

# 国内外生物质能源开发利用技术

董玉平, 王理鹏, 邓波, 陆萍, 申树云(山东大学机械工程学院, 山东济南250061)

摘要: 生物质能是一种重要的可再生能源, 利用现代生物质能技术, 转化为清洁、廉价、高品质的能源, 对于缓解能源紧张和环境保护, 具有重要的意义。介绍了国内外生物质能利用技术研究和应用现状, 阐述了目前该领域的主要研究方向及其存在的问题, 分析了我国生物质能的研究和开发中存在的障碍, 并提出了相应的对策。

## 0引言

能源危机已成为世界性的问题, 是制约当今社会经济发展的瓶颈, 而且化石能源的使用也造成了严重的环境污染和生态破坏。生物质作为世界上的第四大能源, 具有可再生性、资源丰富、环境友好等特点, 可替代部分石油、煤炭等化石燃料, 成为解决能源与环境问题的重要途径之一。因此, 开发生物质能利用技术已成为各国竞相投入研发的热点。

## 1国内外生物质研究和利用现状

生物质是人类利用最早的能源, 包括所有动植物和微生物以及由这些生命体排泄和代谢的所有有机物质。由于生物质的可持续利用, 不会增加二氧化碳的净排放, 因此全球气候将受益于生物质的广泛应用, 符合能源需求和环境保护的要求。生物质能源的开发利用早已引起世界各国政府和科学家的关注, 许多国家都制定和实施了相应的开发研究计划, 如美国的能源农场、巴西的酒精能源、日本的阳光计划等等。我国政府及有关部门对生物质能源利用也极为重视, 开展了如薪炭林、沼气工程、生物质压块成型、气化与气化发电、生物质液体燃料等各类生物质能利用技术的研究与开发, 为生物质能发展奠定了坚实的基础。

### 1.1国外发展现状

生物质的转化可以分为物理方法, 热化学转化方法, 生物转化方法。物理方法只是改变生物质的形状、致密度, 以便于应用和储藏; 热化学转化法是通过热化学将生物质转化制备得到一氧化碳、氢气、小分子烃或生物质油等物质; 而生物转化是通过微生物或酶把生物质进行生化反应的过程。

美国目前生物质发电的总装机容量达到104MW, 单机容量达10~25MW, 生物质能利用占一次能源消耗总量的4%左右。其在沼

气发电领域处于世界领先水

平, 总容量已达340MW。纽约的斯塔滕垃圾处理站投资

$2 \times 10^8$

美元, 采用湿法处理垃圾, 回收沼气, 用于发电, 同时生产肥料。美国西肯塔基大学开发了一种新型的生物质空气气化生产高热值低焦油燃气技术, 焦油含量很低, 碳转化率和气化效率较高。美国国家可再生能源实验室进行了煤生物质流化床高压联合气化的研究, 获得了满意的结果; 并对各种生物质能利用技术进行了一系列的分析和评价。加拿大西安大略大学开发的生物质直接超短接触液化技术大规模工业化生产成本仅为50加元/t, 是生物质液化技术的重大突破。

欧洲是生物质能开发利用非常活跃的地区。目前德国政府对沼气发电入网进行补贴, 以此来鼓励农户使用沼气技术, 并拨专款对沼气技术进行开发和研究。根据德国沼气协会的计算, 以德国目前的技术水准, 每年可使用沼气发电 $6 \times 10^{10}$

kW, 占全部用电量的11%。德国大学TUBINGEN开发了低温裂解装置处理城市垃圾, 加料流量达2t/h。荷兰Twente大学开发了旋转锥式反应工艺。奥地利成功地推行建立燃烧木质能源的区域供电计划, 目前已有九十多个容量为1000~2000kW的区域供热站, 年供热1000MJ。瑞典和丹麦正在实行利用生物质进行热电联产的计划, 使生物质能在提供高品位电能的同时, 满足供热的要求。

