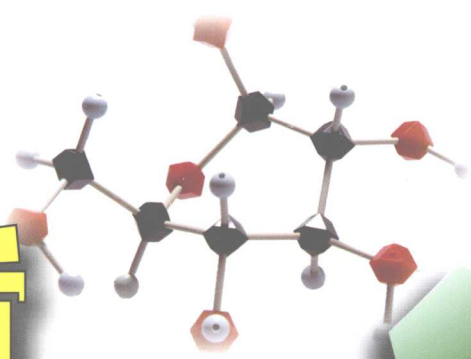




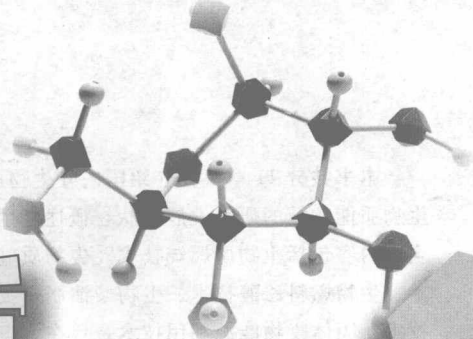
生物质

能源利用技术

张建安 刘德华 主编



化学工业出版社



生物质 能源利用技术

张建安 刘德华 主编



化学工业出版社

· 北京 ·

本书共分 11 章,在介绍国内外生物质能源开发利用研究的基础上,结合当今世界生物质能领域的研究发展现状,概述了生物质、生物质能源及生物质能转化利用技术。主要内容包括生物质燃烧技术、生物质气化技术、生物质热解技术、生物质直接液化技术、生物燃料乙醇技术、生物柴油制备技术、生物制氢技术、生物丁醇制备技术、沼气技术、固体废物能源利用技术,旨在为广大读者系统地介绍生物质能源工程的基本理论和技术进展等。全书引用文献全面,紧跟生物质能的发展,可参考性强。

本书既可供能源、化工、材料、环境、生物等相关领域的工程技术人员、科研人员和管理人员参阅,也可供高等院校相关专业的师生参考。

图书在版编目(CIP)数据

生物质能源利用技术/张建安,刘德华主编. —北京:
化学工业出版社,2009.1
ISBN 978-7-122-03898-2

I. 生… II. ①张…②刘… III. 生物能源-综合利用-
研究 IV. TK6

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 166422 号

责任编辑:袁海燕 陈 丽
责任校对:宋 夏

装帧设计:杨 北

出版发行:化学工业出版社(北京市东城区青年湖南街 13 号 邮政编码 100011)

印 刷:北京云浩印刷有限责任公司

装 订:三河市前程装订厂

720mm×1000mm 1/16 印张 12 $\frac{3}{4}$ 字数 250 千字 2009 年 3 月北京第 1 版第 1 次印刷

购书咨询:010-64518888(传真:010-64519686) 售后服务:010-64518899

网 址:<http://www.cip.com.cn>

凡购买本书,如有缺损质量问题,本社销售中心负责调换。

定 价:38.00 元

版权所有 违者必究

《生物质能源利用技术》编写人员

主 编：张建安 刘德华

编写人员（按拼音字母排列）：

程可可 戴玲妹 杜 伟

李天文 刘德华 刘宏娟

孙 燕 张建安 周玉杰

前 言

能源是经济社会发展的重要物质基础，在社会可持续发展中起着举足轻重的作用。由于世界能源消费剧增，煤炭、石油、天然气等化石能源（资源）消耗迅速，生态环境不断恶化，特别是温室气体排放导致日益严峻的全球气候变化，人类社会的可持续发展受到严重威胁。这一现状使得可再生清洁能源的开发利用越来越得到各国的重视。生物质能是地球上丰富的可再生能源，其蕴藏量和产量巨大，具有广阔的开发利用前景。我国是一个农业大国，有着丰富的生物质资源，因此，开发利用生物质能源，对缓解我国能源、环境及生态问题具有重要的意义。

