

林业资源热解气化供热发电产业发展趋势与战略对策

Development Trend and Strategic Countermeasures of Forestry Resources

Gasification, Heat Supply and Power Generation Industry

* 通讯作者: 蒋剑春, 研究员, 博士生导师, 主要从事生物质能源和炭材料的研究开发工作; E-mail: bio-energy@163.com。

gasification industry will be more than 5 million tons of standard coal, and the total output value will reach 10 billion yuan per year until 2035.

Key word:biomass gasification;heat supply and power generation;industry status;strategic target;measures and suggestions

化石资源紧张、环境污染、气候变化等问题已成为全球关注的焦点。生物质能是一种应用广泛、技术成熟的可再生能源,是继煤炭、石油和天然气之后的第四大能源,其在应对能源供需矛盾、全球气候变化、保护生态环境等方面发挥着重要作用,已成为推动国际能源转型的重要力量^[1]。生物质能源化技术包括生物质成型燃料、生物质液体燃料、生物质气体燃料和生物质发电。在由化石能源向可再生能源转型的全球趋势中,生物质能的发展早已经成为全球性风潮,尤其在发达国家,生物质能源具有十分重要的战略地位,如欧盟各国、美国、日本、韩国、加拿大等国家,已经建立了较完整的产业链。据国际能源署统计,2018 年生物质能在全球可再生能源消费总量中所占的份额已达 50% 左右,并有巨大的增长前景^[2]。

2020 年国家发布了《完善生物质发电项目建设运行的实施方案》(发改能源[2020]1421 号),明确了在大力发展农林生物质供热发电项目基础上,鼓励生物质因地制宜,走多元化、非电和高附加值利用路线。综合中国国情和国外成熟的运营模式来看,供热和发电联合应用将是生物质利用的主要方向,可以促进生物质能源的规模化和高值化利用。生物质气化产业具有规模灵活、用途广泛的特点,可以有效实现生物质“因地制宜”的综合开发利用。因此,利用林业剩余物开发先进的生物质热解气化技术替代化石燃料供热发电技术,是一种清洁、高效的生物质能利用方式,能够解决生物质燃料能量密度低、资源分散等缺点,可实现二氧化碳负排放,已成为解决能源与环境问题的重要途径之一。对缓解过分依赖大量进口石油的被动局面,降低单位国内生产总值的二氧化碳排放量,实现我国能源安全战略的可持续发展具有重大的现实意义。

我国在 20 世纪 60 年代已经开展了生物质气化供热发电的相关研究,并逐步开发了 60、160 和 200 kW 的气化发电设备,发电容量逐渐增大。在造纸、人造板、甘蔗制糖等行业,自配热电厂的热电联供模式已得到应用和发展。研制出的成套设备曾出口到发展中国家,后因收益低、经济条件限制等原因,发展变得较为迟缓。近年来,随着人民生活水平的提高和乡镇企业的快速发展,一些电力不足地区迫切需要发展电能。林业废弃物的随意丢弃和燃烧也会严重污染环境,而气化供热发电产业可以有效地利用林业废弃物,同时设备紧凑、污染少,可以解决林业剩余物的能量密度低等缺点。因此,以林业废弃物为原料的生物质气化供热发电技术又逐渐得到人们的重视。我国对生物质气化技术的深入研究始于 20 世纪 80 年代,1998 年 10 月建成了中国第一套 1 MW 的生物质气化发电系统,我国生物质气化技术日趋完善。进入 21 世纪后,得益于鼓励生物质发电产业发展的国家政策相继出台^[3],生物质气化发电产业得到了快速发展。截至 2018 年,我国农林生物质发电装机容量已达 8 030 MW,但生物质气化供热发电产业发展与美国、欧洲国家仍有较大差距。充分剖析林业资源热解气化集中供热发电产业的发展趋势,探讨产业战略目标和主要任务,提出相应的战略对策,对于推动我国生物质气化供热发电产业高质量发展具有重要意义。

1 国内资源情况及热解气化技术现状

1.1 国内林业资源现状

我国生物质资源丰富,能源化利用潜力巨大。在我国,每年可作为能源利用的林业加工剩余物、农作物秸秆、农产品加工剩余物、能源作物、生活垃圾与有机废弃物等生物质资源总量折合约 4.6 亿吨标准煤。其中,林业及木材加工废弃物每年可利用量为 2.1 亿吨,折合约 1.4 亿吨标准煤。未来 20 年,国家计划投资建设传统薪炭林、防护林以及宜林荒山荒地种植高产能源植物,可利用的生物质资源量将达到 6 亿吨标准煤左右^[4]。

