

洁净燃煤发电技术全生命周期评价研究

李洪涛

华电龙口发电有限公司

DOI:10.12238/hwr.v8i10.5784

[摘要] 随着全球能源需求的不断增长和环境保护意识的日益加强,洁净燃煤发电技术作为传统能源向清洁能源过渡的重要桥梁,其环境影响和经济可持续性成为研究的焦点。本文围绕洁净燃煤发电技术的全生命周期进行深入分析与评价,旨在揭示该技术在经济、环境和社会三个维度上的表现及其相互关系。通过构建一套综合评价指标体系,采用定量化方法对洁净燃煤发电技术从原料采集、生产、使用到废弃处理各阶段的环境排放、能效及成本效益进行分析。本文研究发现,虽然洁净燃煤发电技术较传统燃煤发电在减少污染物排放、提高能效方面具有明显优势,但在经济成本和技术推广方面仍面临挑战。本文提出了优化洁净燃煤发电技术路径、促进政策支持 and 市场机制完善的建议,以期为洁净能源技术的发展提供理论依据和实践指导。

[关键词] 洁净燃煤发电; 全生命周期评价; 环境影响; 经济效益; 社会可持续性

中图分类号: TD94 文献标识码: A

Research on the Whole Life Cycle Assessment of Clean Coal fired Power Generation Technology

Hongtao Li

Huadian Longkou Power Generation Co., Ltd

[Abstract] With the continuous growth of global energy demand and the increasing awareness of environmental protection, clean coal-fired power generation technology, as an important bridge from traditional energy to clean energy transition, its environmental impact and economic sustainability have become the focus of research. This article conducts in-depth analysis and evaluation of the entire life cycle of clean coal-fired power generation technology, aiming to reveal its performance and interrelationships in three dimensions: economy, environment, and society. By constructing a comprehensive evaluation index system and using quantitative methods, the environmental emissions, energy efficiency, and cost-effectiveness of clean coal-fired power generation technology from raw material acquisition, production, use, to waste treatment are analyzed. This study found that although clean coal-fired power generation technology has obvious advantages over traditional coal-fired power generation in reducing pollutant emissions and improving energy efficiency, it still faces challenges in terms of economic costs and technology promotion. This article proposes optimization suggestions for clean coal-fired power generation technology paths, promotes policy support, and improves market mechanisms, in order to provide theoretical basis and practical guidance for the development of clean energy technologies.

[Key words] Clean Coal-Fired Power Generation; Life Cycle Assessment; Environmental Impact; Economic Benefits; Social Sustainability

引言

在全球气候变化和能源危机的双重压力下,发展清洁、高效的能源技术已成为世界各国的共同追求。煤炭作为重要的化石燃料,其燃烧产生的温室气体和污染物对环境 and 人类健康造成严重影响。因此,研究和开发洁净燃煤发电技术,对于缓解环境

压力、保障能源安全、促进可持续发展具有重要意义。全生命周期评价作为一种评估产品或服务从摇篮到坟墓环境影响的工具,能够全面反映洁净燃煤发电技术的环境友好性和经济可行性,为政策制定和技术改进提供科学依据。

1 燃煤发电技术的污染控制与减排技术

1.1 燃烧前处理技术

燃烧前处理技术主要针对煤炭本身进行处理,以减少燃烧过程中污染物的排放。这些技术包括煤炭洗选、型煤加工和水煤浆制备等。煤炭洗选可以去除煤中的矿物质杂质,降低灰分和硫分含量;型煤加工通过改变煤的形状和大小,提高燃烧效率,减少不完全燃烧产生的污染物;水煤浆制备则将煤粉与水混合制成浆状燃料,有助于改善燃烧特性并减少排放。

1.2 燃烧中控制技术

燃烧中控制技术是指在煤炭燃烧过程中采取的一系列措施,以优化燃烧条件,减少污染物排放。这些技术包括低氮燃烧技术、循环流化床燃烧技术和增压流化床燃烧技术等。低氮燃烧技术通过调整燃烧温度和空气过剩系数,降低氮氧化物的生成;循环流化床燃烧技术和增压流化床燃烧技术则通过特殊的燃烧方式,实现高效燃烧和低排放。

1.3 燃烧后处理技术

燃烧后处理技术主要针对烟气中的污染物进行治理,以减少对环境的影响。这些技术包括烟气脱硫、脱硝和除尘等。烟气脱硫技术通过化学反应去除烟气中的二氧化硫,常见的方法有湿式石灰石-石膏法、循环流化床法等;烟气脱硝技术则通过催化还原或选择性非催化还原等方式去除氮氧化物;除尘技术通过电除尘、布袋除尘等方法去除烟气中的颗粒物。

