

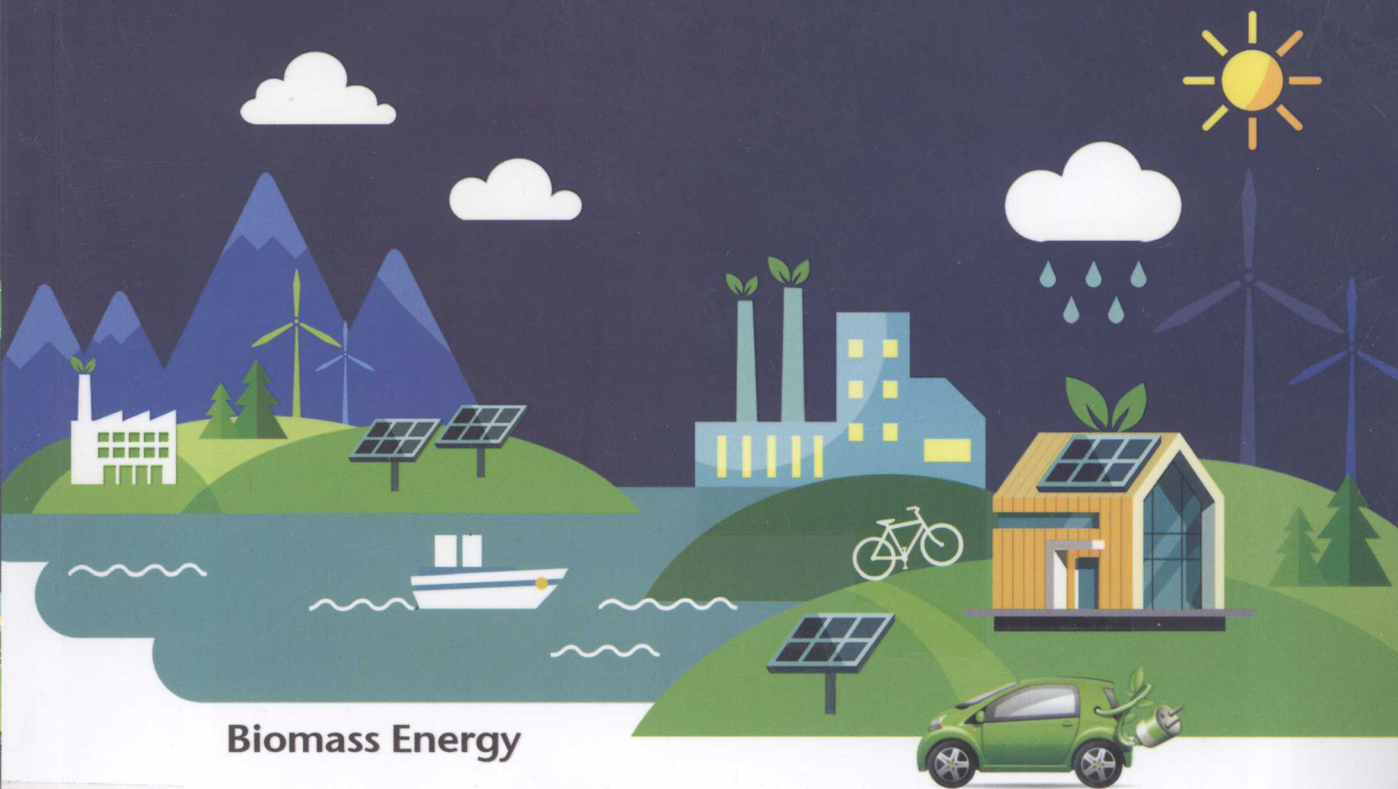


“十二五”国家重点图书出版规划项目 • 新能源技术丛书

双色
印刷

生物质能源

◆ 刘 灿 主编 ◆ 刘 静 副主编



Biomass Energy



中国工信出版集团



电子工业出版社
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY
<http://www.phei.com.cn>

“十二五”国家重点图书出版规划项目
新能源技术丛书

生物质能源

主 编 刘 灿

副主编 刘 静

参 编 余 昆 张 鑫

電子工業出版社·

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

内 容 简 介

生物质能是太阳能以化学能形式储存在生物质中的能量形式。生物质能作为绿色、可持续的能源,它以燃料乙醇、成型固体燃料、沼气、氢能、生物柴油等形式应用在国民经济的各个领域,并逐步渗透到我们的日常生活中。

本书围绕我国生物质能产业及主要相关技术进行了阐述,全书共 12 章,内容涵盖了生物质能产业相关的政策、生物质资源分布以及前沿生产技术,较为全面地介绍了生物质能的相关知识。

本书通俗易懂,面向的读者群广泛,图书可作为能源化工、生物化工、应用化学、生物工程等方向读者、投资者的参考书。

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。

版权所有,侵权必究。

图书在版编目(CIP)数据

生物质能源 / 刘灿主编. —北京: 电子工业出版社, 2016.8

(新能源技术丛书)

