

石油化工中等专业学校统编教材

石油炼制工艺学

(下 册)

朱 耘 青 主 编



中国石化出版社

石油化工中等专业学校统编教材

石油炼制工艺学

(下 册)

朱耘青 主编

苏工业学院图书馆
藏书章

中国石化出版社

(京)新登字048号

内 容 提 要

《石油炼制工艺学》是石油化工中等专业学校统编教材，分为上、下两册，共四篇，16章。本书为下册，包括第三、四两篇。

本书主要介绍石油燃料和润滑油的各种生产制备方法、基本原理生产过程及典型设备、基本计算方法以及某些科学实验与生产经验的总结，并介绍了部分科研与生产上的新技术。

本书供石油化工中等专业学校及职工中专石油炼制专业学生做教材，也可供从事炼油生产的技术人员参考。

石油化工中等专业学校统编教材

石油炼制工艺学

(下册)

朱耘青 主编

*

中国石化出版社出版

(北京朝阳区太阳宫路甲1号 邮政编码: 100029)

海丰印刷厂排版

海丰印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行

*

787×1092毫米 16开本 26³/₄印张 670千字 印1—5000

1992年5月北京第1版 1992年5月北京第1次印刷

ISBN 7-80043-223-9/TE·042 定价:6.40元

目 录

第三篇 燃料油生产

第五章 热破坏加工	2
第一节 石油烃类的热化学反应	2
一、各种单体烃的热化学反应	3
二、石油馏分及重、残油的热化学反应	6
三、渣油热反应中焦炭形成机理	7
第二节 热裂化	10
第三节 减粘裂化	10
一、常规减粘裂化工艺	11
二、上流式反应塔减粘裂化工艺	11
三、延迟减粘裂化工艺	12
第四节 延迟焦化	13
一、延迟焦化的原料和产品	13
二、延迟焦化的工艺过程	17
三、影响延迟焦化过程的主要因素	18
四、延迟焦化的主要设备	20
第六章 催化裂化	24
第一节 概述	24
一、催化裂化在炼油工业中的地位和作用	24
二、催化裂化发展概况	25
三、催化裂化发展方向	27
第二节 催化裂化的原料	28
一、催化裂化原料	28
二、衡量原料性质的指标	29
第三节 烃类的催化裂化反应	34
一、各种单体烃的催化裂化反应	34
二、烃类催化裂化的反应机理	37
三、石油馏分的催化裂化反应	39
四、催化裂化的反应时间和转化率的含义及表示方法	41
五、催化裂化的反应热	44
六、催化裂化反应过程的影响因素	45
第四节 催化裂化催化剂	52
一、裂化催化剂的种类、组成和结构	52
二、裂化催化剂的物理性质	60

三、裂化催化剂的使用性质	63
四、分子筛催化剂的使用特性	65
五、裂化催化剂的发展	66
第五节 裂化催化剂的再生反应	66
一、再生反应和再生反应热	67
二、再生反应速度	67
三、再生操作的主要影响因素	69
四、碳堆积和二次燃烧	72
五、CO 助燃剂	73
第六节 固体流态化基本原理	74
一、固体流态化的基本概念	74
二、临界流化速度与带出速度	77
三、流化床的一些基本现象	80
第七节 催化剂的流化输送和旋风分离	85
一、催化剂的流化输送	85
二、旋风分离器	95
第八节 催化裂化工艺流程	103
一、工艺流程概述	103
二、反应-再生系统的型式	109
三、渣油催化裂化简介	112
第九节 催化裂化的设备	116
一、再生器	116
二、反应器	122
三、专用设备和特殊阀门	126
第十节 反应-再生系统工艺计算	130
第七章 加氢裂化	143
第一节 概述	143
第二节 加氢过程的化学反应	146
一、烃类的主要反应	146
二、非烃类的主要反应	150
第三节 加氢裂化催化剂	150
一、组成与类别	150
二、主要使用性能	152
三、预硫化	153
四、再生	154
第四节 加氢裂化工艺流程	155
一、一段加氢裂化	155
二、二段加氢裂化	156
三、串联加氢裂化	158
第五节 影响加氢裂化过程的主要因素	159