本书共分 11 章；在介绍国内外生物质能源开发利用研究的基础上，结合当今世界生物质能领域的研究发展现状，概述了生物质、生物质能源及生物质能转化利用技术，阐述了生物质燃烧技术、生物质气化技术、生物质热解技术、生物质直接液化技术、生物燃料乙醇技术、生物柴油制备技术、生物制氢技术、生物丁醇制备技术、沼气技术、固体废物能源利用技术，旨在为广大读者系统地介绍生物质能源工程的基本理论和技术进展等。本书既可供能源、化工、材料、环境、生物等相关领域的工程技术人员、科研人员和管理人员参阅，也可供高等院校相关专业的师生参考。

本书由张建安、刘德华主编，编写人员有程可可、杜伟、戴玲妹、刘宏娟、李天文、孙燕、周玉杰，课题组研究生郝俊斌、刘青、刘娅、墨玉欣、潘锋、武海棠、余世峰、张丽君、张婷、邹树平（按拼音字母排列）参与了初稿的资料收集和编写工作，在此表示感谢。

目前，生物质能源技术发展迅速，涉及的学科领域也很多，由于编者水平和能力有限，书中难免存在不足之处，欢迎读者批评指正。

编 者

2008 年 11 月

目 录

第 1 章 概述	1
1.1 生物质	1
1.1.1 生物质的概述	1
1.1.2 生物质的资源量	1
1.1.3 生物质的重要性	2
1.2 生物质能	3
1.2.1 生物质能的概述	3
1.2.2 生物质能的来源	4
1.2.3 生物质能源的地位	4
1.2.4 生物质能开发利用现状	6
1.3 生物质能转化利用技术	9
1.3.1 生物质物理转化	10
1.3.2 生物质化学转化	10
1.3.3 生物质生物转化	12
1.4 生物质能发展前景与国家政策	12
参考文献	15
第 2 章 生物质燃烧技术	16
2.1 生物质燃烧技术的特点	16
2.2 国内外生物质燃烧技术的研究	18
2.3 生物质燃烧技术	21
2.3.1 生物质直接燃烧	21
2.3.2 生物质和煤的混合燃烧	22
2.3.3 生物质的气化燃烧	23
2.3.4 城市垃圾的燃烧技术	25
2.3.5 其它燃烧技术	27
2.4 生物质燃烧直接热发电技术	29
2.5 生物质与煤的混合燃烧技术	31
2.5.1 混合燃烧的特点	32
2.5.2 生物质型煤	33
2.6 生物质燃烧技术展望	37
参考文献	37

第3章 生物质气化技术	40
3.1 生物质气化技术的特点	40
3.2 生物质气化工艺	41
3.2.1 生物质气化过程	41
3.2.2 生物质气化分类	42
3.2.3 生物质气化工艺流程	43
3.2.4 生物质气化设备	44
3.2.5 生物质气化影响因素	47
3.2.6 生物质燃气的特性	48
3.2.7 生物质燃气的净化	49
3.3 生物质气化制备化学品技术	51
3.3.1 生物质气化合成甲醇和二甲基醚	51
3.3.2 生物质气化制氢	52
3.4 生物质气化集中供气技术	53
3.4.1 集中供气工程及工艺流程	53
3.4.2 集中供气技术应用前景	54
3.5 生物质气化发电技术	55
3.5.1 生物质气化发电技术分类	55
3.5.2 生物质整体气化联合循环 (B-IGCC)	56
参考文献	57
第4章 生物质热解技术	59
4.1 生物质热解的特点	59
4.2 生物质热解工艺类型及研究现状	60
4.2.1 生物质热解液化工艺流程	60
4.2.2 生物质热解液化技术研究及开发现状	61
4.3 生物质热解反应器	63
4.3.1 生物质热解反应器分类	63
4.3.2 典型的快速热解反应器	64
4.4 影响生物质热解的因素	67
4.5 生物质热解产物特性及应用技术	70
4.5.1 生物油组成及特性	70
4.5.2 生物油的应用	71
4.5.3 不可凝结气体及木炭的应用	73
4.6 生物质热解油的精制技术	74
4.7 热解技术的发展	75
参考文献	77

