又包括许多种碳原子数目相同，而分子构造不同的化合物——异构体，例如二甲苯包括邻二甲苯、间二甲苯和对二甲苯等。9碳（ C_9 ）芳烃又包括均三甲苯、偏三甲苯和连三甲苯等。各



合成纤维制品



民用橡胶制品



合成塑料制品

图 1-1 三大合成制品示意图

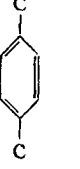
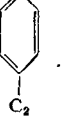
种单体芳烃的性质见表1-1。

由表可见，由上至下，芳烃结构式中依次增加了一个碳原子或改变了碳原子的位置，这是造成它们的性质不同的根本原因，因而也导致它们具有不同的用途。

一、苯的用途和规格要求

苯是制造尼龙的原料。尼龙又叫“耐纶”或“卡普隆”，商品名称叫做“锦纶”，化学名称叫“聚酰胺”，它就是苯的具有代表性的制品。在石油化学和其它工业中，尼龙具有十分

表 1-1 各种单体芳烃的性质

单体芳 烃名称	结 构 式	比 重 d_4^{20}	折 光 n_D^{20}	沸 点 ℃	融 点 (或冰点) ℃
苯		0.880	1.5011	80.1	+5.5
甲 苯		0.867	1.4969	110.6	-95.0
邻二甲苯		0.880	1.5055	144.4	-25.2
间二甲苯		0.864	1.4972	139.1	-47.9
对二甲苯		0.861	1.4958	138.35	+13.3
乙 基 苯		0.867	1.4983	136.2	-94.9

广泛的用途。

尼龙可以抽丝纺线，做成各种衣料、绳索和鱼网，大家熟知的就有：尼龙汗衫、尼龙袜子、尼龙手套、尼龙外套……，真是举不胜举。除了纺丝之外，在工业上还可以用来制造轴承、齿轮、垫片、螺钉等等。

用苯制造尼龙只是它的用途之一，苯还可以制成许许多多东西。因为苯的用途实在太多了，要想三言两语把苯的全部用途都说清楚是不可能的。下面就其主要的用途列于图1-2。

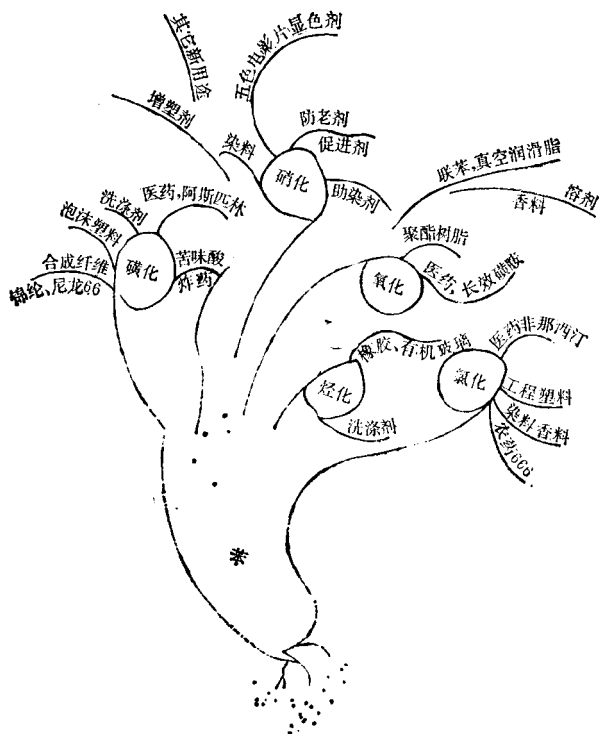


图 1-2 由苯合成的产品

由图 1-2 可以看出，苯的用途从化工到医药，从农药到日用品，苯真是一个好东西，让我们努力地为我国生产更多的苯产品。

对于化工和医药所需的苯，其纯度要求五个九，即99.999%，此外还有很多其它要求，达不到这些要求，就不能很好的制成上述千百种的产品。工业生产中，我们国家对苯的生产做了严格规定，苯的规格要求见表1-2。

表 1-2 苯的主要规格要求

	合成用苯	硝化用苯	纯 苯	溶剂用苯
比重 d_4^{20}	0.877~ 0.880	0.876~ 0.880	0.875~ 0.880	0.874~ 0.880
馏程, $^{\circ}\text{C}$				
初馏点	79.8	29.6	79.5	79.0
干 点	80.4	80.5	80.6	81.0
馏出95%温度范围, $^{\circ}\text{C}$				
不超过	0.5	0.6	0.8	—
酸洗颜色, 不深于	0.1	0.2	0.3	0.5
溴价, 克/100毫升, 不超过	0.05	0.2	0.4	0.6
结晶点, $^{\circ}\text{C}$, 不低于	5.2	5.0	—	—

