

SHENGWUZHINENG FADIAN HUANJING XIAOYI FENXI

JIQI RANLIAO GONGYING MOSHI

生物质能发电环境效益分析 ◀ 及其燃料供应模式 ▶

檀勤良 著

石油工业出版社

生物质能发电环境效益分析 及其燃料供应模式

檀勤良 著

石油工业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

生物质能发电环境效益分析及其燃料供应模式/檀勤良著.
北京: 石油工业出版社, 2014. 9

ISBN 978-7-5183-0413-4

I. 生…

II. 檀…

III. 生物能源-发电-研究

IV. TM619

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2014) 第 221023 号

出版发行: 石油工业出版社

(北京安定门外安华里 2 区 1 号 100011)

网 址: www.petropub.com.cn

发行部: (010) 64523620

编辑部: (010) 64523524

经 销: 全国新华书店

印 刷: 保定彩虹印刷有限公司

2014 年 9 月第 1 版 2014 年 9 月第 1 次印刷

710×1000 毫米 开本: 1/16 印张: 7

字数: 133 千字

定价: 28.00 元

(如出现印装质量问题, 我社发行部负责调换)

版权所有, 翻印必究

前 言

为满足人类日益增长的物质文化需求，世界各国都在全力发展经济。正当人们沉浸在经济繁荣的喜悦时，大自然却向人类敲响了警钟：全球气候变化、环境污染、生态退化……环境有其自身不可逾越的承载力，突破这一承载力可能导致严重的甚至是毁灭性的灾难。目前世界各国已经意识到经济活动带来的负面影响，并积极行动起来寻求缓解这些问题的措施。

改革开放以来，我国经济取得了突破性的进展，并为世界创造了一个新的发展模式。但与之而来的环境问题日益突出，已经严重地影响到了人们的日常生活。由于我国能源禀赋的特点，煤炭仍将是我国占绝对地位的主要基础能源。我国经济持续快速的对能源的需求是巨大的，再加上我国一次能源以高碳能源为主导，因此我国节能减排的任务异常艰巨。对于中国这样一个发展中大国和一个处于城镇化建设关键时期的国家，减排成本是昂贵的。作为一个负责任的国家，我国政府已经明确制订了节能减排的目标，尤其是在 2009 年哥本哈根世界气候大会上向世界发出了最强音：到 2020 年实现单位国内生产总值（GDP）二氧化碳排放比 2005 年下降 40% 至 45%。

近年来，生物质能作为一种清洁能源逐步受到重视，生物质能的应用技术得到了迅猛的发展。生物质能发电是生物质能高效利用的主要方式之一。伴随着我国一系列相关政策与产业发展规划的提出，尽管生物质能发电行业进入了一个快速发展期，但生物质能发电发展过程存在的问题制约了该行业的持续发展。为此，对于生物质能推动发电的社会经济效益进行综合、全面与科学的分析，有利于发掘生物质能发电对推动社会绿色发展的价值，从而为促进生物质能发电行业持续发展政策的制定提供决策依据。

作者带领的研究团队多年来致力于我国清洁能源项目的研究，完成了北京市哲学社会科学重点项目（11JGA010）：北京市生物质能源产业现状与发展对策研究；新世纪优秀人才支持计划（NCET-12-0850）。目前主要承担国家自然科学基金项目（71373077）：考虑农户和农村组织行为的生物质能发电供应链优化及协同机制研究。本书是这些研究项目的部分研究成果，得到国家自然科学基金、教育部新世纪优秀人才计划、北京市哲学社会科学规划项目，以及北京市支持中央在京高校共建项目的资助，在此表示衷心的感谢。

主要研究内容包括五个部分：

（1）国内外生物质能发电现状分析及存在的问题；

- (2) 基于全生命周期的生物质能发电环境成本核算及环境效益分析;
- (3) 生物质能发电燃料收集成本测算模型;
- (4) 生物质能发电燃料供给行为及模式研究;
- (5) 促进生物质能发电的政策建议。

其中,第二部分是在刘媛同学硕士论文的基础上整理而成;第三部分是在杨海平同学硕士论文的基础上整理而成,第四部分是在邓艳明同学硕士论文的基础上整理而成。在此对三位研究助手表示感谢。

