

全球生物能源政策比较及启示

张 平, 张 晔, 代木林

摘 要: 本文从产业发展角度, 探讨了生物质能源发展的一般规律, 描述了全球生物能源产业现状和发展困境, 比较了国外生物质能源大国的政策沿革、内容及其特点, 提出了中国发展生物质能源的原则和重点。通过比较与借鉴, 本文认为, 在生物质能源发展问题上, 中国同时具有“资源劣势”和“政策优势”双重特征, 未来生物质能源的政策框架应该综合考虑保障国家能源安全、保障粮食安全、保护农业和维护经济稳定等更多的因素, 形成一个均衡发展的新能源产业体系。

关键词: 生物质能; 生物质能源产业; 生物能源政策

中图分类号: F206 **文献标识码:** A **文章编号:** 1671-0169(2014)04-0093-07

生物质能源是一种可再生能源, 大力发展生物质能源技术和生物质能源产业, 对缓解能源危机和改善生态环境至关重要。在生物能、太阳能、风能、地热能、水能、氢能、核能等新能源当中, 生物质能源具有一定的特殊性, 即在理论上, 它的使用不会净增温室气体排放, 还能在一定范围内维持甚至增加陆地土壤的碳储量, 从而可以有效地解决化石能源枯竭和全球环境污染问题^[1]。因此, 全球主要发达国家在以开发应用低碳能源技术为核心的能源改革计划中, 都把生物质能源作为国家战略性产业来发展, 以保证本国的政治安全、经济安全和环境安全。

一、生物质能源产业的发展规律

(一) 生物质能源范畴

生物质指的是地球上一切通过光合作用生长的生命体, 其主要的存在形式包括动物、植物、微生物, 以及上述生命体新陈代谢产生的有机物^[2]。生物质能则是上述生物质将太阳能转化, 并以化学能量的形式储存于体内的能量, 因此, 生物质能源是一种间接的太阳能。迄今为止, 人类利用生物质能源的主要来源有农业作物及副产品、木质纤维素、城市废水以及其他有机废弃物 (如表 1 所示)。

表 1 生物质能按来源分类

农业作物及副产品	木质纤维素	城市污水和废弃物
能源作物; 农业副产品或废弃物 (如: 梗、茎等); 动物副产品; 农产品加工业副产品 (如: 稻壳、小核籽、甘蔗渣、动物脂等); 水生物 (如: 微藻、大型藻类等)。	森林木本植物; 芒草; 木质产品加工废弃物; 城市林木废弃物; 森林火灾破坏的树木等。	城市有机固体废弃物; 城市废水; 垃圾填埋产生的气体; 污泥等。

资料来源: Bioenergy Industry Report 2010。

现阶段, 全球生物质产的主导产品, 正在经历从第一代生物质能源向第二代生物质能源的转变。以农

基金项目: 教育部人文社会科学研究一般项目“低碳技术创新与产业政策保障研究”(10YJA790249); 中国地质大学(武汉)资源环境经济研究中心开放基金项目“我国能源发展新体系和新模式研究”(2011A001)

作者简介: 张平, 武汉大学经济与管理学院教授、博士生导师 (湖北 武汉 430072); 张晔, 武汉大学经济与管理学院博士研究生, 华中农业大学经济管理学院讲师 (湖北 武汉 430070)

业作物及副产品(除了水生物)为原料的生物质能源,被称为第一代生物质能源或传统生物质能源,如生物乙醇和生物柴油,主要通过液体或固体发酵。第一代生物质能源已在一些国家形成产业化生产,产业链结构较为完善,如美国、巴西等。然而,第一代生物质能源由于其抢占本可用于人类食用或加工的粮食作物,可能带来粮食安全和食品价格上涨问题,在许多国家的产业发展遇到瓶颈。另外,第一代生物质能源的生产过程还可能造成第二次环境污染。由于第一代生物质能源的局限性,以开发木质纤维素为主要方向的第二代生物质能源备受关注。目前,第二代生物质能源仍处于技术创新阶段,绝大多数企业受到负利润率的影响,至今未能形成产业化生产^[3]。然而毋庸置疑的是,第二代生物质能源是生物质能源产业发展的必然趋势。

