我国生物质能产业与技术未来发展趋势与对策研究

廖晓东

摘要：生物质能是最主要的可再生能源，在全球能源结构中发挥着重要作用。当前，我国生物质能技术研发水平与国外发达国家总体处于同一水平，在生物质气化及燃烧利用技术、生物质发电、垃圾发电等方面处于领先水平，但还存在生物质能产业结构不均衡、生物质成型燃料缺乏核心技术、燃料乙醇关键技术有待突破等问题。因此，为进一步促进我国生物质能产业发展和技术进步，应该建立稳定的投入机制，引导多种经济主体的参与；加速生物质能转化利用技术开发、示范和推广应用；建设和完善服务保障体系；健全促进生物质能发展的法规政策体系。

生物质能技术主要包括生物质发电、生物液体燃料、生物质成型燃料、生物质燃气、生物制氢技术等。目前，世界上技术较为成熟、实现规模化开发利用的生物质能利用方式主要包括生物质发电、生物液体燃料、沼气和生物质成型燃料等。我国生物质能资源丰富，具有巨大的发展潜力，已呈现出规模化发展的良好势头。目前我国可利用生物资源量可转换为能源的潜力约5亿吨标煤，随着造林面积的扩大和经济社会的发展，我国生物质资源转换为能源的潜力可达到10亿吨标煤，占我国2012年能源消耗总量的28%。目前我国生物质能技术研发水平总体上与国际处于同一水平，在生物质气化及燃烧利用技术、生物质发电、垃圾发电等方面居领先水平，但是存在生物质能产业结构不均衡、生物质成型燃料缺乏核心技术、燃料乙醇关键技术有待突破等问题。

一、国外生物质能产业与技术发展现状及趋势

（一）国外生物质能产业发展现状及趋势

1.生物质能是最主要的可再生能源

根据国际能源机构（IEA）的统计，2008年，全球生物质能消费总量约18亿吨标煤，古世界一次能源消费的10%左右，是最主要的可再生能源，其中现代化技术利用的消费量约7亿吨标煤。截止到2010年底，全球生物质发电装机容量超过6000万千瓦。2010年全球生物液体燃料使用量约8000万吨，其中，燃料乙醇6800多万吨；全世界生物质成型燃料产量超过1500万吨，规模化利用主要集中在欧洲和北美地区。

2.美国、欧盟和巴西的生物质能产业发展处于世界领先地位

目前，美国、欧盟和巴西的生物质能产业发展处于世界领先地位。2010年，全球燃料乙醇产量约860亿升，和2009年相比增长17%，美国和巴西两国产量占全球总产量的88%，其中仅美国就占57%（见表1）；同年，全球生物柴油产量近190亿升，和2009年相比增加7.5%，生物柴油的生产相对分散，德国、巴西、法国产量位居前列，产量排名前10的国家总产量占全球总产量的75%[1-3]。

表1　2010年主要生产国家的生物燃料产量（单位：亿升）

序号	国家	燃料乙醇	生物柴油	合计
1	美国	490	12	502
2	巴西	280	23	303

3	德国	15	29	44
4	法国	11	20	31
5	中国	21	2	23
6	阿根廷	1	21	23
7	西班牙	6	11	17
8	加拿大	14	2	16
9	泰国	4	6	10
10	意大利	1	8	9
11	印度尼西亚	1	7	8
12	比利时	3	4	7
13	波兰	2	5	7
14	英国	3	4	7
15	哥伦比亚	4	3	7
合计	全球	860	190	1050
	欧盟	45	100	145

3.二代生物质液体燃料可望在未来20年逐步实现商业化应用

主要包括纤维素燃料乙醇、热解液化制备生物质油、气化合成燃料等。这些技术正处于研发示范阶段，可望在未来二十年逐步实现工业化、商业化应用，目前技术成本还较高，真正商业化的项目较少。生物质气化合成技术比较成熟，不存在技术障碍，预期比纤维素乙醇更容易实现产业化。

