

火电厂热能动力工程中的节能技术分析

朱广见

云南华电昆明发电有限公司 云南 昆明 650308

摘要: 本文以2×300MW机组为例,剖析其热能动力系统能耗现状,涵盖锅炉、汽轮机、发电机及辅助系统。探讨节能技术,包括锅炉燃烧优化、余热回收、受热面清洁,汽轮机通流改造、参数优化、轴封改进,辅助系统循环水与凝结水优化等。提出节能技术应用、系统优化及人员培训与管理策略,旨在提升机组能效,实现节能降耗。

关键词: 火电厂;热能动力工程;节能技术;2×300MW机组;系统优化

引言:火电厂作为能源供应的重要支柱,其热能动力系统的能耗问题备受关注。2×300MW机组作为常见的发电单元,深入研究其热能动力系统能耗现状意义重大。剖析该机组各核心设备及辅助系统的能耗情况,探讨有效的节能技术,不仅有助于降低发电成本,还能减少能源浪费与环境污染,对推动火电厂可持续发展具有重要作用。

1 2×300MW 机组热能动力系统能耗现状剖析

1.1 机组热能动力系统核心构成

1.1.1 锅炉

锅炉作为整个系统的能量输入端,承担着将燃料中的化学能转化为热能的关键任务。在燃烧过程中,燃料与空气充分混合后燃烧释放热量,加热给水生成高温高压蒸汽。这一环节不仅决定了后续能量转换的基础条件,也对整体系统的热效率具有决定性影响。锅炉的设计结构、燃烧方式以及运行状态都直接关系到能量转换效率的高低。合理的燃烧控制策略有助于提升燃料利用率,减少未燃碳损失,同时降低污染物排放水平。

1.1.2 汽轮机

汽轮机是将锅炉产生的蒸汽热能转化为机械能的核心装置。高温高压蒸汽进入汽轮机后推动叶片旋转,带动转子转动,从而将热能转化为旋转动能。汽轮机在整个系统中处于承上启下的位置,既是锅炉能量输出的承接者,又是驱动发电机的动力来源。其运行效率决定了单位蒸汽做功能力的大小,是影响整机经济性的关键部件之一。优化通流结构和调整蒸汽参数可有效提升汽轮机的整体性能,增强机组出力能力。

1.1.3 发电机

发电机负责将汽轮机输出的机械能进一步转化为可供使用的电能,是整个能量转换链条的终端环节。其内部通过电磁感应原理将旋转运动转化为电流输出。发电机的效率不仅影响电能输出质量,还间接反映整个系统

的能量利用水平。确保发电机高效稳定运行对于提升电厂整体能效至关重要,同时也对电力系统的安全性和经济性具有重要影响。良好的冷却系统和定期维护可保障发电机长期高效运行。

1.2 能耗环节深度解析

1.2.1 锅炉系统能耗因素

锅炉作为能量转换的起点,其运行状态对整个系统的能耗水平起着决定性作用。首先,燃料燃烧问题是影响锅炉效率的重要因素。当燃料与空气混合不均匀或燃烧器设计不合理时,会造成燃烧不完全,导致未燃碳损失增加,降低了燃料的利用率。其次,热损失问题同样不容忽视。排烟热损失是锅炉运行中最大的能量损耗之一,主要由排烟温度过高引起^[1]。锅炉本体保温性能不佳也会造成散热损失,影响整体热效率。最后,预热环节对锅炉能耗也有显著影响。合理的给水预热和空气预热可以提高进水温度和燃烧空气温度,从而提升锅炉热效率。如果预热不足,则无法充分发挥节能效果;而过度预热则可能引发设备过热或材料老化等问题,反而增加维护成本。

1.2.2 汽轮机系统能耗机制

汽轮机的能耗主要来源于内部损失和蒸汽参数配置。其中,漏汽损失和叶轮摩擦损失是影响汽轮机效率的主要内部因素。漏汽损失通常发生在汽封间隙处,蒸汽未能全部用于做功,而是从间隙中泄漏出去,造成能量浪费。叶轮摩擦损失则是由于高速旋转的叶片与蒸汽之间的相互作用引起的,这种损失随转速和蒸汽流量的变化而变化。汽轮机的通流效率与蒸汽参数密切相关。蒸汽初压和初温的提高有助于增强蒸汽做功能力,降低单位发电量的蒸汽消耗量;而背压的降低可以减少排气阻力,提高汽轮机的整体效率。合理调整蒸汽参数是优化汽轮机运行、降低能耗的重要手段。

