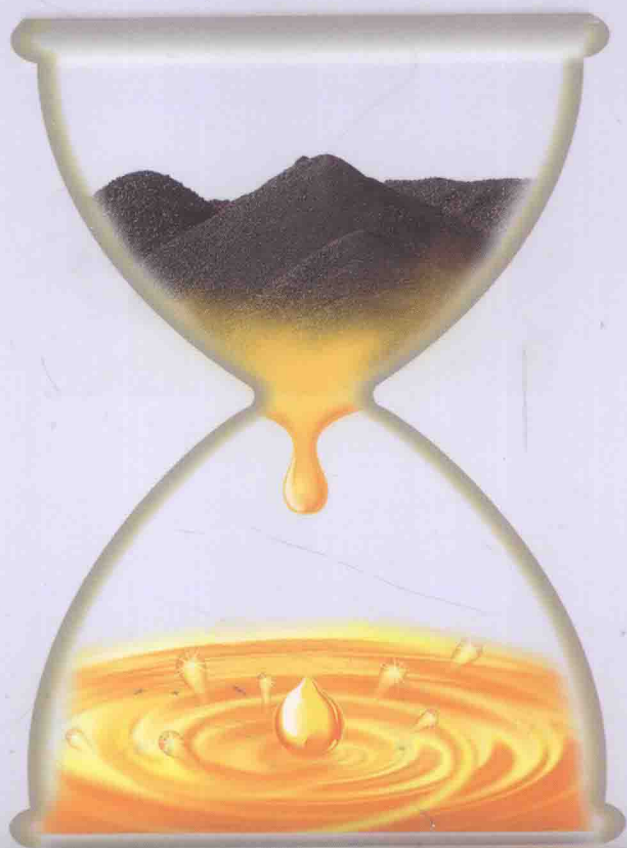


费-托法炼油技术

FISCHER-TROPSCH REFINING

[南非] Arno de Klerk 著 华炜 译



中国石化出版社

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

费 - 托法炼油技术

Fischer-Tropsch Refining

[南非] Arno de Klerk 著

华 炜 译

中国石化出版社

著作权合同登记 图字:01-2013-4645 号

All Rights Reserved. Authorised translation from the English language edition published by John Wiley & Sons Limited. Responsibility for the accuracy of the translation rests solely with China Petrochemical Press and is not the responsibility of John Wiley & Sons Limited. No part of this book may be reproduced in any form without the written permission of the original copyright holder, John Wiley & Sons Limited.

中文版权为中国石化出版社所有。版权所有,不得翻印。

图书在版编目(CIP)数据

费-托法炼油技术 / (南非) 科勒克 (Klerk, A.) 著;
华炜译. —北京:中国石化出版社, 2013.11
ISBN 978-7-5114-2506-5

I. ①费. II. ①科… ②华… III. ①石油炼制
IV. ①TE62

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 274285 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 31.25 印张 745 千字
2014 年 1 月第 1 版 2014 年 1 月第 1 次印刷
定价:95.00 元

译者序

石油的广泛应用带动了世界经济的快速发展,促进了人类社会的进步。作为使用便捷的液体燃料,汽油、煤油和柴油已成为日常交通运输的大宗燃料产品,给人们的交通出行和货物贸易运输带来了极大的便利。以石油和天然气为原料的一系列基本有机化工产品更是现代三大合成材料(合成纤维、合成橡胶、合成树脂)、合成氨和合成洗涤剂工业的基石。石油和天然气已与人类的现代生活发生着千丝万缕的联系。

但要看到,全球经济的快速增长刺激了对石油和天然气消费需求的大幅攀升,已远超其已探明的地质储量和可采储量。石油和天然气供给不足已是客观事实,毋庸置疑,而当前世界也正处于能源更替的转折点。这种变化及转折,促进了煤制油、煤制天然气、煤制烯烃和费-托法炼油等技术的发展。预计近几十年这种变化和发展趋势会一直持续。

