

生物质能源应用研究现状与发展前景

蒋剑春

(中国林业科学研究院林产化学工业研究所, 江苏南京210042)

摘要：生物质能是可再生能源的重要组成部分。生物质能的高效开发利用，对解决能源、生态环境问题将起到十分积极的作用。进入20世纪70年代以来，世界各国尤其是经济发达国家都对此高度重视，积极开展生物质能应用技术的研究，并取得许多研究成果，达到工业化应用规模。本文概述了国内外研究和开发进展，涉及到生物质能固化、液化、气化和直接燃烧等研究技术。从我国实际情况出发，提出研究开发前景和建议。

1 生物质能源的地位

生物质能源是人类用火以来，最早直接应用的能源。随着人类文明的进步，生物质能源的应用研究开发几经波折，在第二次世界大战前后，欧洲的木质能源应用研究达到高峰，然后随着石油化工和煤化工的发展，生物质能源的应用逐渐趋于低谷。到20世纪70年代中期，由于中东战争引发的全球性能源危机，可再生能源，包括木质能源在内的开发利用研究，重新引起了人们的重视。人们深刻认识到石油、煤、天然气等化石能源的资源有限性和环境污染问题。有关资料介绍^[1]

，根据现已探明的储量和需求推算，到21世纪中叶，世界石油、天然气资源可能枯竭，而煤炭的大量使用，不仅自身贮量有限，而且由于燃烧产生大量的 SO_2 、 CO_2 等气体，严重污染环境。日益严重的环境问题，已引起国际社会的共同关注，环境问题与能源问题密切相关，成为当今世界共同关注的焦点之一。有资料表明，化石燃料的使用是大气污染的主要原因。“酸雨”、“温室效应”等等都已给人们赖以生存的地球带来了灾难性的后果。而使用大自然馈赠的生物质能，几乎不产生污染，使用过程中几乎没有 SO_2 产生，产生的 CO_2 气体与植物生长过程中需要吸收大量 CO_2 在数量上保持平衡，被称之为 CO_2 中性的燃料。生物质能源可再生而不会枯竭，同时起着保护和改善生态环境的重要作用，是理想的可再生能源之一。

林业薪炭林和农作物秸秆同属于生物质能源。在目前世界的能源消耗中，生物质能耗占世界总能耗的14%，仅次于石油、煤炭和天然气，位居第4位^[2]。而在发展中国家，生物质能耗占有较大比重，达到50%以上。

我国是一个农业大国，农业人口占总人口70%以上，农村生活用能主要是依靠秸秆和薪材。据统计资料介绍，农村总能耗的65%以上为生物质能，其中薪材消耗量约占总能耗的29%。为了解决农村用能紧缺的问题，我国正在大力发展薪炭林，目前薪炭林总面积已达429万 hm^2 ，年产生生物量达到2.2亿t左右^[3]

。生物质是一种可以与环境协调发展的能源，具有巨大的发展潜力。用包括生物质能在内的可再生能源，用现代技术开发利用，对于建立可持续发展的能源体系，促进社会和经济的发展以及改善生态环境具有重大意义。如何高效开发利用，包括薪炭林在内的生物质能，已经历史地摆在我们面前。

