

我国生物质能研究 现状及未来发展趋势分析

■ 袁振宏¹ 雷廷宙² 庄新姝^{1*} 周桂雄¹ 刘姝娜¹ 杨树华²

(1. 中国科学院广州能源研究所; 2. 河南省科学院能源研究所有限公司)

摘要: 主要对我国“十二五”期间生物质能的发展及研究现状进行综述,并对我国生物质能在“十三五”期间的发展前景提出展望和建议。

关键词: 生物质能; 燃料乙醇; 生物柴油; 沼气; 生物质发电

0 引言

随着世界范围内石油、煤炭、天然气等可再生能源总储量的日趋减少,以及由于大量使用化石能源所引起的一系列环境问题,寻找新的可再生清洁替代能源逐渐成为世界各国关注的热点。生物质能作为一种潜力巨大、可再生、节能环保型能源,在优化能源消费结构、缓解能源供应紧张局面、提高农业收入及改善环境质量等方面具有重要作用^[1]。

我国拥有丰富的生物质资源,在生物质能源开发利用方面有得天独厚的优势。这些生物质资源主要包括农业生物质资源、林业生物质资源、生活污水和工业有机废水、人畜粪便、城市固体废物等^[2]。根据统计及估算,我国“十二五”期间农村的秸秆量约8亿t,农产品加工废弃物1.42亿t,林业木材剩余物2亿t,生活垃圾及污泥3.51亿t,畜禽粪便30亿t,这些主要的生物质资源理论上可折合成15.4亿吨标准煤。但由于收集损失及其他利用方式的竞争,可收集并能源化利

用的约为7.15亿吨标准煤。而实际情况是,目前我国生物质资源的能源化利用量为1亿吨标准煤左右,仅占可利用总量的15%左右^[3]。

造成生物质资源利用不足的原因有很多,但对我国来说,目前主要存在的问题包括原料方面的问题、技术方面的问题及政策方面的问题等。

1) 原料方面的问题主要为:由于能源作物的大规模种植始终没得到大力推广,并且生物质原料受季节性影响较大、分布较为分散,因此大规模集中利用难度大。

2) 技术方面的问题主要为:目前一些生物质能的低成本、高效率生产存在技术瓶颈,设备制造水平和制造能力很弱,如纤维乙醇生产工艺中的原料的低成本、低能耗预处理技术、纤维素酶低成本的生产技术等,始终得不到实质性突破^[4]。

3) 政策方面的问题主要为:由于目前生物质能源的生产规模较小,资源分散,始终存在成本高、经济性较差的问题。由此就需要国家出台促进产业发展的政策,如生物柴油需要相关的政策

收稿日期: 2016-03-31

通信作者: 庄新姝(1970—),女,博士、研究员,主要从事生物质能及生物炼制方面的研究。zhuangxs@ms.giec.ac.cn

来完善销售渠道；生物质发电项目初期投资高，需要稳定的投融资渠道等。

本文主要从生物质能的利用状况、生物质能的技术研究现状及国家政策层面进行综述与分析，并对我国生物质能在“十三五”期间的发展前景提出展望和建议。

1 “十二五”期间我国生物质资源情况

目前我国较为适合于生物质能利用的主要生物质资源有 5 大类：农业生物质资源、林业生物质资源、畜禽粪便、生活垃圾与工业有机废弃物、能源植物。

1.1 农业生物质资源

农业生物质资源主要是农作物收获后的残留物，即秸秆，如玉米秸、麦秸、稻草等，以及农产品加工过程中产生的废弃物，如麦壳、稻壳等。我国农作物秸秆每年产量约 8 亿 t，农产品加工废弃物 1.42 亿 t。目前农业生物质资源中，30% 被用作农用燃料，25% 被用作饲料，3% 被用作工业生产原料，7% 被直接还田，其余 35% 则被直接露天焚烧或者丢弃^[5]。

目前这些农业生物质资源能源化利用主要通过热化学及生化转化方式进行，热化学方式主要包括生物质的热裂解、气化、液化等，产品包括生物燃气、生物油等；生化转化则主要通过微生物发酵的方式进行，产品主要包括燃料乙醇、沼气、氢气等。但由于存在技术瓶颈，除了沼气发酵进行了规模化生产外，其他生物质能产品仍很难真正被大规模生产。

1.2 林业生物质资源

我国每年林业资源产量约为 9 亿 t，其中能被用来作为生产生物质能源原料用途的林业生物质资源约 3 亿 t，包括林业加工剩余物 2000 万 t、薪炭林 2270 万 t、用材林约 11790 万 t、灌木丛约 3390 万 t、疏林约 720 万 t、以及其他林木废弃物等^[6]。这些林业生物质资源除了被用作直接燃烧外，还可通过热解、气化、液化、发酵等方式