为了降低对进口石油的依赖,中国正在积极开展替代石油领域的技术研发工作。中国煤炭资源相对丰富,发展煤制油工业是可以选择的途径。除了煤直接液化技术外,煤制合成气+费-托合成生产油品的路线(又称煤间接液化技术)也是可行的、有发展前途的技术路线。

翻译《Fischer-Tropsch Refining》这部著作的目的,就是想向中国读者系统介绍费-托炼油的一些观点;同时,使读者较为系统地了解费-托合成、费-托炼油技术,了解交通运输燃料标准同费-托炼油之间的关系。

费-托合成及费-托炼油在技术上是成熟的工艺,但在经济性方面,总的来说,目前仍无法与石油产品竞争。费-托炼油技术的发展趋势是开发高附加值的产品,除了生产交通运输燃料外,还可以生产多种优质非燃料产品,如:生产高性能的内燃机油,生产符合更高环保标准要求的低黏度、低挥发性的润滑油基础油等。以高附加值产品为生产目标,可有效提升费-托炼油技术的经济性。

参与本书翻译工作的还有范群生、安宁、李文骏、黄志成、沈聪、苏剑峰、高晴等

人。此外,陈锬、曹国庆、邱宇、田洁、辛娜、范丽嘉、崔洋、王晨育诸同志也对本书的翻译编校工作做出了贡献。本书在编写和出版过程中,得到了中国石化出版社的大力支持和帮助。在此一并致谢!

鉴于译者的专业知识和在该领域的经验有限,表述和选词难免有欠缺和不妥之处,敬请读者指正。

译 者

2013年10月

前 言

人生的旅程有时非常出人意料。大学毕业后,我一直梦想成为一名法学家,致力于让世界变得更美好。三年后,我却走上了另一条路。作为一名年轻的工艺工程师,目标也因此发生了变化,我只能安慰自己说可以通过其他途径让世界变得更美好。于是,我开始了在合成液体炼制行业的职业生涯。

能源行业在很大程度上依赖于看上去不可预知的原油价格。受全球各种力量作用而波动的原油价格,决定着合成液体行业的发展前景。虽然时下煤制油(CTL)和气制油(GTL)是经济合算的工艺,但以后可能就不尽然了。这种发展和变化趋势会一直持续,预计近几十年也会如此。

一个理想主义者面对能源行业的种种现实,以及在权势和利益驱动下的浮躁决策,是十分痛苦的。由于无法研发出一种技术使合成液体的炼制完全匹配油价走势,因此导致了炼制的效率较低,同时造成了对合成液体炼制的一种错误印象。对于合成液体行业以经济效益为主导的装置“停-开-停-开”循环模式,对其研究并无意义。当间接液化的经济性不佳时,技术诀窍也无经济性可言,这种循环模式也经过了多次修改。

本书致力于向各位读者介绍并阐述费-托合成原油炼制的一些观点,以期通过费-托合成,为间接液化的“停-开-停-开”利益模式提供合适的手段和方法。目前,除了一些讨论费-托合成的著作中的某些章节提到过该问题,还没有其他著作涉及到该主题。在 Ed Furimsky 和笔者最近出版的《费-托合成原油炼制中的催化作用》(Catalysis in the Refinin of Fischer-Tropsch Syncrude)一书中,谈到了费-托炼制相关的催化作用。为了力求避免重复和赘述,在本书中没有过多讨论。本书重点讨论了催化作用的应用、工艺、炼制技术以及与费-托合成原油炼制相关的炼厂设计。

