

# 生物质能主要应用技术发展现状及趋势分析

吕涛涛

中国电建集团湖北工程有限公司 湖北武汉 430040

**摘要:** 作为一种重要的清洁与可再生能源,生物质能资源丰富且应用前景广阔,在全球控制温室气体排放与倡导绿色发展的大背景下,积极发展与大规模应用生物质能是实现全球绿色与可持续能源结构转型的重要措施与手段。本文主要梳理与分析国内外生物质能规模化主要应用技术发展现状及趋势,分析具有较好产业前景与发展潜力的生物质能应用技术的研发与提升方向,同时探讨生物质能应用新场景。

**关键词:** 生物质能; 应用技术; 发展现状与趋势

## 引言

2022年5月,中国发改委发布《“十四五”生物经济发展规划》,明确要积极开发生物质能源,在生物质发电、热电联产、生物质燃料方面推动生物质能技术的发展和應用,作为化石能源向绿色低碳可再生能源转型的重要推动力量之一,同年发布《“十四五”可再生能源发展规划》进一步提出,要推进生物质能多元化开发。

### 1. 生物质能主要应用技术类型

考虑生物质原料来源、生物质能产品类别、生产技术成熟度、产业化应用规模与广泛性、政策支持力度等因素,现阶段全球具备大规模应用综合优势的生物质能主要应用技术主要为两种:(1)通过生物质直接燃烧技术供热与发电;(2)通过生物化学转化技术生产生物燃油,本文主要分析这两类生物质能应用技术的发展现状与趋势,对其他种类应用技术包括通过生物质气化技术生产生物质合成气、通过生物质热解技术生产生物焦油、通过生物发酵技术生产沼气供热与发电、通过生物质堆肥技术生产农业有机肥料等暂不作详述。

### 2. 生物质能主要应用技术发展现状与趋势

#### 2.1 生物质直燃供热与发电

生物质直燃供热与发电技术已发展非常成熟,生物质燃料主要为农林业废弃物与城市生活垃圾,通过直接燃烧生物质燃料实现供热、发电或热电联产,已广泛应用于城镇集中式供暖、工业供热、工厂自备与商业化并网生物质电站。生物质直燃供热与发电技术呈现以下发展特点与趋势:

第一,生物质直燃供热与发电技术产业链成熟,技术

创新促进规模不断提升,中国处于该领域领先地位。通过持续的国家政策支持、产业技术提升与项目全生命管理能力提高,经过几十年长足发展,中国已具备生物质直燃供热与发电项目的开发、生物质燃料收集/种植及储运、设备制造、建设与运营的全产业链能力与优势。随着生物质燃料供应稳定性提高与技术创新,生物质电站单机规模从5MW、10MW、15MW稳步提升至20MW、30MW,再探索提升至50MW。在保证机组运行安全性与稳定性的前提下,通过提高机组单机规模、采用高温高压或高温超高压技术可有效提高机组发电效率,从而提升项目经济性。由广东粤电投资的湛江2x50MW生物质电站示范工程项目是目前全球规模最大的生物质电站,其研发并采用循环流化床锅炉直燃技术,有效解决生物质直燃发电机组上料困难、高温腐蚀严重、可靠性不足限制机组规模提高以及中国南方生物质燃料含水量高、生物质锅炉燃烧难以控制等难题,为生物质直燃发电技术进步起到重要引领作用。

第二,生物质发电行业在全球存在明显国家与区域性差异,积极的行业政策特别是电价政策对生物质发电行业规模化发展起到决定性作用。中国政府对生物质直燃发电项目的电价补贴政策极大促进了中国生物质发电行业的蓬勃发展,2022年中国累计生物质发电装机规模达41.32GW,以湖北省为例,目前生物质电站补贴电价为0.75元/度电,基本保证了燃料充足生物质电站项目的经济性;但目前中国部分省份,例如贵州,为减轻本省财政压力,已颁布新规退出以农林废弃物为燃料的新建生物质电站电价补贴机制并按照本省煤电标杆上网电价0.3515元/度电统一实施,这无疑将