转化成相应的生物质能源产品^[7]。

1.3 畜禽粪便

我国目前每年畜禽粪便产量超过 30 亿 t，并且随着人们对畜禽类肉食的需求越来越多，相应的畜禽粪便产量也会进一步增加，预计到 2020 年将达到 40 亿 t。目前畜禽粪便大部分被用作肥料及饲料，只有少部分被能源化利用。

畜禽粪便能源化利用主要有两条途径：1) 热化学转化技术，包括直接燃烧、热解、气化、液化等技术，但用热化学转换技术处理利用畜禽粪便，无论是国内还是国外，都还处于实验室研究阶段，尚未进入大规模产业化阶段^[8,9]。2) 沼气发酵：即畜禽粪便在甲烷产气菌厌氧作用下，转化为甲烷和二氧化碳，这也是目前畜禽粪便能源化的主要方法。根据估算，目前我国畜禽粪便生产沼气的潜力约为 2200 亿 m³^[10]。

1.4 生活垃圾与工业有机废弃物

生活垃圾是指人们在日常生活中或为日常生活提供服务的活动中产生的固体废物，以及法律、行政法规规定视为生活垃圾的固体废物。其中，城市固体垃圾是指在城市居民日常生活中或为城市日常生活提供服务的活动中所产生的固体废物。工业有机废弃物则是指在工业生产过程中产生的有机废料。目前我国对城市固体垃圾及工业有机废弃物的处理主要有 3 种形式：无害化填埋、堆肥处理和焚烧发电，目前这 3 种处理方式所占的比例分别为 77%、20% 和 3%。由于填埋易引起垃圾渗透液污染、产生有毒有害气体及占用大量土地资源，而堆肥处理存在周期较长、处理量较小等缺点，因此，占地面积小、垃圾处理量大、无害化程度高的垃圾焚烧技术将是今后城市固体垃圾及工业有机废弃物处理的重点突破方向^[11]。

1.5 能源植物

能源植物是指在不宜种植人类食用的粮油作物的土地上如盐碱地、荒山野岭、污染严重的土壤等种植的较易制取能源的植物。根据能源作物所提供用来生产能源物质的成分，可主要分为 3

类：1) 淀粉类和糖类作物，如木薯、甘蔗、甜高粱、甜菜等，这类作物主要用于发酵生产燃料乙醇；2) 油料作物，这类作物体内富含油脂，主要被用于生产生物柴油，如麻风树、蓖麻、油菜等；3) 木质纤维素类作物，如柳枝稷、狼尾草等，主要用于通过预处理、水解及发酵工艺生产燃料乙醇，也可通过热化学方法如气化、液化等制取生物燃气或生物油，还能通过直燃的方式发电^[12]。能源植物的种植，能为生物质能的生产提供优质且稳定的原料供应，因此也将是“十三五”期间我国生物质能研究的重要方向。

2 “十二五”期间我国生物质能的制备技术

2.1 生物质液体燃料

由于液体产品便于贮存、运输，且可取代化石能源产品，生物质液体燃料是我国“十二五”期间发展的重点领域，也必将是我国未来“十三五”期间的研究热点。

2.1.1 燃料乙醇

根据中国科学院近日在天津发布的《中国工业生物技术白皮书 2015》显示，我国 2014 年生物燃料乙醇产量约为 216 万 t，成为仅次于美国和巴西的世界上第三大生物燃料乙醇生产国和应用国^[13]。根据生产原料的不同，我国燃料乙醇生产主要经历 3 个阶段：

第一阶段燃料乙醇生产主要是以陈化粮为原料制备而成，也即是第 1 代燃料乙醇。特点是技术比较成熟，缺点是原料价格比较贵并且影响国家粮食安全，目前我国已不再审批此类乙醇生产企业。

第二阶段燃料乙醇生产主要以非粮作物如木薯、甜高粱等作为原料制备而成，因此被称为第 1.5 代燃料乙醇。特点是原料价格相对第 1 代要便宜，并且不影响粮食安全；缺点是原料资源有限，因此并未形成大规模生产。

第三阶段燃料乙醇生产则以木质纤维素为原料制备而成，即是目前的第 2 代燃料乙醇。特点

是原料便宜并且来源广泛充足，缺点是存在一些技术瓶颈，不能实现低成本、高效生产^[14]。随着近年来国际原油价格持续走低，在国家财税政策调节的引导下，我国燃料乙醇行业在“十二五”期间已逐渐向非粮经济作物和纤维素原料综合利用方向转变，积极开展工艺和示范项目建设。

我国是世界上最大的农业国，每年产生超过 7 亿 t 的农作物秸秆废弃物，目前这些废弃物绝大部分被焚烧还田或作为农村的初级燃料，利用效率极低，而且造成了严重的环境污染，如果一半用来生产乙醇，按 7 t 秸秆生产 1 t 乙醇的收率计算，可生产 1 亿 t 的燃料乙醇，相当于目前我国全年汽油消费总量^[15]。