一、反应压力	160
二、反应温度	160
三、空速	161
四、氢油比	162
第六节 新氢耗量的计算	162
一、计算新氢耗量的基础数据	163
二、新氢耗量的计算方法	164
第七节 加氢裂化反应器及其他重要高压设备	168
一、加氢裂化反应器	169
二、加氢裂化装置其他高压设备	171
三、加氢裂化装置的腐蚀现象	173
第八章 催化重整	175
第一节 概述	175
一、催化重整在石油加工中的地位	175
二、催化重整发展概况	176
三、催化重整装置构成	177
第二节 催化重整的化学反应	178
一、芳构化反应	178
二、异构化反应	181
三、加氢裂化反应	181
第三节 重整催化剂	182
一、重整催化剂的组成和种类	182
二、铂催化剂的双功能作用	183
三、双(多)金属催化剂的特点及发展动向	185
四、重整催化剂的物理结构和使用性能	186
五、重整催化剂的中毒及水气平衡	187
六、重整催化剂的再生	189
第四节 催化重整原料油及其预处理	191
一、催化重整原料油	191
二、重整原料的预处理	194
第五节 重整反应部分生产工艺	198
一、重整反应部分工艺流程及主要工艺条件	198
二、重整反应的主要操作因素	199
三、重整系统压力降	202
四、其他重整工艺	203
第六节 重整部分主要设备	207
一、重整反应器	207
二、单管程立式换热器	209
三、多流路四合一烟道加热炉	210
第七节 重整工艺计算	210

一、总物料平衡及芳烃转化率	210
二、单体烃分子平衡	213
三、催化重整反应的理论温降	217
四、反应器工艺尺寸的确定	219
第八节 芳烃的抽提	221
一、抽提原理	222
二、抽提溶剂	223
三、抽提工艺流程	226
四、抽提过程主要影响因素	227
五、芳烃抽提的工艺计算	230
第九节 芳烃精馏	231
一、芳烃精馏产品要求及工艺特点	231
二、芳烃精馏工艺流程	232
三、芳烃精馏塔的温差控制	233
第九章 高辛烷值汽油组分的生产	235
第一节 石油气体预处理	235
一、石油气体组成	235
二、石油气体预处理	236
第二节 烷基化油的生产	239
一、烷基化的化学反应	239
二、烷基化催化剂	240
三、烷基化的工艺流程	241
第三节 异构化过程	244
一、异构化反应	244
二、异构化催化剂	245
三、异构化的工艺流程	246
第四节 甲基叔丁基醚的生产	248
一、甲基叔丁基醚的合成反应及催化剂	248
二、工艺流程及主要设备	250
三、生产甲基叔丁基醚的新工艺——催化蒸馏	253
第十章 轻质燃料油的精制与调合	255
第一节 电化学精制	255
一、电化学精制原理	255
二、电化学精制的工艺流程	257
三、电化学精制的操作条件	259
第二节 汽油、煤油脱硫醇	259
一、抽提催化氧化脱硫醇的基本原理	260
二、抽提催化氧化脱硫醇工艺流程	261
第三节 油品的加氢精制	261
一、加氢精制的化学反应	262

二、加氢精制催化剂	265
三、柴油加氢精制工艺	267
四、加氢精制操作条件分析	268
第四节 分子筛脱蜡	270
一、生产原理	270
二、分子筛脱蜡的工艺流程	270
第五节 燃料油添加剂及燃料油调合	271
一、汽油抗爆剂	272
二、提前着火防止剂	272
三、十六烷值提高剂(柴油抗爆剂)	273
四、抗氧化添加剂	274
五、金属钝化剂	274
六、抗静电剂	275
七、防冰剂	275
八、燃料油品的调合	276

