

21世纪可持续能源丛书

生物质能资源 清洁转化利用技术

姚向君 田宜水 编著



化学工业出版社

21世纪可持续能源丛书

生物质能资源 清洁转化利用技术

姚向君 田宜水 编著



化学工业出版社

· 北 京 ·

(京) 新登字 039 号

图书在版编目(CIP)数据

生物质能资源清洁转化利用技术/姚向君, 田宜水编著.
北京: 化学工业出版社, 2005.1

(21 世纪可持续能源丛书)

ISBN 7-5025-6045-9

I. 生… II. ①姚… ②田… III. ①生物能源-转化
②生物能源-应用 IV. TK6

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2004) 第 085355 号

21 世纪可持续能源丛书

生物质能资源清洁转化利用技术

姚向君 田宜水 编著

责任编辑: 陈志良

责任校对: 宋 玮

封面设计: 于 兵

*

化学工业出版社出版发行

(北京市朝阳区惠新里 3 号 邮政编码 100029)

发行电话: (010) 64982530

[http:// www. cip. com. cn](http://www.cip.com.cn)

*

新华书店北京发行所经销

北京永鑫印刷有限责任公司印刷

三河市东柳装订厂装订

开本 720mm×1000mm 1/16 印张 16 彩插 2 字数 281 千字

2005 年 1 月第 1 版 2005 年 1 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-5025-6045-9/TK·10

定 价: 35.00 元

版权所有 违者必究

该书如有缺页、倒页、脱页者, 本社发行部负责退换

序

能源是人类社会存在与发展的物质基础。过去 200 多年，建立在煤炭、石油、天然气等化石燃料基础上的能源体系极大地推动了人类社会的发展。然而，人们在物质生活和精神生活不断提高的同时，也越来越感悟到大规模使用化石燃料所带来的严重后果：资源日益枯竭，环境不断恶化，还诱发了不少国与国之间、地区之间的政治经济纠纷，甚至冲突和战争。因此，人类必须寻求一种新的、清洁、安全、可靠的可持续能源系统。

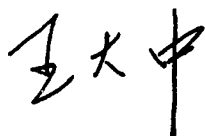
我国经济正在快速持续发展，但又面临着有限的化石燃料资源和更高的环境保护要求的严峻挑战。坚持节能优先，提高能源效率；优化能源结构，以煤为主多元化发展；加强环境保护，开展煤清洁化利用；采取综合措施，保障能源安全；依靠科技进步，开发利用新能源和可再生能源等，是我国长期的能源发展战略，也是我国建立可持续能源系统最主要的政策措施。

面临这样一个能源发展的形势，化学工业出版社组织了一批知名学者和专家，撰写了这套《21 世纪可持续能源丛书》是非常及时和必要的。

这套丛书共有 11 册，以每一个能源品种为一册，内容十分广泛、丰富和充实，包括资源评价，新的工艺技术特性介绍，开发应用中的经济性和环境影响，还涉及到推广应用和产业化发展中的政策和机制等。可以说，在我国能源领域中，这套丛书在深度和广度上都达到了较高的学术水平和实用价值，不仅为能源工作者提供了丰富的能源科学技术方面的专业知识、信息和综合分析的政策工具，而且也能使广大读者更好地了解当今世界正在走向一个可持续发展的、与环境友好的能源新时代，因此值得一读。

我们期待本丛书的出版发行，在探索和建立我国可持续能源体系的进程中作出应有的贡献。

中国科学院院士

A handwritten signature in black ink, consisting of stylized Chinese characters, likely '王大中' (Wang Dazhong).

