

Research on the Selection of Emission Reduction Strategies for Thermal Power Plants under the Carbon Market Mechanism

Yanbing Bu

Guoneng Ningxia Lingwu Power Generation Co., Ltd., Lingwu, Ningxia, 750402, China

Abstract

With the increasing global attention to climate change, carbon reduction has become a global consensus. The thermal power industry, as a key area of carbon emissions, is facing enormous pressure to reduce emissions under the carbon market mechanism. This article delves into the selection of emission reduction strategies for thermal power plants under the carbon market mechanism. Firstly, the basic principles of carbon market mechanisms and the current status of carbon emissions from thermal power plants were analyzed; Subsequently, various emission reduction strategies that thermal power plants can adopt were discussed, including technological upgrades, energy structure adjustments, and participation in carbon market trading; Then, the implementation effects of different emission reduction strategies were demonstrated through case analysis; Finally, suggestions were made for the selection of emission reduction strategies for thermal power plants, and future development trends were discussed.

Keywords

carbon market mechanism; Thermal power plants; Emission reduction strategy

碳市场机制下火电厂减排策略选择研究

卜雁兵

国能宁夏灵武发电有限公司, 中国·宁夏 灵武 750402

摘要

随着全球对气候变化问题的关注度不断提高, 碳减排已成为全球共识。火电行业作为碳排放的重点领域, 在碳市场机制下面临着巨大的减排压力。本文深入研究了碳市场机制下火电厂的减排策略选择问题。首先, 分析了碳市场机制的基本原理和火电厂碳排放现状; 接着, 探讨了火电厂可采取的多种减排策略, 包括技术升级、能源结构调整、参与碳市场交易等; 然后, 通过案例分析展示了不同减排策略的实施效果; 最后, 对火电厂减排策略的选择提出了建议, 并对未来发展趋势进行了展望。

关键词

碳市场机制; 火电厂; 减排策略

1 引言

近年来, 全球气候变化问题日益严峻, 二氧化碳等温室气体排放导致的全球气温上升对人类社会和生态环境造成了严重威胁。为应对这一挑战, 各国纷纷采取措施减少碳排放, 其中碳市场机制作为一种有效的市场化减排手段, 得到了广泛应用。火电行业是碳排放的主要来源之一, 其排放量大、排放集中, 在碳减排工作中占据重要地位^[1]。在碳市场机制下, 火电厂面临着碳排放配额的约束, 如何选择合适的减排策略, 在满足减排要求的同时实现经济效益最大化, 成为火电厂亟待解决的问题。因此, 深入研究碳市场机制下

火电厂的减排策略选择具有重要的现实意义。

2 碳市场机制概述

2.1 碳市场机制的基本原理

碳市场机制的核心是通过建立碳排放权的交易市场, 利用市场机制来调节碳排放。政府或相关管理机构首先确定一定时期内的碳排放总量, 并将碳排放配额分配给纳入碳市场的企业, 如电力、钢铁、水泥等行业的企业。企业根据自身的生产经营情况, 拥有相应的碳排放配额。如果企业的实际碳排放量低于其获得的配额, 那么该企业可以将剩余的配额在碳市场上出售, 从而获得经济收益; 反之, 如果企业的实际碳排放量超过了配额, 就需要从市场上购买额外的配额, 否则将面临罚款等处罚。这种机制促使企业为了降低成本、提高经济效益, 积极采取措施减少碳排放, 从而实现全社会的碳减排目标。

【作者简介】卜雁兵(1985-), 男, 中国宁夏固原人, 本科, 助理工程师, 从事火力发电厂生态环境保护、污染防治治理、碳排放管理研究。

2.2 国内外碳市场发展现状

在国际上，欧盟碳排放交易体系（EUETS）是全球最早建立且规模最大的碳市场。自2005年启动以来，EUETS不断完善和发展，涵盖了众多行业，在推动欧盟地区碳减排方面发挥了重要作用。此外，美国、加拿大、澳大利亚等国家和地区也建立了各自的碳市场或相关减排机制。

我国的碳市场建设起步相对较晚，但发展迅速。2011年，我国在北京、天津、上海、重庆、湖北、广东和深圳七省市启动了碳排放权交易试点工作。经过多年的试点运行和经验积累，2021年7月，全国碳排放权交易市场正式启动上线交易，发电行业作为首个纳入全国碳市场的行业，率先开展交易。截至目前，全国碳市场运行总体平稳，交易规模逐步扩大，市场机制不断完善，对推动我国火电行业及其他重点排放行业的碳减排发挥着越来越重要的作用。