ISBN 978-7-121-28276-8

I. ①生… II. ①刘… III. ①生物能源 IV. ①TK6

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2016) 第 045328 号

策划编辑: 柴 燕 张 楠

责任编辑: 张 楠

印 刷: 三河市双峰印刷装订有限公司

装 订: 三河市双峰印刷装订有限公司

出版发行: 电子工业出版社

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编 100036

开 本: 787×1 092 1/16 印张: 11.75 字数: 293 千字

版 次: 2016 年 8 月第 1 版

印 次: 2016 年 8 月第 1 次印刷

定 价: 48.00 元

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题, 请向购买书店调换。若书店售缺, 请与本社发行部联系, 联系及邮购电话: (010) 88254888, 88258888。

质量投诉请发邮件至 zlt@phei.com.cn, 盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

本书咨询联系方式: (010) 88254579。

• 序 言 •

能源是经济发展的血液。然而,随着人类社会发 展速度的不断提高,造成了石化能源的急剧消耗,使之渐趋枯竭。同时,石化能源的大量消费也带来了日益严峻的气候问题和巨大的环境压力,这使得石化能源的替代品——生物质能源引发了社会各界的广泛关注。

生物质能源是重要的可再生能源,是太阳能以化学能形式储存在生物质中的能量形式——即以生物质为载体的能量。目前,世界上技术较为成熟、实现规模化开发的生物质能的利用方式主要包括生物质发电、沼气技术、生物液体燃料和生物质成型燃料等。生物质能的开发利用将节约和替代大量石化能源,显著减少污染物和温室气体排放,促进人与自然的协调发展。我国将发展生物质能作为替代石化能源、保障能源安全的重要战略措施,积极推动生物质能的开发利用,将使生物质能在我国能源安全、节能减排中发挥更加重要的作用,有力地推进经济和社会的可持续发展。

本书围绕我国生物质能源产业、主要相关技术的发展前景进行阐述,涵盖了与生物质能源产业相关的政策、经济、资源分布以及前沿的生产技术,较为全面地介绍了生物质能源的相关知识。本书理论与实际相结合,进行了大量实例分析,便于读者的阅读和理解。全书共 12 章,第 1 章阐述了我国生物质能源的发展目标和发展现状;第 2 章阐述了我国生物质能源政策;第 3 章探讨了生物质能与低碳经济;第 4 章介绍了我国生物质资源;第 5 章介绍了生物质燃气的发展现状和生产技术;第 6 章介绍了我国生物柴油的生产情况;第 7 章介绍了生物燃料乙醇的发展动向;第 8 章介绍了固体成型燃料;第 9 章介绍了生物质氢能源;第 10 章介绍了生物航空燃料;第 11 章介绍了微藻生物能源;第 12 章介绍了生物质发电。

本书通俗易懂,面向的读者群广泛,涉及面广,可作为能源化工、生物化工、应用化学、生物工程等方面的读者、投资者的参考书,由于生物质能源技术涉及的学科多,每个学科研究发展迅速,加之编者水平和时间条件所限,遗漏许多文献和资料,存在不少缺点和错误,书中不足之处恳请读者批评、谅解。

本书的组织编写和修订工作得到了北京农学院农业部都市农业(北方)重点实验室、北京林业大学材料科学与技术学院、北京空间机电研究所的帮助,感谢电子工业出版社为本书出版给予的支持,感谢“北京市优秀人才培养资助项目”“大北农”基金给予经费支持。

编者

2016 年 5 月

• 目 录 •

第1章 再生能源与生物质能 / 1

1.1 再生能源的发展现状 / 2

1.1.1 再生能源的利用现状 / 3

1.1.2 生物质能的组成 / 5

1.2 生物质能发展现状 / 8

1.2.1 生物质能的发展目标 / 8

1.2.2 生物质能发展的基本原则 / 9

1.2.3 生物质能的发展方式 / 10

1.3 生物质能的示范工程和重点工程 / 11

1.3.1 生物质能的综合利用产业化示范 / 11

1.3.2 生物质能的发展重点工程 / 13

1.4 发展生物质能的效益和前景 / 14

参考文献 / 15

第2章 生物质能产业与政策分析 / 17

2.1 国外生物能源发展现状 / 18

2.2 国外政策经验对我国的启示 / 23

2.3 我国能源政策的发展历程 / 25

2.4 我国生物能源政策探讨 / 28

参考文献 / 32

第3章 生物质能与低碳经济 / 33

3.1 我国碳排放概况 / 34

3.2 我国能源消费结构 / 35

3.3 生物质能与节能减排 / 37

3.4 低碳经济 / 38

3.5 生物质能与能源结构调整 / 39

3.6 生物质能发展面临的挑战 / 40

参考文献 / 42

第4章 生物质资源 /43

- 4.1 生物质资源的组成 /44
- 4.2 生物质资源的分布 /45
 - 4.2.1 农业生物质资源 /45
 - 4.2.2 林木生物质资源 /47
 - 4.2.3 畜禽粪便 /52
 - 4.2.4 生活污水和工业有机废水 /52
 - 4.2.5 固体废物 /52
- 4.3 生物质资源开发前景 /52

