

中国生物质产业及发展取向

孙振钧

(中国农业大学资源与环境学院, 北京 100094)

摘 要: 该文界定了生物质、生物质产品、生物质资源和生物质产业的概念和范围, 分析了中国生物质资源的潜力。针对中国当前“三农”问题和未来 10~20 年能源安全等重大需求, 综述了国内外生物质产业发展的 4 个取向: 生物质发电、生物质液体燃料、生物质有机高分子材料和能源农林业。简述了现代农林工生物质能一体化系统的生物质产业发展模式。发展生物质产业对于解决农民增收问题、加快农业工业化进程和促进农村小康社会建设等具有重要意义。

关键词: 生物质; 生物质资源; 生物质产业; 生物质能; 生物质材料; 农业废弃物; 能源植物

中图分类号: X17; X72

文献标识码: A

文章编号: 1002-6819(2004)05-0001-05

0 引言

以生物质能源为主的生物质资源开发利用已引起世界各国政府和科学家的关注^[1-4]。有许多国家都制定了相应的开发研究计划, 例如, 日本的新阳光计划、印度的绿色能源工程、美国的能源农场和巴西的酒精能源计划等^[5-8]。一个新兴的生物质产业正在全球范围蓬勃兴起。在最近结束的国家中长期科技发展规划(2005-2020)中, “农林生物质工程”被列为重大专项之列, 并作为国家能源战略的重要组成部分。通过走农业工业化之路, 解决农民的增收和“三农”问题。生物质产业可望在未来 15~20 年内为解决 21 世纪中国面临的能源短缺、环境污染、食品安全等重大社会经济问题, 乃至全面建设“小康”社会目标的实现做出重大贡献。

1 概念及范畴

1.1 生物质与生物质产品

生物质(biomass)指任何可再生的或可循环的有机物质(不包括多年生长的用材林), 包括专用的能源作物与能源林木, 粮食作物和饲料作物残留物, 树木和木材废弃物及残留物, 各种水生植物、草、残留物、纤维和动物废弃物、城市垃圾和其它废弃材料。按美国能源部的定义, 一般不包括为人类提供食品的农作物、家养动物以及常规木材生产。生物能(bioenergy)指用于生产能量(电、液体、固体和气体燃料; 热)的生物质。生物质产品或生物基工业产品(bio-based industrial product)指用生物质生产的燃料、化学品、建筑材料、电力或热能。包括用生物产品或可再生的农业(动、植物与海洋生物)和林产材料生产的各种能、商业或工业产品(不包括食品或饲料)^[9]。

1.2 生物质资源

生物质资源在中国主要包括农业废弃物和能源生物资源(能源/化工专用动植物和藻类)。目前, 能源生物资源主要是指能源农业、能源林业种质资源, 包括现有

种质资源的挖掘、保护和开发及专用品种的培育。同时也包括利用高效能源植物进行的规模化、商品化的生物质原料生产。根据中国人口多、耕地少的国情, 区别于美国等粮食过剩国家, 中国规模化的生物质原料生产是在有限的耕地优先满足食物和饲料的基本需求的前提下, 利用低质地种植并和生态环境改善、防止水土流失有机结合。这里的农业废弃物包括 4 大类: 植物类废弃物(农林生产过程中产生的残余物)、动物类废弃物(牧、渔业生产过程中产生的残余物)、加工类废弃物(农林牧渔业加工过程中产生的残余物)和农村城镇生活垃圾等。常规的农业废弃物(主要是农作物秸秆和畜禽粪便)资源化(肥料化、饲料化)与农村能源利用(沼气化)已经提倡和开展多年, 对遏制秸秆焚烧和集约化养殖带来的畜禽粪污对环境的污染起到了一定作用, 取得了较好的环保效益。从生物质资源的角度看, 这些(农业)有机废弃物是重要的生物质原料来源。

1.3 生物质产业

生物质产业是通过工业化把能源植物和农业废弃物等生物质原料(biomass feedstock)利用化学或生物技术转化为高附加值的生物质能源、生物材料、石油产品替代品及副产品等环境友好产品的全过程。生物质产业化既包括生物质原料生产—加工与转化—产品与应用一体化的产业链和技术体系, 也包括政策、法规、市场与流通等保障体系。