1.2.3 辅助系统能耗情况

除了主设备外,辅助系统的能耗也不容忽视。循环水泵负责将冷却水输送至凝汽器,以维持汽轮机排汽的冷凝效果。其运行功率较大,尤其在低负荷工况下容易出现“大马拉小车”的现象,造成不必要的能量浪费。凝结水泵则用于将凝汽器中的凝结水输送至除氧器,其运行方式对系统回热效率有直接影响。若泵的调节不合理,可能会导致节流损失增加,影响整体能耗。给水泵的作用是将除氧后的水加压送入锅炉,属于高能耗设备之一。其运行效率受流量调节方式和泵组配置的影响较大,合理控制给水泵的运行策略对降低厂用电率具有重要意义。这些辅助设备虽然不直接参与主能量转换过程,但它们的运行状态对整个系统的能耗水平有着不可忽视的影响。

2 2×300MW 机组热能动力工程节能技术探讨

2.1 锅炉节能技术

2.1.1 燃烧优化技术原理与应用

燃料燃烧过程是锅炉能量转换的基础环节,燃烧状态的好坏直接决定热效率的高低。通过合理调整燃料与空气的配比,使燃烧更加充分,可有效减少未燃碳损失和不完全燃烧带来的能量浪费。燃烧器结构的改进也能提升燃烧稳定性,增强火焰分布均匀性,从而提高热量释放效率。例如,采用分级燃烧或旋流燃烧等新型燃烧方式,有助于改善燃料与空气的混合效果,延长燃烧时间,进一步提升燃烧效率。

2.1.2 余热回收利用技术原理与效果

在锅炉运行过程中,烟气中仍携带大量未被利用的热量,若直接排放将造成显著的能量浪费。安装省煤器、空气预热器等烟气余热回收装置,成为提升锅炉整体效率的重要手段。这些装置通过将烟气中的热量用于加热给水或燃烧空气,不仅降低了排烟温度,还提高了进入炉膛的介质温度,从而减少了燃料消耗^[2]。这种余热回收方式能够有效提升锅炉热效率,同时也有助于降低冷却负荷和环境热污染。

2.1.3 锅炉受热面清洁技术原理与作用

锅炉受热面积灰和结渣会严重影响传热效率,导致排烟温度升高、燃料消耗增加。为维持高效运行,必须定期清除积灰和结渣。吹灰器是一种常见的在线清灰装置,通过喷射高压蒸汽或空气冲击受热面,去除附着物,保持传热表面清洁。除焦剂则通过化学反应降低灰分熔点,防止结渣形成。这些清洁技术的应用有助于提升锅炉换热能力,降低排烟损失,从而实现节能目标。

2.2 汽轮机节能技术

2.2.1 汽轮机通流部分改造技术原理与成效

汽轮机内部叶片和隔板的结构设计决定了蒸汽流动路径和做功能力。随着运行时间增长,原有通流结构可能无法满足高效运行需求。通过对关键部件进行优化设计,如采用新型叶型、优化流通截面等方式,可以有效减少蒸汽流动阻力,提高通流效率。这种改造方式不仅能降低内部损失,还能提升汽轮机的整体出力,延长设备使用寿命,是提升机组经济性的有效手段。

2.2.2 汽轮机蒸汽参数优化技术原理与要点

蒸汽参数的设定直接影响汽轮机的做功能力和效率。提高蒸汽初压和初温可增强蒸汽做功潜力,而降低背压则有助于减少排气损失。在实际操作中,需结合设备承受能力和运行条件,合理调整蒸汽参数配置。同时应加强监测与调节,确保参数变化不会对设备安全造成影响。通过科学的蒸汽参数管理,可以在保障运行安全的前提下,实现更高效的能量转换。

2.2.3 汽轮机轴封系统改进技术原理与应用

轴封系统的主要作用是防止蒸汽从汽轮机转子与壳体之间的间隙泄漏。若密封不良,会导致蒸汽外泄,造成能量损失,并可能影响真空度,进而降低机组效率。改进轴封结构,如采用多级迷宫式密封或自适应密封材料,有助于减少漏汽量。合理调整轴封供汽压力和温度,也可提升密封效果,减少不必要的能量流失。

2.3 辅助系统节能技术

2.3.1 循环水系统优化技术原理与措施

循环水泵负责向凝汽器提供冷却水源,维持汽轮机排汽的冷凝效果。由于其运行功率较大,若运行方式不合理,容易造成能源浪费。采用变频调速技术可根据机组负荷变化动态调节水泵转速,在保证冷却效果的同时降低电耗^[3]。还可通过水力平衡调整优化管路系统阻力分布,提升系统运行效率。冷却塔的运行状态也需关注,定期清理填料、调整风机运行频率,有助于提升冷却效率,减少循环水泵负载。

2.3.2 凝结水系统节能技术原理与应用

凝结水泵的作用是将凝汽器中的凝结水输送至除氧器,其运行方式直接影响回热系统的热效率。通过采用变频控制技术,根据实际用水需求调节泵的输出流量,可避免节流损失,实现节能运行。合理设置再循环管道,可在低负荷工况下维持泵的稳定运行,防止汽蚀现象发生。另一方面,凝结水的回收利用也是节能的重要方向。将部分凝结水重新引入系统循环使用,不仅能减少补水需求,还能充分利用其残余热量,降低整体能耗。

