

生物质能环保电厂的运行效率与环境效益分析

陆秋阳 贾国豪 李燕萍 庄承彬 张志成

华能国际电力江苏能源开发有限公司南京电厂 江苏 南京 210035

摘要：生物质能环保电厂以生物质能为能源，通过燃烧或气化发电，具有清洁、低碳、可持续优势。本文概述其基本概念、工作原理与发展现状，从能源转化效率、运行成本等方面分析运行效率，探讨温室气体减排、空气质量改善等环境效益。针对运行与环境问题，从技术、管理与政策层面提出协同优化策略，旨在提升综合性能，推动生物质能产业可持续发展，助力解决能源与环境难题。

关键词：生物质能；环保电厂；运行效率；环境效益

1 生物质能环保电厂概述

1.1 生物质能的基本概念

生物质能是太阳能以化学能形式贮存在生物质中的能量形式，它直接或间接地来源于绿色植物的光合作用。生物质包括农业废弃物（如秸秆、谷壳）、林业废弃物（如树枝、树皮）、城市有机垃圾（如厨余垃圾、污泥）以及动物粪便等。这些生物质资源丰富且可再生，与传统的化石能源相比，具有清洁、低碳、可持续等显著优势。其燃烧或转化过程中释放的二氧化碳，可被植物在生长过程中重新吸收，形成碳循环，从而有效减少温室气体净排放^[1]。在全球能源需求持续增长、环境保护压力日益增大的背景下，生物质能的开发利用成为解决能源与环境问题的重要途径之一。据统计，全球每年产生的生物质资源量巨大，若能得到合理开发和高效利用，将为能源供应和环境保护做出重要贡献。

1.2 生物质能环保电厂的工作原理

生物质能环保电厂主要通过生物质燃烧或气化等方式将生物质能转化为电能。在燃烧方式中，生物质燃料被送入锅炉内燃烧，产生高温高压蒸汽，蒸汽推动汽轮机转动，进而带动发电机发电。这一过程中，锅炉是关键设备，它需要具备良好的燃烧性能和热效率，以确保生物质燃料充分燃烧并释放出最大热量。同时，为减少污染物排放，电厂配备了先进的烟气净化系统，包括脱硫、脱硝和除尘装置，对燃烧产生的烟气进行处理，使其达到国家环保排放标准。在气化方式中，生物质在气化炉内与气化剂（如空气、水蒸气等）发生化学反应，生成可燃气体（如一氧化碳、氢气等），可燃气体再经过净化处理后进入燃气轮机或内燃机发电。气化技术具有燃料适应性广、污染物排放低等优点，但技术相对复杂，设备投资成本较高。

1.3 生物质能环保电厂的发展现状

近年来，随着全球对可再生能源的重视和环保要求的提高，生物质能环保电厂得到了快速发展。在欧洲，生物质能发电已成为可再生能源发电的重要组成部分，许多国家制定了鼓励生物质能发展的政策，推动了生物质能环保电厂的建设和运营。例如，丹麦是生物质能利用的先进国家，其生物质能发电占总发电量的比例较高，技术水平和运营管理经验丰富。在亚洲，中国、印度等国家也在积极推进生物质能环保电厂的发展。中国出台了一系列支持政策，加大了对生物质能发电项目的投资和补贴力度，生物质能环保电厂的数量和装机容量不断增加。然而，生物质能环保电厂在发展过程中也面临一些挑战，如生物质燃料供应不稳定、收集成本高、技术水平有待进一步提高等问题，制约了其大规模发展和商业化运营。

2 生物质能环保电厂的运行效率分析

2.1 能源转化效率

生物质能环保电厂的能源转化效率是衡量其运行性能的重要指标之一。目前，生物质直接燃烧发电的能源转化效率一般在20%-30%左右，气化发电的能源转化效率相对较高，可达到30%-40%。影响能源转化效率的因素众多，包括生物质燃料的特性、燃烧或气化技术、设备性能以及运行管理水平等。生物质燃料的含水量、灰分含量、热值等特性直接影响其燃烧或气化效果，含水量过高会导致燃烧不充分，降低热效率；灰分含量过高会增加设备磨损和污染物排放。先进的燃烧或气化技术能够提高燃料的利用率和能量转化效率，例如，采用流化床燃烧技术可以提高生物质燃料的燃烧稳定性和燃烧效率。另外，设备的性能和维护状况也对能源转化效率有重要影响，定期对设备进行检修和维护，确保设备处于良好的运行状态，有助于提高能源转化效率^[2]。

