

生物质利用技术进展

张世鑫¹, 陈明光², 吴陈亮², 史磊¹, 李楠¹, 李建漳², 黄建萍², 吴献铭², 王庆文², 叶萌²

(1. 中国华能集团清洁能源技术研究院有限公司, 北京 102209; 2. 华电(漳平)能源有限公司, 福建 漳平 364400)

摘要: 生物质(Biomass)是一切能够利用绿色植物光合作用所形成的有机化合物, 生物质固废是人类在利用生物质的过程中生产和消费产生的废弃物, 它本质上仍然属于生物质。我国生物质固废的主要特点为量大、分布广、利用率低、开发潜力大以及环境治理迫切度高。随着不可再生能源的枯竭及环境污染逐渐严重, 生物质能源的利用技术需要尽快发展。本文从能源化、饲料化、肥料化、材料化四个方面对生物质利用技术进行了总结, 重点论述了生物质能源化利用技术, 探讨了各类生物质利用技术目前的发展状况。

生物质(Biomass)是指能够利用光合作用把CO₂和H₂O转化为葡萄糖从而实现光能的储存, 自身又能将葡萄糖聚合为纤维素、半纤维素、木质素和淀粉等构成植物本身的基础物质的有机化合物, 即一切能够利用绿色植物光合作用所形成的有机化合物, 包括除化石燃料外的微生物及其排泄与代谢物和植物等。生物质固废是人类在利用生物质的过程中生产和消费产生的废弃物, 其能量密度、可用性都有显著的降低。根据《农业生物质能产业发展规划(2007-2015年)》中“不与人争粮, 不与粮争地”的基本原则, 本文主要论述生物质固废的应用技术发展状况。

1 生物质利用技术概述

1.1 生物质固废主要来源

废弃生物质材料主要来源如图1所示, 主要可分三大类, 农林业(农作物废弃物、畜禽粪便、林业加工废料等)、工业(酒糟、压榨副产品、药渣等)、城市固废(餐厨垃圾、市政园林垃圾、生活垃圾等)。

《全国农作物秸秆资源调查与评价报告》数据显示, 2009年, 全国农作物秸秆理论资源量为8.20亿t(风干, 含水率为15%), 可收集资源量为6.87亿t^[1]。2007年, 我国畜禽粪便总量为12.47亿t, 其中可开发用量大约在8.8亿t, 畜禽粪便的主要来源是牛粪、猪粪和鸡粪, 分别达到4.64亿t, 3.39亿t和0.80亿t, 预计到2020年, 我国禽畜粪便排放量将达40亿t^[2]。

林业生物质资源是区域内植物生物量的总和, 即区域内森林自然产生和林业生产过程可提供的生物质, 在林业加工过程中,

废弃物主要来源于森林

采伐、原木造材和木材加工等, 如木屑、锯末

、刨花, 每年约有1.1亿t^[3]

。工业生产过程中也会产生生物质固废, 蔗渣每年近1亿t, 稻壳每年4000万t, 花生壳500万t。据统计, 2015年我国的垃圾产量达到2.1亿t, 全国的垃圾年产量仍以每年8%~10%的速度增长。246个大、中城市生活垃圾产生量1.86亿t, 处置量1.81亿t, 处置率达97.3%^[4]。

