

面向碳中和目标的火电厂集控运行节能降耗技术研究

万世成

宁夏银星发电有限责任公司 银川 灵武 750400

摘要: 火电厂集控运行是影响其能耗与碳排放的关键因素, 通过优化运行参数、设备协同控制及能源回收利用等节能降耗技术, 可提升能源利用效率。实施策略包括基于实时数据的动态参数调控、全系统协同优化控制及二次能源回收协同调控。这些技术成效显著, 在能耗指标上, 单位发电量煤耗可降 10 - 30g/kWh; 碳排放强度显著降低, 助力低碳转型; 运行稳定性也大幅提升, 降低设备故障率与系统不稳定风险, 减少经济损失, 为电网稳定运行提供保障, 推动火电厂绿色发展。

关键词: 碳中和; 火电厂; 集控运行; 节能降耗; 技术研究

引言: 在全球能源紧张与“双碳”目标背景下, 火电厂节能降耗与低碳转型迫在眉睫。火电厂集控运行作为全生产流程监控与调控的核心, 其运行状态与能耗、碳排放紧密相连, 是影响二者的重要因素。集控运行涵盖运行参数优化、设备协同控制、能源回收利用等核心节能降耗技术, 通过基于实时数据的动态调控、全系统协同优化控制、二次能源回收协同调控等策略实施, 在能耗指标优化、碳排放控制、运行稳定性提升等方面成效显著, 为火电厂绿色发展提供有力支撑。

1 火电厂集控运行与能耗、碳排放的关联机制

火电厂集控运行是以集中控制系统作为核心枢纽, 对锅炉燃烧、汽轮机发电、热力循环以及辅助系统等全生产流程展开实时且精准的监控与操作调控。其运行状态与火电厂的能源利用效率以及碳排放水平紧密相连, 是影响二者的重要因素。

从能耗构成层面深入剖析, 火电厂的能源消耗涵盖多个方面。其中, 化石燃料燃烧消耗占据主导地位, 是能源消耗的大头; 辅助设备电能消耗也不容忽视, 各类辅助设备的运转均需电能支持; 热力损耗同样会造成能源的浪费。在这些能耗因素中, 锅炉燃烧效率、汽轮机热效率以及热力循环效率是影响能耗的核心关键。集控运行通过对燃烧参数, 如燃料量、风量、风温等的精准调控, 对蒸汽参数, 像蒸汽压力、温度等的合理把控, 以及对设备负荷的科学分配等关键指标的精细管理, 能够实现各系统之间的高效协同运作, 最大程度减少能源在各个环节的浪费。反之, 若运行参数出现失衡、设备协同配合不畅, 就会导致燃料燃烧不充分, 产生大量未燃尽的碳, 同时热力损耗也会显著增加, 进而提升单位发电量的能耗水平, 碳排放强度也会随之升高。

从碳排放机理来讲, 火电厂的碳排放主要源自化石

燃料燃烧过程中产生的二氧化碳。能耗与碳排放之间呈现出显著的正相关关系, 这意味着单位发电量能耗的降低, 必然会带来碳排放总量的减少。所以, 集控运行作为连接设备运行与能耗控制的关键纽带, 其技术优化对于实现火电厂节能降耗与低碳运行而言, 是核心的突破口与关键路径^[1]。

2 集控运行中的核心节能降耗技术原理

2.1 运行参数优化技术原理

运行参数优化是集控运行节能降耗的基础, 其核心原理是基于火电厂生产系统的热力学特性和设备运行规律, 确定各环节的最优运行参数区间, 实现能源利用效率最大化。(1) 火电厂的关键运行参数包括锅炉的过量空气系数、煤粉细度、燃烧温度, 汽轮机的主蒸汽压力、主蒸汽温度、排汽压力, 以及热力循环系统的给水温度、凝结水温度等。(2) 过量空气系数直接影响锅炉燃烧效率, 系数过高会导致排烟热损失增加, 系数过低则会造成燃料燃烧不充分, 通过集控系统实时监测烟气成分, 调整送风量, 可将过量空气系数控制在最优范围; 主蒸汽压力和温度的优化需结合汽轮机的设计参数和负荷需求, 在设备安全运行的前提下, 提高主蒸汽参数能够提升汽轮机的热效率, 减少能源损耗; 给水温度的优化则通过调控高压加热器的运行状态实现, 提高给水温度可降低锅炉的热负荷, 减少燃料消耗。

2.2 设备协同控制技术原理

火电厂生产系统由锅炉、汽轮机、发电机、辅助设备等多个子系统构成, 各子系统之间存在紧密的能量流和物质流关联, 设备协同控制技术的核心是通过集控系统实现各子系统的协调运行, 避免局部优化导致整体效率下降。(1) 锅炉与汽轮机的协同控制是核心环节, 锅炉的出力需与汽轮机的负荷需求精准匹配, 通过集控系