(二) 影响生物质能源产业发展的因素

1. 生产企业规模影响。规模经济效应在生物质能源产业非常突出。单位生物质能源产出所分摊的固定资本投入,以及产生的边际运营费用,都将随着企业规模扩大而显著下降。例如,一个生产能力达到40兆瓦的生物质能电站,其每百万瓦特分摊的固定成本约为250万美元;而一个生产能力仅为1兆瓦的生物质能电站,其每百万瓦特分摊的固定成本要达到约800万美元。因此,将有限的生产要素向若干企业集中,将有利于生物质能源产业规模扩大和资本积聚。

2. 供求结构影响。生物质能源在供给方面的影响因素有:特定的生物质数量和质量、生物质能源转化技术、生物质能源生产成本、企业规模以及产业内部和产业间竞争的状况。生物质能源的需求则主要受能源需求量、各国关于生物质能源的生产消耗出台的规制、可替代产品的价格和供给状况、消费者心理以及能源输送渠道的建设等因素影响。可以说,生物质能源供求影响因素在很大程度上决定了世界各国生物质能源产业的发展现状和特点。

3. 上下游产业链发育程度影响。与其他形式的可再生能源不同的是,生物质能源的产出除了受产业关联、供需关系等因素影响外,还在很大程度上受制于上游产业的发展水平、上下游的产业关系和社会服务的水平。一个完整的、层次合理的、有明显空间指向性的产业链结构,例如,农业、林业、食品加工工业,以及物流业等上游和周围产业的发展水平,以及该国的废水管理,垃圾填埋场的气体管理,二次污染的防治等社会服务水平,都在不同程度上促进或者制约了该国生物质能源产业的发展。如何能使生物质能源产业在价值链、企业链、供需链和空间链上形成均衡对接,是目前世界各国发展生物质能源产业的现实问题。

4. 产业政策影响。生物质能源是朝阳产业,即使在一些发达国家,其发展仍处于产业生命周期的初创期。在此阶段,政府的作用更多体现在研发资金支持和投资补助如建立企业孵化器和培育初创企业等方面,它们对于生物质能源产业的起步将有重要作用。

二、生物质能源产业发展状况

(一) 全球生物质能源产业发展格局

在全球能源体系当中,第一代生物质能源已经成为仅次于化石燃料之后的第二大能源供给产业。根据21世纪可再生能源政策公司(REN21)发布的“2013年全球可再生能源发展报告”^[4]的数据,在2011年全球消耗的能源中,化石燃料比重首次低于80%,可再生能源则提供了超过19%的能源,其中传统生物质能源的比重达9.3%(如图1所示)。另外,据国际能源署(IEA)预测,到2050年,全球生物质能源产能有望达到每年1500EJ。

从全球生物质能源产业分布看,主要集中在一些发达国家和能源短缺但生物质原料丰富的国家。从生物质能源产量规模看,美国和巴西两国的生物乙醇产量已经达到全球产量的70%;从生物质能源占国内能源消费比重大小来看,芬兰和瑞典两个国家该项指标较大,如在芬兰国内全部总能源消耗中,已经有超过12%是由生物质能源供给的。

需要注意的是,尽管生物质能源占全球能源消费的比例达到19%,但是其中的生物燃料比例却非常低,2011年只有0.8%。生物燃料增长陷入停顿的主要原因是:全球最大生物燃料供应国家巴西和美国的

生产放缓。如美国生物质能源产品主要集中在生物乙醇和生物柴油, 其主要生产原料为玉米。生物燃料产业消耗了美国国内近 40% 的玉米, 对美国国内食品价格稳定造成不小压力。

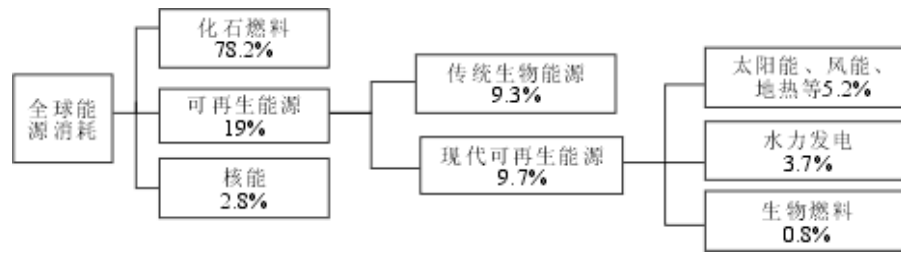


图 1 2011 年全球能源消耗结构——可再生能源消耗分析

资料来源: *Renewables 2013 Global Status Report*。

（二）中国生物质能源发展状况

目前, 中国已经产业化的生物质能利用方式有: 沼气、生物质发电、成型燃料、燃料乙醇和生物柴油等。2010 年, 生物质能源产业总产值超过 211 亿元, 年增长率达到 8.9%。其中, 燃料乙醇和生物柴油产值约为 70 亿元和 32 亿元; 生物质发电实现产值约 35 亿元; 农村沼气估计产值约为 68 亿元^[5]。

