

国内生物质电厂发电技术及设备发展前景

傅安强

(福建省福能晋南热电有限公司, 福建晋江362200)

摘要：当前，合理并高效地利用生物质能发电成为我国在能源安全和保障的重要任务之一。主要介绍了目前生物质发电的主流技术及设备，并对国内已经投产的大容量机组进行了探讨，结合国内外经验，对国内生物质发电应用前景进行了详细地展望。

1 生物质能源简介

随着全球人口数量的快速增长和时代的快速发展，能源短缺问题已成为世界上需要共同面对的问题，与此同时能源安全也是制约一个国家和平和稳定发展的问题之一。因此，如何合理并有效地开发和利用新能源、研发新型设备、探索新的技术就显得尤为重要。

我国是一个农业生产大国，就福建省[1]而言，每年产生的各种农林废弃物、林业废弃物和林产品加工废弃物等生物质资源，蕴含着巨大的财富和价值，这不但为我国发展低碳经济提供了物质条件，同时也为我国生物质发电技术提供了可靠的发展基础和提升空间。生物质清洁能源首要是指生物质气体、生物质固体燃料和生物质液体燃料[2]。生物质能源相对传统的化石能源来说，是一种新型的清洁的能源，它具有可再生、低污染性和高附加值的优点。合理地利用生物质能发电不仅可以减少使用传统化石能源所带来的有害废气，还可大大减少二氧化碳的排放量。

2016年，国家发展改革委员会国家能源局联合公布了我国电力行业的第十三个五年（2016—2020年）规划，根据电力发展的“十三五”规划[3]。我国将大面积展开生物质发电试点示范工程，重点任务就是解决来自农业和林业所产生的生物质资源，同时保证生物质发电和并网装机容量在数量和质量上的递增。截至2016年底我国生物质发电并网装机容量约为12.2GW[4]。到2020年将达到15GW的生物质发电总装机容量，以及90000GWh的年发电量。因此，充分使用生物质清洁资源，助力可持续发展的生物质发电厂必将成为重要的战略。

2 生物质能源特点

生物质指的是动物和植物以及为微生物在死亡之后留下含有能量的有机物质，这些残留物和活体所产生的代谢物中所含的能量均来自固化的太阳能。虽然煤炭、石油和天然气等化石能源也是从生物质能转化而来，但和传统的化石能源不同的是生物质[5]。能源具有如下特点：

循环再生性。生物质能够通过植物的光合作用再生，它和风能、太阳能以及潮汐能一样都是可再生能源，并且它的种类更加丰富，可以确保能源的可持续使用，经济的可持续发展。

节能减排性。由于生物生长过程中所需的二氧化碳的量和其自身排放的二氧化碳量基本相等。所以，在使用生物质能源的生产中，温室气体在大气中的排放量基本为零。

生物质中硫和氮以及灰分的含量较低，尤其是硫燃烧后，硫氧化物和粉尘的排放量相对于化石燃料而言十分的低，是一种十分清洁的燃料。

分布性不但很广，而且在我国生物质资源的储量十分庞大。

3 生物质发电技术

生物质发电技术主要分为三类，分别是生物质直接燃烧发电，生物质气化发电，生物质耦合发电（生物质与其他燃料混合发电）。

3.1 直燃式发电技术

生物质直燃式发电的技术原理实际上就是将生物质通过燃烧，所产生的热蒸汽在汽轮机中实现蒸汽的热能转换为机械能和电能，来产生电力。这与燃煤发电的原理基本上是一致的。燃烧过程中，发生着复杂而又繁多的化学反应和

物理变化，以及燃料和空气之间的热传递。蒸汽锅炉中所产生的气体主要使汽轮机运转，从而使发电机发电。生物质直接燃烧的发电技术的核心是增加生物质燃料的热效率，而具有极高热效率的锅炉设备就成了至关重要的一步。生物质燃烧设备按规模大小分为大型锅炉、小型锅炉和热电联产锅炉[6]。按其燃烧特点分类又可分为束式炉、颗粒层炉、板式锅炉等。

3.2 气化发电技术

生物质气化发电技术的基本原理就是将生物质转化为可燃气体（一氧化碳、氢气等），之后利用可燃气体燃烧所产生的热能，通过发电设备转化为电能。它从某种程度弥补了生物质由于自身特性难以燃烧的缺点。生物质气化发电的工艺流程主要包括如下步骤：生加工处理后的生物质原料通过进料设备或传送带送至气化炉中，由于氧气的含量受制于炉体的体积，生物质燃烧发生不完全反应，此时常用的工艺是将气化气体回收预热，即高温气体与材料进行热交换来加热生物质原料，然后通过冷却系统和净化装置对气体进行过滤，净化后的气体进入汽轮机和内燃机来用于发电。相对于传统的火电直燃发电技术，气化发电更加清洁可靠。另外，是气化技术的灵活性，能够使过程中产生的废蒸汽和热锅炉发电系统相结合，汽轮机的加入确保效率，规模小，投入小，成本低，经济效益高。

