

生物质能发电技术的环境效益评估及优化策略

昌杰虎

宁城深能环保有限公司 内蒙古赤峰 024000

摘要：随着全球对可持续能源的需求不断增长，生物质能发电技术作为一种清洁能源利用方式，受到了广泛关注。本文深入评估了生物质能发电技术的环境效益，包括减少温室气体排放、降低污染等方面。同时，分析了该技术在实际应用中面临的问题，并提出了一系列优化策略，旨在推动生物质能发电技术的可持续发展，使其在环境保护和能源转型中发挥更大作用。

关键词：生物质能发电；环境效益；温室气体排放；优化策略

引言

在全球气候变化和能源危机的背景下，寻求可持续的能源解决方案成为当务之急。生物质能作为一种可再生能源，具有来源广泛、碳中性等特点，生物质能发电技术应运而生。该技术通过将生物质转化为电能，不仅为社会提供了清洁电力，还在环境保护方面展现出巨大潜力。深入评估生物质能发电技术的环境效益，并探讨其优化策略，对于推动能源结构调整、实现可持续发展目标具有重要意义。

1. 生物质能发电技术概述

1.1 技术原理

生物质能发电主要基于生物质的化学能转化原理。常见的生物质能发电技术包括直接燃烧发电、生物质气化发电、生物质混燃发电以及生物质沼气发电等。直接燃烧发电是将生物质原料（如农作物秸秆、林业废弃物等）在锅炉中直接燃烧，产生高温高压蒸汽，驱动汽轮机发电。生物质气化发电则是通过气化炉将生物质转化为可燃气体，经过净化后进入内燃机或燃气轮机发电。生物质混燃发电是将生物质与化石燃料（如煤）按一定比例混合燃烧发电，可有效降低化石燃料的使用量。生物质沼气发电是利用厌氧微生物对生物质进行发酵产生沼气，沼气经过净化后用于发电。

1.2 应用现状

目前，生物质能发电技术在全球范围内得到了广泛应用。在欧洲，许多国家如丹麦、瑞典等，生物质能发电技术已经较为成熟，生物质能在其能源结构中占据了重要份额。丹麦的生物质能发电占全国总发电量的比例高达 40% 以上，通过大规模的生物质热电联产项目，实现了能源的高效利用

和区域供热。在亚洲，中国、印度等国家也在积极推广生物质能发电项目。中国的生物质能发电装机容量逐年增长，广泛分布在农村和农林资源丰富的地区。这些项目不仅有效利用了当地的生物质资源，还为农村地区提供了就业机会和清洁能源。

2. 生物质能发电技术的环境效益评估

2.1 减少温室气体排放

2.1.1 碳循环特性

生物质能发电具有显著的碳循环特性。生物质在生长过程中通过光合作用吸收大气中的二氧化碳，并将其固定在体内。当生物质用于发电时，虽然会释放二氧化碳，但从整个生命周期来看，其吸收和释放的二氧化碳量基本平衡，属于碳中性能源。相比之下，传统化石燃料发电在燃烧过程中会向大气中排放大量的二氧化碳，加剧全球气候变暖。研究表明，每生产 1 千瓦时的电能，生物质能发电产生的二氧化碳排放量相较于煤炭发电可减少约 0.8 – 1.2 千克。

2.1.2 甲烷减排潜力

生物质能发电过程中的一些技术，如生物质沼气发电，还具有甲烷减排的潜力。在自然环境中，生物质废弃物如果得不到妥善处理，会在厌氧条件下分解产生甲烷，甲烷的温室效应是二氧化碳的 21 – 28 倍。通过建设生物质沼气发电项目，将生物质废弃物收集起来进行厌氧发酵产生沼气用于发电，不仅可以获得清洁能源，还能有效减少甲烷的排放。据估算，每处理 1 吨有机废弃物，通过生物质沼气发电可减少约 0.3 – 0.5 吨二氧化碳当量的甲烷排放。