1. 沼气产业。中国是最早利用沼气的国家之一, 但是在 2005 年以前, 沼气利用主要以户用沼气为主, 缺乏大型沼气工程。经过近十年的技术攻关和财政支持, 2012 年初, 已经建成大中型沼气工程 2.26 万处、养殖小区和联户沼气工程 1.99 万处、秸秆沼气示范工程 47 处。其中, 大型沼气工程年产沼气共计 40 亿立方米。

2. 生物质发电。截至 2010 年 6 月底, 中国国内已经投产的总装机规模由 2006 年的 140 万千瓦增加到 550 万千瓦, 其中农林生物质发电 400 万千瓦, 垃圾发电 70 万千瓦, 沼气发电 80 万千瓦。已经有 50 个生物质发电项目实现了并网发电, 发电装机容量达到 200 万千瓦以上。2006—2010 年, 生物质能发电的投资总额由 168 亿元增加到 586 亿元。目前生物质能发电行业的区域分布是: 华东地区装机容量占全国比重为 49%; 中南地区 22%; 东北地区 15%; 华北地区占 8%, 西南和西北地区占 3%。

3. 燃料乙醇。2011 年, 中国燃料乙醇产量为 190 万吨, 按照“定点生产、定向流通、封闭销售”原则布局设点。中国目前已经成为继美国、巴西、欧盟之后的全球第四大燃料乙醇生产国和消费国。但是, 近期粮食燃料乙醇已经不可能实现增产, 中期非粮燃料乙醇受制于原料的持续供应, 所以, 从远期看, 发展纤维乙醇是必然选择^[6]。

三、全球生物质能源大国政策特点

（一）美国生物质能源政策特点

1. 制定鼓励和规范生物质能源发展的法律体系。美国已经建立了一套生物质能源相关的法案和政策法规。2005 年出台的《能源政策法》是美国能源政策的重大转折点, 标志着美国以扩大供应为重点的能源政策, 开始转向扩大供应与扩大国内能源开发并重的能源政策^[7]。该政策极大地提升了生物质能源的战略地位。奥巴马总统执政后, 推出了“清洁能源国家战略”, 明确将生物质能源的开发和市场化作为经济振兴计划的重点之一。

2. 由政府强制规定可再生能源消费比例。在联邦政府层面, 尽管生物燃料与玉米消耗有一些矛盾, 但是出于低碳和环保目的, 美国仍然计划 2020 年生物质能源和生物质化工产品比 2000 年增加 20 倍, 达到能源总消费量的 25%^[3]。美国环境保护局 (EPA) 为此还规定了全国每年生物燃料使用目标。如 2013 年的强制使用量为 160.55 亿加仑, 2014 年增加至 181.5 亿加仑。

在州政府层面, 美国已有 36 个州政府通过《可再生能源配比标准》(RPS), 这是一个强制执行的规则。RPS 中强制规定了电力产业输送的电能中, 必须有相应比例的电能来自于规定的可再生能源。其中,

生物质能源是重要的部分。此标准逐年递增。每个州的标准制定,都是基于本州的基本状况,如经济发展水平、能源供应的多元性和环境因素。

3. 实施积极的财税政策,鼓励生物质能源企业发展。其中,政府财政补贴是重要方式之一。奥巴马政府在2011年推出5.1亿美元的财政补贴计划,用以鼓励第二代生物质能源产业的发展。美国还通过政府风险共担机制,为生物质能源企业的贷款提供担保,保障生物质能源企业的资金需求。这些财政刺激政策效果显著,吸引了大量的传统能源企业纷纷进入生物质能源领域。

