

生物质能源的应用技术研究

王雨生，傅建祥

(青岛农业大学学报编辑部，山东青岛266109)

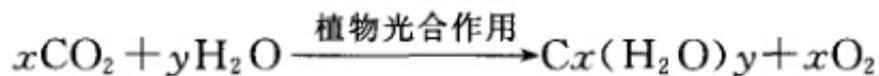
摘要：化石能源的日益紧缺及其衍生的环境污染问题越来越严重。生物质能源的开发和应用，以其可再生性和环保性，越来越受到人们的重视。就目前的应用现状来看，其应用形态，主要分为固态生物质能源、液态生物质能源和气态生物质能源三种。采用物理方法的生物质固态成型技术的优势在于设备简单，生产工艺简便，利用方式简洁，但也同样存在着加工方式粗放，能源转换效率低下等劣势。液态生物质能源能够直接替代现在化石能源的可能性最大，但是它的生产工艺复杂，专业化集成度较高，推广有一定的限制。气态生物质能源利用最广泛，主要有气化发电和农用沼气等方式。存在的主要利用瓶颈就是气态生物质当中含有多种杂质，去除杂质的方法缺乏。经过研究发现，虽然生物质能源的发展受到一些限制，但是随着其利用技术的进步和现代经济社会的发展，生物质能源的开发和利用前景很广阔。

随着经济的迅速发展，人们对能源的依赖程度越来越高。但人们也越来越清醒的认识到，以煤、石油、天然气为主的化石能源储量有限，是不可再生能源。近百年来，全球各国不同程度的对化石能源进行了过渡性开采，化石能源的枯竭已是迟早之事，已不能满足人类飞速发展的需求。而且化石能源的集中大量消耗，对人类居住的环境造成严重的污染，引发全球气温升高，从而影响了生态环境。因此，能源紧缺问题、环境污染问题已成为当今世界必须面对解决的重要问题，开发新的可再生绿色能源，便成为各国面临的重要课题。世界能源发展已进入新一轮战略调整期。[1] 生物质能源是目前人类可利用绿色可再生能源之一，世界能源委员会将生物质能源列为可再生能源的首选。生物质能源分布广泛，几乎处处都有，各国对生物质能源的开发与利用早已如火如荼的展开了，有些技术已经产业化。

1 生物质能源概述

1.1 生物质能源的生成机理.

生物质能源是地球上最普遍的一种可再生能源，它是通过植物光合作用，将太阳能以化学能的形式贮存在生物体内的一种能量形式，被称为绿色能源。狭义的生物质一般是指植物体在生长过程中，将太阳能转化为化学能，并存储在植物体各个器官内的能源物质形式。广义的生物质还包括以植物体或某器官为食物而转化至动物、微生物等生命体获得的能源物质形式，包括利用现代技术加工生物体或器官后剩余的废弃物等。因此，生物质能源从根本上说，来源于太阳能，使所存储的能量转移至生物质依赖于光合作用，作用如下：



因此生物质主要为含碳、氢有机物，具有含硫、氮少，CO₂排放几乎为零的优点，另外一般还含有少量的钾、钠等金属元素。

1.2 生物质能源开发研究的国内外现状

人类对生物质能源的利用不是刚刚开始，100多年前，人们对化石能源的依赖程度还不高，能源便主要来自于生物质。19世纪末20世纪初，对能源的需求急剧增加，随着煤炭开采业的发展，煤炭迅速替代生物质，成为人类主要能源来源，生物质能源在人类消耗的能源中的比例逐步缩小。

1.2.1 国外研究现状

目前，许多国家对生物质能源开发利用已进行了大量研究和实践。生物质固化成型技术在欧美、日韩等国家已比较成熟，生物质固化燃料在日、美等国家已经商品化，工业生产、家庭采暖等均有使用。

日本和欧美等国家的小型生物质燃料设备已经产业化，在供暖、发电领域得到普遍推广。国外已有较先进的流化床反应器、循环流化床反应器、真空热裂解反应器等生物质制备设备。美国在生物质气化发电方面处于世界领先地位，发电量已超过其利用风能、太阳能、地热能发电的总和。1980年，美国提出以生物柴油代替化石柴油战略，2005年成为世界第一燃料乙醇生产大国。巴西长期以来将推广乙醇燃料作为国家重要能源政策之一。美国和巴西是世界上最大

