

生物质能现代化利用技术

吴创之 马隆龙 主编



化学工业出版社

现代生物技术与医药科技出版中心

1-25
2015

生物质能现代化利用技术

吴创之 马隆龙 主编

化学工业出版社

现代生物技术与医药科技出版中心

·北京·

(京) 新登字 039 号

图书在版编目 (CIP) 数据

生物质能现代化利用技术 / 吴创之, 马隆龙主编.
—北京: 化学工业出版社, 2003.5
ISBN 7-5025-4390-2

I. 生… II. ①吴… ②马… III. 生物能源-应用-
研究 IV. TK6

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2003) 第 027226 号

生物质能现代化利用技术

吴创之 马隆龙 主编

责任编辑: 麻雪丽

责任校对: 凌亚男

封面设计: 潘 峰

*

化 学 工 业 出 版 社 出版发行
现代生物技术与医药科技出版中心

(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>

*

新华书店北京发行所经销

化学工业出版社印刷厂印刷

三河市宇新装订厂装订

开本 787 毫米×1092 毫米 1/16 印张 16¼ 字数 395 千字

2003 年 5 月第 1 版 2003 年 5 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-5025-4390-2/Q·62

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

主要编写人员

- | | | |
|-----|-----------------------------|-------------------|
| 第一章 | 中国科学院广州能源研究所 | 吴创之 马隆龙 |
| 第二章 | 中国科学院广州能源研究所 | 黄聪 |
| 第三章 | 农业部沼气科学研究所 | 邓良伟 |
| 第四章 | 河南农业大学 | 张百良 |
| 第五章 | 山东省科学院能源研究所
中国科学院广州能源研究所 | 孙立 郭东彦 谷震昭
马隆龙 |
| 第六章 | 山东省科学院能源研究所 | 孙立 郭东彦 谷震昭 |
| 第七章 | 中国科学院广州能源研究所 | 吴创之 马隆龙 |
| 第八章 | 沈阳农业大学农业工程学院 | 刘荣厚 |
| 第九章 | 华东理工大学 | 任铮伟 颜涌捷 |
| 第十章 | 湖南省林业科学院
长沙天地绿色能源研究所 | 李昌珠
程树棋 |

前 言

目前能源和环境问题已成为全球关注的焦点。虽然石油、煤和天然气至今仍然是燃料和有机化学原料的主要来源，但是随着化石能源的日益枯竭和环境问题的日趋严重，开发洁净可再生能源已成了紧迫的课题。在此背景下，生物质能作为惟一可储存和可运输的可再生能源，其高效转换和洁净利用日益受到全世界的重视。

生物质通过光合作用以生物形态储存太阳能，作为燃料的利用已有十分悠久的历史，是人类最古老的生活能源之一，它可使人类摆脱对储量有限的化石燃料的依赖。同时使用这类燃料也可减少温室气体的排放，对大气环境的影响很小，而且由生物质转化而来的燃料比较干净，使用过程有利于环境保护。实际上这也是很多发达国家目前开发生物质能的主要动力。但在现代社会中，生物质的简单直接燃烧已不能满足人们对能量的需求。利用高效转化技术，把生物质转化为洁净燃料或者电力将是今后人类利用生物质能的必然趋势。生物质现代化利用技术正是实现这一目的的主要途径，它包括生物转化（沼气）、热解气化、热解液化及燃料酒精等方面，是目前生物质技术研究和利用的重点和热点。

我国是农业大国，每年有大量生物质废弃物产生，据估计仅农作物秸秆和稻壳就折合标准煤 2 亿多吨。此外城市垃圾和林木加工残余物中也有相当大量的生物质能存在。但这些资源至今未被充分利用，且常因就地焚烧而污染环境。随着农村经济的发展，这已成为一个全国性的问题，并引起了政府高度重视。我国从“六五”计划开始比较有组织地开展生物质现代化利用技术的研究，前期重点在生物质能的沼气利用，后期主要进行了生物质气化技术的研究开发，当前主要进行相关应用技术的产业化研究和生物质液化技术的前期研究。经过几十年的努力，我国在生物质能现代化利用方面取得了长足的发展，沼气技术的应用规模处于国际领先地位，热解气化技术的应用也进入国际先进水平，从事生物质能研究的单位和专家学者也显著增加。但总的来说，我国目前生物质能现代化利用的总体水平仍较低，生物质能的作用和对社会发展的贡献仍然很小，所以生物质能现代化利用技术推广应用的任务仍十分艰巨，需要全社会的共同努力。

