



新能源译丛

The Biofuels Handbook

生物燃料手册

[美] James G. Speight (斯佩特) 等 著
李继红 邵敬爱 李佳硕 杨世关 译



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

新能源译丛

The Biofuels Handbook

生物燃料手册

[美] James G. Speight (斯佩特) 等 著
李继红 邵敬爱 李佳硕 杨世关 译



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

内 容 提 要

本书主要帮助读者了解生物质转化为燃料产品的可用方式。全书分为3篇：第一篇讲述常规燃料和非常规燃料，包括常规燃料、非常规燃料、生物质制取燃料概述、生物炼制、生物燃料；第二篇讲述木质纤维素基生物燃料，包括农作物生产燃料、农作物燃料的特性、林业资源生产燃料、木材燃料的性质；第三篇讲述废弃物衍生燃料，包括生活垃圾与工业废弃物燃料的生产及其特性、生活垃圾和工业废弃物衍生燃料的特性、垃圾填埋气的生产、垃圾填埋气的应用、费托合成技术。

本书适合作为高等院校相关专业的教学参考用书，也适合从事相关专业的技术人员阅读参考。

北京市版权局著作权合同登记号为：01-2016-9946

图书在版编目（CIP）数据

生物燃料手册 / (美) 詹姆斯·斯佩特
(James G. Speight) 等著；李继红等译. — 北京：中
国水利水电出版社，2017.11
书名原文：The Biofuels Handbook
ISBN 978-7-5170-6125-0

I. ①生… II. ①詹… ②李… III. ①生物燃料—手
册 IV. ①TK63-62

中国版本图书馆CIP数据核字(2017)第306065号

书 名	生物燃料手册 SHENGWU RANLIAO SHOUC
作 者	[美] James G. Speight (斯佩特) 等 著
译 者	李继红 邵敬爱 李佳硕 杨世关 译
出版发行	中国水利水电出版社 (北京市海淀区玉渊潭南路1号D座 100038) 网址: www.waterpub.com.cn E-mail: sales@waterpub.com.cn 电话: (010) 68367658 (营销中心)
经 售	北京科水图书销售中心 (零售) 电话: (010) 88383994、63202643、68545874 全国各地新华书店和相关出版物销售网点
排 版	中国水利水电出版社微机排版中心
印 刷	北京瑞斯通印务发展有限公司
规 格	184mm×260mm 16开本 26.5印张 628千字
版 次	2017年11月第1版 2017年11月第1次印刷
印 数	0001—1000册
定 价	98.00元

凡购买我社图书，如有缺页、倒页、脱页的，本社营销中心负责调换

版权所有·侵权必究

本书为皇家化学学会能源系列丛书分册之一，丛书主编为英国伦敦大学学院的 Julian Hunt FRS。

丛书书目为：

1. Hydrogen Energy: Challenges and Prospects (氢能源：挑战和前景)
2. Fundamentals of Photovoltaic Modules and its Applications (光伏组件的基本原理及其应用)
3. Compound Energy Systems: Optimal Operation Methods (符合能量系统：最佳操作方法)
4. Building Integrated Photovoltaic Thermal Systems: For Sustainable Developments (建筑集成光伏热能系统：可持续发展)
5. The Biofuels Handbook (生物燃料手册)

进一步信息请查询：图书销售部门，皇家化学学会，托马斯·格雷厄姆楼，科技园，米尔顿路剑桥 CB4 0WF，英国。

电话：+44 (0) 1223 420066

传真：+44 (0) 1223 420247

Email: books@rsc.org

网址: <http://www.rsc.org/Shop/Books/>

本书版权声明

《生物燃料手册》为皇家化学学会能源系列之五，这本书的目录记录可从英国图书馆获得。

除用于研究及非商业目的的公平交易，或为在著作权、设计专利许可下的私人研究、审查 1988 法案和 2003 著作权及相关权利条例，在没有英国皇家化学学会或版权所有人，或按照版权颁发的许可的情况下，英国的授权机构，或任何英国以外的机构组织不得以任何形式或以任何方式复制、存储或传输本书。