第5章 生物质燃气 /55

- 5.1 生物质燃气的发展与现状 /56
- 5.2 生物质燃气的生产方法 /57
 - 5.2.1 热化学法制备生物燃气 /57
 - 5.2.2 生物法生产生物质燃气 /61
- 5.3 生物质燃气的应用前景 /67

参考文献 /68

第6章 生物柴油 /69

- 6.1 国内外生物柴油发展状况 /70
 - 6.1.1 全球生物柴油产业状况 /70
 - 6.1.2 我国生物柴油发展概况 /70
 - 6.1.3 生物柴油标准 /71
- 6.2 生物柴油的生产和性能 /72
 - 6.2.1 生物柴油的生产 /73
 - 6.2.2 生物柴油的性能 /77
- 6.3 第二代生物柴油——绿色柴油的生产与性能 /77
 - 6.3.1 绿色柴油的生产 /78
 - 6.3.2 绿色柴油的性能 /80
- 6.4 我国生物柴油产业的挑战和展望 /81

参考文献 /82

第7章 生物燃料乙醇 /83

- 7.1 国内外燃料乙醇的发展状况 /85
 - 7.1.1 国外燃料乙醇的概况 /85
 - 7.1.2 我国燃料乙醇的发展状况 /86

- 7.2 燃料乙醇的生产 / 87
 - 7.2.1 乙醇生产的原料 / 87
 - 7.2.2 燃料乙醇的生产 / 88
- 7.3 燃料乙醇的发展前景和挑战 / 96
- 参考文献 / 97

第 8 章 生物质固体成型 / 99

- 8.1 成型燃料的特点和行业标准 / 100
 - 8.1.1 成型燃料的特点 / 100
 - 8.1.2 现行的行业标准 / 101
 - 8.1.3 成型燃料的应用 / 101
- 8.2 成型燃料的研究现状 / 102
- 8.3 生物质固体成型原理 / 103
 - 8.3.1 生物质各组分的作用 / 103
 - 8.3.2 生物质固体成型过程 / 104
- 8.4 固体成型方法 / 107
 - 8.4.1 工艺分类及特点 / 107
 - 8.4.2 生物质固体成型工艺流程 / 109
- 8.5 生物质成型设备 / 110
 - 8.5.1 主要成型设备 / 110
 - 8.5.2 配套设备 / 113
- 8.6 生物质成型燃料的发展前景与挑战 / 115
- 参考文献 / 116

第 9 章 生物质氢能源 / 117

- 9.1 氢能的特点和发展现状 / 118
 - 9.1.1 氢能的特点 / 118
 - 9.1.2 国内外氢能源的发展状况 / 119
- 9.2 氢能的生产 / 120
 - 9.2.1 石化燃料制氢 / 120
 - 9.2.2 电解水制氢 / 121
 - 9.2.3 生物质制氢 / 121
- 9.3 氢能的储备和利用 / 126
- 9.4 生物制氢存在的问题及展望 / 129
- 参考文献 / 130

第 10 章 生物航空燃料 / 131

10.1 生物航空燃料的发展背景 / 132

10.1.1 生物航空燃料的试飞和商业运营 / 132

10.1.2 生物航空燃料的投产情况 / 133

10.1.3 生物航空燃料与减排 / 136

10.1.4 生物航空燃料标准 / 138

10.2 生物航空煤油的生产 / 139

10.2.1 生物航空煤油的生产原料 / 139

10.2.2 生物航空煤油的制备工艺 / 139

10.3 生物航空燃料面临的挑战 / 142

参考文献 / 143

第 11 章 能源微藻 / 145

11.1 能源微藻的发展状况 / 146

11.2 微藻生物燃料的生产 / 148

11.2.1 利用藻类直接合成生物燃料 / 148

11.2.2 微藻油脂的合成 / 151

11.2.3 微藻其他相关产品的开发 / 157

11.3 微藻生物能源的挑战和展望 / 158

参考文献 / 160

第 12 章 生物质发电 / 161

12.1 生物质发电的发展现状 / 162

12.2 生物质发电技术 / 163

12.2.1 生物质直燃发电 / 163

12.2.2 生物质混合燃烧发电 / 165

12.2.3 生物质气化发电 / 166

12.3 生物质发电面临的挑战和机遇 / 174

参考文献 / 175

附录——生物质能相关政策 / 177

第 1 章

再生能源与生物质能



随着经济发展,我国能源需求日益增长,已成为世界能源生产和消费大国。目前,增加能源供应、保障能源安全是我国经济社会发展所面临的重大挑战。

可持续发展的观念在 20 世纪 70 年代后逐步成为国际社会共识,生物质能作为重要的再生资源,其开发和利用受到各国重视,许多国家将开发利用生物质能作为能源战略的重要组成部分。美国提出到 2020 年再生生物燃料占交通燃料的 20%,欧盟提出到 2020 年生物燃料占交通燃料的 10%。