正是从这一角度出发，本书邀请了国内这方面的专家学者，对生物质能现代化利用的各种技术进行介绍。试图通过理论分析和应用实例相结合的方法，阐述各种技术的关键和特点，利用较新的研究成果和技术资料，为读者提供有益的参考，使生物质能现代化利用技术在我国能得到更快的普及和发展。

本书共分 10 章，参加编著的有 9 个单位的十几位专家教授，各位专家都是我国该领域的权威，长期从事该领域的研究和技术开发工作，积累了丰富的经验，对我国生物质能利用技术的发展做出了重要贡献。对于他们能在百忙中抽出宝贵的时间完成本书，深表感谢。

由于本书篇幅限制，加上主编人员水平有限，书中一定存在不足和错误，恳请读者批评指正。

主编

2003-03-06

内 容 提 要

本书采用理论和实际相结合的方法，重点介绍了各种生物质能源现代化利用技术的原理、应用现状和今后的发展方向，并通过应用实例的介绍，系统阐述生物质能源现代化利用技术方面的知识。全书共分 10 章，分别介绍了生物质能的特性、生物质沼气利用技术、生物质固化技术、生物质气化供气技术、生物质气化发电技术、生物质热解液化技术、生物质燃料酒精及能源植物等当前备受关注的先进转化技术。书中各章内容分别由国内该方面的权威专家撰写，既集中地反映了国内外最新的研究成果，又指出了当前存在的问题和今后发展的方向，具有很高的参考价值，是新能源方面的研究人员和技术人员有益的参考资料。

主 编 简 介

吴创之 研究员，男，1965 年 11 月生。为中国科学院广州能源研究所生物质能实验室首席研究员，国家“863”课题“生物质气化发电优化系统及示范工程”项目负责人。先后在国内外发表各类论文 80 多篇，其中英文文章 30 多篇；申请相关专利 10 多项，其中发明专利 4 项。先后获得国家科技进步三等奖、中科院科技进步二等奖和省科技进步二等奖、省科技进步三等奖、省自然科学奖三等奖各一项；获得国家颁发的“八五”科技攻关重大科技成果奖、国家“九五”科技攻关优秀科技成果奖各一项。1999 年获国务院颁发的政府特殊津贴，2000 年被评为中国科学院优秀青年；2001 年被科技部评为国家“九五”科技攻关先进个人。2002 年获全国“五一”劳动奖章及广东省“五四”青年奖章的荣誉称号。

马隆龙 研究员，男，1964 年 11 月生。为中国科学院广州能源研究所生物质能实验室研究员，国家“863”课题“生物质气化发电优化系统及示范工程”项目负责人。长期从事热能利用、工业节能和生物质能的研究和开发工作。参加“密闭式高温蒸汽冷凝水回收技术与装置系列化研究”，主持“密闭式蒸汽凝结水回收技术成果推广”项目，主持国家“九五”科技攻关项目“秸秆能源转化及综合利用”的研究，主持“秸秆气化集中供气系统”的研究和应用推广，主持国际合作项目“生物质气化发电及综合利用”的研究。申请专利“内循环流化床气化炉”。发表多篇研究论文，其中“流化床生物质空气气化研究”获辽宁省第三届青年学术年会优秀论文二等奖。

目 录

第1章 生物质能概述	1
1.1 生物质资源的特点	1
1.1.1 生物质的重要性	1
1.1.2 生物质能与常规能源的相似性及可获得性	5
1.2 生物质能源的可再生性及洁净性	8
1.2.1 生物质能源对温室气体的减排作用	8
1.2.2 生物质能源对生态环境的保护作用	9
1.3 生物质能利用技术的复杂性.....	10
1.3.1 直接燃烧技术.....	10
1.3.2 物化转换技术.....	11
1.3.3 生化转换技术.....	11
1.3.4 植物油利用技术.....	11
1.4 生物质能利用的困难及对策.....	11
1.4.1 生物质能的经济竞争力.....	11
1.4.2 生物质能商业化的障碍.....	13
1.4.3 发展生物质能利用技术的对策.....	14
1.5 生物质能源的发展现状与前景.....	15
1.5.1 发展现状.....	15
1.5.2 发展前景.....	17
参考文献	18
第2章 农村沼气技术	19
2.1 沼气发酵概述.....	19
2.1.1 何谓沼气与沼气发酵.....	19
2.1.2 沼气发酵过程.....	20
2.2 农村沼气发酵工艺.....	21
2.2.1 农村沼气发酵原料.....	21
2.2.2 沼气发酵的基本条件.....	23
2.2.3 农村沼气发酵工艺.....	25
2.3 农村沼气池设计与施工.....	29
2.3.1 沼气池设计.....	29
2.3.2 圆柱形水压式沼气池施工.....	31
2.4 农村沼气池管理.....	32
2.5 沼气与农业生产.....	34
2.5.1 发展沼气, 开辟有机肥源.....	34
2.5.2 发展沼气, 提高肥料品质.....	34

