

# 火力发电厂热工节能降耗技术研究

赵洋

华电内蒙古能源有限公司包头发电分公司 内蒙古 包头 014000

**摘要:**在当前能源与环保形势严峻的背景下,火力发电厂节能降耗工作已成为行业发展的关键任务。本研究聚焦于火力发电厂热控专业领域的节能降耗技术,深入剖析其基础原理,涵盖热控系统相关的热力学知识运用、热控设备与过程的节能根基;详细阐述热控过程优化策略,包括燃烧控制优化、蒸汽参数精准调控以及余热回收利用的热控手段;深入探讨热控设备节能举措,以锅炉、汽轮机等主要设备的热控节能为核心展开;全面介绍热控智能化与自动化技术应用,包含热控监测系统优化、自动控制系统升级以及智能运维体系构建;同时深入研究热控节能技术实施与评估方法,涉及节能方案的科学制定、节能效果的准确评定以及持续优化机制的建立,旨在为火力发电厂提升能源利用效率、降低能耗与污染物排放提供全面且深入的热控技术支持与实践指导,有力推动火力发电厂的可持续发展。

**关键词:**火力发电厂;热控;节能降耗;智能化自动化

## 1 热控节能降耗技术基础原理

### (1) 热力学基本原理在热控中的应用

热力学第一定律明确了能量在转换过程中的总量守恒特性,但在火力发电实际场景中,从燃料化学能向电能的转化路径并非理想化的高效状态。例如,燃料燃烧释放的热能仅有一部分成功转化为蒸汽的内能以驱动汽轮机发电,而相当一部分会以热量形式散失至周围环境。依据热力学第二定律,热量在无其他附加影响时无法自发地从低温物体传导至高温物体,这一规律从根本上限制了热机的热效率上限。卡诺循环作为理想的热机循环模型,其热效率取决于高温热源与低温热源之间的温差,而现实中的火力发电循环与卡诺循环存在明显差距。在热控技术领域,通过精准调控蒸汽参数,如提高蒸汽压力与温度,以及有效降低排汽温度等手段,尽可能使实际发电循环趋近于卡诺循环条件,从而实现热效率的提升。热控系统在此过程中发挥着关键的监测与调控作用,例如通过精确的温度、压力传感器实时采集蒸汽参数数据,并反馈至控制系统,由控制系统依据预设算法对蒸汽产生与输送环节进行精准调节,确保蒸汽参数稳定在最优节能区间。

### (2) 热控过程节能原理

热控过程在火力发电的能量传递与转换链条中占据核心地位,其中蕴含着丰富的节能潜力挖掘点。在传热环节,热控技术致力于强化传热效率,以此削减热量传递过程中的不可逆损失。例如,通过采用先进的热控策略优化换热表面结构设计,如采用特殊的翅片结构或新型换热管材,有效增大传热面积;同时,借助智能调节手段精确控制换热介质的流量、温度与压力等参数,

提高传热系数,从而确保热量能够在不同介质间实现更迅速、高效的传递,最大限度减少能量在传热阶段的无端损耗。在能量转换环节,热控系统着重于提升蒸汽在汽轮机内的膨胀做功效率。通过对汽轮机进汽阀门的精确控制,实现蒸汽流量与压力的精准匹配,减少蒸汽在管道输送以及设备内部因节流现象导致的能量损失。此外,热控技术还对整个热工过程中的能量分配与利用进行精细化管理,例如根据机组负荷实时需求,智能调整各设备的运行参数与能量分配比例,确保整个热控过程的能源利用率始终保持在较高水平。

## 2 热工过程优化技术

### (1) 燃烧过程热控优化

燃烧过程热控优化是热控节能关键环节。精确控制燃料与空气比例是核心,热控采用先进燃烧控制系统,依燃料种类、热值与锅炉负荷实时调节空气供给量,借助高精度氧含量分析仪监测炉膛出口烟气氧含量,以反馈信号调控送风量,确保燃料充分燃烧,减少不完全燃烧产物。同时,热控优化燃烧器运行参数,如角度、风速等,改善火焰形状与燃烧稳定性,促进燃料与空气混合,提升燃烧效率。此外,采用新型燃烧技术如低氮燃烧技术时,热控系统协调各参数,在保障燃烧效率同时降低氮氧化物排放,兼顾环保与能源综合效益提升。

### (2) 蒸汽参数热控优化

蒸汽参数对汽轮机做功与热效率影响重大。热控通过提升蒸汽初参数(压力、温度)增加蒸汽在汽轮机焓降,提高发电功率。但受锅炉材料与制造工艺限制,热控在现有设备条件下,着重优化蒸汽管道保温,减少蒸汽输送散热损失,间接提升进入汽轮机的有效参数。同