再生能源包括水能、风能、太阳能、生物质能、地热能及海洋能等,再生能源的开发利用有利于人与自然的和谐发展。

生物质能作为重要再生能源之一,在满足我国能源需求、减少环境污染、改善能源结构方面具有巨大潜力。现阶段,我国生物质能消费占能源消费总量的比重较低,产业基础较为薄弱,有待我们大力发展。我国《国民经济和社会发展第十一个五年规划纲要》明确提出:“鼓励生产与消费可再生能源,提高其在一次能源消费中的比重。”加快我国生物质能发展,是促进节能减排,更好地应对经济、社会可持续发展的重要突破口。

所谓生物质,广义上讲一切有生命的可以生长的有机物质统称为生物质,包括植物、动物和微生物。从狭义上讲,生物质主要是指农林业生产过程中除粮食、果实以外的秸秆、树木等木质纤维素、农产品加工业的下脚料、农林废弃物及畜牧业生产过程中的禽畜粪便和废弃物等物质。

生物质能(biomass energy),就是太阳能以化学能形式储存在生物质中的能量形式,即以生物质为载体的能量,它直接或间接地来源于绿色植物的光合作用,可转化为常规的固态、液态和气态燃料,是唯一一种可再生的碳源^[1]。生物质能作为重要的再生能源,具有资源来源广泛、利用方式多样化、能源产品多元化、综合效益显著的特点。

生物质能作为四大能源之一,其消耗量仅次于石油、煤炭及天然气,在一次能源中所占的比例达 14%。随着石化能源的日趋枯竭,再加上日益严峻的气候和环境问题,生物质能的开发和利用越来越受到社会各界的广泛关注,世界各国都在加大力度开发生物质能,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。

1.1 再生能源的发展现状

一次能源可以进一步分为再生能源和不可再生能源两大类。再生能源在自然界中经过亿万年形成,短期内无法恢复且随着大规模的开发利用,其储量越来越少终将枯竭的能源称之为非再生能源,包括煤、原油、天然气、油页岩、核能等,它们是不能再生的。再生能源包括太阳能、水能、风能、生物质能、波浪能、潮汐能、海洋温差能等^[2]。受全球气候变化和石油价格上涨的影响,可再生能源的开发利用受到国际社会的广泛关注,各国纷纷提出了明确的发展目标,制定了扶持可再生能源发展政策法规,使可再生能源应用技术水平不断升级、提高,相关产业规模逐步扩大,使可再生能源成为推进能源多样化和实现

可持续发展的重要能源。

1997年,欧盟提出,能源消费结构中,1996—2010年可再生能源在一次能源消费中的比例要从6%提高到12%,在总发电量中,可再生能源发电量占比从14%提高到22%。2007年年初,欧盟又拟定新的发展目标,要求到2020年,可再生能源消费占全部能源消费的20%,在全部发电量中可再生能源发电量占到30%。美国、巴西、日本、澳大利亚、印度等国也制定了明确的发展目标,促进可再生能源的发展。

我国资源潜力大、发展前景好的可再生能源主要包括水能、生物质能、风能、太阳能、地热能及海洋能。经过多年发展,我国在可再生能源方面取得了较大的进步,风电、光伏发电、太阳能热利用和生物质能的高效利用也取得了明显进展,这些都为调整能源结构、保护环境、促进经济和社会发展做出了重大贡献^[3]。

1.1.1 再生能源的利用现状

1. 水能

水力发电,是指将水能转换为电能的工程建设和生产运行等。水能是取之不尽用之不竭的清洁能源,它仅利用大自然所赋予的能量,不消耗水,也不产生污染。水力发电是目前最成熟的可再生能源发电技术,在世界各地得到广泛应用。当前,经济发达国家的水能资源已基本开发完毕,水电建设主要集中在发展中国家。根据2011年我国水能资源普查结果,我国水能资源技术可开发量为5.4亿千瓦,年发电量为2.5万亿千瓦时;经济可开发量为4亿千瓦,年发电量为1.75万亿千瓦时。目前,我国水电开发容量已达到技术可开发量的52%左右,发电量占到技术可开发量的40%左右。截至2015年年底,我国水电装机达3.20亿千瓦,占全国全部电力装机容量的22.2%,稳居世界第一。全国水电全年新增装机2185万千瓦,水电年发电量超越万亿大关,达到10661亿千瓦时,同比增长18.0%。