2.5.3 沼气肥与农业增产	34
2.6 沼气与农村环境卫生	35
2.6.1 办沼气(净化室内外空气)	35
2.6.2 沼气池处理粪便的卫生效果	35
2.7 沼气的综合效益	36
参考文献	38
第3章 大中型沼气工程技术	39
3.1 大中型沼气的定义	39
3.2 大中型沼气的发酵原料	39
3.3 大中型沼气的调控指标	41
3.3.1 化学需氧量(COD)	41
3.3.2 生化需氧量(BOD)	41
3.3.3 总固体(TS)	41
3.3.4 挥发性脂肪酸(VFA)	41
3.3.5 pH值	42
3.3.6 碱度	42
3.3.7 上升流速	42
3.3.8 水力停留时间	42
3.3.9 污泥停留时间	42
3.3.10 反应器有机负荷	42
3.4 传统消化池、农村沼气池的缺陷	42
3.5 提高厌氧消化装置效率的途径	43
3.5.1 保持反应器内足够多的微生物	43
3.5.2 提高微生物的活性	44
3.5.3 加强微生物与底物的传质效果	48
3.6 大中型沼气工程工艺简介	48
3.6.1 完全混合式厌氧反应器	48
3.6.2 厌氧接触工艺	50
3.6.3 厌氧滤池	52
3.6.4 上流式厌氧污泥床(UASB)工艺	57
3.6.5 厌氧颗粒污泥膨胀床(EGSB)反应器	61
3.6.6 内循环厌氧反应器	63
3.6.7 厌氧复合反应器	66
3.6.8 厌氧挡板反应器	67
3.7 大中型沼气工程的设计	69
3.7.1 一般要求	69
3.7.2 厌氧消化装置的容积确定	70
3.7.3 大中型沼气工程附属设备	70
3.8 大中型沼气工程的启动	73
3.8.1 准备工作	73

3.8.2	污泥接种	73
3.8.3	污泥驯化培养	74
3.9	大中型沼气工程运行管理与维护保养	75
3.9.1	大中型沼气工程运行管理	75
3.9.2	大中型沼气工程维护保养	76
3.10	大中型沼气工程安全防护	77
	参考文献	78
第4章	生物质压缩成型	80
4.1	生物质成型技术(BBT)的发展	80
4.2	生物质压缩成型原理	80
4.3	生物质压缩成型工艺流程	81
4.4	生物质成型技术	83
4.4.1	活塞压力式成型技术	83
4.4.2	螺旋挤压技术	84
4.4.3	压辊式成型机	84
4.4.4	生物成型自动生产线	85
4.5	成型棒的燃料特性	86
4.6	应用实例	89
4.6.1	颗粒燃料生产工艺	89
4.6.2	棒状燃料及机制炭生产工艺	90
	参考文献	90
第5章	生物质气化技术	91
5.1	生物质气化技术的简史	91
5.2	生物质气化原理与工艺	92
5.2.1	生物质原料	92
5.2.2	生物质气化原理	96
5.2.3	生物质气化动力学	99
5.3	生物质气化的工艺过程	102
5.3.1	气化的分类	102
5.3.2	固定床生物质气化器的形式和工作过程	103
5.3.3	流化床气化器	105
5.4	生物质燃气的净化	107
5.4.1	常用的净化方法和设备	108
5.4.2	机械式除尘器	109
5.4.3	湿式分离器	110
5.4.4	过滤器	112
5.5	生物质气化的工艺系统	113
5.5.1	正压系统和负压系统	113
5.5.2	燃气输送机的选择	113
5.5.3	典型的生物质气化系统	115

