

中国生物质能产业发展现状及趋势分析

王久臣¹, 戴 林², 田宜水^{3*}, 秦世平²

(1. 农业部科技教育司, 北京 100026; 2. 国家发改委能源研究所, 北京 100038; 3. 农业部规划设计研究院, 北京 100026)

摘 要: 该文在综合评价中国生物质能资源、产业发展和政策环境的基础上, 分析未来生物质能产业发展趋势。中国具有丰富的生物质资源, 生物质能产业初具规模: 沼气产业基本形成, 燃料乙醇年生产能力已达到 102 万 t, 开发了甜高粱茎秆等非粮作物生产燃料乙醇的技术, 秸秆直燃发电示范工程正式并网运行; 促进生物质能产业发展的宏观政策环境逐渐形成。因此得出结论: 未来中国生物质能产业发展的重点是沼气及沼气发电、液体燃料、生物质固体成型燃料以及生物质发电; 促进生物质能产业发展的政策环境将进一步完善; 技术水平进一步提高; 将有更多的大型企业参与; 生物质能产业必将成为中国国民经济新的增长点。

关键词: 生物质; 生物质能; 生物质能产业; 发展趋势

中图分类号: TK6

文献标识码: A

文章编号: 1002-6819(2007)9-0276-07

王久臣, 戴 林, 田宜水, 等. 中国生物质能产业发展现状及趋势分析[J]. 农业工程学报, 2007, 23(9): 276- 282.

Wang Jiuchen, Dai Lin, Tian Yishui, et al. Analysis of the development status and trends of biomass energy industry in China[J]. Transactions of the CSAE, 2007, 23(9): 276- 282. (in Chinese with English abstract)

0 引 言

生物质是指通过光合作用而形成的各种有机体, 包括所有的动植物和微生物。生物质能是太阳能以化学能形式贮存在生物质中的能量形式, 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, 取之不尽、用之不竭, 是一种可再生能源。一般来讲, 生物质能是指利用自然界的植物、粪便以及城乡有机废物转化成的能源^[1], 主要包括农业生物质资源、林业生物质资源和工业废水及城市固体废弃物, 通过燃烧、热化学法、生化法、化学法和物理化学法等利用技术, 可转化为二次能源, 分别为热量或电力、固体燃料(木炭或成型燃料)、液体燃料(生物柴油、生物原油、甲醇、乙醇和植物油等)和气体燃料(沼气、生物质燃气和氢气等)。

自 20 世纪 70 年代以来, 为了应对日益突出的能源危机和气候变化, 世界各国高度重视生物质能的开发与利用, 提出了明确的发展目标, 制定了完整的法规和政策体系, 生物质能技术水平不断提高, 产业规模逐渐扩大, 成为促进能源多元化和实现可持续发展的重要途径

之一^[2-4]。中国能源储备少、产量低, 而需求却在大幅增加, 供需矛盾日益尖锐。

生物质能具有清洁、安全、可持续等特点, 开发和利用生物质能, 符合可持续发展的科学发展观和循环经济理念。针对国内外能源供求紧张的形势, 开发利用生物质能, 既是实行能源战略多元化, 解决中国能源问题的有效途径, 又是拓展农民就业领域, 促进农民增收的重要渠道^[5-9]。

中国政府历来重视生物质能的开发利用, 自 20 世纪 70 年代以来, 先后实施了一批生物质能利用研究项目和示范工程。“十一五”期间, 国家又将生物质能的开发利用列入“国民经济和社会发展第十一个五年规划”。但是, 目前中国生物质能发展还存在着发展方向不明等问题^[10, 11]。本文综合地分析了中国生物质能资源、产业发展现状和政策环境, 指出了未来发展趋势, 以期为国家制定政策提供参考。

1 中国具有丰富的生物质资源

中国生物质资源量巨大, 约有 7 亿 t 标准煤可作为能源利用。其中, 农作物秸秆年产量约 6 亿 t, 其他农业废弃物约 1.3 亿 t。畜禽粪便和农产品加工业废水经过沼气化处理后, 理论上可以生产沼气约 750 亿 m³。林业生物质资源每年可用于能源用途约 3 亿 t。城市固体废弃物年产生量约 1.5 亿 t。