2004 年 7 月 8 日

前 言

步入 21 世纪的今天，人类正面临着经济增长和环境保护的双重压力，能源问题是当今世界各国都面临的关系国家安全和经济社会可持续发展的中心议题。生物质能作为世界一次能源消费中的第四大能源资源，在历史长河中与人类生活密切相关，是惟一可存储和运输的可再生能源，在人类未来的能源系统中也将占有重要地位。因此改变我国传统的能源生产、消费模式，利用生物质能等清洁可再生能源，对建立可持续发展的能源系统，促进我国经济发展和环境保护具有十分重大的现实和战略意义。

全书以可持续能源发展和环境保护为主题，重点介绍生物质能资源及其清洁转化、利用技术。全书共分 10 章，包括生物质能的定义与分类、生物质能资源的生产与再生产、沼气技术、生物质燃烧技术、生物质压缩成型技术、生物质生化法转化技术、生物质热化学转化技术、生物燃料、城市固体废物能源利用技术以及生物质能开发利用技术展望等内容。

本书由姚向君和田宜水编著，在第 3 章的编写过程中，得到了邱凌教授、周孟津教授和张衍林教授的大力帮助。另外，吴文树工程师在资料收集、图形处理和文稿校对等方面做了大量的工作，崔远勃教授也提供了一些帮助，特此表示感谢。

目前，生物质能转化利用技术发展较快，其本身也是由多学科组成的交叉科学。由于时间仓促和作者水平所限，书中难免存在不足和疏漏，敬请读者批评指正。

编者

2004 年 6 月 6 日于北京



图1 植物细胞结构



图2 已经打捆的农作物秸秆



图3 生物质预处理系统



图4 Alholmen Kraft生物质能热电联产电厂(芬兰, 240MWe)



图5 生物质颗粒燃料



图6 生物质压缩成型燃料

图7 Dynamotive's生物
物质流化床快速热
解设备（加拿大）

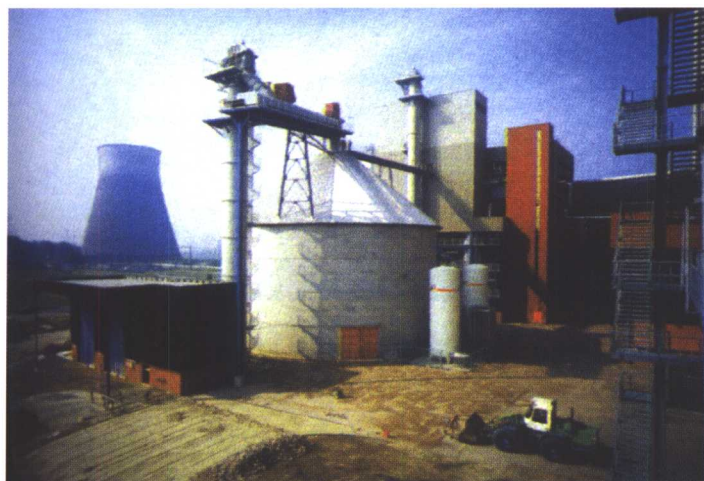


图8 生物质气化发电系统（荷兰）



图9 用生物柴油驱动的汽车（德国）



图 10 生产乙醇的工厂（美国）



图 11 用甲醇驱动的汽车（美国）

目 录

第 1 章 生物质能	1
1.1 生物质的组成与结构	1
1.1.1 光合作用	2
1.1.2 植物细胞的结构	3
1.1.3 原生质的化学组成	4
1.1.4 细胞壁的化学组成	5
1.1.5 细胞后含物	6
1.1.6 植物的组织和器官	7
1.2 生物质能资源	8
1.2.1 资源的概念	8
1.2.2 能源的概念	9
1.2.3 生物质能的分类	10
1.3 生物质能转化利用技术	11
1.3.1 生物质能转化利用技术	11
1.3.2 生命周期分析法	14
第 2 章 生物质能资源的生产与再生产	15
2.1 生物质资源的生产与再生产	15
2.1.1 生物圈的环境	15

