

发电厂锅炉节能降耗技术在电气工程中的实践与效果评估

曹洪彬 耿祥勇 赵太俊

临沂市阳光热力有限公司 山东 临沂 276000

摘要: 发电厂锅炉作为能源转换核心设备,其节能降耗技术对降低企业成本、缓解能源压力及推动工业可持续发展意义重大。本文通过电气工程优化控制系统、燃烧调节、余热回收及智能监测等技术,实现热效率提升、辅机能耗降低及污染物减排。系统运行稳定性增强,能源利用路径更清晰,设备抗干扰能力提升,综合效益显著,为工业低碳转型提供坚实技术支撑。

关键词: 发电厂锅炉节能降耗技术;电气工程;效果评估

引言:发电厂锅炉是能源转换的关键设备,其节能降耗直接关系企业运营成本与能源供应压力。电气工程技术在锅炉燃烧优化、辅机调速、余热回收及智能控制中发挥核心作用,通过精准参数匹配、动态调整及多设备协同,减少化石能源消耗与污染物排放,推动工业领域向高效、低碳方向转型,契合可持续发展实际需求。

1 发电厂锅炉节能降耗技术在电气工程中的重要性

发电厂锅炉作为能源转换的核心设备,其节能降耗技术在电气工程中占据关键地位;这类技术不仅能直接降低企业运营成本,还能通过减少煤炭、天然气等化石能源消耗,间接缓解能源供应压力,对工业可持续发展意义重大。(1)提升热效率:通过优化锅炉燃烧系统,如调整燃料与空气配比、改进炉膛结构设计,可使燃料燃烧更充分,减少未燃尽碳损失,例如某电厂改造后,锅炉热效率提升3%,年节约标准煤超万吨,直接降低生产成本。(2)降低辅机能耗:锅炉配套的引风机、给水泵等辅机设备耗电占比偏高,是锅炉系统能源消耗的重要组成部分;采用变频调速技术后,可根据锅炉实际运行负荷动态调整电机转速,实现辅机运行功率与负荷需求的精准匹配,有效降低无效能耗,辅机能耗可降低15%至20%,节能成效突出。(3)减少污染物排放:节能技术往往与环保措施同步推进;通过低氮燃烧器改造、烟气余热回收装置加装,既能减少氮氧化物、二氧化硫等有害气体排放,又能利用废热发电或供热,实现“节能+减排”双赢。这类技术的实践需结合电气工程中的自动化控制、电力电子等技术,比如智能控制系统可实时采集锅炉运行数据,通过算法优化燃烧参数;电力电子技术则能实现辅机设备的精准调速,避免能量浪费。从实际效果看,锅炉节能降耗技术不仅能为企业带来经济效益,更能推动整个工业领域向低碳、高效方向转型^[1]。随着技术迭代,未来这类技术在电气工程中的融合应用将更深入,为能

源结构优化提供更坚实的支撑。

2 发电厂锅炉节能降耗技术在电气工程中的实践应用

2.1 电气控制系统优化技术应用

发电厂锅炉运行中,电气控制系统优化技术通过精准调节设备参数,实现能耗的有效降低;这种技术并非依赖单一手段,而是从多维度切入,让锅炉运行更贴合实际需求,减少能源浪费。(1)实时监测与动态调整:通过安装传感器和智能仪表,实时采集锅炉温度、压力、流量等数据,采集精度达 $\pm 0.5\%$,并根据负荷变化动态调整电气控制参数,比如当锅炉负荷从100%降至60%时,系统会自动减少燃料供应和鼓风量,避免“大马拉小车”式的无效能耗。(2)智能算法优化控制策略:采用模糊控制或神经网络等先进算法,对锅炉燃烧过程进行智能优化;这些算法能根据历史数据和实时反馈,自动调整燃烧器的喷油量、配风比例等参数,使燃料燃烧更充分,未燃尽碳损失降低至0.8%以下。(3)设备协同与能效提升:协调锅炉、汽轮机、发电机等设备的运行状态,通过电气控制系统实现设备间的协同工作,比如在锅炉负荷变化时,系统会同步调整汽轮机的进气量和发电机的输出功率,确保整个发电流程的能效最大化。这些优化措施不仅降低了锅炉的能耗,还提升了整体系统的稳定性和运行效率。

2.2 燃烧过程电气调节技术应用

燃烧过程电气调节技术直接作用于燃料与空气的混合环节,通过电气手段实现精准控制,减少燃烧不充分带来的能耗损失;这种技术不依赖复杂模型,而是通过实时参数调整优化燃烧状态。在具体操作中,电气系统会根据锅炉负荷变化动态调整燃料供给速度和鼓风量,确保燃料与空气的比例始终处于最佳状态,例如当锅炉负荷增加时,系统会同步增加燃料和空气供给,避免因缺氧导致的燃烧不充分;当负荷降低时,系统会减少供

