

生物质能产业现状及发展前景

袁振宏, 罗文, 吕鹏梅, 王忠铭, 李惠文

(中国科学院广州能源研究所, 可再生能源与天然气水合物重点实验室, 广东广州510640)

摘要: 生物质能的开发利用是发展新型能源的重要选择, 是国际可再生能源领域的焦点。本文总结了我国生物质能资源现状及发展潜力, 介绍了国外生物质能发展概况并综合评价了我国生物质产业, 主要包括沼气产业、生物质液体燃料、生物质发电以及固体成型燃料产业的发展现状, 阐述了我国推动生物质能发展的政策环境, 展望和预测了我国生物质能源的发展前景, 并对生物质产业发展提出建议。

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; 生物质能则是太阳能以化学能形式贮存在生物质中的能量形式, 即以生物质为载体的能量。生物质能源作为一种洁净而又可再生的能源, 是唯一可替代化石能源转化成气态、液态和固态燃料以及其它化工原料或者产品的碳资源。据估计, 全世界每年由光合作用而固定的碳达 2×10^{11} 吨, 含能量达 3×10^{18}

千焦, 可开发的能源约相当于全世界每年耗能量的10倍; 生成的可利用干生物质约为1700亿吨, 而目前将其作为能源来利用的仅为13亿吨, 约占其总产量的0.76%^[1-2]

, 资源开发利用潜力巨大。由于生物能源所具有的优势, 世界各国已经将其作为发展新型能源的重要选择。近年来, 燃料乙醇、生物柴油、生物质发电及沼气等生物质能产业在世界范围内得到了快速的发展, 尤其进入21世纪后, 随着国际石油价格的不断攀升及《京都议定书》的生效, 生物质能更是成为国际可再生能源领域的焦点。许多国家纷纷制定了开发生物质能源、促进生物质产业发展的研究计划和相关政策, 如美国的《生物质技术路线图》、《生物质计划》, 欧盟委员会提出的到2020年运输燃料的20%将用生物柴油和燃料乙醇等生物燃料替代计划, 日本的“阳光计划”, 印度的“绿色能源工程计划”以及巴西实施的酒精能源计划等。中国对生物质能的开发利用也极为重视, 自20世纪70年代以来, 连续在4个“五年计划”中将生物质能利用技术的研究与应用列为重点科技攻关项目, 开展和实施了一系列生物质能利用研究项目和示范工程, 推动了我国生物质能产业的发展。本文对生物质能资源现状及发展潜力、产业发展现状和政策环境进行了综合评价, 分析了未来生物质能产业发展前景, 并对生物质能产业发展提出建议。

1 国内资源现状及潜力

生物质能资源, 按原料的化学性质分, 主要为糖类、淀粉和木质纤维素类。按原料来源分, 则主要包括以下几类:

农业生产废弃物, 主要为作物秸秆; 薪柴、枝桠柴和柴草; 农林加工废弃物, 木屑、谷壳和果壳; 人畜粪便和生活有机垃圾等; 工业有机废弃物, 有机废水和废渣等; 能源植物, 包括所有可作为能源用途的农作物、林木和水生植物资源等^[3]