第四篇 润滑油生产

第十一章 润滑油概述	281
第一节 润滑油的基本作用	281
一、摩擦与摩擦种类	281
二、润滑的种类	282
三、润滑油的作用	285
第二节 润滑油的分类与使用要求	286
一、润滑油的分组、命名和代号	286
二、主要润滑油品的使用要求及规格	288
第三节 润滑油的化学组成	296
一、润滑油馏分化学组成的表示方法	296
二、润滑油馏分中的烃类和非烃类	299
三、润滑油的化学组成与使用性质的关系	301
第四节 润滑油的生产过程简介	309
第十二章 润滑油溶剂精制	311
第一节 溶剂精制原理	311
一、油与溶剂形成两相的条件	311
二、使两相迅速分层的条件	312
三、溶剂的选择性和溶解能力	313
四、选择溶剂的主要依据与常用的溶剂	314
第二节 影响溶剂精制过程的主要因素	316
一、抽提温度	316
二、溶剂比	317
三、提取物循环	318
四、界面	318

五、原料油中沥青质含量	318
六、转盘转速与塔内液体的流速	318
第三节 抽提溶剂的回收	319
一、提取液和提余液中溶剂的回收	319
二、水溶液中溶剂的回收	324
第四节 溶剂精制的抽提塔	325
一、转盘塔	325
二、填料塔	327
第五节 溶剂精制的工艺流程	328
一、糠醛精制的工艺流程	328
二、酚精制的工艺流程	329
三、N-甲基吡咯烷酮精制的工艺流程	330
第十三章 润滑油的脱蜡	332
第一节 概述	332
一、脱蜡的目的	332
二、脱蜡方法	332
第二节 溶剂脱蜡	333
一、脱蜡用溶剂	333
二、酮苯脱蜡的原理流程及各部分的作用	335
三、影响脱蜡过程的主要因素	336
四、酮苯脱蜡各系统的流程与设备	340
五、稀冷脱蜡技术	356
六、用静态混合器结晶	358
第三节 尿素脱蜡	359
一、脱蜡的原理	359
二、使用范围与条件	360
三、工业上三种脱蜡方法	361
第四节 蜡的生产	362
一、蜡的种类与用途	362
二、蜡的性能指标	362
三、蜡的脱油工艺	364
四、蜡的精制	365
五、蜡的成型	365
第十四章 润滑油的脱沥青	366
第一节 概述	366
第二节 丙烷脱沥青的原理	366
一、丙烷对各类烃的溶解度规律	366
二、丙烷作为选择性溶剂的特点	367
第三节 影响丙烷脱沥青的主要因素	367
一、温度	367

二、溶剂比	369
三、溶剂纯度	369
四、原料性质	370
第四节 丙烷脱沥青的工艺流程	371
一、抽提部分	371
二、溶剂回收部分	372
第五节 丙烷脱沥青的主要设备	374
一、抽提塔	374
二、溶剂回收部分的特殊设备	375
第六节 沥青的生产	376
一、沥青的性质与用途	376
二、沥青的品种及生产工艺	378
三、氧化沥青的生产工艺及流程	379
第十五章 润滑油的补充精制	381
第一节 润滑油加氢补充精制	381
一、加氢补充精制的化学反应与催化剂	381
二、加氢补充精制的工艺流程	382
三、加氢补充精制深度	383
第二节 白土补充精制	385
一、白土精制的作用及原理	385
二、白土精制的工艺过程	387
第十六章 润滑油添加剂与调合	392
第一节 润滑油添加剂	392
一、清净分散剂	392
二、抗氧抗腐剂	398
三、粘度添加剂	401
四、降凝剂	404
五、抗磨添加剂	407
六、防锈剂	411
七、抗泡沫剂	412
八、乳化剂	413
第二节 润滑油的调合	413
一、润滑油调合比的计算	414
二、调合方法与调合流程	415
参考文献	417