第 5 章 生物质直接液化技术	78
5.1 生物质直接液化的特点	78
5.2 生物质高压直接液化	78
5.3 生物质低压(常压)直接液化	81
5.4 生物质直接液化产物分离及应用	84
5.5 生物质与其它反应物共液化技术	86
5.6 超临界流体在生物质液化中的应用	87
参考文献	89
第 6 章 生物燃料乙醇技术	91
6.1 生物燃料乙醇及其特点	91
6.1.1 燃料乙醇	91
6.1.2 燃料乙醇的特点	91
6.2 淀粉质原料制备生物燃料乙醇技术	93
6.2.1 糖化过程	93
6.2.2 乙醇发酵	97
6.3 纤维质原料制备生物燃料乙醇技术	100
6.3.1 纤维质原料的化学组分	101
6.3.2 纤维质原料的糖化	102
6.3.3 纤维素发酵生成乙醇	104
6.4 生物燃料乙醇的应用技术	108
6.4.1 国外燃料乙醇利用	108
6.4.2 国内燃料乙醇利用	109
参考文献	110
第 7 章 生物柴油制备技术	112
7.1 生物柴油概述	112
7.2 国外生物柴油发展概况	113
7.3 国内生物柴油发展概况	114
7.4 生物柴油的特点及开发意义	115
7.5 生物柴油的制备技术	116
7.6 化学法转酯化制备生物柴油技术	117
7.7 生物酶法转酯化制备生物柴油技术	120
7.7.1 固定化脂肪酶在生物柴油制备中的应用	120
7.7.2 全细胞催化剂在生物柴油制备中的应用	121
7.8 超临界流体转酯化制备生物柴油技术	122
7.8.1 超临界反应	122
7.8.2 超临界反应制备生物柴油技术	122

7.9 制备生物柴油的油脂原料	123
7.9.1 国外制备生物柴油的油脂原料情况	124
7.9.2 国内生物柴油生产原料情况	125
参考文献	126
第8章 生物制氢技术	132
8.1 概述	132
8.2 氢能简介	132
8.3 制氢技术	133
8.3.1 裂解水制氢	133
8.3.2 有机质气化制氢	133
8.3.3 生物制氢	134
8.4 生物制氢微生物	134
8.4.1 产氢微生物	134
8.4.2 生物制氢机制	136
8.4.3 生物制氢相关酶	138
8.5 国内外氢能研究概况	140
8.6 生物制氢技术研究进展	142
8.6.1 光合生物产氢研究进展	142
8.6.2 发酵微生物产氢研究进展	142
8.6.3 联合生物产氢研究进展	143
8.6.4 固定化微生物技术制氢研究进展	144
8.7 生物制氢展望	144
参考文献	145
第9章 生物丁醇制备技术	150
9.1 丁醇概述	150
9.1.1 丁醇的性质与用途	150
9.1.2 丁醇的生产	150
9.1.3 发酵法生产丁醇的优势	151
9.2 发酵法生产丁醇的研究	152
9.2.1 国内外生物丁醇研究概况	153
9.2.2 丁醇发酵的生化变化	154
9.2.3 丁醇发酵的机制	154
9.3 丁醇发酵的微生物及菌种改良	156
9.3.1 丁醇发酵微生物	156
9.3.2 丁醇发酵微生物菌种改良	157
9.4 丁醇发酵技术和产物提取回收技术	158

9.4.1 丁醇发酵技术	158
9.4.2 产物提取回收技术	159
9.5 前景与展望	161
参考文献	162
第 10 章 沼气技术	165
10.1 沼气的成分和性质	165
10.1.1 沼气的定义	165
10.1.2 沼气的成分	165
10.1.3 沼气的性质	165
10.1.4 沼气的用途	165
10.2 影响沼气发酵的主要因素	166
10.2.1 温度	166
10.2.2 酸碱度	166
10.2.3 沼气池密闭状况	167
10.3 沼气生产工艺	167
10.3.1 典型的农村户用沼气池池型	167
10.3.2 大中型沼气工程的基本工艺流程	170
10.3.3 沼气发酵反应器	171
10.3.4 沼气净化、储存与输配系统	172
10.3.5 沼气的综合利用	173
参考文献	174
第 11 章 固体废物能源利用技术	175
11.1 固体废物分类收集	175
11.2 固体废物的分选回收	178
11.2.1 固体废物的压实和破碎	178
11.2.2 固体废物的分选	179
11.2.3 固体废物的回收系统	188
11.3 固体废物处理技术	188
11.3.1 固体废物能源回收	188
11.3.2 固化处理	191
11.3.3 固体废物的最终处置	191
参考文献	192

