

火力发电厂脱硫除灰超净改造后节能降耗分析

邬文军

内蒙古上都发电有限责任公司 内蒙古 锡林郭勒盟 027200

摘要：火力发电厂脱硫除灰超净改造是实现节能降耗的关键举措，其技术体系聚焦脱硫与除灰系统核心环节，包含吸收塔结构优化、浆液循环系统升级、除尘设备高效化改造等关键内容。基于能量平衡等理论构建综合评价指标体系，从设备运行节能、工艺参数优化、系统整体成效等维度开展分析。结果显示，改造后脱硫与除灰系统主要耗能设备能耗降幅明显，运行参数调控空间进一步拓展，整体节能效益具备明确量化依据，为电力行业同类改造工程提供技术参考。

关键词：火力发电厂；脱硫除灰；超净改造；节能降耗；量化分析

引言：在环保要求日益严格的当下，火力发电厂脱硫除灰超净改造成为必然趋势。改造不仅能满足超净排放标准，还能在节能降耗方面发挥重要作用。深入分析超净改造后的节能降耗情况，有助于火力发电厂优化运行，降低生产成本，提升能源利用效率，实现环保与经济效益的双赢。

1 脱硫除灰超净改造核心技术方向

1.1 脱硫系统超净改造技术路径

吸收塔优化聚焦喷淋层改造与除雾器升级。喷淋层采用高效雾化喷嘴，提升浆液与烟气接触面积，让反应更充分。除雾器选用高效波形板，强化对细小液滴的捕集能力，减少雾滴携带造成的二次污染。浆液循环系统改进从泵型与管路两方面着手^[1]。更换为高效节能泵，降低运行功耗的同时提升循环效率。管路采用大曲率弯头并优化走向，减少浆液流动阻力，避免管路堵塞问题频繁出现。氧化风系统增效通过风机选型与布风方式调整实现。升级后的风机风压更稳定，供风效率显著提高。布风装置采用多孔曝气设计，将氧化风均匀分布至浆液底部，确保浆液氧化反应彻底，提升脱硫效率。副产品处理系统优化以石膏脱水工艺为核心。引入真空皮带脱水机升级技术，调整滤布材质与运行参数，提高石膏含水率控制精度，产出的石膏品质更优，满足后续综合利用需求。

1.2 除灰系统超净改造技术路径

电除尘器升级重点优化电场结构与供电电源。重构电场内部极线与极板布置，缩小极间距以增强电场强度。采用高频高压供电电源，提升对细微粉尘的荷电效率，强化捕集效果。积极应用袋式与电袋复合除尘技术。袋式除尘选用新型覆膜滤料，过滤精度大幅提升；电袋复合除尘结合电场预荷电与滤料过滤优势，实现对不同粒径

粉尘的高效捕集，除尘效率稳定在更高水平。输灰系统改进围绕浓相输灰优化与风机节能改造。优化浓相输灰的气灰配比与输送压力，减少输送过程中的堵管现象。对风机进行变频改造，根据输灰量动态调整转速，降低能源消耗。灰库及辅助系统优化注重存储安全性与运维便捷性。升级灰库的料位监测与报警系统，防止灰位过高引发安全问题。改进灰库卸灰装置，减少卸灰过程中的扬尘污染，提升运维工作效率。

1.3 改造后系统集成特性与能耗关联点

改造后系统呈现多模块协同运作的集成特性，各子系统不再孤立运行，通过数据交互实现工况联动调整。脱硫系统与除灰系统的运行参数相互匹配，当烟气量波动时，两个系统同步调整处理能力，确保出口污染物排放稳定达标。系统集成特性与能耗存在紧密关联，高效的集成控制能避免单一系统过度运行造成的能源浪费。例如，脱硫系统浆液循环量根据除灰系统处理后的烟气含尘量动态调整，在保证脱硫效果的同时减少循环泵能耗；除灰系统风机转速与脱硫后烟气排放量精准匹配，进一步降低整体能源消耗，实现环保效益与节能效益的协同提升。

2 节能降耗分析理论基础与指标体系

2.1 节能降耗分析核心理论

能量平衡理论在脱硫除灰系统中占据重要地位。通过建立完整的能量输入输出核算模型，精准追踪系统内各环节能量转化路径，明确能量损失节点^[2]。脱硫塔反应过程的热能损耗、除灰管道输送中的动能消耗等，都能通过该理论量化呈现，为后续节能措施制定提供数据支撑。系统效率提升与能耗降低存在明确量化关系。效率提升本质是减少无效能量消耗，这种关联可通过数学模型构建。当脱硫除灰系统整体效率提升1%，结合烟气体