1.1 农业生物质资源

农业生物质能资源包括农作物秸秆、农产品加工业副产品、畜禽粪便和能源作物。农作物秸秆和农产品加

收稿日期: 2007-05-18 修订日期: 2007-08-28

作者简介: 王久臣, 高级工程师, 长期从事农村能源规划、宏观政策制定以及管理工作。北京 农业部科技教育司, 100026

*通讯作者: 田宜水(1972-), 男, 辽宁阜新人, 高级工程师, 主要从事节能和可再生能源技术和设备的研究、开发与推广及能源政策的研究等工作。北京朝阳区麦子店街 41 号 农业部规划设计研究院, 100026

工业副产品可用于发电或固体成型, 畜禽粪便通常用于发酵制取沼气, 能源作物用于生产生物液体燃料。

2005 年中国小麦、玉米、稻谷、棉花、大豆、薯类、油料等主要农作物产量达 5 亿 t^[12], 经计算秸秆产量约 6 亿 t (如图 1 所示)^[13]。目前秸秆的用途主要是作为饲料、肥料和工业原料以及农村居民生活燃料等, 其中有 1.5 亿~ 2 亿 t 可能资源化利用。

农产品在加工过程中产生的剩余物主要包括稻壳、玉米芯、花生壳、甘蔗渣等, 年产量约 1.3 亿 t。

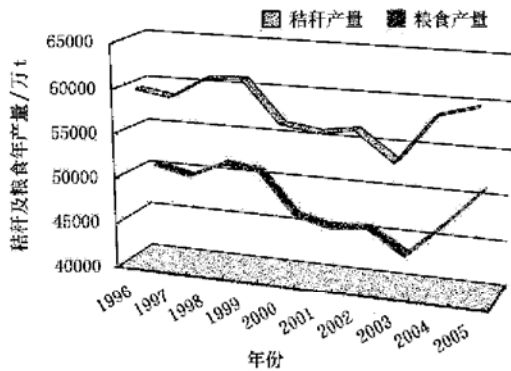


图 1 中国历年秸秆产量趋势变化图

Fig. 1 Yield of straw in different years in China

中国畜禽喂养方式一般分为两种, 一种是传统的分户圈养, 主要适用于小型养殖场和家庭, 易于发展农村户用沼气。截至 2005 年底, 中国生猪分散养殖户 0.9 亿

户, 奶牛和肉牛 0.157 亿户, 蛋鸡和肉鸡 0.85 亿户, 羊 0.26 亿户^[14], 考虑混合养殖、气候和社会经济等因素, 约有 1.46 亿农户适宜发展沼气^[15]。另一种是集约化规模饲养, 主要在大中型养殖场, 对牛(奶牛和肉牛)、猪和鸡(蛋鸡和肉鸡)采用圈养方式, 粪便集中, 易于收集。根据这些畜禽的存栏数、品种、体重、粪便排泄量等因素(表 1), 可估算出畜禽粪便资源的实物量。2005 年全国猪、牛、鸡三大类畜禽规模化养殖场约 391 万处, 存栏量约 1.4 亿头猪单位^[15](换算比例: 30 只蛋鸡折算成 1 头猪, 60 只肉鸡折算成 1 头猪, 1 头奶牛折算成 10 头猪, 1 头肉牛折算成 5 头猪), 畜禽粪便资源的实物量为 10.9 亿 t, 理论上可生产 650 亿 m³ 的沼气。其中, 大中型(养殖出栏 3000 头猪单位以上)约 11952 处, 养殖量约 7528 万头猪单位, 畜禽粪便资源的实物量为 1.38 亿 t。

中国适宜种植的能量作物主要有甜高粱、木薯、甘薯、油菜等草本能源作物和麻疯树、黄连木、油棕等木本能源作物。由于中国人口众多, 人均耕地占有面积少, 发展能源作物必须避免与粮争地和与人争粮的问题, 种植能源作物必须利用未利用土地资源。据测算, 中国有各种荒地约 2.88 亿 hm²。其中, 宜农荒地 1 亿 hm²; 荒草地 0.49 亿 hm²; 盐碱地 0.1 亿 hm²; 沼泽地 0.04 亿 hm²; 宜林荒地 1.25 亿 hm², 在上述荒地中约 2 亿 hm² 可用于能源作物的种植^[16-18]。