。我国拥有丰富的生物质能资源, 据测算, 我国理论生物质能资源50亿吨左右, 是我国目前总能耗的4倍左右^[4]。

目前可供利用开发的资源主要为生物质废弃物, 包括农作物秸秆、禽畜粪便、工业有机废弃物和城市固体有机垃圾、林业生物质、能源作物等。

全国农作物秸秆年产量约6亿吨, 除部分作为造纸原料和畜牧饲料外, 约3亿吨可作为燃料使用, 折合约1.5亿吨标准煤。其它农业废弃物约1.3亿吨^[5]。

预计2010年农作物秸秆的产量约为7.8亿吨, 2015年的产量将达到9亿吨; 畜禽粪便和农产品加工业废水经过沼气化处理, 理论上可以生产沼气约750亿 m^3

, 预计到2010年规模化畜禽养殖场的粪便资源实物量将达到25亿吨; 城市固体废弃物年产生量约1.5亿吨, 2010年, 我国城市垃圾总量将达到2.3亿吨; 每年可提供林业资源约9亿吨, 其中可作能源用途的资源约3亿吨, 包括林加工剩余物约2000万吨, 薪炭林约2270万吨, 用材林约11790万吨, 灌木林约3390万吨, 疏林约720万吨以及其它林木废弃物等; 甜高粱、小桐子、黄连木、油桐等能源作物(植物)的种植面积达2000多万公顷, 可满足年产量约为5000万吨生物质液体燃料的原料需求^[6-8]

。据预测在2020年前后全国生物能源原料总量达到约21亿吨, 约折合15亿吨标准煤。超过届时全国能源消费需求预计总量28.69亿吨标准煤的一半。可见, 我国生物质能资源量巨大, 具有广阔的发展空间。

2 国外生物质能概况

2.1 美国

美国在开发利用生物质能方面处于世界领先地位, 生物质能利用占一次能源消耗总量的4%左右。从1979年就开始采用生物质燃料直接

燃烧发电, 生物质能发电总装机容量超过10000MW, 单机容量达10~25MW^[9]

。乙醇产量自2001年以来已翻了一番, 已成为仅次于巴西的燃料乙醇大国。2006年, 乙醇约占美国汽油消费总量的5%, 乙醇掺烧比例通常为10%, 添加乙醇的混合汽油占全国汽油供应总量的46%。2007年乙醇的产量是64亿加仑, 比2000年增加了4倍。根据美国可再生燃料协会统计, 截至2008年底, 美国共有189个乙醇生产厂, 生产能力为3300万吨。美国商业性生产生物柴油始于20世纪90年代初。2006年, 生物柴油生产能力为260万吨, 实际产量为125万吨, 截止到2007年底, 现有生物柴油生产企业171家, 生物柴油产量4.5亿加仑, 比2006年提高80%。

根据美国国家生物柴油委员会的计划, 到2015年, 生物柴油产量将占全国运输柴油消费总量的5%, 达到610万吨。为帮助降低生产先进生物燃料的成本, 并使相关技术达到商业化, 2007年美国将其能源部生物质能研究经费增加65%, 总数达1.5亿美元^[10]。

2.2 欧洲

欧洲主要国家的生物质能源开发利用均以丰富的森林资源为基础, 具有政府重视、起步较早、以市场运作和龙头企业带动为主等特点, 主要利用形式有供暖、发电和生物柴油等3种, 其中以供暖为主^[11]。

芬兰生物质能源提供方式以建立燃烧站为主, 较小规模的燃烧站仅提供暖气, 大型燃烧站则同时提供暖气和电力, 全国年能源总消耗4000亿kW·h, 其中810亿kW·h由生物质能源提供, 占20%。瑞典利用无工业价值的木材采用热电联合装置产热和供电, 其联合汽化(BIG-CC)工艺处于世界领先地位。生物质能源达1100亿kW·h。其中, 330亿kW·h以区域供暖的形式提供, 530亿kW·h供给工业, 130亿kW·h供给居民及服务部门, 110亿kW·h供应交通部门。瑞典的生物质能源利用主要实行市场化, 其中颗粒燃料市场在近几年增长了100%, 总需求量达150万吨, 总价值达2.5亿欧元^[11]。

。丹麦在生物质直燃发电方面成绩显著。丹麦的BWE公司率先研究开发了秸秆生物燃烧发电技术, 迄今在这一领域仍是世界最高水平的保持者。目前, 丹麦已建立了130家秸秆发电厂, 使生物质成为丹麦重要的能源。德国是生物柴油的最大生产国, 德国对生物柴油的生产企业全额免除税收; 自2004年起, 无需标明即可在石化柴油中最多加入5%的生物柴油, 2007年生物柴油产量达到了289万吨; 然而由于德国政府取消生物柴油企业免税优惠, 2008年产量出现下滑, 生物柴油行业产能利用率仅为55%^[12]。