第三篇 燃料油生产

原油经常减压蒸馏，轻质馏分油收率约30%，重质馏分油收率约30%，残渣油收率约40%。若不经化学加工，重质馏分油和残渣油只能作为润滑油原料或重质燃料油。但市场却需要大量的轻质燃料油，而对重质燃料油和润滑油的需求量却小得多。此外，直馏汽油的辛烷值仅40左右，而汽车发动机的发展对汽油辛烷值的要求越来越高。目前各国普通级汽油的辛烷值一般为91~92(RO_N)，优质汽油为96~98(RO_N)，我国90年代初期汽油指标为普通车用汽油不低于90(RO_N)，优质汽油达到97(RO_N)以上。所以，原油常减压蒸馏所能提供的轻质油品，无论数量还是质量都无法满足国民经济各部门的需要。为了解决这些矛盾，必须大力发展石油的化学加工，扩大轻质油品的来源和提高燃料油品的质量。

石油的化学加工从分子结构变化上分为以下几种类型：使重质原料油分解为小分子轻质油品的分解过程；使气体烃类转变为液体烃类的合成过程；不破坏原来的烃分子碳架结构的脱氢和加氢过程；不改变原来分子的分子量，而只改变分子碳架结构的环化与异构化过程。

石油化学加工从加工工艺上分为热破坏加工过程与催化加工过程。

第五章 热破坏加工

石油的热破坏加工在炼油技术发展的历史中曾经起过重要的作用。由于催化加工过程的发展,近几十年来,多数热加工过程已逐渐被催化加工过程所代替,只有焦化过程一直是炼油厂中重油加工的重要手段。由于生产燃料油的需要,减粘裂化工艺近几年来发展较快。



石油热化学加工过程有热裂化、汽油热改质、减粘裂化和延迟焦化等工艺。热裂化是以石油重馏分或重、残油为原料,经高温分解,生产汽油和柴油;汽油热改质是以汽油馏分为原料,在高温高压下部分裂解以及芳构化生成芳烃,提高汽油的辛烷值;减粘裂化的目的是将重油或减压渣油经轻度裂化,使其粘度和凝点降低,以便符合燃料油的使用要求;焦化是以减压渣油为原料生产汽油、柴油、中间馏分(作催化裂化原料)和焦炭。在这些过程中,汽油热改质已完全被催化重整和异构化所取代,热裂化过程也几乎被催化裂化所淘汰。70年代以后,减粘裂化在国外发展较快,我国在80年代初期重新着手开发减粘裂化工艺,并有两家炼油厂分别开发了上流式减粘裂化和延迟减粘裂化工艺。延迟焦化过程则一直被广泛采用。

本章主要介绍石油烃类热化学反应,并重点介绍减粘裂化和延迟焦化过程。

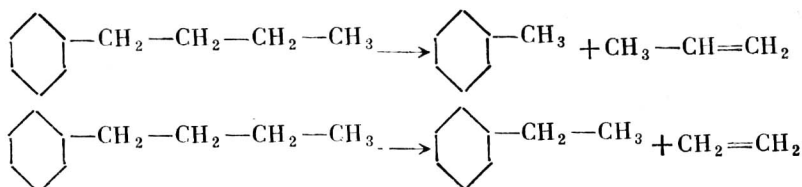
第一节 石油烃类的热化学反应

石油烃类的热化学反应遵循自由基反应历程。当对烃类分子某一化学键施以大于或等于该键键能的能量时,键就会断开,首先生成极活泼的自由基,自由基再与烃分子继续参加反应。烃类各种结构键能见表5-1。