2. 风能

风电又称风能发电或者风力发电。根据最新风能资源评价,我国陆地可利用风能资源约3亿千瓦,近岸海域可利用风能资源7亿千瓦,总计约10亿千瓦。风能资源主要分布在东北、华北北部和西北地区,以及东部沿海陆地、岛屿及近岸海域。近年来,并网风电机组的单机容量不断增大,随着风电的技术进步和应用规模的扩大,风电成本持续下降,其经济性与常规能源已十分接近。全球风能理事会发布报告指出,2014年,全球风电新增装机容量5147.7万千瓦,同比上升44%。依据中国风能协会和国家能源局发布的统计数据,2015年中国风电新增装机容量达3050万千瓦,累计装机容量达到1.45亿千瓦,同比上升26.6%,其中并网容量近1亿千瓦,占全部发电装机容量的7%。2014年世界其他国家风电发展情况如下:欧洲风电装机在2014年实现了小幅增长,新增装机容量达到1282万千瓦,比2012年的历史最高装机纪录稍逊;德国以528万千瓦新增装机容量超越了其之前的装机纪录;英国、瑞典、法国的装机容量分别达到174万、105万、104万千瓦;

同时,非洲风电技术也开始迅猛发展,非洲总装机容量达到 93 万千瓦,非洲最大的风电场摩洛哥风电场(30 万千瓦)并网并投入运营,南非风电起步稳健,实现了 56 万千瓦的新增装机容量;拉丁美洲总装机容量达到 374 万千瓦,其中巴西以 247 万千瓦的新增装机容量继续引领拉丁美洲的风电发展。

3. 太阳能

太阳能是指太阳的热辐射能,太阳能的利用有光电转换和光热转换两种方式,太阳能的利用形式主要包括光伏发电、太阳能热发电。我国三分之二的国土面积年日照小时数在 2200 小时以上,年太阳辐射总量大于每平方米 5000 兆焦,属于太阳能利用条件较好的地区。西藏、青海、新疆、甘肃、内蒙古、山西、陕西、河北、山东、辽宁、吉林、云南、广东、福建、海南等地区的太阳辐射能量较大,尤其是青藏高原地区太阳能资源最为丰富^[4]。

近年来并网光伏发电飞速发展,其市场容量已超过分散光伏电源。此外,太阳能的热利用技术成熟,运行成本低,正在大规模铺开应用。国家能源局等机构在 2014 年发布的全社会用电量数据显示,全年光伏发电累计并网装机容量为 2805 万千瓦,同比增长 60%,其中,光伏电站 2338 万千瓦,分布式的装机容量为 467 万千瓦。光伏年发电量约 250 亿千瓦时,同比增长超过 200%。2014 年,全国新增并网光伏发电容量 1060 万千瓦,约占全球新增容量的五分之一,占我国光伏电池组件产量的三分之一,新增光伏电站的装机容量为 855 万千瓦,分布式的装机容量为 205 万千瓦。从光伏发电的布局来看,东部地区新增装机容量为 560 万千瓦,占新增装机容量的 53%。

4. 地热能

地热能是指由地壳抽取的天然热能,这种能量来自地球内部的熔岩,并以热力形式存在。地热资源在全球的分布主要集中在 3 个地带:第一个是环太平洋带,包括美国西海岸、新西兰、印尼、菲律宾、日本以及中国台湾;第二个是大西洋中脊带,大部分在海洋,北端穿过冰岛;第三个是从地中海到喜马拉雅山,包括意大利和我国西藏地区。地热能的利用主要包括发电和热利用两种方式,目前这两种技术均比较成熟。据初步勘探,我国地热资源以中低温为主,适用于工业加热、建筑采暖、保健疗养和种植养殖等,资源遍布全国各地。适用于发电的高温地热资源较少,主要分布在藏南、川西、滇西地区,可装机容量潜力约为 600 万千瓦。目前我国地热发电总装机容量约为 2.78 万千瓦,据初步估算,全国可采地热资源量约为 33 亿吨标准煤。国土资源部发布官方数据表明,我国浅层地温能的资源量相当于 95 亿吨标准煤,年可利用量约 3.5 亿吨标准煤;常规地热能的资源量相当于 8530 亿吨标准煤,年可利用量约 6.4 亿吨标准煤;增强型地热能的理论资源量相当于 860 万亿吨标准煤,约为 2013 年全国能源消费总量的 20 多万倍^[4-6]。其中,西藏地热蕴藏量居我国首位,其地热资源发电潜力超过 100 万千瓦时。羊八井地热电厂自从 1977 年 9 月第 1 台 0.1 万千瓦试验机组试运行成功后,装机容量最高曾达 2.5 万千瓦,目前约 2.1 万千瓦,占拉萨电网总装机容量的 41.5%。在冬季枯水季节,地热