给量,防止过量空气带走热量。这种实时调整机制不仅提升了燃烧效率,还减少了因燃烧不充分产生的积灰和结焦问题,降低了设备维护频率;同时,电气控制技术的应用减少了人工干预需求,人工操作量减少60%,让燃烧过程更稳定可靠^[2]。通过直接的电气控制手段,燃烧过程电气调节技术有效提升了能源利用效率,减少了能源浪费,为发电厂节能降耗提供了切实可行的技术路径,符合工业场景对效率与稳定性的实际需求。

2.3 余热回收电气集成技术应用

余热回收电气集成技术聚焦锅炉排放废热的再利用,通过电气工程将废弃热量转化为可用能源;从实际需求出发,解决能源浪费问题。(1)热交换器精准匹配:根据锅炉运行参数定制热交换器,确保废热与回收介质的温度差控制在合理范围,提升热能回收效率,比如针对高温烟气采用耐高温材质的热交换器,延长设备寿命。(2)电气系统智能调度:将余热回收装置与锅炉主控系统联动,通过电气信号实时调整回收功率;当锅炉负荷波动时,系统自动调节余热回收量,避免因回收过量导致主设备运行异常。(3)数据驱动优化策略:通过长期运行数据积累,建立余热回收能效模型;电气系统根据模型预测不同工况下的最优回收参数,持续优化能源利用效率,减少人为干预带来的误差。这项技术实施后,锅炉综合能效提升明显,废热排放温度降低,同时减少了冷却水等辅助资源的消耗。结合实际应用成效来看,余热回收电气集成技术可通过量化数据直观体现节能价值,既有效提升能源利用率、降低能源浪费,又兼顾环保减排与成本控制,为发电厂节能降耗提供了切实可行的技术支持,契合工业场景对经济性与环保性的核心要求。

2.4 智能监测与自动控制技术应用

智能监测与自动控制技术是锅炉节能降耗的核心支撑,智能监测通过部署传感器网络,实时捕捉锅炉关键部位运行参数,实现运行状态感知。这些参数传输至自动控制系统,系统根据预设逻辑快速判断运行状态,并作出调整指令,比如当监测到炉膛温度异常波动时,系统会立即调整燃料供给速度和鼓风量,避免因参数偏差导致的能耗增加。自动控制技术强调“即测即调”的实时性,减少人为干预,例如在锅炉负荷突然变化时,系统能迅速响应,通过调整汽包水位、过热器蒸汽温度等参数,确保锅炉始终运行在安全高效的区间内。这种快速响应能力不仅降低了能耗,还减少了设备因参数波动产生的磨损,设备磨损量减少30%,延长了设备使用寿命。智能监测与自动控制技术的结合,让锅炉运行从“被动调整”转向“主动优化”;它不依赖复杂算法或长期数

据,而是通过实时参数反馈和快速控制逻辑,解决运行中的能耗问题^[3]。这种技术应用后,锅炉运行稳定性提升,能耗波动范围缩小至 $\pm 2\%$ 以内,为发电厂节能降耗提供了直接且有效的技术路径,既保障了锅炉长期安全高效运转,也适配了工业生产对节能与可靠运行的核心诉求。

3 发电厂锅炉节能降耗技术在电气工程中的效果评估

3.1 能源利用效率评估

能源利用效率的提升,直接体现在锅炉运行过程中能源转换的实际效果上;这种提升不依赖抽象概念,而是通过具体技术手段实现能耗的有效控制,比如优化燃料燃烧路径和热能传递效率。(1)热能梯级利用强化:通过调整锅炉内部热交换流程,让高温烟气先加热给水,再加热空气,最后用于预热燃料,实现热能的多级利用,减少热能直接散失;这种流程调整不依赖复杂设备,而是通过电气控制系统调整阀门开度和介质流向实现。(2)设备运行参数精准匹配:根据锅炉实际负荷动态调整燃料供给量、鼓风量和引风量,确保燃烧过程始终处于最佳空燃比状态;这种调整不需要人工频繁干预,而是由电气控制系统根据实时参数自动完成,减少因参数偏差导致的能源浪费。(3)能耗波动范围收窄:通过智能监测与自动控制技术的协同作用,锅炉运行过程中的能耗波动范围明显缩小,运行状态更稳定;这种稳定性提升不仅降低了单位能耗,还减少了设备因频繁调整产生的额外损耗,延长了设备使用寿命。这些措施共同作用,让锅炉能源利用效率得到实质性提升,为发电厂节能降耗提供了可感知的技术效果,切实满足了电力生产环节对能效优化与经济运行的现实要求。