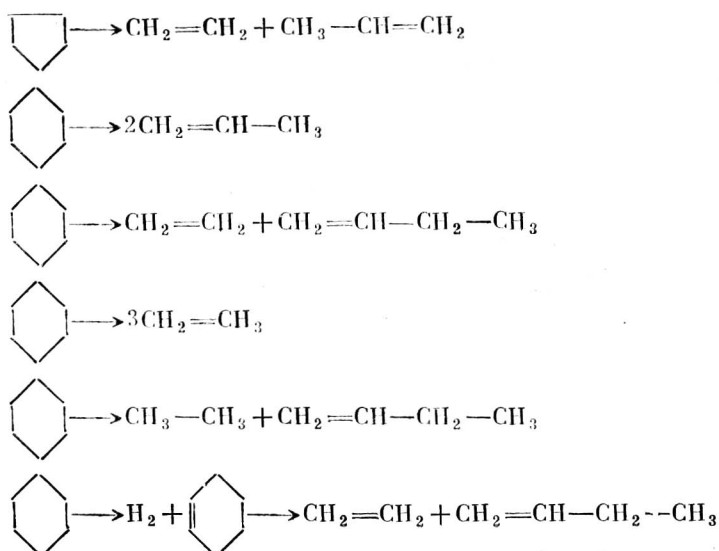
表 5-1 某些烃类和氢分子键能数据

名 称	断 裂 的 键	键能, kJ/mol	名 称	断 裂 的 键	键能, kJ/mol
氢	H—H	435	异辛烷	$(\text{CH}_3)_3\text{C}-\text{C}(\text{CH}_3)_3$	264
甲 烷	CH_3-H	431	丙 烯	$\text{CH}_2\text{CH}=\text{CH}_2$	394
乙 烷	$\text{C}_2\text{H}_5-\text{H}$	410	丁 烯	$\text{CH}_3-\text{CHCH}=\text{CH}_2$	260
乙 烯	$\text{C}_2\text{H}_3-\text{H}$	435	丁二烯	$\text{CH}_2\text{CH}=\text{CHCH}_2$	435
丙 烷	$\text{C}_3\text{H}_7-\text{H}$	398	己二烯(π 键打开)	$\text{CH}_2=\text{CH}(\text{CH}_2)_2\text{CH}=\text{CH}_2$	176
丙 烯	$\text{CH}_2\text{CHCH}_2-\text{H}$	322	苯	$\text{C}_6\text{H}_5-\text{H}$	427
正丁烷	$n\text{C}_4\text{H}_9-\text{H}$	394	甲 苯	$\text{C}_6\text{H}_5-\text{CH}_3$	381
乙 烷	CH_3-CH_3	390	乙基苯	$\text{C}_6\text{H}_5-\text{C}_2\text{H}_5$	368
丙 烷	$\text{C}_2\text{H}_5-\text{CH}_3$	348	二联苯	$\text{C}_6\text{H}_5-\text{C}_6\text{H}_5$	415
丁 烷	$\text{C}_2\text{H}_5-\text{C}_2\text{H}_5$	335	乙基苯	$\text{C}_6\text{H}_5\text{CH}_2-\text{CH}_3$	264
丁 烷	$\text{C}_3\text{H}_7-\text{CH}_3$	339	四苯乙烷	$(\text{C}_6\text{H}_5)_2\text{CH}-\text{CH}(\text{C}_6\text{H}_5)_2$	105
正戊烷	$n\text{C}_4\text{H}_9-\text{CH}_3$	335	二苯甲烷	$(\text{C}_6\text{H}_5)_2\text{CH}-\text{H}$	310
正己烷	$n\text{C}_5\text{H}_{11}-\text{C}_3\text{H}_7$	318	环己烷		389
正庚烷	$n\text{C}_6\text{H}_{13}-\text{C}_4\text{H}_9$	314	环戊烷		389
辛 烷	$\text{C}_7\text{H}_{15}-\text{C}_4\text{H}_9$	310			

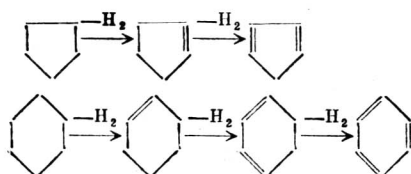
带侧链的环烷烃在加热的条件下，首先是环上的侧链断裂，然后才是环的断裂。随着侧链的增长，断链的反应速度加快。侧链断裂位置发生在第一碳原子或第二碳原子位置上。