巴西是世界上最大的由甘蔗杆制乙醇的生产国和消费国。生物质特别是甘蔗废弃物或甘蔗渣, 在巴西能源中占有举足轻重的作用。2006年, 巴西的乙醇总产量达到 $1.75 \times 10^{10}$  L, 占全球总产量的38%, 其44%的交通燃料为乙醇。目前看来, 物理化学转化和生物技术的交叉, 融合将是生物质应用技术的发展趋势。

## 1. 2国内研究现状

我国对生物质能源利用极为重视，已连续在四个五年计划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，开展了生物质能利用新技术的研究与开发，取得了较大的进展。

生物质气化方面，近年来国内科研单位取得了明显进展。中国科学院广州能源研究所在循环流化床气化发电方面取得了一系列进展，已经建设并运行了多套气化发电系统；中国林业科学院林产化学工业研究所在生物质流态化气化技术、内循环锥形流化床富氧气化技术方面取得了成果；西安交通大学近年来一直致力于生物质超临界催化气化制氢方面的基础研究；中国科技大学进行了生物质等离子体气化、生物质气化合成等技术的研究；山东大学研究了固定床气化技术。目前气化技术已进入应用阶段，特别是生物质气化集中供气技术和中小型生物质气化发电技术，由于投资较少，比较适合农村地区分散利用，具有较好的经济性和社会效益。

生物质固化成型方面，从20世纪80年代中期起我国开始了成型燃料的开发研究，通过引进、消化国外先进机型，研制出各种类型的适合我国国情的生物质成型机，用以生产棒状、块状或颗粒生物质成型燃料。河南农业大学开发了H PB2 型液压驱动式双向挤压秸秆成型机，并进行了市场化的积极探索。总体来看，目前我国的生物质固化成型装备距国际先进水平还有不小的差距。我国生物质热解液化技术的研究尚处于起步阶段。1997年，沈阳农业大学的董良杰，采用Kissinger法和Dzawai法对动力学参数进行了验证，开展了木屑及其组分热裂解反应动力学的研究。中国科技大学研制了一种电热式快速流化床生物质热解液化设备，可以用于各种固体生物质的液化。

我国是世界上沼气利用开展的较好的国家，生物质沼气技术已进入商业化应用阶段，污水处理的大型沼气工程技术也进入了商业示范和初步推广阶段。目前已建成农村户用沼气池近 $1.7 \times 10^7$ 个，建成大中型沼气工程2400多处，形成了年产超过 $8 \times 10^9 \text{m}^3$ 沼气的生产能力。

## 2生物质能现代化利用技术概述

生物质能现代化利用技术主要包括生物质气化技术、生物质固化成型技术、生物质热解液化技术和沼气技术。其主要涉及到物理、化学、生物等多学科领域的交叉、渗透。

### 2.1 生物质气化技术

生物质

气化是在不完全燃

烧条件下，利用空气中的氧气或含氧

物质作气化剂，将生物质转化为含CO，H<sub>2</sub>，CH<sub>4</sub>

等可燃气体的过程。目前气化技术是生物质热化学转化技术中最具实用性的一种。气化反应过程同时包括固体燃料的干燥、热分解反应、还原反应和氧化反应。

目前气化技术主要的研究方向如下：

(1)新的气化方法和气化工艺的研究。郭建维利用废弃的白木屑在流化床生物质气化系统上进行了催化裂解气化实验研究，在制备了多种镍基催化剂的条件下，对不同催化剂的裂解气化性能进行了评价。日本东京工业大学建立了高温空气气化的实验装置，对煤和废弃物进行了实验研究，并于1999年由吉川邦夫提出了高温空气气化的初期理论框架。卡尔森·P将高温空气气化技术与IGCC相结合形成MEET2IGCC系统，空气过剩系数可以大大减少、合成煤气热值得到较大提高、系统热效率可达40%以上等优点。