在本书写作过程中,对内容的设置进行了一些安排。由于笔者在该领域的经验所限,书中有些欠缺之处无法克服。在此提醒广大读者注意。

① 全书用到了国际理论和应用化学联合会(IUPAC)的术语。许多行业内的读者,或许还有些学术界的读者会不太熟悉。例如,我们通常会用俗语的链烷烃(paraffins)和烯烃(olefins),而不是用书面语的链烷烃(alkanes)和烯烃(alkenes)。但是通过阅读已出版的有关费-托合成方面的著作可以看出,保持术语的一致性还是值得肯定的。此外,有必要经常检索哪些化合物或者混合物的口语化描述在 80 年前还会用,而如今却相当罕见。作为变通,也为了增强本书的可读性,本书在 IUPAC 术语后的括号里注明了其常用名和术语。对于常用名清晰易懂且在 IUPAC 术语中也承认的情况,则使用为人熟知的

名称。例如：可用邻二甲苯(o-xylene)，而不用1,2-二甲苯(1,2-dimethylbenzene)。

② 在化学结构中，除非是为了增强可读性，一般不标注氢原子。符号“R”指一个烷基或氢，符号“M”指一个金属原子。

③ 除某些例外的情况，本书使用国际标准单位。不是所有数量单位都要转化为以每秒为基准的数量单位，一般用更常用的时间周期来表示生产能力和流量。既然本书的主题是炼制，很显然，不可避免地会使用每日桶数(bbl/d)为单位。

④ 在本书探讨交通运输燃料标准的章节中，燃料性能的测定主要指美国测试与材料协会(ASTM)的测试方法。当然石油研究院(IP)、国际标准化组织(ISO)和其他相关美国国内机构也有类似的测试方法。以其中一种，而不用其他方法作为参照，并无任何价值倾向和评判偏好。

⑤ 交通运输燃料标准是由各国针对本国情况制定的，并且在不断变化。全球通用的标准目前很难提供，而且往往很快便过时了。本书主要参照欧洲车用汽油标准(EN228:2004)和柴油标准(EN590:2004)以及世界燃油规范(WWFC)。航空燃料也是如此，在此笔者选择了DEF-STAN91-91 Issue 6标准。此选择没有任何价值评判。本书针对基本原理和标准的探讨只是对事实进行说明和例证。

⑥ 炼制包含转化和分离工艺，本书主要探讨的是转化工艺。这并不是说分离工艺不如转化工艺重要。在多数情况下，燃料炼制的问题就是分离的低效和转化的高效。在石化原料炼制中，这两个角色有时会互相转换，但转化工艺一直都是重点。

⑦ 对于化合物的定义和量化，书中颇费笔墨。如果在某个章节下有些化合物或化合物种类未被提及，并不代表其不存在。在费-托炼制的文献中，含氧化合物，特别是水相产品往往被忽略，或者受关注相对较少。这种偏见有可能纠正，可并非在所有情况下都能改正。

⑧ 《费-托合成原油炼制中的催化作用》(Catalysis in the Refin of Fischer-Tropsch Syncrude)一书深入探讨了费-托原油炼制所需的催化作用，还包括对合成原油炼制专利文献的回顾。因此，对专利文献和催化作用相关文献的引用在本书中也较少。然而，鉴于催化作用对合成原油炼制的重要性，在炼制条件下的相关探讨是必须的。

⑨ 本书尽量全面、细致地探讨了合成原油炼制技术，但本书并不是一本关于炼油的通用文本。在本书中，并没有对每项技术都给出工艺流程图，同时也是为了不直接复制有关原油炼制文献上的相关资料。除了对合成原油炼制有直接影响的相关细节，如流化催化裂化(FCC)装置的压力，物料平衡在本书中并未涉及。

⑩ 本书用一定的篇幅介绍了原油炼制、交通运输燃料标准和合成原油炼制之间的关系。但是本书重点关注的是费-托合成原油的炼制，目标读者是对原油炼制转化工艺有一定认识的人士；否则虽然可以读懂，但阅读起来会比较吃力。

