

双碳下生物质发电的工艺创新及经济可行性研究

毕文娜

中国华电科工集团有限公司生物质能分公司, 北京 100012

[摘要]“双碳”目标下, 生物质发电具有低碳、可控以及废弃物利用等优势, 是促进能源结构调整、实现碳减排的重要途径之一, 近年来发展较快, 但是仍然存在着燃料热值得、工艺效率低下以及经济性较差的问题; 基于此, 本篇文章立足于高效燃烧、气化、联合循环、余热利用、混燃以及智能化运维等一系列工艺革新层面, 同时考虑投资、发电成本以及财政补贴与风险等方面, 对生物质发电的经济性进行了较为全面地探讨, 发现工艺革新不仅可以提升发电效率、减少排放, 还可以增加项目的经济效益, 进而可以更好的服务于低碳、绿色发展以及“双碳”目标的实现。

[关键词]双碳; 生物质发电; 工艺创新; 经济可行性

DOI: 10.33142/hst.v9i1.18980

中图分类号: TK6

文献标识码: A

Process Innovation and Economic Feasibility Study on Biomass Power Generation under Dual Carbon

BI Wenna

Biomass Energy Branch of China Huadian Science and Technology Group Co., Ltd., Beijing, 100012, China

Abstract: Under the "dual carbon" goal, biomass power generation has the advantages of low carbon, controllability, and waste utilization, and is one of the important ways to promote energy structure adjustment and achieve carbon reduction. In recent years, it has developed rapidly, but there are still problems such as low fuel heat value, low process efficiency, and poor economic viability; Based on this, this article focuses on a series of technological innovations such as efficient combustion, gasification, combined cycle, waste heat utilization, mixed combustion, and intelligent operation and maintenance. At the same time, it considers investment, power generation costs, financial subsidies, and risks to comprehensively explore the economic feasibility of biomass power generation. It is found that technological innovations can not only improve power generation efficiency and reduce emissions, but also increase the economic benefits of projects, thereby better serving low-carbon, green development, and the achievement of "dual carbon" goals.

Keywords: dual carbon; biomass power generation; process innovation; economic feasibility

引言

基于“双碳”的背景, 能源结构的低碳化、可再生清洁能源比重增加和对传统高碳能源的替代是我国能源转型的主要任务, 而生物质发电作为可再生能源利用的一种重要形式, 在实现碳减排和能源资源化利用的同时具有较好的稳定性、可控性, 成为电力系统绿色化转型的重要依托。近年来随着技术和政策的发展, 传统的单一焚烧方式逐渐转变为高效燃烧、气化、联合循环和余热利用等先进的生产工艺并结合自动控制系统和数字运维管理来提高能源利用效率和系统的可靠性。当前大规模应用的生物质发电仍存在燃料热值偏低、供应不稳定、装置投资大和经济性、可行性评价复杂等问题, 对工艺革新和经济性分析提出了新的挑战, 因此开展双碳背景

下生物质发电的工艺革新途径与经济可行性的系统研究, 不仅有利于理性判断各种技术路线的经济技术指标, 还可以为相关政策出台、项目投资和产业发展提供理论依据和现实指导意义。本论文拟通过对生物质发电工艺革新的关键技术特征、发电效率和减排绩效进行考察, 并结合装置投资、发电成本和政策补助及敏感性分析等经济变量, 综合探究了双碳背景下生物质发电的可行性和发展潜力, 以期可以为促进我国能源绿色低碳转型提供技术和经济层面的双重参考。

1 “双碳”目标下生物质发电的重要意义

基于“双碳”背景下的生物质发电重要性体现在多个方面, 其本质是要做到低碳、高效并且可持续的利用能源。首先, 生物质发电以农林剩余物、生活垃圾等有机物料作

为燃料,燃烧过程中所产生的二氧化碳可以在植物生长中得到转化,具有明显的“近零碳”排放特征。因此对于促进能源领域低碳转型以及实现碳减排具有重要意义。其次,发展生物质发电可以改善能源结构,增加电力系统中可再生清洁能源的比例,并为电网输送稳定的、可以进行调度的绿色电能,有助于克服风能、太阳能等不稳定能源的缺陷。此外,利用农林秸秆、畜禽粪便以及城镇生活垃圾等废弃物进行发电也促进了各类有机废弃物的资源化利用,避免了大量露天焚烧以及填埋所带来的环境污染问题,实现了能源开发与环境治理的协同推进。除此之外,除用于发电外,生物质能还可以转换成生物航油、绿色甲醇等液体燃料,为航空业、航运业等难以电气化的高碳部门提供低碳选择,助力各高碳领域走向深脱碳。最后,生物质发电的兴起与发展还带动了农村经济建设和能源安全保障工程的开展,农林废弃物收储运网络体系的建立可以为当地农民增收并提供就业岗位,降低对化石燃料的进口依存度也有助于增强我国能源供应的保障能力。由此可见,从经济、环境到能源安全,生物质发电的重要性不容忽视。