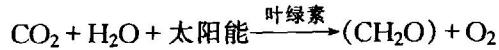
参考文献	118
第6章 生物质集中供气技术	119
6.1 生物质气化集中供气技术概况	119
6.2 燃气输配系统	120
6.2.1 储气柜	121
6.2.2 燃气输配管网	124
6.2.3 储气柜和燃气管道的防腐	127
6.3 生物质气化集中供气系统的设计	128
6.3.1 燃气供应负荷的计算	129
6.3.2 气化站的设计	130
6.3.3 燃气输配管网的设计	132
6.4 燃气的应用	135
6.4.1 生物质燃气的特性	135
6.4.2 生物质燃气灶具	138
6.5 生物质气化供气的经济性分析	139
6.5.1 财务评价	140
6.5.2 国民经济评价	140
6.5.3 影响因素分析	140
6.6 气化系统的安全运行和安全用气	141
6.6.1 气化站的安全运行	142
6.6.2 燃气输配管网的安全运行	143
6.6.3 燃气的安全使用	144
6.7 应用实例	144
6.7.1 原料来源及需要量	145
6.7.2 气化站土建及配套	145
6.7.3 投资及经济分析	145
参考文献	146
第7章 生物质气化发电技术	147
7.1 气化发电的工作原理及工艺流程	147
7.1.1 气化发电工作原理	147
7.1.2 生物质气化发电技术的分类	148
7.2 生物质气化发电的关键技术	150
7.2.1 生物质气化工艺的设计与选用	150
7.2.2 生物质焦油裂解技术	153
7.2.3 生物质燃气净化技术	158
7.2.4 生物质燃气发电技术	160
7.3 应用实例分析	163
7.3.1 小型生物质气化发电系统	163
7.3.2 中型生物质气化发电系统	165
7.3.3 大型生物质气化发电技术的应用	170

参考文献	172
第8章 生物质燃料酒精	173
8.1 前言	173
8.2 纤维素原料性质	174
8.3 酸水解	175
8.3.1 浓酸水解	175
8.3.2 稀酸水解	176
8.4 酶水解	179
8.4.1 酶水解原理	179
8.4.2 原料预处理	180
8.4.3 酶生产	182
8.4.4 酶水解影响因素	183
8.5 发酵	185
8.5.1 发酵机理	185
8.5.2 影响发酵的因素	185
8.5.3 发酵原料净化	187
8.5.4 五碳糖发酵	188
8.5.5 同时糖化和发酵工艺	189
8.5.6 后处理	189
8.6 工艺流程和经济核算	190
8.6.1 概述	190
8.6.2 SSCF 酶水解工艺	191
8.6.3 二级稀酸水解工艺流程	193
8.7 应用现状和前景	194
参考文献	195
第9章 生物质热裂解液化技术	197
9.1 生物质热裂解液化技术原理及工艺	197
9.1.1 生物质热裂解液化的概念	197
9.1.2 生物质热裂解工艺类型	197
9.1.3 反应机理	198
9.1.4 影响生物质热裂解过程及产物组成的因素	199
9.1.5 热裂解液化工艺流程	201
9.2 生物质热裂解液化技术研究及开发现状	202
9.2.1 国内外生物质热裂解液化的研究现状	202
9.2.2 生物质热裂解液化反应器的类型	203
9.3 典型生物质热裂解液化设备应用实例分析	204
9.3.1 引流床 (Entrained Flow)——美国 GTRI	204
9.3.2 真空移动床 (Vacuum Moving Bed)——加拿大, Pyrovac	205
9.3.3 烧蚀反应器 (Ablative)——英国 Aston 大学	206
9.3.4 旋转锥 (Rotating Cone)——荷兰 Twente 大学	207

9.3.5	循环流化床 (Circulating Fluid Bed) ——希腊可再生能源中心	208
9.3.6	流化床 (Fluid Bed) ——加拿大滑铁卢大学	209
9.4	生物油的特性及应用	210
9.4.1	生物油组成成分	210
9.4.2	特性	210
9.4.3	生物油的应用	211
9.4.4	不可冷凝气体的应用	212
9.4.5	木炭的应用	212
	参考文献	213
第 10 章	能源作物	214
10.1	制取燃料酒精草本能源作物	215
10.1.1	应用现状	215
10.1.2	甘蔗	215
10.1.3	甜高粱	216
10.1.4	燃料酒精 (无水酒精) 生产方法	221
10.2	木本燃料油植物	222
10.2.1	能源植物资源及分布概述	222
10.2.2	值得注意的一些能源油料植物种类	230
10.2.3	应用现状	230
10.2.4	主要木本燃料油植物利用简介	232
10.2.5	生产工艺研究 (生物柴油)	234
10.3	我国能源作物开发利用存在的问题与对策	245
10.3.1	存在的问题	245
10.3.2	对策	245
	参考文献	246