“十二五”期间，随着对纤维素乙醇产业的重视，我国也已建成多个纤维素乙醇示范生产线。但从目前国内建立的中试示范装置运行情况来看，现有生产线中每吨纤维素乙醇的原料消耗都在 5.5 t 以上，生产成本保守估计都在 9000 元/t 乙醇以上，还不适合于大规模商业化运行。主要原因是目前利用木质纤维素制备燃料乙醇还存在一些亟需解决的问题，如原料的收集、运输及储存以及制备过程中存在的技术瓶颈。木质纤维素原料虽价格便宜，但由于原料比较分散，因此收集、运输、储存的成本实际上还是占到了纤维素乙醇总成本的 35%~60%，这严重制约了纤维乙醇的生产规模^[16]。其次，在纤维乙醇制备过程中，存在着不少亟需突破的技术瓶颈，比如，原料的低成本低能耗预处理技术、纤维素的低成本高效率酶生产技术、发酵过程中水解液中抑制剂对酵母菌种的毒害作用、五碳糖高效利用问题等，这些技术瓶颈使得目前纤维乙醇的生产成本极高，严重制约了纤维乙醇的规模化生产。

2.1.2 生物柴油

生物柴油主要是指以植物油、动物油脂、餐饮废油等作为原料，与小分子醇类如甲醇，乙醇等短链醇经过酯的交换反应制得的液体燃料^[17]。

目前比较成熟的制备生物柴油的方法是酸均相催

化和碱均相催化工艺,这类工艺优点是反应速度快、转化率高,但缺点也很明显,即对设备要求高、产物需要进行中和洗涤、对环境影响较大,并且很难得到高纯度的副产物甘油^[18]。其他方法如酶催化法、固体酸催化法、固体碱催化法、超临界法等都各有优点,但又都受限于成本、催化剂的稳定性等因素。如脂肪酶的成本较高并且容易失活;固定化脂肪酶虽然能提高稳定性,但其制备成本较高,并且稳定性也只是相对略有提高;固体酸或者碱则主要受限于催化剂的制备成本及催化效率;超临界法则对设备要求较高,并且能耗较高^[19,20]。

目前制约我国生物柴油大规模生产的一个重要因素是原料油的供应,原料油供应受到限制,生产装置开工率不足,无法满足巨大的市场需求^[13]。由于我国国情制约,无法像美国采用大豆油或者欧盟采用油菜籽油作为原料来大规模制备生物柴油。我国在“十二五”期间采用的解决办法主要有如下几种:

1) 采用麻风树、小桐子、黄连木、文冠果等非食用植物油作为原料生产生物柴油。据统计,我国未利用的土地有 24500 亿 m^2 , 具备利用潜力的土地有 8874 亿 m^2 , 其中宜林地 5704 亿 m^2 、可垦荒草地 734 亿 m^2 , 这些土地都用来种植非食用油料作物^[21]。

2) 利用价格便宜来源广泛的餐饮废油、酸化油等作为生产生物柴油的原料。利用这类原料油存在的主要问题是餐饮废油收集困难、成分不稳定、预处理成本高等^[22]。

3) 利用含油微藻作为生产生物柴油的原料。由于微藻生长周期短、生物量高且占用土地面积少,因此,微藻被普遍认为是最具潜力的制备生物柴油的原料之一。目前制约微藻生物柴油规模化生产的制约因素主要是,微藻的高密度养殖及藻体收集,还有微藻的破壁及细胞内油脂的提取等^[23]。

此外,尽管我国已颁布生物柴油的国家标准,

但生产出的生物柴油还未进入成品油销售系统。因此,在“十三五”期间必须加大研究利用各类生物质高效制油、连续式生产以及副产物高值化利用等方面关键技术和装备,为今后生物柴油工业化大生产提供技术支撑。

2.1.3 生物质热解油

生物质热解指生物质在隔绝氧气或有少量氧气的条件下,采用高加热速率、短产物停留时间及适中的裂解温度,使生物质中的有机高聚物分子迅速断裂为短链分子,最终生成焦炭、生物油和不可凝气体的过程^[24]。通过热化学转化途径制取生物燃油,而非传统生物(微生物)途径,能够从根本上克服传统生物质能源在原料和应用上的诸多“先天性”局限。目前主要的热解液化工艺包括快速热解、高压液化、高温裂解、微波热解、催化热解、混合热解等^[25]。由于热解得到的生物油安定性差、含水量高、热值低、不能与化石燃油互溶、具有酸性和腐蚀性,因此,若想扩大生物油的应用领域并提升其使用价值,需对其进行分离与精制等再加工^[26]。目前研究较多的分离机精制工艺主要有:催化加氢、催化裂解、催化酯化、乳化燃油和分离提纯等^[27]。其中催化裂解和催化加氢是目前最为重要的两种生物油精制方法,但要实现工业应用需要解决以下问题:找到合适的反应条件以提高目标产物的产率、研究其失活特性、建立循环和两级流化床式催化加氢体系,以及在温和催化过程中,控制合适的脱氧程度^[28]。