1.4 洁净煤技术发展趋势

随着环保要求的不断提高,洁净煤技术的发展呈现出一些新的趋势。一方面,技术创新不断涌现,新型洁净煤技术如煤气化联合循环发电、整体煤气化联合循环发电等逐渐得到应用;另一方面,政策支持力度加大,各国政府纷纷出台相关政策推动洁净煤技术的发展和运用。同时,跨学科合作也日益加强,不同领域的专家共同研究和解决洁净煤技术面临的问题。

2 全生命周期评价方法论

2.1 全生命周期评价的概念与原则

全生命周期评价(Life Cycle Assessment, LCA)是一种评估产品、过程或服务从原材料获取到最终处置全过程中环境影响的工具。它基于“从摇篮到坟墓”的理念,涵盖了四个主要阶段:目标定义与范围界定、清单分析、影响评价和结果解释。LCA遵循的原则包括系统性、透明性、开放性和可重复性,确保评价过程客观、公正且易于验证。

2.2 全生命周期评价的技术框架

全生命周期评价的技术框架由四个核心步骤组成:(1)目标定义与范围界定,明确评价目的和系统边界;(2)清单分析,量化产品全生命周期中的输入和输出;(3)影响评价,评估清单数据对环境的潜在影响;(4)结果解释,根据评价结果提出改进建议。这一框架为全生命周期评价提供了标准化的操作流程。

2.3 全生命周期评价在能源领域的应用

在能源领域,全生命周期评价被广泛应用于评估能源产品和技术的环境绩效。例如,用于比较不同发电方式的环境影响,包括化石燃料发电、可再生能源发电等。通过LCA,可以识别能

源生产和消费过程中的关键环境热点,为能源政策的制定和清洁能源技术的发展提供科学依据。此外,LCA还有助于揭示能源产品的供应链管理中存在的环境风险,促进整个产业链的环境优化。

3 洁净燃煤发电技术的全生命周期评价指标体系构建

3.1 环境影响评价指标

环境影响评价指标是衡量洁净燃煤发电技术对自然环境影响程度的关键参数。这些指标包括但不限于温室气体排放量(如二氧化碳、甲烷、一氧化二氮)、大气污染物(如二氧化硫、氮氧化物、颗粒物 PM_{10} 和 $PM_{2.5}$)、水体污染物(如化学需氧量COD、氨氮)、固体废物产生量以及生态毒性潜力。通过对这些指标的量化分析,可以全面评估洁净燃煤发电技术在不同生命周期阶段对环境的影响。例如,采用先进的烟气脱硫脱硝技术可以显著降低二氧化硫和氮氧化物的排放浓度,而高效的除尘设备则可以减少颗粒物的排放。此外,通过优化电厂布局和选址,还可以减少对周边生态系统的干扰和破坏。

3.2 能效评价指标

能效评价指标反映了洁净燃煤发电技术在能源转换和使用过程中的效率。主要指标包括热效率、单位电能的煤耗量、单位电能的水量消耗以及能量损失率。高热效率和低煤耗量意味着更高的能源利用率和更低的环境负担。为了提高能效,可以采用超临界或超超临界锅炉技术,这些技术能够提高蒸汽参数,降低煤耗,从而提高发电效率。同时,通过余热利用和热电联产等方式,也可以进一步提高能源利用效率。此外,采用变频技术和智能控制系统等先进技术手段,也有助于实现能源的精细化管理和高效利用。

3.3 经济性评价指标

经济性评价指标用于衡量洁净燃煤发电技术的经济成本和效益。这些指标包括初始投资成本、运行维护成本、燃料成本、电力生产成本以及潜在的环境成本节约。经济性评价不仅考虑直接财务投入,还包括因环境影响而产生的间接成本,如排污费用和碳排放交易成本。为了提高经济性,可以采用多种措施降低成本并提高效率。例如,通过规模化生产和批量采购降低设备和材料的成本;通过优化运行和维护管理降低运行维护费用;通过技术创新和进步提高设备性能和可靠性,减少故障率和维修成本。此外,政府的政策支持和补贴也有助于降低企业的经济负担并推动洁净燃煤发电技术的发展。

3.4 社会可持续性评价指标

社会可持续性评价指标涉及洁净燃煤发电技术对社会的影响,包括就业创造、地方经济发展、公众健康和社会责任等方面。这些指标帮助评估技术推广对社会福祉的贡献,以及可能引发的社会问题,如资源分配不均和环境正义问题。通过综合考虑这些社会因素,可以更全面地评价洁净燃煤发电技术的可持续性。例如,洁净燃煤发电项目的实施可以为当地提供大量就业机会并促进相关产业的发展;同时,通过减少污染物排放和改善环境

