

发电厂节能降耗中热能与动力工程的应用

郭 波

内蒙古蒙泰不连沟煤业有限公司煤矸石电厂 内蒙古 鄂尔多斯 017000

摘 要: 能源转型背景下, 发电厂作为能源消耗与供应核心, 其节能降耗是行业发展关键, 但当前热能系统存在能量损失突出、设备效率不足等问题, 制约能源利用效率提升与绿色发展推进。传统节能手段在适配复杂工况、集成创新方面有局限, 新型技术应用仍需完善。本文分析热能转换、动力工程等基础理论, 探究热能系统现状与节能需求, 阐述该工程在锅炉、汽轮机等系统的具体节能应用, 提出智能化、新能源融合、绿色低碳等发展方向, 为发电厂节能降耗提供技术参考。

关键词: 发电厂; 热能与动力工程; 节能降耗; 应用; 发展趋势

引言: 当前发电厂在能源利用中仍存在效率不足、能耗较高等问题, 煤炭、天然气等不可再生能源消耗量大, 且伴随较多污染物排放, 既加剧能源供应压力, 也影响生态环境。热能与动力工程作为发电厂能源转换与利用的核心技术支撑, 在提升能源利用效率、减少能耗方面具有关键作用。深入研究该工程在发电厂节能降耗中的应用, 探索技术优化方向与发展趋势, 对降低发电成本、推动行业绿色低碳发展、提升企业竞争力具有重要意义。

1 热能与动力工程基础理论

1.1 热能转换原理

热力学第一定律即能量守恒定律, 在发电厂中体现为燃料燃烧释放的热能, 一部分转化为电能, 一部分通过排烟、散热损失, 其余储存在工质或设备中, 所有能量总和保持不变。这一规律为能源核算提供依据, 帮助明确损失环节, 指导节能措施制定^[1]。热力学第二定律即熵增原理, 指出热能转换有方向性, 无法完全转化为有用功, 必然伴随能量品质下降。该定律决定转换效率存在上限, 设计时需优化系统流程、减少不可逆损失, 提升能量利用效率。发电厂常见的热能转换形式中, 蒸汽动力循环通过锅炉将水加热为高温高压蒸汽, 推动汽轮机做功带动发电机, 废汽经凝汽器冷凝后循环, 实现热能向电能转换, 技术成熟且适配多种燃料。燃气轮机循环通过压缩空气与燃料燃烧产生高温燃气, 推动轮机发电, 启动快、体积小, 常与蒸汽循环结合形成联合循环, 提升能源利用效率。

1.2 动力工程原理

发电厂常用流体机械中, 汽轮机依靠高温高压蒸汽在叶片通道膨胀, 推动转子旋转将热能转机械能, 流体遵循动量定理与能量方程, 蒸汽参数随流动降低, 能量

逐步传递。水轮机利用水流动能和势能推动转轮旋转, 水流冲击叶片时传递能量。风机通过叶轮对气体做功, 使其获得压力能与动能; 泵通过叶轮使液体获能, 克服管路阻力输送。优化叶轮形状、减小间隙、提升加工精度, 可降低内部流动、机械摩擦及泄漏损失, 提升设备效率。传热三种基本方式在发电厂均有应用。导热见于锅炉管壁、汽轮机缸体等, 热量通过分子热运动传递, 材料导热系数和壁厚影响效率。对流传热在流体与固体表面间, 如锅炉烟气、凝汽器冷却水与管壁的换热, 流体流动状态和温差为关键影响因素。辐射存在于高温环境, 如锅炉燃烧室燃料燃烧向管壁传热, 温度与表面积决定传热量。传热过程影响设备性能, 锅炉传热效率不足会增加燃料消耗, 凝汽器效果差会降低汽轮机真空度。选择高效传热材料、优化换热面结构、改善流体流动, 可强化传热, 减少能量损失, 实现节能降耗。

2 发电厂热能系统现状与节能需求

2.1 发电厂热能系统组成

发电厂热能系统由多个核心设备协同构成, 锅炉是系统的能量输入核心, 负责将燃料燃烧产生的热量传递给工质, 将水加热为高温高压蒸汽。汽轮机承接锅炉输出的蒸汽, 通过蒸汽在内部膨胀做功, 将热能转化为机械能, 为发电机提供动力。凝汽器连接汽轮机排汽端, 通过冷却水将做功后的废汽冷凝为水, 形成循环工质的闭环回路。加热器则分为高压加热器和低压加热器, 利用汽轮机抽汽加热给水, 减少锅炉受热面负荷, 提升系统热效率。这些设备通过蒸汽管道、给水管道的连接, 形成从燃料燃烧到蒸汽做功再到工质回收的完整工作流程, 每个环节紧密衔接, 共同保障热能的转化与利用。