我国生物质固废的主要特点为量大、分布广、利用率低、开发潜力大以及环境治理迫切度高。

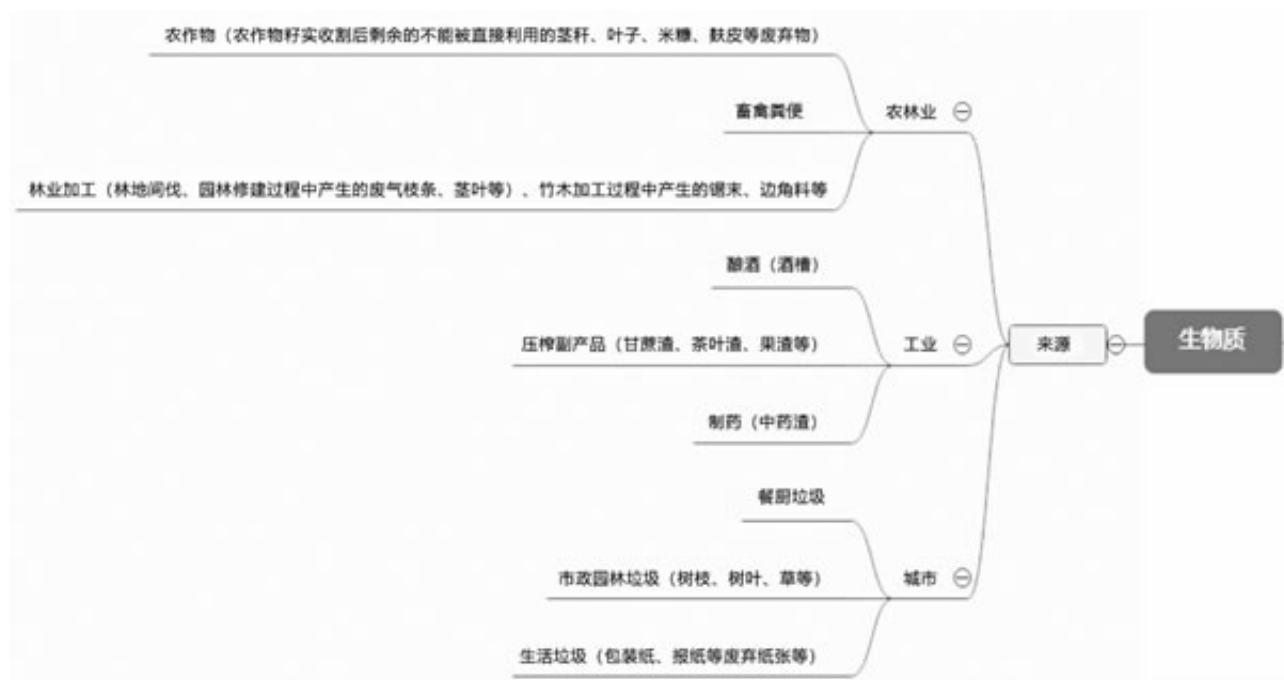


图1 生物质固废来源

1.2 生物质主要利用技术

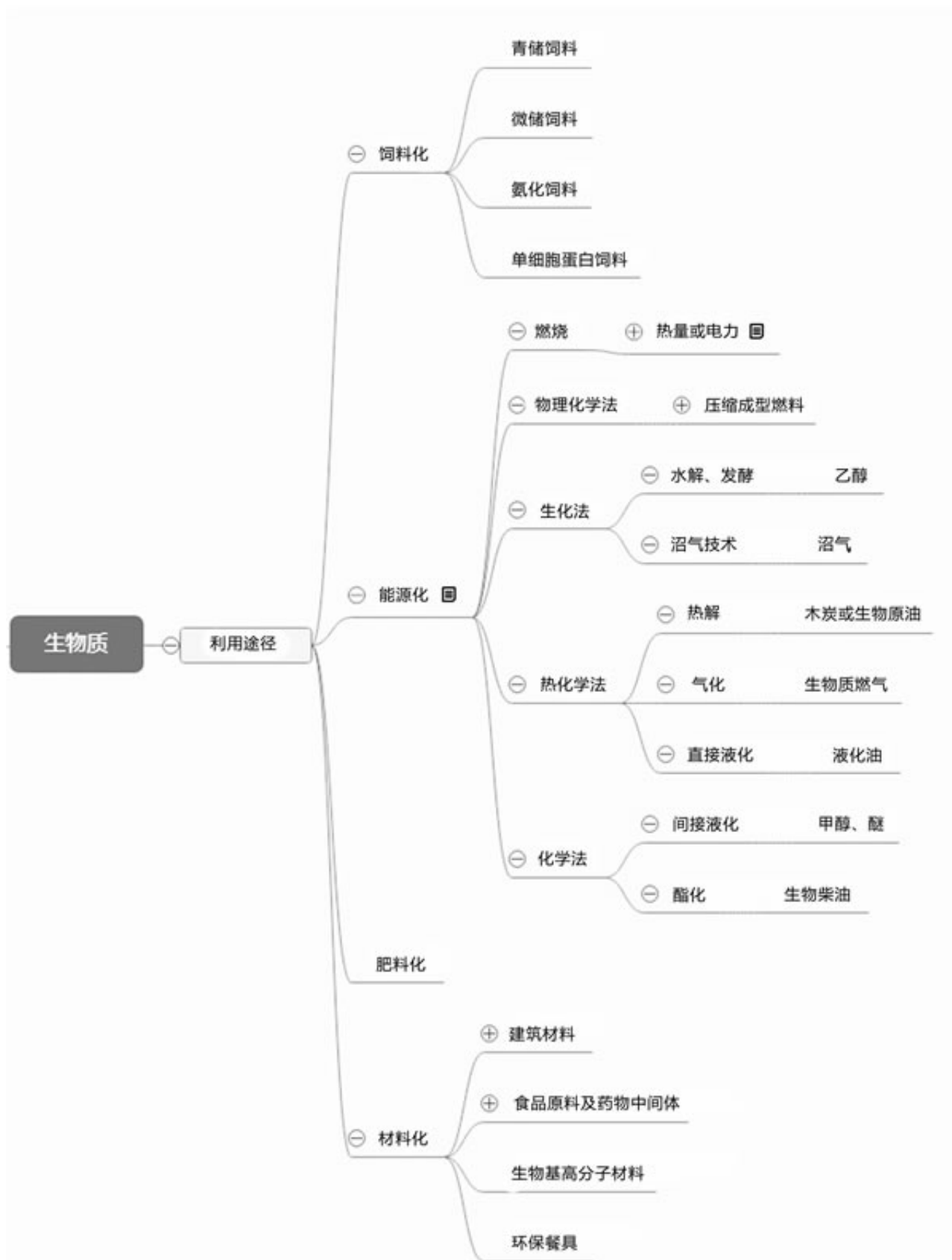


图2 生物质主要利用技术

如图2所示，生物质利用技术主要有四个方向：能源化、饲料化、肥料化和材料化。生物质能源化利用技术包括：直接燃烧利用（发电或供热）、制成型燃料、制气态燃料（沼气、生物天然气等）、制液态燃料（生物乙醇、生物柴油等）；生物质饲料化技术包括：青贮饲料、微贮饲料、氨化饲料、单细胞蛋白饲料等；广义上的有机肥品种主要有

堆肥、沤肥、厩肥、沼气肥、绿肥、纯天然矿物质肥、饼肥、泥肥等,狭义上指的是使用有机生物质废物,如植物残体等,使用物理化学、生物或复合技术,经过加工,消除有害物质达到无害化标准而形成的,根据微生物的生长情况以及反应过程的需氧程度分为厌氧堆肥和好氧堆肥两种;生物质材料化利用技术主要有:做建筑材料(纤维板、刨花板、锯末板、稻壳板等)、做食品原料及药物中间体(低聚木糖、木糖醇、阿魏酸等)、做生物基高分子材料(将天然高分子改性制备生物质新材料、制备可降解生物基高分子材料等)、做环保餐具等。

生物质能源化利用呈现以下发展趋势:多元化分布式应用;生物天然气、成型燃料;生物液体燃料形成燃料乙醇、混合醇、生物柴油等丰富的能源衍生替代产品,不断扩展航空燃料、化工基础原料等应用领域。

1.2.1 饲料化利用技术

青贮是通过微生物厌氧发酵和化学作用,将切碎的新鲜玉米秸秆在密闭无氧条件下制成的一种饲料,其适口性好、消化率高和营养丰富,是保证常年均衡供应家畜饲料的有效措施。

微贮是利用微生物发酵作用对农作物秸秆进行保存的一种贮存技术。微贮技术还能够提高农作物秸秆的营养价值。微贮技术在实施时通常使用秸秆、牧草、藤蔓等作为原料,添加有益微生物后,通过微生物的发酵作用最后得到具有酸香气味、适口性好的粗饲料。微贮饲料能够在适宜的保存条件下长时间保留原料原有的营养价值。

氨化饲料是指将切碎的秸秆装入窖内或堆放城垛后通入氨气或喷洒氨水密封保存一段时间制成的饲料。氨化秸秆饲料只适宜饲喂反刍家畜(牛、羊等),而不适宜饲喂驴、马、骡子、猪等家畜。