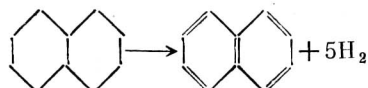
在575~600℃的高温下，五元环烷烃破裂生成为两个烯烃。六元环烷烃的反应与五元环烷烃相似，主要产物有氢、烷烃和烯烃、二烯烃等。



脱氢也是环烷烃的重要反应。脱氢首先生成环烯烃，然后生成环二烯。对于六元环烷烃，温度升高到650℃以上时，进一步脱氢生成芳烃。



双环环烷烃在500℃左右开始脱氢，生成双环芳烃。

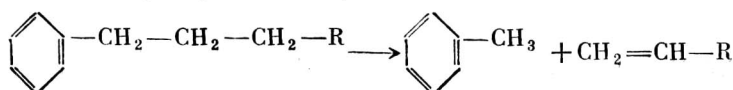


3. 芳烃

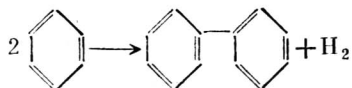
芳烃是各种烃类中热稳定性最高的一种。各种芳烃的分解容易程度顺序是：带侧链的芳烃 > 带甲基的芳烃 > 无侧链的芳烃。这可以从表5-1中各类烃键能的差别得到解释。

芳烃的热化学反应主要有两类：断侧链和缩合。

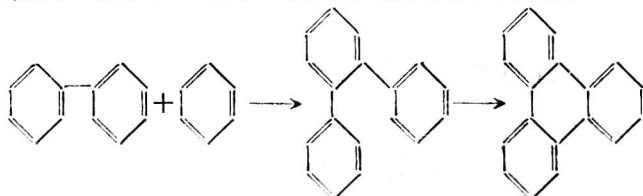
长侧链芳烃的热化学反应首先是断侧链，侧链越长越容易断裂，断裂位置大多在第一碳原子第二碳原子之间，反应产物是甲苯和烯烃。



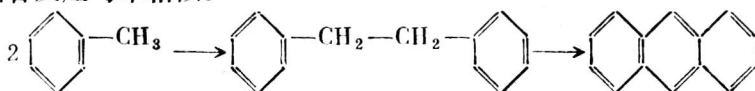
苯和甲苯极为稳定，在很苛刻的条件下，苯环也难断裂，但缩合反应非常显著。例如在常压下，500℃以上苯的反应，主要产物是联苯、气体及焦炭。气体中88~91%是氢气，少量是烃类。



二联苯可以缩合成三联苯，三联苯可进一步缩合成稠环芳烃。



甲苯的缩合反应与苯相似。



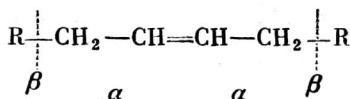
多环芳烃、稠环芳烃还可以继续缩合，生成以氢气为主的气体和碳氢比很高的高分子缩合物——焦炭。

芳烃侧链的脱氢反应，例如乙基苯脱氢生成苯乙烯，只是在650~700℃的高温下发生，在普通热裂化和焦化的条件下并不发生这类反应。

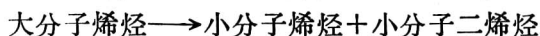
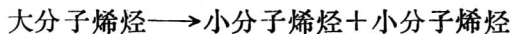
4. 烯烃

虽然直馏馏分油和渣油中几乎不含烯烃，但是以上几种烃类的热化学反应几乎都生成烯烃。烯烃的热化学反应有分解、叠合和缩合等。

在温度不高时，烯烃分解成气体的反应远不及缩合反应来得快。但高分子缩合物也要产生部分分解，使缩合、分解两种反应交叉进行。因此，烯烃热化学反应产物的馏程变宽了，而且反应产物中有饱和烃、环烷烃和芳烃。提高压力有助于烯烃的叠合和缩合反应。在低温高压下，烯烃主要进行叠合反应。当温度升高到400℃以上时，裂解反应开始变得重要起来，断裂的位置一般在双键的β位置上。