2.2 运行成本与经济性分析

生物质能环保电厂的运行成本主要包括燃料成本、设备折旧、维护费用、人工成本等。其中,燃料成本是运行成本的主要组成部分,约占总成本的50%-70%。生物质燃料的收集、运输和储存成本较高,这是由于生物质资源分散、密度低,需要大量的人力和物力进行收集和运输。设备折旧和维护费用也是影响运行成本的重要因素,生物质能环保电厂的设备投资较大,且在运行过程中容易受到生物质燃料的腐蚀和磨损,需要定期进行维护和更换零部件。人工成本则与电厂的规模和自动化程度有关。从经济性角度来看,生物质能环保电厂的发电成本相对较高,与传统的化石能源发电相比缺乏竞争力。然而,随着技术的进步和规模的扩大,生物质能发电成本有望逐渐降低。同时,政府的补贴政策和碳交易市场的发展也为生物质能环保电厂的经济性提供了一定的支持。

2.3 运行效率的优化策略

为提高生物质能环保电厂的运行效率,可从多个方面采取优化策略。在燃料方面,加强生物质燃料的预处理,降低燃料的含水量和灰分含量,提高燃料的热值和燃烧性能。建立稳定的燃料供应体系,与生物质燃料供应商建立长期合作关系,确保燃料的稳定供应和质量。在技术层面,加大对先进燃烧和气化技术的研发和应用,提高能源转化效率。例如,采用高效燃烧器、优化气化工序参数等。加强设备的自动化控制和智能化管理,实时监测设备的运行状态,及时调整运行参数,提高设备的运行稳定性和效率。在管理方面,优化电厂的运行管理模式,合理安排生产计划,降低设备空载运行时间,提高设备利用率。加强人员培训,提高运行人员的操作技能和管理水平,确保电厂的安全、高效运行。

3 生物质能环保电厂的环境效益分析

3.1 温室气体减排

生物质能环保电厂在温室气体减排领域展现出了极为显著的优势。相较于传统的化石能源发电方式,生物质燃料有着独特的碳循环特性。在其生长阶段,会大量吸收空气中的二氧化碳,而在后续燃烧过程中释放的二氧化碳量,与生长时所吸收的二氧化碳量基本相当,这就实现了碳的循环利用,几乎不会增加大气中二氧化碳的净排放量。而且,生物质能替代化石能源用于发电,极大地减少了化石能源的消耗。在化石能源的开采、运输以及使用过程中,会不可避免地产生甲烷、氧化亚氮等温室气体。生物质能的广泛应用从源头上减少了这些环节,进而间接降低了这些温室气体的排放。据相关权威测算,一座中等规模的生物质能环保电厂,每年可减

少二氧化碳排放数万吨之多,这对于缓解全球气候变暖的趋势具有十分积极意义。随着生物质能技术的持续发展,当生物质能与碳捕获和封存(BECCS)技术相结合时,有望实现负碳排放,为全球达成温室气体减排目标贡献更为巨大的力量。

3.2 空气质量改善

生物质能环保电厂凭借先进的烟气净化技术,在减少污染物排放、改善空气质量方面成效显著。在生物质燃料的燃烧过程中,电厂配备了脱硫、脱硝和除尘等一系列高效装置。这些装置协同工作,能够大幅降低二氧化硫、氮氧化物和颗粒物等污染物的排放。与传统的燃煤电厂相比,生物质能环保电厂在污染物排放浓度上具有明显优势,对大气环境的污染程度要小得多。例如,生物质能电厂的二氧化硫排放浓度能够被严格控制在极低水平,远远低于国家规定的排放标准。生物质燃料本身含氮量相对较低,在燃烧过程中,氮氧化物的生成量也相对较少。生物质能环保电厂的建设和运营,有效减少区域内的污染物排放总量,对改善当地的空气质量起到关键作用,进而有力地保护人们的身体健康,让人们能够呼吸到更加清新的空气。

3.3 废弃物的资源化利用

生物质能环保电厂成功实现了废弃物的资源化利用,将农业废弃物、林业废弃物和城市有机垃圾等原本被视为无用的物质,转化为清洁能源,实现了变废为宝。在农业领域,以往大量的秸秆常被直接焚烧,这种处理方式不仅造成了资源的极大浪费,还引发严重的空气污染问题^[3]。而生物质能环保电厂的出现,为秸秆等农业废弃物找到有效的处理途径,减少焚烧带来的环境污染。林业方面,树枝、树皮等林业废弃物,通过生物质能发电实现资源化利用,提高森林资源的综合利用率,促进林业的可持续发展。对于城市而言,厨余垃圾、污泥等城市有机垃圾含有大量的有机物和水分,若处理不当,会滋生大量细菌、产生恶臭,对环境造成严重污染。生物质能环保电厂为城市有机垃圾的处理提供一种科学、有效的途径,实现垃圾的减量化、无害化和资源化处理,为城市的生态环境改善做出了重要贡献。