(2)生物质气净化技术和洗焦废水的处理。目前生物质气化去除焦油的方法主要包括普通方法和催化裂解法。普通方法去焦油产生的洗焦废水容易造成二次污染。张文华采用好氧生物处理技术来处理洗焦废水，用首都师范大学生物系保存的两株假单胞菌混合后对气化洗焦废水进行生物降解，当洗焦废水浓度为100ml/L时，COD去除率可达到81.4%。催化裂解法是在一定温度下，使用催化剂把焦油分解成永久性小分子气体，裂解后的产物与燃气成分相似，避免了洗焦废水的污染问题。常见的催化剂有镍基、木炭和白云石催化剂。镍基催化剂活性高，但易被气化过程中所生成焦炭覆盖其活性表面使活性下降，而且目前使用镍基催化剂成本比较高。吴正舜采用高温以及木炭催化的双重功效对焦油裂解进行了工业应用研究。实验结果表明，裂解操作温度控制在800 以上时，对燃气中的焦油有明显的裂解作用。

(3)超临界水生物质催化气化制氢技术。在超临界水中进行生物质的催化气化，生物质的气化率可达到100%，气体

产物中H<sub>2</sub>

的体积百分含量甚至可超过50%，反应不生成焦油、木炭等副产品。对于含水量高的湿生物质可直接气化，不需要高能耗的干燥过程。西安交大动力工程多相流国家重点实验室在国内最早开展了这方面的研究，设计了一套连续反应式超临界水生物质催化气化制氢实验装置，对葡萄糖液模型化合物和花生壳的超临界水催化气化进行了研究，讨论了反应物、催化剂、反应条件等因素的影响运用过渡态理论，对羧甲基纤维素钠(CMC)和锯木屑/CMC的超临界水气化反应动力学进行了研究。由于在超临界水气中所需的温度和压力对设备要求比较高，这方面的研究目前还主要停留在小规模实验研究阶段。

## 2.2 生物质固化成型技术

生物质原料作为燃料存在能量密度小、运输和储存成本高、占用空间大等缺点，这成为制约生物质资源规模化利用的“瓶颈”；生物质固化成型技术是将分散的各类生物质原料经干燥、粉碎到一定粒度，在一定的温度、湿度和压力条件下，使原料颗粒位置重新排列并发生机械变形和塑性变形，成为规则形状的密度较大的固体燃料。固化成型燃料既可以提高原料的密度、减少运输和储运成本，又可以改善原料的燃烧性能、提高燃烧效率，是解决生物质资源规模化利用的有效方法。

生物质固化成型技术主要的研究方向如下：

(1) 生物质固化成型工艺的研究。生物质成型工艺主要分为湿压成型、热压成型和炭化成型。热压成型是目前普遍采用的生物质压缩成型工艺，其工艺过程一般可分为原料粉碎、干燥混合、挤压成型和冷却包装等环节。针对不同的原料种类、粒度、含水率等影响因素，应采用不同的工艺类型、工艺流程。樊峰鸣以玉米秸秆、大豆秸秆为原料，采用改进型生物质秸秆成型机，就大粒径秸秆粒度、含水率等对成型密度、抗水性影响因素进行了研究。结果发现，原料含水率在8%~15%时均很容易压缩成型，在12%左右成型效果最佳。

(2) 生物质压缩成型机的研究。生物质压缩成型机主要分为螺旋式、活塞式和压辊式。压辊式又分为平模式和环模式。螺旋挤压式成型机开发应用最早，但成型部件(尤其是螺杆)磨损严重和单位产品能耗高；活塞式成型机靠活塞的往复实现运动，按驱动动力可以分为机械驱动式和液压驱动式；压辊式成型机主要用于生产颗粒状成型燃料。其主要工作部分是由压辊和压模组成，原料在压辊的作用下被压入压膜上的成型孔内。目前的成型设备及配套设备缺乏相应的技术标准，不同的设计单位设计的成型机千差万别，成型机对各种原料的适应性差，使成型设备的生产难以产业化。