第 1 章 生物质能概述

生物质包括植物、动物及其排泄物、垃圾及有机废水等几大类。从广义上讲，生物质是植物通过光合作用生成的有机物，它的能量最初来源于太阳能，所以生物质能是太阳能的一种，它的生成过程如下：



每个叶绿素都是一个神奇的化工厂，它以太阳光作动力，把 CO_2 和水合成有机物，它的合成机理目前人类仍未搞清楚。研究并揭示光合作用的机理，模仿叶绿素的结构，生产出人工合成的叶绿素，建成工业化的光合作用工厂，是人类的梦想。如果这一梦想能实现，它将根本上改变人类的生产活动和生活方式，所以研究叶绿素的机理一直是激动人心的科学活动。

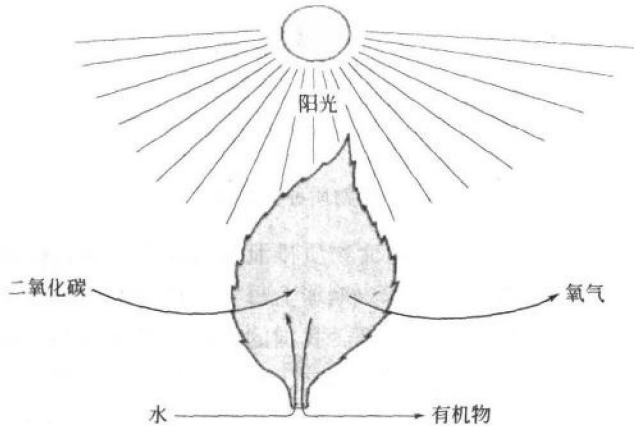


图 1-1 光合作用原理图

生物质是太阳能最主要的吸收器和储存器。太阳能照射到地球后，一部分转化为热能，一部分被植物吸收，转化为生物质能（见图 1-1）。转化为热能的太阳能能量密度很低，不容易收集，只有少量能被人类所利用，其他大部分存于大气和地球中的其他物质中；生物质通过光合作用，能够把太阳能富集起来，储存在有机物中，这些能量是人类发展所需能源的源泉和基础。基于这一独特的形成过程，生物质能既不同于常规的矿物能源，又有别于其他新能源，兼有两者的特点和优势，是人类最主要的可再生能源之一。

1.1 生物质资源的特点

1.1.1 生物质的重要性

生物质的种类很多，植物类中最主要也是我们经常见到的有木材、农作物（秸秆、稻草、麦秆、豆秆、棉花秆、谷壳等）、杂草、藻类等。非植物类中主要有动物粪便、动物尸体、废水中的有机成分、垃圾中的有机成分等，见图 1-2。