“十二五”期间,生物质热解液化技术已进入产业化示范阶段,随着原料收集和预处理、选择性热解与分解冷凝、生物油分离与精制等各技术环节的不断成熟,生物质热解液化技术预期将在 5~8 年内形成较为完备的技术链和产业链,并逐步实现真正意义上的产业化。

2.2 沼气

“十二五”期间,我国政府大力支持农村沼气建设,在很多地方都建立了沼气示范村,农作

物秸秆、畜禽粪便及其他有机废物都被用来生产沼气,既能减少农村环境污染,又能为农户提供生产及生活所需的清洁能源。

目前我国对厌氧沼气发酵的研究主要集中在3个方面:

1) 原料预处理研究。利用木质纤维素类原料,如秸秆等,进行厌氧发酵产沼气的过程中,由于厌氧微生物直接降解木质纤维素的能力很弱,加之秸秆比重小,导致秸秆厌氧消化过程中存在时间长、产气率低、易结壳漂浮等问题。因此,在厌氧发酵前对秸秆进行预处理,改变秸秆的物理结构,有利于厌氧发酵的进行。目前,常用的秸秆预处理技术有物理法(如机械粉碎、蒸汽爆破等)、化学法(酸或碱法)、生物法等^[29]。

2) 秸秆干发酵技术。与湿式厌氧发酵技术相比,干式厌氧发酵技术具有需水量少、单位容积负荷高、处理成本低及不产生沼液二次污染等优点^[30,31]。但干式发酵技术目前推广应用过程中还存在一定困难,原因是干发酵物料浓度高,搅拌困难,易造成挥发性脂肪酸局部过度积累,从而影响厌氧发酵的稳定性。目前针对干秸秆发酵技术主要是通过优化反应条件,添加辅助因子等手段提高沼气的发酵效率,但效果不是很明显。

3) 混合物料发酵技术。将几种不同的原料,比如秸秆和畜禽粪便等,按照一定比例混合生产沼气,能够显著提高消化器的容积产气率。原因在于,利用混合物料发酵能够有效提高调解底物的营养、缓冲发酵物酸化、调解优化发酵碳氮比,同时还能够使得原料来源更加广泛^[32]。目前利用混合物料方法已成为厌氧发酵技术的重点研究方向,但对混合厌氧发酵的机理和有机物的降解机制还缺乏深入研究,以至于混合厌氧发酵还不能广泛地运用在实际生产中。

2.3 生物质气化

生物质气化就是将固体生物质转化为小分子的气态物质,其气化的过程是在缺氧、高温的条件下,将加压的气化剂如氧气、氨气、水蒸气或

空气等直接通入生物质中发生热化学反应,可得到小分子气态物质^[33]。生物质气化得到的产品既可直接作为燃气使用,也可以用于发电,还可通过合成的方式得到液体燃料。其中将生物质气化后产品合成液体燃料是目前重要的研究方向。将生物质通过气化及合成液体燃料,其产品包括合成汽油、煤油、柴油及含氧化合物如低碳醇和二甲醚等。生物质气化合成制取的液体燃料纯度高,几乎不含S、N等杂质,在很多方面优于生物质其他方法制取的液体燃料^[34]。

国内生物质定向气化工艺开发基本上是通过改造煤气化技术来进行,生物质气化技术在“十二五”期间已取得一定进展,但尚未达到工业化推广的程度;合成气的催化液化主要是利用费托合成工艺来获取类似于汽油、柴油的液态燃料,较为单一。目前国内对生物质高效气化及合成液体燃料技术需求主要集中在大型连续式生物质气化技术及装备、生物质燃气热电联供技术及装备、一步生物质合成气的定向调质技术、高效催化剂体系研发、低成本高效合成技术及装备。

2.4 生物质发电

生物质能发电主要利用农业、林业和工业废弃物,甚至城市垃圾为原料,采取直接燃烧或气化等方式发电。我国从1987年起开始生物质能发电技术研究,到2014年6月,根据水电水利规划设计总院和国家可再生能源信息管理中心发布的《2013中国生物质发电建设统计报告》,截至2013年底,除青海省、宁夏回族自治区、西藏自治区以外,全国已经有28个省(市、区)开发了生物质能发电项目。全国累计核准容量达到12226.21 MW,其中并网容量7790.01 MW,占核准容量的63.72%。从生物质发电技术类型看,农林生物质直接燃烧发电总并网容量为4195.3 MW,占比53.85%;垃圾焚烧发电总并网容量3400.29 MW,占比43.65%;沼气发电并网容量194.42 MW,占比2.5%^[35]。