2.2 降低污染排放

2.2.1 减少二氧化硫排放

与煤炭等化石燃料相比，生物质中的硫含量较低。在生物质能发电过程中，尤其是直接燃烧发电和混燃发电，由于燃料中硫含量少，燃烧产生的二氧化硫排放量大幅降低。例如，在生物质与煤的混燃发电中，当生物质的混合比例达到一定程度时，二氧化硫排放量可减少 50% 以上。这对于改善大气环境质量、减少酸雨等环境问题具有积极作用。

2.2.2 降低氮氧化物排放

生物质能发电技术在氮氧化物排放控制方面也具有一定优势。一些先进的生物质能发电技术，如生物质气化发电和采用循环流化床燃烧技术的直接燃烧发电，通过优化燃烧过程和控制燃烧温度，可以有效降低氮氧化物的生成。此外，生物质中的氮含量相对较低，从源头上减少了氮氧化物的产生。与传统燃煤发电相比，生物质能发电的氮氧化物排放量可降低 30% – 50%。

2.2.3 减少固体废弃物排放

生物质能发电的原料主要来自农林废弃物，如秸秆、木屑等，这些废弃物如果不加以利用，往往会成为环境负担。通过生物质能发电，将这些废弃物转化为电能，实现了废弃物的资源化利用，减少了固体废弃物的排放。同时，生物质能发电产生的灰渣中含有丰富的钾、磷等营养元素，可作为优质的有机肥料还田，实现资源的循环利用。

2.3 保护生态系统

2.3.1 促进农林废弃物利用

生物质能发电技术的推广，为农林废弃物提供了有效的利用途径。以往，大量的农作物秸秆在田间被焚烧，不仅造成了严重的空气污染，还浪费了资源。通过生物质能发电项目，将秸秆等农林废弃物收集起来作为发电原料，既减少了焚烧带来的环境污染，又增加了农民的收入。同时，这也促进了农业和林业的可持续发展，减少了对森林资源的滥伐，保护了生态系统的平衡。

2.3.2 改善土壤质量

生物质能发电产生的灰渣作为肥料还田，有助于改善土壤质量。灰渣中的营养元素能够提高土壤肥力，增加土壤的保水保肥能力，促进农作物的生长。长期使用生物质能发电灰渣肥料，还可以改善土壤结构，减少土壤侵蚀，对保护农田生态系统具有积极意义。

3. 生物质能发电技术面临的问题

3.1 原料供应不稳定

生物质原料具有季节性，如秸秆主要在收获季节产生，林业废弃物收集受采伐季节限制。这导致生物质能发电企业原料供应季节性波动，难以保证全年稳定生产。非收获季节可能面临原料短缺，需提前储备，增加储存和管理成本。

生物质原料分布广泛分散，收集和运输成本高，尤其偏远地区交通不便，运输距离长，增加成本。原料体积大、密度低，运输占用空间大，运输效率低。高运输成本压缩企业利润空间，影响经济效益和可持续发展。

3.2 技术成本较高

生物质能发电技术设备投资较高，如气化发电设备和高效燃烧锅炉等，初始投资门槛限制了企业和投资者。小型项目设备投资占比大，增加了进入难度。

生物质能发电设备运行中易磨损堵塞，需频繁维护检修。例如，直接燃烧锅炉受热面结渣影响效率和安全，需定期清渣。操作人员需专业知识技能，人工成本高。这些因素导致运行维护成本高，影响企业盈利。

3.3 环境风险

生物质原料的大量收集可能影响生态环境。例如，过度收集秸秆可能减少土壤有机质，影响土壤肥力和作物生长。在某些地区，为获取原料，可能不合理开发湿地、草原等敏感区域，破坏生态系统。收集过程中使用的机械设备也可能造成噪声和尾气污染。

生物质能发电虽减少温室气体和常规污染物排放，但可能产生二次污染。如生物质燃烧可能产生二噁英等有害物质，若处理不当，可能危害环境和健康。沼气发电产生的沼液和沼渣若不妥善处理，也可能导致水体和土壤污染。

4. 生物质能发电技术的优化策略

4.1 完善原料供应体系

4.1.1 建立原料储备机制

生物质能发电企业应建立原料储备机制，在收获季节加大原料收集力度，通过科学的储存方式，确保全年原料的稳定供应。例如，可以建设大型的原料储存仓库，采用先进的防潮、防火、防虫等措施，延长原料的储存时间。同时，利用信息化技术，建立原料库存管理系统，实时掌握原料库存情况，合理安排生产计划。