当前, 生物质开发利用主要包括燃料乙醇、生物柴油、生物质发电和工业用能; 将来则主要是通过高技术的木质纤维素生物水解或热化学转化生产精细化工产品(如生物高聚体)和燃料^[9](见图 1)。

2 中国生物质资源潜力

生物质是由植物的光合作用固定于地球上的太阳能, 每年经光合作用产生的生物质约 1700 亿 t, 其能量约相当于世界主要燃料消耗的 10 倍; 而作为能源的利用量还不到其总量的 1%^[10]。据美国能源部 1999 年组织法国、荷兰、德国、奥地利和马来西亚等多国科学家对部分能源植物进行的研究表明: 到 2050 年, 全球液体燃料油 80% 将来自木本植物、草本栽培油料和藻类等生

收稿日期: 2004-05-29 修订日期: 2004-08-23

基金项目: 国家中长期科学和技术发展规划战略研究“农业废弃物资源化与农村生物质资源战略研究”课题

作者简介: 孙振钧(1956-), 男, 博士, 教授, 博士生导师, 北京市中国农业大学资源与环境学院, 100094。Email: sun108@cau.edu.cn

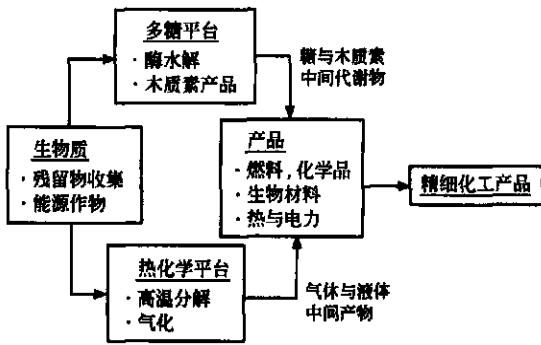


图1 生物质产业化流程简图(DOF, U SA)

Fig 1 Flow chart of biomass industrilization products(DOF, U SA)

物质能源。据专家预测,到2050年,利用农、林、工业残余物以及种植和利用能源作物等生物质能源有可能以相当于或低于化石燃料的价格,提供世界60%的电力和40%的燃料,使全球CO₂排放量减少54亿t碳(目前全球化石燃料每年排放约60亿t碳)^[11]。

中国拥有丰富的生物质能资源^[12, 13],据测算,中国理论生物质能资源为50亿t左右标准煤,是目前中国总能耗的4倍左右。在可收集的条件下,中国目前可利用的生物质能资源主要是传统生物质,包括农作物秸秆、薪柴、禽畜粪便、生活垃圾、工业有机废渣与废水等。据1998~2003年的统计数据估算^[14~16],我国的可开发生物质资源总量为7亿t左右标准煤,其中农作物秸秆约3.5亿t,占50%以上。



2000年中国生物质能资源可开发量(10⁶t标准煤)

图2 中国生物质能资源(2000年)

Fig 2 Bioenergy resources in China in 2000

目前,生物质资源的主要组成部分是作物秸秆(图2)。在这些可开发的生物质能资源中,农作物秸秆有40%作为饲料、肥料和工业原料,尚有60%可用于能源用途,约2.1亿t标准煤;薪柴主要作为燃料,但有40%的森林剩余物未加利用,约0.3亿t标准煤;禽畜粪便除少部分作为肥料外,大部分成为农村的主要污染源,约有0.6亿t标准煤的资源量;工业有机废渣至少有80%,即0.7亿t标准煤的资源可以利用;至于生活垃圾,特别在农村、小城镇,至少可从中获得0.8亿t标准煤的资源量。

在未来,生物质资源主要来自能源农业和能源林业。中国潜在的资源量非常巨大,根据国家中长期发展规划^[28]目标,到2020年,可开发生物质资源量至少可达到15亿t标准煤,其中30%来自传统生物质,70%由能源农林业提供。中国国土面积广阔,除现有的耕地、林