。在发电方面, 德国使用生物质能源发电占22%, 其中58%以木材为燃料发电, 41%为沼气发电, 3%通过液体生物质(如生物柴油)发电等。目前, 德国生物质能源发电站1兆瓦以上的有350家, 有超过7万户家庭使用以木材颗粒燃料为原料的供暖机、发电机^[13]。据预计, 到2030年, 德国生物质能源占年能源总消耗量的比例将达到17.4%。

2.3 巴西

巴西目前已经成为世界上最大的乙醇生产和消费国。巴西生产乙醇的原料主要是甘蔗, 2005/2006年度, 甘蔗产量为4.23亿吨, 其中49.77%用于生产乙醇; 乙醇产量约为128.12亿公斤, 其中50.5%是用于混入汽油的无水乙醇, 其余则是独自作为替代汽油的含水乙醇。2008/2009年度, 巴西乙醇产量达到210.9亿公斤。巴西法律规定, 汽油中必须添加2.5%的乙醇燃料, 巴西国内生产的82%的汽车都采用了混合燃料发动机, 可以使用普通汽油也可以使用乙醇, 或者两种燃料的混合物。

巴西是世界上最大的乙醇出口国, 其乙醇生产总量的15%用于出口, 主要销往美国、印度、韩国、日本、牙买加等国。2008年乙醇出口量为51.6亿公升, 比2007年增长46%, 主要出口市场为美国。

此外, 巴西还大力利用可再生资源进行发电, 其中80%以上的电力都是来自可持续技术, 主要是水力发电(占77%)。来自生物质和水力发电厂的能源总量占巴西能源生产总量的45%^[14]。

2.4 印度

印度是沼气使用历史悠久的国家, 在1975年启动国家沼气开发计划(NPBO), 到2008年已建沼气池450万个, 为农村无电区的数十万家庭提供了炊事和照明。近期生物质压缩成型、技术气化等进展显著。气化发电主要用于水泵、磨谷机和其它小型电气设备; 气化产出燃气则主要用于烟草、茶叶、食品等加工生产过程中^[15]。

3 我国生物质能产业现状

目前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, 但不同的应用领域技术的成熟程度不尽相同。少数生物质能转化利用技术初步实现了产业化应用, 如农村户用沼气、养殖场沼气和秸秆发电技术; 生物质发电、生物质致密成型燃料、生物质液体燃料等正进入商业化早期发展阶段; 还有许多新兴生物质能技术尚处于研究阶段。

3.1 沼气产业

我国沼气产业始于70年代, 经历了两落三起, 现在处于第三个高峰发展期。至2007, 我国新增农村户用沼气用户48 2.35万户, 全国已累计推广户用沼气池2650万口

, 年产沼气达102亿m³

。比2000年增加了

1802万口, 年均增长速度为17.7%。

建设养殖场沼气工程2.66万处, 总池容285万m³, 年产沼气达3.56亿m³[16]

。已有大中型沼气工程3764处(见表1)[17]

, 已累计建成秸秆集中供气站734处; 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。同时, 在综合利用方面, 以沼气为纽带, 建立了物质多层次利用、能量合理流动的高效农业生产模式。在北方推广的“四位一体”沼气生态农业模式, 以及南方建立的以养殖业为龙头, 以沼气为纽带, 带动农作物和经济作物发展的现代农业技术——“猪-沼-果”模式, 对沼气、沼液、沼渣的多层次综合利用的生态农业模式, 已成为农村经济的新增长点, 成为了我国生物质能利用的特色。