Arno de Klerk

2010年12月于加拿大阿尔伯塔省埃德蒙顿

目 录

第 1 部分 概 述

第 1 章 费 - 托合成装置概览	(3)
1.1 引言	(3)
1.2 原料制合成气	(3)
1.3 合成气制合成原油	(7)
1.4 合成原油到产品的转化	(8)
1.5 间接液化的经济性	(11)
参考文献	(15)
第 2 章 炼制和炼厂概览	(18)
2.1 引言	(18)
2.2 传统原油	(19)
2.3 原油炼制的产品	(24)
2.4 原油炼厂的演进	(25)
参考文献	(36)

第 2 部分 费 - 托合成原油生产

第 3 章 合成气生产、净化和调节	(41)
3.1 引言	(41)
3.2 原料	(41)
3.3 天然气制合成气	(43)
3.4 从固体碳资源生产合成气	(46)
3.5 合成气净化	(53)
3.6 合成气调节	(54)

3.7 空气分离单元	(55)
参考文献	(56)
第4章 费-托合成	(58)
4.1 引言	(58)
4.2 费-托反应机理	(58)
4.3 费-托产品选择性	(61)
4.4 费-托合成中的选择性控制	(64)
4.5 费-托催化剂失活	(70)
参考文献	(78)
第5章 费-托气体回路	(83)
5.1 引言	(83)
5.2 气体回路配置	(84)
5.3 合成原油的冷却和分离	(86)
参考文献	(91)

第3部分 工业化的费-托装置

第6章 德国费-托装置	(95)
6.1 引言	(95)
6.2 合成气的生产	(96)
6.3 费-托合成	(97)
6.4 费-托炼制	(102)
6.5 炼厂设计的讨论	(108)
参考文献	(109)
第7章 美国 Hydrocol 装置	(111)
7.1 引言	(111)
7.2 合成气的生产	(112)
7.3 费-托合成	(112)
7.4 费-托炼制	(114)

7.5 炼厂设计的讨论	(118)
参考文献	(119)
第8章 Sasol 1厂	(120)
8.1 引言	(120)
8.2 合成气的生产	(121)
8.3 费-托合成	(123)
8.4 费-托炼制	(127)
8.5 Sasol 1厂的演变	(134)
8.6 关于炼厂设计的讨论	(139)
参考文献	(140)
第9章 Sasol 2厂和 Sasol 3厂	(143)
9.1 引言	(143)
9.2 合成气的生产	(144)
9.3 费-托合成	(145)
9.4 费-托炼制	(147)
9.5 Sasol 合成燃料的发展	(158)
9.6 炼厂设计的讨论	(168)
参考文献	(170)
第10章 Mossgas 工厂	(173)
10.1 引言	(173)
10.2 合成气的生产	(174)
10.3 费-托合成	(175)
10.4 费-托炼制	(177)
10.5 PetroSA 工厂的演变	(181)
10.6 炼厂设计的讨论	(181)
参考文献	(182)
第11章 壳牌中间馏出油合成(SMDS)厂	(184)
11.1 引言	(184)

11.2 民都鲁 GTL 合成气的生产	(185)
11.3 民都鲁 GTL 的费-托合成	(186)
11.4 民都鲁 GTL 的费-托炼制	(187)
11.5 Pearl GTL 工厂	(189)
11.6 炼厂设计的讨论	(190)
参考文献	(191)
第 12 章 Oryx GTL 工厂和 Escravos GTL 工厂	(192)
12.1 引言	(192)
12.2 Oryx GTL 工厂的合成气生产	(193)
12.3 Oryx GTL 工厂的费-托合成	(194)
12.4 Oryx GTL 中的费-托炼制	(195)
12.5 炼油厂设计讨论	(197)
参考文献	(198)

第 4 部分 合成交通运输燃料

第 13 章 车用汽油	(203)
13.1 引言	(203)
13.2 车用汽油标准	(204)
13.3 车用汽油性质	(206)
13.4 航空汽油	(213)
13.5 未来车用汽油标准的变化趋势	(214)
参考文献	(215)
第 14 章 喷气燃料	(217)
14.1 引言	(217)
14.2 喷气燃料标准	(217)
14.3 喷气燃料的性质	(220)
14.4 未来喷气燃料标准的变化	(225)
参考文献	(226)