统的负荷分配算法,根据电网负荷指令实时调整锅炉燃料供给量和汽轮机调门开度,确保蒸汽产量与发电负荷的动态平衡,减少因负荷波动导致的能耗增加;(2)辅助设备与主设备的协同控制同样重要,引风机、送风机、给水泵等辅助设备的运行负荷需根据主设备的运行状态进行动态调控,避免辅助设备长期处于高负荷空转状态,降低辅助系统的电能消耗;此外,热力循环系统中各加热器、冷凝器、除氧器等设备的协同运行,能够减少热力损耗,提升循环效率,进一步降低整体能耗^[2]。

2.3 能源回收利用技术原理

在火电厂的生产运营流程中,会产生数量可观的余热、余压等二次能源。能源回收利用技术凭借集控系统的统筹调控作用,将这些原本可能被浪费的二次能源高效转化为可用能量,达成能源的梯级利用,进而有效减少一次能源的消耗。(1)排烟余热回收是能源回收利用的关键方向之一。通常情况下,锅炉排烟温度处于120-150℃区间,其中蕴含着大量的热能。集控系统能够精准控制余热回收装置的运行状态,依据实际生产需求,将排烟余热灵活应用于加热锅炉给水、预热燃烧空气,或是供应工业用热等方面,以此降低锅炉的燃料消耗量。

(2)汽轮机排汽余热回收也至关重要。通过集控系统对冷凝器运行参数进行优化调整,能够提高凝结水温度,最大程度减少热力循环过程中的冷源损失,提升热力循环效率。(3)厂用电余热、设备散热等看似微小的能源,同样可借助集控系统进行统一调度,将它们合理纳入余热利用体系之中,进一步挖掘能源利用潜力,全方位提升火电厂的能源利用效率。

3 集控运行节能降耗的优化实施策略

3.1 基于实时数据的动态参数调控策略

在集控运行节能降耗工作中,实施基于实时数据的动态参数调控策略是关键一环,其核心在于依托实时数据采集与分析构建高效的动态调控机制。(1),需在火电厂各关键设备和系统广泛布置高精度传感器,实时、精准地采集燃烧效率、蒸汽参数、能耗指标以及烟气成分等关键数据。这些数据传输至集控系统的数据分析模块后,会接受实时处理与异常识别,为后续调控提供可靠依据。(2)基于预设的最优参数模型和丰富的历史运行数据,建立科学合理的动态参数调整算法。该算法能够敏锐感知电网负荷变化、燃料品质波动等外部因素,并据此实时调整各环节运行参数,确保整个系统始终维持在最优运行状态。(3)还需建立完善的参数调控反馈机制。通过持续监测能耗和排放指标的变化,对参数调整效果进行实时评估,一旦发现偏差,及时修正调控策

略,形成“数据采集-分析-调控-反馈”的闭环管理模式,保障节能降耗效果。

3.2 全系统协同优化控制策略

全系统协同优化控制策略作为集控运行节能降耗的重要举措,以追求整体能耗最低为根本目标,致力于打破各子系统独立控制的传统模式,达成全局的协同运作。(1)在负荷分配环节,集控系统会充分考量各机组的效率特性与实时运行状态,精心制定最优负荷分配方案。如此一来,可有效规避部分机组超负荷运转、部分机组低负荷低效运行的弊端,大幅提升整体运行效率。

(2)设备启停控制方面,集控系统会依据电网负荷需求以及设备运行效率曲线,对设备启停顺序和时间进行优化,最大程度减少设备启停过程中产生的能耗损失。

(3)辅助系统调控上,将辅助设备运行状态与主设备运行参数紧密联动,构建辅助设备负荷与主设备负荷的匹配模型,实现辅助设备的精准调控,降低辅助系统能耗。此外,集控系统还能对燃料供应、燃烧过程、热力循环、发电输出等全流程进行协同调控,保障各环节紧密衔接、顺畅运行,有效减少能量损耗^[3]。

3.3 二次能源回收协同调控策略

二次能源回收协同调控策略对于提升火电厂能源利用效率、实现节能降耗目标至关重要,其高效实施关键在于借助集控系统达成回收装置与主生产系统的紧密协同调控。(1)在排烟余热回收方面,集控系统犹如精准的“指挥官”,实时采集锅炉排烟温度、给水温度、热负荷需求等关键数据。依据这些数据,动态调整余热回收装置的投入比例和运行参数,在确保余热回收效率达到最大化的同时,避免对锅炉燃烧稳定性产生不良影响,保障锅炉安全稳定运行。(2)针对汽轮机排汽余热利用,集控系统通过优化冷凝器的冷却水量和冷却温度,在维持汽轮机排汽压力稳定的基础上,有效提高凝结水温度,为热力循环提供更多高品质的可用能量,提升热力循环效率。(3)建立科学合理的二次能源回收优先级机制也必不可少。集控系统根据能源品质和利用价值,合理分配二次能源的利用方向,优先满足电厂内部用能需求,剩余部分则对外供应,从而实现能源利用效益的最大化。