4. 鼓励生物质能源国际合作和国内企业联盟。由于美国和巴西是世界上最主要的乙醇燃料生产国,所以美国通过与巴西签订在生物质能源技术转让和国际标准等方面的合作备忘录,积极推动“乙醇欧佩克”国际组织的组建,以控制乙醇燃料的国际市场。与此同时,在国内鼓励生物质能源企业组建企业联盟,提高生物质能源生产集中度。

5. 通过生物质能源产业带动就业。2010年美国联邦政府通过财政拨款形式,向生物质能源企业拨款66.46亿美元。其中生物乙醇和生物柴油企业发展为农村地区带来了厂房建设、企业运营和设备维护等多种就业机会。根据美国可再生能源委员会统计,生物乙醇产业仅2005年一年就创造了超过15万人的就业机会,增加了57亿美元的家庭收入。生物质能源产业与就业形成一种良性循环。

6. 特别重视生物质能源原料供应保障。在联邦政府层面上,美国于2008年颁布的《农场法案》中,提出了《生物质作物援助计划》(BCAP),目的在于补贴生物质能源产业上游企业或农场主,保障来自于农业和林业的原料供应,以推进生物质能源产业供应链的建设。在该计划中,美国农业部下属的农场服务局向从事符合规定的有关生物质原料收获、储藏和运输的业务,提供最多为每千吨45美元的补贴。从2010年4月至今,该计划已向生物产业上游提供了约2.45亿美元的资金补助^[8]。

7. 严格控制生物质能源产业可能造成的第二次污染。美国《可再生能源标准计划II》(RES2)中规定,从事第二代生物质能源生产的企业,尤其是木质纤维质能源企业,在生产中造成的温室气体排放量,必须低于美国对所有能源企业设置的标准的50%~60%。而且,温室气体排放量的测量要基于整个产品的生命周期。

(二) 欧盟生物质能源政策特点

在欧洲,生物质能尤其是生物柴油,是可再生能源中最主要和最重要的部分之一。欧盟统计局2010年数据显示,生物质能源提供了欧盟27国(EU27)超过67%的可再生能源产能。因此,发展和推广可再生能源,是欧盟减少温室气体排放、应对气候变化和强化能源安全的重要战略之一。欧盟已拟定长远规划和具体目标:在2020年之前,可再生能源在欧盟总能源消耗中的比重达到20%,在运输部门的总能源消耗中的比重超过10%^[9]。

欧盟生物质能源政策的特点是:将其产业发展纳入整个经济体的发展中,强调产业发展可能带来的出口贸易和就业机会的增加(尤其是在农村地区)。生物质能源产业发展目标被定位于应对欧盟扩大引起的某些问题,如农田废弃、失业率上升和过度城市化^[10]。因此,生物质能源产业也被作为农业政策的一部分,得到欧盟《共同农业政策》提供的资金支持。

欧盟委员会于2005年12月通过了《生物质能行动计划》(BAP),详细规划了欧盟增加生物质能用于取暖、发电和交通运输的措施。另外,为发展生物质能源产业,欧洲多国采取了强制电价补贴(Feed-in Tariff)的产业激励政策。德国是该政策实施的成果最显著的国家之一,成功推动了包括生物质能源产业在内的可再生能源产业的发展。德国政府向产自能源作物的生物质能源提供每千瓦时4~7欧分的奖励。荷兰也于2009年起,开始推行新的激励可持续能源补贴计划(SDE),以实现其到2020年可再生能源占能源消耗超过20%的目标。

(三) 巴西生物质能源政策特点

1. 利用气候资源优势,鼓励扩大生物原料种植面积。巴西的国情决定了其生物质能源产业有巨大的发展潜力。巴西有适宜生物生长的气候条件,土地资源丰富,国内有大量目前闲置或者被用作牧场的适宜耕种的土地。目前,巴西是世界上第二大生物乙醇生产国。2011年巴西生物乙醇产量达到210.2亿升,其主要生产原料为甘蔗;生物柴油产量达到2.727亿升,主要生产原料包括大豆、蓖麻籽、向日葵、棉花

和动物脂肪^[11]。但是, 由于巴西生物乙醇依赖甘蔗作为主要原料, 因此, 在巴西生物燃料政策当中, 尤其重视甘蔗供应的保障。巴西已经拟定和实施政策, 计划花近 20 年的时间, 改造现有富余的牧场, 在 2017 年以前, 将甘蔗种植面积从 2008 年的 440 万公顷增加到 800 万公顷, 其中约 50% 的甘蔗产出将用于生物乙醇生产。