3 火电厂碳排放现状

3.1 火电厂碳排放的主要来源

火电行业的碳排放大多源自化石燃料（包含煤炭，石油以及天然气），在燃煤电厂当中，煤炭在锅炉里燃烧的时候会发出高温高压蒸汽，推动汽轮机转动从而完成电力生产^[2]。这个过程中煤中的碳元素同空气里的氧分子发生氧化反应，形成二氧化碳并排入大气环境之中，辅助设备运作，燃料运送及存放等环节也会产生一些碳排放，不过这些数量比较小，很难和主要燃烧过程引发的碳排放量相抗衡。

3.2 火电厂碳排放的环境与社会影响

过量碳排放对自然界和人类社会都存在深广且错综复杂的消极影响。就生态而言，温室气体例如二氧化碳被过多排放出来时引发的全球气候升温情况致使极地冰层消融、大海水位上涨以及恶劣气象事件频繁出现的现象使得生态系统遭受损害并危及生物多样性^[3]。至于在人类生活领域中，气候变化还或许会导致农作物收成缩水、淡水资源紧张以及传染病蔓延可能性增大，这些都是会对人们居住之地及其社会经济持续发展造成严重冲击的因素内容包含，随着大众环保认识逐渐增进，在火力发电行业内因高碳排出属性而承受越发剧烈的社会监督压力及舆论声讨作用。

4 碳市场机制下火电厂减排策略分析

4.1 技术升级减排策略

4.1.1 高效燃煤发电技术

高效燃煤发电技术被看作是削减火力发电行业碳排放的关键途径，超超临界机组通过改善蒸汽参数，明显改进了整体运行效率，相较于传统亚临界机组，其发电效率能提升3%到5%，而且大幅度缩减每度电所消耗的煤量和产生的二氧化碳排放量，循环流化床燃烧技术达成煤炭资源的清洁高效利用，有效地削减了二氧化硫^[4]。氮氧化物等污染物的排放水平，对温室气体减排也存在积极意义，针对现存的燃煤机组展开技术改造并加以优化升级，推行先进的燃煤发电

工艺，在燃料结构稳定的情况下，可以明显减小碳排放强度，从而给达成节能减排目的给予有力支持。

4.1.2 碳捕集利用与封存技术（CCUS）

碳捕集利用与封存技术 CCUS 是火电行业实现低碳转型的关键手段，通过捕集烟气中的二氧化碳并加以资源化利用或封存。以江苏泰州电厂为例，该项目采用醇胺吸收法，从燃煤机组湿式电除尘后的烟气中捕集二氧化碳，捕集率超90%，年处理量达50万吨，产出纯度超99%的液态二氧化碳。核心技术包括自主研发的三元复配吸收剂，再生热耗较传统工艺降低35%，并集成级间冷却、分流解吸等节能工艺，显著降低能耗与成本。捕集的二氧化碳通过储罐压缩后运输至下游市场，用于食品级干冰、焊接制造、油田驱油等领域，实现100%消纳与商业化盈利。此外，项目通过优化设备布局与国产化核心装置，如离心式压缩机和小齿顶角填料，进一步降低运营成本，为煤电 CCUS 规模化应用提供了技术示范与商业模式参考。该技术不仅助力火电行业减排，也为实现双碳目标下的化石能源清洁利用提供了可行路径。

4.2 能源结构调整策略

4.2.1 提升清洁能源发电比例

火电企业可以投资或者控股风电、光伏这些清洁能源项目，来改善自身发电结构里的清洁电力所占比例。因为风电和光伏发电技术一直在更新换代，成本也在慢慢变低，这两种可再生能源在能源市场上跟传统化石能源竞争的能力就变得很强。有些大型火电企业开始往新能源方面发展，利用“风光火储一体化”等方式把几种能源结合起来用，这样既能少用一些传统化石燃料，也能减少碳排放量，还能拓宽业务范围，增强自己的竞争力。

4.2.2 掺烧生物质燃料

生物质燃料具有可再生、碳中和特性分析显示，把秸秆，木屑之类的生物质燃料按一定比例掺入火电燃煤进程中，可以削减化石能源的使用量，缩减温室气体排放量。因为生物质在生长期借助光合作用吸收大气中的二氧化碳，所以它燃烧时的净排放量差不多为零，这种技术既能改良燃煤的燃烧性能和运作效能，又有明显的环保好处，在实际操作当中，要重视生物质资源能否持续供应，储存以及物流配送等方面的技艺难题和经营问题^[5-6]。

4.3 参与碳市场交易策略

4.3.1 碳配额管理

火力发电企业迫切需要创建起碳配额细致化经营体系，首先要准确核算自身碳排放总量，还要按照生产计划，设备运作状况，能源结构等诸多方面因素，来科学预估某个时期内碳排放走向，在此基础上依照碳配额分配规则评判自身盈亏情形。如果预估实际排放量大概会超越最初分配额度，就要提前执行技术改进或者通过市场途径补充所需配额，要是存在多余配额，就可以凭借适时加入交易来改良资源调配效能，企业还要时刻关注碳价波动变动情况，恰当安排交易时间，进而改善碳资产总体经济收益水准。