在本书的撰写过程中,张兴平教授、董长青教授、魏咏梅副教授和张充博士提出了许多宝贵意见,在此表示衷心的感谢。

由于作者水平有限,书中不妥与疏漏之处在所难免,恳请广大读者批评指正。

檀勤良

2014年7月

目 录

第一章 概述	(1)
第一节 生物质能概述	(1)
第二节 国内外生物质能发电发展现状分析	(6)
第三节 生物质能发电发展中存在的主要问题	(13)
第二章 环境成本核算和效益评估理论概述	(16)
第一节 国内外生物质能发电环境成本和效益研究现状	(16)
第二节 环境成本理论概述	(19)
第三节 环境效益评估理论概述	(21)
第四节 环境成本和环境效益理论概述	(21)
第五节 环境成本计量方法	(24)
第六节 本章小结	(26)
第三章 基于全生命周期的生物质能发电环境成本核算	(28)
第一节 基于全生命周期的生物质能发电系统边界	(28)
第二节 生物质能发电环境成本估算模型	(29)
第三节 生物质能发电全生命周期环境成本核算——以秸秆直燃发电 为例	(30)
第四节 本章小结	(38)
第四章 基于全生命周期的生物质能发电环境效益评估	(40)
第一节 环境效益评估	(40)
第二节 实证分析：秸秆直燃发电环境效益测算	(41)
第三节 本章小结	(49)
第五章 生物质能发电燃料收集成本测算模型	(50)
第一节 生物质能发电燃料收集研究现状与问题分析	(50)
第二节 生物质能发电燃料收集成本测算	(52)
第三节 生物质能发电燃料成本实证分析	(55)
第四节 燃料收集过程中主体间的协同机制	(59)
第五节 本章小结	(63)

第六章 生物质能发电燃料供给行为及模式	(64)
第一节 农户及农村组织行为理论	(64)
第二节 生物质能发电燃料供给意愿和行为分析	(67)
第三节 生物质能发电燃料供应模式	(78)
第四节 本章小结	(88)
第七章 促进我国生物质能发电发展的对策建议	(89)
第一节 国内外生物质能发电政策	(89)
第二节 生物质能发电发展的对策建议	(92)
参考文献	(96)
附录	(102)

第一章 概 述

第一节 生物质能概述

一、生物质能概述

生物质能是继煤炭、石油和天然气之后的世界第四大能源，其应用广泛，且为可再生能源。从化学角度来看，生物质主要是由碳氢化合物组成，与煤炭和石油等的组成相同（煤和石油是生物质经过长期复杂的物理和化学变化形成的）。生物质的利用过程中同矿物燃料有很大的相似性，因此，借鉴其他常规能源的开发技术来对生物质能进行开发、利用是切实可行的。生物质燃料同化石燃料相比，具有低污染的特点。且生物质燃料燃烧时排放的二氧化碳几乎为零，可以有效减轻温室效应，这也是开发利用生物质能的主要优势之一。

生物质能是生物通过光合作用将太阳能转化为化学能而存储于生物质中的一种能量形式。生物质能储量颇丰，地球上所有动植物和微生物都有转化为生物质能的潜力。从广义角度来看，生物质能可以认为是一种太阳能，取之不尽，用之不竭。生物质能按照生成方式和来源主要可分为两大类：（1）源于工业、农业和生活而产生的废弃物，主要包括农业废弃秸秆、森林剩余物、生活垃圾、工业有机废水、废渣、畜禽粪便等；（2）潜在的人工培育生物质资源，包括能源林木和农作物等。

生物质能是地球上唯一的可再生清洁能源，具有诸多优势空间，主要表现在储量丰富、清洁低碳和替代优势等。图 1-1 列示了 2010 年我国生物质资源实物数量，如果将其转化为“标准煤”标度，我国农作物秸秆、农产品加工剩余物、林业木质剩余物、畜禽粪便、城市生活垃圾、有机废水、有机废渣的资源可利用量分别为 $17000 \times 10^4 \text{t}$ 、 $3000 \times 10^4 \text{t}$ 、 $20000 \times 10^4 \text{t}$ 、 $2800 \times 10^4 \text{t}$ 、 $1200 \times 10^4 \text{t}$ 、 $1600 \times 10^4 \text{t}$ 和 $400 \times 10^4 \text{t}$ 标准煤，共计 $46000 \times 10^4 \text{t}$ 标准煤，已利用资源量分别为 $400 \times 10^4 \text{t}$ 、 $100 \times 10^4 \text{t}$ 、 $170 \times 10^4 \text{t}$ 、 $1000 \times 10^4 \text{t}$ 、 $500 \times 10^4 \text{t}$ 、 $10 \times 10^4 \text{t}$ 和 $20 \times 10^4 \text{t}$ 标准煤，剩余可利用资源量分别为 $16600 \times 10^4 \text{t}$ 、 $2900 \times 10^4 \text{t}$ 、 $19830 \times 10^4 \text{t}$ 、 $1800 \times 10^4 \text{t}$ 、 $700 \times 10^4 \text{t}$ 、 $1590 \times 10^4 \text{t}$ 和 $380 \times 10^4 \text{t}$ 标准煤，这说明了我国生物质能现有的利用率较低，开发潜能大。典型的生物质燃料的含碳量为 38% ~ 50%，含硫量为 0.10% ~ 0.20%，相比之下相同质量的煤炭的含碳量为 40% ~ 90%，