单细胞蛋白,也称作微生物蛋白,是以工业、农业废弃物及石油废料等为原料通过人工培养而获得的微生物菌体。单细胞蛋白与纯蛋白质不同,它是由脂肪、蛋白质、核酸非蛋白氮化合物、碳水化合物、维生素和无机化合物等组成的细胞质团。

1.2.2 肥料化利用技术

有机肥是主要来源于动植物,施用于土壤中以提供植物营养为其主要功能的含碳物料,有机肥的生产主要是通过生物质,如动植物废弃物、植物残体加工而来,去除了其中的有毒有害物质,如重金属、病原体等。

堆肥是利用广泛存在于自然界中的微生物,通过人为筛选组合使其能够将生物质中可降解的有机物转化为更加稳定的腐殖质的转化反应过程。根据微生物的生长情况以及反应过程的需氧程度,可分为厌氧堆肥与好氧堆肥两种。厌氧堆肥是在无氧条件下利用专性和兼性厌氧微生物对生物质进行作用,利用微生物产生的酶将废物中的有机物进行分解转化,获得的最终产物是 CH_4 、 CO_2

、热量和腐殖质。好氧堆肥是指在有氧条件下,专性和兼性微生物作用于废物,利用微生物产生的酶将有机物进行分解转化,获得的最终产物是 CO_2 、 H_2

O 、热量和腐殖质。腐殖质是生物体在土壤中经微生物分解而形成的有机物质,颜色为黑褐色,主要组成元素为C、H、O、N、S、P等,含有植物生长发育所需要的一些元素,能改善土壤,增加肥力。

1.2.3 材料化利用技术

利用固体废弃物生产的新型建筑材料具有节能效果突出、墙体自重减轻、节省自然资源、保护环境的优点。例如,利用农业秸秆固废制作新型建材(利用棉秆纤维增强树脂制作纤维板、复合板,麦秆增强水泥制作水泥复合板,甘蔗渣纤维增强石膏制作石膏复合板,玉米秆增强矿渣制作矿渣复合板等);利用竹木废弃物制作新型建材(利用废弃木材制作纤维板、中密度纤维板、刨花板、木纤维波形瓦,利用锯末制作薄锯末板,利用废弃木材制作墙体及芯层、制作轻质混凝土地面等);利用造纸工业废弃物制作新型建材(树脂纤维板、层压板、水泥复合板等);利用植物果壳制作新型建材(利用稻壳增强树脂制作稻壳板,利用花生壳增强氯氧镁水泥制作花生壳板等)。

2 生物质能源化利用技术发展状况

国家政策对生物质能的利用有较强的推进作用,2017年国家十部委编制了《北方地区冬季清洁取暖规划(2017-2021)》,2017年国家发展改革委、国家能源局联合下发了《关于促进生物质能供热发展指导意见的通知》,2017年国家能源局、原环境保护部联合下发了《关于开展燃煤耦合生物质发电技改试点工作的通知》,2018年国家能源局下发了《关于开展“百个城镇”生物质热电联产县域清洁供热示范项目建设的通知》^[5-8]

。这几项文件的出台,标志着我国“生物质热电联产”“燃煤耦合生物质发电”是生物质能利用的必然趋势,是未来替代县域燃煤,特别是替代农村散煤的重要方式。

2.1 生物质发电(供热)

当前,我国生物质发电产业规模不断扩大。《2018年中国生物质发电产业排名报告》显示,截至2017年12月31日,全国已投产生物质发电项目744个,并网装机容量1475.83万kW。生物质发电工艺包括生物质直燃发电、生物质气化发电、沼气发电、生物质燃煤混燃发电。

2.1.1 直燃发电

(1) 工艺。生物质燃烧发电所用的燃烧方式一般为锅炉燃烧,生物质直燃技术主要分为固定床燃烧、流化床燃烧和悬浮燃烧技术。

(2) 规模。湛江生物质发电厂于2011年8月20日正式投入商运,规划总装机容量为 $4 \times 50\text{MW}$,一期工程 $2 \times 50\text{MW}$,是目前国内单机容量及总装机容量最大的纯燃生物质发电厂,是世界上最大的生物质发电厂[9]。泰国NPP9项目装备 $1 \times 135\text{MW}$ 发电机组,使用清华大学设计,装有生产负荷达到 384t/h 的纯生物质锅炉,这是目前世界单机容量最大的生物质发电机组[10]。