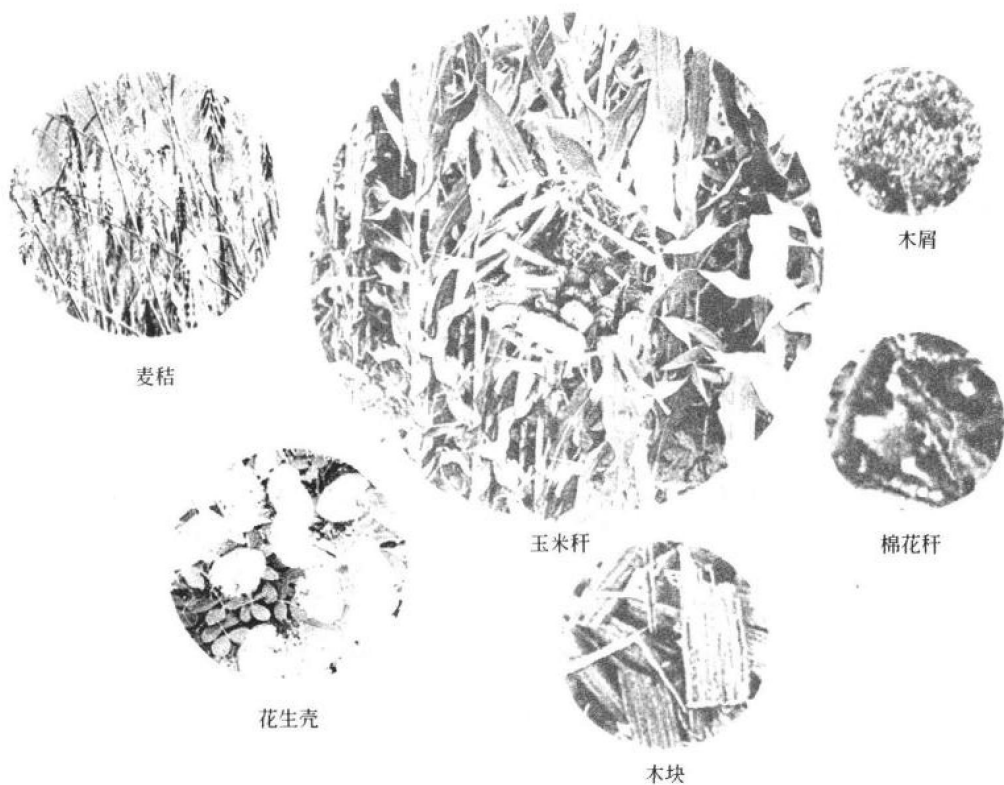


图 1-2 生物质种类的照片

由于地球上生物数量巨大，由这些生命物质排泄和代谢出许多有机质，这些物质所蕴藏的能量是相当惊人的。根据生物学家估算，地球上每年生长的生物能总量约 1 400~1 800 亿吨（干重），相当于目前世界总能耗的 10 倍。我国的生物质能也极为丰富，现在每年农村中的秸秆量约 6.5 亿吨，到 2010 年将达 7.26 亿吨，相当于 5 亿吨标煤。柴薪和林业废弃物数量也很大，林业废弃物（不包括薪炭林）每年约达 3 700 万立方米，相当于 2 000 万吨标煤。如果考虑日益增多的城市垃圾和生活污水，禽畜粪便等其他生物质资源，我国每年的生物质资源达 6 亿吨标煤以上，扣除了一部分做饲料和其他原料，可开发为能源的生物质资源达 3 亿多吨标煤。随着农业和林业的发展，特别是随着速生薪炭林的开发推广，我国的生物质资源将越来越多，有非常大的开发和利用潜力。

从生物质能的资源总体构成来看，目前我国农村中生物质能约占全部生物质能的 70% 以上，其他主要是城镇生活垃圾、污水和林业废弃物，而从先进国家目前的生物质资源和利用来看，其主要构成均都是以林业废弃物和薪炭林为主。我国随着薪炭林技术的发展和工业化水平的提高，这方面的比例也会越来越大，所以这方面的开发利用量也是不容忽视的。

随着人类大量使用矿物燃料带来的环境问题日益严重，各国政府开始关心、重视生物质能源的开发利用。虽然各国的自然条件和技术水平差别很大，对生物质能今后的利用情况将千差万别，但总的来说，生物质能今后的发展将不再像最近 200 多年来一样日渐萎缩，而是重新发挥重要作用，并在整个一次能源体系中占据稳定的比例和重要的地位。

影响生物质能开发利用的因素很多，所以不同的预测方法结果差别很大，从 100~300EJ ($E = 10^{18}$)，但不论哪种预测方法都说明了生物质在未来的能源体系中有特别重要的意

义，不论哪个时间，生物质能总是占总能耗的10%~30%。

由于我国目前的生物质能主要是在农村经济中利用，所以农村未来能源需求和消耗情况对生物质能的开发利用量影响很大，有关资料对我国农村今后能源使用情况做了预测，这个指标可以在较大程度上反映我国今后生物质能消耗的趋势。它的预测有两种，第一种是常规方案预测，即建立在现时生物质能发展情况的基础之上的预测，其结果是各时段（2000年、2010年、2030年、2050年）的生物质利用量的增长速度分别为8.9%、7.7%、8.0%、3.6%；第二种是加强方案预测，即以突出强调生物质能对化石能源的替代为依据的预测，其结果是以上各时段的发展速度分别为9.6%、8.0%、7.4%、4.5%。