表 1 2007 年大型沼气工程状况

项目	运行数量 /处	装置容积 /万m ³	废弃物处理量 /万吨	沼气产量 /万吨	供气户数 /万户	沼气发电量 /kW·h ⁻¹	装机容量 /kW	商品肥料 /万吨	商品饲料 /万吨
处理农业废弃物沼气工程	3556	100.56	8710.94	22 985.11	131.9815	8 726 228	6699	303.10	3.78
处理工业废弃物沼气工程	208	71.85	3571	11 129.13	6.3847	31 721 317	12 500	149.91	72.26
合计	3764	172.41	12 282	34 114.24	138.3662	40 447 545	19 199	453.01	76.04

我国户用沼气技术居国际领先水平, 而大中型沼气工程则起步较晚, 与发达国家相比, 在原料的种类广泛性、针对不同物料的沼气发酵工艺技术、微生物菌剂开发研究、规模化沼气的设备和装备技术、沼气发酵产品和固液残余物综合利用等方面均存在较大差距, 需要进一步加强自主创新。

3.2 生物质液体燃料

我国生物液体燃料发展也取得了可观的成绩, 特别是生物柴油生产以及以粮食为原料的燃料乙醇生产已初步形成规模。

3.2.1 生物柴油

中国政府、研究单位和一些企业对生物柴油非常重视。“八五”和“九五”期间, 开展了野生油料——光皮树油的采集、酯化改性和应用试验研究; “十五”期间, 科技部将野生油料植物开发和生物柴油技术发展列入国家863计划和科技攻关计划; 国家“十一五”规划, 2010年我国生物柴油年利用量将达200万吨。中国科技大学、江苏石油化工学院、北京化工大学、吉林省农业科学院、广州能源研究所等科研单位纷纷展开了生物柴油的研究工作, 并成功利用菜籽油、大豆油、废煎炸油等为原料生产生物柴油。我国几大国营石油集团如中石油、中石化、中海油和中粮集团都设立了专门的机构研究生物柴油。除此之外, 我国还涌现出正和、古杉、卓越、天冠、湖南天源等许多家生物柴油民企[18]

, 开发出自主知识产权的生物柴油生产技术和工业化试验工厂。据广州能源研究所生物柴油课题组的不完全统计调查, 目前全国生物柴油生产厂家已达到69家, 总生产能力为113.63万吨/年。其中, 山东省的生物柴油生产企业最多, 为9个, 产能最大的省份为江苏省, 37.32万吨/年。然而, 廉价、来源稳定的原料供应不足成为了阻碍生物柴油产业发展的最大的问

题, 2008年, 许多

生物柴油工厂因原料得不到供应而停

产, 全国生物柴油实际产量仅为30万吨左右[19]

。为促进生物柴油产业的健康发展, 建设固定的植物原料基地尤为重要。

总体而言, 我国的生物柴油工业化生产已初具规模, 但所使用工艺多为自主研发。受企业研发时间及研发水平限制

，我国生物柴油企业大多数技术处于初期发展阶段，环境友好性和经济竞争性弱，产业化和商业化程度较低，有待进一步发展。

3.2.2 燃料乙醇

目前，我国燃料乙醇生产技术已经成熟，黑龙江、吉林、辽宁、河南、安徽5省及湖北、河北、山东、江苏部分地区已基本实现车用乙醇汽油替代普通无铅汽油。乙醇汽油占全国汽油总消费量的20%，我国已成为世界上继巴西、美国之后的第三大生物燃料乙醇生产国和应用国[20]。

燃料乙醇中实现产业化的技术是以淀粉质（玉米、甘薯、木薯等）和糖质（甘蔗、甜菜、甜高粱等）原料生产燃料乙醇。“十五”期间，我国已在黑龙江、吉林、河南、安徽4省建成4个生物燃料乙醇生产试点项目（吉林燃料乙醇有限公司、黑龙江华润酒精有限公司、河南天冠燃料乙醇和安徽丰原燃料酒精股份有限公司），年产量102万吨左右，使用的主要是储备粮中时间比较久的陈化粮。为了扩大生物质燃料来源，中国已自主开发了以甜高粱茎秆、纤维素废弃物等为原料生产燃料乙醇的技术。