发电量占拉萨电网的60%，成为其主力电网之一，为缓解拉萨市电力紧缺，促进经济发展做出了重大贡献。

据美国地热能协会（GEA）公布的数字，全球地热能发电在过去的10年增长了50%，2012年全球地热发电装机容量已达到1170万千瓦。

5. 海洋能

潮汐发电是海洋能利用的主要方式，是指通过出水库，在涨潮时将海水储存在水库内，以势能的形式保存，在落潮时放出海水，利用高、低潮位之间的落差，推动水轮机旋转，带动发电机发电。潮汐发电、波浪发电和洋流发电等海洋能的开发利用也取得了较大进展，初步形成规模的主要是潮汐发电。1967年朗斯潮汐电站在法国投入商业运行，该电站是当时世界上第一座大型潮汐电站；2011年韩国始华湖潮汐电站建成发电，装机容量25.4万千瓦，成为世界最大的潮汐发电站。我国拥有丰富的海洋能资源，其中潮流能资源非常密集，我国近海潮流能属于世界上功率密度最大的地区之一。我国潮汐能的资源蕴藏量约为1.1亿千瓦，可开发总装机容量为2179万千瓦，年发电量可达624亿千瓦时，主要集中在福建、浙江、江苏等沿海地区。我国潮汐能资源丰富，开发和生产新一代高效可靠的潮流发电机，对于我国实施可再生能源发展战略将起到巨大的推动作用。

1.1.2 生物质能的组成

生物质能作为重要的可再生能源，其资源丰富，利用方式多样，能源产品多元，社会效益显著。

我国生物质能资源主要有农作物秸秆、树木枝桠、能源作物（植物）、工业有机废水、城市生活污水和废弃物等。能源局公布的数据显示，我国农作物秸秆年产生量约6亿吨，除部分作为畜牧饲料和造纸原料外，大约3亿吨可作为燃料使用，折合约1.5亿吨标准煤。林木枝叶和林业废弃物年可获得量约9亿吨，大约3亿吨可作为能源利用，折合约2亿吨标准煤。甜高粱、小桐子、黄连木、油桐等能源作物（植物）可种植面积达2000多万公顷，可满足年产量约5000万吨生物液体燃料的原料需求。畜禽养殖和工业有机废水理论上可年产沼气约800亿立方米；全国城市生活垃圾年产生量约1.2亿吨。目前，我国生物质资源可转换为能源的潜力约5亿吨标准煤，今后随着造林面积的扩大和经济社会的发展，生物质资源转换为能源的潜力可达10亿吨标准煤^[4]。

“十一五”期间，我国生物质能产业开始快速发展，开发利用的规模不断扩大，部分领域已初步产业化，在替代石化能源、促进环境保护、带动农民增收等方面发挥了积极作用。“十二五”时期是转变能源发展方式、加快能源结构调整的重要阶段，是完成2020年非石化能源发展目标、促进节能减排的关键时期，也是生物质能产业所面临的重要发展机遇。《生物质能发展“十二五”规划》分析了国内外生物质能的发展现状，阐述了“十二五”时期我国生物质能发展的指导思想、基本原则、发展目标、规划布局和建设重点，提出了相关保障措施和实施机制，是“十二五”时期我国生物质能产业发展的基

本依据。

现代生物质能的发展要素是高效、清洁地将生物质转化为优质能源,包括电力、燃气、液体燃料和固体成型燃料等。

1. 生物质能发电

生物质能发电主要是以农业、林业和工业废弃物或城市垃圾为原料,采取直接燃烧或气化等方式发电,将生物质能转化为电能。

2011年11月,广东省粤电集团宣布,由该集团投资的世界上装机容量最大的生物质电厂正式投入商业运营。广东粤电湛江生物质发电项目为2台5万千瓦机组,其中1号机组已于2011年8月底投运;2号机组现已顺利通过72+24小时满负荷试运行,试运期间,机组平均负荷率达100.6%,各项技术参数指标优良。2007—2013年,全球生物质能发电装机容量持续上升,2012年达到7090万千瓦;2013年,全球生物质及垃圾发电新增装机规模增长有所放缓,全年新增装机容量550万千瓦,累计装机容量规模达到7640万千瓦。2006—2013年,我国生物质及垃圾发电装机容量逐年增加,由2006年的4.80万千瓦增加至2012年的980万千瓦,年均复合增长率达9.33%。2015年,我国生物质发电装机容量达到1300万千瓦,我国生物质发电行业进入发展快车道。

我国生物质发电的主要包括蔗渣、垃圾、稻壳等农林废弃物的气化发电和沼气发电等。在引进国外垃圾焚烧发电技术和设备的基础上,经过消化吸收,现已基本具备制造垃圾焚烧发电设备的能力,建设了一些垃圾填埋气发电示范项目。虽然我国生物质发电较快,但总体来看,我国在生物质发电的原料收集、净化处理、燃烧设备制造等方面与国际先进水平还有一定差距^[4]。