2 双碳下生物质发电工艺创新研究

2.1 高效燃烧与气化技术创新

高效燃烧与先进气化技术的应用能够有效提高生物质发电效率,减少排放,同时也是达成“双碳”的关键技术之一。传统生物质燃烧中燃料含水量较高,颗粒粗细程度不均一及热值得偏低都会给燃烧带来不完全,锅炉的结焦现象严重,磨损情况增加及发电效率较低的问题,针对这些问题,先进的燃烧方式从燃烧器结构的设计到炉膛改造、分段燃烧、流化床技术的应用使得燃料得到充分的燃烧,热量得到了最大程度的利用,并能够减少烟气排放、降低有害物质的产生^[1]。而与其配套使用的先进气化法就是将原有的固体燃料转换成燃气,然后再使用燃气轮机或者内燃机进行发电,提高了热电转换率的同时也增加了燃烧的调节能力、更加清洁,气化过程分为固定床气化、流化床气化、等离子气化等方式,通过对气化温度、气化剂的量、反应条件进行精准控制可以获得更优质的合成气组成和更高的热值以获得更好的燃烧质量。

2.2 联合循环与余热回收技术创新

联合循环及余热利用技术是提高生物质发电效率、减少耗损的方法之一,也是当前低碳高效的发电重要技术措施。传统的生物质发电系统对能量进行使用的同时存在着过多的余热未能充分利用的情况,使得发电的整体效率偏低,排放也偏高。联合循环主要是指将生物质

燃烧或气化后产生的高温烟气、废热引入到蒸汽轮机或者余热锅炉中,使其热能再次利用起来,变废为电或者供热,以提高整个系统的效率。余热利用主要包括有烟气余热利用、循环流化床锅炉余热利用、多蒸汽层级利用等方式,可以在不同工况条件下合理化分配热能,让燃料得到最大程度的利用。配合数字化监测、自动化控制系统及时调节相关余热利用系统的运行参数,保障了其热能利用率和系统的可靠性,减少了二氧化碳以及其他有害物质的排放量。

2.3 生物质混合燃料与原料多样化利用

生物质掺混燃料及原料多元化应用是增强生物质发电灵活性,确保发电燃料保障及高效低排放发电的关键方式。单一生物质燃料普遍存在着热值偏低,水分较高,灰分较大还有燃烧不均的缺点,不但导致发电效率较低,而且会造成锅炉磨损及排放超标的问题,通过添加不同种类生物质原料进行掺烧或者气化,例如秸秆、林业废弃物、农业作物壳皮、畜禽粪便还有城乡有机废弃物等,能够改善燃料组成,增强平均热值,使得燃烧更稳定,还可以减弱燃料波动带来的发电性能变化。采用掺混燃料方式也可以避免单一原料缺乏时断料危机,使发电燃料供应更持久更充分并且充分利用本地资源。对于掺混原料发电需要根据不同的原料化学元素含量,热值灰分以及燃烧特性来进行比例掺配及工艺调整,配合自动控制系统以及数字信息化平台,对燃料投入量、炉膛温度、燃烧风量这些进行精细化调控,获得最大程度的能量转换及最低的污染物生成。

2.4 自动化控制与数字化运维应用

自动控制和数字运维对于生物质发电系统有着重要意义,是提高其运行效率、减少运行支出、确保系统可靠性的有效方式。传统的生物质能发电采用人工控制,存在着燃料添加不均、炉膛燃烧不稳定、机械磨损无法预知以及排放超标监测滞后等情况,从而导致发电效率下降以及发电成本增加。而自动控制系统的加入能够对燃料供应速度、炉膛温度、风量以及锅炉蒸汽压力等相关参数进行实时检测并精确调整,使燃烧更充分、更持久并且减少未完全燃烧燃料以及污染物排放^[2]。此外,利用基于物联网、各类传感器、数据采集以及数据分析平台的数字运维技术能够对机器运行情况、故障报警、排放指标以及能效水平等相关指标实施在线实时监测与智能化处理,完成设备的预知维修以及最佳运行方案制定。

2.5 工艺创新对发电效率和排放控制的影响

技术革新对于生物质发电效率以及排放管理有重大

意义,是高效、低碳发电的重要一环。高效燃烧、气化技术,联合循环与余热利用,混合燃料以及自动智能化运维等多管齐下的方式使得整个生物质发电系统的燃料热利用效率大大提升,避免了因燃料不完全燃烧而带来的巨大损失,提高了同等燃料下发电效能。与此同时,先进的燃烧与气化工艺减少了生物质发电所产生的固体颗粒物、NOX、CO₂和其他污染物排放,达到了干净燃烧、绿色减排的效果。联合循环、余热利用提升了热利用率,使得余热二次发电得以实现,既增加了发电收益也降低了单位排放水平。使用混合燃料、混合作为原料提升了燃料热值与燃烧性能,还减轻了单一燃料波动所带来的不稳定排放与效率影响。