3.3 生物质耦合发电技术

1970年，世界上很多发达国家开始提出生物质发电技术理论，正是由于全球化石能源危机的出现，丹麦[7]为了能源安全并缓解能源压力，在世界上率先大力推行以秸秆等生物质为主的发电技术。20世纪90年代年以后，生物质发电技术和理论开始在许多发达国家[8]飞速传播并发展。在生物质发电的传统技术中，实际上也包含了生物质与煤炭、石油以及天然气的联合发电技术，只是在产业化和应用中往往以小型设备为主，这也与西方国家电力产业发展和国情有直接关系。

事实上，在发达国家300MW以上的发电设备和技术实际并不多见。在我国300~600MW的设备将是主要的应用设备，发展小型生物质发电机组既能够适应国际上领先的生物质发电技术潮流，也能够适应国内电力发展的实际国情。这将不仅仅是解决多烧煤的问题，实际上解决了燃煤到清洁能源过渡的技术范畴。

4 生物质发电流程

农林废弃物及林业废弃物等生物质原材料通过处理之后，被输送至气化炉内，在高压和高温的双重作用下开始热裂解、碳化，在这一过程中还会产生大量的混合气。这些气体的主要组成是高浓度的一氧化碳、氢气和甲烷等。当这些具有热值的混合气从炉内出来时，气体温度基本处于高温状态（800~900℃），为了能够充分利用这部分的气体，便于核算热值和科学的计量，使其降至低温400℃以下，经过降温的生物质混合气通过运送系统传送，一部分被送入锅炉内燃烧，另一部分带有热值的废气重新回流至预处理环节进行热量回用。按照此步骤将生物质发电流程分为生物质原料的预处理环节、循环流化床气化炉加热环节、混合气降温降压环节、可燃气体加压及检测和核算与计量环节、生物质混合气体燃烧环节等。在上述的环节中还需要吹扫和电路保护以及保障系统。在这几个环节中最核心的因素是生物质热气耦合的设备和技术。

5 生物质发电技术的主要工艺设备

5.1 循环流化床（CFB）气化炉

循环流化床（CFB）[9]气化炉主要由上部、下部以及尾部组成。这其中的各个环节和每个部分都有耐高温耐高压的防护处理。二段悬浮部分是保证生物质气化充分反应的关键部分。气化炉下部主要是由主风室、挡风板、和帽体以及密封相部分组成。实际上一次悬浮部分是主要化学反应过程的反应区，二段悬浮部分仅仅只是保证气化过程的顺利进行。炉体的尾部加装了旋风和静电除尘设备。为的是使尾气不会造成二次污染的同时能对气体和固体杂质颗粒进行简单的去除。

事实上，生物质发电技术的核心就是循环气化炉的选择。气化炉采用柴油点火设备，使气化炉内温度始终保持在800℃左右，并且使炉内处于近似缺氧的内部环境，更有助于生物质燃料进行充分的热解，随后产生以氢气、二氧化碳和一氧化碳为主的生物质混合气。混合气只有在炉体内充分并完全地停留才能确保高效的气化得率和燃烧效率。

5.2 混合气降温系统

燃气降温系统[10]的核心设备是高压换热器，其作用是将气化炉产生的高温（约在650℃以上）气体降至中温或低

温，这里的中温和低温是指低于400℃。因为高压换热器的特殊工作性质需要选取的导热油就应该选择在500℃或者以上，这样才能确保高效率转换的同时保证生产安全。这种导热油在国内基本上都是定制，根据具体情况来进行选择。导热油在高压换热器中被置放于生物质气化炉的后面，通过循环的油泵将导热油的热量传递至集热设备，高压下的换热设备经过导热油的传递，将热量收集之后再通过回流泵重新注入集热器吸热，通过这样的设备循环达到控温目的。

5.3混合气加压输送设备

在经历了降温系统之后，混合的生物质气基本上都处于中温（300~500℃），所以出于对加压设备的安全考虑，加热空气所用的设备应该能够满足至少500℃以上的温度。当混合气从外部进入炉体之后由于进气口的位置和数量不同，会造成气压和燃气量的变动。因此在混合气进入炉体之前就需要对其进行降压或升压到标准程度，使其不受影响，当气压达到稳定时，混合气被送至管体内，管体最终将气体均压处理后通过支线再送入炉膛内进行反应。在管线的实际设计中，应当考虑气压不稳定和热量不均匀所带来的气体倒吸、倒流，并设置相应的防倒吸、倒流的阀门。