林业生物质具有灰分较低、热值较高的优势,是目前中国和欧美国家气化多联产利用的主要原料。

我国核桃、肉桂、构树、桑树、油茶、松树等林业特色资源丰富,在西南、西北、东北、华东等均有分布,种植总面积达 3 314 万公顷,居世界首位,其中核桃种植面积为 817 万公顷,油茶林面积为 427 万公顷^[5]。我国是世界林产品生产、消费和贸易大国,2018 年林业特色产品的产量为 2 917 万吨,总产值超过 1.0 万亿。我国林业特色资源的可利用生物总量约数亿吨,这些特色树种已被利用的主要是其果实、树皮、树叶,而占生物量 80% 以上的树干、枝丫、果壳、果核等加工剩余物未被有效利用。利用这些剩余物进行生物质气化联产热、电、炭是提升林业特色资源综合效益、促进节能减排的有效途径。

1.2 热解气化供热发电技术

生物质热解气化是指高温(500 ~ 1 400 ℃)条件下,将生物质热解转化为可燃性气体(含 CO、H₂、CH₄、C₂H₄等)的过程^[6-7]。生物质气化供热发电主要经历 3 个环节:1) 热解气化。经过预处理的生物质在高温环境下热解气化,产生可燃性气体;2) 气体净化。把可燃气体通入净化系统,除去气体中的焦油、灰尘等杂质,以满足供热发电设备的要求^[8];3) 气体燃烧供热发电。净化后的可燃气可以通入内燃机、燃气轮机燃烧做功发电,也可以通入锅炉内燃烧,利用产生的蒸汽驱动蒸汽轮机发电,同时部分热蒸汽用于集中供热。

1.2.1 气化技术 生物质气化技术可分为固定床气化技术^[9-13]、流化床气化技术^[14]和气流床气化技术^[15]。在固定床气化技术中,物料床层相对稳定,会依次进行干燥、热解、氧化以及还原等反应,最后转化为合成气。根据合成气和气化剂进出方向的差异,主要有上吸式气化和下吸式气化两种。流化床气化技术可分为循环流化床和鼓泡流化床技术。表 1 总结了不同气化技术的优缺点^[13,16-18]。目前,气化效率低、焦油处理难、炉内结渣和团聚、燃气热值低等问题仍限制了我国生物质气化产业的做大做强。

表 1 不同热解气化技术的优缺点
Table 1 Advantages and disadvantages of different pyrolysis gasification technology

热解气化技术 biomass gasification technology	优点 advantage	缺点 disadvantage
上吸式固定床	固体炭氧化放出的热可高效利用,热效率高;原料含水率(<50%)和灰分(<15%)要求低;气体中的焦油增加了可燃气热值;炉排工作条件温和;工艺和结构简单、成本低,易放大	可燃气中 CO ₂ 、焦油和酚类物质含量较高;入料粒径有限制,细粒物料损耗较大;生产强度小
下吸式固定床	可燃气中焦油含量低,气化剩余物以焦炭或灰的形式存在,无需旋风分离器;可连续加料;工艺和结构简单、成本低	原料水分需<20%;入料粒径有限制;加热效率低,内热交换不充分,合成气热值低;炉排要求较高;合成气灰分含量较高;不易放大,生产强度小
鼓泡流化床	反应器内温度分布平均;换热效率很高;可燃气成分稳定;高转化率,生产强度大;易放大	可燃气中含少量焦油和未转换的炭;原料需预处理;大气泡尺寸会导致气体绕过反应床;建设和运行成本较高
循环流化床	换热效率高,负荷适应能力强;高转化率,生产强度大;易放大	入料粒径范围窄;可燃气中含少量焦油和炭;反应器易磨损;建设和运行成本较高
气流床	可燃气中不含焦油和酚类化合物;碳转化率高;较高的产量和较好产品;易放大	需回收能量;原料粒度要求<100 μm,木质原料需预处理;设备配件易出现损耗,维护较困难;建设和运行成本高

1.2.2 燃气净化 应用现有的生物质气化技术生产的燃气中,不可避免的含有焦油、灰分等,如果不加以去除,将会导致输气管路及供热发电装置的堵塞、腐蚀和结垢,进而影响燃气利用的效率及设备的运行稳定性^[19]。因此,需通过燃气净化技术将燃气中的杂质含量控制在燃气利用设备的规定范围内。

水洗是最简便的焦油脱除方法,脱除效率可达 30% ~ 70%。水与粗燃气以逆流或并流的形式接触而起到净化作用。该技术的缺点是降低了粗燃气的热量,并且焦油组分从气相转移到了液相,产生的焦油水溶液亟需开发相应的处理和应用技术。