含硫量为 0.40% ~0.90%，从这些数据可以看出生物质燃料具有较大的减排空间。据有关专家分析，截至 2015 年全球 40% 的总能耗将来自生物质能源，到 2050 年，60% 的工业供热和工业燃料将源自生物质能^①。

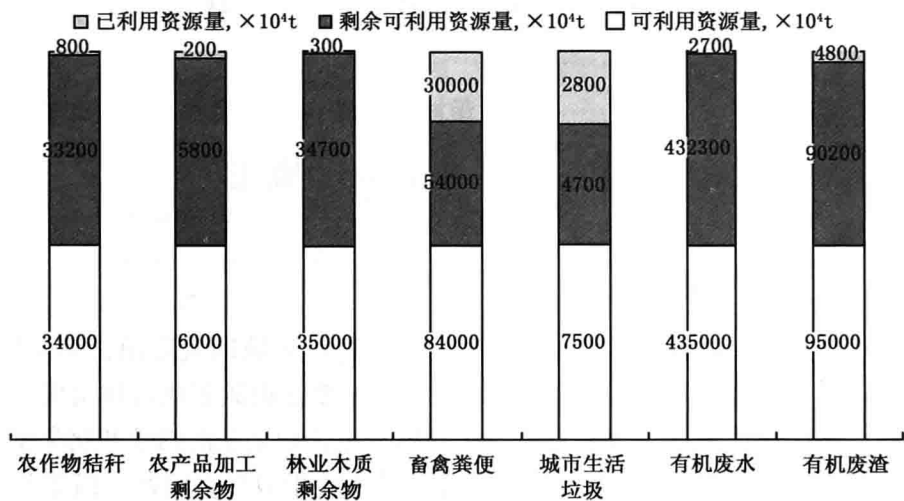


图 1-1 我国生物质资源实物量利用潜力

产业是由利益密切联系、分工有所不同的具有同类属性的行业所构成的业态总称。随着社会生产能力的提升和分工的日益精细化，生物质产业在这样的背景下应运而生。生物质能具有较强的转化能力，以及开发和利用潜力。在我国，按照生物质能源转化形式和用途，生物质能产业可转化为生物质成型燃料、生物质能发电、生物质气体燃料和生物质液体燃料等多种形式。其中，生物质气体燃料可细分为沼气和生物质可燃气。生物质液体燃料可细化为生物乙醇、生物柴油和生物质裂解油等。就生物质能源产业的构成而言，虽然他们在具体的生产方式、经营形态、流通和消费等环节有所差异，但都围绕着生物质能作为经营对象而展开。

二、生物质能的利用情况

我国生物质能利用最广泛的主要有生物质能发电、生物质成型燃料、生物质液化燃料、生物质沼气等几种方式。在“十一五”时期，我国生物质能得到了快速发展，生物质能发电技术、沼气技术、秸秆气化技术、固化成型技术及液化技术不断进步，已逐步形成规模化发展。截至 2010 年，除传统的直燃烧薪柴等利用方式外，生物质能利用量约 2400×10^4 t 标准煤。我国“十二五”

^① 生物质能发展“十二五”规划和国家自然科学基金会发布的《能源报告》。

规划中生物质能的发展指标如表 1-1 所示。

1. 生物质能发电

生物质能发电是国内外生物质能中应用最为广泛的技术之一，该项技术不仅可以利用生物质直接燃烧进行发电，而且也可以通过生物质的气化来进行发电，在一些发达国家生物质能发电所占的比例占到了可再生能源发电的 70%。

表 1-1 “十二五”时期生物质能发展主要指标

领 域	利用规模		年产能		折标煤 ×10 ⁴ t/年
	数量	单位	数量	单位	
1 生物质能发电	1300	×10 ⁷ W	780	×10 ⁸ kW·h	2430
1.1 农林生物质能发电	800	×10 ⁷ W	480	×10 ⁸ kW·h	1500
1.2 沼气发电	200	×10 ⁷ W	120	×10 ⁸ kW·h	370
1.3 垃圾发电	300	×10 ⁷ W	180	×10 ⁸ kW·h	560
2 生物质能供气			220	×10 ⁸ m ³	1750
2.1 沼气用户	5000	万户	190	×10 ⁸ m ³	1500
2.2 大型农业剩余物燃气	6000	处	25	×10 ⁸ m ³	200
2.3 工业有机废水和污水处理厂污泥等沼气	1000	处	5	×10 ⁸ m ³	50
3 生物质成型燃料	1000	×10 ⁴ t			500
4 生物液体燃料					500
4.1 生物燃料乙醇	400	×10 ⁴ t			350
4.2 生物柴油和航空燃料	100	×10 ⁴ t			150
总 计					5180