表 1 2005 年全国猪牛鸡规模化养殖粪便排放情况

Table 1 Excrementitious emission of swines cattles and chicken on farm in scale in 2005 in China

| 养殖类别 | 全国规模化养殖 | | | 其中大中型规模化养殖场 | | | |
|------|---------------|---------------|---------------|-------------|------------------|---------------|---------------|
| | 存栏量 /万头、万只 | 鲜粪排泄量 /万 t | 尿液排泄量 /万 t | 场(户)数 | 存(出)栏量 /万头、万只 | 鲜粪排泄量 /万 t | 尿液排泄量 /万 t |
| 生猪 | 28257.50 | 16841.47 | 27788.43 | 6354 | 4611.88 | 2748.68 | 4535.32 |
| 奶牛 | 688.46 | 16082.35 | 8292.46 | 1889 | 100.15 | 2339.42 | 1206.26 |
| 肉牛 | 1825.47 | 17990.01 | 7995.56 | 1273 | 118.41 | 1166.93 | 518.64 |
| 蛋鸡 | 157410.23 | 6894.57 | - | 658 | 5823.81 | 255.08 | - |
| 肉鸡 | 450187.70 | 7022.93 | - | 1778 | 67715.37 | 1056.36 | - |
| 合计 | 638369.36 | 64831.32 | 44076.44 | 11952 | 78369.62 | 7566.47 | 6260.22 |

1.2 林业生物质能资源

根据 2003 年第六次全国森林资源清查资料, 中国森林面积约 17490.9 亿 hm², 活立木总蓄量 136.2 亿 m³。其中, 作为森林资源的重要组成部分, 灌木林是 4529.7 万 hm²。据分析, 中国目前每年可提供林业资源约 9 亿 t, 其中可作能源用途的资源约 3 亿 t, 包括林加工剩余物约 2000 万 t, 薪炭林约 2270 万 t, 用材林约 11790 万 t, 灌木林约 3390 万 t, 疏林约 720 万 t 以及其他林木废弃物等^[19]。

1.3 农产品加工业有机废水

农产品加工业有机废水主要是指酒精、酿酒、制糖、食品、制药、造纸和屠宰等行业生产过程中排出的废水。通过对酒精、制糖、啤酒、黄酒、白酒、淀粉、味精、饮料和造纸等 10 多个轻工业行业, 以及制药、屠宰、面粉、植物油、酱油、食品罐头、石化、天然橡胶和糠醛等 10 多个非轻工业行业的初步统计, 目前全国年产有机废水 25.2 亿 t, 废渣 0.7 亿 t^[20], 可获得沼气资源量为 106.8 亿 m³。

1.4 城市固体废物

城市固体废物主要是由城镇居民生活垃圾、商业、服务业垃圾和少量建筑业垃圾等固体废物构成。其组成成分比较复杂,受当地居民的平均生活水平、能源消费结构、城镇建设、自然条件、传统习惯以及季节变化等因素影响。2003 年,中国城市垃圾清运量达 1.486 亿 t,平均热值 4.20 kJ/kg 左右^[12]。随着城市化水平提高,城市数量和城市规模的不断扩大,以及经济的发展和人们生活水平的提高,城市固体废物的排放量也将不断增加。

2 中国生物质能产业发展现状

近年来,中国生物质能利用取得了一定的成绩:沼气产业基本形成;燃料乙醇年生产能力已达到 102 万 t^[21],开发了甜高粱茎秆等非粮作物生产燃料乙醇的技术;秸秆直燃发电示范工程正式并网运行。

2.1 沼气产业

“十五”期间,国家累计投资 34 亿元专项支持沼气建设,直接受益农户达 374 万户。截至 2005 年底,全国农村户用沼气池已发展到 1807 万户,年产沼气总量约 70 亿 m³,折合标准煤约 500 万 t,可以替代 1540 万 t 原煤;全国建成养殖场沼气工程 3556 处,年产沼气总量约 2.3 亿 m³,可替代标准煤约 17 万 t。

2.1.1 农村户用沼气

农村户用沼气系统是把人畜粪便投入沼气发生装置,在厌氧条件下经发酵生成沼气,为农户提供生活燃料,同时副产的沼液和沼渣可以作为有机肥料部分替代化肥。经过多年的研发,中国农村户用沼气技术已经成熟。在池型方面,已经研制出适应不同气候、原料和使用条件的标准化系列池型。在建池方面,目前广泛采用混凝土现浇施工工艺,组装式沼气池正在发展,沼气池使用寿命达到 20a 以上。在使用管理方面,开发出了各种方便实用的进出料装置和工具,由大进料大出料发展到随时进料、自动半自动出料,使沼气池的使用管理变得更加简单易行。在综合利用方面,形成了北方“四位一体”、南方“猪沼果”、西北“五配套”等为代表的能源生态模式。沼气产业规模发展不断扩大,沼气灶具及其配套产品年生产能力已达到 500 万套,沼气产品基本实现了标准化生产,工程实现了规范化设计和专业化施工。此外,目前还出现了秸秆沼气技术,已在全国 100 多个村进行示范推广。