根据不同用途，对苯的质量要求也不一样，通常作为工业溶剂用要求不高，但用于硝化或合成时，对于苯的质量要求就非常严格。

无论是溶剂苯还是合成用苯，它们的具体要求项目是：外观、比重、馏程、酸洗颜色、溴价、结晶点、反应和杂质与水含量等指标。不难理解，含有杂质和水或颜色不合格的苯是不能制成满意的化学产品的，其它各项指标是从不同角度严格测量苯的纯度。如比重 (d_4^{20}) 小于0.874，这表明，苯产品中混入了比苯轻的非苯化合物，这时，其它各项指标很可能还会完全合格。苯中含少量环己烷就是这种情况。又如，馏程终点高于81 $^{\circ}\text{C}$ ，这表明苯产品中可能混入少量的重

馏分——甲苯，这时其它各项指标仍能满足规格要求。因此，如果有任何一项指标不合格，成品罐的苯就变成不合格，就不能出厂。

二、甲苯的用途和规格要求

炸药与糖精好象风马牛不相及的两种东西，但在化学角度上来看，它们是一个血统的兄弟。在甲苯上加了氨基（ $-\text{NH}_2$ ），便是比白糖还甜500倍的糖精，把氨基去掉，加上硝基（ $-\text{NO}_2$ ），便是爆炸力很强的烈性火药（TNT），这就是石油化学的妙用。

除了糖精和炸药之外，甲苯还可用来制做染料、医药、香料、合成纤维、树脂、涂料和增塑剂等。

近年来，由于石油化工大量需要苯，苯的供应日趋感到不足，在这种情况下，相对来说，甲苯来源较多，于是便采用甲苯脱甲基的方法制苯。

甲苯分硝化级、化学级和工业级三种，其主要规格见表1-3。

表 1-3 甲苯的主要规格

规格项目	硝化用甲苯		化学用	工业用溶
	一级	二级	纯甲苯	剂甲苯
比重 d_4^{20}	0.862~ 0.868	0.862~ 0.868	0.862~ 0.868	0.862~ 0.870
馏程, $^{\circ}\text{C}$				
初馏点	110.2	110.0	109.8	109.0
终馏点	110.9	111.0	111.0	112.0
酸洗颜色	0.2	0.3	0.3	0.3
溴价, 克/100毫升	0.2	0.3	0.3	0.4
馏出95%温度范围, $^{\circ}\text{C}$	0.5	0.8	0.8	—

三、八碳芳烃的用途和规格要求

目前，人们常穿的“的确良”(又叫“涤纶”)的化学名称为“聚对苯二甲酸乙二酯”，是用二甲苯制造的。此外，二甲苯在三大合成、医药、农药等方面有很多用途。用二甲苯制造的薄膜可以制成绝缘带、录音带等。

二甲苯包括三种异构体：邻二甲苯、间二甲苯和对二甲苯。

在工业生产中，往往生产邻、间、对混合的二甲苯，沸程范围大致 10°C ，工业上称为2号二甲苯。为了特殊要求，也可将沸点最高的邻二甲苯(沸点 144.4°C)分出，生产间-对二甲苯，沸程大约 5°C ，工业上称为1号二甲苯，它们的主要技术规格见表1-4。

表 1-4 工业二甲苯的规格

项 目	一号二甲苯	二号二甲苯
比重 d_4^{20}	0.860~0.870	0.860~0.870
沸程, $^{\circ}\text{C}$		
初馏点	≤ 137	≤ 137
终馏点	≥ 142	≥ 147
外观	合 格	合 格

在 C_8 芳烃的应用中，乙基苯具有很多用途。聚苯乙烯塑料是塑料工业的后起之秀，目前，它的产量仅次于聚氯乙烯和聚乙烯。它是一种无色透明、不怕酸、碱腐蚀的新型塑料。因此，它可用来制做各种日用品、电讯器材和工业器件等，在国防和尖端科学中都有不少用途。

工业乙基苯有两种规格(见表1-5)。

表 1-5 乙苯的主要规格

项 目	技 术 要 求	
	一 级	二 级
外观	透 明	透 明
比重 d_4^{20}	0.866~0.870	0.866~0.870
沸程, $^{\circ}\text{C}$		
初馏点	≥ 134.0	133.0
终馏点	≤ 136.4	136.5

四、重芳烃的生产和应用

重芳烃 (C_9 以上芳烃),也是宝贵的石油化工原料,其中偏三甲苯可用来制取聚酰亚胺、超级油漆、涂料和宇宙飞船的固体润滑剂等,随着科学的发展,其它各种单体重芳烃亦将有广泛的应用。