2 生物质能应用技术研究现状

2.1 研究开发技术概况

生物质能的研究开发，主要有物理转换、化学转换、生物转换3大类。涉及到气化、液化、热解、固化和直接燃烧等技术。生物质能转换技术及产品如图1所示。

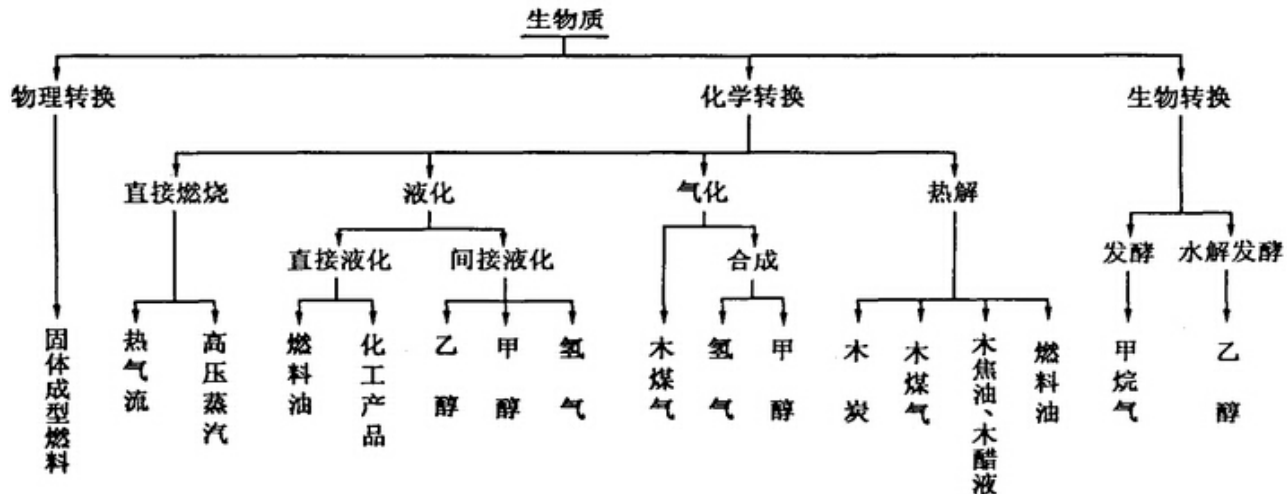


图 1 生物质能转换技术及产品

Fig. 1 Biomass energy conversion technology and products

2.1.1 气化生物质能气化是指固体物质在高温条件下，与气化剂(空气、氧气和水蒸气)反应得到小分子可燃气体的过程。所用气化剂不同，得到的气体燃料种类也不同，如空气煤气、小煤气、混合煤气以及蒸汽——氧气煤气等。目前使用最广泛的是空气作为气化剂。产生的气体主要作为燃料，用于锅炉、民用炉灶、发电等场合，也可作为合成甲醇的化工原料。

2.1.2 液化是指通过化学方式将生物质转换成液体产品的过程。液化技术主要有间接液化和直接液化2类。间接液化就是把生物质气化成气体后，再进一步合成反应成为液体产品;或者采用水解法，把生物质中的纤维素、半纤维素转化为多糖，然后再用生物技术发酵成为酒精。直接液化是把生物质放在高压设备中，添加适宜的催化剂，在一定的工艺条件下反应，制成液化油，作为汽车用燃料，或进一步分离加工成化工产品。这类技术是生物质能的研究热点。

2.1.3 热解生物质在隔绝或少量供给氧气的条件下，加热分解的过程通常称之为热解，这种热解过程所得产品主要有气体、液体、固体3类产品。其比例根据不同的工艺条件而发生变化。最近国外研究开发了快速热解技术，即瞬时裂解，制取液体燃料油[4]。液化油得率以干物质计，可达70%以上。是一种很有开发前景的生物质应用技术。

2.1.4 固化将生物质粉碎至一定的粒度，不添加粘接剂，在高压条件下，挤压成一定形状。其粘接力主要是靠挤压过程产生的热量，使得生物质中木质素产生塑化粘接。成型物再进一步炭化制成木炭。现已开发成功的成型技术按成型物形状划分主要有3大类：棒状成型、颗粒状成型和圆柱块状成型技术。解决了生物质能形状各异、堆积密度小且较松散、运输和贮存使用不方便的问题，提高了生物质的使用热效率。

2.1.5 直接燃烧直接燃烧是生物质最早被使用的传统方式。研究开发工作主要是着重于提高直接燃烧的热效率。如研究开发直接用生物质的锅炉等用能设备。

2.2 国外研究概况 [5]

20世纪70年代开始，生物质能的开发利用研究已成为世界性的热门研究课题。许多国家都制定了相应的开发研究计划，如日本的阳光计划、印度的绿色能源工程、美国的能源农场和巴西的酒精能源计划，纷纷投入大量的人力和资金从事生物质能的研究开发。

生物质能利用研究开发工作，国外尤其是发达国家的科研人员作了大量的工作。

美国在生物质利用方面处于世界领先地位。据报道，美国有350多座生物质发电站，主要分布在纸浆、纸产品加工厂和其它林产品加工厂，这些工厂大都位于郊区。发电装机总容量达700MW，提供了大约6.6万个工作岗位。据有关科学家预测，到2010年，生物质发电将达到13000MW装机容量，届时有16.2万hm²的能源农作物和生物质剩余物作为气化发电的原料，同时可安排17万多就业人员。20世纪70年代研究开发了颗粒成型

燃料, 该技术在美国、加拿大、日本等国得到推广应用。并研究开发了专门使用颗粒成型燃料的炉灶, 用于家庭或暖房取暖。在北美有50万户以上家庭使用这种专用取暖炉。美国的颗粒成型燃料, 年产量达80万t。

