

热能动力工程中的热电联产系统优化与节能效果

马中骥

441521*****0118

摘要:在能源供需格局深度调整与双碳目标全面推进的背景下,热能动力工程领域的能效提升成为产业转型的核心抓手。热电联产系统作为集发电与供热于一体的高效能源利用模式,其优化潜力的挖掘对降低单位产值能耗具有重要意义。本文立足热能动力工程的技术原理,聚焦热电联产系统的运行瓶颈与优化方向,从系统结构、控制策略及设备升级三个维度构建优化框架。系统分析不同优化方案对能源梯级利用效率的提升作用,阐述优化后的节能机理,明确其在减少化石能源消耗方面的实践价值,为相关工程的升级改造提供理论参考。

关键词:热能动力工程;热电联产系统;系统优化;节能效果

DOI: 10.64216/3104-9664.25.02.017

引言

随着工业生产规模的扩大与民生用能需求的增长,传统分产式能源供应模式已难以适应现代能源体系的发展要求。该模式存在能源转换效率低、余热浪费严重等突出问题。热电联产系统凭借温度对口、梯级利用的核心优势,将发电过程中产生的中低温余热用于供热,有效突破了单一能源供应的能效瓶颈。在热能动力工程技术不断革新的当下,热电联产系统的优化已从简单的参数调整向全流程、精细化方向转变。

1 热电联产系统的构成与机理

1.1 主体设备及功能

热电联产系统的稳定运行依赖于各类核心设备的协同配合,明确各设备的技术参数与性能要求是系统高效运转的基础。锅炉作为能源转换的起始环节,需满足不同工况下的热输出需求,其燃烧效率直接影响后续能源利用效果。汽轮机承担着将热能转化为机械能的关键作用,其通流部分的设计与密封性能对能量损失控制至关重要。发电机负责将机械能转化为电能,需保证输出电能的稳定性与可靠性。换热站则是连接发电与供热的枢纽,确保余热高效传递至用热端。各设备在能源转换与传输链条中各司其职,设备间的协同运行能够有效减少能源损耗,不同容量系统的设备配置存在差异,小型系统侧重紧凑性,大型系统注重规模化效率,这为后续优化方向的确定提供了基础。

1.2 能量转换与传输规律

热电联产系统的能量转换与传输过程遵循基本的热力学定律。基于热力学第一定律,可明确系统内热能

向电能、热能向热能的转换效率,通过能量守恒关系核算各环节的能量输入与输出。热力学第二定律则揭示了能量转换的方向性,为提升能量利用的合理性提供依据。在能量转换过程中,蒸汽参数对转换效率影响显著,主蒸汽的温度与压力越高,热能向机械能的转换潜力越大。压力损失是能量传输中的重要问题,蒸汽管网中的阻力会导致压力下降,进而降低能量传递效果。系统在实际运行中常处于变工况状态,负荷波动会引发能量分布特征的变化。当用热负荷增加时,汽轮机的抽汽量需相应调整,这会改变系统的能量分配比例。

1.3 与传统模式的差异

热电联产系统与传统分产式能源供应模式在多个维度存在核心差异。在能源利用效率方面,传统模式中发电与供热系统独立运行,发电过程中产生的大量余热直接排放,综合能效较低。热电联产系统实现了余热的回收利用,大幅提升了能源综合利用水平。投资成本上,热电联产系统初期设备与管网投资较高,但长期运行成本更低;传统模式初期投资分散,但后续能源浪费导致总成本上升。环境影响方面,热电联产系统因能源利用效率高,单位能源消耗对应的污染物排放更少,符合环保要求。在能源供应稳定性上,热电联产系统可通过能源梯级利用实现多工况适配,调峰能力更强。传统模式受单一能源供应限制,应对负荷波动的灵活性不足。