焦油进行高温热裂解可得到不可凝的小分子气体,能回收焦油化合物中的部分能量,但裂解所需的温度通常高于 1 100 ℃。因此,国内外开发了焦油的催化裂解技术,降低反应的活化能和温度,常用

的催化剂有 Ni 基、白云石及贵金属催化剂等^[20]。

1.2.3 供热发电 国内外生物质气化主要用于供热、供热发电和合成燃料,其中应用最为广泛的是供热发电。目前,国际上燃气利用效率高、运行成本低、研究较为成熟的生物燃气供热发电技术主要有以下 2 种:1) 燃气首先通过内燃机组产生高温烟气,再经过余热锅炉产生水蒸气,进而通过汽轮机组发电或直接供热。但内燃机对燃气中的粉尘、颗粒物和焦油的要求较高,需要对燃气进行净化处理。发电规模一般为 20 kW ~ 10 MW,发电效率达 40%,负荷可调性高(>20%),可多台并联运行,适用于分布式发电系统;2) 气化产生的高温燃气直接进入高压锅炉燃烧产生水蒸气,用于供热和汽轮机发电。该技术可充分利用生物燃气的显热和焦油的能量,发电效率可达 40% ~ 46%,综合能源利用效率达 70% 以上,生物质利用规模灵活(可大于 1 000 MW)、投资成本较低、建设周期短,是生物质气化最高效、经济的利用方式之一。

1.3 与国外先进技术的差距分析

相比于其他的生物质能利用方式,生物质气化供热发电技术较成熟且灵活多变,可通过集成选择气化技术和供热发电技术来优化可燃气品质和供热发电效率;对环境友好,能大幅降低 SO₂、NO_x 等污染物排放量,整个流程中保持碳平衡;经济效益好,可根据市场需求,灵活调整炭、热、电产品的比例,实现经济效益最大化。因此,生物质气化供热发电技术比其他生物质能源化利用技术具有更好的应用前景,对于优化我国能源结构具有重要意义。但我国林业资源气化供热发电技术较欧美国家仍存在较大差距:1) 部分关键性技术尚未突破,产业化的技术瓶颈问题没有解决。原料的预处理技术影响了转化过程是否高效、技术成本是否低廉、设备的稳定可靠性以及能源及材料产品的产业化等诸多方面。生物质气化技术是生物燃气和炭副产物制备的基础,气化技术的连续化、自动化和智能化水平不高,以及林业剩余物原料性质差别大、焦油脱除难以及发电效率低等难题,导致了气体产品及联产的炭材料产品品质不稳定,气化发电成本较高,市场竞争力较弱。2) 产品品质低,多为低值利用与单一利用,亟待开发高质产品和高值化利用与综合利用先进技术。目前生物质气化产品和炭副产物产品单一,品质不高,副产品没有利用或者利用率低,没有达到综合利用。燃气产品由于热值低、焦油含量高,主要用于供热和中小型发电。大规模供热发电时,燃气传输过程避免设备管路堵塞的技术亟需突破,且用于生产合成天然气为目的气化装置还在中试研究阶段。

2 林业资源热解气化供热发电产业发展现状与差距分析

2.1 国内外产业发展现状

2.1.1 国外产业现状 国外小型固定床生物质气化发电装置容量为 60 ~ 240 kW,气化效率 70%,发电效率 20%,已被广泛商业化应用。欧美等国家已经建立了能源林和气化发电、供热的生物质能源林发电工程的产业链。2017 年欧洲生物质能源发电装机累计容量达到 36.74 GW,美国的生物质发电累计装机容量虽然低于欧洲,但美国的生物质发电技术处于世界领先水平。据统计,美国已建立了 450 多座生物质发电站,其原料主要来源于纸厂和林产品加工厂,2017 年美国累计装机容量为 13.07 GW^[21]。截至 2016 年,德国生物质发电装机容量已达 9 000 MW 以上。芬兰的林业剩余物发电技术和装备已达国际先进水平。全球环境基金/世界银行的 30 MW 气化发电项目也正在巴西进行示范。截至 2018 年,全球生物质发电累计装机容量约 118 GW,其中巴西 15 GW、美国 13.3 GW。生物质热解气化供热发电已成为欧洲,特别是北欧国家重要的供热方式。

2.1.2 国内产业现状 我国第一座国家级生物质发电机组示范项目,山东单县生物质发电机组(30 MW)于 2006 年 12 月正式投产,该项目引进丹麦生物质直燃发电技术。2012 年以来,阳光凯迪新能源集团投资在众多企业先后建造了单机容量 30 MW 的生物质发电机组(配备 120 t/h 的高温超高压循环流化床锅炉),包括阳新县凯迪绿色能源开发有限公司、江陵县凯迪绿色能源开发有限公司、竹溪县凯迪生物质能发电厂、浦北凯迪生物质发电厂等。大批单机容量 30 MW 的生物质发电机组的建设和投产表明生物质发电技术在我国已经初步成熟。