4.1.2 优化原料运输网络

为降低原料运输成本，应优化原料运输网络。政府和企业可以共同合作，加强农村和偏远地区的交通基础设施建设，提高道路通行能力。同时，发展专业化的生物质原料运输企业，采用先进的运输设备和运输方式，如散装运输、集装箱运输等，提高运输效率，降低运输成本。此外，还可以通过建立原料收集中心，将分散的原料集中起来进行运输，减少运输里程。

4.2 降低技术成本

4.2.1 加大技术研发投入

政府和企业应加大对生物质能发电技术研发的投入，鼓励科研机构和高校开展相关研究。通过技术创新，提高生物质能发电设备的性能和效率，降低设备投资成本。例如，研发新型的生物质气化技术，提高气化效率，减少设备占地面积；开发高效的生物质燃烧技术，降低燃烧过程中的能耗和污染物排放。同时，加强对设备制造工艺的改进，提高设备的质量和可靠性，降低设备的维护成本。

4.2.2 推动产业规模化发展

产业规模化发展有助于降低生物质能发电的成本。政府可以通过制定相关政策，鼓励企业建设大型生物质能发电项目，形成规模效应。大型项目在设备采购、原料采购、运营管理等方面具有成本优势，可以有效降低单位电能的生产成本。同时，产业规模化发展还可以带动相关产业链的发展，促进技术创新和人才培养，进一步推动生物质能发电技术的发展和成本降低。

4.3 加强环境风险管理

4.3.1 制定科学的原料收集规划

在生物质原料收集过程中，应制定科学的规划，避免对生态环境造成破坏。政府和相关部门应根据当地的生态环境状况和资源分布情况，合理确定原料收集范围和收集量。鼓励采用可持续的原料收集方式，如间伐、轮伐等，保护森林资源和生态系统。同时，加强对原料收集过程的监管，防止过度收集和不合理开发。

4.3.2 强化污染治理措施

生物质能发电企业应强化污染治理措施，确保发电过程中的污染物达标排放。对于生物质燃烧产生的二噁英等有害物质，应采用先进的污染控制技术，如高效的除尘、脱硫、脱硝设备，以及二噁英分解装置等，降低污染物排放浓度。对于生物质沼气发电产生的沼液和沼渣，应进行综合利用和无害化处理。例如，将沼液作为液体肥料用于农田灌溉，将沼渣制成有机肥料或用于土壤改良，实现废弃物的资源化利用，减少二次污染。

5. 结论

生物质能发电技术作为一种可持续的清洁能源利用方式，在减少温室气体排放、降低污染、保护生态系统等方面具有显著的环境效益。然而，该技术在实际应用中面临着原料供应不稳定、技术成本较高和环境风险管理等问题。通过完善原料供应体系、降低技术成本和加强环境风险管理等优化策略的实施，可以有效解决这些问题，推动生物质能发电技术的可持续发展。未来，随着技术的不断进步和政策的持续支持，生物质能发电技术有望在全球能源结构中占据更加重要的地位，为应对气候变化和实现可持续发展目标做出更大贡献。同时，还需要进一步加强对生物质能发电技术的研究和创新，不断探索更加高效、环保、经济的生物质能发电技术和应用模式，促进生物质能产业的健康发展。

参考文献：

- [1] 王志轩, 张晶杰, 王晨龙, 等. 中国生物质发电减污降碳关键问题研究 [J]. 电力科技与环保, 2025, 41(01):1-12.
- [2] 杨启皓, 陈子薇, 朱珊. 碳交易制度下农林生物质发电行业发展策略分析 [J]. 中国市场, 2025, (04):56-59.
- [3] 许楚婉, 何松, 罗津, 等. 生物质能碳捕集技术负排放潜力评价研究进展及展望 [J/OL]. 中国环境科学, 1-15
- [4] 保继栋, 朱晓蕾, 蒋建龙. 新能源产业发展态势研究——以生物质发电为例 [J]. 甘肃科技纵横, 2024, 53(11):49-58.