2.1.2 气化发电

(1) 工艺。生物质气化发电即通过气化作用将生物质转化为可燃气,净化后的气体燃料燃烧驱动燃气轮机或燃烧后产生蒸汽,驱动发电机发电。该技术是生物质能最有效、最洁净的利用方法之一,目前处于产业化早期。

(2) 规模。大唐吉林长山热电厂66万kW超临界燃煤发电机组耦合2万kW生物质发电改造示范项目为国内首个最大国家级燃煤耦合生物质气化发电技术改造试点示范项目^[11]。

2.1.3 沼气发电

(1) 工艺。根据秸秆物料在反应器中的形态(有无流动水),可分为液态消化、固态消化和固液两相消化工艺。

(2) 规模。国家能源局发布《2016年度全国生物质发电监测评价报告》,截至2016年底,共有26个省份投产了138个沼气发电项目,装机容量35万kW。2016年,全国沼气发电量15亿kW·h,年利用小时数4320h。

青岛大型生物质能源项目是国内第一个秸秆和尾菜综合处理项目,是目前国内最大的秸秆和尾菜沼气工程项目。该项目每年可处理黄储秸秆7万t、白菜垃圾4万t,同时产生天然气666万标准立方米、固态有机肥2.49万t、沼液肥2.23万t。

2.1.4 混燃发电(耦合发电)

大型燃煤锅炉耦合生物质燃烧发电技术是解决火电机

组 CO_2

减排方

案之一。大型

燃煤锅炉耦合生物质燃烧发

电技术在欧洲得到推动和发展得益于该技术比燃煤电厂

的 CO_2

排放量低、政府的补贴等。目前,欧洲大型燃煤锅炉耦合生物质燃烧技术的主流发展方向是生物质与煤耦合燃烧。大型燃煤锅炉耦合生物质发电主要技术路线如图3所示。

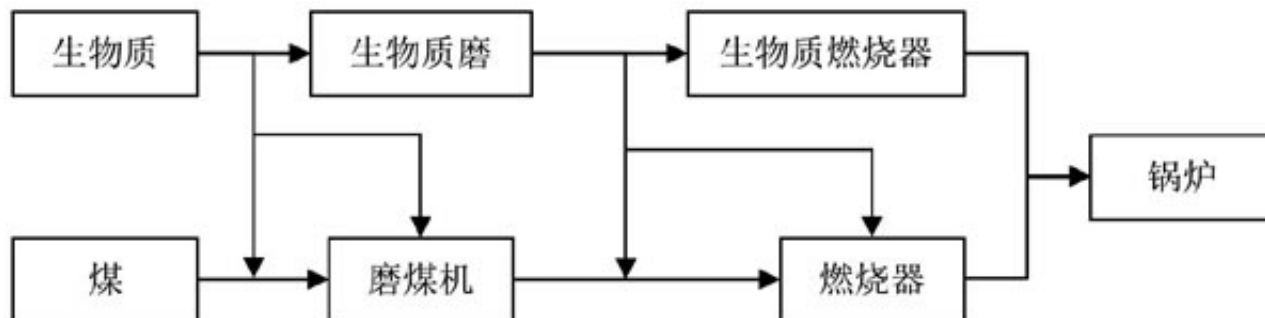


图3 大型燃煤锅炉耦合生物质发电主要技术路线

对于大型燃煤锅炉耦合生物质燃烧发电技术来说，生物质磨和生物质燃烧器可以实现100%烧生物质燃料；生物质磨和独立的燃烧器可以耦合5%~40%的生物质能量输入；生物质磨和共用的燃烧器可以耦合5%~40%的生物质能量输入；独立的磨煤机和独立的燃烧器可以耦合5%~15%生物质能量输入；共用的磨煤机和共用的燃烧器可以耦合5%~15%生物质能量输入。