在生物质气化产业方面,我国已进入实用和示范阶段的生物质气化装置种类较多,可满足多种物料的气化要求,取得了良好的社会效益和经济效益。如中国农业机械化科学研究院研制的 ND-600 型生物质气化炉,中科院广州能源所研制的 GSQ 型气化炉,大连市环科院研制的 LZ 系列气化炉,山东能源研究所研制的 XFL 系列秸秆气化炉。

在生物质气化供热发电产业方面,华电襄阳和国电荆门也分别建设 10 MW 的生物质气化耦合发电示范项目;安徽海泉和江苏兴化分别建设了 6 MW 电、热、炭联产项目;中国林业科学研究院林产化学工业研究所研制的生物质流化床 5 MW 气化及 1 MW 发电示范项目也已建成并取得了一定的经济和社会效益。目前,中国的固定床和流化床型形式的中小规模生物质气化发电系统均有实际应用,最大发电装机容量 6 MW。截至 2019 年上半年,我国生物质发电并网装机容量为 20 GW,年发电量可达 529 亿千瓦时。

2.2 国内外产业差距分析

我国的生物质发电装机总量处于国际领先地位,但我国生物质气化供热发电的工业示范和产业化发展水平与国际先进水平相比仍有一定差距,综合利用途径也比较少,主要体现在如下几个方面: 1) 资源供应存在瓶颈。林业生物质气化供热发电产业化发展的主要瓶颈是原料。我国生物质资源分布不均,专用能源林未形成规模化经营,原料采收储运过程原始,利用成本高,现有林业生物质资源未得到充分利用。林业资源生产的季节性和分散性与热解气化生产的连续性、规模化和集中性之间存在矛盾,原料的收集、贮存、运输难度大,供给不稳定。林业剩余物原料的能量密度较低,运输和存储成本较高,较难建造大型的生物质发电厂,在林业资源充足但偏远的地区建设分布式气化供热发电厂,能够切实解决这些地区的能源供应不足问题,但无法形成产业集群效应。由于原料占发电总成本 70% 以上,采用单一原料,生产单一产品,产业规模小,原料供给稳定性差,不能满足用户的能源需求,限制了产业发展;而采用多种原料又会给原料存储和热解气化工工艺调控带来挑战。2) 产业化程度低,行业规范缺乏。生物质气化供热发电产业的专业化、市场化建设管理经验不足,技术工艺、产品、设备、工程建设和项目运行等方面的标准不健全,产业技术及装备水平参差不齐。检测认证体系建设滞后,缺乏市场监管和技术监督,导致产业市场缺乏监督与引导,相关法律制度也不完善。3) 系统优化集成技术薄弱。生物质热解气化和可燃燃气供热发电是完全不同的两个行业,目前国内缺乏气化供热发电整体产业化生产的设计和运营人才。4) 政府补贴政策实施难度大。政府对可再生能源发电有一定的政策支持,但这些扶持政策还不够细化、明确,地方政府和管理部门操作起来有很大困难,导致目前生物质气化供热发电项目面临着项目补贴电价列入国家支持环节多、难度大、到账周期长等困难。同时随着农村劳动力成本逐年上升及国家针对环保要求的提高,之前的补贴电价(0.75 元/度)仅能勉强维持发电项目的健康发展。

3 林业资源热解气化供热发电产业发展战略目标与主要任务

3.1 发展林业资源热解气化供热发电产业的必要性

大力发展林业资源热解气化供热发电产业,可以优化我国能源结构,减少对石化能源的依赖,促进能源向多元化方向发展,增强国家能源安全保障;可推动林业加工剩余物的高效利用,实现“绿水青山就是金山银山”;可以有效地减少 CO_2 、 SO_2 、 NO_x 和粉尘排放量,是绿色低碳、节能减排、保护大气和生态环境的有效途径;可以给农民带来巨大的经济效益,脱贫效果明显,有利于建设资源节约型的新农村,推动社会主义新农村建设;可以促进挖掘不适宜农耕的宜林荒山荒地的生产潜力,与林业生态工程建设相结合,推动经济林基地建设,改善生态环境,促进林业可持续发展(图 1);还可以在绿色高效地产生热能和电能的同时,制备功能活性炭材料,促进食品、药品、环保、电子行业、军工、储气、医药、石油化工等众多产业的快速发展^[22]。