资料来源：生物质能发展“十二五”规划。

2. 生物液体燃料

生物液体燃料的主要代表为燃料乙醇，我国的燃料乙醇技术始于 20 世纪 90 年代，主要利用我国丰富的甘蔗、玉米秸秆及林木等原料生产乙醇，在短短的几年时间内我国乙醇燃料的生产能力已经跃居世界第三，仅次于美国和巴西。近几年，我国培育了一批抗逆性强、高产的能源作物新品种，木薯乙醇生产技术得到较快发展，甜高粱乙醇技术也获得一定突破，纤维素乙醇技术的研发也取得很大的进展，建成了若干小规模试验装置。另外，生物质还可以制作生物柴油来替代化石燃料等，以减少生态破坏和环境污染。生物质液体燃料正在迈向规模化发展。

3. 生物质可以发酵成沼气

沼气技术是我国生物质能最早开发利用的技术，近年来，沼气技术已经在照明取暖、堆肥制作、污水处理、垃圾处理和农作物秸秆利用等方面广泛应用。目前，该技术也是我国生物质能应用领域最广泛的技术之一，农村沼气技

术不断成熟，产业体系逐步健全，许多地方建立了物业化管理沼气服务体系。生物质气化集中供气技术和工艺不断改进，目前已建成使用的生物质集中供气项目约 1000 个。

4. 生物质成型燃料

我国最早的生物质燃料利用方式为直接燃烧，在燃烧的过程中，能量利用率不足 15%，不仅极大地浪费资源而且产生严重的环境污染。进入 21 世纪后，国家加大了对生物质固定成型的投入，使固体成型技术日趋完善，截至 2008 年底，我国农村地区已累计推广固体成型燃料示范点 102 处；2010 年，生物质成型燃料产量约 $300\times10^4\text{t}$ ，主要用于农村居民和城镇供热锅炉燃料及生物质木炭原料；2013 年 5 月，江苏新能源技术有限公司将 $3.3\times10^7\text{t}$ 固定成型燃料出口至日本，这标志着我国的固体成型燃料已形成规模化生产，逐步迈向国际市场。

三、生物质能发电概述

1. 生物质能发电的含义

生物质能发电是可再生能源发电的一种，主要利用农业、林业、城市垃圾等生物质原料进行发电。生物质能发电具有电能质量高、可靠性强、技术成熟、清洁环保等优点。目前，在欧美等发达国家，生物质能发电技术发展较快，技术相对比较成熟，已经逐步替代了一些传统的供电和供热方式。

2. 生物质能发电的分类

由于生产技术的不同，生物质能发电主要包括：生物质直接燃烧发电、气化发电、沼气发电以及与煤混合燃烧发电等几种（图 1-2）。

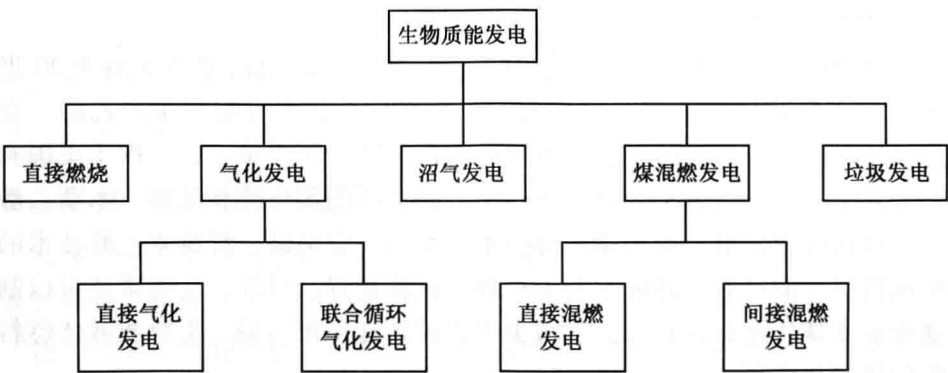


图 1-2 生物质能发电分类

(1) 直接燃烧发电技术。生物质直接燃烧发电是利用生物质燃料在锅炉中直接燃烧产生的蒸汽带动发电机进行发电。流化床和固化床燃烧是生物质直

燃发电技术的两种主要方式。流化床燃烧需要对大块的生物质燃料进行处理,以得到易于燃烧的燃料颗粒,其燃烧效率和强度明显高于固化床。固化床对生物质燃料的处理的要求则较低,对生物质燃料进行简单的处理就可投入锅炉中进行燃烧,但使用该种方式时燃料利用率不高。