地和草地作为传统农业外,尚有近1亿hm²宜农宜林荒山荒地,可以用于发展能源农业和能源林业,至少可发展20亿t的生物质资源,合10亿t标准煤。在未来20年,如果建设2000万hm²能源林,每年可产生10亿t生物质,相当于5亿t标准煤。此外,与西部大开发、沙漠治理、退耕还林、三北防护林建设结合起来,至少可再发展2000万hm²的能源林,每年可产生4亿t生物质,相当于2亿t标准煤。

3 生物质产业发展取向

3.1 生物质发电

生物质发电在发达国家已受到广泛重视。其主要工艺分3类:生物质锅炉直接燃烧发电、生物质-煤混合燃烧发电和生物质气化发电。美国的生物质直接燃烧发电占可再生能源发电量的70%。意大利发展了12MW生物质整体煤气化联合循环发电技术(IGCC)示范项目,发电效率达31.7%。瑞典正试验加压的整体煤气化联合循环发电技术(BIGCC)。目前,生物质发电已占发达国家可再生能源发电量的70%^[17]。在美国,生物质发电装机容量已达10.5GW,70%为生物质-煤混合燃烧工艺,单机容量10~30MW,发电成本3~6美分/(kW·h),预计到2015年装机容量将达16.3GW。全球环境基金/世界银行正在巴西示范一个30MW生物质气化联合循环发电项目,在英国和美国有3个示范项目,装机容量6~10MW。由于生物质气化联合循环发电效率可达40%,有可能成为生物质能转化的主导技术之一^[18]。

1999年,中国电力生产总量为12600亿kW·h,年人均用电不到1000kW·h,只有韩国的1/5左右,而年人均生活用电更低,只有110kW·h左右。要实现2020年国民经济翻两番的目标,保障可靠的电力供应是必备条件。因地制宜地利用当地生物质能资源,秸秆、薪柴、谷壳和木屑等,建立分散、独立的离网或并网电站拥有广阔的市场前景。如果用当前农林废弃物产量的50%作为电站燃料,可发电4000亿kW·h,占目前中国总耗电量的30%左右。中国已开发和推广MW级生物质气化发电系统应用20多套。国家高科技发展计划(863计划)将建设4MW规模生物质(秸秆)气化发电的示范工程,预计系统发电效率可达到30%左右。

近年来畜禽粪便生产沼气的技术在欧、美等发达国家发展很快。在成套热电沼气工程技术、不同型号气-油联合发电机、大型实用型沼气发酵罐体、储料罐体、预处理和输配气和输配电系统等方面均已远远超过沼气技术的发源地中国。另外,农业废弃物制氢技术和以农业有机废水为原料的生物燃料电池技术研究有望在不远的将来取得重要进展,并成为农业有机废水资源化利用的一个重要新途径^[19]。生物燃料电池是一种借助电极反应直接利用厌氧发酵过程中的电子传递转换成电能的装置。这种装置的最大特点是由于反应过程中不涉及燃烧,能量转换率高达60%~80%。近20年来生物技术的巨大发展,为生物燃料电池研究提供了物质、

知识和技术储备。

3.2 生物质液体燃料

生物质液体燃料产业已得到国际上的广泛关注。20 世纪 70 年代末, 巴西开始实施大规模的乙醇燃料计划, 1996~1997 年度生产燃料乙醇 137 亿 L, 有 400 万辆汽车采用纯乙醇, 大大减少了进口石油的外汇支出, 提供了 130 万个工作岗位。在美国, 主要采用玉米、马铃薯等生产乙醇, 现有 39 个工厂, 年产乙醇 40 亿 L。乙醇以 10% 的比例掺入汽油作汽车燃料。在发达国家, 利用豆油、花生油、棉籽油、葵花籽油、油菜籽油、棕榈油和蓖麻籽油生产生物柴油正在形成产业^[20]。目前, 美国总的生物柴油年生产能力为 100 万 t 以上; 欧盟 2001 年已超过 100 万 t; 德国 2000 年已达 25 万 t, 拥有 300 多个生物柴油加油站; 意大利已拥有 9 家生物柴油的生产厂。美国能源署要求, 到 2010 年, 美国要将生物柴油产量提高到 1200 万 t^[21]; 欧盟委员会计划, 在 2020 年使生物柴油的市场占有率达 12%^[22]。