2.1.2 养殖场沼气工程

养殖场沼气工程是以规模化畜禽养殖场粪便和污水的厌氧消化为主要技术环节,集污水处理、沼气生产、资源化利用为一体的系统工程。主要包括前处理设施、厌氧消化系统、沼气利用系统、后处理与综合利用系统

等。目前,养殖场沼气工程的功能已开始从单纯获取能源和简单的污染物处理逐步转向以保护和改善生态环境为主。通过养殖场沼气工程的建设,把畜禽养殖业产生的废弃物转化为可利用的清洁能源(沼气或沼气发电)和优质有机肥,实现了畜禽粪便的变废为宝和养殖企业的持续增效,形成了“资源—废弃物—再生资源”的循环利用模式。

2.2 生物液体燃料产业

中国生物液体燃料发展也取得了很大的成绩,特别是以粮食为原料的燃料乙醇生产已初步形成规模。

2.2.1 燃料乙醇

“十五”期间,中国在河南、安徽、吉林和黑龙江分别建设了以陈化粮为原料的燃料乙醇生产厂,生产能力达到 102 万 t/a,并从 2002 年开始,先后在东北三省以及河南、安徽、山东、江苏、湖北、河北等九省区分两期进行了车用乙醇汽油试点和示范,取得了良好的效果。中国总体上人多地少,农业后备资源不足,在较长的一段时期内,中国的粮食供应将处于紧平衡状态,使用玉米等粮食作物为原料发展生物质能的空间十分有限,必须利用未利用土地资源发展非粮作物的能源作物^[22,23]。为保证原料来源,已开发出高品质的“醇甜系列”甜高粱品种;自主开发的固体、液体发酵工艺和技术已达到应用水平,并在黑龙江省建成年产 5000 t 的甜高粱茎秆生产乙醇示范装置。当前甜高粱乙醇生产技术尚存在一些问题需要解决,如资源储存、保鲜,如何实现全年连续生产等。

另外,中国在利用纤维素制取燃料乙醇技术方面也取得了一定的进展^[24,25]。国家“863”课题“纤维素废弃物制取乙醇技术”通过生化法和热转化法的有机结合,试验规模达到 600 t;中石油在吉林燃料乙醇公司开展了以玉米秸秆为原料的年产 3000 t 乙醇燃料工业化示范项目研究论证;河南天冠集团与山东大学、河南农业大学合作,在纤维素原料预处理和乙醇转化技术开发方面取得一定的突破;安徽丰原集团与国内有关大专院校在原料预处理、纤维素酶的培育等方面也取得初步成果。但是,从总体来说,该项技术尚不成熟,诸如预处理、纤维素酶和多糖发酵等关键性问题尚待研究解决。

2.2.2 生物柴油

目前,中国已有 10 多家柴油生产厂,大部分以工业废油和废食用油为原料,生产规模都在 2.0 万 t/a 以下,生产的生物柴油尚未进入运输燃料系统,直接供应给运输企业或作为工厂和施工机械的动力燃料。生物柴油生产需要稳定的油脂原料供给,但中国是油脂资源短缺国家,近年来植物油进口量都在数百万吨,而且还呈现上升趋势。因此,仿效西方发达国家,依靠扩大油料作

物种植获取油脂资源,并不符合中国国情。中国宜林地丰富,应重点发展木本油料作物。近年来,林科院、四川大学等单位对麻疯树、光皮树、黄连木等能源作物进行了大量的研究,建立了原料种植、品种选育、油料加工、生物柴油转化及综合利用的技术推广体系,为产业化发展奠定了良好的基础^[26-29]。另外,中国长江中下游地区约有 1861.98 万 hm^2 冬闲田,可用于种植油菜。

2.3 生物质发电产业

中国生物质发电技术可分为直接燃烧发电、混合燃烧发电、气化发电和沼气发电。到 2005 年底,中国生物质发电装机容量约为 2000 MW。其中,蔗渣发电约 1700 MW,垃圾发电约 200 MW,其余为稻壳等生物质气化发电和沼气发电。蔗渣发电主要集中在广东、广西和云南等地区,多为糖厂自备电厂,锅炉大多为中压或次中压层燃炉,亦有使用流化床燃烧炉。