4 集控运行节能降耗技术的应用效果分析

4.1 能耗指标优化效果

集控运行节能降耗技术在火电厂的应用,在能耗指标优化方面成效显著。(1)在关键设备效率提升上,凭借对运行参数的精准优化,锅炉燃烧得以更充分,燃烧效率可提升1%-3%;汽轮机热效率也能提高0.5%-

2%，使得蒸汽做功能力增强；热力循环效率提升 1% - 2.5%，让热能在循环过程中得到更高效利用，直接减少了化石燃料的消耗。（2）设备协同控制技术的运用，有效解决了各系统间的不协调问题，减少了因系统冲突导致的能耗损失，辅助系统电能消耗可降低 5% - 10%。

（3）二次能源回收利用技术则进一步挖掘了能源利用潜力，将排烟余热、排汽余热等二次能源的回收利用率提升至 30% - 50%，大幅减少了一次能源的使用。综合这些技术的综合应用，火电厂单位发电量煤耗可降低 10 - 30g/kWh，能源利用效率得到显著提升，为火电厂的节能降耗工作提供了有力支撑。

4.2 碳排放控制效果

在火电厂的运营中，碳排放与能耗之间存在着紧密且明确的正相关关系，能耗的降低必然直接促使碳排放相应减少。相关研究表明，单位发电量煤耗每降低 10g/kWh，依据标准煤碳排放系数进行精确计算，对应的单位发电量二氧化碳排放量可减少约 26kg/MWh。以一座年发电量达 100 亿 kWh 的火电厂为例，在全面实施集控运行节能降耗技术后，按照单位发电量煤耗降低 10 - 30g/kWh 来推算，每年可减少二氧化碳排放量高达 26 万 - 78 万吨，碳排放强度得到极为显著的降低，这为火电厂顺利实现低碳转型目标提供了坚实且有效的支撑。此外，集控运行节能降耗技术的应用意义不仅局限于碳排放控制，它还通过减少化石燃料的消耗，间接降低了二氧化硫、氮氧化物等污染物的排放量，真正达成了环保效益与低碳效益的协同提升，助力火电厂走上绿色、可持续的发展道路。

4.3 运行稳定性提升效果

集控运行节能降耗技术在火电厂的应用，在提升运行稳定性方面成效斐然。（1）该技术借助实时数据监测与动态参数调控功能，集控系统如同敏锐的“哨兵”，能迅速捕捉设备运行中的细微异常状态。一旦发现潜

在问题，即可提前发出预警，并精准采取调控措施，将故障隐患扼杀在萌芽状态，大幅降低设备故障发生率。

（2）设备协同控制技术发挥着关键作用，它巧妙协调各子系统间的运行，避免了因各自为政产生的冲突，有效降低了因负荷波动、参数失衡引发的系统不稳定风险，让整个生产流程如行云流水般顺畅。（3）二次能源回收装置与主系统的协同调控也至关重要，它保障了回收过程不会对主生产系统造成干扰，进一步夯实了整体运行的稳定性和可靠性基础。运行稳定性的提升意义重大，既能减少非计划停机带来的经济损失，又能为电网的安全稳定运行筑牢坚实屏障，推动火电厂向高效、稳定、绿色的方向迈进^[4]。

结束语

综上所述，火电厂集控运行与能耗、碳排放关联紧密，集控运行中的核心节能降耗技术原理，从运行参数优化、设备协同控制到能源回收利用，全方位为节能降耗提供支撑。而优化实施策略，如基于实时数据的动态参数调控、全系统协同优化控制以及二次能源回收协同调控，进一步保障了节能降耗效果。这些技术在实际应用中成效显著，不仅优化了能耗指标、有效控制了碳排放，还提升了运行稳定性。火电厂应持续深化集控运行节能降耗技术的应用，不断探索创新，以实现能源高效利用、低碳排放和稳定运行，推动行业绿色可持续发展。

参考文献

- [1]王志超.火电厂集控运行节能降耗措施分析[J].南方农机,2021,52(21):191-193.
- [2]方然.火电厂集控运行节能降耗技术措施分析[J].科技创新与应用,2022,12(08):126-128.
- [3]王斐.火电厂集控运行节能降耗措施分析[J].科技与创新,2021(20):1-2.
- [4]金鹏.火电厂集控运行节能降耗对策[J].现代工业经济和信息化,2020,10(06):73-74.