“十二五”期间我国生物质发电方式主要包

括直接燃烧发电、混合发电、气化发电、沼气发电、垃圾焚烧发电等^[36]。

1) 直接燃烧发电。我国生物质资源以秸秆为主,因此,我国的生物质直接燃烧发电也主要集中在秸秆燃烧技术上。我国自主开发了燃料预处理系统、给料系统以及排渣系统。多家国内科研机构和锅炉生产厂家研制了具有自主知识产权的流化床锅炉,技术比较成熟。

2) 混合发电。将生物质与煤混合后燃烧发电,我国目前有比较成熟的技术,有利用甘蔗渣与煤混合发电的示范项目。

3) 气化发电。生物质气化发电是指生物质在气化炉中转化为气体燃料,经净化后进入燃气机中燃烧发电或进入燃料电池发电。现有的燃气内燃机的效率低、装机容量小,普遍存在发电转化效率低(一般只有12%~18%),不能满足大工业规模应用需求的问题。燃气热值低、气化气体中的焦油含量高、二次污染严重。因此需要进一步研究开发合适的规模化设备和技术。

4) 沼气发电。沼气发电主要是利用工农业或城镇生活中的大量有机废弃物经厌氧发酵处理产生的沼气驱动发电机组发电。国内运行正常的最大机组为1万kWh,尚未出现更大规模的生物质沼气发电机组^[37]。

5) 垃圾焚烧发电。垃圾焚烧发电不仅可解决垃圾处理的问题,同时还可回收利用垃圾中的能量,节约资源。垃圾焚烧技术主要有层状燃烧技术、流化床燃烧技术、旋转燃烧技术及气化熔融焚烧技术等^[38]。截至2014年底,我国垃圾焚烧厂总数已达到187多座,每天垃圾焚烧处理量突破18.5万t,垃圾焚烧发电量达420万kWh^[39]。

2.5 生物质成型燃料

生物质燃料成型技术是指秸秆等生物质原料在专用成型设备中,按照一定温度和压力作用下,利用物料间以及物料与模辊间的相互摩擦,以及生物质中木质素的黏结作用,将松散的秸秆等生物质压缩成颗粒或棒状的成型燃料^[40]。我国生

物质成型技术发展比较晚,虽然在“十二五”期间取得了一些进展,但总的来说,我国目前的生物质燃料成型技术与装备在设备的可靠性、技术的先进性、应用的实用性方面上还很不足。尤其是在成型机中的模辊材料方面尤为突出,主要表现在模辊耐磨性低、寿命时间短、能耗高等方面。据相关资料统计,当前全国投入使用的生物质成型机机组约为1000台套,年生产生物质成型燃料20万t左右^[41]。“十三五”期间我国生物质成型燃料的研究主要应着眼于生物质固体成型技术及工艺装备系统集成化、自动化的研究开发,特别是工艺中除杂和混配工艺方面的研究,使工艺设备和技术更适合于我国的特定生物质原料成型。

3 “十三五”期间生物质能应用研究技术展望

根据国内外目前生物质能的研究现状及结合我国实际情况,“十三五”期间生物质能研究主要将体现在以下几方面:

1) 燃料乙醇。受限于我国的基本国情,未来燃料乙醇的发展将以第2代燃料乙醇为主,即纤维乙醇。因此,纤维乙醇生产过程中的一些技术瓶颈亟需突破:①木质纤维素原料的预处理技术,低成本、低能耗、用水量少的预处理技术将是未来的重点突破目标;②低成本纤维素酶的生产研究,这对降低纤维乙醇的生产成本至关重要;③五碳糖尤其是木糖的高效利用问题;④水解液中抑制剂对酵母菌的毒害问题,解决方向为采用低成本工艺简单且还原糖损失较少的脱毒工艺,或开发出高抑制剂耐受酵母菌种;⑤通过高附加值产品的开发来提升纤维乙醇产业的经济性。

2) 生物柴油。①非食用油料植物的育种研究;②含油微藻的高密度培养及收集技术、低成本低能耗低污染的微藻油脂提取技术;③低成本、环保易回收的催化转酯化反应催化剂的研发;④高品质航空燃油的研发;⑤生物柴油及其副产物综合利用技术研究。

3) 生物质热解油。①开展生物质液化技术装备研究,突破大型生物质热解液化、先进高效净化与组分调变一体化等关键技术,降低生物燃料生产成本;②低能耗低成本的生物油提质改性技术研究;③提质生物油应用研究,开发先进的乳化技术,实现生物油在发动机上的规模化应用;开发生物油直燃技术,实现其在燃烧炉上的稳定可靠燃烧。

4) 生物质气化。①大型连续式生物质高效气化装置的研发,优化气化炉结构及工艺条件,研发高效的除尘除焦油工艺,制备高质纯净生物质燃气;②研发兆瓦级生物质燃气热电联供成套设备;③研发一步生物质合成气的定向调质技术;④研发高效催化剂体系;⑤研发低成本高效合成技术及装备;⑥研究生物质燃气微生物法合成醇类燃料高效发酵工艺及菌种。