(2) 气化发电技术。生物质气化发电主要是应用相关技术将生物质固体燃料转化为气体燃料后进行发电,主要包括直接气化发电和联合循环气化发电两种方式。直接气化发电对生物质燃气热值的要求较低,其内燃机一般由柴油机或天然气机改造而成;燃气轮机适用于高杂质、低热值且规模大的生物质燃气。联合循环气化发电技术是由蒸汽轮机发电和燃气轮机发电叠加到一起进行联合循环发电的装置,其效率比传统的直接气化发电的效率要高很多。

(3) 沼气发电技术。沼气发电的主要原理是利用生活中的有机废弃物经过厌氧菌发酵而获得沼气,继而用沼气作为燃料来驱动发电机组发电。沼气发电同燃油和燃煤发电不同,他更多地适用于中小功率的发电动力设备,厌氧发酵技术和沼液沼渣综合利用技术是我国沼气发电的关键技术壁垒^[1]。

(4) 混合燃烧发电技术。混合燃烧发电是指将生物质和煤两种原料混合后进行发电,该方式对生物质燃料预处理的要求较高。混合燃烧发电主要包括直接混合燃烧发电和间接混合燃烧发电两种方式。在技术方面,混合燃烧发电一般是对现有的燃煤电厂增加存储和加工生物质燃料的设备和系统,另外为满足发电的需要,还会对原有的锅炉燃烧系统进行适当的改造。

(5) 垃圾发电。垃圾发电技术则是利用垃圾在锅炉中焚烧而释放的热量加热,以获得过热蒸汽推动汽轮机带动发电机发电的过程^[2]。目前被认为最有发展前景的垃圾发电技术主要包括两个过程,即垃圾在 450 ~ 640℃ 的高温下气化和含炭灰渣在 1300℃ 以上的熔融燃烧两个过程对垃圾进行彻底处理、清洁,并收回部分可以利用的资源。

3. 推进生物质发电行业发展的意义

(1) 生物质能发电可以缓解我国的能源短缺危机,提高清洁能源比例。我国一次性能源储量较少,其中煤炭储量约为世界的 1/10,石油储量约为世界的 1/40,天然气的储量更少。而我国是人口大国,相比之下,我国人均占有一次能源量相当低。因一次能源短缺,各国都对可再生能源进行了大量研究,如生物质能、太阳能和风能等。我国生物质能储量丰富,据统计,我国可开发生物质资源总量折合标准煤可达到 5×10^8 t 左右。如有效利用该部分生物质能,可解决我国 20% 的能源消耗问题,在一定程度上能有效缓解我国的能源短缺问题,同时对构建清洁、环保的能源供应体系有着积极的作用。

(2) 生物质能发电可以改善农村环境。随着农村经济的发展,农业秸秆及废弃物带来的环境污染问题也日益凸显,秸秆被任意丢弃和焚烧产生了较为严重的环境污染。生物质能发电产业的发展可以有效利用秸秆燃料,减少秸秆

的任意焚烧、丢弃等现象,改善城乡环境。如有效利用生物质燃料进行发电,每年可以减少 CO_2 排放近 $3 \times 10^8 \text{t}$,以及氮氧化物、硫化物气体和烟尘排放量几千万吨。因此,发展生物质能发电产业对改善环境有着重要作用,有利于环境友好型社会的建设。

(3) 发展生物质能发电产业可以增加农民收入。造肥还田和家庭燃灶是秸秆的传统利用模式,该模式下秸秆的利用率较低,其余秸秆资源大都闲置或丢弃,造成资源的极大浪费。生物质能发电产业的兴起,将对废弃的秸秆进行收购,增加了农民的收入。另外,电厂的建设也会为当地村民提供一定的就业机会,间接提高当地经济发展水平,增加农民收入。

(4) 推进生物质能发电行业的发展也是走可持续发展道路的具体体现。将废弃的秸秆资源收集起来进行发电,是一个变废为宝的过程,对发展循环经济有着重要作用。生物质能发电能够利用闲置的农业废弃物或秸秆资源,获得绿色电力,并将燃料燃烧后剩下的灰分作为钾肥返田,是一个变废为宝的良性循环过程^[3]。