第 1 章 概 述

1.1 生物质

地球上能量的终极来源，除形成之初集聚的核能与地热外，与我们关系最为密切的是地球形成后持续来自太阳的辐射。在绿色植物出现之前，辐射能尽散失于大气，唯绿色植物可利用日光能将它吸收的二氧化碳和水合成为有机物和碳水化合物，将光能转化为化学能并储存下来。因此，绿色植物成为地球上最重要的光能转换器和能源之源。碳水化合物是光能储藏库，生物质是光能循环转化的载体，此外，煤炭、石油和天然气也是地质时代的绿色植物在地质作用影响下转化而成的。

现代的或狭义的生物质产业概念是指利用可再生或循环的有机物质，包括农作物、树木和其它植物及其残体、畜禽粪便、有机废弃物以及利用边际性土地和水面种植的能源植物为原料，通过工业性加工转化进行生物质产品、生物燃料和生物能源生产的一种新兴产业。

1.1.1 生物质的概述

生物质直接或间接来自于植物。广义地讲，生物质是一切直接或间接利用绿色植物进行光合作用而形成的有机物质，它包括世界上所有的动物、植物和微生物，以及由这些生物产生的排泄物和代谢物。而生物质能是地球上唯一一种既可储存又可运输的可再生资源，是太阳能的一种廉价储存方式；狭义地说，生物质是指来源于草本植物、藻类、树木和农作物的有机物质。作为一种可再生资源，它可以在较短的时间周期内重新生成。从生物学的角度来看，木质纤维生物质的构成是木质素、纤维素和半纤维素，而从物理和化学角度来看，生物质是由可燃质、无机物和水组成，主要含有 C、H、O 及极少量的 N、S 等元素，并含有灰分和水分。

1.1.2 生物质的资源量

地球上生物质资源相当丰富，据估算，地球上蕴藏的生物质达 18000 亿吨，而植物每年经太阳的光合作用生成的生物质总量约为 1440 亿~1800 亿吨（干重），其中，海洋年生产 500 亿吨生物质。生物质能源的年生产量远超过全世界总能源需求量，大约相当于现在世界能源消费总和的 10 倍。我国可开发为能源的生物质资源到 2010 年可达 3 亿吨，随着农林业的发展，特别是炭薪林的推广，生物质资源将越来越多。据估计，到 21 世界中叶，采用新技术生产的各种生物质替代燃料将占全球总能耗的 40% 以上。如果将植物的生长考虑到以生物质微载体的能量循环

中的话,这是一种清洁无污染的利用方式,因为生物质在生长过程中吸收的 CO_2 ,在进一步转化利用过程中, CO_2 重新释放到大气中,构成了 CO_2 的不断循环,因而不会因为 CO_2 的大量释放而引起温室效应。

世界上生物质资源不仅数量庞大,而且种类繁多,形态多样。它包括所有的陆生、水生植物,人类和动物的排泄物以及工业有机废物等。通常将生物质资源分为以下几大类。

(1) 农作物类 主要包括产生淀粉的甘薯、玉米等,产生糖类的甘蔗、甜菜果实等。

(2) 林作物类 主要包括白杨、桦树等树木类及苜蓿、象草、芦苇等草木类。

(3) 水生藻类 主要包括海洋生的马尾藻、巨藻、海带等,淡水生的布袋草、浮萍等。

(4) 光合成微生物类 主要包括硫细菌、非硫细菌等。

(5) 其它类 主要包括农产品的废弃物(如稻秸、谷壳等)、城市垃圾、林业废弃物、畜业废弃物等。

我国生物质的生产量达 60 亿吨干物质,相当于年耗能量的 2.5 倍,单农作物秸秆就达 6 亿吨,约折合标准煤 2.15 亿吨。但目前对生物质的利用主要是采用直接燃烧的方式,这样不但燃烧效率低,浪费了大量能源,而且造成了严重的大气污染,因而,探索新的高效的生物质利用技术、开发出高品位的优质能源势在必行。