2015年，荷兰最新设计投运

的鹿特丹的MPP3电厂是目前世界上最新建成的节能和CO₂

深度减排示范电厂。1100M

W超超临界机组采取超超临界参数+生物质混烧+区域

供热+CO₂捕集的CO₂

深度减排技术路线。机组容量：2×1100MW，机组参数：28.5MPa/600 /620，机组发电效率47%。生物质混烧比例30%，准备2019年投入使用。

芬兰建成世界上最大的混烧生物质的循环流化床锅炉——芬兰Alholmens Kraft 550MW热电厂。其中，燃料比例为：煤：泥煤：森林废弃物：工业废木材=10：45：10：35，其已经成功运行多年，生物质可以以任何比例与煤混烧，包括100%生物质。

英国是目前世界上采取生物质混烧技术最多的国家。目前共有16座大型火电厂完成了生物质混烧发电改造，其总装机容量为25366MW，其中13座为总容量超过1000MW的大型燃煤火电厂。英国近年来生物质耦合燃烧技术发展表明，大型燃煤锅炉可实现自由比例的生物质燃料（0~100%）给锅炉提供热量，可实现100%的生物质燃料，不再烧煤。

循环流化床热容性较大，适合进行燃煤耦合生物质固废发电技术实施，采用皮带+气力输送方式，改造成本低。2017年，该技术已在福建华电永安发电有限公司2×300MW机组实现工业应用，可处理城市工业固废300t/d，并可处理生物质200t/d。

2.2 生物质制成型燃料

生物质固化成型技术是将结构松散的生物质材料经过干燥、粉碎和压缩成型等工序加工成形状规则、密度较大的固体燃料的过程，生物质固化成型技术生产的固体燃料有成型颗粒、成型棒和成型块等。

生物质固体成型燃料，可以部分替代化石燃料用作发电和供暖，也可以替代薪柴用作家用燃料。与煤相比，生物固体成型燃料CO₂的净排放为零，NO_x和SO₂的排放大为减少。与传统的薪材相比，它的密度较高，形状和性质较为均一，热值高，便于应用到工业领域。在欧洲许多国家，颗粒状、棒状的生物质固化燃料已经在超市出售，这些燃料可以实现完全市场化运作而不需要依赖政府的补贴措施。此外，生物质固化成型技术有助于提高森林资源的利用效率。

截至2015年，我国生物质成型燃料年利用量约800万t，主要用于城镇供暖和工业供热等领域。根据《生物质能发展“十三五”规划》目标，到2020年，生物质成型燃料年利用量要达到3000万t。

我国的生物质成型燃料生产设备有螺旋挤压式、活塞冲压式、模辊碾压式，燃料形状主要有块状、棒状、颗粒状3种形式[12]。磨辊碾压式成型设备可分为平模生物质颗粒机和环模生物质颗粒机，与螺旋式、柱塞式生物质成型机相比，具有生产率高、对物料的适应性好、工作状态稳定、可实现连续生产等优点，是目前生物质成型发展的重点[13]。

2.3 生物质制气态燃料

生物

质气化是在一

定的热力学条件下, 在水蒸

气和氧的参与下, 将组成生物质的碳氢化合物转化为CO

、H₂

等可燃气体的过程。生物质热裂解是指生物质在完全缺氧或只提供有限氧的条件下, 利用热能切断生物质大分子中碳氢化合物的化学键, 使之转化为小分子物质的热化学转化技术。热解过程的终产物可以是液体生物油、可燃气体和固体生物质炭, 产物的种类和比例与很多因素相关, 如生物质的尺寸、升温速率、最终温度和压力等。

生物天然气是指以生物质废弃物为原料, 经厌氧发酵然后净化提纯, 生产出与常规天然气成分、热值等基本一致的绿色低碳、清洁环保可再生燃气。根据《生物质能发展“十三五”规划》目标, 到2020年, 生物天然气年利用量80亿m³。

2.4 生物质制液态燃料

生物质制液态燃料包括生物乙醇、生物柴油等。生物质固废生产乙醇技术是指以玉米秸秆、薯类废弃物、小麦秸秆、糖蜜废渣等为原料, 经发酵、蒸馏而制成乙醇, 将乙醇进一步脱水, 最终成为燃料乙醇。

美国燃料乙醇生产居世界第一位, 生产原料主要有玉米、马铃薯等, 年产乙醇40亿m³, 与乙醇混合的汽油占该国总耗油量的三成以上^[12]