(3) 生物质成型燃料燃烧特性的研究。成型燃料的燃烧特性对于燃烧过程的结焦现象有很大的影响，其数据一般通过热重分析试验获得。生物质成型燃料因为密度和能量密度的变化以及形状等因素的影响，其燃烧特性与松散生物质原料不同。余有芳、盛奎川研究了棉秆成型块等生物质固体燃料在小型移动层上吸式热解燃烧炉中的热特性。结果表明，密度较大的棉秆成型块升温速率和降温速率均较低，挥发份的逸出时间增加，高温燃烧时间延长。目前对于成型生物质燃料的燃烧特性及其燃烧时的结焦现象的研究还很少，阻碍了成型燃料的广泛应用。

## 2.3 生物质液化技术

生物质液化技术主要是指生物质的热裂解液化。生物质的热裂解液化是指在中温(500 )高加热速率(可达1000 /s)和极短的气体停留时间(约2s)的条件下生物质发生的热降解反应，生成的气体经快速冷却后可获得液体生物油，所得的油品基本上不含硫、氮和金属成分，是一种绿色燃料。生产过程在常压和中温下进行，工艺简单、成本低、装置容易小型化、产品便于运输、存储，因此生物质热解液化技术受到国际上的广泛重视。

生物质液化涉及的研究内容如下：

(1) 热裂解反应动力学及机理的研究。目前热解工艺技术未能供商业化运营，主要原因是生物质热解过程十分复杂，对其原理的了解还远远不够，这在很大程度上制约了热解技术的提高与发展。为制定合理的热解工艺、有效地利用生物质热解技术，必须对生物质热解反应过程作深入的研究。Lanzetta对玉米和小麦秸秆的等温热失重动力学进行了研究，发现在较低温度时，热解为单段反应过程，此过程生成焦炭和挥发份；当反应温度在247 以上时，明显分为两个反应阶段。第一阶段形成挥发份和固相中间体，在第二阶段这种固相中间体进一步裂解成挥发份和固体残渣，第一阶段比第二阶段热解速度快得多，与释放出的大量挥发份有关。

(2) 热裂解装置的研究。在生物质快速热裂解的各种工艺中，反应器的类型及其加热方式的选择，在很大程度上决定了产物的最终分布。常用的制取生物质液体燃料的反应器都具有加热速率快、反应温度中等、气相停留时间短等共

同特征。常见的几种反应器有旋转锥式、流化床式、固定床式、携带床式等。

(3)生物油成分和理化特性的分析。确定生物油的主要组成成分有利于生物油的应用，目前，各研究单位均采用色质联机分析技术，对其进行初步定量分析。如果将生物油应用于现有的燃烧设备，就必须采用一定的手段和方法测定生物油的某些理化性质，如粘度、水分、热值等。生物油理化特性和组成成分分析，可以对生物油进行进一步的精制处理提供依据。

(4)新型液化技术。主要包括加压液化和超临界液化。生物质加压液化是在较高压力下的热转化过程，温度一般低于快速热解。Yokoyama等开发出了一套在高压惰性体中用 $\text{Na}_2\text{CO}_3$ 等催化剂、不使用 $\text{CO}$ 或 $\text{H}_2$ 等还原性气体的生物质液化技术。超临界液化是利用超临界流体良好的渗透能力、溶解能力和传递特性而进行的生物质液化。刘孝碧、曲敬序等在间歇高压釜实验装置上，采用乙醇和水在亚/超临界状态下对玉米秸秆进行液化反应，考察了乙醇摩尔含量对玉米秸秆在超/亚临界乙醇-水中萃取过程的影响，并对液化产物进行了初步分析。研究结果表明，随着乙醇摩尔分数的增加，玉米秸秆液化的转化率和萃取率呈现先增加后减少的趋势，油溶物含量增大，有机水溶物含量减小。

## 2.4 沼气技术

沼气是把有机物质在一定条件下经过微生物发酵作用而生成的以甲烷为主的可燃气体。沼气的主要成分是甲烷和二氧化碳，属中等热值燃气。沼气既能有效处理有机废物、改善卫生状况，而且还可提供大量清洁能源。沼气技术的研究和大力推广，对于改善生态环境和保证经济的可持续快速发展有重大意义。