5) 生物质燃烧发电。①对典型生物质资源的干燥、破碎、堆存和给送等关键技术环节进行攻关突破以使之能够适应现代大规模生物质燃烧发电企业运行的需求;②在燃烧技术和设备方面,针对性开展提升对生物质燃料特性波动适应性的研发工作,对其进行优化改良以降低燃料特性波动对燃烧设备运行效率和运行品质的影响;③寻求通过燃烧组织来降低生物质燃烧氮氧化物排放和小颗粒排放的方法和技术;④针对秸秆类生物质燃料混烧产生的灰侧问题进行研究,突破大比例高效混烧技术的瓶颈等。

6) 能源作物的培育。①研发有高光合效能、抗逆性强、不与或少与农作物争地的能源作物品种、种植技术及初加工技术;②开发速生、抗逆性强的能源林木育种与栽培技术;③开发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,以及农业废弃物的收集和预处理设备。

4 “十三五”期间生物质能政策措施建议

1) 加大科技投入,布局科技工程:按照生

物质能源产业在未来不同发展阶段的科技发展目标,制定技术发展规划,凝练研发项目,通过国家“973”、“863”、科技支撑等国家科技计划对生物质能源产业进行支持和政策倾斜,在前沿探索、基础研究、关键共性技术、重要设备与装备,系统集成技术、工程示范和产业化示范等方面部署相关研发项目,以实现生物质能源整体科技链条上的技术突破。

2) 提升创新能力,引导产业升级:引导和鼓励相关企业加强科技创新,增强产业化竞争能力,推进产业升级,有效提升企业的科技创新能力。鼓励企业加大研发投入,鼓励其与科研单位建立产学研技术合作联盟并以联盟形式开展重点合作项目,优先支持有关项目经费,并在专利申请、标准制定、国际贸易和合作方面给予支持,形成一批拥有自主核心知识产权的新产品、新技术、新装备和新工艺。

3) 制定产品财税补贴政策:针对生物质能源不同的产业发展方向,在加强现有政策执行力的同时,制定新的生物质能源产品补贴政策,并根据市场变化注重补贴力度的时效性。还可通过对生物质能产品销售进行税收减免等其他财税补贴政策进一步提高生物质能源企业的积极性和盈利能力。

4) 建立原料保障补贴体系:原料供应保障体系对生物质能健康持续发展至关重要,国家应重视建立多元化原料培育与供给体系,并在财税方面给予支持。针对废弃物类的原料可直接进行补贴,包括对秸秆等原料实行最低价格保护;对新型的资源作物类原料,可加大非粮种植在边际土地的种植面积,大力推进现有生物质资源良种的种植和推广。

5) 实施产品优先采购措施:明确生物质能在国家能源战略中的重要地位,通过制定针对性的生物质能产品优先采购政策,来更好地体现生物质能相对于化石能源的环境友好性,并增强生物质能产品的市场竞争力。对于生物质发电行业,国家应制

定强制性的生物质能配额制, 确保各地电力部门发展或收购一定数量的生物质能电力。

5 总结

生物质能作为一种清洁可再生能源, 对满足我国能源需求及加快建设生态型经济社会有着非常重要的意义。经过多年的科学研究及技术积累, 我国在生物质能的开发利用方面已取得了一定成就; 同时随着政府对清洁可再生能源重视程度的日益增加, 相关的法律法规及政策方面也越来完善, 这对推动我国生物质能的发展非常有利。但目前来说, 我国生物质能的发展还是未能实现大规模的产业化, 这既存在技术方面的原因, 也有市场方面的原因, 同时还存在政策不完善的原因。比如我国纤维乙醇的发展主要受制于未能在低成本技术方面取得突破, 而生物柴油发展则主要受制于市场及政策方面的原因。因此, 我国生物质能发展在“十三五”期间除了要加强科技创新平台建设, 在一些生物质能的低成本开发利用的关键性技术方面争取取得突破性进展外, 还要推动政府在一些与生物质能发展相关的政策、标准及法律法规方面做出完善, 加强软环境建设, 从而推动生物质能产业健康、有序、稳步发展。