的燃料乙醇生产国。

1.2.2国内研究现状

我国生物质直燃发电和气化发电已逐步实现了产业化，燃料乙醇技术正在起步应用，已建成燃料乙醇示范厂；生物柴油技术已进入产业示范阶段；大中型制气工程工艺技术已日趋成熟。生物质的直接、间接液化生产液体燃料技术准备进行工业示范。据估算，地球上每年光合作用产生的生物质能量是世界主要燃料消耗的10倍，而其利用量还不到1%。我国是一个农业大国，具有丰富的农林生物质资源，因此，开发生物质能源具有深远的意义，应用前景广阔。

1.3生物质能源的几个主要来源途径

目前，用于生物质能源开发的主要是非粮生物质，如作物秸秆、林场枝叶废弃物，畜牧粪便、动物产品下脚料，生活垃圾，城市有机废水和污泥等。长期以来，人们对生物质资源中的固体废弃物常用的处理方法为堆肥、填埋、焚烧等。堆肥法和填埋法周期长，且容易对土壤和水资源造成二次污染；焚烧法可以利用其热值，但投资巨大，成本高，容易造成大气污染。因此，这些废弃物的有效利用不仅可以增值形成新能源，还可以解决环境污染问题。

1.3.1作物秸秆

农作物秸秆是非常丰富的可再生生物质资源，包括小麦、玉米、高粱、棉花、大豆、水稻等农作物收获后的废弃部分，还包括农产品加工后的废弃部分，如甘蔗渣。我国每年产秸秆量相当于3.5亿t标准煤，去除工业使用、粉碎还田、饲料、培养食用菌、农户炊事及取暖焚烧等使用外，至少剩余30%，常直接被焚烧，不仅造成大量能源资源浪费，而且导致环境污染。因此，将废弃的秸秆充分利用，既可以提取所含能量，又可以改善农村环境，减少空气污染，利用后的秸秆灰还可以直接返田增加土壤无机肥料。

1.3.2畜禽粪便

我国畜禽业比较发达，养殖的畜禽主要为牛、猪、鸡。家庭圈养、散养的畜禽粪便搜集不便，且很多养殖户直接将粪便沤肥用于肥田；但规模化畜禽养殖场，每年产生大量养殖粪便和污水，有机物的闲置对环境和地下水造成了极大

3

沼气。据统计，2007年我国畜牧粪便实物量为12.47亿t，其中可开发部分总量为8.84亿t，预计2015年规模化粪便实物量将达到32.5亿t。畜牧粪便资源巨大，而且逐年增加，是沼气产业重要的原料来源。

1.3.3园林、林业废弃物

为改善城市生态环境，我国非常重视城市绿化质量。据资料显示，2011年，我国城市建成区绿化覆盖面积已达到16.2万hm²，绿化覆盖率为38.62%。随着城市园林绿化的繁荣，每年都有大量残枝落叶和草坪修剪废弃物。我国林地、林厂木材加工残余料及树林废弃物每年约有2亿t未被利用，不进行妥善处理，极易构成火灾隐患。林业废弃物、木材加工剩余物、园林绿化剩余物资源集中，收集方便，是可有效开发的重要生物质资源。

1.3.4其他生物质资源

工业生产有机废弃物、污水及城市生活餐厨垃圾等蕴藏着大量的生物质能源。城市生活垃圾中约有30%为有机垃圾，我国生活垃圾年产量达2亿t，且每年以10%速度增长，对环境产生了严重危害。食品加工、畜禽屠杀、水产养殖和渔业、制糖、酿酒、造纸等行业每年产生的有机废弃物非常可观。据不完全统计，仅农产品加工行业每年产生的废弃物可产500亿m³沼气。城市垃圾、工业生产有机废弃物相对比较集中，非常利于搜集。

另外，我国粮食主产区的陈化粮也是非常可观的生物质资源，除工业生产外，必要时也可以作为能源资源使用，但要注意防止“与人争粮”。其他的还有甘蔗、木薯、菊芋、高粱等。在贫瘠土地上可茂盛生长的各种植物，均为丰富可开发的生物质资源。吴志庄等还提出，可以利用我国资源丰富、分布广泛的竹类资源，以竹类加工剩余物(约占60%)为原料可以生产生物乙醇，还可以进行发电。

2 生物质能源的主要应用技术

生物质能源的利用主要通过物理法、化学法和生物法等技术手段,将生物质材料转化为工农业生产中可直接使用的能源物质。从转化产品的状态来看,可以有固态能源、液态能源、气态能源。固态能源主要为生物质颗粒;液态能源有生物乙醇、生物柴油、裂解油等;气态能源有沼气、氢气、生物质燃气等。