时,合理控制蒸汽终参数,即降低汽轮机排汽压力以提高热效率。热控通过优化凝汽器运行性能实现,如加强凝汽器真空系统维护,确保真空度,使蒸汽在汽轮机内充分膨胀,增强做功能力。热控系统全程监测蒸汽参数变化,及时调整相关设备运行参数,保障蒸汽参数处于节能最佳状态。

### (3) 余热回收与利用热控技术

火力发电厂余热丰富,如锅炉排烟、汽轮机排汽余热。热控技术助力余热回收利用,提升能源利用率。对于锅炉排烟余热,热控调控烟气余热回收装置(如余热锅炉或空气预热器),将烟气热量传递给水或空气,提高锅炉热输入,减少燃料消耗。针对汽轮机排汽余热,热控采用吸收式热泵等技术,提升排汽低品位热能温度后用于区域供热等热用户,实现热电联产。热控系统在余热回收利用过程中,精确控制热量传递与转换环节参数,确保余热高效回收利用,减少能源浪费。

## 3 热控设备节能技术

### (1) 高效锅炉热控技术

高效锅炉热控技术之要在提燃烧效率与减热损失。新型锅炉施先进燃烧技术,如循环流化床燃烧技术,此技术适多燃料,燃料于流化态下与空气充分混合燃烧,燃烧效率高且控污排放佳。于锅炉结构设计,用紧凑型设计,减炉膛与烟道散热面,降散热损。且优锅炉水循环系统,提水于受热面内流速,强传热效,保锅炉受热面安稳运行。再者,锅炉自动控制系统续升级,能精控燃烧过程、给水流量、蒸汽温度等参数,使锅炉恒处最佳工况,益提能源利用效率。热控系统贯穿其中,监测与调控各参数,保锅炉高效节能运行。

### (2) 汽轮机热控节能技术

汽轮机热控节能技术主绕提汽轮机内效率与降机械损展开。于汽轮机设计阶段,用新型叶片材料与先进叶片设计理念,如三维气动设计叶片,使蒸汽于叶片通道内流更畅,减流动损。汽轮机汽封系统亦得改进,用先进汽封结构,如蜂窝汽封、布莱登汽封等,减蒸汽自汽轮机轴端泄漏,提汽轮机做功能力。于运行中,经优汽轮机进汽方式,如用顺序阀控代单阀控,依负荷需求合理分蒸汽入汽轮机各级流量,提汽轮机于部分负荷下运行效率。且优汽轮机润滑与冷却系统,降机械摩擦损,提汽轮机整体运行效率。热控全程参与,从设计参数设定到运行状态监测与调整,力促汽轮机节能降耗。

### (3) 换热器与冷却系统热控节能

换热器于火力发电厂广用于汽水、水油、气气等热量交换。为升换热器节能效,用高效换热元件,如强化

传热管,其殊表结构能增传热面与传热系数,提热量传递效率。于换热器设计与布置,用逆流换热式,使冷流体温差最大,减传热不可逆损。冷却系统节能主于合理控冷却介质流量与温度。如于循环水冷却系统,依环境温度与机组负荷动调循环水泵运行台数与转速,避过度冷却致能源浪费。且用冷却塔节能技术,如优冷却塔填料结构、提冷却塔通风效率等,降冷却塔运行能耗,提整个冷却系统能源利用效率。热控系统精确监测与调控换热器与冷却系统各参数,保障其节能运行。

## 4 热控系统智能化自动化技术

### (1) 热控系统监测与诊断

热控系统智能化监测与诊断为节能降耗要径。于热控设备与系统关键处装多传感器,实时采温度、压力、流量、振动等参数,用先进数据处理算法与模型析此数据。如用基于人工智能故障诊断算法,如人工神经网络、支持向量机等,对热控设备运行态实时监测与故障预测。设备异常时,能速准定位故障点,供故障因与解方案,避设备故障致能源浪费与生产中断。且经对热控系统长时运行数据挖掘与分析,可掘系统运行潜节能点,为进一步优系统运行供据。

### (2) 自动化控制系统优化

自动化控制系统于热控系统起关键调节与优化用。传统 PID 控制算法于些复杂热控过程控制有局限,今用先进控制策略,如模型预测控制(MPC)。MPC 依系统动态模型,对未来时段系统运行态预测,并据设优化目标算出最优控制策略。于火力发电厂蒸汽温度控制、燃烧控制等用 MPC 可有效提控制精度与系统稳定性,减因控制不当致能源波动与浪费。且自动化控制系统网络架构续升级,用工业以太网等高速通信网络,现实热控系统各设备间快速数据交换与协同控制,提系统整体响应速与控制效率。热控系统依此优化自动化控制,精准调控各热工环节,节能增效。