1.1.3 生物质的的重要性

近年来,世界经济发展加快,全球能源需求迅速增长,能源、环境和气候变化问题日益突出。大力开发利用可再生能源资源,减少化石能源消耗,保护生态环境,减缓全球气候变暖,共同推进人类社会可持续发展,已成为世界各国的共识。

生物质是人类最早用来获取能源的物质,通过直接燃烧这一至今仍被普遍使用的方法,人们可获得经光合作用储存在生物质内的能量。每燃烧一千克的木材可获得的热量大约为 $8\sim 20\text{MJ}$ 。由于其分布广泛和容易获得,生物质一直是使用最为广泛的能源物质。

虽然生物质只提供了工业国家年能源消耗量中 3% 的能量,但它对大多数发展中国家来说仍很重要,它提供了发展中国家年能源消耗量中 35% 的能量,从而使世界年能源消耗量中由生物质提供的比率达到 14%。全球生物质每年所能提供的能源总量达到 $3\times 10^{21}\text{J}$,虽然现在只有 2% 左右的能量被利用,但据估计,到 2050 年生物质可提供世界年能源消耗量中近一半的能量。

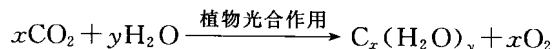
随着全球人口的急剧增长,人类社会的需求也急剧增长。由于化石能源在人类的大量开采下终将枯竭,而且它的使用还会造成严重的环境污染问题,所以为了人类社会的可持续发展,人们必须寻找出化石能源的替代品或补充品。生物质被普遍认为将会部分替代或补充化石能源,成为将来人类赖以生存的重要能源。一方面,

生物质是可再生资源，其所含能量源自太阳能，不会像化石能源那样枯竭，在各种可再生能源中，生物质是唯一可再生的碳资源，可转化成常规的固态、液态和气态燃料以及其它化工原料或产品。生物质能潜力很大，世界上约有 250000 种生物，在提供理想的环境与条件下，光合作用的最高效率可达 8%~15%，一般情况下平均效率为 0.5% 左右。在世界能源消耗中，生物质能占总能耗的 14%，在发展中国家则占到 40%。据预测，在理想状况下，地球上生产生物质的潜力可达到现实能源消费的 180~200 倍。因此开发利用这一能源具有取之不竭，用之不尽的物质基础；另一方面，生物质的使用不会造成地球大气中二氧化碳总量的增加，这是因为生物质中的碳原本就来自于大气中的二氧化碳。随着人们对其利用技术的开发和研究，生物质对人类社会的发展将越来越重要。

1.2 生物质能

1.2.1 生物质能的概述

生物质能是太阳能以化学能形式蕴藏在生物质中的一种能量形式，它直接或间接地来源于植物的光合作用，是以生物质为载体的能量，其作用过程如下：



煤、石油和天然气等化石能源也是由生物质能转变而来的。相比化石燃料而言，生物质能具有以下特点：

① 生物质利用过程中具有二氧化碳零排放特性；由于生物质在生长时需要的 CO_2 相当于它排放的 CO_2 的量，因而对大气的 CO_2 净排放量近似于零，可有效降低温室效应。

② 生物质含硫、含氮都较低，灰分含量也很少，燃烧后 SO_x 、 NO_x 和灰尘排放量比化石燃料小得多，是一种清洁的燃料；

③ 生物质资源分布广、产量大、转化方式多种多样；

④ 生物质单位质量热值较低，而且一般生物质中水分含量大而影响了生物质的燃烧和热裂解特性；

⑤ 生物质的分布比较分散，收集运输和预处理的成本较高；

⑥ 可再生性。生物质通过植物的光合作用可以再生，与风能、太阳能同属可再生资源、资源丰富，可保证能源的永续利用。

在世界能源消耗中，生物质能约占 14%，在不发达地区占 60% 以上。生物质能的优点是燃烧容易，污染少，灰分较低；缺点是热值及热效率低，体积大而不易运输。生物质直接燃烧的热效率仅为 10%~30%，随着现代科技的发展，已有能力挖掘出生物质的潜力。通过对包括农作物、树木和其它植物及其残体、畜禽粪便、有机废弃物以及边缘性土地种植能源植物的加工，不仅能开发出燃料酒精、

