

# 碳达峰背景下火电环保自动化与碳排放协同控制策略

叶晖

华电伊犁煤电有限公司

DOI:10.12238/hwr.v9i8.6509

**[摘要]** 随着生产对环境的损害,我国碳排放控制工作的重视程度也在逐渐加强。火力发电作为主力发电手段,各大燃煤电厂的污染排放量也不容小觑,环境保护问题刻不容缓,因此当前“双碳”目标的提出也对火电燃煤电厂的污染排放控制提出了更高要求。本文通过对当下火电燃煤厂环保现状进行分析,并从技术创新、调整能源结构等方面入手提出,为火电环保自动化建设提供可行的参考方式,优化碳排放与火电环保自动化建设,为实现可持续发展提供可靠的科学依据。

**[关键词]** 火力发电; 环保策略; 碳排放; 自动化管理

**中图分类号:** TV734.2 **文献标识码:** A

Thermal power environmental protection automation and carbon emission collaborative control strategy under the background of carbon peaking

Hui Ye

Huadian Yili Coal and Power Co., Ltd

**[Abstract]** With the damage of production to the environment, the importance of carbon emission control in our country is gradually strengthening. As the main means of power generation, the pollution emissions of major coal-fired power plants should not be underestimated, and environmental protection issues cannot be delayed. This paper analyzes the current environmental protection status of thermal power coal-fired plants, and proposes from the aspects of technological innovation and energy structure adjustment, so as to provide a feasible reference method for the construction of thermal power environmental protection automation, optimize carbon emissions and thermal power environmental protection automation construction, and provide a reliable scientific basis for achieving sustainable development.

**[Key words]** thermal power generation; environmental protection strategy; carbon emissions; automated management

## 引言

火电厂的发电原理主要是依靠可燃物燃烧所产生出的热能加热水生成蒸汽,蒸汽推动汽轮机旋转,从而将热能转化为机械能,再由汽轮机带动发电机旋转,将机械能转化成电能。在经济高速发展的当下,火电厂产生的废水废气造成的环境问题日渐突出,走循环发展路线成为了当下火电厂发展的必然选择。从“十四五”开始,我国的电气化发展进程不断加深,相关决策与实施措施协同推行,为加快全新的电力供应格局提供坚实的助力。此外,优化火电厂资源配置方案,降低火电厂碳排放,还能为相关行业提供优化发展的途径,推动火电厂向更加高效、低碳的方向发展,为我国火力发电行业的可持续发展做出贡献<sup>[1]</sup>。

### 1 碳达峰背景下火电燃煤电厂环保困境

#### 1.1 火电技术方面不足

火力发电在社会经济发展中有着重要作用,当前我国火电

厂技术方面还存在诸多不足。当前我国火电厂机组主要是以燃煤机组为主,其发电效率普遍在35%~38%之间,发电效率较低。尽管有超临界和超超临界机组可以提升燃煤效率,但是在实际的火电厂运营中并未得到广泛运用,并且也存在可靠性以及可用性方面的问题,机组在工作过程中故障情况频繁,影响机组的稳定性与火电厂的日常工作。

超超临界技术作为当下煤电发展的新趋势,对耐热材料的性能要求较高,我国虽已实现部分关键管道材料国产化,但当机组工作温度超过620摄氏度、压力超过30兆帕时,现有国产材料无法适应,制约了发电机组效率提升。而燃烧机组在使用过程中必然会有损耗,我国火电机组服役年限在10年及以下的占比高达56.58%,服役超过30年的几乎没有,存在设计缺陷。虽然机组寿命有所提升,但仍需加快更新换代,以解决资源浪费问题,提高经济效益<sup>[2]</sup>。

### 1.2 自动化控制方面有待提升

社会不断发展的当下,自动化控制技术在各行各业都得到应用,但是目前自动化技术还有待提升。传统火电自动化控制水平难以满足高效清洁要求,控制系统智能化程度低,多为基于固定逻辑和经验的常规控制策略,难以适应复杂工况。例如在负荷频繁波动时,无法精准调节燃烧过程,致使煤炭燃烧不充分,发电效率降低,碳排放量增加。某30万千瓦火电机组在负荷突变时,自动化控制无法快速调整风煤比,使发电效率瞬间下降约3%,同时碳排放量每小时增加数吨。

并且自动化控制系统的数据整合与智能决策能力薄弱,约70%的存量电厂存在“信息孤岛”,碳排放监测等系统数据不通。仅有15%的电厂部署了AI优化算法,多数火电厂仍依赖人工经验调整,难以实现全过程的碳最优控制。此外主控系统设备老化加剧控制系统的调控能力不足情况。某老厂磨煤机出口温度监测滞后,曾因超温未及时预警导致自燃,抢修期间应急发电碳排放较正常工况激增40%,自动化控制的实际运用成效不佳。