奥地利成功地推行建立燃烧木质能源的区域供电计划, 目前已有八九十个容量为1000~2000kW的区域供热站, 年供热 10×10^9 MJ。加拿大有12个实验室和大学开展了生物质的气化技术研究。1998年8月发布了由Freel和BarryA申请的生物质循环流化床快速热解技术和设备。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。1999年, 瑞典地区供热和热电联产所消耗的能源中, 26%是生物质能。加拿大用木质原料生产的乙醇产量为每年17万t。比利时每年以甘蔗渣为原料制取的乙醇量达3.2万t以上。美国每年以农村生物质和玉米为原料生产乙醇约450万t, 计划到2010年, 可再生的生物质可提供约5300万t乙醇。

在气化、热解反应的工艺和设备研究方面, 流化床技术是科学家们关注的热点之一。印度Anna大学新能源和可再生能源中心最近开发研究用流化床气化农林剩余物和稻壳、木屑、甘蔗渣等, 建立了一个中试规模的流化床系统, 气体用于柴油发电机发电。1995年美国Hawaii大学和Vermont大学在国家能源部的资助下开展了流化床气化发电工作。Hawaii大学建立了日处理生物质量为100t的工业化压力气化系统, 1997年已经完成了设计。建造和试运行达到预定生产能力。Vermont大学建立了气化工业装置, 其生产能力达到200t/d, 发电能力为50MW。目前已进入正常运行阶段。

日本从20世纪40年代开始了生物质成型技术研究, 开发出单头、多头螺杆挤压成型机, 生产棒状成型燃料。其年生产量达25万t左右。欧洲各国开发了活塞式挤压制圆柱及块状成型技术。

美国、新西兰、日本、德国、加拿大等国先后开展了从生物质制取液化油的研究工作。将生物质粉碎处理后, 置于反应器内, 添加催化剂或无催化剂, 经化学反应转化为液化油, 其发热量达 3.5×10^4 kJ/kg左右, 用木质原料液化的得率为绝干原料的50%以上。欧盟组织资助了3个项目, 以生物质为原料, 利用快速热解技术制取液化油, 已经完成100kg/h的试验规模, 并拟进一步扩大至生产应用。该技术制得的液化油得率达70%, 液化油热值为 1.7×10^4 kJ/kg。

欧美等发达国家的科研人员在催化气化方面也作出了大量的研究开发工作, 在生物质转化过程中, 应用催化剂, 旨在降低反应活化能, 改变生物质热分解进程, 分解气化副产物焦油成为小分子的可燃气体, 增加煤气产量, 提高气体热值, 降低气化反应温度, 提高反应速率和调整气体组成, 以便进一步加工制取甲醇和合成氨。研究范围涉及到催化剂的选择, 气化条件的优化和反应装置的适应性等方面, 并已在工业生产装置中得到应用。

2.3国内研究开发概况

我国生物质能的应用技术研究, 从20世纪80年代以来一直受到政府和科技人员的重视。国家“六五”计划就开始设立研究课题, 进行重点攻关, 主要在气化、固化、热解和液化等方面开展研究开发工作。

生物质气化技术的研究在我国发展较快。利用农林生物质原料进行热解气化反应, 产生的木煤气供居民生活用气、供热和发电方面。中国林业科学研究院林产化学工业研究所从20世纪80年代初期开始研究开发木质原料和农业剩余物的气化和成型技术。先后承担了国家、部、省级重点项目和国际合作项目近10项, 研究开发了以林业剩余物为原料的上吸式气化炉, 已先后在黑龙江、福建等建成工业化装置^[6]

, 气化炉的最大生产能力达 6.3×10^6 kJ/h(消耗木片量为300kg/h)。产生的木煤气作为集中供热和居民家庭用气燃料, 从原料计算气化热效率达到70%以上。同时在出热量达 4.18×10^4

kJ/h的中试装置中, 进行了气化发电试验研究, 电的转化率为13%左右。最近在江苏省研究开发以木屑、稻壳、稻草和麦草为原料, 应用内循环流化床气化系统, 并研究应用催化剂和富氧化技术产生接近中热值煤气, 供乡镇居民使用的集中供气系统^[7], 气体热值为7000kJ/Nm³

左右, 较同类生物质气化的热值提高了近30%, 气化热效率达70%以上。山东省能源研究所研究开发了下吸式气化炉, 主要适用硬秸秆类农业剩余物的气化。从20世纪90年代开始, 在农村居民集中居住地区得到较好的推广应用, 已形成产业化规模。国内有数十家单位从事同类技术的研究开发, 目前全国已建立300余个秸秆气化集中供气系统。气体热值一般在5000kJ/Nm³, 气化转化率达70%以上。