2. 制定专项财税计划, 推动生物燃料消费。巴西政府于 1975 年推行制定乙醇汽油计划, 并在税收、补贴和优惠贷款等方面对燃料乙醇产业制定相关配套政策。第二次石油危机 (1978—1979 年) 后, 巴西进入“乙醇阶段”, 开始大量使用乙醇以代替石油。巴西汽车工业对车辆实行必要改装所需的投资都是由政府通过软贷款方式筹集的。2004 年 12 月, 巴西政府颁布了有关使用生物柴油的法令, 规定从 2008 年起, 全国市场上销售的柴油必须添加 2% 的生物柴油; 到 2013 年添加比例提高到 5%。

四、关于生物质能源产业化的争议与共识

近几年来, 关于生物质能源大规模产业化的争议逐步加大, 主要集中在以下几个方面:

第一, 使用生物质能源是否确实能降低温室气体排放量?“碳中和”(Carbon-neutral) 是衡量一个能源产业是否能实现内部碳平衡, 达到碳减量的一个标准。一个“碳中和”的能源产业, 应能通过使用可再生能源, 使排放到空气中的二氧化碳总量和从大气中移除的二氧化碳总量达到平衡。近年来, 各国学者对于生物质能源是否真正达到“碳中和”, 存在越来越多的争议和质疑。事实上, 生物质能源对温室气体排放的影响, 很大程度上取决于具体的生产和使用方式。例如, 以农业作物为原料的第一代生物质能源, 其种植、运输及生产过程, 都可能会加剧温室效应的产生。

第二, 生物质能源大规模生产是否对粮食安全和食品价格产生负面影响? 据联合国粮食与农业组织 (FAO) 数据, 全球有超过 9.25 亿人存在严重的营养不良问题, 其中 16% 来自发展中国家^[12]。在中国, 农村地区还有 2 688 万人的温饱问题没有得到彻底解决, 大部分粮食首先要用来满足人们的基本生活需要^[13]。原料主要取自于农业作物的第一代生物质能源产业的发展, 可能使得原本供给食用或饲料加工的作物被转而用做生物质能源生产的原料, 这将间接影响土壤用途, 减少或者改变农业土壤的使用结构, 可能造成人口基数较大、土地资源紧缺的国家面临粮食安全和土地竞争的困境。同时, 粮食供给量减少带来的供需关系变动, 必然影响到食品价格的稳定, 这也将给本国经济的稳定带来负面影响。这也是一些人口大国发展生物质能源产业所面临的主要困境之一。

第三, 生物质能源产业化带来的大规模种植和提取是否会破坏环境? 有研究表明, 扩大生物燃料的生产可能会导致更多的物种遭受威胁^[14]。尤其是以开发木质纤维素为主要方向的第二代生物质能源, 其产业发展将有可能威胁到原始森林的保有、生物多样性, 以及土壤和水资源的保护^[15]。

尽管存在上述质疑和争论, 但是, 主要的生物质能源国家对其本国生物质能源产业发展依然存在一种共识, 那就是: 生物质能源在替代传统化石能源、优化能源结构和减少温室气体减排等方面的积极作用不容忽视。未来的生物质能源政策框架应该综合考虑应对气候变化、保障能源安全、保护生态环境、保护农业、保障粮食安全和维护经济稳定等更多的因素, 并通过一个均衡发展的生物质能源体系, 使生物质能源产业的发展更加理性化, 减少其对社会、经济和环境的负面影响^[16]。

五、中国生物质能源政策要点

(一) 生物质能源政策沿革

中国是全球第二大能源消耗国, 优化能源结构的中长期规划对经济社会可持续发展至关重要。在生物质能源产业发展方面, 中国同时具有“资源劣势”和“政策优势”的双重特征。一方面, 生物质能源资源的约束主要来自于巨大的人口及其粮食需求、耕地稀缺等, 因此, 在生物质能源的战略思路, 国家需要优先考虑粮食保障问题, 这就决定了生物质能源产业发展的局限性。另一方面, 在生物质能源政策上, 政府已经制定并出台的一系列政策措施, 又促进生物质能源产业快速发展。早在 2007 年 9 月, 国家发展和