2.1 固态生物质能源的应用技术

2.1.1 固态生物质能源的成型机理

生物质原材料一般质地松散,含水量大,空间占用量大,不易仓储和运输,燃烧效率低,因此,大部分生物质原材料使用前需要处理。一般将生物质原材料进行干燥、粉碎或切断,或首先经过炭化工艺,再压缩,靠原料内部的粘结力互相啮合在一起而成型,从而使松散、多水分的生物质原材料变为松弛密度和强度均较高的固体成型燃料或颗粒状材料,便于运输,燃烧效率高。通常,生物质材料中纤维素和木质素的含量影响常温下颗粒成型的难易,成型燃料的松弛密度和耐久性可反映其性能。用于成型的生物质原材料多为秸秆、林场废弃物等,也有将畜禽粪便加工为生物质颗粒物的。齐菁等研究了稻壳生物质颗粒的成型机理,用电子显微镜观察了颗粒内部结构,成型效果好,认为可以作为生物质颗粒。魏伟研究了以油茶果壳为原料的固体燃料成型规律,并设计了一条理论上年产4万t的颗粒燃料加工生产线。钱新锋提出,将园林修剪物等炭化处理制备生物碳,还可用于改善土壤环境。

2.1.2 固态生物质能源的生产设备

用于生物质原材料成型的设备有螺旋挤压式、活塞冲压式和模压式3类。国内大部分采用模压式生产工艺,主要有冷压成型、热压成型和炭化成型。模压成型的优点是生产效率高,原料适应性强。霍丽丽^[2]等的研究为生物质颗粒燃料成型机具的设计提供了理论依据,目前,我国自主研发的成型设备已达国际先进水平,2013年,江苏新能源技术有限公司将 3.3×10^7 t固体成型燃料出口至日本,表明我国固体成型燃料已实现规模化生产,实现商品化。

2.1.3 固态生物质能源的缺点

缺点主要有:常用成型设备生产效率低下,原料适应性低,能耗高,设备关键部件(如模具)磨损快,因而发展速度相对缓慢。另外,产品标准化程度低,应尽快完善相应生产标准,使产品标准化,同时发展相应的配套设备,如提供部件统一的燃烧炉,以供标准化的成型生物质燃料得以高效率地燃烧。

2.2 液态生物质能源的应用技术

根据联合国能源组织的评估,地球的石油储量正在急剧减少,寻找新型液体燃料已日益受到世界各国的重视。可再生能源有太阳能、风能、水能、地热能和生物质能,生物质是可再生能源中唯一可以制得液态能源的材料,因此生物质液态能源的发展应是能源战略发展的重点。利用生物技术,在酶等微生物的作用下,可将某些生物质转化为生物乙醇及其他化工原料,也可以利用化学方法制得生物柴油等燃料,可广泛应用于工农业生产。

2.2.1 生物乙醇的形成机理

经欧美等国家的长期实践证明,生物乙醇是替代石油的主要选择。植物通过光合作用,将太阳能储存于植物体内,形成生物质能。利用生物技术,将生物质能转化为生物乙醇,作为能源使用。其循环如图1所示。理论上,光合作用合成1分子葡萄糖需要6分子 CO_2 ,酒精发酵和燃烧共释放6分子 CO_2