中国已在黑龙江、吉林和河南三省建设陈化粮为燃料乙醇生产工程, 主要原料为陈化的玉米、甘薯等, 并已在全国十余个城市开展了掺和 10% 乙醇的汽油醇燃料应用示范工作。

根据国家中长期发展规划中的生物质资源培育计划, 到 2020 年, 如果将 15 亿 t 标准煤的生物质资源量中的 50% 用于生产液体燃料, 即可为中国石油市场提供 2 亿 t 液体燃料。

3.3 石化产品替代品

生物质资源不仅是一种可再生能源, 而且可用于开发出适应未来市场且环境友好的石油和天然气的等价物或替代品等生物基产品。例如, 生物质源有机高分子材料。

高分子材料是材料工业的重要支柱, 但现有的高分子材料基本上均以石化资源为原料。如中国年产 1500 万 t 各类塑料制品, 为此要消耗数以千万吨的宝贵的轻油资源和大量天然气; 而且每年还要形成约 500 万 t 的几百年难以降解的塑料垃圾。特别是对农业至关重要的塑料薄膜, 每年生产、使用 150 万 t, 基本上不能回收, 大部分残留于农田, 破坏土壤结构, 污染环境。目前, 全世界每年生产的可再生淀粉 4000 万 t 以上, 纤维素、半纤维素、木质素每年可再生 1500 亿 t, 但目前的利用率还不到总量的 5%。面对这一巨大的自然资源宝库, 全世界都在力求开发和拓展生物质材料的应用范围^[23]。例如, 美国众议院通过一项农业法案, 批准在 2002 年拨款 500 万美元, 2003~2007 年每年拨款 1400 万美元, 以资助生物质材料研究。日本森林综合研究院及相关研究单位加大了对生物质材料的开发力度。国内外企业对农业生物质材料的开发利用非常重视, 已开展大量工作。例如: 日本丰田公司开发用白薯淀粉塑料制成了汽车配件; 富士通公司用玉米淀粉塑料(PLA, 聚乳酸酯)制成的电脑机壳和其它配件已经商业应用。美国 DuPont 公司和 GenCorp International 公司合作建成的用玉米生

产 1, 3-丙二醇(POD)的生产成本可以比化学法降低 25%; Cargill-Dow 公司正在建设一个 140 kt/a 的由玉米糖发酵生产聚乳酸的工厂, 以开发多种聚合物塑料^[24]。甚至可以利用生物材料制成芯片。“用转基因作物和家畜改变了农业, 现在它正在改造工业”(华盛顿邮报, 2002-05-03)。新生物质材料的应用将形成一场新的工业革命, 引领出一批新的产业。

3.4 能源农林业

能源农林业包括能源农业和能源林业, 是专门用于生物质原料生产的农业/林业生产。能源农业是利用荒山坡岭等低质地种植非食用的能源作物。能源农林业是发展生物质能源的基础。以科学的方法培育高产、抗逆性强的能源植物是发展生物质能的根本保障。欧盟学者认为, 种植能源型作物(其中包括轮伐期短的速生林木)是解决欧盟农业生产过剩问题的唯一有效办法。为了探讨这种办法的有效性, 欧盟已制订并实施了 LEBEN 计划^[25]。在巴西, 桉树已被广泛用作能源, 能源用林的覆盖面积总计约 200 万 hm^2 。美国和欧盟国家则发展转基因大豆和油菜, 作为生产生物柴油的原料^[26]。美国能源部(DOE)自 1996 年开始启动了生物燃料原料发展计划(BFDP), 由橡树岭(ORNL)国家实验室领衔组织来自全美国的有关大学、国家实验室和农业实验站的科学家联合攻关, 筛选和示范专用能源作物和能源树木。在美国 Auburn 大学的示范田里, 筛选的能源植物柳枝稷(*Panicum virgatum*)干物质产量约可达到 37 t/ hm^2 , 每年每 hm^2 足以生产 14023 L 的燃料乙醇。一批能源林木树种也在奥尔良和华盛顿洲地区大面积示范种植, 将逐步形成另一类的“能源财富储备库”(Stakeholders)^[9]。