改革委员会就出台了《可再生能源中长期发展规划》，提出逐步提高优质清洁可再生能源在能源结构中的比例，力争到2020年，使可再生能源消耗量达到能源消耗总量的15%左右。2009年6月出台的《促进生物产业加快发展的若干政策》中再次明确提出：对经批准生产的非粮燃料乙醇、生物柴油、生物质热电等重要生物质能产品，国家给予适当支持。因此，尽管生物质能源起步较晚，但是其发展较快。

(二) 生物质能源发展原则

第一，从资源约束角度，生物质能源产业政策的制定，应考虑本国的基本国情。生物质能源产业的发展，将对本国的劳动力市场、土地资源的使用、小农整合状况等产生影响，尤其更应重视其发展对于粮食安全的威胁。因此，对于如中国这样的人口大国，在制定发展生物质能源产业的战略思路和产业政策上，应首先考虑粮食保障问题，使其产业发展与人口的增长相协调。

第二，从经济安全角度，生物质能源产业政策的制定，应以维护本国能源安全为前提。能源安全有四重意义：一是保证能源的供给安全，以提供足够的能源，支持国家经济发展；二是价格的稳定，需要政府密切监控；三是能源运输安全；四是对环境的影响。对于生物质能源产业来说，其发展应该服从国家的能源安全战略，不可无限扩张，但也不可忽视化石能源的不可持续性。掌握世界能源的话语权是维护国家安全的重要途径之一。

第三，从环境保护角度，生物质能源产业政策的制定，应考虑其给环境带来的综合影响。其中重要的环境因素有：温室气体的排放、空气质量、土壤质量、水质量和生物多样性。

(三) 生物质能源发展目标

“十一五”以来，我国以《可再生能源法》为基础，制定了一系列支持可再生能源发展的政策，推动可再生能源产业的快速发展。在生物质能源方面，依据《国家能源发展“十二五”规划》和《可再生能源发展“十二五”规划》，国家能源局于2012年7月24日印发《生物质能发展“十二五”规划》，作为“十二五”时期我国生物质能产业发展的基本依据。

该《规划》提出了我国生物质能源产业在“十二五”期间的发展目标为：到2015年，生物质能产业形成较大规模，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。同时，生物质能利用技术和重大装备技术能力显著提高，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（如表2所示）。

(四) 生物质能源政策重点

1. 发展以农林作物副产品为原料的生物质能源产业。在生物质能发电方面：在秸秆剩余物资源较多、人均耕地面积较大的粮棉主产区，发展秸秆直燃发电；在甘蔗种植主产区和蔗糖加工集中区推进蔗渣直燃发电；在重点林区和林产品加工集中地区，结合林业生态建设，利用林业剩物和林产品加工剩余物发展林业生物质直燃发电；在“三北”地区，结合防沙治沙，建设灌木林种植基地，发展沙生灌木平茬剩余物直燃发电及综合利用工程等。

在生物燃料方面：非粮燃料乙醇是未来发展重点。按照《可再生能源中长期发展规划》，到2020年要实现生物燃料乙醇年利用量为1000万吨的目标。据测算，如果以木薯、甘蔗、甘薯、甜高粱等经济作物为原料，每年可生产第1.5代非粮乙醇1800万吨；以稻草、玉米秸秆等农林废弃物，每年可低成本生产第2代纤维素乙醇5000

表2 “十二五”时期生物质能发展目标

领域	利用规模		年产能	
	数量	单位	数量	单位
1. 生物质发电	1 300	万千瓦	780	亿千瓦时
其中：农林生物质发电	800	万千瓦	480	亿千瓦时
沼气发电	200	万千瓦	120	亿千瓦时
垃圾发电	300	万千瓦	180	亿千瓦时
2. 生物质供气			220	亿立方米
其中：沼气用户	5 000	万户	190	亿立方米
大型农业剩余物燃气	6 000	处	25	亿立方米
工业有机废水和污水处理厂污泥等沼气	1 000	处	5	亿立方米
3. 生物质成型燃料	1 000	万吨		
4. 生物液体燃料				
其中：生物燃料乙醇	400	万吨		
生物柴油和航空燃料	100	万吨		