,所以,酒精燃烧并不增加大气中 CO_2

浓度。工业生产中,首先将糖类降

解为酸,并在各种酶的作用下转变为乙醛及 CO_2

,进而再转变为乙醇。作为燃料用乙醇,乙醇含量要求达到99.5%,所以生物乙醇的生产过程中对脱水处理要求严格。

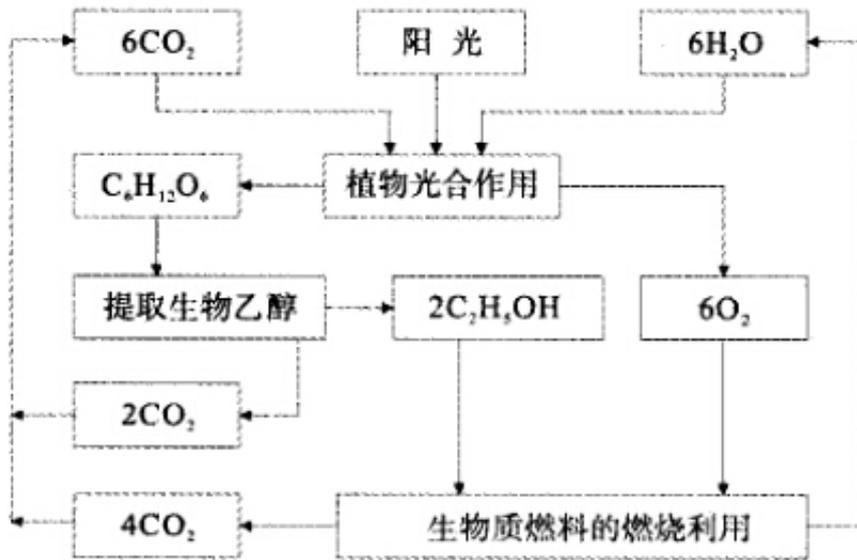


图1 光合作用与燃料乙醇的物质循环过程

2.2.2 生物乙醇的生产材料

生产生物乙醇的材料主要有糖类、淀粉类和纤维木质素类。在原料方面，美国主要采用玉米生产生物乙醇；巴西是全球第二大生物乙醇生产国，几乎所有生物乙醇都是用甘蔗生产；欧盟以小麦和甜菜为主，中国则以玉米、小麦、木薯为主。

根据《国家能源科技“十二五”

规划》，2010年，我国燃料乙醇产量为 1.69×10^6 t，2015年将再增加 3.0×10^6

t。我国人多地少，基本国情决定了利用玉米进行醇化加工生成生物乙醇(又称为第一代生物乙醇)必将陷入“与人争粮、与粮争地”的困境。第二代生物乙醇是将秸秆、木材中的纤维素降解进行转化，目前有浓酸水解、稀酸水解、酶催化水解等方法。这些方法或条件要求苛刻，或效率低、速度慢，或高能耗、不绿色，所以第二代生物乙醇目前还停留在技术研究中试阶段。可替代第一代生物乙醇原材料——玉米的甜高粱、木薯等非粮能源作物，可以较好的生成生物乙醇，又称为1.5代生物乙醇。

甜高粱和木薯等可在盐碱地、沙地等低质土地生长，产量较高，是当前发展燃料乙醇的较好原料。目前，我国生物乙醇生产原料主要依赖陈化粮，成本过高，需要依赖国家补贴。而我国沿海等地区尚有大量低质土地未开发利用，可以发展种植甜高粱等能源作物。清华大学研发的甜高粱连续固体发酵生产乙醇技术具有国际领先水平，将推动中国生物乙醇能源的发展。因此，大力开发盐碱地、沙地等荒地，研究种植甜高粱等非粮能源作物，将可以有效降低1.5代生物乙醇生产成本，促进产业早日商业化发展。

生物乙醇的迅猛发展，使得作为原料的农产品的价格与能源价格紧密相连。能源作物价格优势甚至会使森林草地逐渐变为能源作物的种植地，从而对环境产生不利影响。倪红艳等研究发现，当乙醇玉米需求占产量比重达到15%时，玉米价格会大幅上涨，同时饲料、工业及食用玉米需求下降幅度也比较大，此时会对我国的粮食安全形成较大压力。

若乙醇玉米占用耕地过多，必将影响粮食安全，因此必须寻找其他生物质原料。目前，我国已经形成了“不与人争粮，不与粮争地”的基本共识，发展生物乙醇开始向“非粮”原料转移，充分利用农副产品或其加工剩余物。牟晓红等以花生壳为原料，用混合菌种发酵法提取生物乙醇，发酵得到的乙醇转化率为46.06%，乙醇得率为14.65%。于洪久等以不同的处理方式和反应条件提高菊芋生产生物乙醇的生产率。与此同时，以海洋藻类为原料的第三代生物乙醇技术的研发也正在成为能源领域关注的热点。张志奇等采用发酵法，以海带为原料，在实验室中提取了生物乙醇。钱龙等认为，筛选厌氧海藻酸降解菌，并进行基因工程改造，强化乙醇生成途径，是一种颇有前景的方案。另外，刘政坤通过对甘蔗渣的酶解液进行发酵显示，浒苔酶解液在还原糖利用率、葡萄糖利用率、乙醇产率方面都比甘蔗渣高。以浒苔为原料发酵生产乙醇展现了良好应用前景。

