



Petroleum Refining
Technology and Economics
(Fifth Edition)

石油炼制技术与经济

(第五版)

【美】J. H. Gary G. E. Handwerk M. J. Kaiser 著
孙丽丽等 译



中国石化出版社

[HTTP://WWW.SINOPEC-PRESS.COM](http://www.sinopec-press.com)

责任编辑：张国艳
责任校对：李 伟
封面设计：七星博纳



Petroleum Refining Technology and Economics

(Fifth Edition)

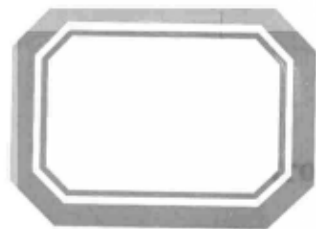
 **CRC Press**
Taylor & Francis Group

上架建议：石油化工

ISBN 978-7-5114-2022-0



定价：80.00元



leum Refining Technology and Economics
(Fifth Edition)

石油炼制技术与经济

(第五版)

【美】J. H. Gary G. E. Handwerk M. J. Kaiser 著
孙丽丽等 译

中国石化出版社

内 容 提 要

本书系统叙述了石油炼制工艺过程及其相关的技术与经济。主要内容包括:炼油厂总流程、原料和产品、原油蒸馏、焦化和减黏裂化过程、催化裂化、加氢裂化、重油加氢处理与渣油加工、加氢处理、催化重整和异构化、烷基化和叠合、辅助工艺过程、润滑油调和料、石油化工原料、用炼油厂原料生产添加剂、产品调和、炼油厂经济与规划、投资估算和经济评价等。书中附录包括炼油名词解释、美国矿务局的一些原油常规分析、基本工程数据和评价问题例解等。

本书可供从事石油炼制和石油化工领域的科研、设计、建设、技术管理、生产操作人员以及高等院校相关专业的师生阅读与参考。

著作权合同登记 图字:01-2011-3549号

Petroleum Refining Technology and Economics (Fifth Edition)/J. H. Gary, G. E. Handwerk, M. J. Kaiser/ISBN 978-0-8493-7038-8

Copyright © 2007 by Taylor&Francis Group, LLC. All Rights Reserved.

Authorized translation from English language edition published by CRC Press, part of Taylor&Francis Group LLC.

Copies of this book sold without a Taylor & Francis sticker on the cover are unauthorized and illegal.

本书中文简体翻译版授权由中国石化出版社独家出版并限在中国大陆地区销售。未经出版者书面许可,不得以任何方式复制或发行本书的任何部分。

本书封面贴有 Taylor & Francis 公司防伪标签,无标签者不得销售。

图书在版编目(CIP)数据

石油炼制技术与经济:第5版/(美)加里(Gary, J. H.), (美)汉德韦克(Handwerk, G. E.), (美)凯泽(Kaiser, M. J.)著;孙丽丽等译.

—北京:中国石化出版社,2013.6

书名原文:Petroleum Refining Technology and Economics (Fifth Edition)

ISBN 978-7-5114-2022-0

I. ①石… II. ①加… ②汉… ③凯… ④孙… III. ①石油炼制-生产工艺
IV. ①TE624

中国版本图书馆CIP数据核字(2013)第092210号

未经本社书面授权,本书任何部分不得被复制、抄袭,或者以任何形式或任何方式传播。版权所有,侵权必究。

中国石化出版社出版发行

地址:北京市东城区安定门外大街58号

邮编:100011 电话:(010)84271850

读者服务部电话:(010)84289974

<http://www.sinopec-press.com>

E-mail:press@sinopec.com

北京科信印刷有限公司印刷

全国各地新华书店经销

*

787×1092毫米16开本21.25印张4插页499千字

2013年7月第1版 2013年7月第1次印刷

定价:80.00元

译者说明

美国 J. H. Gary 和 G. E. Handwerk 于 1980 年出版了“石油炼制技术与经济(Petroleum Refining Technology and Economics)”书籍,该书系统叙述了石油炼制工艺过程及其相关的技术与经济,深受广大读者欢迎。1982 年,作者对原著进行了一次修订。原中国石油化工总公司北京设计院的工程技术人员对该版书进行了翻译,并于 1991 年由中国石化出版社正式出版。