皇家化学学会不对本书中所表达的观点负责。

本书出版于皇家化学学会，托马斯·格雷厄姆楼，科技园，米尔顿路剑桥 CB4 0WF，英国。

国际标准书号：978-1-84973-026-6

国际标准刊号：1757-6741

©皇家化学学会 2011

注册慈善机构编号 207890

有关更多信息，请访问我们的网站：www.rsc.org。

译者前言

化石燃料的资源储量决定了其不可持续的命运，无论是从物理形态角度分析，还是从燃料属性角度判断，生物燃料都是化石燃料最适合和最直接的替代者，这是生物燃料在世界范围内受到广泛重视的根本原因。

为将国外优秀的新能源著作介绍给国内读者，中国水利水电出版社组织了一批图书的翻译出版工作，我们有幸承担了《生物燃料手册》一书的翻译工作。这是一本向读者系统介绍生物燃料知识的科技书，由英国皇家学会组织编写。

本书的翻译主要由华北电力大学和华中科技大学的老师合作完成。第一篇常规燃料和非常规燃料系统介绍了化石燃料和非化石燃料，由华北电力大学李继红和杨世关翻译。本篇内容同时涵盖了石化炼制和生物炼制，将石化能源作为以生物燃料为主体的图书加以专门介绍的图书并不多见，译者认为这种内容安排是本书的一大特色，因为石化炼制很多基本的原理和生物炼制相同，而且一些生物炼制的技术是石化炼制的延伸，这种安排有利于帮助读者建立起对燃料转化原理与知识的整体认知。第二篇木质纤维素基生物燃料重点介绍农林生物质燃料，由华中科技大学邵敬爱翻译。从原料来源角度，本篇将农业生物质和林业生物质进行分章介绍，从转化技术途径角度，本篇重点介绍了生化转化和热化学转化，并包含了生物质成型燃料。第三篇废弃物衍生燃料，本篇的重点是垃圾及其能源化处理，由华中科技大学李佳硕翻译。最后一部分词汇表的翻译由李继红完成。全书由李继红和杨世关校稿。

本书涉及大量专业词汇，为便于读者对照学习和理解，在翻译过程中，作者有意在正文中保留了这些词汇的英文。在翻译过程中，虽然译者按照“信、达、雅”的要求，力求更好地将原书的内容呈现给读者，但受限于能力和水平，难免存在一些瑕疵，还望读者不吝批判指正。

译者

2017年10月

前 言

石油基燃料作为完善的产品已经服务于工业和消费者一个多世纪，而且在可预见的未来各种燃料将会继续大量地依赖于源自石油的烃类燃料。然而，随着时间推移，曾经被认为是取之不尽的石油，目前正以可观的速度被消耗殆尽。随着可用石油储量的减少，有必要通过可替代技术生产液体燃料，以减轻交通燃料短缺即将产生的影响。

源于非石油能源的替代燃料的生产正在取得进展以实现燃料的平衡。比如，用植物原料生产的生物柴油不但性能与石化柴油相似，而且还具有十六烷值比石化柴油更高的优势。然而，非石油源液体燃料的生产经历了曲折的发展史。由于政治决策者无法制定有意义的政策，使得替代能源的发展进程时断时续，导致非常规燃料的生产即使有进展，也是非常缓慢。

这在很大程度上归因于原油（即汽油）价格的波动以及各级政府远见的缺乏。我们必须意识到，几十年来石油价格一直维持在足够低的水平，这阻止了许多石油消费国在国内建立合成燃料工业。然而，我们离非常规燃料生产准备不足可能促使许多国家政府采取行动的時刻越来越近。

短期内，常规燃料资源和技术支持全球能源需求的能力，将取决于能源部门如何有效地实现可利用能源资源与终端用户之间匹配，以及如何高效、经济地提供能源。这些因素直接关系到一个真正的全球能源市场的不断演变。

长远来看，倘若把能源看作一个孤立议题的话，人们不可能创造出一个可持续的能源未来。相反，需要进一步关注和考虑能源的作用，以及它与其他市场和基础设施的相互关系。更大的能源效率将取决于在共同架构下发展中国国家市场整合资源的能力。

