

# 生物质能在电气系统中的集成与应用研究

陈祎

华电科工生物质能分公司，北京 100071

**[摘要]**在全球能源朝着低碳化以及可再生化不断转型的当下，生物质能凭借自身具备的可再生特性、较低的碳排放特点以及对环境较为友好的优势，受到了人们的广泛关注。文章把生物质能在电气系统当中的集成当作研究对象，全面且细致地分析了生物质能的燃料具体特性、接入电力系统的各种方式、分布式发电系统的相关设计情况。与此还对其在工业领域、农业范畴以及城市供电方面的应用潜力展开了分析，并且对它的运行效益以及环境影响进行了评估，只要进行科学且合理的系统设计，同时实施智能化的管理举措，那么就能够大幅度提升生物质能的利用效率，进而为构建起可持续发展的能源体系给予强有力的支撑。

**[关键词]**生物质能；电气系统集成；可再生能源

DOI: 10.33142/hst.v8i10.18047

中图分类号: S216.2

文献标识码: A

## Research on the Integration and Application of Biomass Energy in Electrical Systems

CHEN Yi

Huadian Engineering Biomass Energy Branch, Beijing, 100071, China

**Abstract:** In the current global energy transition towards low-carbon and renewable energy, biomass energy has attracted widespread attention due to its renewable characteristics, low carbon emissions, and environmentally friendly advantages. The article takes the integration of biomass energy in electrical systems as the research object, comprehensively and meticulously analyzing the specific fuel characteristics of biomass energy, various ways of connecting to the power system, and the relevant design of distributed generation systems. Furthermore, an analysis was conducted on its potential applications in the industrial, agricultural, and urban power supply fields, and its operational benefits and environmental impact were evaluated. As long as a scientific and reasonable system design is carried out, and intelligent management measures are implemented, the utilization efficiency of biomass energy can be significantly improved, providing strong support for building a sustainable energy system.

**Keywords:** biomass energy; electrical system integration; renewable energy

### 引言

全球能源需求一直处在不断增长的态势之中，与此气候变化这一问题也变得日益严峻起来。在此情形之下，可再生能源的发展已然成为了能源转型当中的核心关键所在。生物质能，在全世界范围内是排名第四的能源类型。它凭借着自身的可再生特性，以及所具有的低污染优势和碳减排优势，从而受到了人们的广泛关注。生物质能能够充分利用农业废弃物、林业副产物以及能源作物等资源。随着低碳经济不断地向前推进，将生物质能集成到电力系统当中，这无疑成为了一种能够提升能源使用效率，并且对能源结构加以优化的重要途径。不过，生物质能自身在电网调节方面、输出存在间歇性的状况下以及分布式管理环节里，依旧面临着不少的挑战，这些挑战也相应地对系统的整体设计以及智能化控制提出了比较高的要求。所以说，针对生物质能电气系统展开关于技术集成以及应用模式的研究，对于达成高效、绿色且可持续的能源供应目标而言，有着极为重要的意义。

### 1 生物质能特性与优势

生物质能是世界第四大能源，仅次于煤炭、石油和天

然气，其资源储量和可再生性使其在全球能源结构中具有重要地位。根据生物学家估算，地球陆地每年生产 1000~1250 亿 t 生物质；海洋年生产 500 亿 t 生物质。生物质能源的年生产量远远超过全世界总能源需求量，相当于目前世界总能耗的 10 倍。我国可开发为能源的生物质资源到 2010 年可达 3 亿 t。随着农林业的发展，特别是碳薪林的推广，生物质资源还将越来越多。从燃料特性来看，生物质的硫含量、氮含量低，燃烧过程中产生的 SO<sub>x</sub>、NO<sub>x</sub> 较少；生物质作为燃料燃烧时，由于它在生长时需要的二氧化碳相当于它排放的二氧化碳的量，因而对大气的二氧化碳排放量近似于零，可有效地减轻温室效应；生物质能其储量颇为丰富，所蕴含的潜力也是巨大的，并且它还拥有低污染以及低碳排放这样的环境方面的优势，无疑属于可持续能源体系当中的一个重要构成部分。