2.2.3 生物乙醇的应用

生物乙醇除了做燃料乙醇外,还可以用于工业生产。乙烯是一种重要的化工产品,需求量很大。长期以来,乙烯的生产严重依赖于化石能源。化石能源危机迫使乙烯的生产选择新的生产原料,而利用生物乙醇制备乙烯则是一个很好的方向。生昌国等认为,生物乙醇制作乙烯条件温和,具有势不可挡的优势,成本低,绿色环保,是一条可持续发展的化工路线。

2.2.4 生物柴油的生产技术

生物柴油的主要成分是脂肪酸甲酯。工业上生产生物柴油主要有物理法和化学法。物理法又有混合法和乳化法之分,化学法主要有酯交换反应、高温热裂解及酶催化等方法。酯交换反应所需生物质原料要求不高,生产成本相对较低,应用广泛,工业生产多采用这种方式。但酯交换反应过程存在副产物复杂、可造成二次污染等问题,生物柴油替代燃料模型和反应机理尚不明确,是生物柴油发展的一个瓶颈。但生物柴油在很多方面具有化石柴油所不及的优势,如润滑性能,燃烧性能等,是一种可再生清洁能源。

2.2.5 生物柴油的生物质材料

起初的生物柴油是以油料植物的果实、种子、植物导管乳汁油酯(如大豆、菜籽、棉籽等)及部分含油量较高的野生植物和餐厨垃圾、动物油脂等为原料,通过酯交换反应工艺制成。生物柴油的原料可来自于动、植物油脂,也可来自于各种废弃食用油、地沟油、化石柴油的回收再利用。我国工业化生产生物柴油主要以菜籽油、棉籽油、乌桕油、木油、茶油和地沟油为原料制备。胡南方地区是我国非粮生物柴油能源植物的分布中心,83.9%以上生物柴油能源植物分布在此。

近些年又提出了微藻生物柴油,利用海水培养的微藻含油量很高,产量大,生产绿色无污染,已成为生物柴油产业技术研究的热点。美国是开发微藻生物柴油起步最早的国家。微藻为原料制备生物柴油具有培养周期短、产油效率高、油脂质量好、环保、节省土地,改造空间大等优点。_5微藻易养易收,不与粮食作物、经济作物争地,含脂肪酸等生物质能巨大,是新型生物柴油原料油源之一,也是未来生物柴油发展的趋势之一。国内外微藻生物柴油大多处于试验阶段,制约微藻生产生物柴油工业化的一个重要原因是原料成本高,生物柴油生产成本的75%来自于原料成本,在价格上,利用微藻生产的生物柴油与化石柴油相比没有优势。因此,降低微藻产油成本仍是重要的研究方向。

2.3 气态生物质能源的应用技术

2.3.1 气态生物质能源的生成机理

气态生物质能源生产方法包括生物发酵法、生物质气化法。生物质在厌氧或缺氧的条件下,添加合适的酶、菌等,便可发酵为沼气。沼气的主要成分是甲烷,沼气的产生是微生物新陈代谢的结果,微生物从生物质材料中吸收能量,生成甲烷、二氧化碳。生产沼气的原材料主要为秸秆、畜禽粪便等。尹艺冉等对生物能源产生的热值进行了分析,表明厌氧产甲烷过程更适于水生植物的资源化。

对生物质进行高温热解,即生物质在常压或加压的条件下,温度在700 甚至更高时,通入适量的氧气或空气介质,生物质可热裂解,生成含有一氧化碳、氢气、甲烷、 C_mH_n 等可燃混合气体和二氧化碳、氮气等不可燃气体。这种气体称为生物质燃气,纯化后可以供车辆驱动使用。生物质气化制氢是由低品位的一次能源(生物质能)向高品位的二次能源(氢能)的高效转化。

另外还有等离子体热解气化生物质、熔融金属气化生物质等新技术,制得的可燃气体不含焦油,质量优良,但有的能耗很高,或部分生产技术问题未解决,目前仍在研发阶段,未规模推广。

2.3.2 气态生物质能源的生产设备与工艺

目前,生物质气化装置主要有固定床气化炉、流化床气化炉和气流床气化炉,热解气化炉技术成熟的主要有固定床和流化床2种,工艺分单床工艺和双床工艺,单床工艺较为简单,成本低,能耗低,但生成气体在气化炉内停留时间过短,焦油裂解不充分,使得生成气体中所含焦油量较大。焦油通常在800 以上2~3S内即可裂解,因此,提高气化炉温度、增加含焦油气体在气化炉内停留时间,可进一步减少所得气体的焦油含量。双床工艺则增加了一个气化炉,延长焦油在气化炉停留时间,使得焦油进一步裂解,但增加的气化炉需要单独加热升温,由此也增加了能耗,使成本上升。