3 双碳下生物质发电经济性分析

3.1 投资成本构成及计算方法

生物质发电项目的投资成本结构是经济分析的一个重要前提,关系着项目是否可行、是否盈利等问题,一般而言,投资成本主要是由固定资产投资、营运资金投入与前期工程准备费构成。其中固定资产主要是指锅炉、气化炉、燃烧器、汽轮机或者燃气轮机、发电机、输变电装置、烟气净化排放装置等主要设备投资及相应的配套设备投资,此外还包括了土建施工、工厂建设、配套工程投资;营运资金投入主要是燃料购买、维护运营、员工薪酬和运行过程中的一些辅料消耗;前期工程费用则是项目前期的可行性分析、方案设计、环评等相关工作、调试运转费用。为合理估算投资成本,需要把各项费用综合计算,可以使用设备投资额估算、单位装机容量投资估算或者总投资分割等方式来把不同的工艺和系统设置对应的成本加以量化。“双碳”的背景下不同的工艺选择、节能环保措施都会使得投资成本发生变化,如高效的燃烧、气化方式,余热利用,数字运维等都会使初期投资加大,但提高了发电效率减少后期运行花费,会带来更好的长久经济效益。

3.2 发电成本与经济效益分析

发电成本及经济性分析是评估一个生物质发电项目是否可行以及能否获利的重要部分,主要是指对发电过程中产生的各种支出以及收入进行全面地统计。发电成本主要包括燃料的成本、运行维护的成本、固定资产的折旧、人员工资以及其他一些辅助开支,其中燃料的成本一般占发电成本比重较高,所以选择什么样的燃料以及燃料的供应稳定情况及价格波动情况都会很大程度上影响发电成本的变化。运行维护成本是指机器设备在日常的维修保养以及耗材的使用等,而折旧成本也与所投入设备的资金量大小及其使用寿命长短有很大关系,都会影响

到单个发电成本的核算^[3]。通过一系列发电成本的计算就可以得到每一度电的生产所需要的成本,从而为之后的经济效益分析打好基础。经济效益分析是在发电成本的基础上加上发电收益、政府补助、碳排放交易所得以及供热收入等,然后计算项目的净现值、投资回收期以及内部收益率来综合评判该项目的盈利能力以及经济上的可行性。

3.3 政策支持与补贴机制对经济性的影响

政策支持及补贴政策是决定生物质发电经济可行性的一个重要因素,对减少发电成本、提升投资收益率以及行业的长期健康发展有直接影响。在“双碳”目标背景下,中央及地方政府一般通过资金补贴、税费减免、电价补贴、碳排放交易等措施来给予生物质发电项目一定的经济刺激,以减少项目的初始投资额和营运期成本。比如,可再生能源电价附加补贴除了市场价格以外还能给项目带来额外收入,保障投资利润;减免税费、进口设备减免关税能节约初始资本支出;碳交易、碳汇等机制可以赋予减排技术以经济效益,让减少二氧化碳排放成为实实在在的获利途径^[4]。而对原料供应的支持、研发资金的支持以及电网接入的优先权则是从项目运营环境和稳定发电的角度进行扶持。

3.4 不同工艺方案的经济可行性比较

不同的工艺方案经济性比较分析是对整个生物质发电工程的投资运行效能的一个考察过程,对引导工艺路线的选择和系统的优化有指导意义。高效燃烧、气化、联合循环和余热回收等不同的工艺所对应的设备投资额以及对于燃料的使用效率、运行的耗费和排放都有较大的差别,其中高效燃烧技术投资较浅,但是燃料热值得利用和排放控制都不是很理想;气化工艺可以提升燃料转化率和可控程度,但是前期设备投资和运维成本大;联合循环与余热利用工艺能够充分将废弃物热量利用起来,提升了整套系统的效率并且减少了每度电的损耗,但是该工艺对于机组匹配和运维的要求很高;掺烧及多种物料利用方式能够在燃料保障和供应稳定上有更好的效果,还能减少燃料采购的成本和削减排放的压力,但是它需要精细调节系统还有数字运维支撑。

4 结语

生物质发电基于“双碳”背景下的工艺革新与数字化运营管理,使得自身能够提高发电效率、减少排放并获得较好的经济性,是能源部门低碳转型和废弃物再利用的有效方式之一,今后伴随着科学技术的进步以及相关政策扶持,生物质发电将在持续性发展以及“双碳”目标达成中

做出更大的贡献。

[参考文献]

- [1]王秀青,王伟,潘冠廷,等.双碳目标下我国生物质发电经济性优化策略[J].农业工程,2025,15(9):72-81.
- [2]梁婕.“双碳”背景下 X 生物质发电企业发展战略研究[D].山西:山西大学,2022.
- [3]杨展,殷克迪,薛岳,等.生物质发电技术的专利分析[J].中

国造纸,2025,44(7):47-52.

- [4]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(1):1-12.

作者简介:毕文娜(1989.4—),女,毕业院校:沈阳建筑大学城市建设学院,学历:本科,所学专业:土木工程,工作单位:中国华电科工集团有限公司生物质能分公司,职务:技经经理,年限:12年,目前职称:工程师。