2 热电联产系统的优化方向

2.1 系统结构优化

从热能动力工程的集成理念出发,系统结构优化需打破单一能源依赖,探索多能源输入的设计模式。将太阳能、生物质能等可再生能源与传统化石能源结合,构

建混合能源输入系统，可提升能源供应的灵活性与可持续性。蒸汽管网作为能量传输的关键载体，其布局与连接方式直接影响能量损耗。通过优化管网走向，缩短传输距离，同时采用变径设计适配不同负荷需求，能够有效减少沿程压力损失与散热损失。构建发电-供热-余热回收一体化流程是提升系统协同性的核心举措。在发电环节优化汽轮机工作参数，供热环节强化换热效率，余热回收环节增设高效换热器，实现各环节的无缝衔接。此外，通过系统仿真模拟不同结构方案的运行效果，筛选出最优配置，为结构优化提供数据支撑。

2.2 运行参数调控

运行参数的动态调控需以负荷变化特征为依据，建立科学的动态调整模型。通过对历史用能数据的分析，总结不同时段、不同季节的负荷变化规律，为参数调整提供参考。汽轮机的抽汽参数是调控的核心内容之一，根据供热负荷的变化实时调整抽汽压力与温度，既能满足供热需求，又能减少能量浪费。锅炉的燃烧工况优化需结合燃料特性与负荷需求，调整送风量与给煤量的比例，实现完全燃烧，提升燃烧效率。环境温度对系统运行有显著影响，冬季低温环境下供热负荷增加，需提高锅炉输出功率；夏季高温环境下，可利用余热驱动制冷设备，实现能源的多元化利用。针对不同用能时段的需求差异，制定差异化的参数调控策略，高峰时段优先保障能源供应稳定性，低谷时段侧重提升能源利用效率，实现能源供需的精准匹配。

2.3 核心设备升级

核心设备的性能升级是提升系统能效的直接途径，推广高效节能型锅炉与汽轮机是关键举措。高效锅炉采用新型燃烧技术与传热结构，能够强化燃烧与传热过程，降低排烟温度，减少热损失。汽轮机通过优化通流部件设计，提高蒸汽做功效率，同时采用高效密封技术，减少蒸汽泄漏。换热设备的性能直接影响余热回收效果，引入板式换热器、螺旋板式换热器等先进设备，可增大传热面积，提升传热系数，实现余热的充分回收。智能监测设备的应用为设备运行管理提供了技术支撑，在锅炉、汽轮机等关键设备上安装温度、压力、振动等传感器，能够实时采集运行数据。通过数据传输与分析，实现设备运行状态的实时感知，及时发现异常情况并发出故障预警，避免因设备故障导致的能源浪费与安全隐患，保障系统稳定高效运行。

3 系统优化的技术支撑

3.1 智能控制技术应用

智能控制技术为热电联产系统优化提供了高效解决方案。利用物联网技术，将系统内各设备的传感器与数据传输模块连接，构建覆盖全流程的实时监测平台。该平台能够集中采集设备运行参数、能源消耗数据、环境参数等各类信息，实现对系统运行状态的全面掌控。大数据技术的应用则为数据处理与分析提供支撑，通过对海量运行数据的挖掘，总结系统运行规律，识别潜在优化点。基于人工智能算法，可构建负荷预测模型，结合历史数据与实时因素，精准预测未来一段时间的用能负荷。根据负荷预测结果，系统能够自主优化运行方案，实现设备启停、参数调整的自动化控制。远程调控系统的开发进一步提升了系统运行的灵活性，运维人员可通过终端设备实时监控系统运行状态，在紧急情况下远程下达调控指令，快速响应负荷变化与设备异常，提升系统的响应速度与运行可靠性。

3.2 能源梯级利用深化

能源梯级利用技术的深化与拓展是提升系统能效的核心支撑。依据能量品质差异，构建多层次的能源利用体系是关键原则。高品位能源具有较高的能量品质，应优先用于发电等能量转换效率要求高的环节，最大限度发挥其价值。中低品位余热虽然能量品质较低，但仍具有利用价值，可用于供热、制冷、烘干等需求的环节，实现能量的梯级利用。在供热方面，可根据不同用户的温度需求，分级供应蒸汽或热水。在制冷领域，利用吸收式制冷技术，以余热为驱动热源，满足空调制冷需求。拓展梯级利用的应用场景，需探索热电联产系统与分布式能源系统的融合路径。分布式能源系统靠近用户侧，能源传输损失小，将二者结合可实现能源的就地生产与利用。通过构建区域能源网络，整合多个热电联产系统与分布式能源系统，实现能源的互补与优化配置，进一步提升能源利用效率。