生物柴油等清洁能源，还能制造出生物塑料、聚乳酸等多种精细化工产品。世界上生物质能蕴藏量极大，仅地球上植物每年的生物质能生产量就相当于目前人类消耗矿物能的 20 倍。生物质能既是可再生能源，又是无污染或低污染的清洁能源，因此，开发利用生物质能已成为解决全球能源问题和改善生态环境不可缺少的重要途径。

1.2.2 生物质能的来源

生物质能通常包括以下来源。

(1) 薪柴 至今仍是许多发展中国家的重要能源。但由于薪柴的需求导致林地日减，今后应适当规划与广泛植林。

(2) 牲畜粪便 牲畜的粪便，经干燥可直接燃烧供应热能。若将粪便经过厌氧处理，可产生甲烷和肥料。

(3) 制糖作物 制糖作物可经发酵转变为乙醇。

(4) 城市垃圾 主要包括纸屑（占 40%）、纺织废料（占 20%）和废弃食物（占 20%）等。将城市垃圾直接燃烧可产生热能，或经过热分解处理制成燃料使用。

(5) 城市污水 一般城市污水约含有 0.02%~0.03% 的固体与 99% 以上的水分，下水道污泥有望成为厌氧消化槽的主要原料。

(6) 水生植物 同薪柴一样，水生植物也可转化成燃料。

1.2.3 生物质能源的地位

生物质能是人类用火以来最早直接应用的能源，随着人类文明的进步，生物质能源的应用研究几经波折。在第二次世界大战前后，欧洲的木质能源应用研究达到高峰，但之后随着石油化工和煤化工的发展，生物质能源的应用逐渐趋于低谷。到 20 世纪 70 年代由于中东战争引发的全球性能源危机以来，包括木质能源在内的可再生能源开发利用研究重新引起了人们的重视。目前，生物质能是仅次于煤炭、石油和天然气而居于世界能源消费总量第四位的能源，在整个能源系统中占有重要地位。据估计，生物质能极有可能成为未来可持续能源系统的组成部分，到 21 世纪中叶，采用新技术生产的各种生物质替代燃料将占全球总能耗的 40% 以上。

当今社会面临着环境与发展的双重压力，能源是人类社会进步最为重要的物质基础。纵观人类几千年的文明史，能源结构的重大变革导致了人类社会的巨大进步，国民生产总值的增长始终与能源消费同步增长。石油和煤炭是不可再生能源，终将面临枯竭的危险。可以想象，未来的能源结构将与过去不同，多种能源并存的能源体系将成为新世纪能源结构的特征，生物质能源也将成为 21 世纪的主要能源之一。自 21 世纪 70 年代以来，人们对石油、煤炭、天然气的储量和可开采时限做过种种的估算与推测，几乎都得出一致结论，化石燃料中有的将被开采殆尽；有的因开采成本高以及开发使用导致的一系列环境问题而失去开采价值。尽管人们目前

仍在探讨石油开始匮乏的时间，如表 1.1 所示，但无论如何，不可再生的化石燃料终将耗尽却是无可争辩的事实，居安思危，开发替代能源非常必要和迫切。

表 1.1 不可再生能源占全球能耗比例及可用年限

能 源 种 类		占全球能耗的比例/%		可使用时间/年
化石能源	煤	25.0	74.0	220
	石油	32.0		40
	天然气	17.0		60
核能(裂变)		4.0		260
总和		78.0		