放缓其省内生物质电站项目开发。日本政府积极鼓励本国企业投资开发以木质原料为燃料的生物质发电项目以作为其能源转型的重要措施，补贴电价达到 24 日元 / 度电（折合约 1.2 元 / 度电），此举极大促进了日本生物质电站投资建设，2022 年日本累计生物质发电装机规模达 7.1GW。预计 2025 年日本生物质燃料包括颗粒需求达 2500 万吨，为应对燃料短缺，日本企业积极在东南亚等地区投资开发林业生物质颗粒项目并进口生物质颗粒，其中 Erex 集团在越南计划开发 14 个生物质颗粒项目。东南亚国家地处热带地区，农业与林业资源丰富，但是行业电价政策极大限制了生物质电站发展。以具备丰富棕榈油果种植及加工业废弃物与大型林场废弃物的印尼为例，能源矿产部 2017 年 50 号法令出台取消对包括生物质电站项目在内的可再生能源补贴电价政策并回归市场公开竞标机制，自 2018 年至 2023 年，仅有邦加 1x10MW 生物质电站项目实现商业并网，部分开发商转而投资年产 5-10 吨生物质颗粒项目并出口。以越南为例，现行生物质电站项目统一电价仅为 8.47 美分 / 度电（折合约 0.6 元 / 度电），目前仅有后江 1x20MW 生物质电站商业并网项目在基于使用日本联合碳信用机制提升项目经济性的前提下实现开工建设。

第三，作为生物质发电的重要组成部分，垃圾处理与焚烧发电技术成熟且发展前景广阔，是促进实现社会绿色环保发展的重要措施。日本、欧洲与中国在垃圾处理、垃圾焚烧发电及其污染物排放控制领域处于领先地位，垃圾处理与焚烧发电项目受政府政策影响更大，主要在于垃圾处理费、电价、垃圾供应安排、项目所在国环保要求等方面的合理性。中国 2022 年垃圾发电累计装机规模达 23.86GW，深圳能源投资的深圳龙岗垃圾发电厂是全球单体规模最大的垃圾发电厂，日处理垃圾 5000 吨，采用 6x850 吨 / 日炉排炉 +3x66MW 汽轮发电机组 +6 套烟气净化系统，烟气排放指标优于现行国家标准（GB18485-2014）和欧盟标准（2010/75/EU）。中国垃圾处理与焚烧发电产业也逐步向世界发展，中国公司在投资、工程总承包、设计与设备供货等方面具有很好的技术与价格综合竞争优势，其中东南亚地区是优势竞争区域。光大环境、中国天楹已分别成功投资越南芹苴垃圾处理与发电项目、越南河内朔山垃圾处理与发电项目，其中河内朔山项目垃圾日处理量为 4000 吨，为全球第二大单体规模垃圾处理与焚烧发电项目。

## 2.2 生物燃油

生物燃油主要包括生物柴油、生物乙醇汽油与生物航空煤油三种类型。生物燃油作为化石燃油的有效替代，进一步提升生物燃油在能源结构中的比例对全球和各国都具有重要意义。

### （1）生物柴油

生物柴油主要指植物油、动物油、废弃油脂、微生物油脂与甲醇或乙醇经酯转化形成的脂肪酸甲酯或乙酯（FAME，第一代生物柴油）与氢化油（HVO，第二代生物柴油）。生物柴油特性与化石柴油相近，具备良好的燃烧性、较好的低温发动机启动性能和润滑性能以及原料易得等优势，因此在全球得到很好的推广应用。根据世界生物质能协会数据，2018-2022 年生物柴油消费量整体处于上升趋势，2022 年消费量为 4175 万吨，其中欧盟占比 35%，美国占比 21%，印尼占比 17%，而中国占比仅 1%。中国 2022 柴油消费量约为 18000 万吨，生物柴油占比不足 1%。目前中国生物柴油行业仍处于初步发展阶段，明显落后于欧洲、美国等国，特别是生物柴油消费市场，中国可充分借鉴欧盟生物柴油强制掺比政策出台积极产业政策刺激并释放中国巨大的生物柴油消费市场。自 21 世纪初，中国开始研发生物柴油技术，现已初步构建生物柴油产业链，在生产技术、质量、技术指标等方面达到国际先进水平，代表企业包括卓越新能、嘉奥环保等。根据世界生物质能协会数据，2022 年欧盟、印尼、巴西、美国为生物柴油主要产国，占比超过 80%，中国占比不足 2%。根据中国生物能源协会数据，2023 年中国生物柴油的产量预计达到 300 万吨，同比增长 10%。但不同于印尼、欧盟及美国分别以棕榈油、菜籽油及大豆油为主制生物柴油，而中国因为粮食安全考虑目前主要研究及应用以废弃油脂与麻风树油制生物柴油。根据 2023 年中国生物柴油生产与出口数据，主要生产地区为福建、浙江、河北、江苏、上海等经济发达且废弃油脂（地沟油）供应量较高的省市。相比于通过植物油生产生物柴油，采用废弃油脂生产生物柴油在原料成本、工艺复杂程度与生产成本等方面均有劣势，因此为进一步提高中国生物柴油产量，须在国家积极产业政策支持下，进一步扩大生物柴油生产原料供应多样性，包括通过研究及出台政策与市场机制规范废弃油脂收集与储运市场逐步稳定与提升供应规模与品质、在不影响国家粮食安全的前提下逐步培育一定类型的植物油作为中国生物柴油