4.能源藻以及能源植物的规模化应用成为未来发展趋势

从长远来看，能源农业和能源林业是未来发展生物质能源的基础。能源植物通常包括速生薪炭林、能榨油或产油的植物、可供厌氧发酵用的藻类和其它植物等。许多能源作物是自然生长的，收集比较困难。以科学的方法培育高产、抗逆性强的能源植物，满足对生物质能源规模化发展的需要，是生物质能源发展和利用的根本保障。目前从海藻中提炼生物燃料的研究正处于实验室阶段，距离实现产业化阶段还比较远。

（二）国外生物质能技术发展现状及趋势

1.生物质发电技术总体上已经成熟

当前，生物质直接燃烧发电在北美和欧洲应用发展比较成熟，较为常用的技术是炉排炉和流化床锅炉技术，大规模利用装置一般建设在大型农场或农业非常集中的地区。丹麦BWE公司率先研发秸秆生物燃烧发电技术，迄今在这一

领域仍保持着世界最高水平，其代表性技术是水冷式振动炉排锅炉和超临界锅炉技术。同时，生物质混合燃烧发电技术已在欧美商业化应用，欧美各国已经建设了许多示范工程，系统装机容量在50~850MW之间，少数系统为5~50MW。目前固定床和流化床是较成熟的生物质气化技术，中小型生物质气化发电技术在欧美等发达国家研究较早，但应用很少，这主要是由于气化发电系统成本问题一直难以突破。大型生物质气化发电系统的技术远未成熟，主要停留在研究和示范阶段[4]。

2.生物质气化费托合成工艺较为成熟

目前，气化费托合成工艺较为成熟，德国Choren公司在2002年完成了年产1000t合成柴油的试验示范工程的运行和考核，2005年建成年产量达1万吨的工业示范工程，德国鲁奇公司也拥有类似的技术；荷兰应用技术研究院（TNO）已建成生物质／煤气化费托合成联合发电系统；瑞典建成1000t燃料级甲醇／天的BAL-Fuels示范工程；日本MHI完成了生物质气化合成甲醇的系统工程；瑞典的Bio-Meet Project集成生物质气化、燃气净化与重整等技术联产电力、二甲醚、甲醇，其系统总体效率达到42%[5]。

3.沼气工程已成为国际生物质能源研究开发重点

在生物燃气利用方面，目前只有沼气具有成本优势，所以一般所说的生物燃气主要是指沼气。德国、丹麦、奥地利等发达国家沼气工程装备已达到了设计标准化、产品系列化、生产工业化，质量得到有效控制，工程装备的组装技术也达到模块化、规范化。

4.木质纤维素为原料的第二代燃料乙醇引起各国关注

目前用于生产燃料乙醇的原料基本上都是粮食和糖料等淀粉质原料，如巴西的主要原料为甘蔗，美国95%的原料来自玉米，欧洲以小麦、甜菜为原料，我国燃料乙醇的原料主要是陈化粮。以木质纤维素为原料的第二代燃料乙醇越来越引起世界各国的关注。美国有世界上最大的纤维素燃料乙醇生产基地，开发利用的技术也最多[6=7]。

5.能源植物的研究尚处于实验和示范阶段

目前关于能源植物的研究多数尚处于实验和示范阶段，未达到全面推广水平。美欧国家在陆生能源植物开发方面具有一定的基础和经验。微藻生物正成为世界生物质能开发的重点。

二、我国生物质能产业与技术发展现状及趋势

（一）我国生物质能产业发展现状及趋势

1.生物质资源开发潜力巨大

我国生物质能资源丰富，主要有农作物秸秆及农产品加工剩余物、林木采伐及森林抚育剩余物、木材加工剩余物、畜禽养殖剩余物、城市生活垃圾和生活污水、工业有机废弃物和高浓度有机废水等[8]8。我国可作为能源利用的生物质资源总量每年约4.6亿吨标准煤，目前已利用量约2200万吨标准煤，还有约4.4亿吨可作为能源利用。随着我国经济社会发展、生态文明建设和农林业的进一步发展，生物质能源利用潜力将进一步增大。