随着原油资源的多元化、重质化和劣质化以及世界环境保护法规和条例的日趋严格,炼油工业面临着严峻挑战,这些变化对现代化炼油厂的加工方案、所需的加工装置及经济评价都会产生影响。为此, J. H. Gary、G. E. Handwerk 和 M. J. Kaiser 对原著进行了第四次修订工作,于 2007 年出版了“石油炼制技术与经济(Petroleum Refining Technology and Economics)”(第五版)。该版本在描述主要炼油工艺过程的同时,也介绍了石油及石油产品的物理和化学性质,并给出了所有主要炼油装置及辅助加工装置的典型产品收率、投资和操作成本的测定数据以及炼油厂经济与规划、投资估算和经济评价等。该版本还补充了减黏裂化、渣油加氢处理和用炼油厂原料生产添加剂等工艺过程。新版本更突出原著的系统性、理论性、专业性和实用性。

为了将第五版“石油炼制技术与经济”介绍给广大中国读者,中国石化出版社委托中国石化工程建设有限公司孙丽丽副总经理组织该版的翻译工作。参加翻译工作的有应江宁、刘雪梅、孙其华和胡德铭,赵文忠、蒋荣兴、胡德铭和朱敬镐校核了译稿,最后全部书稿由孙丽丽审定。在本书翻译的过程中,得到了中国工程院徐承恩院士的指导,谨在此致谢。

由于外语水平和专业知识有限,对原文的认知和理解不够深刻,虽经多次校对、讨论和修改,缺点和错误仍然在所难免,在此真诚地期待读者的真知灼见。

序(第二版)

石油炼制工业自 1950 年以来有很大发展和变化,突出表现在加工装置大型化、新的催化加工工艺的出现、产品结构的变化以及新的原油资源(油砂和油页岩)的开发等方面,使今天炼油工业的技术和经济成为一门相当复杂的科学。

美国的杂志和文献资料对这些变化虽有详细的记载,但都不很系统,不便于参考。为此,本书对当前的炼油工业在技术和经济的基本方面作了系统的叙述,以供炼油厂经理、工程师、大学教师、大学化工毕业生或高年级学生们参考。

本书在叙述主要炼油工艺过程的同时,对石油和石油产品的物理、化学性质也作了介绍,对所有主要炼油装置包括辅助加工装置如制氢、硫磺回收等的产品产率、投资和操作费用所需的数据也作了汇集。但对炼油操作中涉及的生态问题只做了一般的名词解释。

本书所搜集的有关投资、操作费用和公用工程消耗等数据均为 1988 年的典型数据。对催化反应数据尽可能地做到能代表先进的工艺过程和专用催化剂所能达到的平均产率。这些数据均适用各种炼油装置和辅助装置的经济评价,也是炼油厂经理、工程师们作初步可行性研究时的一种方便的参考工具。当然,用这些数据作为某两个具体装置进行详细经济比较的依据还是不够准确的。所举计算例题只是为了帮助理解。

全书内容的安排是以方便用案例研究法讲课为原则。附录中提供的一些数据可供进行计算产率、公用工程消耗、操作费用和产品性质等之用。

石油化工生产以及比较陈旧的工艺如热裂化等特殊的加工装置,限于篇幅均予省略。

附录包括基本工程数据、催化剂费用、美国矿务局的一些原有常规分析、经济评价问题例解等内容。在本书各章后还注有各种有价值的参考文献。

J. H. Gary

G. E. Handwerk

序(第五版)

第四版出版后, G. E. Handwerk 的离世为新版本的筹备增加了难度, 因为他在本行业的知识和经验有助于保证本书所介绍工艺的工程造价和运行成本的质量, 并且他在设计和监督炼油厂工艺装置的施工和操作方面拥有丰富的实际经验。他是一位受很多公司欢迎的、享有很高声望的顾问工程师, 他的工作使他了解本行业所有方面的最新进展。我们深切怀念他。