第二节 国内外生物质能发电发展现状分析

一、国外生物质能发电发展现状

生物质能发电在世界上最早起源于丹麦。20 世纪 70 年代,石油危机的爆发引起了世界能源市场结构的变化,各国开始不断寻找新的替代能源来缓解能源紧张局面。开发和利用清洁能源得到了广泛的重视,丹麦作为其中的佼佼者开始积极开发生物质能资源,利用秸秆作为原料进行发电。在此以后,世界各地开始广泛开发生物质能资源,在生物质能发展的大军中,丹麦、美国、奥地利、芬兰、法国、挪威和瑞典等国家发展较为迅速,技术研发较为先进,生物质能源的利用比例不断增大。

美国作为一个科技发达的国家,其生物质能发电方面处于世界领先地位,早在 1992 年,生物质燃料发电的电厂就有 1000 多家,总装机容量达到 $650 \times 10^4 \text{kW}$,年发电量 $42 \times 10^8 \text{kW} \cdot \text{h}$,生物质消耗 $4500 \times 10^4 \text{t}$ 。此外,美国纽约还积极利用垃圾进行发电,投资 2000 万美元新建斯塔滕垃圾处理站,运用湿法处理垃圾每天可产生 $26 \times 10^4 \text{m}^3$ 的沼气,用于发电与肥料回收,效益可观。

从 20 世纪 90 年代以来,欧美等国家对于生物质能发电非常重视,其中包括直燃发电与沼气发电等多种方式。截至 2004 年底,全球生物质能发电装机容量已达 $3900 \times 10^4 \text{kW}$,年发电量将近 $2000 \times 10^8 \text{kW} \cdot \text{h}$,可以替代燃煤 $7000 \times 10^4 \text{t}$,取得了极大的环境效益。经过几十年的发展,生物质能发电方面的技术已经非常成熟,美国 American Renewables (AR) 公司于 2008 年建立了美国

最大级别 100MW 的生物质发电厂。2010 年美国的生物质能发电总装机容量达到 13GW，生物质能源消耗比例就已经达到美国总能耗的 12%。根据美国能源部（DOE）的生物质能发电未来规划目标，到 2020 年，实现生物质能发电装机容量 45GW，年发电量 $2250 \sim 3000 \times 10^8 \text{ kW} \cdot \text{h}^{[4]}$ 。

受生物质燃料特性的限制，在生物质能发电发展的初期，丹麦、瑞典等欧洲国家主要以小型热电联产为主。随着技术的不断发展，效率相对较高的直燃发电技术逐渐得到推广，目前的生物质能市场上，直燃发电技术已然相当成熟。其中，丹麦的 BWE 公司生物质能直燃发电技术最为先进，通过引进 BWE 公司的技术，英国、芬兰、德国和瑞典等国家先后建立了 300 多座生物质能发电厂。生物质能发电技术得多快速发展，发电装机容量不断增大，如英国的 ELY 生物质能发电厂装机容量达到 38MW。更多的生物质能发电厂正在不断的建立，如表 1-2 所示，列举了欧美一些国家的生物质能发电厂情况。

表 1-2 欧美主要国家的部分生物质能发电厂

电厂名称	国家	年份	燃料类型	燃料消耗 t/h	发电容量 MW
Masnød	丹麦	1996	秸秆与木屑	8.3	8.3
Maribo	丹麦	1999	秸秆与木屑	8.1	9.7
Ely	英国	2000	秸秆	26.9	38
Sanguesa	西班牙	2003	秸秆	19	25
Kedco PLC	爱尔兰	2011	秸秆与木屑	11.4	15
Überdrola Renovables	美国	2011	秸秆与木屑	20.4	26.8

资料来源：中国生物质能源网。

下面分别以丹麦、瑞典、英国、美国，以及其他一些重点国家为例，详细介绍生物质能发电在国外的发展情况。

1. 丹麦

丹麦拥有较为先进的生物质能发电技术，在生物质能源利用方面取得了较好的成绩。丹麦的国土面积只有我国山东省总面积的四分之一，然而生物质能资源却非常丰富，通过自主研发，以稻秆发电为主的生物质能资源消耗量大约占到国内总消耗的 24%。BWE 公司是丹麦涉足生物质能发电产业最早的公司，在生物质能发电锅炉、热电等领域在全球生物质利用行业处于领先地位，其技术与设备被许多国家引进与使用。1988 年，丹麦通过利用 BWE 公司的技术建成了全球第一座秸秆生物质能发电厂，从此，生物质能发电企业利用良好的机遇期迅速扩展，到 2006 年，丹麦已建成了约 130 家生物质能发电厂^[5]。为进一步促进生物质能发电产业发展，丹麦颁布了一系列相关政策，引导生物质能发电进入电力市场，同时规定当地电力公司有义务为生物质能等清洁能源发电