### 2 生物质能电气系统集成技术

#### 2.1 生物质能接入电力系统的方式

生物质能接入电力系统主要存在集中式接入以及分布式接入这两种模式，每种模式都有自身的特点，在能源结构优化方面所起的作用也各不相同。集中式接入模式一

般依靠大型生物质发电厂来运作，把农业废弃物、林业副产物还有能源作物集中起来进行收集处理，借助燃烧、气化或者厌氧发酵等技术把化学能转变为电能，之后再将其输送到公共电网当中。这种模式在规模化运行、能源转换效率以及集中管理等方面有着十分突出的优势，能够满足大规模负荷的需求，不过与此它还面临着原料运输成本偏高、电网负荷出现波动以及环境排放管理较为复杂等一系列问题。与之相比，分布式接入模式着重于把生物质发电设施布置在负荷中心或者是资源附近，直接给区域负荷供应能源，能够在一定程度上降低输电损耗，提升系统的灵活性，强化局部供电的可靠性。分布式接入模式对于系统的监测精度、负荷预测能力以及和主电网的协调运行都提出了更高的要求，必须要结合先进的调度策略以及保护技术来确保电能质量和供电稳定性。除此之外，为了充分挖掘生物质能的调节潜力，通常需要和风能、光伏等间歇性可再生能源以及储能装置协同配合运行，凭借智能化控制对能源输出加以优化，达成电网负荷平衡并且实现经济性的最大化，进而提升电力系统整体的稳定性和可靠性。

## 2.2 分布式生物质发电系统设计

分布式生物质发电系统在设计之时，务必要全面考量资源供给情况、能源转换所达成的效率高低、系统自身所具备的可靠性程度以及其对环境所产生的影响等诸多不同方面的因素。就选址这一环节来讲，应当把那些生物质资源相对较为丰富并且运输起来也颇为便捷的地区放在优先考虑的位置上，比如像农业废弃物比较集中的区域或者专门用于种植能源作物的地区等，如此一来便可以有效地降低燃料获取方面的成本，进而切实保障系统能够实现可持续的运行状态。在技术选择这个层面上，需要依据燃料所具有的特性以及其热值的具体状况来决定采用何种转化方式，像是燃烧、气化或者是沼气发电等方式都可纳入考量范围。与此还要通过对燃烧效率加以优化、对热能回收环节予以完善以及对电能转换过程做出改进等一系列举措，以此来促使能源能够得到最大程度的利用。在电气设计方面，分布式系统往往会采用模块化的架构模式，也就是把若干个容量相对较小的发电单元组合到一起，进而形成一个完整的系统整体。这样的设计方式一方面方便后续的扩展操作，另一方面也利于开展维护工作。而且，它还能够在一定程度上依据负荷出现的变化情况灵活地对输出功率进行调节。在与电网并网的相关事宜上，系统设计必须要严格遵循电网接口所规定的技术标准，要充分确保电压等级能够实现精准匹配，并且保护措施也要做到相互协调一致。还需采取恰当有效的电能质量管理方面的举措，从而避免给电网带来诸如谐波干扰或者电压波动这类不良影响。除此之外，分布式系统在设计过程中，还应当把智能化控制手段以及实时监测方法综合结合起来运用，借助这种方式来达成对发电单元、负荷以及储能设备

进行动态调度的目的，进而使得系统的运行效率得以提升，经济性也能够获得增强，同时还能够确保环境排放的各项指标都能够符合相关规定的标准要求，最终实现绿色低碳的运行状态。