3.2 战略目标

建立原料供应稳定、高品质燃气绿色制造和生物炭高效应用的一体化产业体系,有效满足国家能源结构调整与能源安全对林业生物质热解气化集中供热发电日益增长的需求。提高林业资源热解气炭

联产和热电联产的科技成果转化效率,提升林业资源热解气化供热发电产业产值在林业生物质能源总产值中的比例,培植一批具有产业带动作用的龙头企业,提升国际市场竞争力,推动林业特色资源加工利用产业的快速发展,努力建设资源节约型和环境友好型的和谐社会。具体可以细分为以下3个阶段性目标。

首先,计划截至2025年,完成林业特色资源林基地的培育任务,实现全国累计新增和改造能源林面积达2.67万公顷的目标,为林业生物质气化产业提供稳定的原料。同时在产业发展方面,全国林业生物质热解气化供热发电产业年利用林业剩余物资源超过350万吨标准煤,热蒸汽及发电产值约为23亿元,以副产炭为原料开发高性能的活性炭产品,木炭及活性炭产品产值为46亿元,培植2~3家具有产业带动作用的龙头企业,增强生物质气化产业的市场竞争力,林业生物质气化产值在林业生物质能源中的份额达到12%。建立年消耗50万吨林业剩余物的热解气化集中供热发电生产示范基地。同时解决目前存在的卡脖子技术瓶颈,突破高热值、低焦油生物燃气及生物炭高效利用关键技术,取得一批具有自主知识产权的气炭联产和热炭联产成套技术和产品。

其次,经过前5年的原料基地建设、技术突破和产业发展示范,计划到2035年,全国林业生物质热解气化供热发电年利用林业剩余物资源超过500万吨标准煤,开发生物炭功能化利用产品,林业生物质气化供热发电产业总产值达100亿元,林业生物质气化产值在林业生物质能源中的份额达到15%。培育年消耗60万吨林业剩余物的热解气化多联产龙头企业,大幅提升生物质气化产业的国际市场竞争力。进一步开发生物天然气和生物炭新产品,突破生物燃气净化预处理及合成天然气的关键技术。推进生物质气化集中供气、热、电产业的发展,保障我国能源安全。

最后,力争在2050年,我国林业生物质气化产业达到国际领先,生物炭产品应用领域进一步丰富,气炭联产、热电联产生产技术、应用技术和领域全面达到国际领先,连续化生产装置实现大型化、自动化和智能化,形成林业资源气化可持续发展模式。

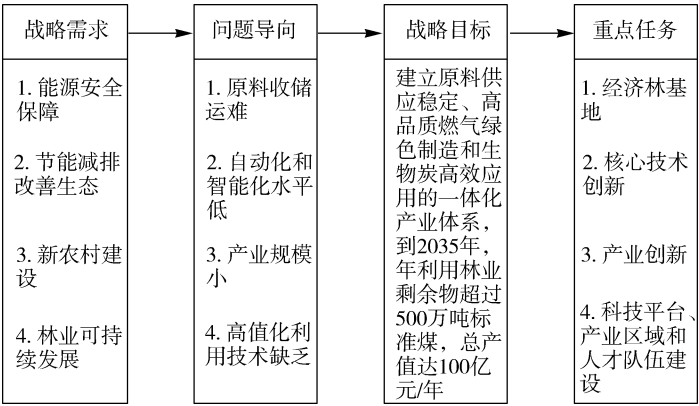


图1 林业资源热解气化供热发电产业发展战略

Fig. 1 Development strategy of forestry resources gasification, heat supply and power generation industry

3.3 重点任务

3.3.1 加强标准化经济林基地建设 林业特色资源林基地发展必须走政府支持指导、企业自主发展的道路,强化树种的培育和开发,统一规划,合理布局。强化经济林的集约经营,提高能源林产出水平。重点选育生物生长量大、生长迅速、热值高、适应性强、耐瘠薄、抗盐碱、萌生能力强、耐平茬、适合规模培育的树种;通过引种、筛选及规模化栽培研究,改良能源植物品种,建立能源植物试验与示范基地和良种繁育基地;优化全国能源植物配置和生产格局,集中连片、聚集发展。结合国家林业重点生态工程退耕还林、速生丰产林等项目,建设速生、丰产、高能、多效的能源林基地,对于加强生态建设,开发落后地区资源,发展地方经济,增加林农收入,为林业生物质气化产业持续发展提供坚实的资源基础。

3.3.2 核心技术创新 与欧美发达国家相比,我国生物质气化技术的研究起步较晚,投入也较少,必须以企业为主导的产学研结合的技术创新体系为突破口,建立以企业为主体,科研机构 and 高等院校广泛参与,利益共享,风险共担的产学研合作机制,进而开发出具有自主知识产权的林业生物质能源技