3.2 设备运行稳定性评估

设备运行稳定性评估聚焦锅炉在不同工况下的持续可靠运行能力,这种评估不依赖抽象指标,而是通过电气工程技术的实际应用效果来体现,比如智能监测系统对设备状态的实时跟踪能力。在运行过程中,自动控制系统扮演着关键角色,它能够根据锅炉负荷变化快速调整燃料供给、鼓风量等参数,确保设备始终运行在安全区间内,减少因参数波动引发的故障风险;这种快速响应机制让锅炉在应对负荷突变时更从容,避免因调整延迟导致的能耗增加或设备损耗。电气工程技术的应用还提升了设备的抗干扰能力,当外部因素如电网波动、燃料质量变化影响锅炉运行时,系统能迅速识别干扰源并作出调整,保持运行状态稳定;这种能力减少了设备因干扰产生的额外损耗,设备故障率降低40%,延长了设备使用寿命^[4]。通过这些技术手段,锅炉设备运行稳定性得到实质性提升,这种提升不仅体现在故障率的降低,还

体现在设备维护周期的延长和运行成本的减少,为发电厂持续高效运行提供了可靠保障,有力支撑了工业生产场景下设备长周期、高可靠运转的核心诉求。

3.3 系统整体性能评估

系统整体性能评估聚焦电气工程技术在锅炉节能降耗中的综合效果,这种效果体现在多维度协同优化而非单一指标提升;技术实施后,锅炉系统在能效、稳定性和协同性上均呈现积极变化,符合工业场景对高效可靠运行的核心需求。(1)设备联动控制优化:通过电气控制系统实现锅炉、汽轮机、发电机的参数联动,比如锅炉负荷变化时同步调整汽轮机进气量和发电机输出功率,减少各设备间运行冲突,提升整体运行效率。(2)能效提升路径清晰:从燃料燃烧优化到热能回收利用,再到设备运行参数调整,形成完整节能链条,每个环节的技术应用均直接贡献于能效提升,各环节环环相扣、协同增效,有效保障整体节能成效。(3)运行成本有效管控:智能监测与自动控制技术减少人工干预需求,降低设备维护成本和能耗成本;同时,设备使用寿命延长,形成可持续的节能降耗模式,避免短期收益后的性能衰减。这些技术手段的协同运用,推动锅炉系统在能效、运行平稳度及设备配合度上实现全面进阶;既达成了降低能源消耗的核心目标,又强化了系统抗干扰能力和持续运行能力,为发电厂长期稳定生产注入可靠技术保障,切实满足工业生产对系统综合效能的实际要求。

3.4 技术应用综合效益评估

技术应用综合效益评估关注电气工程技术在锅炉节能降耗中的整体价值体现;这种价值不仅体现在能耗降低,还渗透到运行成本、设备寿命及系统协同等多个维度,形成多维度的实际收益。(1)在成本层面,智能监测与自动控制技术减少了人工干预需求,直接降低人力成本;同时,设备运行参数的精准匹配减少了燃料浪费和设备损耗,间接降低了维护成本和材料消耗,形成可

持续的成本控制模式。(2)设备层面,电气工程技术的应用延长了关键设备的使用寿命,通过减少参数波动和频繁调整,设备磨损速度减缓,维护周期延长,减少了因设备更换或大修产生的额外支出。(3)系统层面,多设备联动控制优化了整体运行效率。锅炉、汽轮机、发电机等设备的协同工作减少了运行冲突,提升了系统抗干扰能力,确保在负荷变化或外部干扰下仍能保持稳定高效运行^[5]。这些效益共同作用,推动发电厂在节能降耗的同时实现经济性与可靠性的平衡,为工业场景提供了可复制的技术应用路径,助力发电厂实现绿色生产与高效运营的双重发展目标。

结束语:未来,发电厂锅炉节能降耗技术将与电气工程深度融合,推动能源结构优化。智能控制算法、电力电子技术及余热回收系统将更高效协同,实现能效持续提升与排放进一步减少。设备运行稳定性与系统抗干扰能力增强,为长期稳定生产提供保障,助力绿色生产与高效运营目标实现,推动工业领域向低碳未来迈进。

参考文献:

- [1]胡振应.基于电气自动化技术的火力发电厂节能降耗研究[J].中文科技期刊数据库(文摘版)工程技术,2025(10):056-059.
- [2]丁海波.垃圾焚烧发电厂厂用电率影响因素及节能降耗技术研究[J].技术与市场,2025,32(9):58-62+67.
- [3]彭磊.发电厂锅炉节能降耗技术在电气工程中的实践与效果评估[J].中国科技期刊数据库工业A,2024(3):0119-0122.
- [4]陶海飞.发电厂锅炉节能降耗技术在电气工程中的实践与效果研究[J].中文科技期刊数据库(文摘版)工程技术,2024(12):210-213.
- [5]赵文超.火力发电厂电气节能降耗的问题与技术措施探析[J].中文科技期刊数据库(全文版)工程技术,2022(1):117-119.