### 1.3 碳核算方式不完善

火电厂碳核算作为减排管理的核心环节,在核算范围存在明显漏洞。多数电厂仅统计燃料燃烧产生的碳排放,忽视了辅助系统的间接排放。例如某燃煤电厂,脱硫系统使用的石灰石分解过程会释放大量二氧化碳,但在碳核算时并未纳入核算范围,导致年度碳排放数据低估约8%。此外,厂内运输车辆的燃油消耗、废弃脱硝催化剂的处置等环节,也常处于核算盲区。同时现有计量设备老化问题也较为突出,某30万千瓦机组的煤量计量皮带秤,因长期未校准,测量误差达±5%,每月导致碳排放数据偏差超千吨。人工记录环节也存在漏洞,部分班组为简化流程,采用估算值替代实际测量数据,进一步加剧了数据失真。

并且碳核算的方式也缺乏统一的标准,不同电厂采用的计算系数差异显著,某电力集团下属两家电厂,对同一种燃煤的碳排放因子的碳排放计算方式也不同,导致相同发电量下的碳排放核算结果也存在偏差。同时火电厂碳核算的动态核算能力也严重不足,核算多为月度或季度静态统计,无法实时反映机组运行状态。某电厂在深度调峰时段,因燃烧不稳定导致碳排放瞬时激增,但现有核算体系无法捕捉此类波动,使得减排措施的时效性大打折扣。与德国先进电厂的实时碳追踪系统相比,我国火电厂在动态核算技术上至少落后5年。

## 2 火电环保自动化技术应用现状

### 2.1 污染物检测与治理自动化

目前,火电厂普遍安装了先进的污染物实时在线监测系统,可对二氧化硫、氮氧化物、颗粒物等常规污染物以及温室气体二氧化碳等进行实时监测。这些监测系统采用高精度的传感器和自动化的数据采集传输技术,能够将监测数据实时传输至电厂的监控中心和环保部门的监管平台。例如,基于非分散红外吸收法(NDIR)的二氧化碳在线监测仪,可对火电厂烟道气中的二氧化碳浓度进行连续、准确的测量,测量精度可达±1%FS。通过实时在线监测系统,电厂能够及时掌握污染物排放情况,一旦发

现排放超标,可迅速采取相应措施进行调整,确保污染物达标排放<sup>[3]</sup>。

在脱硫方面,火电厂广泛应用石灰石-石膏湿法脱硫、循环流化床半干法脱硫等自动化脱硫工艺。以石灰石-石膏湿法脱硫系统为例,其自动化控制包括对石灰石浆液的制备与输送、吸收塔内的液位、pH值控制以及石膏脱水系统的自动化运行等。通过自动化控制系统,可根据烟气中二氧化硫的浓度实时调整石灰石浆液的供应量,保证脱硫效率稳定在95%以上。在脱硝方面采用低氮燃烧器,结合选择性催化还原技术,安装新型低氮燃烧器,通过优化燃烧区域空气与燃料混合比例的方式降低氮氧化物的产生量,并且接入SCR系统,在省煤器与空预器之间的高温烟区加入氨气,借助催化剂将氮氧化物与氨气反应生成氮气和水,大大提升脱硝效率。而除尘工艺中,湿式除尘器的效果显著,采用喷淋式除尘器,在含尘烟气进入设备后与喷淋的碱性水雾充分接触,粉尘与水雾结合沉淀,降低火电厂烟尘排放量。

### 2.2 先进控制方法在火电厂优化运行中的应用

在火电厂的实际运行中,可以将控制方法与自动化技术相结合,以分布式控制系统(DCS)为基础,实现对锅炉、汽轮机为核心设备的集中监控与自动化管理,在实时采集温度、压力的运行数据为系统的精准调控提供数据依据。在燃烧环节,建立模型预测系统,通过建立燃烧模型对火电厂未来加工情况进行预测,便于操作人员及时调整燃料供给与空气配比,不仅促使煤炭燃烧更加充分,还能提升火电厂发电效率,减少煤炭不完全燃烧产生的污染物,降低一氧化碳以及污染烟尘的排放。并且在火电厂引入自动化设备,在线度脱硫设备效率进行实时监控,在火电厂中二氧化硫排放异常时迅速发出警报,控制系统接收警报及时进行处理,根据异常数据自动调节脱硫剂的注入量以及反应时间,保障污染气体的排放量在合理范围内。此外,根据大数据分析技术,自动化控制系统还能根据季节、环境等因素优化火电厂运行模式,做到在稳定供电的同时最大限度的降低能耗以及污染,帮助火电厂实现绿色低碳发展<sup>[4]</sup>。

## 3 火电环保自动化与碳排放协同控制策略

### 3.1 加强碳排放处理路径建设

燃烧后碳捕集技术是目前应用最广泛的碳捕集技术之一,其原理是利用化学吸收剂对火电厂燃烧后的烟气进行处理,将其中的二氧化碳分离出来。例如,某大型火电厂采用燃烧后碳捕集技术,建设了一套年捕集能力为10万吨二氧化碳的装置。该装置通过吸收塔将烟气中的二氧化碳与吸收剂进行反应,吸收后的富液进入再生塔进行解吸,释放出高纯度的二氧化碳气体,经压缩、干燥等处理后进行封存或利用。该项目实施后,每年可有效减少二氧化碳排放10万吨,为火电行业碳减排提供了实践经验。