3.4 生态与环境影响综合评价

生物质能环保电厂的建设和运营对生态与环境有着综合性的影响。从积极方面来看,如前文所述,它在温室气体减排、空气质量改善和废弃物资源化利用等多个关键领域发挥重要作用,有力地保护生态环境,推动了可持续发展战略的实施。然而,也必须清醒地认识到,生物质能环保电厂在发展过程中也可能对生态环境产生

一些负面影响。例如，生物质燃料的大量收集可能会对农田生态系统和森林生态系统造成一定程度的破坏，影响生物的栖息环境和生物多样性。在生物质燃料的运输过程中，可能会产生扬尘、噪音等污染，对周边的生态环境和居民生活造成不良影响。另外，生物质能电厂的废水排放如果处理不当，也可能会对水环境造成污染，威胁水生生物的生存。因此，在生物质能环保电厂的发展过程中，需要全面、综合地考虑其生态与环境影响，采取科学合理的措施，最大限度地减少负面影响，实现生态与环境的协调、可持续发展。

4 运行效率与环境效益协同优化策略

4.1 技术层面优化

在技术层面，可通过研发和应用先进技术实现生物质能环保电厂运行效率与环境效益的协同优化。一方面，继续加大对高效燃烧和气化技术的研发投入，提高生物质燃料的能源转化效率，降低能源消耗和污染物排放。例如，开发新型的生物质燃烧器和气化炉，优化燃烧和气化工艺参数，提高燃料的燃烧和气化性能。另一方面，加强污染物控制技术的创新，研发更加高效、低成本的烟气净化技术，进一步降低二氧化硫、氮氧化物和颗粒物等污染物的排放浓度。探索生物质能与碳捕获和封存（BECCS）技术的集成应用，实现生物质能发电的负碳排放，提高环境效益。此外，利用智能化技术实现对电厂运行过程的实时监测和优化控制，根据生物质燃料的特性和运行工况，自动调整运行参数，提高运行效率和环境效益。

4.2 管理与政策层面优化

在管理层面，建立健全生物质能环保电厂的运行管理体系，加强对燃料供应、设备运行、污染物排放等环节的监督管理。制定科学合理的生产计划和运行调度方案，优化资源配置，提高设备利用率和运行效率。加强人员培训和管理，提高运行人员的环保意识和操作技

能，确保电厂的安全、稳定、高效运行。在政策层面，政府应进一步完善支持生物质能发展的政策体系，加大对生物质能环保电厂的投资补贴和电价优惠政策力度，降低电厂的建设和运营成本，提高其市场竞争力^[4]。制定严格的环保标准和监管制度，加强对生物质能电厂污染物排放的监测和执法力度，促使电厂采取有效措施减少污染物排放，提高环境效益。同时鼓励生物质能产业的技术创新和产业升级，推动生物质能环保电厂向规模化、集约化、智能化方向发展，实现运行效率与环境效益的协同提升。生物质能环保电厂作为一种可再生能源发电方式，具有独特的运行效率和环境效益优势。通过对其运行效率和环境效益的深入分析，并采取有效的协同优化策略，可进一步提高生物质能环保电厂的综合性能，促进生物质能产业的可持续发展，为解决能源与环境问题做出更大贡献。

结束语

生物质能环保电厂在能源与环境领域意义重大。其运行效率受多种因素影响，环境效益显著但也有潜在负面影响。通过技术层面的先进技术研发与应用、管理与政策层面的体系完善与政策支持等协同优化策略，可实现运行效率与环境效益的双提升。未来，应持续探索创新，推动生物质能环保电厂更好发展，为全球能源转型和环境保护贡献更多力量。

参考文献

- [1]武志会.生物质电厂锅炉的节能与环保技术研究[J].电脑爱好者(普及版)(电子刊),2020(8):487-488.
- [2]朱基胜,李剑,王俊刚.农林生物质电厂替代燃煤锅炉工业供汽的应用实践[J].能源与节能,2022(11):177-179.
- [3]韩杨.生物质能源应用技术路径及存在问题[J].中国战略新兴产业,2024,(05):63-65.
- [4]闫丰哲,张帅.双碳背景下生物质能源转化技术的研究进展[J].中国资源综合利用,2024,42(02):112-114.