中国在能源农业方面, 主要发展能源用途的甘蔗、甜高粱、木薯、芒草等高能品种。通过转基因的方法可以获得光合效率很高的能源作物品种, 如能源甘蔗, 每 hm^2 产量可达到 55 t, 甜高粱每 hm^2 可产 10 t 籽粒和 100 t 茎秆^[27]。如果发展 2000 hm^2 , 生物质资源量可达到 6 亿 t, 合 3 亿 t 标准煤。中国已引进了“丽欧”、“凯勒”、“雷伊”等若干个优良甜高粱品种, 建立了甜高粱示范工程。国家十五、863 计划中, 将建成利用甜高粱茎秆生产燃料乙醇的工业示范装置, 年生产能力达 5000 t。

同时, 随着能源农业和能源林业的大规模发展, 将有效地绿化荒山荒地; 农村能源问题的彻底解决, 又可大大减轻土壤侵蚀和水土流失, 治理沙漠, 保护生物多样性, 促进生态的良性循环和现代种植业的发展, 增加农村就业机会, 成为农村新的经济增长点, 改善生活环境, 提高农民收入, 增加农村新产业, 推动农村城镇化, 振兴农村经济。

4 生物质产业发展模式—现代农林工生物质能一体化系统

4.1 总体思路

现代农林工生物质能一体化系统^[28]是把能源农业、能源林业和能源工业相结合构成从原料到产品的生

物质能源生产一体化体系。该系统在为中国长期能源战略提供技术支撑的同时,从根本上解决农业废弃物的污染问题,有效地改善农业环境和保护森林植被,确保中国的农业和自然生态环境安全(见图3)。

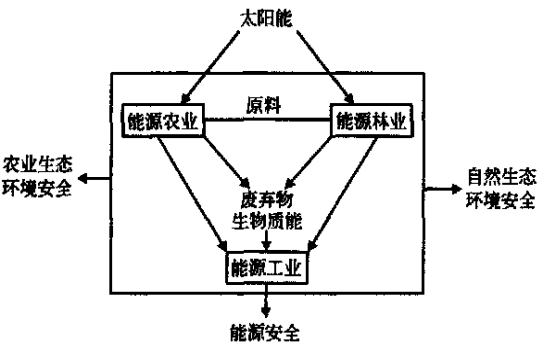


图3 农林工一体化生物质能源体系
Fig 3 Bioenergy industry system integrated with agriculture and forestry

4 2 技术构成

1) 关键技术: 包括高纤维素含量、高光合、抗逆性强的能源植物, 也包括各类纤维素类、糖类和淀粉类植物育种与栽培; 适用于能源农业和能源林业的生物质收

集、运输和预处理技术与设备; 高效纤维素原料水解工艺与设备; 先进乙醇发酵与精制工艺和设备; 纤维素水解废渣的气化过程和工艺; 高效的气化炉设计; 与燃料乙醇系统相匹配的气化发电、供热系统; 以沼气和废渣气化合成为原料生产合成柴油的过程和工艺与关键技术; 生物油生产工艺和设备等。

2) 技术集成: 生物质能源一体化系统的技术集成, 包括集成生物质生产燃料乙醇、废渣气化发电及供热、废渣裂解制生物质油和沼气、合成气生产合成柴油等关键技术集成, 开展优化系统的中试研究; 开展生物质能源一体化系统工业化和商业示范研究。

4 2 系统构成

本发展模式的技术路线与系统构成(图4): 以传统农业有机废弃物、能源农业和能源林业为产业基础, 构成的生物质原料生产系统; 从工业用生物质能源和清洁的农村能源两个层面上构成两个不同的应用系统; 工业用生物质能源以生物质液体燃料生产为主体, 包括燃料乙醇和生物柴油生产技术构成生物质能转换系统的核心; 农村用生物质能源以生物质气化和农村生态环境建设为主体, 包括农业废弃物生物质的气化技术、热解技术、高浓度有机废水沼气技术和综合利用技术。