### (3) 智能运维与决策支持

智能运维系统用物联网、大数据与人工智能技术,现实对热控设备全生命周期管。经对设备运行数据实时监测与分析,智能运维系统可预设备维护周期,前安排维护计划,避设备突发故障对生产之影响,且减不必要过度维护。于决策支持方面,基于大数据分析决策支持系统可为电厂管者供多方面决策据。如于能源采购决策,依电厂历史能耗数据、市场能源价格波动与未来生产计划,析出最优能源采购策略;于设备更新改造决策,经对不同设备运行性能、能耗水平与投资成本综合评估,为选最适设备更新方案供数据支持,从而提电厂

整体运营管水平与能源利用效率。热控系统借助智能运维与决策支持,统筹设备运维与管理决策,全方位推动电厂节能降耗与可持续发展。

## 5 热控节能降耗技术实施与评估

### (1) 技术实施方案制定

制定热控节能降耗技术实施方案时,需要全面、深入地考量电厂的实际运行状况和需求。在项目起始阶段,对电厂现有的热控系统和设备进行详细、精准的能效评估,通过专业的检测手段和数据分析方法,准确识别能源消耗较为集中的关键部位以及潜在的节能空间。基于评估结果,有针对性地选择适合电厂实际情况的节能技术手段。例如,如果锅炉的燃烧效率较低,则优先考虑选用燃烧过程优化技术;如果蒸汽参数存在不合理之处,则精心规划蒸汽参数优化方案。在方案规划过程中,着重权衡技术的可操作性、投资规模以及预期的效益回报。以大型热控设备改造项目为例,不仅要充分考虑其对现有生产流程可能产生的扰动和影响,还需要精确测算项目所需的资金投入与预期能够实现的节能效益产出比。同时,周密拟定详细的实施计划,包括项目推进的时间表、人员职责分工的架构体系、设备采购与安装的具体流程等,确保节能技术项目能够有条不紊地推进并顺利实施。

### (2) 节能效果评估方法

节能效果评估是准确判断热控节能降耗技术应用成效的核心环节。常用的评估方法包括能量平衡分析法与性能指标对比法。能量平衡分析法需要精确测定热控系统能量的输入与输出数据,通过严谨的计算和分析,明确系统能量利用效率以及能量损失的分布详细情况。例如,针对锅炉系统实施全面的热平衡测试,精确计量燃料输入热量、蒸汽产出热量、排烟与散热损失热量等关键参数,通过专业的计算公式得出锅炉热效率,并与改造前的数据进行详细比对,以此精确衡量节能技术对锅炉热效率的提升幅度。性能指标对比法则聚焦于节能技术实施前后热控系统关键性能指标的变化情况,如汽轮机汽耗率、发电厂厂用电率等。通过长期、持续的监测以及深入的数据统计分析,直观、清晰地呈现节能技术对电厂整体能源利用效率以及运行经济性的实际作用效果。此外,还可以运用基于模型的评估方式,借助热控系统数学模型模拟节能技术实施前后系统的运行状态,

预测节能效益,为技术改造方案的进一步优化提供科学依据。

### (3) 技术改进与持续优化

热控节能降耗技术的实施是一个动态、持续的过程,需要依据评估结果不断推进技术改进与优化工作。一旦节能技术的实施成效未达到预期目标,应立即深入分析问题产生的根源,可能是由于技术方案设计不合理、设备选型不恰当,或者运行参数设定不准确等原因所致。针对这些问题,迅速调整技术方案,适时更换设备或精细优化运行参数。同时,密切关注热控节能技术领域的前沿动态和最新发展趋势,持续引入新颖的节能技术和先进理念,对现有热控系统进行迭代升级改造。例如,当新型保温材料问世后,及时将其应用于蒸汽管道和热控设备的保温环节,进一步降低散热损失;当新型智能控制算法研发成功后,迅速将其融入自动化控制系统,提升系统控制精度与节能效益。通过持续不断的技术改进与优化举措,确保火力发电厂热控系统长期保持较高的节能水平,适应能源与环境形势不断变化的需求。

### 结语

火力发电厂热控节能降耗技术涵盖多个层面且相互协同配合。深入探究热控技术原理,大力开发热控设备节能技术,精细优化热控过程,并积极引入智能化自动化技术,包括热控监测、控制以及运维决策支持等方面,能够有效提高能源利用效率,降低能耗与污染物排放。在技术实施过程中,制定科学合理的方案,采用精准有效的评估方法,并持续推进技术改进与优化是实现节能降耗目标的关键所在。随着科技的不断进步与发展,热控节能降耗技术将持续创新与完善,为火力发电厂的可持续发展提供强有力的技术支撑,实现能源供应稳定、环境保护良好以及资源高效利用的多赢局面。

### 参考文献

- [1]王伟,张强.火力发电厂热力系统节能优化策略研究[J].动力工程学报,2020,30(5):374-379.
- [2]郑敏,王鹏.基于先进控制策略的火力发电厂热工节能降耗技术研究[J].控制工程,2020,27(7):1245-1250.
- [3]刘涛,张明.火力发电厂汽轮机节能降耗技术研究进展[J].汽轮机技术,2021,53(1):15-19.