目前以甜高粱为原料年产5000吨的燃料乙醇中试厂已经建成；纤维素废弃物制取乙醇燃料技术已进入年产600吨规模的中试阶段；以木薯、甘蔗等为原料的燃料乙醇工厂也在兴建中^[21]。

燃料乙醇产业与市场发育关系紧密，其发展涉及原料供应、乙醇生产、乙醇与组分油混配、储运和流通及相关配套政策、标准、法规的制定等各个方面。我国生物燃料乙醇产业发展还处于起步阶段，还需在这些方面做出积极的规划与推动，解决产业尚面临的诸多困难和问题^[21]

：原料不足，技术产业化基础薄弱，产品市场竞争力不强，政策和市场环境不完善。

3.3 生物质发电产业

生物质发电主要工艺分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。在我国，《可再生能源法》的实施及一系列配套政策的颁布，特别是强制上网制度和电价补贴政策的出台后，为生物质发电扫清了入网障碍，提供了经济保障。截至2007年底，全国已建成投产的生物质直燃发电项目超过15个，在建项目30多个；国家发改委和各省发改委已核准生物质发电项目87个，总装机规模220万千瓦^[22]

。除生物质直燃发电外，已开发和推广生物质气化发电系统应用20多套。中国科学院广州能源研究所承担的国家863计划“3MW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5MW，气化效率最高达78%^[23-24]。另外，生物质-煤混燃发电示范工作也取得了一定的进展，我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。我国生物质发电已经从设想进入了试点示范阶段。

3.4 固体成型燃料

固体成型燃料技术根据不同的加工工艺，可分为螺旋挤压、活塞冲压、模压、辊压等技术类型。

根据不同的动力形式，又可分为机械驱动和液压驱动等技术类型。我国以螺旋挤压式压缩成型技术推广应用较多，

[25]

。压辊式颗粒成型机也有一定的发展，其中的代表是北京惠众实科技有限公司开发的生物质固体成型技术及北京老万生物科技有限公司研发的生物质颗粒燃料成型机等^[24]

。目前，我国生物质固体成型机的生产和应用已初步形成规模，并逐步进入半商业化、商业化阶段，但距国际先进水平还有一定的差距^[26]。

4 政策环境

为了确保生物质能源产业的稳步发展，中国政府出台了一系列法律、法规和政策措施，发布了涉及生物质能的中长期发展规划，积极推动了生物质能源的开发和利用。

2005年2月28日，第十届全国人民代表大会常务委员第十四次会议通过了《中华人民共和国可再生能源法》，并

于2006年1月1日正式实施,明确提出“国家鼓励清洁、高效地开发利用生物质燃料,鼓励发展能源作物。为了贯彻落实《可再生能源法》的要求,2005年11月,国家发改委发布了《可再生能源产业发展指导目录》(发改能源[2005]2517号)。

随后,国家发改委又发布了《可再生能源发电有关管理规定》(发改能源[2006]13号)、《可再生能源发电价格和费用分摊管理试行办法》(发改价格[2006]7号)和《可再生能源电价附加收入调配暂行办法》(发改价格[2007]44号)。在这3个可再生能源发电的管理规定和办法中,对水力发电、风力发电、生物质发电(包括农林废弃物直接燃烧和气化发电、垃圾焚烧和垃圾填埋气发电、沼气发电)、太阳能发电、地热能发电以及海洋能发电等提出了价格和费用分摊的原则。

2007年9月,《可再生能源中长期发展规划》出台,并在此基础上于2008年3月又出台了《可再生能源发展“十一五”规划》(发改能源[2008]610号)。规划明确提出,积极推进可再生能源新技术的产业化发展,建立可再生能源技术创新体系,形成较完善的可再生能源产业体系。并提出根据我国经济社会发展需要和生物质能利用技术状况,重点发展生物质发电、沼气、生物质固体成型燃料和生物液体燃料。