4.3.2 碳金融工具应用

碳金融工具给火电企业参加碳市场交易赋予了多种策略选择和操作空间,利用碳期货,碳期权这些衍生品工具,企业可以做到风险转移,有效地锁定碳交易的成本或者收益预期。如果预估将来碳价要涨并且得买进配额,就可以买入碳期货来锁定当前的低价配额,相反,要是预估碳价会跌而且手里有富余的配额,就可以卖出碳期货以防止将来贬值的风险,碳资产质押融资服务给企业盘活碳资产,化解资金压力,推动绿色项目发展给予了有力的支持。

5 火电厂减排策略选择建议

5.1 综合考虑成本与效益

制定减排战略时,火力发电企业要全面考量成本和效益这两重因素。各种减排手段的成本特点各不相同,CCUS技术因为初始投资庞大,后续运营维护费用也高,所以成本比较高。高效燃煤机组的技术改良却表现出比较低的成本优势,它的经济收益同样存在多种情况,包含碳交易收益,能效改善带来的直接经济效益,企业品牌价值增值等内容,经过系统的成本效益分析,可以准确评判某个时段里不同减排方案的实际投入产出效率,从而找到最合适的策略组合。对资金宽裕而且重视环境绩效的企业来说,可以考虑把CCUS技术和其他减排办法一起实行,可是资金紧张或者经营压力大的企业,最好先用低成本的节能技术改造或者能源结构改进方案。

5.2 结合自身实际情况

每个火电厂的装机容量会根据机组种类、运行特点以及地理位置等多种差异化特征而变化,在制定减排方案的时候必须坚持精细化的原则,对于大型燃煤发电厂来说,技术改造升级才是提高能源使用效率的关键手段。而那些处于可再生能源资源较为丰富地区的企业,则要充分利用自身的区位优势,优先发展清洁能源项目^[7]。在此期间,火电厂需要全面考量自身研发水平和运营管理能力,科学地选择既合适又可控的减排措施,如果企业对新能源方面没有实际操作经验,那么可以考虑委托第三方专业机构共同推进风能或者太阳能发电项目的开发进程,以此保证项目执行效果并实现预期目标。

5.3 关注政策动态和市场变化

作为碳市场体系的重要部分,电力行业尤其是火电企

业要时刻关注政策走向并迅速调整减排策略。政府在清洁能源方面的扶持政策、碳排放权分配机制的改进以及碳交易规则的完善,都会给火电企业的减排路径带来重大影响。企业应该重点剖析能源和碳市场里的价格波动规律,因为能源价格变动直接关联到燃料成本和经营收益,碳价波动也明显改变碳资产的投资回报。经过系统的监测政策动向和市场信号,火电企业可以预先制订出合适的应对方案,在规避潜在风险的同时抓住机遇。

6 结论

碳市场机制被推行之后,火电企业便开始积极探寻减排途径,通过技术创新,能源结构改善,参加碳交易等手段,给行业应对减排压力给予了可供模仿的实例。未来,企业要全方位考量成本收益,联系自身的资源状况,随时调节战略部署,以应对政策变动和市场需求的改变,只有这样才能做到在达成减排目的的同时兼顾经济利益和环境保护的协调统一,进而推动火电行业的可持续发展进程。碳市场的运行使得火电企业不得不积极探索减量的办法,技术更新、能源转变以及碳交操作都形成了经验性模式,往远看,企业在制定战略计划时要全盘考虑成因得失与资源禀赋状况,不断做出动态调整,在政策引领与外部环境改变中达到减排目标与利益均衡目的,推进企业朝绿色可持续方向发展。

参考文献

- [1] 杨亚利,杨龙,寻志伟.火电厂二氧化碳减排策略及潜力分析[J].中国设备工程,2023,(13):125-127.
- [2] 田冬生.火电厂热工自动化设计中节能减排分析[J].现代工业经济和信息化,2020,10(08):47-48.
- [3] 郭占春.探讨火电厂锅炉汽轮机系统的节能环保问题[J].应用能源技术,2023,(07):34-37.
- [4] 祁桂梅.浅析电力行业节能减排影响因素及应对策略[J].节能与环保,2022,(02):43-44.
- [5] 李健华,陈雪,付浩,武云霞,白智丹.碳市场环境下火电厂市场竞价策略及交易技术[J].四川电力技术,2023,46(03):46-52+89.
- [6] 陈文智.火电厂热动系统的节能优化与减排策略[J].大众用电,2025,40(02):33-34.
- [7] 王国鸿.火电厂集控运行中节能减排技术的探讨与实践[J].科技资讯,2025,23(03):196-198.