5.4耦合燃烧器

耦合燃烧器中燃烧的生物质气体基本是不会含有灰分和挥发分的，因此燃烧器中的炉膛前段或后段组装旋转对流装置能够将可助燃的热蒸汽作为二次能源继续使用。而在选择和安装耦合燃烧器的地方则需要依据生物质气体产生的量以及炉膛的燃烧区的变化等因素进行更加科学地设计。在我国如果生物质燃气耦合率小于煤粉锅炉的5%时[11]，则基本上能保证不需要再对锅炉的水冷壁进行处理。

6我国生物质发电发展前景

（1）我国生物质发电产业受政府扶持的影响极为明显，在当前的产业链中有特别明显的嵌入性。我国农业生产方式和现状与发达国家差别很大，发达国家主要是农场为主的农业经济具有完整的上下游体系，不论是从运输到回收还是再到销售，每一环每一链都有明确的分工和准确的定位，反观我国的农业模式和政策条件这就导致了生物质原料的收集和运输必然会受限于地方政府和农户，造成原料供应矛盾问题。除此之外，不完整的收购渠道，运输等产业也会制约发电厂的正常运行。

（2）对于现行的电厂而言设备的装机容量基本在200~600MW，但对于大型的火力发电机组主要是600MW以上。因此，设备的特点使得我国能够开展的生物质发电耦合率小于10%。这就说明了我国的生物质发电产业想要迅速和规模化地发展就必须采用小锅炉且不需要对原有的燃煤锅炉进行全面的改装。实际上，小农经济下的农业资源分布不均与，生产方式的差异势必是对我国开展生物质发电众多不利影响中最为致命的瓶颈。从国内已开展的生物质发电企业运营情况看，原材料的来源和质量的不稳定，是造成企业经济效益不好，甚至电厂和电站的经营亏损的主要原因。

（3）在生物质实际发电计量核算方面，需要进一步完善计算方法、核算规范、计算技术以及核算的标准，也是促进生物质电厂平稳发展和提高效益的重要一步。

7结论与展望

当前，我国大气污染防治形势极为严峻，生物质作为一种低碳低硫的绿色可再生能源，不但可以解决大量的农林废弃物问题，而且能为群众创收。虽然目前生物质发电产业还存在一些不足和缺点，但是在国家的相关政策扶持下，有序开发生物质能源，因地制宜利用生物质，再加上生物质气化技术的不断成熟，生物质发电厂的发展建设和设备创新也一定能够拥有更美好的明天。

参考文献

- [1] 福建省能源研究会.福建省生物质能学科发展报告[J]. 海峡科学, 2013(1):25-34.
- [2] 娄喜艳,丁锦平. 生物质能源发展现状及应用前景[J]. 中国农业文摘-农业工程, 2017(2):12-22.
- [3] 李琼慧,王彩霞.从电力发展“十三五”规划看新能源发展[J]. 中国电力, 2017, 50(1):30-36.
- [4] 吴国强,倪浩. 生物质气化耦合燃煤锅炉对燃烧安全性的影响[J]. 科技创新与应用, 2017(19):68-68.
- [5] 史海东,才晓泉.生物质清洁能源的来源和分类[J]. 生物学教学, 2017(3):34
- [6] 黄波.生物质成型燃料应用于取暖炉的燃烧特性实验研究[D]. 长沙.中南大学, 2011.
- [7] Lin W, Song W. Power production from biomass in Denmark [J]. Journal of Fuel Chemistry & Technology, 2005 (33): 650-655.
- [8] Rubio-Serreo F J, Soto-Pérez F, Blanco-Marigorta E. Advantages of incorporating Hygroscopic Cycle Technology to a 12.5-MW biomass power plant [J]. Applied Thermal Engineering, 2018(2):320-327.
- [9] 刘军. 21 世纪的清洁能源技术——循环流化床 (CFB) 锅炉[J]. 科技广场, 2004(10):56-57.
- [10] 生物质焦油热物理特性与燃气净化装置研究[D]. 郑州: 河南农业大学, 2000.
- [11] 王刚,曲红建,吕群.我国生物质气化耦合发电技术及应用探讨[J]. 中国环保产业, 2018(6).

原文地址：<http://www.china-nengyuan.com/tech/164938.html>