## 3 生物质能电气系统应用分析

### 3.1 直接发电应用（燃烧、气化、沼气等技术）

生物质能直接发电属于其在电力系统里最为基础并且广泛运用的一种模式，这其中涵盖了燃烧发电、气化发电还有沼气发电等诸多技术。燃烧发电是借助把固体生物质于锅炉当中进行燃烧的方式，进而把化学能转变成热能，随后再依靠蒸汽轮机来达成发电的目的，这算得上是当下最为成熟的那条技术路线了。它的优点体现在技术已然相当成熟、所使用的设备也较为可靠、对于燃料的适应能力颇强等方面，不过它同样存在着热效率并非没有上限以及部分排放方面的相关问题。气化发电则是凭借在高温且处于缺氧的环境下把生物质转化成为可燃气体，之后再经由燃气轮机或者内燃机来完成发电这一过程，它具备较高的热电效率以及较强的可调性，并且还能够在一定程度上减少固体废弃物的排放量。沼气发电主要是利用农业废弃物、畜禽粪便又或者是有机垃圾处在厌氧环境之下发酵时所产生的甲烷气体，通过燃气发电机组来实现能源的转化工作。这样的方式一方面能够提供清洁能源，另一方面也能对废弃物处理问题予以解决，进而达成资源循环利用的目标。直接发电模式在工业园区、农村以及城市生活垃圾处理系统里面都有着颇为显著的应用价值，其特点在于输出功率可以实现可控、能量转换的效率颇高，并且还能够同储能技术相结合，以此来对间歇性负荷以及可再生能源的波动加以调节，从而为区域电力供给给予稳定的保障。

### 3.2 工业、农业及城市电力供给应用

生物质能在工业、农业以及城市电力供给等方面有着广泛的应用潜力。在工业领域当中，生物质能借助燃烧、气化或者沼气发电等方式，能够为生产过程给予电力以及热能方面的支持，如此一来，既能减少对化石能源的依赖程度，又可以达成废弃物资源化的利用目标。在农业领域方面，像农作物秸秆、畜禽粪便还有农田剩余物等，可以直接当作燃料或者是原料来使用，经过气化处理或者厌氧发酵操作之后，会产生电力，进而为农机的运行、灌溉系统的运作以及农业加工环节提供所需的能源，与此还能减轻对环境造成的污染情况。就城市供电而言，城市生活垃圾以及餐厨废弃物能够凭借沼气发电或者垃圾焚烧发电的方式，实现能源的回收利用，以此来满足居民日常生活用电的需求以及公共设施正常运行的要求，并且还可以和分布式储能系统相互结合起来，达成局部负荷调节的目的。通过在不同的场景里应用生物质能，不但能够实现能源供应的多样化，而且可以对能源结构加以优化，降低碳排放量，进而促使经济效益与环境效益都得以提升，从而为构

建低碳城市以及发展循环经济给出一条可行的路径。

### 3.3 生物质能电力系统的运行效益与环保评价

生物质能电力系统在经济性、能源效率以及环境友好性这些方面都拥有着颇为突出的优势。经过合理设计之后的该系统，是能够使得能源成本得以降低的，与此同时还能让利用效率得以提高，并且借助多能互补的方式，进而达成运行经济方面的优化效果<sup>[1]</sup>。生物质燃料自身所具备的特点是低硫、低氮，在其燃烧的过程当中，SO<sub>x</sub> 以及 NO<sub>x</sub> 的排放量相较于传统燃料而言是明显要低的，而且 CO<sub>2</sub> 的排放量基本上能够和生物质在生长期间所吸收的量保持平衡状态，这对于减缓温室效应是有帮助作用的。将智能调度以及储能技术加以应用，那么就可以对功率因数进行优化，减少能源方面的浪费情况，并且还能提升电网的质量。除此之外，生物质系统还能够把农业领域、林业领域以及城市当中的有机废弃物转变成为清洁能源，进而实现资源的循环利用。