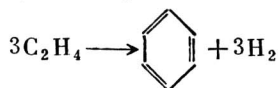
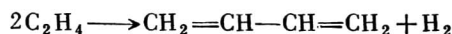


烯烃的分解反应有两种形式：



其中二烯烃非常不稳定，其叠合反应具有链锁反应的性质，生成分子量大的叠合物，甚至缩合成焦炭。

温度超过600℃时，烯烃的缩合反应变得重要起来，缩合成二烯烃、芳烃等产物。



5. 胶质和沥青质

胶质和沥青质在高温条件下和稠环芳烃具有相同的倾向，即发生缩合反应，最后生成焦炭。

在加热条件下，烃类的化学反应基本上向两个方向进行：裂解反应和缩合（包括叠合）反应。裂解反应生成较小的烃类分子，缩合反应则生成较大的烃类分子。烃类的热化学反应是一种复杂的同时进行的各种反应。各种进行的热化学反应不会停留在某一阶段上，而是继续不断地进行下去。随着时间的延长，裂解反应生成分子越来越小、沸点越来越低的烃类（如气体烃）；缩合反应生成分子越来越大的稠环芳烃。高度缩合的结果是产生胶质、沥青质，最后生成碳氢比很高的固体焦炭。

二、石油馏分及重、残油的热化学反应

石油馏分和重油、残油是各种烃类的复杂混合物。它们的热化学反应遵循前述单体烃的反应规律，但决不是各种单体烃化学反应的简单总和。它们在混合裂化时各种烃类会互相影响，并且原料和反应产物之间、反应产物和反应产物之间还将发生反应。所以，石油馏分及重、残油的热化学反应是一种按分解和缩合两个方向进行的复杂的平行顺序反应。如图5-1所示。

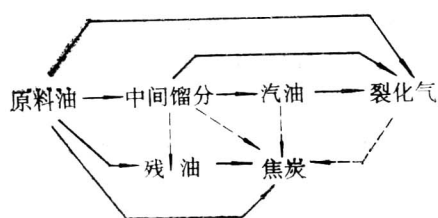


图 5-1 平行—顺序反应示意图

由于石油馏分、重油、残油的热化学反应是按分解和缩合两个方向进行的平行顺序反应，所以反应后所得产物的馏分范围要比原料油的馏分范围宽得多，并且还得到裂化气体和焦炭等产物。

石油馏分及重、残油在受热发生热裂化时，首先裂解的是那些对热不稳定的烃类。

各类烃热稳定性顺序为：烷烃 < 烯烃 < 二烯烃 < 环烷烃（六元环） < 环烷烃（五元环） < 芳烃。

各类烃裂化反应能力顺序为：烷烃 > 环烷烃 > 芳烃 > 芳烃/环烷烃 > 多环芳烃。

两个排列是一致的。所以对相同沸点范围的原料油，含烷烃越多越容易裂化，含环烷烃及烯烃多的次之，含芳烃多的原料油最难裂化。对相同烃类组成的原料油，则越重越容易裂化。我国原油多属石蜡基原油，是理想的热裂化原料。

如果将一定石油馏分进行多次反复裂化，比较每次裂化得到的与原料油馏分相同的馏分的密度，发现一次比一次大。再比较每次裂化的汽油产率，则逐渐减少。如表 5-2 所示。这