2.1.2	生态系统	16
2.1.3	生态系统的能量流动	17
2.1.4	生态系统的物质循环	17
2.1.5	生态系统的生产与再生产	18
2.1.6	人工生产与再生产	19
2.2	生物质资源生产的周期性	19
2.2.1	植物生活周期	20
2.2.2	季节周期性	20
2.2.3	昼夜周期性	21
2.3	林业生物质能资源的生产与再生产	21
2.3.1	林业资源	21
2.3.2	薪炭林	22
2.3.3	林产品加工业废弃物	23
2.3.4	林业的可持续发展	24
2.4	农业生物质能资源的生产与再生产	24
2.4.1	农作物秸秆	24
2.4.2	农产品加工业废弃物	26
2.5	工业有机废水	27
2.5.1	几种典型的工业有机废水	27
2.5.2	废水对环境的影响	29
2.6	城市固体废物	29
2.6.1	废物的循环	30
2.6.2	城市固体废物的特性	31
2.6.3	固体废物对环境的影响	32

第3章 沼气技术 34

3.1	沼气发酵原理	34
3.1.1	沼气	34
3.1.2	沼气发酵的微生物学原理	35
3.1.3	沼气发酵的条件	39
3.2	典型的农村户用沼气池池型	47
3.2.1	底层出料水压式沼气池	48
3.2.2	曲流布料式沼气池	49
3.2.3	分离浮罩式沼气池	49

3.2.4 强旋流液搅拌沼气池	50
3.3 大中型沼气工程	51
3.3.1 大中型沼气工程的基本工艺流程	51
3.3.2 厌氧消化器	56
3.3.3 沼气净化、储存与输配系统	63
3.3.4 大中型沼气工程的运行管理	66
3.4 沼气利用设施与设备	68
3.4.1 沼气炊事灶具	68
3.4.2 沼气灯具	69
3.5 沼气的综合利用	69
3.5.1 沼气二氧化碳施肥	69
3.5.2 沼气供热孵鸡	71
3.5.3 沼气加温养蚕	72

第4章 生物质燃烧技术 73

4.1 生物质燃料与燃烧	73
4.1.1 生物质成分与特性	73
4.1.2 燃烧的基本过程	76
4.1.3 影响燃烧速度的因素	79
4.2 生物质预处理技术	80
4.2.1 农作物秸秆打捆处理	80
4.2.2 生物质干燥	80
4.2.3 生物质粉碎	81
4.2.4 生物质输送	82
4.3 省柴灶	82
4.3.1 省柴灶发展历程	83
4.3.2 省柴灶的工作过程	83
4.3.3 省柴灶的节能原理	84
4.3.4 省柴灶热性能试验	85
4.4 生物质现代化燃烧技术	87
4.4.1 层燃技术	87
4.4.2 流化床技术	90
4.4.3 悬浮燃烧技术	96
4.5 生物质燃烧发电/热电联产	97

4.5.1	汽轮机发电技术	97
4.5.2	蒸汽机发电技术	99
4.5.3	斯特林发动机发电技术	99
4.5.4	热电联产	100
4.6	生物质与煤的混合燃烧技术	102
4.6.1	直接利用	102
4.6.2	气化利用	103
4.7	主要污染物与控制技术	103
4.7.1	烟尘的生成与控制技术	104
4.7.2	NO _x 的生成与控制技术	106

第5章 生物质压缩成型技术 108

5.1	生物质压缩成型技术	108
5.1.1	压缩成型原理	108
5.1.2	压缩成型生产工艺	109
5.1.3	生物质成型燃料特性	111
5.1.4	主要用途与存在问题	112
5.2	生物质固硫型煤技术	114
5.2.1	生物质固硫型煤生产工艺	114
5.2.2	生物质固硫型煤燃料特性	114

第6章 生物质热解与直接液化技术 116

6.1	生物质热化学转化	116
6.1.1	热解技术	116
6.1.2	直接液化技术	117
6.2	生物质热解过程与原理	118
6.2.1	生物质热解的过程和产物	118
6.2.2	生物质热解的原理	120
6.2.3	影响生物质热解的因素	120
6.3	生物质炭化技术	121
6.3.1	木炭的性质	121
6.3.2	生物质炭化设备	122
6.3.3	木材干馏的工艺流程	123
6.4	生物质快速热解技术	124