2.2 当前热能系统存在的问题

能量损失环节在热能系统中较为突出, 锅炉排烟热

损失源于燃料燃烧产生的烟气携带大量热量直接排出, 烟气温度过高或含氧量异常都会加剧这一损失^[2]。汽轮机内部损失来自蒸汽在流动和膨胀过程中的摩擦、涡流等, 部件设计精度不足或密封性能下降会使损失增加。管道散热损失则因管道保温层老化、破损, 导致蒸汽或热水在输送过程中热量散失, 环境温度较低时损失更为明显。设备效率问题同样影响系统整体性能, 部分发电厂仍在使用老化设备, 锅炉受热面结垢、汽轮机叶片磨损等问题会降低设备运行效率。部分设备设计不合理, 如锅炉燃烧器与燃料特性不匹配, 导致燃烧不充分; 汽轮机通流部分结构未能适配实际运行负荷, 都会影响能量转换效率。运行参数不匹配也是重要因素, 如锅炉出口蒸汽参数与汽轮机设计参数偏差较大, 或凝汽器真空度未达到最佳值, 都会使设备偏离高效运行区间。

2.3 节能降耗的迫切性

从能源资源利用效率来看, 煤炭、天然气等发电用能源多为不可再生资源, 储量有限且开采成本逐年上升, 当前热能系统效率不足导致大量能源被浪费, 每提升1个单位的效率都能减少可观的资源消耗, 缓解能源供应压力, 为后续能源结构调整争取时间。从环境保护角度, 能源消耗增加会伴随更多污染物排放, 二氧化硫、氮氧化物会加剧酸雨等环境问题, 二氧化碳则是导致气候变暖的重要因素, 节能降耗能直接降低这些污染物的排放量, 减轻对大气环境的影响, 契合绿色发展要求和全球低碳治理趋势。从经济效益层面, 能源成本在发电成本中占比极高, 是发电厂成本控制的核心环节, 通过节能降耗可直接减少燃料采购支出, 同时降低设备长期高负荷运行带来的损耗, 延长设备使用寿命, 减少维护检修费用, 提升企业市场竞争力, 在电力市场竞争日益激烈的背景下, 助力发电厂在行业竞争中占据优势地位。

3 热能与动力工程在发电厂节能降耗中的具体应用

3.1 锅炉系统节能应用

燃烧优化技术通过精细调整燃料与空气的混合比例, 借助在线监测设备实时反馈燃烧状态, 确保燃料在炉膛内充分反应, 避免因空气过量导致排烟热损失增加, 或空气不足造成燃料不完全燃烧遗留碳渣。合理控制燃烧温度, 避免局部温度过高产生结焦现象引发额外热损耗, 精准把控燃烧时间, 让燃料在最佳反应时段内充分释放热量。这些措施能显著提高锅炉热效率, 减少排烟携带的热量, 降低能源浪费^[3]。余热回收利用针对锅炉排烟和炉渣中蕴含的热量, 通过安装余热锅炉, 利用排烟余热加热给水或产生低压蒸汽, 补充系统热能需求; 对炉渣余热则可通过密闭式换热装置预热冷空气或燃料, 减少

锅炉本体的热量消耗, 同时避免炉渣余热直接散发对环境造成热污染。这类技术能将原本被浪费的热量重新利用, 提升整体能源利用效率, 减少不必要的能源损耗。

3.2 汽轮机系统节能应用

汽轮机通流部分的喷嘴、动叶直接影响蒸汽流动效率, 蒸汽在通流通道内的流动状态决定能量转换效果, 通道内的涡流、撞击等都会造成能量损耗。采用先进通流设计技术优化通道形状, 减少蒸汽流动过程中的摩擦与涡流损失; 更换高效叶片提升叶片气动性能, 增强蒸汽对叶片的做功能力, 同时改善叶片表面光滑度降低阻力。这些改造措施能有效提高汽轮机通流效率, 让更多热能转化为机械能。汽轮机运行参数中的主蒸汽压力、温度及再热蒸汽参数, 与汽轮机做功率密切相关。主蒸汽参数偏低会导致蒸汽做功能力不足, 参数过高则可能增加设备金属部件的疲劳损耗。根据机组实际负荷与设备特性, 结合季节变化对能源需求的影响, 调整参数至最佳区间, 使汽轮机始终在高效工况下运行, 可显著提升热效率, 减少能量浪费。

3.3 热力系统节能应用

热力系统优化设计遵循能量梯级利用原则, 采用更合理的热力循环方式, 如优化朗肯循环参数, 提升循环热效率; 科学布置加热器, 根据不同压力等级的抽汽合理分配加热任务, 减少加热器之间的能量损失, 同时简化管路设计, 减少不必要的阀门和管道, 降低流体输送过程中的阻力损失和散热损失。这些设计能降低热力系统整体能量损耗, 提高能源利用效率。供热蒸汽合理利用需根据不同用户的用热需求, 如工业用热、居民供暖等差异, 优化供热参数, 避免高参数蒸汽直接用于低需求场景造成浪费。采用热电联产技术, 在发电的同时为周边用户提供热能, 实现热能的梯级利用, 让同一部分能源产生更多价值, 减少单一发电导致的凝汽器散热损失, 进一步提升能源综合利用率。