资料来源：中华人民共和国国家能源局；《生物质能发展“十二五”规划》。

万至7 000万吨左右,生产潜力巨大。

在木质纤维素开发方面:政策应鼓励建设非粮能源原料基地。比如在未开发的、荒地较多的地区,可以根据当地自然条件和作物植物特点,种植甜高粱、木薯、油棕、小桐子等能源作物植物,建设非粮生物液体燃料的原料供应基地。国家《生物质能发展“十二五”规划》提出,在“十二五”时期,建设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。由于目前木质纤维素为原料的生物质能源技术仍未完善,生产成本非常高,尚无法实现经济效益。因此,产业政策应支持相关的应用研究,突破关键设备和集成工艺,以降低纤维素乙醇生产成本,提高其经济性。

2. 发展城市有机废弃物利用过程中的生物质能。例如,在人口密集和土地资源紧张的中东部地区和城市,鼓励建设生活垃圾焚烧发电项目;在西部地区则引导开发和建设垃圾填埋场沼气发电项目。无论采取什么方式,应结合城市生态环境保护,选择适宜的生活垃圾、污水处理厂污泥处理及能源利用方式,实现地区产业与社会经济的协调发展。

3. 鼓励第三代生物质能源技术的发展。比如在条件适合地区,利用工业废水及富含二氧化碳的废气,采用先进养殖技术,建设“含油微藻”规模化养殖场,开展微藻固碳生物燃料产业化项目,并通过其示范效应和带动效应,推进商业化规模的微藻生物燃油生产。

综上所述,生物质能源产业的发展是世界能源结构变化的一个显著内容,也是优化中国能源结构的一个现实途径。基于生物质能源产业化特征和基本国情,未来中国生物质能源的政策目标和政策重点应该逐步转移到第二代和第三代生物质能源,以减少与人口、资源和环境之间的冲突。

参考文献

- [1] 赵军. 解读生物能源:新能源产业及对环境、生态与社会经济发展的影响[J]. 中国科学院院刊,2012,(2).
- [2] Demirbas, A. Biomass resource facilities and biomass conversion processing for fuels and chemicals[J]. *Energy Convers Manage*,2001,42.
- [3] 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:社会科学版,2011,(2).
- [4] Renewable Energy Policy Network for the 21st Century. *Renewables 2013 Global Status Report*[R]. Paris:REN21,2013.
- [5] 赛迪顾问. 中国生物产业研究报告[R]. 北京:赛迪顾问股份有限公司,2011.
- [6] 中国可再生能源学会. 中国新能源与再生能源年鉴 2012[Z]. 中国科学院广州能源研究所,2013.
- [7] 徐振伟. 美国生物能源战略对美国霸权的影响[J]. 天津师范大学学报(社会科学版),2013,(6).
- [8] Farm Service Agency. *BCAP Biomass Crop Assistance Program Energy Feedstocks from Farmers and Foresters*[R]. Washington:Department of Agriculture,2013.
- [9] EC. *On the Promotion of the Use of Energy from Renewable Sources and Amending and Subsequently Repealing Directives 2001/77/EC and 2003/30/EC*[Z]. Official Journal of the European Union. Aberdeen,2009 Apr. Report No. L140/16-62.
- [10] Berndes, G., J. Hansson. Bioenergy expansion in the EU:Cost-effective climate change mitigation,employment creation and reduced dependency on imported fuels[J]. *Energy Policy*,2007,35.
- [11] Maltsoyloun, I., T. Koizumi, E. Felix. The status of bioenergy development in developing countries[J]. *Global Food Security*,2013,(2).
- [12] FAO. *The State of Food Insecurity in the World 2010*[R]. Rome:Food and Agriculture Organization of the United Nations,2010.
- [13] 中华人民共和国国务院新闻办公室. 中国农村扶贫开发的新进展[M]. 北京:人民出版社,2011.
- [14] Eggers, J., K. Tröltzsch, A. Falcucci, et al. Is biofuel policy harming biodiversity in Europe? [J]. *GCB Bioenergy*,2009,(1).
- [15] FAO. *Forests and Energy: Key Issues*[R]. Rome:Food and Agriculture Organization of the United Nations,2008.
- [16] Forsell, N., G. Guerassimoff, D. Athanassiadis, et al. Sub-national TIMES model for analyzing future regional use of biomass and biofuels in Sweden and France[J]. *Renewable Energy*,2013,60.

(责任编辑 燕 祥)