现在，这种驱动力正在建立起合成燃料（包括生物燃料）产业，各级政府不仅要促进建立这样的产业，而且要引导其发展。要认识到合成燃料不仅仅涉及供应和需求，还有一种极具利用空间的变量化技术。

撰写本书的目的是帮助读者了解生物质转化为燃料产品的可用方式，全

书分为 3 篇：

第一篇讲述常规燃料和非常规燃料，包括常规燃料、非常规燃料、生物质制取燃料概述、生物炼制、生物燃料。

第二篇讲述木质纤维素基生物燃料。包括农作物生产燃料、农作物燃料的特性、林业资源生产燃料、木材燃料的性质。

第三篇讲述废弃物衍生燃料。包括生活垃圾与工业废弃物燃料的生产及其特性、生活垃圾和工业废弃物衍生燃料的特性、垃圾填埋气的生产、垃圾填埋气的应用、费托合成技术。

Dr. James G. Speight, PhD, DSc

Laramie, Wyoming, USA

目 录

前言

第一篇 常规燃料和非常规燃料

第 1 章 常规燃料	3
1.1 引言	3
1.2 石油炼制	5
1.2.1 脱水和脱盐	5
1.2.2 蒸馏	5
1.2.3 热处理过程	7
1.2.4 催化裂化工艺	11
1.2.5 加氢工艺	12
1.2.6 重整工艺	13
1.2.7 异构化工艺	15
1.2.8 烷基化工艺	16
1.2.9 聚合工艺	17
1.2.10 脱沥青工艺	17
1.2.11 脱蜡	19
1.3 石油产品和燃料	20
1.3.1 气态燃料	20
1.3.2 液态燃料	22
1.3.3 固态燃料	28
参考文献	28
第 2 章 非常规燃料	30
2.1 引言	30
2.2 油砂沥青	31
2.2.1 性质	32
2.2.2 沥青回收与炼制	32
2.3 煤炭	34
2.3.1 煤炭液化	34
2.3.2 煤炭气化	35
2.3.3 煤制气体燃料	37

2.3.4 液体燃料	39
2.3.5 固体燃料	39
2.4 油页岩	40
2.4.1 页岩油生产	41
2.4.2 页岩油炼制	44
2.5 天然气水合物	48
2.6 合成燃料	49
参考文献	52
第3章 生物质制取燃料概述	53
3.1 发展史	53
3.2 生物质原料	54
3.2.1 生物燃料资源	55
3.2.2 林业生物质	58
3.2.3 农业废弃物	59
3.2.4 城市垃圾	59
3.3 生物质植物化学	59
3.4 生物炼制	61
3.5 生物燃料	62
3.5.1 生物乙醇	62
3.5.2 生物柴油	64
3.5.3 生物甲醇	68
3.5.4 生物油	69
3.5.5 生物制氢	70
3.5.6 生物合成气通过费托合成生产柴油燃料	72
3.6 生物燃料：液体石化燃料的替代品	73
3.7 食物与燃料	76
参考文献	77
第4章 生物炼制	87
4.1 引言	87
4.2 生物质原料	88
4.2.1 碳水化合物	89
4.2.2 植物油	90
4.2.3 植物纤维	90
4.2.4 一般分类	91
4.3 生物炼制	92
4.4 工艺选择	94
4.4.1 直接燃烧	95

4.4.2	气化	96
4.4.3	热解	101
4.4.4	厌氧消化	102
4.4.5	发酵和水解	104
4.4.6	酯交换反应	106
4.5	生物燃料	110
4.5.1	气体燃料	110
4.5.2	液体燃料	111
4.5.3	固态燃料	112
4.6	展望	112
	参考文献	113
第5章	生物燃料	117
5.1	概述	117
5.2	组成	119
5.3	生物燃料分类	120
5.3.1	第一代生物燃料	120
5.3.2	第二代生物燃料	122
5.3.3	第三代生物燃料	122
5.4	生物燃料	123
5.4.1	生物柴油	123
5.4.2	生物醇	125
5.4.3	生物醚	127
5.4.4	生物气	127
5.4.5	生物油	128
5.4.6	合成气	129
5.5	随原料来源而变的属性	130
5.6	与石油、油砂沥青、煤和油页岩燃料的性能对比	133
5.7	燃料的规格和性能	137
	参考文献	141