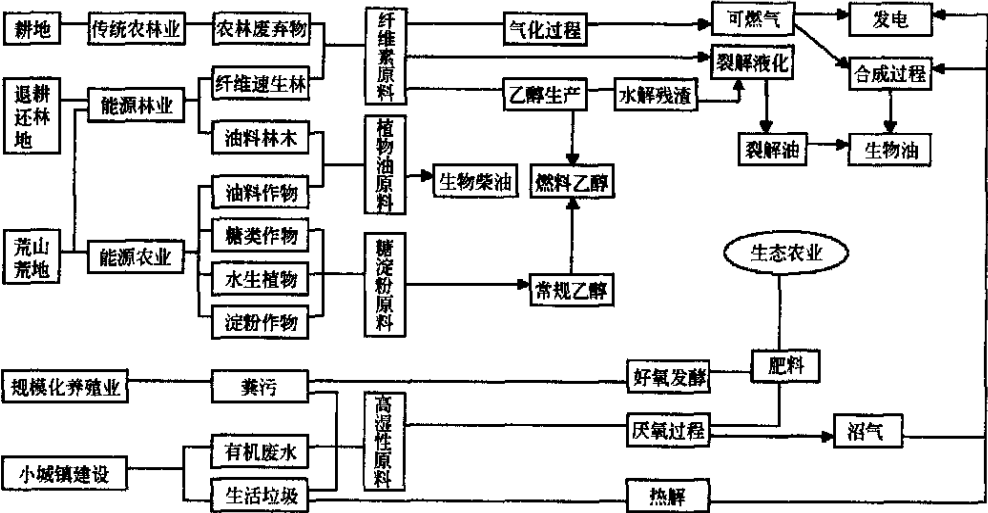


图4 现代农林工生物质能一体化系统总体技术路线
Fig 4 Overall technical route from biomass feedstock to products in a modern bioenergy system integrated with agriculture and forestry

5 结 语

生物质产业是在资源替代、保护环境、发展经济和可持续发展的现代理念引领下,在化石能源渐趋枯竭、全球变暖、环境恶化的形势下产生的一个新型产业。生物质的主要来源是农林废弃有机物质和利用低质土地及水面种植能源/材料等专用植物,既不与为人类提供食物的农田争土地,又保护与改善自然及农业生态环境,并为解决农民增收和农村小康社会的建设提供一条新的途径。随着生物质产业的形成与发展,传统农业将成为以生物质生产为基础的多元化的新兴农业。生物质

农林业将引导新一轮农业革命。今后的农民不单纯是生产粮食和饲料,更是生产能源、材料、化学制品等的“工人”。

生物质产业发展方向是与振兴农村经济和改善农民生活相结合,向小型、分散、统分结合的模式发展。能源农林业与新兴能源工业的有机结合,使之形成生物质产业链。发展生物质产业的社会、环境和战略价值远大于经济价值,它将引导一条具有中国特色的农业工业化之路。以生物质生产为基础的新型农业是农业与工业协调发展的必然和新阶段,它必将为石油进口和温室气体减排做出贡献,并将促进初见端倪的生物质经济的快速

发展。

[参 考 文 献]