参考文献

- [1] 朱清时, 阎立峰, 郭庆祥. 生物质洁净能源 [M]. 北京: 化学工业出版社, 2002.
- [2] 袁振宏, 吴创之, 马隆龙, 等. 生物质能利用原理与技术 [M]. 北京: 化学工业出版社, 2005.
- [3] 贾敬敦, 马隆龙, 蒋丹萍, 等. 生物质能源产业科技创新发展战略 [M]. 北京: 化学工业出版社, 2014.
- [4] 曹湘洪. 车用燃料和化工产品生物工程技术 [R]. 北京: 2005 生物质工程论坛, 2005.
- [5] 朱明. 浅谈怎样提高“秸秆禁烧”工作成效 [J]. 黑龙江环境通报, 2009, 33(3): 48 - 49.
- [6] 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.
- [7] 沈兆邦. 生物质产业发展与林产化工 [J]. 林产化学与工业, 2005, 25(5): 1 - 4.
- [8] He B J, Zhang Y, Funk T L, et al. Thermochemical conversion of swine manure: an alternative process for waste treatment and renewable energy production [J]. Transaction of the ASAE, 2000, 43(6): 1827 - 1833.
- [9] 黄叶飞, 董红敏, 朱志平, 等. 畜禽粪便热化学转换技术的研究进展 [J]. 中国农业科技导报, 2008, 10(4): 22 - 27.
- [10] 田宜水. 中国规模化养殖场畜禽粪便资源沼气生产潜力评价 [J]. 农业工程学报, 2012, (8): 237 - 241.
- [11] 熊祖鸿, 王秋红, 李海滨, 等. 城市固体垃圾的热解特性研究 [J]. 华北水利水电学院学报, 2002, 23(4): 75 - 78.
- [12] 彭良才. 论中国生物能源发展的根本出路 [J]. 华中农业大学学报, 2011, (2): 1 - 6.
- [13] 中华人民共和国农业部. 农业生物质能产业发展规划 (2007-2015) [EB/OL]. <http://www.caas.net.cn/jijian/UploadFile/2008313104948159.doc>, 2007-06-18.
- [14] 许凤, 孙润仓, 詹怀宇. 木质纤维原料生物转化燃料乙醇的研究进展 [J]. 纤维素科学与技术, 2004, 12(1): 45 - 54.
- [15] 于斌, 齐鲁. 木质纤维素生产燃料乙醇的研究现状 [J]. 化工进展, 2006, 25(3): 244 - 249.
- [16] 庚晋. 生产燃料乙醇的主要原料及经济性分析 [J]. 太阳能, 2008, (8): 14 - 15.
- [17] 何凤苗, 雷昌菊, 江香梅. 生物质能源——生物柴油研究进展 [J]. 江西林业科技, 2007, (1): 45 - 49.
- [18] 鞠庆华, 曾昌凤, 郭卫军, 等. 酯交换法制备生物柴油的研究进展 [J]. 化工进展, 2004, 23(10): 1053 - 1057.
- [19] Ranganathan S V, Narasimhan S L, Muthukumar K. An overview of enzymatic production of biodiesel [J]. Bioresource Technology, 2008, 99(10): 3975 - 3981.
- [20] 冀星, 埽小林. 生物柴油技术进展与产业前景 [J]. 中国工程科学, 2002, 4(9): 86 - 93.
- [21] 吕文, 李定河. 发展油料能源树种与开发生物柴油前景分析 [J]. 中国能源, 2007, 29(1): 30 - 32.
- [22] Zhang Y, Dube M A, Mclean D D, et al. Biodiesel production from waste cooking oil: 1. Process designed technological assessment [J]. Bioresource Technology, 2003, 89(1): 1 - 16.
- [23] 郑洪立, 张齐, 马小琛, 等. 产生物柴油微藻培养研究进展 [J]. 中国生物工程杂志, 2009, 29(3): 110 - 116.
- [24] 占子玉, 舒新前. 生物质热解油的化学组成及其研究进展 [J]. 农机化研究, 2008, (12): 181 - 184.
- [25] 朱满洲, 朱锡锋, 郭庆祥, 等. 以玉米秆为原料的生物质热解油的特性分析 [J]. 中国科学技术大学学报, 2006, 36(4): 374 - 377.
- [26] 朱锡锋, 郑冀鲁, 郭庆祥, 等. 生物质热解油的性质精制与利用 [J]. 中国工程科学, 2005, 7(9): 83 - 88.
- [27] 司展, 蒋剑春, 王奎. 生物质热解油的精制方法研究进展 [J]. 生物质化学工程, 2013, 47(6): 21 - 26.
- [28] 王琦, 李信宝, 王树荣, 等. 生物质热解生物油与柴油乳化的试验研究 [J]. 太阳能学报, 2010, 31(3): 380 - 384.
- [29] Bolzonella D, Pavan P, Mace S, et al. Dry anaerobic digestion of differently sorted organic municipal solid waste: A full-scale experience [J]. Water Science Technology, 2006, 58(3): 23 - 32.
- [30] Montero B, Garcia-Morales J L, Sales D, et al. Evolution of microorganisms in thermophilic-dry anaerobic digestion [J]. Bioresource Technology, 2008, 99(8): 3233 - 3243.
- [31] 张望, 李秀金, 庞云芝, 等. 稻草中温干式厌氧发酵产甲烷的中试研究 [J]. 农业环境科学学报, 2008, 27(5): 2075 - 2079.