提供上网服务。丹麦政府从税收方面也给予生物质能发电企业很多支持,生物质能发电企业在开发新项目时可获得最高 30% 的政府补贴,且从减排二氧化碳方面可以获得一定的碳税补贴。在上网电价方面,丹麦的生物质能发电上网电价为 4.1 欧分/(kW·h),远高于煤炭发电的上网电价,且丹麦政府还保证在 10 年期内不动调生物质能发电上网电价,为生物质能发电企业创造良好的发展环境。

2. 瑞典

瑞典也是较早开展生物质能发电项目的国家之一,早在 20 世纪 80 年代,瑞典开始对生物质能发电项目进行广泛推广,通过投入大量的人力、物力、财力研究生物质能发电的关键技术。在这方面瑞典政府给予了很大的支持,每年从财政中拨款 3600 万欧元用于生物质能发电项目的开发。为了促进有关生物质能发电行业的发展,瑞典政府还额外对于生物质能热点联产项目提供 25% 的资金补贴。同时为了保护环境,瑞典政府还通过出台相关政策来促使化石燃料消耗性企业进行转型。由此可见,瑞典政府对于生物质能发电项目的重视程度很高,目前,在瑞典生物质能发电企业所消耗的可再生能源约占总能源的 19%^[6]。瑞典的生物质资源利用企业在政府良好的政策引导下不断地做大做强,带来了极大的环境效益与社会效益。瑞典的石油消耗量显著下降,石油消耗占比已经从 20 世纪 70 年代的 70% 多降到目前的 30% 左右。在 2003 年,瑞典能源消耗的 23% 来自可再生能源,这几乎是欧盟平均水平(6%)的 4 倍,同时瑞典还是世界上首个提出“到 2020 年告别石油”的目标^[7]。以清洁可再生能源替代传统的化石能源成为未来瑞典主要的能源利用模式。

3. 英国

由于石油危机带来的恐慌,英国政府对于生物质能的重视程度也不断加大,相继出台了一系列的法律法规。在法律制度上以“非化石燃料公约”为核心,加大对生物质能利用技术研发的资助及补贴。英国政府出台了一项更有力的规定,凡是企业或是高校研究机构开发生物质等可再生能源产品或者技术,其中研究开发费用的 70% 由政府承担。同时,为了鼓励中小企业的发展,对于中小企业还实行减免税收的优惠政策。在生物质能发电的上网电价方面,政府规定生物质能发电企业通过合理的方式取得电力上网合同后,按奖励价格出售电力^[8]。

2009 年,随着英国能源部正式发布削减太阳能发电补贴的政策,许多太阳能发电的中小企业面临破产。2013 年,各项能源政策的发布使得燃煤发电所获得的利润变得更加不稳定。在此背景下,英国很多发电企业及时进行转型,其中英国最大的煤炭发电企业德拉克斯(DRAX)就抓住了这次转型的机会。公司提出要大力开发生物质能源,并制定了在未来一段时间内实现生物质能发电替代燃煤发电 50% 的目标。德拉克斯公司的这一方案不仅有效地减少

了污染气体的排放，还可以利用政府提供的优惠政策得到补贴，使该公司成为英国生物质能发电行业中的领军企业。德拉克斯还宣布只要政府对于生物质燃料的补贴合适，公司将在未来的 10 年之内使所有的燃煤机组更换为燃烧生物质燃料的机组。

4. 美国

早在 1979 年，美国就已经划定实验区域进行开发生物质能源开发工作，在生物质能发电的燃料使用中，美国偏向于木质燃料的使用。1991 年，美国将生物质能发电的计划提上日程，相对于其他的可再生能源来说，开发生物质能发电对于当时的美国来说更加具有吸引力。美国政府在政策与资金上给予了生物质能发电企业很大的支持，通过直接与市场接轨，吸引有技术研发能力的企业来开发生物质能发电技术，出台相关的能源保护法规，对于生物质发电企业给予补贴。其中，对企事业单位经营的生物质能发电企业进行 1.5 美分/ ($\text{kW} \cdot \text{h}$) 补贴；通过生物质能源生产税方式为生物质能发电企业减免 1.8 美分/ ($\text{kW} \cdot \text{h}$) 税赋；同时美国联邦还为地方性和农村地区建设的生物质能发电提供 1.5 美分/ ($\text{kW} \cdot \text{h}$) 的税收优惠^[9]。