沼气技术涉及的主要内容和方向如下：

(1)沼气发酵技术。沼气发酵技术是指从发酵原料到产出沼气的整个过程所采用的技术和方法，主要包括原料的预处理，接种物的选取和富集，消化器结构的设计等一系列技术措施。沼气发酵对厌氧环境、接种物-菌种选择与富集培养、合理配料、料液pH值、发酵温度等条件有严格的要求。常用的几种消化器包括高速消化器、接触式厌氧工艺、厌氧过滤器等。目前的研究主要集中在大中型沼气工程的发酵工艺和小型沼气池的商品化方面。

(2)沼气发电技术与沼气燃料电池技术。沼气燃烧速度慢，造成沼气发动机燃烧持续期长，燃烧效率低，后燃严重。为此通常采用柴油引燃和快速燃烧系统等措施。燃料电池是将储存在燃料中的化学能直接转化为电能，具有能量转化效率高、污染低、既可集中供电也可分散供电的特点。目前的研究主要集中在提高沼气发动机效率和沼气燃料电池性能方面。

(3)沼气的综合利用技术。以沼气设施为纽带，以沼气综合利用技术为核心的各种“生态农业模式”，并以各种资源进行了有效整合和综合利用，既改善了生态环境，又提高了资源的利用率。涂国平、贾仁安等以江西丘陵红壤为对象，研究了沼气生态工程对提高土壤有机含量的作用。但目前总体来讲，对于“生态农业模式”中的具体技术细节尚缺乏深入研究，对综合利用的研究深度和规范性有待提高。

## 3我国生物质能研究应用中存在的问题和应对策略

### 3.1 存在的问题

我国在生物质能源开发方面取得了巨大成绩，但技术水准却与发达国家相比仍存在一定差距；在我国现实的社会经济环境中，还存在一些消极因素制约和阻碍着生物质能利用技术的发展、推广和应用。

(1)由于资源分散，收集手段落后，我国的生物质能利用工程的规模很小，离产业化尚有一段距离；设备管理水平差，设备利用率低，转换效率较低。

(2)生物质能中的关键技术还未能完全解决。如：厌氧消化产气率低，气化利用中的焦油问题，沼气发电与气化发电效率较低等。

(3)民众对于生物质能源还缺乏足够的认识和热情。

### 3.2 应对策略

- (1) 针对生物质资源分散、收集困难的特点，应大力开展小型生物质利用设备的研制和推广，因地制宜，建立分散、独立的生物质能源系统。
- (2) 国家应加大对生物质能源研究的投入，集中精力和资金，重点研究一项或几项适合国情生物质能利用技术，并解决其关键问题，争取在尽快的时间推广使用，实现商业化。
- (3) 加大对生物质能企业的扶持力度，鼓励企业对生物质能的研究开发，对采用生物质能技术的企业适当进行补贴。各级政府应尽快制定和落实相关优惠政策，如减免税、价格补贴、贴息贷款和电力上网等，鼓励生产和消费生物质能源。
- (4) 加强对民众进行生物质能技术的宣传。

### 4 结论

鉴于传统化石能源的逐渐枯竭、能源需求的日益增长和生物质的特点，以及生物质对于经济发展、社会稳定和国家安全的作用越来越突出。因此，世界各国都展开了广泛的研究，也取得了一定的成果。本文对生物质能的现代化利用技术进行了阐述，包括生物质气化，固化成型，生物质液化技术以及沼气技术，分析了国内外对生物质能研究的主要方向，对目前生物质利用中存在的问题和应对策略提出了意见和建议。由于生物质能利用的复杂性和系统性，现有的技术水平距商业化和大规模应用尚有一段距离，普遍存在着设备能量转化率不高以及对各种技术的机理研究不够深入等问题。对此，建议国家应该加大对相关研究的投入和对相关产业的扶持力度。

原文地址：<http://www.china-nengyuan.com/tech/81226.html>