中国第一批秸秆生物燃烧发电厂在河北省石家庄晋州市和山东省菏泽市单县建设,装机容量分别为 2×12 MW 和 25 MW,发电量分别为 1.2 亿 $\text{kW} \cdot \text{h}$ 和 1.56 亿 $\text{kW} \cdot \text{h}$,年消耗秸秆 20 万 t,其中单县电厂已经点火运行。国能生物发电有限公司相继在江苏、安徽、河南、吉林和黑龙江等省投资建设一批生物质电厂,2006 年底约有 5 个项目投产发电。另外中国节能投资公司拟在江苏宿迁和句容市投资建设两座生物质直燃发电厂,已于 2005 年 12 月开工,其中宿迁项目已点火投产^[30]。目前,秸秆直燃发电技术仍存在着缺乏核心技术和设备、发电成本偏高、秸秆收储运困难等问题。

国内相关机构也正在开展生物质与煤混合燃烧研究。清华大学热能工程系与秦皇岛福电集团在 75 t/h 燃煤循环流化床锅炉上进行了混燃发电试验,结果表明,混燃比小于 20% 时,燃煤锅炉无须任何改进即可稳定运行。2005 年,中国首台煤粉秸秆混燃发电机组在山东枣庄华电国际十里泉发电厂成功投产。该厂增加一套秸秆收购、储存、粉碎、输送设备,同时在 5 号锅炉对角增加两台秸秆燃烧器,并对供风系统及相关控制系统进行改造。改造后的锅炉在基本保持原锅炉的性能及参数不变的情况下,既可以混燃秸秆,也可以单独燃烧煤粉。按年运行 7236 h 计算,改造后的机组每年将燃用 10.5 万多 t 秸秆,相当于减少 7.56 万 t 原煤消耗^[31,32]。但是,由于存在难以准确计量等问题,混合燃烧无法享受到补贴电价,制约了此项技术的推广。

在气化发电方面,中国已研制的中小型生物质气化发电设备功率从 1 kW 到 2000 kW。从气化炉的结构上看,有开心式气化炉、下吸式气化炉和循环流化床气化炉。从气体内燃机上看,有单燃料气化内燃机和双燃料气化内燃机,单机最大功率为 700 kW。目前,中科院广州能源所承担了国家 863 计划“3 MW 生物质气化发电工程技术”项目已经通过科技部的验收,在江苏兴化建设的示范电站装机容量为 5 MW,气化效率最高达 78%,燃气机组发电效率为 29.8%,系统发电效率 27.8%,系统运行成本 0.40 元/kW。

中国沼气发电技术的研究与应用已有几十年的历史,随着大中型沼气工程建设数量的增加,沼气发电越来越受到人们的重视。中国一方面积极引进了国外先进技术。兰州花庄奶牛繁殖中心引进了捷克 Tdom 沼气热电联产设备,实现了并网发电,解决了厂区停电和牛粪污染问题。另一方面,经过科技攻关,国产沼气发电机组也已基本成熟,维柴、胜动等厂家生产的燃气发电机组,其技术性能指标已接近国际先进水平。

2.4 生物质固体成型燃料

中国生物质固体成型技术的研究开发已有二十多年的历史,20 世纪 90 年代主要集中在螺旋挤压成型机上,但存在着成型筒及螺旋轴磨损严重、寿命较短、电耗大、成型工艺过于简单等缺点,导致综合生产成本较高,发展停滞不前。进入 2000 年以来,生物质固体成型技术取得明显的进展,成型设备的生产和应用已初步形成了一定的规模,大部分为饲料设备生产厂转型而来;生物质固体成型燃料目前处于试点示范阶段。

3 中国生物质转化利用技术评价

从“七五”以来,国家组织生物质能转化利用技术的科学研究和科技攻关,沼气技术已走在世界前列;秸秆气化及发电、燃料乙醇、生物柴油等技术均取得明显进展,但与发达国家相比仍有一定的差距。除了经济发展水平和政策因素外,缺乏先进、可行的工艺技术支撑,是直接制约生物质资源大规模高效利用的原因,不同生物质能利用技术的特点、适用场合和存在问题见表 2。从表中可以看出,直燃发电存在着核心技术未成熟、气化发电存在着燃气质量低等问题。解决途径包括加大科研力度,引进国外先进技术等。