广州能源研究所开发了外循环流化床生物质气化技术, 制取的木煤气作为干燥热源和发电。已完成了目前国内最大发电能力为1MW的气化发电系统, 为木材加工厂提供附加电源。辽宁能源所与意大利合作引进了一套下吸式气化炉发电装置, 发电能力30kW。另外北京农机院、浙江大学热工所和大连环科所等单位先后开展了生物质气化技术的研

究工作。

我国的生物质固化技术开始于“七五”期间,现已达到工业化生产规模。目前国内已开发完成的固化成型设备有2大类:棒状成型机和颗粒状成型机。这2种机型均由中国林科院林化所科研人员率先完成。棒状成型机有单头和双头2种,单头生产能力为120kg/h,双头机生产能力为200kg/h。1998年与江苏正昌粮机集团公司合作,开发了内压滚筒式颗粒成型机,生产能力为250~300kg/h,生产的颗粒成型燃料尤其适用于家庭或暖房取暖使用。南京市平亚取暖器材有限公司,从美国引进适用于家庭使用的取暖炉,通过国内消化吸收,形成工业化生产。并从美国引进了一套生产能力为1.5t/h的颗粒成型燃料生产线,1999年开始正式生产,产品供应市场运行情况良好。

从20世纪50年代开始了稀酸常压、稀酸加压的浓酸大液比的水解、纤维素酶水解法研究,并在南岔水解厂建立示范工程,主要利用木材加工剩余物制取乙醇和饲料酵母,设计生产能力为年产4000t乙醇,产生的木质素作为生产活性炭的原料。但由于工艺设备较之用粮食淀粉水解制乙醇复杂得多,在粮食供应充足、粮价较低情况下,难以和粮食酒精匹敌,更难和石油化工的合成酒精竞争。20世纪80年代,人们再度开始木质纤维素的水解新技术的研究,中国林科院林化所、山东大学、华东理工大学、沈阳农业大学等先后开展了生物质水解制取乙醇工艺和设备的研究开发,重点对前处理工艺进行了研究,目前尚处于研发阶段。

木材热解技术的研究,国内从20世纪50年代至60年代进行大量的研究工作,中国林科院林化所在北京光华木材厂建立了一套生产能力为500kg/h的木屑热解工业化生产装置;在安徽芜湖木材厂建立年处理能力达万吨以上的木材固定床热解系统。黑龙江铁力木材干馏厂曾从前苏联引进了年处理木材10万t的大型木材热解设备。这些生产装置的目标均是为了解决当时我国石油资源紧缺问题。随着石油化工的迅速崛起,以木材为原料制取化工产品的生产成本高,难以与石化产品竞争,这些装置纷纷下马和转产。研究工作也转向以热解产品的深加工开发,如活性炭、木醋液等应用研究领域。国内在快速热解制取液化油的研究开发方面,尚未见有报道。

总之,我国在生物质能转换技术的研究开发方面做了许多工作,取得了明显的进步,但与发达国家相比差距甚远。

3农林生物质能应用研究技术展望

生物质能是重要的可再生资源,预计到21世纪,世界能源消费的40%将会来自生物质能^[8]

。我国有丰富的生物质能资源。随着经济的发展,人们生活水平的提高,环境保护意识的加强,化石能源逐渐减少,对包括生物质能在内的可再生资源的合理、高效地开发利用,必然愈来愈受到人们的重视。因此,科学地利用生物质能源,加强应用基础和应用技术的研究,具有十分重要的意义。

从国外生物质能利用技术的研究开发现状来看,结合我国现有研究开发技术水平和实际情况,作者认为我国生物质应用技术将主要在以下几方面发展。

3.1 高效直接燃烧技术和设备的开发

我国有13亿多人口,绝大多数居住在广大的乡村和小城镇。其生活用能的主要方式仍然是直接燃烧。剩余物秸秆、稻草等松散型物料是农村居民的主要能源,开发研究高效的燃烧炉,提高使用热效率,仍将是应予解决的重要问题。乡镇企业的快速兴起,不仅带动农村经济的发展,而且加速了化石能源尤其是煤的消费,因此开发改造乡镇企业用煤设备(如锅炉等),用生物质替代燃煤在今后的研究开发中应占有一席之地。把松散的农林剩余物进行粉碎分级处理后,加工成定型的燃料,结合专用技术和设备的开发,家庭和暖房取暖用的颗粒成型燃料,推广应用工作在我国将会有较好的市场前景。