第 15 章 柴油燃料	(228)
15.1 引言	(228)
15.2 柴油燃料标准	(229)
15.3 柴油燃料性质	(230)
15.4 影响炼油厂设计的柴油燃料添加剂	(238)
15.5 未来柴油燃料标准变化	(239)
参考文献	(239)

第 5 部分 炼油技术

第 16 章 炼制技术选择	(245)
16.1 引言	(245)
16.2 加氢处理	(247)
16.3 氧的添加与脱除	(249)
16.4 烯烃转化	(252)
16.5 烷烃转化	(257)
16.6 渣油转化	(261)
16.7 费-托炼制技术选择	(263)
参考文献	(265)
第 17 章 脱水、醚化和水合	(272)
17.1 引言	(272)
17.2 脱水	(272)
17.3 醚化	(278)
17.4 水合	(282)
参考文献	(284)
第 18 章 异构化反应	(287)
18.1 引言	(287)
18.2 反应化学过程	(288)
18.3 骨架异构反应	(290)
18.4 加氢异构化	(292)

参考文献	(297)
第 19 章 齐聚反应	(299)
19.1 引言	(299)
19.2 反应化学过程	(301)
19.3 催化作用	(303)
19.4 合成原油加工技术	(312)
参考文献	(314)
第 20 章 芳烃烷基化	(318)
20.1 引言	(318)
20.2 反应原理	(319)
20.3 催化作用	(321)
20.4 合成原油加工技术	(326)
参考文献	(328)
第 21 章 裂化	(330)
21.1 引言	(330)
21.2 反应原理	(332)
21.3 热裂化	(340)
21.4 催化裂化	(341)
21.5 加氢裂化	(345)
参考文献	(352)
第 22 章 重整和芳构化	(358)
22.1 引言	(358)
22.2 石脑油热重整	(360)
22.3 传统石脑油催化重整	(360)
22.4 单功能非酸 Pt/L-沸石石脑油重整	(365)
22.5 芳构化	(368)
参考文献	(374)

第 6 部分 炼厂设计

第 23 章 化学品技术	(379)
23.1 引言	(379)
23.2 正-1-烯烃(线性 α -烯烃)的生产	(380)
23.3 自氧化	(386)
参考文献	(394)
第 24 章 炼厂设计基本原则	(397)
24.1 引言	(397)
24.2 炼油厂设计理念	(397)
24.3 概念性炼油厂设计	(402)
24.4 炼油厂实际设计	(404)
参考文献	(410)
第 25 章 车用汽油炼制	(412)
25.1 引言	(412)
25.2 合成原油制车用汽油的差距分析	(412)
25.3 影响车用汽油炼制的因素	(415)
25.4 HTFT 车用汽油炼制	(422)
25.5 LTFT 合成原油炼制车用汽油	(428)
参考文献	(436)
第 26 章 航空燃料炼制	(438)
26.1 引言	(438)
26.2 合成原油制航空燃料的差距分析	(438)
26.3 影响航空燃料炼制的因素	(440)
26.4 HTFT 合成原油炼制航空燃料	(443)
26.5 LTFT 合成原油炼制航空燃料	(448)
参考文献	(451)

第 27 章 柴油炼制	(452)
27.1 引言	(452)
27.2 合成原油与柴油的差距分析	(452)
27.3 影响柴油炼制的决策	(456)
27.4 HTFT 合成原油炼制柴油	(460)
27.5 LTFT 合成原油炼制柴油	(463)
参考文献	(467)
第 28 章 化学品和润滑油炼制	(469)
28.1 引言	(469)
28.2 化学品和润滑油市场	(469)
28.3 合成原油的化学品炼制概念综述	(472)
28.4 基于费-托合成工艺的石化产品炼制	(478)
28.5 费-托合成润滑油基础油的炼制	(482)
参考文献	(485)



第1部分 概述