M. J. Kaiser 在编制化工和石油工业的成本和公用工程数据方面很有经验, 他利用他的专长填补了 G. E. Handwerk 的离世所带来的损失。因为他的帮助以及 David Geddes 主动撰写第 14 章“炼油厂经济及规划”, 我们才有可能完成第五版。对于他们的帮助我们不胜感激。

当前, 炼油商面临着几十亿美元的设备投资以满足与真正的经济 and 环境影响无关的政治规定所提出的环保要求。法律法规所设定的指导方针在不断变化。由于设计和建造新的加工装置需要几年的交付周期, 炼油商不愿意把几百万或几十亿美元用于建造那些装置开工时可能不再满足要求的设备。当前, 炼油商正致力于开发对环境降解影响最小的新配方燃料, 并为生产再生燃料以使美国在能源需求上能做到自给自足做着大量工作。

可替代再生燃料的开发非常重要, 但这是一个长期的课题。美国国会已下令到 2012 年时美国运输燃料需求中的再生燃料要达到 7.5Ggal。听起来这个量很大, 但是以美国当前的消耗量来看, 7.5Ggal 只够用 3 个星期。

人们也希望运输燃料不仅可再生而且无污染。目前, 只有太阳能、电能和氢气是指定的无污染燃料。石油工业只有很短的时间来回收为了满足当前的法律要求而投入的高投资。很明显这个时期的幸存者将是那些利用工程师和科学家的经验和技能来获得最大效率的公司。

在编写此版本时, 我们既考虑了炼油工业新的环境情景, 也考虑了重质原油和高硫高金属原油的采用。这些特点都会对现代化炼油厂的加工方案和所需的加工设备产生影响。

本书系统地介绍了当前石油炼制技术与经济的基本层面, 供技术经理、工程师、大学教师以及化学工程专业的毕业生或高年级学生参考。此外, 本书还介绍了炼油厂燃料的环境因素以及新配方燃料在炼油厂产品分布中的地位。

本书在描述主要炼油工艺过程的同时, 也介绍了石油及石油产品的物理和化学性质, 并给出了所有主要炼油装置及辅助加工装置的典型产品收率、投资和操作成本的测定数据。

本书所给出的投资、操作费用和公用工程数据均为近年的典型平均数据。因此, 这些数据适用于各种类型炼油厂经济性的估算, 若用于竞争工艺的决策性比较则还不够精确。

反应过程的收率数据已经扩充，因此从物理性质可得出完整的物料平衡。催化反应的数据尽可能地代表有竞争力的专用催化剂和工艺的平均收率。

本书内容的编排采用个案研究法学习方式。从第4章“原油蒸馏”开始对一个案例进行研究，到第19章“经济评价”结束。附录包括了基本工程数据和炼油名词解释。有价值的参考文献注在各章之后。

我们在炼油厂的操作、设计和评估中担任过要职，也就很多炼油厂问题传授过实用的解决方法。本书的出版主要依靠我们第一手的炼油知识以及众多同事和同行所提供的专业知识。

目 录

第1章 引言	1
1.1 炼油厂工艺和操作	1
1.2 历史回顾	3
1.3 产品需求和供给	4
1.4 美国的统计数据	5
1.4.1 加工能力	5
1.4.2 处理能力增加	5
1.4.3 利用率	6
1.4.4 工业结构	6
1.4.5 地区专业化	8
1.5 世界统计数据	9
1.5.1 产品需求	9
1.5.2 加工能力	9
1.5.3 配置、复杂程度和收率	10
1.5.4 投资结构	11
1.6 行业特征	12
1.6.1 每个炼油厂都有其独特性	12
1.6.2 没有完全相同的两种原油	12
1.6.3 炼油厂的配置随着时间发展	13
1.6.4 炼油厂各不相同	13
1.6.5 炼油厂是资本密集、高度专用的长期资产	13
1.6.6 精制石油产品是商品	14
1.6.7 精制石油产品在区域市场上销售	14
1.6.8 产品价格波动	14
1.6.9 产品价格与原油价格相关	14
1.6.10 炼油厂是价格接受者	14
1.6.11 密度降低、硫含量升高	14
1.6.12 炼油优化需多项权衡	15
1.6.13 石油炼制是能源密集型产业	15
1.6.14 炼油操作和产品会影响环境	15
1.7 炼油厂经济性	16
1.7.1 炼油厂经济性很复杂	16
1.7.2 数据来源	16
1.7.3 工业繁荣与萧条	16