第二篇 木质纤维素基生物燃料

第1章	农作物生产燃料	147
1.1	引言	147
1.2	谷类农作物的特性和组分	149
1.3	能源作物	152
1.4	转换路径	155
1.5	转化方法	156

1.5.1	厌氧消化	156
1.5.2	热解	159
1.5.3	发酵	160
1.5.4	气化	160
1.6	产物	162
1.6.1	乙醇	162
1.6.2	其他醇类	163
1.6.3	生物柴油	164
1.6.4	烃类产品	165
	参考文献	165
第2章	农作物燃料的特性	167
2.1	引言	167
2.2	醇类燃料	167
2.2.1	甲醇	170
2.2.2	乙醇	171
2.2.3	丙醇和丁醇	174
2.3	烃类燃料——汽油馏分	175
2.4	烃类燃料——柴油馏分	178
2.5	烃类燃料——其他的燃料	181
2.6	特性	183
2.7	未来需求	184
	参考文献	185
第3章	林业资源生产燃料	188
3.1	引言	188
3.2	木材的利用	190
3.3	木质生物质	192
3.3.1	木炭生产	192
3.3.2	致密成型	193
3.3.3	热电联产、区域供热和制冷	193
3.3.4	生物质	193
3.3.5	木材燃烧	194
3.3.6	木材气化	195
3.3.7	转化过程	195
3.3.8	生物质利用研究	196
3.4	木材的组成和性质	197
3.4.1	木材的化学成分	197
3.4.2	木材的类型	199

3.4.3 木材的性质	201
3.4.4 树木的质量	202
3.5 木材制取气体燃料	202
3.5.1 混合气体系统	203
3.5.2 测试程序	204
3.6 木材制取液体燃料	208
3.6.1 木材资源的能量	212
3.6.2 乙醇	212
3.6.3 甲醇	214
3.6.4 生物柴油	215
3.7 木质固体燃料	218
参考文献	219
第4章 木材燃料的性质	222
4.1 引言	222
4.2 木材的性质	222
4.3 木材燃料的性质	226
4.4 气体燃料的性质	227
4.5 液体燃料的性质	230
4.5.1 甲醇	230
4.5.2 乙醇	232
4.5.3 二甲醚	234
4.5.4 热解油和碳氢化合物	235
4.5.5 辛烷值	238
4.6 固体燃料的性质	238
4.6.1 木材和木材颗粒	239
4.6.2 木炭和焦炭	240
参考文献	242

第三篇 废弃物衍生燃料

第1章 生活垃圾与工业废弃物燃料的生产及其特性	247
1.1 简介	247
1.1.1 废弃物的来源以及种类	248
1.1.2 废弃物的环境问题	251
1.2 废弃物处理	252
1.2.1 焚烧	252
1.2.2 气化	256
1.2.3 热解和裂解	260

1.2.4 其他工艺	265
1.3 结论	277
缩略词列表	277
参考文献	278
第2章 生活垃圾和工业废弃物衍生燃料的特性	281
2.1 引言	281
2.2 气态燃料（源于厌氧消化的合成气、填埋气体和沼气）	282
2.2.1 引言	282
2.2.2 气化化学	283
2.2.3 性质	283
2.3 液态燃料	289
2.3.1 柴油替代品	289
2.3.2 传统柴油的其他混合物	294
2.3.3 类柴油燃料	294
2.3.4 生物原油和热解油	294
2.4 固体燃料	298
2.4.1 压块	298
2.4.2 颗粒燃料	300
2.4.3 热解固体	301
2.5 结论	302
缩略词列表	302
参考文献	303
第3章 垃圾填埋气的生产	305
3.1 引言	305
3.2 垃圾分类	305
3.2.1 传统城市生活垃圾填埋场	305
3.2.2 危险垃圾填埋场	306
3.2.3 建筑和碎片垃圾填埋场	306
3.2.4 表面蓄水池	306
3.2.5 生物反应器垃圾填埋场	307
3.2.6 小型垃圾填埋场	307
3.3 垃圾填埋气	308
3.4 垃圾填埋气的产生	311
3.4.1 蒸发和挥发	311
3.4.2 生物降解	311
3.4.3 化学反应	314
3.4.4 影响垃圾填埋气产生的因素	314