表 2 生物质利用技术评价一览表
Table 2 Assessment of biomass use technology

| 用途 | 利用技术 | 特点 | 适用场合 | 存在问题 |
|---------|------------------------|-------------------------------|-----------------------------------|--------------------|
| 生物质发电 | 直燃发电 | 规模效益明显, 自动化程度高, 规模不小于 24 MW | 农场, 方便大规模收集原料 | 国内生物质锅炉尚未成熟 |
| | 循环流化床气化发电 | 原料适应性广泛, 拥有自主知识产权 | 适用于大部分地区 | 燃气净化尚需进一步完善 |
| | 固定床气化发电 | 原料适应性广泛, 拥有自主知识产权 | 适用于大部分地区 | 需要对原料进行压缩成型处理 |
| | 生物质-煤混和燃烧发电 | 原料适应性广泛, 规模随意 | 适用于 100 MW 以下的, 采用流化床锅炉的燃煤电厂 | 目前尚未出台生物质混燃发电的补贴政策 |
| 生物质液体燃料 | 沼气发电 | 发电原料自产, 供应稳定, 减少收集和运输等环节 | 污水处理厂、食品加工厂、大中型养殖场沼气工程、垃圾填埋场等 | 分散、装机容量小, 上网困难 |
| | 糖类原料(甜高粱茎秆、甘蔗等)发酵法制取乙醇 | 技术成熟 | 适用于有较大面积可以种植原料的土地的地区 | 首先需要建设原料基地 |
| | 淀粉类原料(木薯、甘薯等)发酵法制取乙醇 | 技术成熟 | 需要大面积的边际土地种植原料 | 首先需要建设原料基地 |
| | 纤维素发酵制取乙醇 | 原料适应性广泛 | | 现仅处于研究阶段 |
| | 压榨精炼生物柴油(油菜籽、小桐子、黄连木等) | 技术成熟, 生物柴油可以直接作为车用燃料 | 适用于有较大面积可以种植原料的边际土地的地区 | 首先需要建设原料基地 |
| | 热裂解制生物燃油 | 国内技术尚处于实验室研究阶段, 原料利用率高, 适应性广泛 | 适用于可以大规模收集农林废弃物的地区 | 如需作为成品油还需要经过精炼 |
| 生物质制沼气 | 养殖场粪便厌氧发酵 | 原料成本低, 环保效益好, 技术成熟 | 适用于大中型畜禽养殖场 | 产生的沼气必须有稳定的用户 |
| | 工业有机废弃物厌氧发酵 | 原料成本低, 环保效益好, 技术成熟 | 适用于产生有机废弃物的企业, 如屠宰厂、酒厂、淀粉厂、污水处理厂等 | 处理成本较高 |
| | 户用沼气 | 可以解决农民的生活能源问题 | 适用于除从事种植外, 同时养殖畜禽的农户 | |
| 生物质压缩成型 | 环模滚压法 | 生产连续性好, 能耗低, 单机产量大 | | 产品密度较低 |
| | 螺旋挤压法 | 结构简单, 产品密度大, 可以作为大型锅炉或气化炉的原料 | | 电耗较高 |
| | 冲压法 | 生产连续性好, 单机产量大 | | 设备庞大, 投资高 |
| | 液压法 | 噪音小, 连续性好 | | 设备故障率高, 投资大 |

4 中国生物质能产业发展前景

4.1 良好的宏观政策环境逐渐形成, 为生物质能产业提供了良好的发展机会

自 2006 年 1 月 1 日《中华人民共和国可再生能源法》生效以来, 国家有关部门相继出台了《可再生能源发电有关管理规定》等配套实施细则, 重点支持可再生能源发电技术; 财政部也发布了财税支持政策^[33]; 农业部也适时发布了《农业生物质能产业发展规划》。上述政策措施的出台, 无疑有利地保证了投资人的利益, 生物质能的开发利用迎来前所未有的历史机遇, 这将全面促进中国生物质能产业的发展。

4.2 技术水平不断提高, 产品领域深入拓展

随着生物质能开发利用产业的发展, 相关技术将得到长足的发展, 主要有: 纤维素分解生产乙醇技术, 低成本、高效水解酶技术, 工业规模甜高粱生产乙醇的成套

设备和工艺技术, 高产、优质含油能源作物育种、育苗和大面积栽培技术, 高产木质能源林的育种、育苗和大面积栽培技术, 生物质发电锅炉, 小型生物质发电成套设备, 大型沼气工程成套设备, 生物化工产品等。

4.3 大型企业积极参与, 促进产业进入快速发展阶段

目前, 从事生物质能产业的企业不再仅是中小企业, 国有大型企业和跨国公司也参与进来, 极大地促进了产业的发展, 生物质能产业呈快速发展趋势。例如, 中粮集团已将生物质能作为其重点发展方向, 2006 年 11 月, 中粮集团在广西的 20 万 t/a 燃料乙醇项目正式启动。国能和中国节能投资公司也将生物质直燃发电作为其重点领域。国能生物质发电公司在江苏、安徽、河南、吉林和黑龙江等省相继立项投资建设一批生物质电厂, 目前核准项目共 22 个, 其中 14 个在建、1 个投产, 预计到 2007 年年初, 将有 5 个项目投产发电。此外, 许多跨国公司对生物质能产业也表现出浓厚的兴趣。