术,力求实现技术上的突破和创新,可以从以下 3 个方面入手:1) 揭示木材热解气化过程机理和影响机制,明确高热值生物燃气产物的形成原理,降低生物燃气中的焦油组分,开发生物质燃气高效净化技术,提高高品质燃气的生产效率;突破热解气化的生物炭副产物结构和性质的调控关键技术,创制出多领域适用的功能炭产品,推动我国林业资源绿色高效热解气化技术的革新。2) 研发木、竹原料的现代化收割工具,提升能源林和竹林原料收集的机械化水平,减轻劳动力;研发大规模的连续化、自动化、智能化生物质气化生产设备,推动林业生物质热解气化大规模产业化发展。3) 阐明生物燃气高效转化形成天然气的机制,创新生物燃气预处理和供热发电技术,突破林业资源制备生物天然气的核心技术,保障我国能源安全,实现节能减排和碧水蓝天的美好目标。

3.3.3 产业创新任务 气化产业的快速发展离不开生产装置、发展模式、产品研制、综合利用等方面的创新突破:1) 生产设备现代化,企业规模合理化。推动生物质气化设备的连续化、自动化和智能化,明显提高气化供热发电的生产效率。根据产业所在区域的林业剩余物资源的总供应量、季节性、储运等因素,合理设计气化供热发电的产业规模和布局,因地制宜坚持就近收集、就近转化、就近消费的分布式产业发展模式。在林业加工剩余物资源充足的地区,研制大型化生物质连续气化装置,扩大林业生物质热解气化供热发电企业的林业剩余物年消耗规模至 50 万吨以上,提高生物质气化企业的竞争能力。2) 产品多样化。林业生物质气化产生的生物燃气,不仅可以燃烧进行集中供热,还可以用于产生电能,同时继续深加工可得到天然气产品;林业生物质热解气化的生物炭副产物,不仅可作为民用和工业用炭材料,广泛应用于钢铁和工业硅冶炼、有色金属冶炼、火药、研磨、绘画、蚊香、化妆、医药、渗碳、粉末合金、土壤改良等领域而且生物炭继续深加工制得的高性能活性炭产品,可广泛应用于食品、药品、环保、电子行业、军工、储气、医药、石油化工等领域,应用前景广阔。这些产品为林业资源热解气化产业提供了新的生命力,也为生物质气化深加工技术的研究开发提出了新的要求。有针对性地研制生产符合产业发展的产品是今后重要的研究方向之一。3) 节能减排常态化。推动高品质生物燃气的制备和在城镇集中供热发电中的应用,促进生物炭的高值化利用。将生物质高效转化为气、热、电及炭产品,实现 CO_2 负排放和污染物零排放,实现林业剩余物的吃干榨净。

3.3.4 建设新时代特色产业科技平台,打造创新战略力量 建设以重点实验室为基础的科学研究中 心,形成布局合理、装备先进、开放流动、高效运行的实验支撑体系,提高林业资源热解气化联产热、电、炭产业的研发能力。建立国家生物质热解气化与热炭联产重点实验室,建设生物质发电多联产产业技术创新战略联盟,建立气炭联产和热电联产国家产业技术创新中心,形成林业生物质气化科技创新体系,增强产业自主创新能力。通过承担国家级和行业重大科技任务,带动学科和行业发展。

3.3.5 推进特色产业区域创新与融合集群式发展 以提高我国林业资源气化领域科技成果孵化和工程化开发能力为目的,加快生物质气化热炭联产工程技术中心建设,强化工程中心的定位和功能,使之真正成为科技成果的孵化器、技术组装集成的载体、中试基地和技术交易辐射中心、人才培养和技术培训的基地;加快推进企业研发中心建设,提高企业科技创新能力;大力加强科技中介机构建设,强化质量监督、技术标准的建立。

3.3.6 推进特色产业人才队伍建设 加大人才的培养和引进,依托国家级科研院所和相关高等院校,通过重点学科、重点实验室建设和重大项目的实施,培养造就一批学科前沿领域的领军人物、战略科学家和拔尖人才,注重林业资源气化制备能源与功能炭材料产业科技型企业家和高级管理人才的培养;采取有效措施,吸引和鼓励出国留学人员从事基础和开发性研究,加强林业、化学交叉领域人才的国际培训和国际合作、学术交流,形成具有国际竞争力的生物质气化多联产创新团队和研发队伍。

4 我国林业资源热解气化供热发电产业发展对策与建议

4.1 产业发展模式创新

我国在煤电技术核心装备发展方面取得了较大成就,重大核心装备已基本能够实现自研自产。但在生物质气化供热发电技术方面较西方发达国家还存在不小的差距,尤其在生物质采收、运输、加工、