3.4.5 垃圾填埋气生产模型	315
3.5 气体迁移	321
3.5.1 分子泄流	322
3.5.2 分子扩散	322
3.5.3 对流	322
3.6 气体收集系统	323
3.6.1 被动气体收集系统 (PGCS)	323
3.6.2 主动气体收集系统	325
3.6.3 被动与主动气体收集系统的比较	327
3.7 生物反应器垃圾填埋场	327
3.7.1 厌氧生物反应器垃圾填埋场	327
3.7.2 好氧生物反应器填埋场	328
3.7.3 复合生物反应器填埋场	328
3.7.4 三种生物反应器的比较	328
3.7.5 生物反应器填埋效益	329
3.7.6 生物反应器填埋场设计	329
3.7.7 生物反应器填埋场的运行和维护	333
3.8 垃圾填埋场开采	334
3.9 结论	335
缩略词列表	335
参考文献	336
第4章 垃圾填埋气的应用	340
4.1 引言	340
4.1.1 气体收集	340
4.1.2 气体预处理	340
4.2 填埋场垃圾的气化	342
4.2.1 传统气化工艺	343
4.2.2 等离子体气化	343
4.3 发电	345
4.3.1 内燃机 (ICE)	345
4.3.2 汽轮机	346
4.3.3 微型燃气轮机	346
4.3.4 有机朗肯循环 (ORC)	346
4.3.5 斯特林循环发动机 (SCE)	347
4.3.6 性能比较	347
4.3.7 热电联产和热电冷三联产系统	347
4.3.8 燃料电池	348

4.4 其他用途	349
4.4.1 锅炉、水泥窑和工艺加热器	350
4.4.2 转化为高品位替代燃料	350
4.4.3 转化为天然气级别质量的气体	350
4.4.4 化工原料	351
4.4.5 垃圾填埋气燃烧火炬的热回收	351
4.4.6 垃圾填埋气用于能源产业的例子	351
4.5 环境影响	352
4.5.1 灰烬、炉渣、重金属、灰尘	352
4.5.2 烟气以及其他气体化合物	352
4.6 成本	352
4.7 政策和激励措施	353
4.8 结论	354
参考文献	354
第5章 费托合成技术	355
5.1 引言	355
5.2 费托合成 (F-T) 技术的历史和发展进程	355
5.3 合成气的生产：费托合成的前期准备	356
5.3.1 蒸汽重整	357
5.3.2 自热重整 (ATR)	358
5.3.3 联合重整	359
5.3.4 热部分氧化	359
5.3.5 催化部分氧化 (CPOX)	359
5.3.6 煤的气化	360
5.3.7 膜反应器	360
5.3.8 合成气工艺的产物	361
5.3.9 从合成气中获取高纯度的 CO 和 H ₂	361
5.4 费托合成技术的特性	362
5.4.1 费托合成的化学反应	362
5.4.2 低温和高温下的费托合成反应体系	362
5.4.3 费托反应装置的设计	363
5.4.4 费托反应的原理和产物	363
5.4.5 费托反应产物的组分组成	364
5.4.6 建立费托产物分布模型	364
5.4.7 H ₂ /CO 比例与温度对碳链生长概率的影响	368
5.5 费托合成机理和反应的选择性	369
5.5.1 费托合成机理	369

5.5.2	温度对费托反应产物选择性的影响	370
5.5.3	催化剂性能对费托反应选择性的作用：化学及结构助剂	371
5.5.4	在费托反应选择特性中压力与供给气成分的影响	371
5.6	低温费托（LTFT）反应堆	372
5.6.1	管式固定床反应器	372
5.6.2	浆料相反应器	373
5.6.3	低温费托反应动力学	374
5.6.4	LTFT 催化剂的失活	375
5.7	高温费托合成（HTFT）反应器	377
5.7.1	循环流化床（CFB）反应器	377
5.7.2	传统流化床反应器	378
5.7.3	传统流化床相比较循环流化床的优势	378
5.7.4	高温费托合成的选择性生产	380
	参考文献	381
	词汇表	384