。同样, 人们可以利用生物质固废生产柴油。生物柴油的制备方法有物理法和化学法。物理法包括直接混合法和微乳化法。化学法包括高温热裂解法、脂交换法和超临界法。

《生物质能发展“十三五”规划》显示, 截至2015年, 生物柴油年产量约80万t燃料, 生物乙醇年产量约210万t^[14]。航空生物燃料的使用是民航部门的一项重要减排措施。在欧盟欧洲碳排放交易体系下, 生物燃料飞机为零排放。所以, 航空生物燃料的可持续要求将成为各方关注热点。

2014年, 中国民用航空局航空器适航审定司在北京向中国石化颁发了1号生物航煤技术标准规定项目批准书(CTSO A), 这标志着备受国内外关注的国产1号生物航煤正式获得适航批准, 并可投入商业使用。2017年, 海南航空HU497航班载着从餐饮废油炼化而成的航空生物燃料, 从北京首都国际机场腾空而起飞往美国芝加哥, 标志着首个中美绿色示范航线生物燃料航班成功起航。同时, 海南航空开创行业先河, 成为国内首家使用生物燃料跨洋载客飞行的航空公司^[15]。

3 结论

本文对生物质利用技术进行了论述, 包括能源化、饲料化、肥料化、材料化四个方向, 重点对生物质能源化利用进行了综述。目前, 我国生物质能利用以发电为主, 但是由于原材料采购环节的不可控, 生物质发电企业出现大面积亏损。通过政策分析可知, “生物质热电联产”“燃煤耦合生物质发电”是生物质能利用的必然趋势。生物质利用发展方向是在原有原料区发展生物质热电联产之外, 因地制宜推进生物质成型燃料、垃圾治理、生物制气的发展, 最终实现《生物质能发展“十三五”规划》的目标。

参考文献

[1]全国农作物秸秆资源调查与评价报告[J].农业工程技术(新能源产业), 2011, (2): 2-5.

[2]鞠美庭.生物质固废资源化技术手册[M]: 天津: 天津大学出版社, 2014.

[3]何玉凤, 钱文珍, 王建凤, 等.废弃生物质材料的高附加值再利用途径综述[J].农业工程学报, 2016, 32(15): 1-8.

[4]再协.《2016年全国大、中城市固体废物污染环境防治年报》印发解读危废行业[J].中国资源综合利用, 2016, 34(12): 10-11.

- [5]本刊讯.发改委、能源局等十部委：发布《北方地区冬季清洁取暖规划（2017-2021）》[J].资源节约与环保，2018，（1）：10.
- [6]本刊讯.国家发改委、能源局印发《关于促进生物质能供热发展的指导意见》[J].中国电力教育，2017，（12）：8.
- [7]本刊讯.国家能源局、环保部：印发《关于开展燃煤耦合生物质发电技改试点工作的通知》[J].节能与环保，2017，（12）：8.
- [8]本刊讯.国家能源局：发布136个生物质热电联产县域清洁供热示范项目[J].节能与环保，2018，（2）：8.
- [9]黄玉文，钟奇振.探秘世界最大生物质发电厂[J].环境，2017，（7）：56-58.
- [10]宋阳.世界最大生物质发电机组投入商业运营单一机组年发电量为9.5亿度[J].中国设备工程，2016，（10）：4.
- [11]本刊讯.哈锅引领生物质耦合发电——摘得国内首个最大生物质耦合发电示范项目总承包合同[J].锅炉制造，2018，（2）：61.
- [12]杨艳华，汤庆飞，张立，等.生物质能作为新能源的应用现状分析[J].重庆科技学院学报（自然科学版），2015，17（1）：102-105.
- [13]宁廷州，马阿娟，俞洋，等.生物质环模颗粒成型存在的问题及对策分析[J].中国农机化学报，2016，37（1）：272-276.
- [14]本刊讯.国家能源局印发《生物质能发展“十三五”规划》[J].电力与能源，2016，（6）：761-761.
- [15]本刊讯.中国自主研发生物航煤首次成功跨洋飞行[J].石油化工应用，2017，（12）：30-30.

原文地址：<http://www.china-nengyuan.com/tech/153071.html>