1.7.4 炼油利润	17
1.7.5 投资决策	17
1.8 投资估算	17
1.8.1 数据来源	17
1.8.2 工艺技术	18
1.8.3 函数说明	18
1.8.4 公用工程需求	19
1.8.5 Nelson - Farrar 费用指数	20
1.8.6 分析的局限性	21
1.9 炼油厂的复杂程度	21
1.9.1 数据来源	21
1.9.2 装置的复杂程度	22
1.9.3 炼油厂的复杂程度	23
1.9.4 实例	23
1.9.5 广义复杂程度	24
1.10 炼油厂流程及各章概要	24
1.10.1 炼油厂产品和原料(第2章、第3章)	24
1.10.2 原油蒸馏(第4章)	24
1.10.3 焦化和热加工过程(第5章)	24
1.10.4 催化裂化(第6章)	25
1.10.5 加氢裂化(第7章)	25
1.10.6 重油加氢处理和渣油加工(第8章)	25
1.10.7 加氢处理(第9章)	25
1.10.8 催化重整和异构化(第10章)	25
1.10.9 烷基化和叠合(第11章)	26
1.10.10 产品调和(第12章)	26
1.10.11 辅助工艺过程(第13章)	26
1.10.12 炼油厂经济与规划(第14章)	27
1.10.13 润滑油调和料(第15章)	27
1.10.14 石油化工原料(第16章)	27
1.10.15 用炼油厂原料生产添加剂(第17章)	27
1.10.16 投资估算(第18章)	27
1.10.17 经济评价(第19章)	27
参考文献	27
第2章 炼油厂产品	30
2.1 低沸点产品	30
2.2 汽油	33
2.3 汽油规格	36
2.4 馏分燃料油	38

2.4.1 喷气和燃气涡轮燃料	38
2.4.2 车用柴油	39
2.4.3 机车用柴油	40
2.4.4 炉用油	40
2.4.5 残渣燃料油	41
参考文献	41
第3章 炼油厂原料	42
3.1 原油性质	42
3.1.1 API 度	42
3.1.2 硫含量	43
3.1.3 倾点	43
3.1.4 残炭	43
3.1.5 盐含量	43
3.1.6 特性因数	43
3.1.7 氮含量	44
3.1.8 馏程范围	44
3.1.9 金属含量	44
3.1.10 总酸值	45
3.2 原油的组成	45
3.2.1 烷烃	45
3.2.1 烯烃	46
3.2.3 环烷烃	46
3.2.4 芳烃	47
3.3 适合生产沥青的原油	47
习题	51
参考文献	51
第4章 原油蒸馏	52
4.1 原油脱盐	54
4.2 常压拔头装置	60
4.3 减压蒸馏	62
4.4 辅助设备	64
4.5 原油蒸馏装置的产品	64
4.6 案例研究问题：原油蒸馏装置	65
4.6.1 问题的描述	65
4.6.2 一般程序	66
习题	69
参考文献	69
第5章 焦化和热加工过程	70
5.1 石油焦的类型、性质和用途	70