主要生产原料之一，同时进一步研发与提升生产技术及降低生产成本，以扩大中国生物柴油生产产能，从而促进中国生物柴油产业进入快速发展阶段。

### (2) 生物乙醇汽油

生物乙醇指通过微生物发酵将生物质转化为燃料乙醇，掺比汽油制成生物乙醇汽油作为汽车燃料。汽油掺乙醇可以改善汽油防爆性能、改善燃油燃烧特性减少发动机碳沉积与减少一氧化碳等不完全燃烧污染物排放，一般生物乙醇汽油的乙醇掺比不超过 10%。目前，生物乙醇生产方式主要有两种：第一种，以粮食作物为原料通过微生物发酵技术进行规模生产，称为第 1 代生物乙醇；后又延伸以木薯、甜高粱等非粮食作物为原料生产，称为第 1.5 代生物乙醇。第二种，以农林业废弃物等纤维素生物质为原料，主要通过纤维素水解技术以及微生物发酵技术生产生物乙醇，称为第 2 代生物乙醇，但此技术仍待进一步研究与提升，距离大规模应用仍有距离。2021 年中国汽油消耗量为 12282 万吨，生物乙醇占比不足 3%。虽然美国为全球第一大生物乙醇生产国，2022 年产量达到 4600 万吨，但考虑到中国国情，特别是粮食安全与生产原料供应规模限制，第 1 代与第 1.5 代生物乙醇技术在中国发展存在明显的规模限制。若第 2 代生物乙醇生产技术实现突破，有效提升生产工艺与降低生产成本，将极大促进生物乙醇产业的跃升发展。目前河南天冠等中国公司的纤维素生物乙醇的研发和示范走在中国前列，但仍与美国、巴西等国纤维素乙醇生产技术存在较大差距。巴西 Raizen 公司 2018 年投产 3 万吨/年纤维素乙醇工厂，以甘蔗为原料，目前正在计划采用新设计催化酶以降低生产成本。

### (3) 生物航空燃油

生物航空煤油是以多种动植物油脂为原料，采用自主研发的加氢技术、催化剂体系和工艺技术生产。现已一定规模应用于航空行业，但相比传统化石航空煤油，现阶段暂不具备成本优势。中国石化已成功开发具有自主知识产权的生物航煤生产技术，2011 年首次生产出以棕榈油为原料的合

格生物航空煤油，2012 年又成功将餐饮废油转化为生物航空煤油产品。

### 3. 生物质能应用新场景

结合现有社会经济发展、多产业技术研发与进步，生物质能应用技术也存在以下几种主要潜在生物质能应用新场景，可促进生物质能技术与产业发展因地制宜与多样性：

- (1) 燃煤电站生物质耦合混合燃烧技术研究与示范应用；
- (2) 多种清洁与可再生能源综合能源热电冷联产应用；
- (3) 中国新型农村生物质小型集中供暖或热电联产应用；
- (4) 生物质替代煤炭集中供热/供暖应用；
- (5) 生物质项目绿电、绿证与碳排放机制应用；
- (6) 生物质发电项目碳捕集与封存研究。

### 4. 结束语

总之，技术创新是积极政策支持是实现生物质能规模化、市场化应用的关键，通过不断提升应用技术、降低生产成本、扩大既有应用场景消费市场、探索与培育应用新场景，实现生物质能更为广泛的应用将对全球能源转型贡献更大力量。

### 参考文献

- [1] 别如山, 兰祯. 生物质能应用技术现状及发展趋势 [J]. 工业锅炉, 2023(5):1-6.
- [2] 桑树勋, 华凯敏, 屠坤坤, et al. 生物质能高效利用与二氧化碳捕集利用封存耦合技术体系 (BECCS) 的发展方向与研究进展 [J]. 中国矿业大学学报, 2023, 52(5):845-867.
- [3] 张民, 王成, 华时俊, 胡罡, 赵文博. 生物质发电在我国的发展现状及前景分析 [J]. 电力设备管理, 2022(20):71-73.
- [4] 曹运齐, 刘云云, 胡南江, 胡晓玮, 张瑶, 赵于, 吴嵩民. 燃料乙醇的发展现状分析及前景展望 [J]. 生物技术通报, 2019, 35(4): 163-169.
- [5] 李学琴, 刘鹏, 吴幼青, 雷廷宙, 吴诗勇, 黄胜. 生物质气化技术的发展现状及展望 [J]. 林产化学与工业, 2022, Vol.42, Issue (5): 113-121.