(转第 28 页)

牧产业发电将会大幅扩大，到 2020 年度光伏农牧产业发电将达到 2010 年度的 5.7 倍，即 8596 亿日元，从而得到可与住宅太阳能发电比肩的规模。由于百万瓦级光伏农牧场渐受关注，不同行业争相涉足，各行业公司纷纷利用各自优势意欲加入百万瓦级光伏发电产业。如大和房建将发挥在住宅和大厦建设中培养的设计和施工技术，把承包建设作为百万瓦级太阳能农牧场业务的支柱。该公司认为，其自身能够在收集弃耕土地信息、闲置土地价值、农牧场区光伏效率，以及获取适宜土地、经营百万瓦级光伏农牧场售电等业务上发挥优势。

4) 相关新型行业兴起。日本经济省目前出台强化光伏农牧的综合对策，目标是 2020 年百万瓦级农牧业光伏发电能力提高占全世界 1/3；因此 2020 年光伏市场规模将增长 10 万亿日元，从业人员增长 11 万人。由于百万瓦级光伏农牧场的兴起，未来光伏市场将实现从中型到兆瓦级光伏系统的整体增长，使得工程总承包和光伏系统集成业务不断增长。除了一直从事光伏行业的光伏制造商和公司（如重电机械行业，光伏系统安装和分销商）以外，包括电气设备公司、公用事业相关的公司、通信公司、项目开发商和贸易公司等各种行业的公司也开始进入光伏市场。此外，还出现了与光伏相关的新型行业，如光伏电站的运营和维护（O&M），来确保光伏系统的盈利能力

力，测量和监测发电量，以及进入发电业务的配套服务等。

5) 光伏农牧产业与观光旅游一体化。光伏农牧场还可与旅游结合，构建绿色观光农牧业和艺术游览农牧园，与社区农牧产品需求结合，构建绿色社区农牧场，与市民体验结合构建娱乐开心农牧场、绿色艺术农牧场等集高效种植、情趣养殖、农牧产业科普、休闲观光于一体的新型农牧产业发展项目。日本国土基础设施运输和旅游部推出为乡村和农牧渔场配备绿色光伏发电等可再生能源系统，建设绿色光伏农牧渔场；此外，还实施了补贴计划，以帮助补充一部分固定金额的维护成本。

6) 高端规划发展光伏农牧产业。日本政府制定出高端规划发展光伏农牧产业的方针，计划在 2020 年前将要优先规划设计可持续发展的光伏农牧产业，在不改变农牧用地性质的同时，引入环保与健康、节能与低碳、低投入与高效益、智能化以及卫星与互联网等新观念和高技术，以促使光伏农牧产业大规模发展成为可能。由此，未来的光伏农牧场作为一个创新技术与可持续发展的综合产物，必成为人类关注的重点，也必将成为今后世界的发展趋势。

本文译自日本《产经发展新闻》2016 年 7 月号、《财田产业》2016 年第 8 期。作者为大阪大学经济学教授柳河敬田、爱知产业大学经营学部教授吉田修。☀️

（接第 19 页）

[32] Liu G T, Peng X Y, Long T R. Advance in high-solid anaerobic digestion of organic fraction of municipal solid waste[J]. Journal of Central South University of Technology, 2006, 13(4): 151 - 157.

[33] 马隆龙, 吴剑之, 孙立. 生物质气化技术及其应用[M]. 北京: 化学工业出版社, 2003.

[34] 陈冠益, 高文学, 颜蓓蓓, 等. 生物质气化技术研究现状与发展[J]. 煤气与热力, 2006, 26(7): 20 - 26.

[35] 水电水利规划设计总院和国家可再生能源信息管理中心. 2013 中国生物质发电建设统计报告[EB/OL]. <http://www.sgcc.com.cn/xwzx/nyzx/2014/06/306981.shtml>, 2014-06-23.

[36] 李艳芳, 岳小花. 我国生物质发电行业存在的问题及对策

[J]. 中国地质大学学报: 社会科学版, 2009, 9(2): 37 - 41.

[37] 冉国伟, 张汝坤, 冯爱国. 沼气发电技术现状分析及发展方向探讨[J]. 农机化研究, 2006, (3): 189 - 191.

[38] 陈红霞. 关于城市生活垃圾焚烧发电的现状与发展对策[J]. 大科技, 2014, (6): 317 - 318.

[39] 陈善平, 张瑞娜. 2014 年生活垃圾焚烧处理进展[EB/OL]. <http://www.ezaisheng.com/news/show-31339.html>, 2015-12-10.

[40] 张百良, 樊峰鸣, 李保谦, 等. 生物质成型燃料技术及产业化前景分析[J]. 河南农业大学学报, 2005, 39(1): 111 - 115.

[41] 张宝心, 姜月, 温懋. 生物质成型燃料产业研究现状及发展分析[J]. 能源与节能, 2015, (2): 67 - 69. ☀️