2.生物质产业逐步形成规模化发展

我国生物质能多元化利用取得较大进展，生物质发电、液体燃料、燃气、成型燃料等多种利用方式并举，技术不断进步，已呈现出规模化发展的良好势头。2010年，生物质能利用量（不含直接燃烧薪柴等传统利用方式）约2400万吨标准煤。

（1）生物质发电已形成一定规模

截止到2010年底，我国生物质发电装机容量550万千瓦，其中农林生物质发电190万千瓦，垃圾发电170万千瓦。蔗渣发电170万千瓦，沼气等其他生物质发电20万千瓦。生物质发电已形成一定规模，年发电量超过200亿千瓦时，年消耗农林剩余物约1000万吨，农民年收入总计增加约30亿元。生物质发电技术和设备制造发展较快，已掌握了高温高压生物质发电技术[10]。

（2）生物液体燃料以陈化粮和木薯为主要原料

截止到2010年底，以陈化粮和木薯为原料的燃料乙醇年产量超过180万吨，以废弃动植物油脂为原料的生物柴油年产量约50万吨[11]。培育了一批抗逆性强、高产的能源作物新品种，木薯乙醇生产技术基本成熟，甜高粱乙醇技术取得初步突破，纤维素乙醇技术研发取得较大进展，建成了若干小规模试验装置。

（3）生物质燃气集中供应项目超过1000个

截止到2010年底，农村户用沼气保有量超过4000万户，大中型沼气工程累计建成5042处，年产沼气约130亿立方米。建成畜禽养殖场沼气工程5万多处，年产沼气约10亿立方米。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）生物质成型燃料初步具备大规模产业化条件

2010年，生物质成型燃料产量约300万吨，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。成型燃料设备能耗显著降低，易损件寿命和可维护性明显提高，成型燃料已初步具备较大规模产业化发展条件。

3.已经形成一批龙头骨干企业

（1）生物质发电领域

在生物质发电方面，国能生物发电集团和凯迪电力股份有限公司是我国生物质发电的领军企业。国能生物发电集团是目前全球最大的生物质发电专业公司。

（2）生物质成型燃料领域

在生物质成型燃料方面，我国生物质成型燃料比较著名的研究机构主要包括中国林业科学院林产化工所、西北农林科技大学、南京林业化工研究所等。生物质成型设备厂家，如清华大学国能惠远生物质发展有限公司，北京盛昌绿能科技有限公司，广州迪森热能公司、辽宁华光生态工程技术研究所，江苏正昌粮机股份有限公司，河南省能源研究所，洛阳恒生能源设备有限公司，郑州九洲通用液压设备有限公司等[12]。

（3）生物质燃气领域

国内沼气行业比较知名的研究机构主要有中国科学院广州能源研究所、农业部沼气研究所、农业部规划设计研究院、成都生物研究所和东北农业大学等。知名领军企业主要包括杭州能源环境工程有限公司、青岛天人环境股份有限公司和北京盈和瑞环保工程有限公司等。

（4）生物液体燃料

我国燃料乙醇知名企业主要有吉林燃料乙醇有限公司、河南天冠企业集团有限公司等。以纤维素类生物质为原料生产燃料乙醇的国内企业主要有山东龙力生物科技有限公司、安徽丰源集团、河南天冠集团等。在生物柴油方面，我国主要是以小企业居多。截至目前，全国生物柴油生产厂家超过200家，设计总生产能力已经超过350万吨／年，主要代表企业有海南正和生物能源公司、四川古杉油脂化工公司和福建能源发展公司等[13]。