此后,国家又相继颁布了《可再生能源发展专项资金管理暂行办法》、《关于发展生物能源和生物化工财税扶持政策的实施意见》、《全国农村沼气建设规划》和《全国生物质能产业发展规划》、《节能减排综合性工作方案》、《可再生能源电价补贴和配额交易方案》等一系列的政策措施,建立了相应的促进生物质能发展的目标机制、定价机制、补偿机制和交易机制,为生物质能的开发利用提供了良好的宏观政策环境。

从上述已经出台的各项法规和政策来看,我国生物质能发展政策的基本框架结构是以《可再生能源法》为基础,以《可再生能源中长期发展规划》为目标,以各部门项目的管理办法和规章制度为体现,通过建立一系列有效的机制推进生物质能又好又快的发展^[27]。

5 发展前景及建议

我国能源消费结构单一,石油的进口依存度高,形势十分严峻:我国人均占有可开采石油资源十分贫乏,大约只有世界平均水平的12%。然而,自1993年起,我国已由石油净出口国变成净进口国,2003年成为世界第二大能源消费国。我国石油年自给能力为1.3~1.5亿吨,2008年,石油进口量已占消耗量的52%,突破2亿吨,尤其是现阶段我国汽车工业大规模发展,矿物燃油的短缺几成定局^[28]。

发展新能源和可再生能源是优化中国能源结构、减少环境污染和可持续发展的战略举措。而在众多的新能源和可再生能源中,生物质能源的规模化开发无疑是一项现实可行的选择。为此,国家相继出台的一系列促进生物质能产业发展的政策措施,为生物质能产业营造了良好的宏观政策环境,国有大型企业和跨国公司等大型企业也积极参与进来,极大地促进了产业的发展。生物质能的开发利用迎来了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。我国可再生能源中长期发展目标为:到2010年,生物质发电总装机容量达到550万kW,生物质固体成型燃料年利用量达到100/万吨,沼气年利用量达到190亿m³,增加非粮原料燃料乙醇年利用量200万吨,生物柴油年利用量达到20万吨。

到2020年,生物质发电总装机容量达到3000万kW,生物质固体成型燃料年利用量达到5000万吨,沼气年利用量达到440亿m³,生物燃料乙醇年利用量达到1000万吨,生物柴油年利用量达到200万吨。

根据生物质能开发利用本身的特点和我国的国情,针对我国生物质产业发展过程中存在的一些消极和阻碍性的因素,如原料资源短缺、生物质能源工业体系不完备、研究开发能力不足、产业基础薄弱以及产品市场竞争力不高等问题,提出几点建议。

(1) 发展新的生物质能资源,建立能源基地。目前,以粮食为原料的生物质燃料生产已不具备再扩大规模的资源条件,发展多元化原料是大势所趋。今后,应合理评价和科学规划,利用山地、荒地和沙漠,发展新的生物质能资源,研究、培育和开发速生、高产的植物品种,在条件允许的地区发展能源农场、林场,建立生物质能源基地,提供规模化的木质或植物油等能源资源。

(2) 加大研发力度,突破关键技术难点。我国生物质能利用技术总体水平与先进国家相比还存在着一定的差距,关键技术未能得到完全解决。必须加大对我国生物质能的技术研发投入力度,加强生物质能的新技术引进、示范和示范工作,积极引进、消化、吸收国外先进生物质能利用技术,并进行生物质能利用技术的再创新与集成创新,形成具有自主知识产权的关键技术与前沿技术。特别是解决产业化关键技术,降低生产成本,增强我国生物质能的市场竞争力。