5 结 语

综上所述,中国具有丰富的生物质能资源,约有7亿t标准煤可作为能源利用。中国的生物质能产业发展初具规模,积累了一些成熟的经验,但不同技术的产业化现状并不平衡,少数生物质能转化利用技术已经比较成熟,通过政府提供补贴等经济激励政策,实现了产业化应用,如农村户用沼气、养殖场沼气工程和秸秆发电技术;一批生物质能转化利用技术正处于试点示范阶段,或正进入商业化早期发展阶段,在最近5~15年将实现产业化,如生物质发电技术、生物质固体成型燃料技术、秸秆生物气化技术、生物燃料乙醇和生物柴油技术等;某些利用技术还存在诸如技术及成本等问题,影响了推广应用,如秸秆热解气化技术和生物质快速热解技术等。此外,还有一些生物质能转化利用技术正处于研发阶段,有望在未来20年内取得突破,实现商业化应用,如纤维素降解制取乙醇等技术。

农村户用沼气、固体成型燃料技术、秸秆生物气化技术等可为农村居民提供优质的生活用能,替代传统的低效燃烧方式,未来发展潜力巨大,应根据全国各地的资源禀赋、生活习惯、经济发展状况、技术成熟程度和经济性,因地制宜分阶段、分步骤进行发展;生物燃料乙醇和生物柴油技术发展前景较大,但规模受原料来源所限(土地资源与国家产业政策的影响);养殖场沼气工程作为畜禽粪便治理的有效手段,其环境效益高于能源效益,未来需求量较大;此外,纤维素降解制取乙醇和费托合成被认为极具发展潜力,将是未来可能的发展方向。

因此,根据中国基本国情,发展生物质产业,一方面要立足中国农作物秸秆、畜禽粪便和农产品加工副产品等农业废弃物量大面广、利用率不高、环境污染严重的现实,坚持以解决农村生活能源为重点,促进农村用能结构、乡村面貌和生态环境的同步改善,重点发展农村沼气、秸秆固体成型等技术,剩余部分用于发电;另一方面,应替代化石能源,缓解化石能源供应紧张局面,优化能源结构,保障国家能源安全,重点发展生物燃料乙醇和生物柴油技术。

国家相继出台了促进生物质能产业发展的政策措施,大型企业积极参与生物质能产业的开发,在国家提出节能减排的大政策环境下,生物质能产业迎来了前所未有的发展机遇,必将成为中国国民经济新的增长点之一。

[参 考 文 献]