表 2　中国生物质能产业相关企业情况表

领域	代表企业和单位	备注
生物质发电	国能生物发电集团、凯迪电力股份有限公司	国能生物发电集团是目前全球最大的生物质发电专业公司
生物质成型燃料	企业：清华大学国能惠远生物质发展有限公司、北京盛昌绿能科技有限公司、广州迪森热能公司、辽宁华光生态工程技术研究所、江苏正昌粮机股份有限公司、河南省能源研究所、洛阳恒生能源设备有限公司、郑州九洲通用液压设备有限公司等 科研机构：中国林业科学院林产化工所、西北农林科技大学、南京林业化工研究所等	棒状燃生产线：JX－7.5、JX－11、SZJ－80A 三种型号的秸秆燃料成型机
生物质燃气	企业：杭州能源环境工程有限公司、青岛天人环境股份有限公司和北京盛和瑞环保工程有限公司等 科研机构：中国科学院广州能源研究所、农业部沼气研究所、农业部规划设计研究院、成都生物研究所和东北农业大学等	杭州能源环境工程有限公司 建有目前国内畜禽养殖行业规模最大的沼气发电项目，也是国内农业领域目前唯一一个 CDM(清洁发展机制)项目
燃料乙醇	吉林燃料乙醇有限公司、河南天冠企业集团有限公司、山东龙力生物科技有限公司、安徽丰源集团、中粮生化能源(肇东)有限公司、广西中粮生物质能源有限公司等	主要以玉米、小麦、木薯为原料
生物柴油	海南正和生物能源公司、四川古杉油脂化工公司和福建能源发展公司等	全国生物柴油生产厂家超过 200 家，以小企业居多

（二）我国生物质能技术发展现状及趋势

1.生物质能技术研发水平总体与国外处于同一水平

我国的生物质能利用技术研发水平总体与国外相差不大，部分技术处于领先水平。与国外发达国家相比，我国有优势的核心技术包括户用沼气技术和小型气化技术；有较大差距的核心技术包括纤维素乙醇技术、直燃发电技术；其他技术基本处于同一水平。（见表3）

表 3　国内技术与国外先进技术的指标比较

核心技术	指标	国外	国内	备注
直燃发电	发电效率	30～35%	25.6%	低位热值效率，国外典型规模 5～25MW；国内为 25MW 项目参数
混燃发电	发电效率	35～40%	35.46%	国外典型规模 10～50MW；国内为 25.9MW 项目参数
气化发电	发电效率	25～30%	18%(1MW) 27%(5.5MW)	国外指标为 CHP，典型规模 0.2～1MW
沼气发电	发电效率	26～32%	21.4～28.6%	国外指标为 CHP，典型规模 0.3～10MW；国内气耗率 0.6～0.8m^3/kWh
沼气生产	池容产气率	1.3～2.5$m^3/m^3\cdot d$	1～1.5$m^3/m^3\cdot d$	国外为德国指标，国内为杭州能源环境工程有限公司指标
气化	气化效率	67.8～79%	70～78%	国外指标来自文献
生物质成型	成型能耗	40 kWh/t 3～4t/h	60 kWh/t 2～3t/h	国外成型能耗范围为 30～60 kWh/t，国内为 60～70 kWh/t，Highzones 成型技术为 60 kWh/t

注：数据来自 OECD/IEA，IEA Energy Technology Essentials，2007.

2.微藻大规模养殖走在世界前列

我国海藻能源开发在总体技术水平上与国际先进水平差别并不大。我国微藻基础研究力量较强，拥有一大批淡水和海水微藻种质资源，在微藻大规模养殖方面走在世界前列，养殖的微藻种类包括螺旋藻、小球藻、盐藻、栅藻、雨生红球藻等[14]。但是，我国在海藻能源开发方面的不足在于微藻封闭式光生物反应器的低成本规模化技术有待开发、海藻的栽培局限于近海、现有的海藻产能试验规模不大、海藻能源技术与产品的评估系统尚待完善等。

3.生物质发电技术与国外存在较大差距

目前我国比较成熟并已进入商业化运行的是常压空气气化装置与内燃发电机组配套的发电技术，混燃项目非常少。但是，我国生物质能发电技术与国外相比起步较晚，生物质直燃发电技术规模、容量以及占全国发电总量的比例都相对较小。直接燃烧发电大部分采用进口设备，国外技术及设备占60%以上，一般投资在10000~12000元／kW之间，我国秸秆直燃发电存在缺乏核心技术和设备、秸秆收储运困难、发电能耗偏高和厂用电偏高等问题[15]。