第二节 高辛烷值重整汽油

汽油,是汽车的“粮食”。一辆解放牌汽车每年要消耗30~40吨普通汽油(如常减压装置生产的直馏汽油)。但是,如果使用高辛烷值二次加工汽油(特别是重整汽油)时,大约可节省汽油三分之一左右。

我们坐以普通汽油为燃料的汽车时,常会听到啪啪的响声,特别是在爬坡或加速时,这种声音就更加厉害。而当使用高辛烷值汽油时,这种响声就少得多。汽缸发出这种声音叫做“爆震”,显然在爆震下工作的汽车会使发动机的功率下降,零件易破坏,使用寿命缩短。“爆震”和辛烷值究竟有怎样的关系呢?还是让我们从汽油在发动机里的工作情形说起吧。

汽油蕴藏着巨大的能量。1 公斤汽油能把4526吨重的东西举起 1 米。但是，在汽车发动机中，能够利用的能量只有 25%。即75%的能量不能做功。

怎样才能把汽油里蕴藏的能量更多的应用起来去做功呢？最好的方法就是提高汽车发动机的压缩比^①。压缩比由 6 提高至10时，其功率就能增加21%。

在汽油燃烧之前，汽缸里汽油蒸汽和空气的混合物压缩的愈强烈，发动机就愈能有效的利用汽油的热能。换句话说，发动机在相同功率情况下工作，可以节省更多的燃料汽油。

但是，制造高压压缩比的发动机，遇到了一个严重障碍。这就会是一些在低压压缩比的发动机上，原来燃烧很好的汽油，它不能在高压压缩比发动机里正常燃烧，使发动机产生了敲击声响，汽缸的温度上升，发动机的功率下降，以及尾气排烟带碳等等。

汽油在发动机中所产生的这些不正常燃烧，就是“爆震”的根本原因。

在正常工作的情况下，汽油和空气的混合物燃烧速度为 20~25米/秒，这种燃烧，对发动机是安全的。但是，在爆震的情况下，燃烧的速度猛增到1500~2500米/秒，这时汽缸里的压缩比增加两倍，温度增长到500~1000℃。

发动机的“爆震”原因十分复杂。但是，人们总算找到了消除它的方法，这就是提高汽油的辛烷值。

原油直馏汽油和普通加工方法得来的汽油辛烷值，仅仅

① 压缩比——汽缸活塞在汽缸下死点时的混合气体体积与在上死点时混合气体的体积之比 (V_1/V_2)。

为50~60, 因此, 它们不能适应高压压缩比发动机的要求; 裂化汽油具有较高的辛烷值, 但也不如催化重整汽油的高辛烷值高。

高辛烷值重整汽油, 可以用在更高压缩比发动机里工作, 这样也就更经济和更有效的运用发动机。

最初飞机发动机使用的是辛烷值为50~55的直馏汽油。后来改用添加重整汽油组分的85号~100号的汽油时, 发动机的功率就提高了45~65%, 也就是飞机的马力增加了。

增加了飞机的马力意味着什么呢? 对于战斗机来说, 这就意味着飞机可利用较短的跑道起飞, 可以迅速的升到高空, 可以更快的飞行。对于客运或货运飞机, 这就意味着, 可以负担更大的载荷, 可以飞得更远, 可以节省更多的汽油。

重整汽油在汽车方面的好处就更明显了。仅就爬坡为例, 在正常行驶的汽车使用50~70号汽油, 爬坡时就显得非常吃力, 因为爬坡时, 汽车需做更大的功。

在提高汽油的辛烷值方面, 有一种方法是向汽油中加入

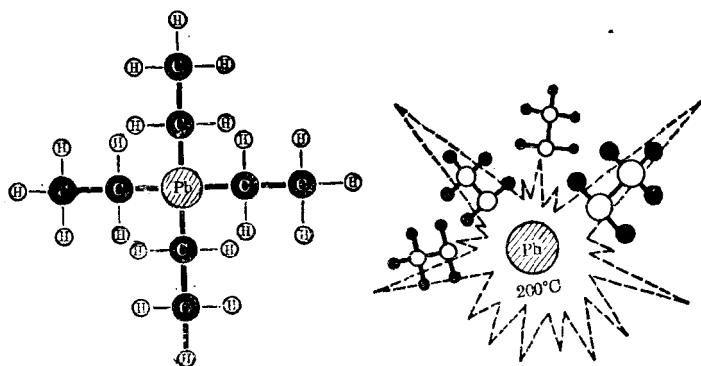


图 1-3 四乙铅的分子结构和分解示意图