为了实现碳捕集系统与火电机组的高效集成,需要对两者进行协同优化。一方面,要优化碳捕集系统的运行参数,如吸收剂的浓度、循环量等,以提高碳捕集效率,降低捕集能耗。另一方面,要考虑碳捕集系统对火电机组运行的影响,如抽汽量增加

对机组发电效率的影响等,通过调整火电机组的运行方式,实现两者的协同优化。例如,某火电厂通过对碳捕集系统与机组热力系统的集成优化,在保证碳捕集率的前提下,将碳捕集系统的能耗降低了10%左右,同时通过优化机组运行方式,减少了因碳捕集导致的发电效率损失<sup>[5]</sup>。

### 3.2 优化新能源融入火电厂的发展

在电力系统中,火电与风电、光伏的联合调度是实现两者协同互补运行的关键。通过建立联合调度模型,综合考虑风电、光伏的出力预测、火电机组的运行特性以及电力系统的负荷需求等因素,优化安排火电机组和新能源发电的发电计划。例如,在风电、光伏出力较大时,适当降低火电机组的发电负荷,使其处于高效运行区间;在风电、光伏出力不足或电力系统负荷高峰时,增加火电机组的发电出力,保障电力供应的安全稳定。某地区通过实施火电与风电、光伏的联合调度,风电、光伏的消纳率提高了约8%,有效减少了弃风、弃光现象。

为了更好地适应新能源接入后电力系统的变化,需要对火电机组进行灵活性改造。灵活性改造措施包括降低机组最小技术出力、提高机组负荷调节速率、缩短机组启停时间等。例如,通过对火电机组的锅炉进行低负荷稳燃改造,采用新型燃烧器和稳燃技术,可将机组的最小技术出力降低至30%额定负荷左右,提高了机组在低负荷工况下的运行稳定性。同时,对汽轮机的调节系统进行优化,提高机组的负荷调节速率,使其能够更快地响应电力系统的负荷变化。通过灵活性改造,火电机组能够更好地与新能源协同运行,提高了电力系统的灵活性和稳定性<sup>[6]</sup>。

### 3.3 加强碳交易建设

我国的碳交易市场采用配额交易机制,政府根据企业的历史碳排放数据和行业减排目标,为火电企业分配一定数量的碳排放配额。企业如果实际碳排放低于配额,可以将剩余配额在市场上出售获利;如果实际碳排放超过配额,则需要市场上购买额外的配额,否则将面临处罚。火电企业参与碳交易市场的方式主要包括配额管理、碳排放核算与报告以及市场交易等环节。企

业需要建立完善的碳排放管理体系,准确核算自身的碳排放数据,合理制定配额使用策略,并积极参与市场交易,以降低碳减排成本。

## 4 总结

在碳达峰背景下,火电行业面临着碳排放强度与总量控制压力、环保政策趋严与合规成本增加以及新能源发展对火电灵活性的挑战。通过应用环保自动化技术,如火电厂污染物监测与治理系统自动化以及先进控制算法在优化运行中的应用,能够有效提高火电厂的环保水平和运行效率。实施碳排放协同控制策略,包括碳捕集与封存技术应用、与新能源协同互补运行以及参与碳交易市场,可显著降低火电碳排放。火电环保自动化与碳排放协同控制策略的有效实施,能够实现污染物减排、碳排放降低,同时为火电厂带来经济效益以及社会效益的提升。

## [参考文献]

- [1]杨德丰,吴军.火电厂锅炉汽轮机系统的节能环保技术探析[J].电力设备管理,2025(4):264-266.
- [2]何俊松,范晓龙,张友卫.火电厂环保电价考核传输系统智能感知预警研究与应用[J].机电信息,2025(2):27-29,34.
- [3]余官培,姜海,贺俊文,等.基于绿氨的低碳火电关键技术及经济性研究[J].水力发电,2025,51(2):99-102,107.
- [4]张杰,李效顺,陈姜全,等.低碳和创新型城市双试点协同赋能对碳排放效率的影响[J].产业经济研究,2025(1):15-28.
- [5]王笑风,杨林,韩晓宇,等.绿色建筑碳排放与污染物协同减排的调控策略研究[J].环境科学与管理,2025,50(3):33-38.
- [6]吴晓敏,毛香凌.成渝地区双城经济圈碳排放权交易区域协同执法的困境与机制优化[J].重庆三峡学院学报,2025,41(3):46-56.

## 作者简介:

叶晖(1988—),男,汉族,河南商丘人,本科,中级工程师,研究方向:生态环保自动化。