储存等专用辅助机械配套方面差距比较明显,仍需迎头赶上。需加大生物质气化供热发电技术领域的科研投入,提高国产核心装备及辅助装备的技术水平和自给自足,缩小与发达国家先进水平的差距,是降低林业资源气化供热发电企业项目投资和运行成本、提高企业赢利能力、促进行业健康可持续发展的根本。利用气化副产物炭来创新开发出功能性生物基炭材料等,提高林业资源气化供热发电产业的综合经济效益,保障生物质气化产业的良性发展。主要需在以下几个方面进行创新发展:1) 建立多途径的原料供应模式。林业剩余物受季节性、天气等因素的影响,容易造成原料供应不足,以至造成设备利用率低,发电量低,运行维护成本高等问题。通过建立大客户收购、村级网络收购、临时季节收购等多种原料收购模式,保障原料充足、高质量的供给,为林业资源气化供热发电稳定高效运行奠定基础。2) 加强产学研合作。目前林业资源气化供热发电产业还存在高温超高压锅炉和汽轮机的整体国产化、原料预处理成本高、气化炉结构优化设计及系统耦合、生物燃气中的焦油裂解与净化技术和固体炭副产品的高值化利用技术以及各技术环节的系统集成等亟需解决的难题。需加强高校、科研院所与企业之间的产学研合作,开发具有自主知识产权的集成技术,形成能源作物的培养与种植、林业资源高效气化供热发电及生物炭的综合利用技术循环经济路线,发展绿色循环经济产业链。同时林业资源气化供热发电产业发展存在项目综合设计规划和经济管理人才缺乏,高校和科研院所应加大复合型科技人才的培养力度,降低生物质气化供热发电项目的投资风险和运营成本。3) 鼓励分布式发展模式。建设村镇规模的分布式生物质气化多联供系统,为国家新型城镇化战略提供支撑。生物质能是分散的地域性能源,主要分布在农村地区,中国农村经济发展极不平衡。一方面,经济发达地区的农民使用洁净的电能、液化气等商品能源,将富余的林业剩余物在田间焚烧,造成极大的环境污染;另一方面,仍有边远地区没有电力供应,生活用能没有保障。根据当地需求,发展生物质能分布式气化多联供产业,提供热、电、燃气、活性炭、土壤改良剂等产品,可以有效替代高污染、高排放的化石燃料及其产品,资源化利用林业废弃物,有利于建立资源节约型和环境友好型社会,促进人与自然的和谐发展及经济社会的可持续发展。4) 产业要立足长远发展。从长远看,应重视利用林业剩余物气化来合成燃料及化工产品的研发。我国石油资源严重不足、能源结构失衡,已威胁到国家的能源安全和经济社会的可持续发展。生物质作为唯一一种能直接转化为液体燃料的可再生能源,可以缓解中国对进口石油的依赖,而且能够大幅度减少温室气体的排放,是生物质利用的跨越式发展。

4.2 加大政策扶持力度

与其它清洁能源发电相比,林业资源气化发电存在运行成本过高、抗市场风险能力差的弱势,需要投入较高的原料成本,约占总发电成本的三分之二,以补贴后 0.75 元/度上网电价估算,原料收购价格的盈亏平衡点达到了 400 元/吨左右,而原料收购价格受市场变化影响较大,极易导致生物质气化发电企业出现亏损,需要国家加大政策扶持力度,带动产业快速发展,进而最终摆脱政府补贴,形成良性发展的生态化产业。建议国家鼓励地方政府统筹各类资金,对生物质气化相关的林业废弃物“收、储、运、处理”各环节予以适当支持和补偿。

1) 建议地方财政和银行等金融机构对生物质气化供热发电产业给予阶段性的低息和贴息贷款资金支持。鼓励金融机构在风险可控、商业可持续的前提下给予生物质气化供热发电项目中长期信贷支持。

2) 结合国家生态文明建设、乡村振兴战略和构建国内国际经济双循环发展格局,建议各地尽快出台生物质气化供热发电产业发展的各类激励政策,吸引更多社会资本注入林业剩余物气化供热发电产业,推动产业快速发展。