6.4.1	快速热解工艺	125
6.4.2	几种热解反应器	125
6.4.3	生物原油的燃料特性	128
6.4.4	生物原油的应用	129
6.5	生物质直接液化技术	130
6.5.1	研究发展现状	131
6.5.2	直接液化工艺	131
6.5.3	液化油的特性	132

第7章 生物质气化技术 134

7.1	气化的基本原理	134
7.1.1	气化原理	134
7.1.2	气化过程的指标	136
7.1.3	气化的分类	136
7.2	生物质气化设备	138
7.2.1	固定床气化炉	139
7.2.2	流化床气化炉	141
7.3	生物质燃气	143
7.3.1	生物质燃气特性	143
7.3.2	生物质燃气的净化	146
7.3.3	生物质燃气主要用途	149
7.4	秸秆气化集中供气系统	150
7.4.1	集中供气系统	150
7.4.2	典型应用实例	151
7.4.3	经济性评价	152
7.4.4	使用时应注意的问题	153
7.5	生物质气化发电技术	153
7.5.1	内燃机气化发电系统	154
7.5.2	燃气轮机气化发电系统	154
7.5.3	整体气化联合循环	155
7.5.4	整体气化热空气循环	156

第8章 生物燃料 158

8.1	生物柴油	158
-----	------------	-----

8.1.1	化学法生产生物柴油	159
8.1.2	生物柴油的燃料特性	160
8.2	生物燃料乙醇	161
8.2.1	乙醇的燃料特性	162
8.2.2	生物质原料	163
8.2.3	发酵法制取乙醇	166
8.2.4	甜高粱茎秆制取乙醇	179
8.2.5	纤维素降解制取乙醇	180
8.2.6	燃料乙醇的应用前景	185
8.3	甲醇	186
8.3.1	甲醇的燃料特性	186
8.3.2	生产工艺	187
8.3.3	甲醇转化制汽油	190
8.3.4	甲醇-氢燃料电池	190
8.4	二甲醚	193
8.4.1	生产工艺	193
8.4.2	二甲醚作为民用燃料	194
8.5	费-托法合成燃料	195

第9章 城市固体废物能源处理技术

9.1	城市固体废物分类收集	198
9.2	城市固体废物分选回收系统	198
9.2.1	固体废物的压实	199
9.2.2	固体废物的破碎	199
9.2.3	固体废物的分选	199
9.3	焚烧处理技术	200
9.3.1	焚烧处理的要求	201
9.3.2	焚烧处理的方式和特点	202
9.3.3	几种固体废物焚烧炉	203
9.3.4	污泥的焚烧处理	207
9.4	垃圾衍生固体燃料	208
9.4.1	垃圾衍生燃料的特性	209
9.4.2	垃圾衍生燃料的生产工艺	210
9.5	热解处理技术	212

9.5.1	城市固体废物的热解	212
9.5.2	几种城市固体废物的热解设备	213
9.5.3	废塑料的热解	215
9.6	土地填埋处置技术	216
9.6.1	填埋场的运行管理	216
9.6.2	填埋气体的产生与控制	218
第 10 章	生物质能开发利用技术展望	221
10.1	一定时期生物质能仍是发展中国家主要能源	221
10.2	生物质燃料将部分替代化石燃料	224
10.2.1	能源供应展望	224
10.2.2	生态环境的影响	225
10.2.3	能源安全问题	226
10.3	生物质发电将在未来电力结构中占有一定份额	227
10.4	能源植物生产赋予农业新的内涵	230
10.4.1	草本能源作物	230
10.4.2	油料作物	231
10.4.3	制取碳氢化合物的植物	233
10.4.4	藻类	234
10.5	最新技术发展展望	234
10.5.1	生物燃料电池	235
10.5.2	生物制氢技术	236
参考文献		240