4.户用沼气池技术处于国际领先水平

我国在户用沼气池技术上处于国际领先水平，其中，有机污水厌氧消化技术和户用沼气池利用技术较为成熟，有商业示范并具备一定的市场竞争力。大型沼气综合利用技术虽然较成熟，但尚未形成产业。沼气发电机组和大中型沼气工程处于中试阶段或关键技术突破，沼气的纯化与压缩技术则还处于前沿基础性研究探索阶段。应用传统的生态、循环理念产生了不同类型的沼气工程模式，具有显著的区域特色。但大中型沼气工程的工艺还不成熟，工艺设备材料相对较为落后。根据我国能源需求现状、资源潜力和技术现状，我国生物质能技术主要发展趋势是：

趋势一：固体生物质规模化直接利用

目前迫切需要利用农林废弃物作为高品质燃料，高效地替代燃油、燃煤，包括成型燃料高效燃烧、气化燃烧、生物质工业窑炉燃用、分布式发电及供热采暖、热解液化及热解油的高效利用[16]。其中成型燃料朝规模化生产发展，探索适合国情的产业化模式；生物燃气则由单一原料发酵技术向多元原料共发酵技术发展，由简单粗放的工艺技术向集成高效工艺技术发展，由直燃热利用向高品质生物燃气产品发展，由非标工程装备向成套化标准工程装备发展。

趋势二：生物质全成分生物化学转化利用

生物质全成分生物化学转化利用生产液体燃料以替代石油。需要重点发展利用农林废弃物等纤维素类生物质生产液体燃料和化工品，包括纤维素制乙醇、气化合成燃料及化工品、催化制备航空燃料及化工品[17]。纤维素燃料乙醇要实现高效、绿色的预处理，开发高效复合纤维素酶，并由单一的六碳糖乙醇发酵向包含五碳糖的多糖发酵发展，由单纯的乙醇产品向多种产品的生物炼制方向发展；合成燃料技术要由单一合成气平台向合成气平台与糖平台技术并重发展，由传统甲醇合成向车用动力燃料（醚、长链醇）合成技术发展。

趋势三：择优开发不依赖土地的生物质资源利用技术

最后要择优开发不依赖土地的生物质资源利用技术，包括微藻、油脂类、淀粉类、糖类、纤维类等能源植物等的选育种植和利用。我国目前最主要的生物质资源是农业废弃物，其最大的特点是资源分散、收集和运输困难，而且季节性强，原料供应的稳定性差。从长远来看，能源作物选育种植和利用是未来生物质能源开发的重点。

三、我国生物质能产业发展的战略对策

（一）建立稳定的投入机制，引导多种经济主体的参与

探索构建政府引导、企业带动、社会参与、多方投入的生物质能产业建设机制，拓宽生物质能开发利用的融资渠道。设立生物质能发展专项资金，用于支持技术进步、人才培养、产业体系建设和新技术示范项目的建设。鼓励各级地方政府按照《可再生能源法》和有关政策的要求，结合本地区实际，安排必要的财政资金支持生物质能发展。充分发挥政府投资的引导作用，调动企业自筹资金投入生物质能建设的主动性。创造良好的投资环境，积极争取金融部门、国际组织等的资金支持，广泛吸引社会、个人和外资的投入。

（二）加速生物质能转化利用技术开发、示范和推广应用

加大对生物质能基础性研究的支持力度，加快具有自主知识产权的新能源技术开发步伐，改变部分生物质能转换技术落后的现状，力争在未来全球性生物质能多项技术竞争中占领制高点。重点是针对秸秆固化模具磨损快、气化焦油含量高，以及能源作物优良品种繁育、产品储存和运输等方面的问题，积极引进国外先进技术和经验，加强科技攻关，在农作物秸秆高能效低能耗转化、纤维素生产燃料乙醇、转基因技术提供生物质原料等方面开展研究，争取在新品种、新原料、新工艺、新设备等方面取得突破，逐步形成产学研相结合的技术研发、示范推广和产业服务体系[18]。同时，加快成果转化，作好试点示范工作，争取在资源优势明显、基础条件较好的地区，先期启动一批生物质固化成型和气化燃料、能源作物品种选育和栽培种植、规模化养殖场大中型沼气工程示范基地建设项目，并在此基础上，总