2. 生物质固体成型燃料

所谓生物质固体成型燃料,是指在外力作用下,以生物质中的木质素充当黏合剂,将分散的秸秆、木屑或树枝等农林生物质压缩成棒状、块状或颗粒状等具有一定形状和密度的成型燃料。秸秆、木屑、锯末等生物质结构松散、能量密度低,热效率仅为10%左右,且不易保存、不便运输。生物质经固化成型后,体积压缩比为7~10倍,燃烧效率平均提高20%~30%,便于储存、运输和处理。2011年,我国的生物质固体成型燃料生产厂达到680余家。

《可再生能源中长期发展规划》指出,到2020年,生物质固体成型燃料将成为普遍使用的一种优质燃料。生物质固体成型燃料的生产包括两种方式:一种是分散方式,在广大农村地区采用分散的小型化加工方式,就近利用农作物秸秆,主要用于解决农民自身用能需要,剩余量作为商品燃料出售;另一种是集中方式,在有条件的地区,建设大型生物质固体成型燃料加工厂,实行规模化生产,为大工业用户或城乡居民提供生物质商品燃料。全国生物质固体成型燃料年利用量达到5000万吨^[4,7]。

3. 生物质燃气

生物质燃气就是利用农作物秸秆、林木废弃物、食用菌渣、禽畜粪便及一切可燃性物

质作为原料转化为可燃性气态能源。生物质燃气主要包括沼气和生物质气化气。

- 沼气是指利用厌氧消化将有机垃圾、废弃农作物及人畜粪便等生物质转化为燃料气体，其主要成分为甲烷，沼气经提纯压缩后可进入天然气管道，也可作为车用燃料。
- 生物质气化气是指利用热化学途径将生物质转化为燃料气体，即在高温条件下使生物质发生不完全燃烧和热解，产生可燃气体，成分含有一氧化碳、氢气、甲烷以及富氢化合物。

到2005年年底，全国户用沼气池已达1800万户，年产沼气约70亿立方米；建成大型畜禽养殖场沼气工程和工业有机废水沼气工程约1500处，年产沼气约10亿立方米。沼气技术已从单纯的能源利用发展成废弃物处理和生物质多层次的综合利用，并广泛地同养殖业、种植业相结合，成为发展绿色生态农业和巩固生态建设成果的一个重要途径。沼气工程的零部件已实现了标准化生产，沼气技术服务体系已比较完善^[4]。

在农村地区主要推广户用沼气，特别是与农业生产相结合的沼气技术。在中小城镇发展以大型畜禽养殖场沼气工程和工业废水沼气工程为气源的集中供气。到2020年，约8000万户（约3亿人）农村居民生活燃气主要使用沼气，年沼气利用量约300亿立方米。我们应充分利用沼气和农林废弃物气化技术，提高农村地区生活用能的燃气比例，并把生物质气化技术作为解决农村废弃物和工业有机废弃物环境治理的重要措施。

4. 生物液体燃料

生物液体燃料是指利用生物质资源生产的甲醇、乙醇、生物柴油、生物航空煤油等液体燃料，主要用于替代石化燃油作为运输燃料。随着国际石油市场供应紧张和价格上涨，发展生物燃料乙醇和生物柴油等生物液体燃料已成为替代石油燃料的重要方向。

目前，我国生产使用的生物液体燃料主要包括燃料乙醇和生物柴油。2013年我国燃料乙醇总产量突破200万吨，成为世界上继美国、巴西之后第三大生物燃料乙醇生产国；2013年以餐饮业废油、榨油厂油渣、油料作物为原料的生物柴油生产能力达到100万~120万吨。

根据我国土地资源和农业生产的特点，合理选育和科学种植能源植物，建设规模化原料供应基地和大型生物液体燃料加工企业。不再增加以粮食为原料的燃料乙醇生产能力，合理利用非粮生物质原料生产燃料乙醇。重点发展以木薯、甘薯、甜高粱等为原料的燃料乙醇技术，以及以小桐子、黄连木、油桐、棉籽等油料作物为原料的生物柴油生产技术，逐步建立餐饮等行业的废油回收体系。从长远考虑，要积极发展以纤维素生物质为原料的生物液体燃料技术。目前，已重点在东北、山东等地，建设了若干个以甜高粱为原料的燃料乙醇试点项目；在广西、重庆、四川等地，建设了若干个以薯类作物为原料的燃料乙醇试点项目；在四川、贵州、云南、河北等地，建设了若干个以小桐子、黄连木、油桐等油料植物为原料的生物柴油试点项目。到2020年，生物燃料乙醇年利用量达到1000万吨，生物柴油年利用量达到200万吨，总计年替代约1000万吨成品油^[4,8]。