(3) 加大政府扶持力度。国家要将生物质能源发展纳入到国民经济发展计划当中，确保有计划、有步骤地推进生物质能源工作，健全配套相应的政策和标准体系，建立和完善质量保证机制和信息服务系统，鼓励和促进生物质能产业的健康发展。

参考文献

- [1]张恩惠.生物质燃油的应用前景[J].林业机械与木工设备, 2008, (8): 44-47.
- [2]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(126): 78-82.
- [3]袁振宏, 吕鹏梅, 孔晓英.生物质能源开发与应用现状和前景[J].生物质化学工程, 2006, 40(12): 13-21.
- [4]孔令刚, 蒋晓岚.生物质及其开发利用的价值与意义[J].中国科技论坛, 2007, 9(9): 100-104.
- [5]王九臣, 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.
- [6]刘新建, 王寒枝.生物质能源的现状和发展前景[J].科学对社会的影响, 2008, 3(3): 5-9.
- [7]匡廷云, 白克智, 杨秀山.我国生物质能发展战略的几点意见[J].化学进展, 2007, 19(7/8): 1060-1063.
- [8]全国林业废弃物资源和能源林资源状况概要报告[C]//生物质能开发利用资料. 全国生物质能开发利用工作会议. 2006: 44-49.
- [9]苏亚欣, 毛玉如, 赵静德. 新能源与可再生能源概论[M]. 北京: 化学工业出版社, 2006: 77.
- [10]张蜗诘, 王君, 林中萍. 美国生物质能产业发展现状和相关政策研究[J].全球科技经济瞭望, 2008, 23(12): 5-8.
- [11]钱能志, 尹国平, 陈卓梅. 欧洲生物质能源开发利用现状和经验[J].中外能源, 2007, 12(3): 10-14.
- [12]官巧燕, 廖福霖, 罗栋梁.国内外生物质能发展综述[J].农机化研究, 2007, 11(11): 20-24.
- [13]蔡利祥. 欧洲三国生物质能源利用状况与启发[J].林业调查规划, 2007, 32(3): 106-108.
- [14]朱行. 巴西生物燃料发展现状[J].粮食科技与经济, 2007, 6(6): 47.
- [15]倪健民. 国家能源安全报告[M]. 北京: 人民出版社, 2005: 87-90.
- [16]黄金煌. 农业生物质能源发展现状及建议[J].能源与环境, 2008 (4): 76-77.
- [17]胡国全. 农村沼气发展现状、问题及对策[J].农业工程技术, 新能源产业, 2008(5): 15-17.
- [18]孙纯, 梁玮. 我国生物柴油开发生产现状[J].天然气工业, 2008, 28(9): 123-125.
- [19]杨仕品. 生物柴油产业发展的现状及前景[J].贵州农业科学, 2009, 37(1): 157-160.
- [20]吴创之, 庄新姝, 周肇秋, 等. 生物质能利用技术发展现状分析[J].可再生能源, 2007, 29(9): 35-41.
- [21]李志军. 生物燃料乙醇发展现状、问题与政策建议[J].中国生物工程杂志, 2008, 28(7): 139-141.
- [22]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.
- [23]赵军, 许庆利, 孔海平, 等. 生物质能源产业化及研究现状[J].浙江化工, 2006, 37(3): 13-15.
- [24]田宜水, 赵立欣. 中国农业生物质能发展现状与展望[J].生物产业技术, 2007, 9(1): 37-44.

[25]董玉平,王理鹏,邓波,等.国内外生物质能源开发利用技术[J].山东大学学报:工学版,2007,37(3):64-69.

[26]孟海波,赵立欣,徐义田,等.用粗糙集理论评价生物质固体成型燃料技术的研究[J].农业工程学报,2008,24(3):198-202.

[27]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,2008,27(4):11-17.

[28]陈锦清黄锐之.基因工程创制油菜种子基生物燃油的关键技术[J].生物技术通报,2005,(6):46-50.

原文地址：<http://www.china-nengyuan.com/tech/96224.html>