世界各国在调整本国能源发展战略中，已把高效利用生物质能放在技术发展的一个重要位置。2005 年，世界生物质发电装机已达 4400 万千瓦，年发电量约 2500 亿千瓦时，可替代 8000 万吨标准煤。在世界范围内，目前有 70 余家市价超过 4000 万美元的可再生能源公司，市价总值超过 300 亿美元，其中包括通用、西门子、壳牌、BP、三洋和夏普等大公司。中国也有中石油、中粮集团等大公司积极投资推动可再生能源的发展。作为能源利用中的重要课题，生物质能利用技术和化石燃料的利用方式具有很大的兼容性，因此以生物质作为原料经过能量转换制造高品位的气体和液体燃料，不仅可弥补化石燃料的不足，缓解过分依赖大量进口石油的被动局面，实现我国能源安全战略，而且还可达到保护生态环境的目的。如何高效开发利用包括薪炭林在内的生物质能，将可再生生物质能转化为洁净的高品位气体和液体燃料作为化石燃料的替代能源用于电力、交通运输、城市煤气等方面，使人类摆脱对有限的化石燃料资源的依赖，大幅度降低大气污染物及温室气体的排放量，这个问题已经摆在人们面前。因此，科学地利用生物质能源、开发各种替代能源将是能源发展的一个重要方向，其利用前景十分广阔，但真正实际应用还取决于生物质的各种转化利用技术能否突破。目前生物质能转换技术中，发展前景较好、受到国内外学者普遍关注的研究方向主要有以下几个方面。

(1) 两步法生物质气化发电技术 两步法生物质气化技术是在二次气化过程中将焦油彻底裂解，产生高品质的清洁燃气，以解决燃气净化和二次污染的难点问题，使下游的用气设备和发电系统更加稳定可靠，能源转换效率比现有气化发电提高 10 个百分点。两步法气化发电机组的发展方向是村级小型清洁能源系统。以村庄原料自供和电力自用为基本模式，利用村庄自有的秸秆转化成燃气和电力，实现气电联供，设备利用率比单独集中供气 and 发电系统大大提高，并且可以就近获取廉价原料，具有较高的经济效益和减少秸秆焚烧的环境效益。

(2) 循环流化床生物质气化技术 循环流化床气化技术的方向是发展煤与生物质燃气联合燃烧的电站。循环流化床气化的原料适应性好，可使用范围广泛的生物质原料，气化和发电效率高，可大量消化秸秆等生物质废弃物，节约发电用煤炭，

减少二氧化碳的排放。

(3) 生物质热化学转换制氢技术 氢能是公认的高效清洁能源，在后化石燃料时代将发挥重要的作用。生物质催化裂解制氢方向是发展一种新的可再生能源制氢技术，与燃料电池组合成为对环境完全无害的高效能源系统。

(4) 生物质气化合成二甲醚技术 采用生物质合成二甲醚的过程是先将生物质气化，气相产物经净化与组分调整为合成气 ($\text{CO} + \text{H}_2$) 后，再经催化合成得到二甲醚。二甲醚是一种无色、无毒、无致癌性、腐蚀性小的化工产品。不仅在制冷、日用化工、染料、涂料、气溶胶喷射剂等方面有广泛的应用，而且还具有十分优良的燃料性能。与液化气性质近似，其十六烷值高于柴油，可作为清洁柴油和液化气的替代燃料，用于汽车动力能源或民用生活能源，被誉为“二十一世纪的燃料”和“绿色能源”。

(5) 生物质制取燃料乙醇 燃料乙醇可用作汽车代用燃料或与汽油组成混合燃料，节约石油并减少有害气体的排放，将固体生物质废弃物转化成燃料乙醇是未来最重要的发展方向。

(6) 生物质快速热解制取液体燃料 快速热解技术的发展方向是将固体生物质转变为液体燃料，以替代石油用作汽车燃料，初期以作为普通燃料、脱硫剂、脱硝剂和化工原料为目标。

(7) 生物柴油技术 生物柴油是对植物油进行酯交换处理得到的脂肪酸甲酯或乙酯，其性质与柴油十分接近，是较为理想的柴油代用燃料。生物柴油的合成方式包括化学法和生物酶法，酶法合成生物柴油，是用动植物油脂和低碳醇通过脂肪酶进行酯交换反应，制备相应的脂肪酸甲酯或乙酯。需要解决的关键问题是寻找合适的原料、提高转化率、降低成本、降低能耗、简化工艺、提高生物柴油的经济效益。

(8) 生物质成型技术 生物质成型主要有螺旋挤压、活塞冲压以及压辊成型技术。机械磨损大、寿命短、耗能高是影响其推广应用的主要障碍。煤炭、石油价格持续上涨，使生物质成型技术有可能成为在燃煤锅炉和民用燃料方面替代煤炭的最简单直接的方式。