表1-1~表1-4给出了未来农村能源需要的预测和对各种可再生能源需求的变化。由预测可知，随着社会的发展，传统利用生物质能的比例将越来越少，到2050年，农村生物质能的利用中，传统利用方法不到1%，但是，生物质能的现代化利用技术的比例将越来越高，到2050年可能达到农村总能耗的13%。另外，从预测中可以看出天然生物质能在农村能源的比例（见表1-5）随时间推移将越来越少，从30%降到13.7%左右，但是不管哪个时期，也不管哪个方案，生物质能在农村能源中的比例都很大（高于14%），而且是最主要的可再生能源（占可再生能源的50%以上），这可以充分说明生物质能在今后几十年内在我国农村能源，甚至于我国能源体系的重要地位。

表 1-1 农村地区能源需求预测——常规方案

能源结构	折标煤/万吨				
	1995年	2000年	2010年	2020年	2050年
农村生产用能	36 683	48 468	72 762	91 601	123 463
乡镇企业用能	31 317	41 909	62 036	75 621	101 925
煤	23 150	30 980	45 858	55 900	75 345
电	5 558	7 438	11 010	13 421	18 089
油	2 609	3 491	5 168	6 300	8 491
农林牧渔用能	5 366	6 559	10 726	15 980	21 538
煤	1 100	1 214	1 480	1 805	2 432
电	1 662	2 022	3 294	5 365	7 231
油	2 604	3 323	5 952	8 810	11 875
农村生活用能	12 126	18 722	32 170	41 814	49 232
煤	8 750	12 810	21 512	27 124	28 317
电	3 130	5 516	9 879	13 536	19 360
油	246	396	779	1 154	1 555
农村商品能源总计	48 809	67 190	104 932	133 415	172 695
其中:农村水电	243	397	561	832	1 320
生活用生物质能	19 920	19 171	14 340	8 884	4 096
传统利用薪柴	12 600	11 399	8 365	5 447	2 560
传统利用秸秆	7 320	7 772	5 975	3 437	1 536
现代技术可再生能源 ^①	260	1 403	6 976	15 118	22 528
薪柴	0	600	3 585	8 170	10 240
秸秆	0	409	2 561	5 156	6 144
沼气	134	216	425	835	2 500
太阳能	58	74	192	498	2 152
风能	28	45	117	303	1 311
地热	40	59	96	156	181
总 计	68 989	87 764	126 248	157 417	199 319

① 未含农村水电数据。

表 1-2 农村地区能源需求结构分析——常规方案 (能源结构所占比例/%)

农村能源结构	1995 年	2000 年	2010 年	2020 年	2050 年
商品能源	70.6	76.6	83.1	84.8	86.6
煤	47.7	51.3	54.5	53.9	53.2
电	15.0	17.2	19.2	20.6	22.5
油	7.9	8.1	9.4	10.3	10.9
生活用生物质能	28.8	21.8	11.4	5.6	2.1
现代技术可再生能源	0.4	1.6	5.5	9.6	11.3

表 1-3 农村地区能源需求预测——加强可再生能源方案

能源结构	折标煤/万吨				
	1995 年	2000 年	2010 年	2020 年	2050 年
农村生产用能	36 683	48 468	72 762	91 601	123 463
乡镇企业用能	31 317	41 909	62 036	75 621	101 925
煤	23 150	30 980	45 858	55 900	75 345
电	5 558	7 438	11 010	13 421	18 089
油	2 609	3 491	5 168	6 300	8 491
农林牧渔用能	5 366	6 559	10 726	15 980	21 538
煤	1 100	1 214	1 480	1 805	2 432
电	1 662	2 022	3 294	5 365	7 231
油	2 604	3 323	5 952	8 810	11 875
农村生活用能	12 126	18 150	29 724	37 598	39 756
煤	8 750	12 238	19 066	22 908	18 841
电	3 130	5 516	9 879	13 536	19 360
油	246	396	779	1 154	1 555
农村商品能源总计	48 809	66 618	102 486	129 199	163 219
其中:农村水电	243	441	707	1 152	1 826
生活用生物质能	19 920	20 121	13 922	7 575	1 434
传统利用薪柴	12 600	12 349	8 800	4 799	1 434
传统利用秸秆	7 320	7 772	5 122	2 776	0
现代技术可再生能源 ^①	260	1 542	10 495	20 997	45 148
薪柴	0	650	5 867	11 197	12 902
秸秆	0	409	3 414	6 478	9 216
沼气	134	270	699	2 171	5 270
太阳能	58	93	242	523	15 671
风能	28	56	146	379	1 637
地热	40	64	127	249	452
总 计	68 989	88 281	126 903	157 771	209 801