3.2 生物质气化和发电

国外生物质发电的利用占很大比重,且已工业化推广,而我国的生物质发电开发尚属起步阶段。由于电能传输和使用方便,从发展的前景来看,应有较好的市场。未来10年中,将会有较大发展。国家科技部已将生物质发电作为主要能源研究列入“十五”规划中。同时随着经济的发展,农村分散居民逐步向城镇集中,数以万计的乡镇小城镇将是农民的居住地,为集中供气和供热、提高能源利用率提供了现实的可能性。生活水平的提高,促使人们希望使用清洁方便的气体燃料。因此生物质能热解气化产生木煤气的技术推广应用应具有较好的市场前景。但应注意研究解决气体中的焦油引起堵塞和酸性气体的腐蚀等问题。

3.3 能源植物的开发

大力发展能产生“绿色石油”的各类植物，如山茶树、油棕榈、木戟科植物等，为生物质能利用提供丰富的优质资源。

3.4 生物质的液化技术

由于液体产品便于贮存、运输，可以取代化石能源产品，因此从生物质能经济高效地制取乙醇、甲醇、合成氨、液化油等液体产品，必将是今后研究的热点。如水解、生物发酵、快速热解、高压液化等工艺技术研究，以及催化剂的研制、新型设备的开发等等都是科学家们关注的焦点，一旦研究获得突破性进展，将会大大促进生物质能的开发利用。

4 建议

4.1 生物质能应用技术的研发，在现阶段主要是从生态环境、环境保护的角度出发，从中长期来看，将要弥补资源有限性的不足。因此，生物质能源的开发利用，其社会效益远远大于经济效益。在目前发展阶段，需要国家的政策扶持和财力支撑。应制订相关政策，鼓励和支持企业投资生物质能源开发项目。

4.2 我国有丰富的生物质资源，但我国的国情是人口众多，人均资源相对偏小，因此，在生物质的应用技术发展方向上，应结合我国分散的能源系统，以满足农村乡、镇、村不断增长的能源需求，重点解决居民生活用能，减少对化石能源尤其是煤炭的使用。在经济条件较发达的乡村地区，大力推广木煤气气化系统；同时推广成型燃料及专用取暖炉，取代煤炉取暖的小型锅炉；研究开发专门使用生物质的直接燃料锅炉。

4.3 加强基础和应用研究。在生物质能化学转换中的催化降解、直接和间接液化机理，高产生物质能基因及其变异规律，生物转化微生物“杂交”等基础理论和应用研究。国家在科研项目的安排方面，要注重给生物质能应用研究的发展方面留有一定的空间。

4.4 我国薪炭林已达429万hm²

，全国有1

00余个薪炭林试点县

，计划到2020年，将增建50个薪炭林基地

。薪炭林面积也将达到1600多万hm²

，同时，山区有大量发展的经济果壳，应合理经济地开发利用这些宝贵的薪炭林资源，将薪炭林综合利用开发，产生的气体作为发电和民用煤气，固体产品木炭进一步加工成活性炭，液体产品可进一步加工成化工产品，创造经济效益。既解决部分农村能源紧缺的矛盾，又为农村劳动力创造就业机会，促进山区农村经济的发展。先期可选择若干个条件较好的薪炭林试点基地，建立能源示范工厂。然后总结经验推广应用，使薪炭林的发展，不仅能解决农村缺能的矛盾，而且可实现生物质能综合利用的“林能”结合。从而实现山区经济发展、农民脱贫致富，同时产生较好的经济效益和社会效益。

4.5 加强生物质研究领域的国际交流与合作，引进国外先进的生物质利用技术和设备，加快我国生物质开发利用的步伐，建立符合中国国情的生物质能开发利用结构体系。

参考文献：

[1]张无敌，宋洪川，韦小岩，等.21世纪发展生物质能前景广阔[J].中国能源，2001，(5)：35238.

[2]中华人民共和国国家发展计划委员会基础产业发展司.中国新能源与可再生能源1999白皮书[M].北京：中国计划出版社，2000.

[3]高尚武.森林能源研究[M].北京：中国科学技术出版社，1999.

[4]杨敏，等.生物质的裂解及液化[J].林产化学与工，2000，20(4)：77282.

[5]孙孝仁.21世纪世界能源发展前景[J].中国能源，2001，(2)：19220.

[6]金淳，等.150万千瓦/时上吸式木材气化炉试验报告[J].林产化工通讯，1994，(3)：3212.

[7]张进平，等.生物质流态化催化气化技术研究[J].林产化学与工业，2001，21(3)：16220.

[8]李京京，庄幸.我国新能源和可再生能源政策及未来发展趋势分析[J].中国能源，2001，(4)：529.

原文地址：<http://www.china-nengyuan.com/tech/88431.html>