3) 建议将生物质气化供热发电纳入绿色证书交易、碳市场交易和“隔墙售电”试点范畴,通过市场化方式,提升产业整体盈利能力,减轻对电价补贴依赖。

4) 政府对林业剩余物发电的扶持政策还需进一步明确和细化,降低管理部门和地方政府的实施难度,监督与引导产业市场,完善生物质气化相关法律法规制度。

4.3 完善市场准入审批和行业规范

生物质气化供热发电受原料供应及运输成本影响,具有很强的属地特性,一旦辐射范围内出现地

方保护性重复投资或原料恶性竞争,生物质气化供热发电企业将难以为继。近年来全国各地兴起建设生物质气化发电项目的热潮,出现了项目跟风上马、项目分布过于密集的现象,埋下恶性竞争的隐患,亟待国家和地方政府的良好规划,平衡好竞争和保护的关系。需严格生物质气化供热发电项目的审核,避免重复投资和过度竞争,有利于行业的健康发展。同时,联合余热利用项目的热电联供模式相较纯发电模式具有更好的能源利用效率,应得到更多的倡导和推广。在行业层面,要加快建立林业资源气化供热发电产业的技术工艺标准和设备生产标准,提高气化产业技术及装备水平。

参考文献:

- [1]ZHANG X, LI H, LIU L, et al. Thermodynamic and economic analysis of biomass partial gasification process[J]. Applied Thermal Engineering, 2018, 129: 410–420.
- [2]国际能源署. 国际能源署预测: 至 2023 年 现代生物能源将引领可再生资源增长[EB/OL]. (2018-10-08)[2021-01-10]. <http://www.china-nengyuan.com/news/129677.html>.
- [3]中华人民共和国全国人民代表大会. 中华人民共和国可再生能源法[M]. 北京: 法律出版社, 2005.
- [4]段雯娟. 2050 年中国八成电力有望来自可再生能源[J]. 地球, 2016(1): 52–54.
- [5]国家林业和草原局. 中国林业和草原统计年鉴 2018[M]. 北京: 中国林业出版社, 2019.
- [6]AHMAD A A, ZAWAWI N A, KASIM F H, et al. Assessing the gasification performance of biomass: A review on biomass gasification process conditions, optimization and economic evaluation[J]. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 2016, 53: 1333–1347.
- [7]孙立, 张晓东. 生物质热解气化原理与技术[M]. 北京: 化学工业出版社, 2013.
- [8]刘华财, 吴创之, 谢建军, 等. 生物质气化技术及产业发展分析[J]. 新能源进展, 2019, 7(1): 1–12.
- [9]SUSASTRIAWAN A A P, SAPTOADI H, PURNOMO. Small-scale downdraft gasifiers for biomass gasification: A review[J]. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 2017, 76: 989–1003.
- [10]刘宝亮, 蒋剑春. 生物质能源转化技术与应用(VI): 生物质发电技术和设备[J]. 生物质化学工程, 2008, 42(2): 55–60.
- [11]CHOPRA S, JAIN A K. A review of fixed bed gasification systems for biomass[J]. Agricultural Engineering International: The CIGR e-Journal, 2007, 9(5): 1–23.
- [12]SANSANIWAL S K, PAL K, ROSEN M A, et al. Recent advances in the development of biomass gasification technology: A comprehensive review[J]. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 2017, 72: 363–384.
- [13]BUI T, LOOF R, BHATTACHARYA S C. Multi-stage reactor for thermal gasification of wood[J]. Energy, 1994, 19(4): 397–404.
- [14]周密. 生物质在流化床气化炉内定向转化过程的模型模拟研究[D]. 合肥: 中国科学技术大学, 2006.
- [15]BASU P. Biomass Gasification and Pyrolysis[M]. Boston: Academic Press, 2010.
- [16]BEOHAR H, GUPTA B, SETHI V, et al. Parametric study of fixed bed biomass gasifier: A review[J]. International Journal of Thermal Technologies, 2012, 2(1): 134–140.
- [17]SAMIRAN N A, JAAFAR M N M, NG J H, et al. Progress in biomass gasification technique: With focus on Malaysian palm biomass for syngas production[J]. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 2016, 62: 1047–1062.
- [18]常圣强, 李望良, 张晓宇, 等. 生物质气化发电技术研究进展[J]. 化工学报, 2018, 69(8): 3318–3330.
- [19]LI C S, SUZUKI K. Tar property, analysis, reforming mechanism and model for biomass gasification: An overview[J]. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 2009, 13(3): 594–604.
- [20]BALDWIN R M, MAGRINI-BAIRA K A, NIMLOS M R, et al. Current research on thermochemical conversion of biomass at the national renewable energy laboratory[J]. Applied Catalysis B: Environmental, 2012, 115/116: 320–329.
- [21]吴小燕. 全球生物质能源区域市场分析: 美国生物质发电技术处于世界领先水平[EB/OL]. (2019-02-14)[2021-01-10]. <https://huanbao.bjx.com.cn/news/20190214/962517.shtml>.
- [22]蒋剑春. 活性炭制造与应用技术[M]. 北京: 化学工业出版社, 2017.