结经验，稳步推进农业生物质能产业的健康发展。

（三）建设和完善服务保障体系

整合资源，完善技术和产业服务体系，全面提升生物质能技术创新能力和产业服务水平。积极探索沼气技术推广服务机制，争取国家资金倾斜，引导形成县、乡、村三级服务网络，在农户建设、管理和使用过程中提供全面的服务，确保农村沼气事业的持续健康发展。针对农作物秸秆分布广、收集运输难等问题，建立农作物秸秆收集配送等产业服务体系。积极引导农民发展能源作物种植、农作物秸秆收集与预处理等专业合作组织，建立生物质原料生产与物流体系。

（四）健全促进生物质能发展的法规政策体系

根据《可再生能源法》，研究制定支持生物质能发展的配套法规和政策措施，出台财政补贴、投资政策、税收优惠、用户补助等经济激励政策。加大对生物质能产业的补贴力度，对从事生物质能技术研发和设备制造等企业给予所得税优惠。对使用生物质气化、固化成型燃料炉具的农户给予一次性补贴。加大对种植能源作物土地开发和整理的投入力度，对开发低质土地种植能源作物的农户给予补贴。建立健全产品收购流通体系和市场准人制度，将以甘蔗、甜高粱、木薯、甘薯等为原料的燃料乙醇纳人现有的油品销售体系。此外，尽快完善农业生物质能标准体系，并组织做好标准宣贯工作。

参考文献：

[1] Yamamoto H, , Fujino J, Yamaji K. Evaluation of Bioenergy Potential with a Multi-regional Global-land-use-and-energy Model. Biomass and Bioenergy. 2001.

[2] Fischer G, Schratten L. Global Bioenergy Potential Through 2050. Biomass and Bioenergy. 2001.

[3] B. Hillring. Rural Development and Bioenergy-experiences From 20 years of Development inSweden. Biomass and Bioenergy. 2002.

[4] D. Ray. Biomass and Bioenergy Applications of the POLYSYS Modeling Framework. Biomass and Bioenergy. 2000.

[5] D. Gielen, etal. Modeling of Global Biomass Policies. Biomass and Bioenergy. 2003.

[6] K. Maniatis, , G. Guiu, and J. Reisgo. The European Commission perspective in biomass and waste thermochemical conversion. Pyrolysis and gasification of biomass and waste. 2003.

[7] W. Prins. Technical and non-technical barriers for implementation of fast pyrolysis technologies. Fast pyrolysis of biomass: a handbook. 2005.

[8] 沈西林.影响我国生物质能源发展的因素分析[J].西南石油大学学报(社会科学版).2011(01).

[9] 李景明,薛梅.中国生物质能利用现状与发展前景[J].农业科技管理.2010(02).

[10] 王亮,尚会建,郑学明等.生物质能开发利用研究进展[J].河北工业科技.2009(05).

[11] 田宜水.中国生物质固体成型燃料产业发展分析[J].农业工程技术(新能源产业).2009(02).

[12] 崔明,赵立欣,田宜水等.中国主要农作物秸秆资源能源化利用分析评价[J].农业工程学报.2008(12).

[13] 赵丽霞.浅谈沼气发酵技术[J].内蒙古石油化工.2008(10).

[14] 李景明.浅析我国生物质能政策框架的现状与发展[J].农业科技管理.2008(04).

[15] 刘晓娟,殷卫峰.国内外生物质能开发利用的研究进展[J].洁净煤技术.2008(04).

[16] 胡亚范,马予芳,张永贵.生物质能及其利用技术[J].节能技术.2007(04).

[17] 刘石彩,蒋剑春.生物质能源转化技术与应用(Ⅱ)——生物质压缩成型燃料生产技术和设备[J].生物质化学工程.2007(04).

[18] 李奎,陈丽佳.广东战略性新兴产业促进政策研究[M].广州:华南理工大学出版社,2011年6月.

原文地址：http://www.china-nengyuan.com/tech/188467.html