- [1] 李俊峰,王仲颖. 中华人民共和国可再生能源法解读[M]. 北京:化学工业出版社,2005.
- [2] 姚向君,王革华,田宜水. 国外生物质能的政策与实践[M]. 北京:化学工业出版社,2006.
- [3] 曾 麟,王革华. 世界主要发展生物质能国家的目的与举措[J]. 可再生能源,2005,(2):53-55.
- [4] 李俊峰,时 丽. 国内外可再生能源政策综述与进一步促进中国可再生能源发展的建议[J]. 可再生能源,2006,(1):4-9.
- [5] 石元春. 发展生物质产业[J]. 农机科技推广,2005,(4):4-6.
- [6] 孙永明,袁振宏,孙振钧. 中国生物质能源与生物质利用现状与展望[J]. 可再生能源,2006,(2):79-83.
- [7] 田宜水. 中国农业生物质能发展战略思考[J]. 中国能源,2006,28(9):22-24.
- [8] 戴向荣,蒋立科,罗 曼. 发展农村生物质能的设想与建议[J]. 世界农业,2006,(7):56-59.
- [9] 周公乐. 发展生物质能源,林业在行动——专访国家林业局植树造林司司长、国家林业局林木生物质能源办公室主任魏殿生[J]. 绿色中国,2006,(1):36-39.
- [10] 潘泽江,曹明宏. 中国生物质能源产业发展的制约因素及其对策[J]. 安徽农业科学,2006,(10):210-211.
- [11] 曹湘洪. 中国生物能源产业健康发展的对策思考[J]. 化工进展,2007,26(7):905-913.
- [12] 国家统计局. 中国统计年鉴 2006[M]. 北京:中国统计出版社,2006.
- [13] 农业部. 农业生物质能产业发展规划[R]. 2007.
- [14] 农业部. 中国畜牧业年鉴 2005[M]. 北京:中国农业出版社,2005.
- [15] 农业部. 全国农村沼气工程建设规划[R]. 2007.
- [16] 李 元. 中国土地资源[M]. 北京:中国大地出版社,2000.
- [17] 袁 春,姚林君. 中国未利用土地资源的可持续开发利用研究[J]. 国土资源科技管理,2006,(6):20-23.
- [18] 张 迪,张凤荣,安萍莉,等. 中国现阶段后备耕地资源经济供给能力分析[J]. 资源科学,2004,(9):46-52.
- [19] 全国林业废弃物资源和能源林资源状况概要报告[A]. 生物质能开发利用资料[C]. 全国生物质能开发利用工作会议,2006:44-49.
- [20] 顾树华. 开发利用生物质能是中国农林业发展的重要领域[J]. 中国能源,2006,(9):11-15.
- [21] 国家发展和改革委员会能源局. 生物燃料发展有关情况 & 政策建议[EB/OL]. http://www.ndrc.gov.cn/nyjt/dcyj/jt20060421_67088.htm,2006.
- [22] 黄诗铿. 中国燃料乙醇原料应走多元化道路[J]. 中国科技论坛,2005,(11):52-55.
- [23] 范水生. 中国能源甘蔗——燃料乙醇的开发探析[J]. 世界农业,2006,(12):56-59.
- [24] 田 沈,徐 鑫,孟繁燕,等. 木质纤维素乙醇发酵研究进展[J]. 农业工程学报,2006,22(增刊):229-232.
- [25] 陈伟红,闫德冉,杜风光,等. 纤维质原料生产燃料乙醇的

- 研究进展[J]. 农业与技术, 2006, (4): 32–35.
- [26] 姜楠, 张正. 生物柴油的现状与发展前景[J]. 世界农业, 2005, (3): 32–37.
- [27] 赵宗保, 华艳艳, 刘波. 中国如何突破生物柴油产业的原料瓶颈[J]. 中国生物工程杂志, 2005, (11): 1–6.
- [28] 沈珺珺, 迟晓元, 杨庆利, 等. 生物柴油的研究进展[J]. 中国生物工程杂志, 2006, (11): 92–95.
- [29] 杨德亮, 倪计民. 生物柴油技术发展现状及其产业化方向的探讨[J]. 农业装备与车辆工程, 2007, (4): 6–9.
- [30] 国家电网公司加速推进生物质发电[J]. 陕西电力, 2007, (4): 21.
- [31] 国家发展和改革委员会能源局. 中国首个秸秆混烧发电项目建成投产[EB/OL]. http://nyj.ndrc.gov.cn/zdxm/t20051229_55134.htm, 2005-12-29.
- [32] 田宜水, 赵立欣, 孟海波, 等. 生物质与煤混合燃烧技术进展[J]. 水利电力机械, 2006, (12): 92–96.
- [33] 财政部出台新政策推动燃料乙醇等生物能源发展[J]. 食品与发酵工业, 2006, (6): 50.

Analysis of the development status and trends of biomass energy industry in China

Wang Jiuchen¹, Dai Lin², Tian Yishui^{3*}, Qin Shiping²

(1. Department of Science, Technology and Education, Ministry of Agriculture, Beijing 100026, China;

2. Energy Research Institute, National Development and Reform Commission, Beijing 100038, China;

3. Chinese Academy of Agricultural Engineering, Beijing 100026, China)

Abstract: Development trends of biomass energy in the future were analyzed on the basis of comprehensive evaluation of biomass energy resources, industry development and policy environment in China. Biomass resources are rich in China. Biomass energy industry began to take shape: biogas industry was basically formed, fuel ethanol throughput reached 1.02 million tons per year, the technology that fuel ethanol was produced by use of non-food crops such as sweet sorghum stalks was developed and demonstration project of direct fuel-fired generation with straw began to connect to power grid. Macro-policy environment to promote the development of biomass energy industry gradually formed. Therefore, the conclusions were concluded that development emphasis of biomass energy industry in the future in China would focus on biogas and biogas power generation, liquid fuels, biomass solid pellet fuel and biomass power generation; policies for the development of biomass energy industry would be further improved; the technology level would be further improved. There will be more large-scale enterprises to participate in this industry; it is sure that biomass energy industry will become a new growth point of Chinese national economy.

Key words: biomass; biomass energy; bio-energy industry; development trend