## 4 生物质能电气系统发展趋势与挑战

### 4.1 高效生物质发电技术发展趋势

未来，生物质能发电技术的发展重点在于提高效率、智能化管理以及多能互补等方面。先进燃烧炉和气化装置的研发使得热能转化率得以不断提升，与此同时排放也降低了，实现了清洁化运行<sup>[2]</sup>。气化联合循环和沼气发电技术不断发展，让系统在相同的燃料消耗下能够获取更高的电能输出。借助实时监测和优化控制，生物质发电设备的稳定性和经济性都得到了提升。生物质能与风能、光伏等可再生能源协同运行正逐渐成为一种趋势，这可以提高系统应对负荷波动的能力，为低碳电力供应提供技术方面的保障。

### 4.2 系统集成与智能化趋势

随着能源系统的复杂程度逐渐增加，生物质能电气系统正朝着智能化以及网络化的方向不断发展，在分布式能源以及微电网当中，生物质能能够充当基荷能源，与风能、光伏以及储能设备一道去构建起智能能源网络，借助数据采集、负荷预测还有优化调度等手段，达成能源的高效分配以及系统稳定运行的目的，统一的接口标准、分布式的控制策略以及远程监控技术，能够让不同的能源单元协同开展运行，进而为大规模的推广以及智慧电网的建设给予有力的支撑。

### 4.3 技术、经济及政策挑战

虽然生物质能有着颇为广阔的前景，但它在电气系统

当中依旧面临着诸多挑战。从技术层面来讲，燃料种类繁杂多样，而且热值也呈现出不均匀的状态，这便对设备的适应性提出了相应的要求，并且其收集以及运输的成本也相对较高。就经济方面而言，初期所需的投资金额颇为巨大，运营期间的成本同样居高不下，如此一来，其在市场当中的竞争力便显得较为有限了，这就需要相关政策给予有力的支持<sup>[3]</sup>。在政策层面，与之相关的法规以及标准当下还存在不够完善之处，这对规模化推广工作产生了影响。与此环境管理、碳排放核算以及资源可持续性等方面也都亟待进一步完善。未来的发展要想取得进展，那就得依靠技术创新、智能化管理以及政策引导这几方面共同发力，以此来推动生物质能能够实现高效且可持续的应用。

### 5 结语

生物质能属于重要的可再生能源范畴，它有着低碳、环保以及可再生这样的特性，在电力系统方面有着颇为显著的应用价值。借助科学且系统的设计和分布式发电的方式，生物质能可以达成高效、稳定并且在经济层面也是合理的电力供应状态，与此还能够推动废弃物实现资源化的利用，进而促使环境效益与经济效益双双得以提升。在未来的发展进程中，伴随着高效发电技术以及智能化控制不断取得进展，其集成的水平以及运行的效率还会进一步地得到提高。不过就目前情况来看，技术的适应性情况、经济方面的考量以及政策体系是否完善等因素仍旧是制约其推广工作的主要因素所在。从整体上来看，针对生物质能电气系统所开展的研究工作，给构建低碳且可持续的能源体系给出了可行的实践路径，并且也为其实现环境的可持续发展来讲，都有着不容忽视的重要意义。

### 【参考文献】

[1] 张东, 姜钰湛, 李浩然, 等. 生物质能与冷热电气联产耦合系统研究进展 [J]. 农业工程学报, 2024, 40(4):14-28.

[2] 郑瑜. 生物质驱动的多能互补热电气联供系统多目标优化理论与应用 [D]. 甘肃: 兰州理工大学, 2021.

[3] 尹潇娜, 王泽通, 杜诗琦, 等. 太阳能和生物质互补发电技术及应用 [J]. 科技与创新, 2025(3):200-203.

作者简介：陈袆（1994.5—），女，学历：本科，毕业院校：北京工商大学，所学专业：自动化专业，学历：研究生，毕业院校：北京理工大学，所学专业：工程管理，就职单位：华电科工生物质能分公司，职务：电气工程师，年限：八年，目前职称：中级工程师。