① 未含农村水电数据。

表 1-4 农村地区能源需求结构分析——加强可再生能源方案 (能源结构所占比例/%)

农村能源结构	1995 年	2000 年	2010 年	2020 年	2050 年
商品能源	70.6	75.4	80.7	81.9	77.8
煤	47.7	50.3	52.3	51.0	46
电	15.0	16.9	19	20.6	21.4
油	7.9	8.2	9.4	10.3	10.4
生活用生物质能	28.8	22.8	11.0	4.8	0.7
现代技术可再生能源	0.4	1.8	8.3	14.3	21.5

表 1-5 生物质能今后在我国农村能源中所占的比例

年 份	1995	2000	2010	2020	2050
农村总能耗折标煤/亿吨	6.9	8.83	12.69	15.78	20.98
生物质能折标煤/亿吨	1.99	2.11	2.39	2.74	2.88
生物质能所占比例/%	28.8	23.9	18.8	17.4	13.7

1.1.2 生物质能与常规能源的相似性及可获得性

生物质能的载体是有机物，所以这种能源是以实物的形式存在的，是惟一一种可储存和可运输的可再生能源。而且它分布最广，不受天气和自然条件的限制，只要有生命的地方即有生物质存在。从利用方式上看，生物质能与煤、石油内部结构和特性相似，可以采用相同或相近的技术进行处理和利用，利用技术的开发与推广难度比较低。另外，生物质可以通过一定的先进技术进行转换，除了转化为电力外，还可生成油料、燃气或固体燃料，直接应用于汽车等运输机械或用于柴油机、燃气轮机、锅炉等常规热力设备，几乎可以应用于目前人类工业生产或社会生活的各个方面，所以在所有新能源中，生物质能与现代的工业化技术和目前的现代化生活有最大的兼容性，它在不必对已有的工业技术做任何改进的前提下即可以替代常规能源，对常规能源有很大的替代能力，这些都是今后生物质能发挥重要作用的依据。

从化学的角度上看，生物质的组成是碳氢化合物（见图 1-3），它与常规的矿物燃料，如石油、煤等是同类。由于煤和石油都是生物质经过长期转换而来的，所以生物质是矿物燃料的始祖，被喻为即时利用的绿色煤炭。正因为这样，生物质的特性和利用方式与矿物燃料有很大的相似性，可以充分利用已经发展起来的常规能源技术开发利用生物质能。但与矿物燃料相比，它的挥发组分高，炭活性高，含硫量和灰分都比煤低，因此，生物质利用过程中 SO_2 、 NO_x 的排放较少，造成的空气污染和酸雨现象会明显降低，这也是开发利用生物质能的主要优势之一。

但是，由于生物质的多样性和复杂性，其利用技术远比化石燃料复杂和多样。首先，由于生物质有的含水极高或以污水为载体（如污泥和养殖污水等），生物质利用技术除了像采用化石燃料相似的燃烧技术和物化转换技术之外，还增加了独特的生化转换技术，如厌氧消化技术和堆肥等；其次，生物质形状多样，能量密度低，在利用时需要更多的预处理和能量品位提升的过程，所以它的特殊转换技术比直接燃烧更重要；另外，生物质分布分散，难以使用集中处理技术，而分散处理技术效率较低，这也是目前生物质大规模推广使用的主要难题。

从人类开始懂得利用能源开始，生物质一直是人类生活最主要的生活能源。在远古时代，人类第一次懂得用火取暖和烧烤食物，使用的就是生物质能——木头。从此以后，人类在漫长的进化过程和社会发展过程中，大部分能源来源于生物质能——木头、柴草和木炭。

直到最近两个世纪，人类发现矿物燃料并开始大规模地利用，这一情况才有所改变。由于矿物燃料有高密度和高热质的优点，为人类工业化发展提供了物质基础，彻底改变了人类的生产方式和生活方式，矿物燃料日渐成为现代人类社会最主要而且是必不可缺的能源，目