除了政府对于生物质能源的大力支持外，美国的许多企业也积极参与到生物质能源的开发中。2000 年以来，美国的 Chevron 公司在生物质能源技术研发方面的投入超过 15 亿美元，并与美国的许多高校进行合作，成立生物质发电研发中心。American Renewables (AR) 公司目前已开发出美国最大级别的 100MW 木屑生物质发电厂。目前，美国在生物质能发电领域已处于世界领先地位，生物质能发电在美国得到广泛利用。据统计，2008 年，美国已建成 350 多座生物质发电厂，装机总量已超过 $1 \times 10^{10} \text{W}$ ，占美国可再生能源装机总量的 40% 以上。根据美国能源部制订的能源发展计划，到 2020 年美国生物质发电装机容量将达到 $4.5 \times 10^{10} \text{W}$ ，年发电量 $2250 \sim 3000 \times 10^8 \text{kW} \cdot \text{h}$ ^[10]。

5. 其他国家

环境污染的问题引起各国极大的重视，许多国家开始寻求清洁可再生能源来代替传统的化石能源。德国通过颁布一系列的政策来扶持生物质能产业的发展，其中 1991 年颁布的《购电法》在德国的生物质能源发展史上具有里程碑式地意义，2000 年又颁布《可再生能源法》。这一系列法规的颁布为生物质能发电上网提供了法律保障，同时还通过税收优惠和电价补贴等方式促进生物质能发电行业的发展。意大利出台相应的法律法规来促进生物质能产业的发展，同时又通过实施生物质能源配额与绿色交易制度，这一制度对于发电企业提出至少承担 2% 的生物质能发电配额。芬兰的生物质能发电技术也已经相当成功，是欧洲开发生物质能发电最成功的国家之一。由于芬兰特殊地理位置，整个国家没有化石能源，只能开发其他相应的资源替代化石能源。因此，大力开发生物质能源便成为国家能源发展的重点，目前生物质能发电量占本国总发电

量的11%。

一些发展中国家在生物质能发电项目开发方面也获得了不少成绩,其中以巴西和印度较为突出。巴西与印度的生物质燃料主要以甘蔗渣为主,其中甘蔗渣燃料发电装机已达到700MW。此外,东南亚的一些国家在生物质能发电领域也取得了一定成就^[11]。为了缓解环境危机与能源短缺危机,西方工业国家已经重点着手于生物质能发电产业,在未来十年内生物质能发电比例将达到15%,将有超过1亿个家庭的电力来自于清洁能源。但就目前的市场来看,生物质能发电只占整个电力市场的1%左右,要想达到目标,未来还有很长的路要走。

通过资料调查发现,目前生物质能作为一种重要的可再生能源已得到世界主要国家的高度认可和大力扶持,生物质能发电行业也得到了快速发展,有效缓解了大气污染,提供了大量就业岗位。从上面的分析可以看出,一个良好的外部与内部环境是保证生物质发电行业发展的关键。首先,各国对生物质发电给予了高度重视,为生物质发电企业发展创造了良好的外部环境。其次,各国对生物质能发电支持力度大,不仅完善了生物质能源相关法律,而且在价格激励、税收优惠、电价补贴及投资等方面也给予了大力扶持,从而保障了生物质能发电企业的经济效益。最后,生物质能发电企业在依靠政府优惠政策基础上,能清醒地认识到自身环境的处境,及时调整战略,为生物质能发电行业的发展做了充分的准备^[11]。

二、国内生物质能发电发展现状

我国是一个以农业为主的国家,生物质能资源储量丰富。农作物秸秆作为主要的生物质能源是继煤炭、石油与天然气三大化石能源后的第四大能源。生物质能源的清洁无污染的特性符合我国发展节能环保型社会的需求,因此,我国计划到2020年生物质能发电装机 3000×10^4 kW。

山东省单县生物质发电项目是我国通过引进国外技术发展的首个生物质直燃发电项目,该项目已于2006年投产,单县生物质能发电项目的主要燃料为棉花秸秆与林业废弃物,年设计发电时间为5500h,装机容量为25MW,年发电量约为 1.4×10^8 kW·h,每年的秸秆燃烧量大约为 16×10^4 t。按照此发电量折合煤电来说,可以减少因燃烧煤炭带来的 10×10^4 t左右的CO₂排放,具有巨大的环境效益。这座生物质能电厂每年可以为当地提供200多个就业岗位,通过回收秸秆直接为当地农民增加大约3000万元的收入。

我国生物质能发展起步于农村,以服务农村和减少农民开支为宗旨。我国在很多农村地区都推行了生物质沼气发电,但是由于沼气发电的局限性,不能大规模地发展,所以没能很好地推广开来。近年来,随着我国在生物质能发电发面技术的发展,生物质能的利用也出现多样性,加之国家相关产业政策的出台,生物质能发电行业在我国得到了快速发展。我国最早的生物质能发电行业