3 2×300MW 机组节能技术应用与优化策略

3.1 节能技术应用策略

3.1.1 技术选择与匹配

节能技术的选择需以机组实际运行状况为基础。对于锅炉热效率较低、排烟温度偏高的机组,优先考虑余热回收利用技术与受热面清洁技术。余热回收装置可降低排烟温度,回收热量用于加热给水或空气;受热面清洁技术能消除积灰结渣,提升传热效率,二者协同作用可显著改善锅炉性能。若汽轮机存在内部漏汽损失大、通流效率低的问题,则适配通流部分改造技术与轴封系统改进技术,改造叶片与隔板、优化轴封结构,减少能量损耗。不同技术间需相互协调,如燃烧优化技术提升燃料利用率后,余热回收技术可进一步挖掘剩余热量价值,避免技术应用冲突,确保整体节能效果最大化。

3.1.2 实施步骤与计划

节能技术应用遵循分步推进原则。前期开展机组能耗全面诊断,通过检测设备运行参数、分析能耗分布,明确节能重点与方向。中期制定详细施工方案,如汽轮机通流部分改造,需规划停机时间、部件更换顺序、质量检测节点;锅炉燃烧器改造时,安排好燃料与空气配比调试流程。后期进行技术效果评估,持续监测改造后机组热效率、煤耗率等指标,对比预期目标,及时调整优化。整个实施过程设定阶段性目标,如首月完成技术方案设计,季度内完成关键设备改造,半年实现节能效果稳定,保障节能技术高效落地。

3.2 系统优化策略

3.2.1 运行参数优化

运行参数优化是提升机组热效率的重要途径。在蒸汽参数方面,应在设备材料允许范围内,适当提高蒸汽初压和初温,以增大蒸汽焓降,增强汽轮机做功能力;合理降低排汽背压,延长蒸汽膨胀过程,从而提高循环热效率。给水温度的调节应兼顾锅炉与汽轮机的运行工况,通过优化预热流程,提升进入锅炉的水温,减少燃料消耗。辅助系统的运行也需动态调整,如根据机组负荷变化调节循环水泵转速和凝结水泵流量,避免设备空转造成的能量浪费,实现系统整体运行能耗的最优化。

3.2.2 设备维护与管理

设备维护管理是节能技术长效运行的保障。建立定期巡检制度,对锅炉受热面、汽轮机通流部件、辅助系统设备等进行外观检查、性能检测,及时发现积灰、磨损、泄漏等问题并处理^[4]。制定设备维护标准,明确各部件维护周期、维护内容与质量要求,如锅炉吹灰器每周定时启动清理受热面,汽轮机轴封系统每月检查密封

性能。针对故障设备,建立快速响应机制,缩短维修时间,减少因设备故障导致的能耗增加,确保节能技术持续稳定发挥作用。

3.3 人员培训与管理策略

3.3.1 人员培训内容与方式

人员培训聚焦节能技术实操与理论提升。培训内容涵盖节能技术原理,如讲解汽轮机通流部分改造的流体力学原理、锅炉余热回收装置的传热机理;操作规范方面,教授设备改造安装步骤、运行参数调整方法;案例分析则选取同类机组节能改造成功与失败案例,总结经验教训。培训方式采用理论授课结合现场实操,邀请技术专家进行理论讲解,安排技术人员在设备改造现场实践操作,通过模拟故障处理、参数调试等环节,提升人员专业技能,确保节能技术正确应用。

3.3.2 管理制度完善

完善节能管理制度需构建科学体系。建立节能目标责任制,将节能指标分解到部门与个人,明确岗位职责。制定考核评价机制,从技术应用效果、设备运行能耗、参数优化程度等维度对人员进行量化考核。设立奖惩制度,对节能表现突出的人员给予奖励,对未达标的进行督促整改。鼓励人员提出节能改进建议,定期开展节能技术研讨交流,促进经验共享与技术创新,推动节能技术持续优化升级。

结束语

本文围绕2×300MW机组热动力工程,全面剖析能耗现状,深入探讨节能技术并给出应用与优化策略。从锅炉、汽轮机到辅助系统,节能技术涵盖多个环节。通过合理选择与应用节能技术,优化运行参数,加强设备维护与管理以及人员培训,可有效提升机组能效。未来,需持续关注技术发展,不断优化节能措施,推动火电厂节能工作迈向新高度。

参考文献

- [1]史圻.火电厂热动力工程中的节能技术分析[J].电子技术,2023,52(03):214-215.
- [2]郭红刚.火电厂热能与动力工程中的节能技术探讨[J].现代工业经济和信息化,2022,12(10):46-48.
- [3]王鑫华.火电厂中热能与动力工程的改进方向[J].科技创新与应用,2023,11(15):129-131.
- [4]王克新,苗西磊.火电厂热动力工程中的节能技术分析[J].城市情报,2024,(04):176-177.