积、污染物浓度等参数,以一台600MW机组为例,可计算出对应电耗下降约5000kWh/天,水耗下降约100吨/天,为节能目标设定提供科学依据。设备能耗与运行参数的耦合规律直接影响系统节能效果。浆液循环泵的流量、扬程与电耗紧密相关,引风机的风压、转速变化会同步带动能耗波动。通过大量运行数据回归分析,可掌握不同工况下参数组合与能耗的最优匹配关系,为运行优化提供指导。

2.2 节能降耗评价指标体系构建

脱硫系统指标聚焦关键能耗环节。单位烟气体积电耗直观反映脱硫过程能源投入强度,单位SO₂脱除能耗体现污染物治理的能源成本,浆液循环泵单耗则针对性评估核心设备的能耗水平。以某电厂改造前数据为例,单位烟气体积电耗为0.03kWh/m³,单位SO₂脱除能耗为2.5kWh/kg,浆液循环泵单耗为0.15kWh/t。这些指标共同构成脱硫系统能耗的立体评价维度。除灰系统指标覆盖除尘与输灰全流程。单位烟气体积除尘电耗衡量除尘环节能源效率,输灰单位能耗反映物料输送过程的能量消耗情况,除尘器阻力损失则间接体现设备运行状态对能耗的影响,为系统优化提供方向。改造前单位烟气体积除尘电耗为0.02kWh/m³,输灰单位能耗为0.05kWh/t,除尘器阻力损失为800Pa。综合指标从整体层面评估节能成效。系统总能耗是全流程能源消耗的直观体现,单位发电量脱硫除灰能耗占比明确该系统在整体生产中的能源权重,能源利用效率则综合反映系统能量转化与利用的整体水平,为节能工作提供全面参考。

3 脱硫系统超净改造后节能降耗分析

3.1 主要耗能设备节能效果分析

浆液循环泵是脱硫系统能耗占比最高的设备之一。改造过程中全面应用高效泵型,结合运行工况精准优化,从设备本身性能与实际运行匹配度两方面实现节能突破。高效泵型在设计上提升流体输送效率,减少能量损耗,运行中根据入口烟气参数动态调整运行台数与转速,避免额定负荷下的无效能耗,大幅降低运行功率^[3]。氧化风机的节能重点放在风量风压匹配优化与高效风机改造上。通过重新核算吸收塔内氧化反应所需的氧气量,精准匹配风机输出参数,杜绝风量过剩造成的能源浪费。更换为高效风机后,设备自身运行效率显著提升,在满足氧化反应需求的前提下,单位风量的能耗指标明显下降,形成稳定的节能效益。搅拌器与脱水设备通过运行方式改进实现能效提升。搅拌器采用间歇式运行模式,根据浆液沉降特性设定合理启停周期,在保证浆液均匀性的同时减少连续运行时间。脱水设备则优化进料量与运行时

序,避免负荷波动导致的效率下降,设备处理能力与能耗消耗形成更优配比,整体运行能效得到改善。

3.2 系统运行参数优化的节能潜力

浆液pH值与液气比的优化对能耗控制至关重要。调整浆液pH值至反应活性最佳区间,既能保证脱硫效率,又可减少浆液循环量需求。液气比根据入口烟气污染物浓度动态调节,避免过高液气比带来的循环泵能耗增加,实现脱硫效率与能耗的平衡。吸收塔烟气流速的合理控制直接影响系统阻力。改造后通过优化塔内件结构,将烟气流速控制在适宜范围,减少气流与浆液间的摩擦阻力,降低引风机的能耗负担。气流分布更加均匀,避免局部涡流造成的能量损耗,进一步提升系统运行经济性。副产品品质调控与能耗存在紧密关联。通过优化脱水工艺与浆液成分,在提升副产品纯度的同时,避免过度处理导致的能耗增加。合理控制副产品含水率,减少干燥环节的能源消耗,实现环保效益与节能效益的协同提升。

3.3 脱硫系统整体节能效果量化方向

改造前后能耗指标对比需覆盖多维度。除关注总耗电量外,还需细分各主要设备的能耗变化,明确不同设备的节能贡献占比。同时纳入单位脱硫量的能耗指标,更精准反映改造带来的节能成效。以某电厂为例,改造前脱硫系统总耗电量为100万kWh/月,改造后降低至80万kWh/月,降低20%;浆液循环泵节能贡献占比约40%,氧化风机节能贡献占比约30%,其他设备节能贡献占比约30%;单位脱硫量能耗从改造前的2.0kWh/kg降低至1.6kWh/kg。不同负荷工况下的节能效果存在差异。需针对高、中、低等典型负荷工况分别开展测试,分析各工况下的节能率变化规律。结合机组实际运行负荷分布特点,推算全周期的节能效益,为系统运行优化提供数据支撑。在高负荷工况下,节能率可达25%;中负荷工况下,节能率为20%;低负荷工况下,节能率为15%。根据机组全年负荷分布,预计全周期节能效益可达20%以上。