1.2 生物质能发展现状

《可再生能源中长期发展规划》、《生物质能发展“十二五”规划》中提出了从当前到2020年期间我国生物质能发展的指导思想、发展任务、发展目标以及保障措施，以便指导我国生物质能的发展。

1.2.1 生物质能的发展目标

“十二五”时期，生物质能的发展目标如表1-1所示：到2015年，生物质能产业形成较大规模，在电力、供热、农村生活用能领域初步实现商业化和规模化利用，在交通领域扩大替代石油燃料的规模。生物质能利用技术和生产重大装备技术的能力显著提高，出现一批技术创新能力强、规模较大的新型生物质能企业，形成较为完整的生物质能产业体系^[9]。

表 1-1 “十二五”时期生物质能发展的主要指标

领 域		利用规模		年产能量		折标煤 (万吨/年)
		数 量	单 位	数 量	单 位	
生物质发电	汇总	1 300	万千瓦	780	亿千瓦时	2430
	农林生物质发电	800	万千瓦	480	亿千瓦时	1500
	沼气发电	200	万千瓦	120	亿千瓦时	370
	垃圾发电	300	万千瓦	180	亿千瓦时	560
生物质供气	汇总			220	亿立方米	1750
	沼气用户	5000	万户	190	亿立方米	1500
	大型农业剩余物燃气	6000	处	25	亿立方米	200
	工业有机废水和污水处理 厂污泥等沼气	1000	处	5	亿立方米	50
生物质成型燃料		1000	万吨			500
生物液体燃料	汇总	500	万吨			500
	生物燃料乙醇	400	万吨			350
	生物柴油和航空燃料	100	万吨			150
总计						5180

2015年，我国建成了一批生物质能综合利用新技术产业化示范项目，生物质能年利用量超过5000万吨标准煤。其中，生物质发电装机容量1300万千瓦，年发电量约780亿千瓦时，生物质年供气220亿立方米，生物质成型燃料1000万吨，生物液体燃料500万吨。

在“十二五”期间我国加快了生物质能规模化的开发利用。2015年，农林生物质发电装机容量达到800万千瓦，城市生活垃圾发电装机容量达到300万千瓦，沼气发电装机容量达到200万千瓦，加快发展非粮生物液体燃料，建成油料能源林基地200万公顷；建

设了一批产业化规模的纤维素乙醇示范工程,建成纤维素酶批量生产基地;生物燃料乙醇年产量达到400万吨,生物柴油和航空生物燃料年产量100万吨;积极推广生物质燃气,生物质燃气集中供气达到30亿立方米/年,农村沼气用户5000万户,年产沼气190亿立方米;生物质成型燃料年利用量达到1000万吨。

在《可再生能源中长期发展规划》中明确指出,今后15年我国可再生能源发展的总目标是:提高可再生能源在能源消费中的比重,解决偏远地区人口用电问题和农村生活燃料短缺问题,推行有机废弃物的能源化利用,推进可再生能源技术的产业化发展。

我国探明的石油、天然气资源贫乏,单纯依靠石化能源难以实现经济、社会和环境的协调发展。生物质能技术已经成熟或接近成熟,具有大规模开发利用的良好前景。加快发展生物质能的规模化应用,降低煤炭在能源消费中的比重,是我国生物质能发展的首要目标。

1.2.2 生物质能发展的基本原则

1. 坚持资源的开发利用与经济、社会和环境相协调

生物质能的发展既要重视规模化的开发利用,不断提高生物质能在能源供应中的比重,也要重视生物质能对解决农村能源问题、发展循环经济,以及建设资源节约型、环境友好型社会的作用,更要重视与环境和生态保护的协调。要根据资源条件和经济社会发展的需要,在保护环境和生态系统的前提下,科学规划,因地制宜,合理布局,有序开发。特别是要高度重视生物质能开发与粮食和生态环境的关系,不能违法占用耕地,不能大量消耗粮食,不能破坏生态环境。

2. 坚持市场开发与产业发展互相促进

对资源潜力大、商业化发展前景好的风电和生物质发电等新兴生物质能,在加大技术开发投入力度的同时,采取必要措施扩大市场需求,以持续稳定的市场需求为生物质能产业的发展创造有利条件。建立以自我创新为主的生物质能技术开发和产业发展体系,加快生物质能的技术进步,提高设备制造能力,并通过持续的规模化发展提高生物质能的市场竞争力,为生物质能的大规模发展奠定基础。

3. 坚持近期开发利用与长期技术储备相结合

积极发展未来具有巨大潜力、近期又有一定市场需求的生物质能技术。既要重视近期适宜应用的水电、生物质发电、沼气、生物质固体成型燃料、风电和太阳能热利用,也要重视未来发展前景良好的太阳能光伏发电、生物液体燃料等生物质能技术。

4. 坚持政策激励与市场机制相结合

国家通过经济激励政策支持采用生物质能技术解决农村能源短缺和无电问题,发展循