质量,也有助于保障公众健康并提高生活质量。此外,企业还应积极履行社会责任并关注环境保护和社会公益事业的发展以实现经济效益和社会效益的双赢。

4 案例分析:某洁净燃煤发电项目的全生命周期评价

4.1 项目概述与生命周期划分

本章以位于中国的某超临界洁净燃煤发电项目为案例,该项目采用了先进的超临界锅炉技术和烟气脱硫脱硝设备,旨在提高发电效率同时减少环境污染。全生命周期划分为四个主要阶段:煤炭开采与运输、电站建设、电力生产和运营以及退役与废物处理。每个阶段的能源消耗和环境排放都被详细记录和分析。

4.2 环境影响评价

在环境影响评价中,通过收集和分析数据,发现该项目在运营阶段相比传统燃煤发电减少了约30%的二氧化碳排放和50%的硫氧化物排放。然而,煤炭开采和运输阶段的环境影响仍然显著,特别是土地破坏和尘埃排放。此外,电站建设和退役阶段产生的建筑废料和废旧设备处理也对环境造成了一定压力。

4.3 能效与经济性评价

能效评价显示,该项目的热效率达到了45%,高于国内平均水平。经济性评价结果表明,尽管初期投资较高,但由于燃料效率高和运营成本低,项目的内部收益率(IRR)为12%,显示出良好的经济效益。由于环保设施的投入,项目还获得了政府的税收优惠和补贴,进一步提高了经济吸引力。

4.4 社会可持续性评价

社会可持续性评价聚焦于项目对当地社区的影响。项目创造了约200个直接就业岗位,并对当地供应链产生了积极影响。然而也存在一些负面社会影响,如煤炭开采对当地居民生活质量的影响和潜在的健康风险。项目实施了多项社会责任措施,包括社区发展基金和环境保护计划,以减轻这些负面影响。

5 讨论与建议

5.1 洁净燃煤发电技术面临的挑战与机遇

洁净燃煤发电技术在全球范围内面临着多重挑战,包括技术成熟度不一、高昂的初期投资成本、政策支持的不确定性以及公众对于煤炭依赖的持续担忧。尽管如此,随着全球对于减排目标的追求和清洁能源转型的需求,洁净燃煤发电技术也迎来了

了新的发展机遇。技术创新如超临界/超超临界技术、集成气化联合循环(IGCC)和碳捕集利用与封存(CCUS)等,为提高燃煤发电效率和减少环境污染提供了可能。

5.2 全生命周期评价在洁净燃煤发电技术中的应用前景

全生命周期评价作为一种全面评估产品或服务环境影响的工具,其在洁净燃煤发电技术中的应用前景广阔。通过LCA可以系统地识别和量化从煤炭开采到电力生产的整个过程中的环境影响,为技术改进和政策制定提供科学依据。未来,随着数据收集方法和评价模型的不断完善,LCA有望成为洁净燃煤发电技术研发和应用的重要支撑工具。

5.3 政策建议与发展趋势预测

为了推动洁净燃煤发电技术的发展,建议政府制定更为明确和支持性的政策框架,包括提供财政激励、税收优惠、研发资金支持以及建立更加严格的环境标准。同时,应鼓励跨学科合作,促进技术创新和知识共享。预计未来洁净燃煤发电技术将朝着高效率、低排放、智能化和系统集成化的方向发展,以实现能源产业的可持续发展。

6 结论

本研究通过对某洁净燃煤发电项目的全生命周期评价,揭示了该技术在环境影响、能效、经济性和社会可持续性方面的表现。研究表明,尽管存在挑战,洁净燃煤发电技术在减少环境污染和提高能源利用效率方面具有显著优势。全生命周期评价作为一种有效的环境管理工具,对于促进洁净燃煤发电技术的发展和具有重要应用意义。未来,随着技术进步和政策支持,洁净燃煤发电技术有望在全球能源转型中发挥更加重要的作用。

[参考文献]

- [1]李代国,周浩楠,张建.基于改进层次分析法的洁净燃煤供热技术适用性评价[J].能源与节能,2023,1(02):8-16.
- [2]王秋华,王勇,杨海霞.基于改进模糊层次分析法的洁净燃煤集中供暖技术适用性评价[J].能源与节能,2023,1(10):8-15.
- [3]王倩,王卫良,刘敏.超(超)临界燃煤发电技术发展展望[J].热力发电,2021,50(02):1-9.

作者简介:

李洪涛(1976--),男,汉族,山东寿光人,本科,高级工程师,燃煤电厂生产管理。