2.3.3 气态生物质能源的应用于推广

沼气和天然气的主要成分都是甲烷，不同在于甲烷含量。沼气一般含甲烷60%，天然气为90%，纯化至97%即为车用天然气，因此沼气纯化后可同天然气相媲美，又称为生物天然气，用途广泛。在国外，生物天然气用于热电联产、汽车燃料均已多年。

我国生物质气化产业在应用方面主要为气化发电农村气化供气。沼气生产工艺简单，原材料广泛，因其生产成本低而广泛的应用于农村生产生活。我国多地农村都建有小型户用沼气池，如山东莱西、胶州等地，通过管道和专用沼气炉进行炊事或取暖。另外，沼气池中的沼渣还可以肥田，沼液可以用作饲料添加剂等，由此，在增加了农民收入的情况下，又有效减少了农民化肥等的支出。生物质气化集中供气技术在我国也被广泛应用，我国第一个生物质气化集中供气项目位于山东省桓台县东潘村，1994年建成并投产。工业用大型沼气厂可用于发电、规模供暖，效益可观。另外，2011年，广西南宁已进行了车用天然气的商业化运行。曾中华还探索了将生物质气化技术应用在工业窑炉中。

2.3.4 气态生物质能源的缺点

在气化过程中，因生物质材料中含有少量的氮(气化炉中通入空气作为介质时也会增加含氮量)、硫及部分金属元素，使气化产生焦油，从而导致气化炉或者使用气态资源的设备管道易被焦油堵塞。虽然可通过提高热解温度的方式减少焦油，但又会造成高能耗，增加成本。

发展生物质液态能源和气态能源是化石能源替代的战略重点。气态能源和液态能源产品中常含有杂质，不利于工农业生产中能源的利用，如焦油等，增加了生物质能源使用成本。目前已有许多研究来提高生物质产品的利用率，如对生物质进行预处理，改变其物理化学性质，从而使各种反应向着有利方向进行，以逐步提高气态、液态能源的利用效率。

3 总结与展望

将生物质材料转化为工农业生产中可直接使用的能源物质，方法主要有物理法、化学法和生物法。物理法主要为粉碎和加热，工艺简单，但耗能较高，生物法是通过进行微生物降解，处理时间相对较长，化学法主要通过与酸或碱的化学反应，相对耗能低，反应快，但工艺相对复杂，副产物复杂。

生物质能源是绿色、可再生能源，蕴藏量巨大，分布广泛。只要有阳光照射，绿色植物光合作用就不会停止，生物质能则不会枯竭。生物质能源又是可再生能源中唯一可以储存与运输的能源，这给能源转换和连续利用带来方便。我国生物质资源储量丰富，但有效利用率还很低。

化石能源正一步步走向枯竭，而我国的能源消费又逐年递增，2010年中国煤炭消费量已占到全球消费总量的48.3%，能源安全问题已经迫在眉睫。化石能源的集中大量使用给环境和生态带来了巨大的影响，近几年雾霾天气逐年增多，日益严重，十八大报告也已明确提出，要求大力推进生态文明建设，因此，寻找取代化石能源的清洁的、可再生能源刻不容缓，发展生物质能源也是我国促进克霾减排、保护生态环境的有效手段。

发展生物质能源，不仅可以部分替代化石能源，改善生态环境，更在于生物质能源产业的发展可以形成很长的产业链。生物质通常分散于各地，不集中，且与季节、气候有关，这些因素给生物质原料的集中带来了不少麻烦。因此，生物质能源的开发与利用，涉及到农业、交通运输、工业、通信、环保、能源等多行业，使得生物质原料的种植与养殖、收集、运输、仓储、管理等相关行业得以相应发展，各环节都是生物质能源开发利用中必不可少的。因此，生物质能源开发利用必将带动各产业协同统一发展。

原材料大量来源于农林畜牧业，生物质资源的利用将是农业经济一个新的经济增长点，必将直接带动农村经济迅速发展，推动新农村建设的进程。因此，积极发展生物质能源既可以解决国家能源安全问题，又可以有效改善生态环境，还可以为农林畜牧业废弃物增值，增加经济收入，催生新的产业链，是一个一举多得的国家战略。

原文地址：<http://www.china-nengyuan.com/tech/111818.html>