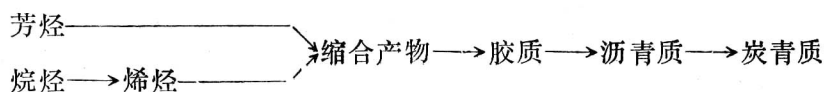
表 5-2 某含蜡馏分油“相继裂化”结果

编 号	400℃时 裂化时间 min	200℃以前 汽油产率 %	密 度 (20℃), g/cm ³		裂化速度 (每分钟生成 汽油, %)	裂化馏分 对原料, %
			200℃以前 的汽油	200~300℃ 馏分油		
1	16.2	19.7	0.737	0.838	1.22	100.0
2	41.0	23.5	0.743	0.852	0.57	36.5
4	57.0	16.7	0.764	0.910	0.27	13.1
6	60.0	9.9	0.812	0.963	0.16	5.5
9	80.0	6.9	0.854	0.982	0.086	2.2

说明油料经过裂化后，热稳定性高的烃类——芳烃的含量高了。这些热稳定性高的芳烃，部分是原料中原有的，部分是裂化反应时生成的。芳烃含量高，自然导致了裂化反应速度的显

著下降和汽油产率的下降。

在热分解反应进行的同时，由于缩合反应还产生相当数量沸点高于原料油的缩合产物。缩合产物可由芳烃自己缩合而得，也可由芳烃和不饱和烃缩合而得。不饱和烃的叠合反应虽也能产生高沸点烃类，但在讨论的反应条件范围内，此种反应比较次要。缩合产物是稠环芳烃，也包括胶质、沥青质。当反应加深时，经过一系列缩合作用，便开始生成碳氢比很高的炭青质即焦炭。芳烃的热稳定性高，在单独进行反应时，不仅裂解反应速度低，而且生焦速度也低。例如在450℃下进行热反应，欲生成1%的焦炭，烷烃(C₂₅H₅₂)要144min，十氢萘要1650min，而萘则需67000min。但是如果将萘和烷烃或烯烃混合后进行反应则生焦速度显著提高。实验也证明，石油馏分热裂化时焦炭的生成，往往比单体烃类裂化时要快得多。根据多次试验结果，焦炭生成的过程大致可以描述如下：



含胶质多的原料油，如用不含胶质及对热很稳定的油品稀释，可以使生焦量减少。

由此可见，当两种化学组成不同的原料油混合进行热裂化反应时，生成的焦炭可能比它们单独裂化时增多，也可能减少。

原料油的化学组成对生焦有重要影响，生焦速度随原料中芳烃含量增大而增大，多胶高沸点馏分比少胶低沸点馏分容易生焦。

三、渣油热反应中焦炭形成机理

渣油是各种大分子烃类及非烃类的复杂混合物，其组成可分为饱和烃、芳烃、胶质和沥青质四个组分。每一组分代表一族化学性质相近的化合物。我国大庆和胜利渣油的特性如表5-3所示。

表 5-3 大庆和胜利渣油特性

项 目	常 压 渣 油		减 压 渣 油	
	大 庆	胜 利	大 庆	胜 利
渣油收率, % (重)	73.4	80.2	43.8	49.3
相对密度, d_4^{20}	0.9086	0.9446	0.9334	0.9800
康氏残炭, % (重)	4.35	8.54	7.6	13.95
灰 分, % (重)	0.002	0.032	0.003	0.055
分子量	563	593	1008	1085
元素分析, C, % (重)	86.56	86.36	87.17	85.35
H, % (重)	12.36	11.77	12.31	11.14
N, % (重)	0.28	0.80	0.37	1.02
S, % (重)	0.13	1.06	0.17	1.39
V, ppm	0.4	3.3	0.8	5.3
Ni, ppm	4.8	39.2	7.9	64.0
H/C (原子比)	1.74	1.62	1.68	1.55
饱和烃, % (重)	61.4	40.0	46.3	21.7
芳 烃, % (重)	22.1	34.3	30.8	40.4
胶 质, % (重)	16.4	17.2	22.6	24.3
沥青质 (C ₅ 不溶物), % (重)	0.1	8.5	0.3	13.6
沥青质 (C ₇ 不溶物), % (重)	0.05	0.8	0.1	0.9