5.2	延迟焦化的工艺说明	72
5.3	延迟焦化的操作	74
5.4	灵活焦化(Flexicoking)的工艺说明	78
5.5	流化焦化(Fluid Coking)的工艺说明	79
5.6	灵活焦化和流化焦化的产率	79
5.7	灵活焦化和流化焦化的投资费用和公用工程消耗	81
5.8	减黏裂化	81
5.9	延迟焦化案例和习题	84
	习题	86
	参考文献	87
第6章	催化裂化	88
6.1	流化床催化裂化	89
6.2	流化床催化裂化装置的新设计	92
6.3	裂化反应	95
6.4	烷烃裂化	97
6.5	烯烃裂化	97
6.6	环烷烃裂化	97
6.7	芳烃裂化	98
6.8	裂化催化剂	98
6.9	FCC 进料预处理	100
6.10	工艺参数	101
6.11	热回收	102
6.12	产率估算	103
6.13	投资和操作费用	107
6.14	案例研究问题:催化裂化装置	107
	习题	111
	参考文献	112
第7章	加氢裂化	114
7.1	加氢裂化反应	115
7.2	原料预处理	116
7.3	加氢裂化工艺	117
7.4	加氢裂化催化剂	118
7.5	工艺参数	119
7.5.1	反应器温度	120
7.5.2	反应器压力	120
7.5.3	空速	120
7.5.4	氮含量	120
7.5.5	硫化氢	120
7.5.6	重质多核芳香烃	120

7.6 加氢裂化收率	120
7.7 投资与操作成本	124
7.8 加氢操作的方式	125
7.9 案例问题:加氢裂化装置	125
习题	126
参考文献	127
第8章 重油加氢处理与渣油加工	128
8.1 减压塔底油的组成	128
8.2 加工方案	129
8.3 重油加氢处理	130
8.4 膨胀床加氢裂化工艺	131
8.5 移动床重油加氢处理装置	133
8.6 溶剂抽提	133
8.7 渣油加工操作综述	135
参考文献	135
第9章 加氢处理	136
9.1 加氢处理催化剂	137
9.2 降低芳烃含量	138
9.3 反应	138
9.3.1 脱硫	139
9.3.2 脱氮	139
9.3.3 脱氧	139
9.3.4 脱氯	139
9.3.5 加氢	139
9.3.6 加氢裂化	139
9.4 工艺参数	140
9.5 投资与操作成本	140
9.6 案例问题:加氢处理装置	141
习题	143
参考文献	144
第10章 催化重整和异构化	145
10.1 反应	145
10.1.1 脱氢反应	146
10.1.2 异构化反应	148
10.1.3 加氢裂化反应	148
10.2 原料预处理	149
10.3 催化重整工艺	149
10.4 重整催化剂	152
10.5 反应器设计	152

10.6	收率和成本	153
10.7	异构化	156
10.8	投资与操作成本	157
10.9	异构化收率	158
10.10	案例问题:石脑油加氢处理装置、催化重整装置和异构化装置	158
	习题	160
	参考文献	161
第11章	烷基化和叠合	162
11.1	烷基化反应	162
11.2	工艺参数	164
11.3	烷基化原料	165
11.4	烷基化产品	165
11.5	催化剂	166
11.6	氢氟酸工艺	166
11.7	硫酸法烷基化工艺	169
11.8	工艺对比	171
11.9	烷基化收率和成本	171
11.10	安全问题	173
11.11	叠合	174
11.12	案例问题:烷基化和叠合	176
	习题	177
	参考文献	178
第12章	产品调和	180
12.1	雷德蒸气压(RVP)	181
12.1.1	[例1]	181
12.1.2	[例2]	184
12.2	辛烷值的调和	184
12.3	其他性质的调和	185
12.4	案例问题:汽油调和	189
12.5	案例问题:柴油燃料调和与喷气燃料调和	191
12.5.1	柴油燃料调和与家庭炉用燃油调和	191
12.5.2	喷气燃料调和	192
	习题	192
	参考文献	193
第13章	辅助工艺过程	194
13.1	制氢与净化	194
13.2	气体加工装置	197
13.3	酸性气脱除	200
13.3.1	化学溶剂过程	200