1.2.4 生物质能开发利用现状

自 20 世纪 90 年代开始，世界各国在积极减少能源消耗、发掘不可再生能源替代品的同时，把目光投向了可再生生物质能源，并纷纷制订国家战略和采取对策行动。

(1) 美国 美国是目前世界上第一大能源生产国和消费国，美国能源部早在 1991 年就提出了生物质发电计划，而美国能源部的区域生物质能源计划的第一个实习区域早在 1979 年就已开始。如今，在美国利用生物质发电已成为大量工业生产用电的选择，已被用于现存配电系统的基本发电量。目前美国有 350 座生物质发

电站，主要分布在纸浆、纸产品加工厂和其它林产品加工厂，同时也提供了约 6.6 万个工作岗位。美国能源部又提出了逐步提高绿色电力的发展计划，预计到 2010 年，美国将新增约 1100 万千瓦的生物质发电装机。美国纽约的垃圾处理站投资 2000 万美元，采用湿法处理垃圾，回收沼气，用于发电，同时生产肥料。美国目前的可再生能源生产税为生物质发电提供了每千瓦时 1.8 美分的税收减免，同时美国还为地方性和农村地区建设的生物质发电提供每千瓦时 1.5 美分的税收优惠。美国国会在 2000 年通过了《生物质研发法案》，2002 年提出了《发展和推进生物质基产品和生物能源》报告以及《生物质技术路线图》，成立了“生物质项目办公室”和生物质技术咨询委员会。美国农业部和能源部联合进行的一份可行性研究报告认为，美国每年来自林地和农业用地的潜在生物质能超过 13 亿吨，足以满足美国目前运输燃料需求的 1/3。通过适度改变土地、农业、林业的使用，就可以产生相当于目前 6 倍数目的生物质能。2005 年，一次能源生产总量 20.6 亿吨标煤，其中可再生能源产量约 2.2 亿吨标煤。目前生物质能占美国能量供给的 3%，成为国内最大的可再生能源来源。在美国一次能源消费中，可再生能源占 6%，其中生物质能占 47%。发电能源消耗中可再生能源约占 9.1%，其中生物质发电占 67%。美国计划 2020 年使生物质能源和生物质基产品较 2000 年增加 20 倍，达到能源总消费量的 25%，2050 年达到 50%，每年减少碳排放量 1 亿吨和增加农民收入 200 亿美元的宏大目标。在财税措施上对开发生物质能产品的企业给予减税，对用户则免征消费税。目前美国燃料酒精的产量为每年 34 亿加仑（1 加仑=3.785 升，下同），但若按照报告中的计划实施，则每年产量将达到 800 亿加仑。美国开发出利用纤维酒精技术，建立了 1000 千瓦的稻壳发电示范工程，年产酒精 2500 吨。燃料酒精产量的增加将使生物质能占美国运输燃料消费总量的比例由 2001 年的 0.5%，上升到 2010 年的 4%、2020 年的 10%、2030 年的 20%。联邦能源部计划到 2030 年，美国工业部门生物质能的消费量将以每年 2% 的比例增加，而电力消费的生物质能将每 10 年翻一番。来源于生物产品的化学制品和原料将从 2001 年的 125 亿磅（占有美国化学用品总量的 5%），增加到 2010 年的 12%、2020 年的 18%、2030 年的 25%。

（2）欧盟 欧盟自 20 世纪 90 年代初开始，陆续出台了多项能源发展计划，将可再生能源研究列为欧盟第六框架计划中的一项重要内容。按照欧盟的要求，到 2010 年可再生能源在电力市场上增长 1 倍，达到 12%；到 2020 年生物质燃料在传统的燃料市场中占有 20% 的比例。为此，欧盟发布了两项新的指令以推进生物质燃料在汽车燃料市场上的应用。目前在欧洲生产生物柴油可享受到政府的税收政策优惠，导致其零售价低于普通柴油。欧盟出台鼓励开发和使用生物柴油的新规定，如对生物柴油免征增值税，规定机动车使用生物动力燃料占动力燃料营业总额的最低份额，从 2004 年的 2% 提高到 2010 年的 5.75%。新规定的出台不仅有助于欧盟生物柴油市场的稳定，而且生物柴油营业额从 2000 年的 5.035 亿美元猛增至 2004