3.4 水泵与风机系统节能应用

水泵与风机选型不合理会导致设备运行工况与实际需求不匹配, 出现“大马拉小车”现象, 造成电能浪费, 长期运行还会增加设备磨损。根据发电厂实际运行中的流量、压力需求, 结合设备长期运行的负荷波动范围, 选择型号与参数适配的设备, 确保设备在额定工况附近运行, 可大幅提高运行效率, 减少无效能耗^[4]。变频调速技术依据负载变化通过变频器调节水泵与风机的转速, 负载降低时相应降低转速, 减少电机输出功率, 同时避免频繁启停对电机造成的冲击。传统定速设备无论负载大小均以固定转速运行, 会消耗多余电能, 且调节流量时

需通过节流装置造成额外能耗。通过变频调速装置精准匹配负载需求,可显著降低电机能耗,实现系统节能。

4 热能与动力工程在发电厂节能降耗中的发展趋势

4.1 智能化技术应用

人工智能、大数据、物联网等智能化技术为发电厂热能与动力工程带来新的优化空间。人工智能可通过学习历史运行数据,建立设备能耗与工况的关联模型,提前预判设备性能变化趋势,为运维提供精准指导。大数据技术能整合锅炉、汽轮机、水泵等多设备的运行数据,通过分析挖掘找出系统能耗高点,为节能方案制定提供数据支撑。物联网技术则可实现设备运行状态的实时监测,传感器采集的温度、压力、振动等数据实时传输至控制平台,一旦出现参数异常立即发出预警,同时辅助故障诊断,快速定位故障部位减少停机时间。此外,智能化技术还能实现运行参数的自动调整,根据负荷变化动态优化燃料供给量、蒸汽参数等,让系统始终保持在高效节能的运行状态。

4.2 新能源与热能动力工程融合

太阳能、风能、生物质能等新能源与热能动力工程的融合成为行业发展重要方向。太阳能可通过集热装置将热量传递给发电厂热力系统,辅助加热给水或预热空气,减少传统燃料消耗,尤其在光照充足地区能有效降低系统能耗。风能虽以发电为主,但可与热能动力系统形成互补,当风力发电不足时,热力系统可调整出力保障供电稳定,实现能源供应的平衡。生物质能则可作为燃料直接送入锅炉燃烧,或转化为生物质气参与燃烧过程,其可再生特性减少了对化石能源的依赖,生物质燃烧产生的污染物较少,契合环保要求。此外,生物质能发电与热电联产结合,能进一步提升能源综合利用效率,让新能源在热能动力系统中发挥更大节能作用。

4.3 绿色低碳发展要求下的技术创新

绿色低碳发展背景下,热能与动力工程在节能降耗

方面的技术创新持续推进。燃烧技术向高效低污染方向发展,新型燃烧器通过优化燃料喷射方式与空气混合路径,实现燃料更充分燃烧,减少氮氧化物、硫化物等污染物生成,同时降低排烟热损失提升燃烧效率^[5]。新型传热材料的研发与应用也成为重点,具有高导热系数、耐高温、耐腐蚀特性的传热材料,可用于锅炉受热面、换热器等设备,增强传热效果减少热量损耗,同时延长设备使用寿命降低维护成本。此外,碳捕捉与封存技术与热动力系统的结合逐步探索,通过在锅炉尾部加装碳捕捉装置,收集燃烧产生的二氧化碳进行封存或再利用,减少碳排放,推动发电厂向低碳甚至零碳运行转型,实现节能与环保的双重目标。

结束语

热能与动力工程为发电厂节能降耗提供了系统且有效的技术路径,从基础理论支撑到各系统具体应用,再到未来发展趋势探索,形成了完整的技术框架。通过优化锅炉燃烧、汽轮机运行、热力系统设计及水泵风机选型,可显著减少能源损失、提升效率。未来随着智能化技术渗透、新能源融合及绿色低碳技术创新,该工程将在发电厂节能降耗中发挥更大价值,助力行业实现能源高效利用与可持续发展目标。

参考文献

- [1]路杰.发电厂节能降耗中的热能与动力技术应用[J].集成电路应用,2023,40(9):244-245.
- [2]安乐宏.火电厂节能降耗中热能与动力工程的实际应用[J].中国战略新兴产业,2024(30):115-117.
- [3]崔洲石.热能与动力工程节能降耗技术的应用[J].大科技,2023(22):106-108.
- [4]马金星,魏洪坤.电厂热能工程节能降耗研究[J].造纸装备及材料,2022,51(09):153-155.
- [5]郭红刚.发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.