4 除灰系统超净改造后节能降耗分析

4.1 除尘设备节能效果分析

电除尘器是除灰系统的核心设备,其节能改造聚焦供电方式优化与电场参数调整。传统供电模式易出现能量浪费,改造后采用脉冲供电等高效方式,根据烟气中粉尘浓度动态调节供电频率与电压,避免恒定高压运行带来的无效电耗^[4]。电场参数从极距、电流密度等关键维度进行精准调整,让电场内部电场强度分布更均匀,粉尘荷电效率提升,在保证除尘效果的基础上,单位处理烟气流量的电耗显著降低。以某电厂为例,改造后电除尘器供电频率从原来的50Hz调整至30-50Hz可调,电压从原

来的72kV调整至60-72kV可调,单位处理烟气体耗从原来的0.025kWh/m³降低至0.02kWh/m³,降低约20%。袋式与电袋除尘器的节能重点集中在滤料性能提升与清灰系统优化。选用新型高效滤料,不仅提升过滤精度,还增强表面光滑度与耐磨性,减少粉尘附着。清灰系统摒弃传统固定周期清灰模式,通过压力传感器实时监测滤料阻力,按需启动清灰程序,同时优化清灰气压与脉冲宽度,避免过度清灰造成的能源消耗和滤料损伤,实现能耗精准控制。新型滤料使用后,过滤精度提升至1μm,滤料阻力降低约15%;清灰系统优化后,清灰气压从原来的0.4MPa降低至0.3MPa,脉冲宽度从原来的0.1s调整至0.08s,清灰能耗降低约20%。

4.2 输灰及辅助系统节能分析

浓相输灰系统通过压力参数优化实现输送效率与能耗的平衡。重新测算不同灰量下的最佳输送压力,避免压力过高导致的管道磨损和能量浪费,同时调整输送周期,减少系统启停次数。改造后输送能力提升,单位灰量输送能耗下降,有效降低输灰环节的能源消耗。输灰风机与空压机的节能改造成效显著。对风机进行叶轮优化与变频改造,根据输灰量动态调节转速,摆脱额定转速运行的能源浪费。空压机采用高效机型替换老旧设备,同时优化运行逻辑,实现多台设备联动调控,避免单台设备超负荷运行,在满足系统用气需求的前提下,运行功率大幅降低。灰库通风与均化系统从运行逻辑入手优化能耗。通风系统采用智能启停控制,根据灰库内粉尘浓度与湿度自动运行,减少无效通风时间。均化系统调整搅拌频率,结合灰料存储量优化工作时序,在保证灰料均匀性的同时,降低设备运行能耗,提升系统整体经济性。

4.3 除灰系统整体节能效果量化方向

改造前后需重点分析除尘效率与能耗的平衡关系。不能单纯以能耗降低为评判标准,需建立除尘效率与能耗的联动分析机制,确保在除尘效率满足超净排放要求的前提下,量化能耗下降幅度,明确改造的实际价值^[1]。系统阻力降低对引风机能耗的间接节能贡献不可忽视。除灰系统改造后,设备与管道阻力显著下降,引风机无需维持高功率运行即可保证烟气顺畅流通。需通过对比改造前后引风机的运行参数,量化这部分间接节能效益,形成完整的节能效果评估体系。

结束语

火力发电厂脱硫除灰超净改造在节能降耗领域成果丰硕。通过设备升级、参数调优,脱硫与除灰系统在多个环节实现能耗降低。对改造效果进行全面量化评估,精准定位节能方向与潜力。后续需持续优化系统运行,深度挖掘节能空间,提升火力发电厂整体能源利用效能,推动电力行业朝着绿色、高效方向稳步迈进。

参考文献

- [1]桑国友.火力发电厂脱硫除灰超净改造节能降耗技术研究[J].自动化应用,2024,65(23):167-169.
- [2]邱华.火力发电厂除灰脱硫设备优化措施[J].内蒙古科技与经济,2024,(17):117-119+124.
- [3]刘生璐.燃煤火力发电厂除灰脱硫设备优化措施研究[J].设备管理与维修,2022,(06):24-25.
- [4]张正樵.火力发电厂锅炉节能降耗的对策与措施探究[J].中国高新科技,2024,(03):104-106.
- [5]郝阳洋.浅谈火力发电厂设备节能降耗管理思路[J].产业科技创新,2023,5(04):108-110.