13.3.2 物理溶剂过程	200
13.3.3 干吸附剂	200
13.4 硫回收过程	202
13.4.1 改进的克劳斯过程	202
13.4.2 碳-硫化合物	204
13.4.3 SCOT 过程	205
13.5 石油炼制过程中的生态因素	206
13.6 废水处理	206
13.7 炼油厂大气污染的控制	207
13.8 炼油厂噪音等级的控制	207
13.9 案例问题: 气体回收装置、胺吸收装置和硫回收装置	207
参考文献	210
第 14 章 炼油厂经济与规划	211
14.1 线性规划法概述	211
14.2 炼油厂线性规划模型	212
14.3 经济与规划应用	214
14.3.1 原油评价	214
14.3.2 每月生产计划	216
14.3.3 日常操作最优化	216
14.3.4 产品调和与定价	216
14.3.5 停工规划	217
14.3.6 多炼油厂供给与分配	217
14.3.7 年度预算	218
14.3.8 投资研究	218
14.3.9 环境研究	218
14.3.10 技术评价	219
习题	219
参考文献	220
第 15 章 润滑油调和料	221
15.1 润滑油加工过程	222
15.2 丙烷脱沥青	222
15.3 黏度指数改进与溶剂抽提	224
15.3.1 糠醛抽提	224
15.3.2 酚抽提	224
15.3.3 NMP 抽提过程	225
15.4 黏度指数改进与加氢裂化	226
15.5 脱蜡	226
15.5.1 溶剂脱蜡	226
15.5.2 丙烷	227

15.5.3 酮类	227
15.5.4 酮类溶剂脱蜡	227
15.5.5 稀释冷冻脱蜡	228
15.5.6 丙烷脱蜡	228
15.5.7 选择性加氢裂化	229
15.6 加氢补充精制	229
15.7 白土补充精制	230
15.8 环境影响	230
参考文献	230
第 16 章 石油化工原料	231
16.1 芳烃生产	231
16.1.1 芳烃的溶剂抽提	231
16.1.2 芳烃分离	233
16.1.3 苯	236
16.2 不饱和烃类生产	236
16.3 饱和烷烃	237
16.3.1 正构烷烃	237
16.3.2 环烷烃	237
参考文献	238
第 17 章 用炼油厂原料生产添加剂	239
17.1 醇类和醚类的使用	239
17.2 生成醚类的反应	240
17.2.1 甲基叔丁基醚 (MTBE)	241
17.2.2 甲基叔戊基醚 (TAME)	241
17.3 醚类生产工艺	241
17.4 产率	242
17.5 乙醚生产成本	242
17.6 异丁烯生产	244
17.7 工业化脱氢工艺	244
17.8 Houdry 公司的 CATOFIN 工艺	245
17.9 ConocoPhillips 石油公司的 STAR 工艺	245
17.10 UOP LLC 公司的 OLEFLEX 工艺	245
17.11 Snamprogetti - Yarsintez 公司的工艺	246
17.12 用异丁烷生产异丁烯的成本	246
17.13 国际纯粹与应用化学联合会 (IUPAC) 的命名	246
17.14 异辛烯和异辛烷生产	247
参考文献	247
第 18 章 投资估算	249
18.1 经验估算法	249

18.2	投资-曲线估算法	249
18.3	主要设备因数估算法	250
18.4	详细估算法	250
18.5	投资估算法的汇总形式	250
18.6	储运设施	251
18.7	占地和储存要求	251
18.8	蒸气系统	252
18.9	冷却水系统	252
18.10	其他公用工程系统	252
18.10.1	其他工程	252
18.10.2	特殊费用	253
18.10.3	不可预见费	253
18.10.4	涨价因素	253
18.10.5	工厂位置	253
18.11	投资估算技术的应用	254
18.11.1	例题说明	254
18.11.2	需要的加工方法	255
18.11.3	催化重整	256
18.11.4	石脑油脱硫	258
18.11.5	年直接操作费用计算	259
	习题	263
	参考文献	264
第19章	经济评价	265
19.1	定义	265
19.1.1	折旧	265
19.1.2	流动资金	265
19.1.3	年现金流量	265
19.1.4	敏感度分析	265
19.1.5	产品和原材料价格估算	266
19.2	原始投资利润率	266
19.3	支付时间	266
19.4	折现现金流量利润率	266
19.4.1	开工前的支出	267
19.4.2	开工时的支出	267
19.4.3	开工后的收入	267
19.5	案例和问题: 经济评价	269
19.6	案例和问题: 经济题解	271
19.6.1	储罐费	271
19.6.2	投资费用	272