- [1] 蒋剑春. 生物质能源应用研究现状与发展前景[J]. 林产化学与工业, 2002, 22(2): 76- 80
- [2] 朱清时. 生物质洁净能源[M]. 北京: 化学工业出版社, 2001.
- [3] Gross R, Leach M, Bauen A. Progress in renewable energy[J]. Environment International, 2003, 29(1): 105- 122
- [4] Yokoyama S Y, Ogi T, Nalampoon A, et al. Biomass energy potential in Thailand[J]. Biomass and Bioenergy, 2000, 18(5): 405- 410
- [5] Cook J, Beyea J. Bioenergy in the United States: progress and possibilities[J]. Biomass and Bioenergy, 2000, 18(6): 441.
- [6] Steininger KW, Voraberger H. Exploiting the medium term biomass energy potentials in Austria[J]. Environmental and Resource-Economics, 2003, 24(4): 359- 377.
- [7] Dai L in. The development and prospective of bioenergy technology in China[J]. Biomass and Bioenergy, 1998, 15(2): 181- 186
- [8] Demirbas A. Energy balance, energy sources, energy policy, future developments and energy investments in Turkey[J]. Energy Conversion and Management 2001, 42(10): 1239- 1258
- [9] 美国能源部 Biomass Program, <http://www.eere.energy.gov/biomass>
- [10] Simon J, M üler H P, Koch R, et al. Thermoplastic and biodegradable polymers of cellulose[J]. Polymer Degradation and Stability, 1998, 59: 107- 115
- [11] Klass D L. Biomass for renewable energy, fuels, and chemicals[M]. Academic Press; San Diego; U S A 1998
- [12] Luo Z. Wood energy in China[J]. Wood Energy News, 1998, 13(3): 3- 19
- [13] 周凤起, 周大地. 中国长期能源战略[M]. 北京: 中国计划出版社, 1999
- [14] 国家统计局. 中国统计摘要[R]. 北京: 中国统计出版社, 2003
- [15] 中国农村能源年鉴编辑委员会. 中国农村能源年鉴(1998 - 1999 年版)[R]. 北京: 中国农业出版社, 1999
- [16] 中华人民共和国农业部. 中国农业统计资料[M]. 北京: 中国农业出版社, 2000
- [17] Hatje W, Ruhl M, Huttel R F, et al. Use of biomass for power and heat generation: possibilities and limits[C]. Forests and energy. 1st Hanover EXPO 2000 World Forest Forum. Selected papers. Ecological- Engineering, 2000, 16(1): 41- 49
- [18] 吴创之. 欧洲生物质能利用的研究现状及探讨[J]. 新能源, 1999, 21(3): 30- 35
- [19] 李建政, 汪群慧. 废物资源化与生物能源[M]. 北京: 化学工业出版社环境科学与工程出版中心, 2004
- [20] Mandal K G, Saha K P, Ghosh P K, et al. Bioenergy and economic analysis of soybean-based crop production systems in central India[J]. Biomass and Bioenergy, 2002, 23(5): 337- 345
- [21] Connell M G R. Carbon sequestration and biomass energy offset: theoretical, potential and achievable capacities globally, in Europe and the U K[J]. Biomass and Bioenergy, 2003, 24(2): 97- 116
- [22] Green paper. Towards a European strategy for the security of energy supply[M]. Luxemburg: Office for Official Publications of the European Communities 2000
- [23] Danner H, Braun R. Biotechnology for the production of commodity chemicals from biomass[J]. Chemical Society Reviews, 1999, 28, 395- 405
- [24] Biomass Research and Development Technical Advisory Committee. Vision for Bioenergy & Bio-based Products in the United States[R]. Oct 2002, 9- 10
- [25] Kara J. Agriculture as a user of renewable energy[J]. Mechanizace Zemedelstvi 2000, 4: 11- 12
- [26] Sodikin E. Possibility of using plant biomass as renewable energy source in South Sumatra[A]. Proceedings of a workshop, Sustainable development in the context of globalization and locality: challenges and options for networking in Southeast Asia[C]. Bogor, Indonesia, 18- 22 September 2000. Tropen land wirt, Beiheft 2001, 73: 131- 135
- [27] 黎大爵. 亟待开发的甜高粱酒精燃料[J]. 中国农业科技导报, 2003, 5(4): 48- 51
- [28] 孙振钧, 袁振宏, 张夫道, 等. 农业废弃物资源化与农村生物质资源战略研究报告[R]. 国家中长期科学和技术发展规划战略研究, 2004

Biomass industry and its developmental trends in China

Sun Zhenjun

(College of Resources and Environmental Science, China Agricultural University, Beijing 100094, China)

Abstract: Concepts and bounds of terms of biomass, biomass resources and biomass industry were defined in this paper. Developmental potential of biomass resources in China was analyzed. Aiming at the problems of agriculture, farmers and rural development at present and national requirement of energy and environment securities in the next 10 to 15 years, four developmental trends of biomass industry in China and the world, including biomass power, ethanol, biodiesel, biopolymers and dedicated energy crops and trees were discussed. A developmental pattern of bioenergy of modern biomass industry with agriculture and forestry was briefly introduced. It is significant for development of biomass industry to settle the problem of farms and accelerate the agricultural industrialization and rural development.

Key words: biomass; biomass resources; biomass industry; bioenergy; biobased materials; agricultural residues; energy plants