3.3 环保节能技术协同

环保与节能技术的协同应用是热电联产系统优化的重要方向。烟气净化技术的应用能够有效降低系统运行的污染物排放，采用脱硫、脱硝、除尘等组合净化工艺，去除烟气中的二氧化硫、氮氧化物、颗粒物等污染物，符合环保排放标准。在减少能源损耗方面，保温隔热材料的应用效果显著。在锅炉、汽轮机等设备的外表以及蒸汽管网外侧包裹高效保温材料，可有效减少设备与管网的散热损失，维持介质温度稳定，提升能量传输效率。节水技术的推广与应用则实现了系统水资源的

循环利用。热电联产系统运行过程中需要大量水资源用于冷却、补水等环节，通过采用循环水系统，将冷却后的水资源经过处理后重新利用，减少新鲜水用量。同时，收集设备排水与蒸汽冷凝水，进行除盐处理后作为锅炉补水，进一步提高水资源利用率，实现环保与节能的协同发展。

4 优化后的节能效果

4.1 能源利用效率提升

热电联产系统经过优化后，能源利用效率得到显著提升，主要体现在发电效率与供热效率的双重改善。在发电环节，通过汽轮机通流部件优化、锅炉燃烧工况调整等措施，减少了能量转换过程中的损失，使单位燃料消耗对应的发电量增加。供热环节中，高效换热设备的应用与管网保温优化，降低了余热传输过程中的损耗，提升了余热利用率。能量损失环节的削减是整体能效提升的关键，锅炉排烟温度降低，减少了排烟热损失；设备散热损失通过保温措施得到有效控制；蒸汽管网的压力损失降低，提升了能量传输效率。对比优化前后系统的能源消耗强度，能够清晰反映能效提升幅度。在相同的发电与供热负荷下，优化后的系统燃料消耗量明显减少，单位产品能耗降低，这不仅降低了能源成本，也为系统的可持续运行提供了保障。

4.2 化石能源消耗降低

系统优化直接推动了化石能源消耗的降低，减少了对煤炭、天然气等不可再生能源的依赖。优化后的系统能源利用效率提升，在满足相同能源需求的情况下，所需化石能源消耗量相应减少。节能与减排之间存在紧密的协同关系，化石能源消耗的降低直接减少了燃烧过程中碳排放与污染物排放。减少的碳排放有助于推动双碳目标的实现，降低对区域生态环境的影响。污染物排放的减少则减轻了环境治理压力，符合环保政策要求。从区域能源结构调整的角度来看，热电联产系统优化具有积极的推动作用。通过提升可再生能源的利用比例与化石能源利用效率，促进区域能源结构向清洁化、高效化转型。这不仅提升了区域能源供应的安全性，也为能源行业的绿色发展提供了示范。

4.3 经济成本节约

系统优化带来了显著的经济成本节约，主要体现在燃料成本与运行成本的降低。燃料成本在系统运行成本中占比最大，优化后系统能源利用效率提升，燃料消耗量减少，直接降低了燃料采购支出。运行成本的节约来自多个方面，设备性能升级减少了故障发生率，降低了维修费用；智能控制技术的应用实现了自动化运维，减少了人工成本；水资源循环利用降低了水费支出。设备升级与系统优化需要一定的初期投资，但通过成本节约可实现投资回收。分析投资回报周期需综合考虑初期投资金额与每年的成本节约额度，合理的优化方案能够缩短投资回报周期，提升项目的经济性。除经济成本节约外，系统优化还带来了显著的社会效益，如减少能源短缺压力、改善环境质量等，这些长期效益进一步提升了热电联产系统优化的价值。

5 结论

本文从系统构成与机理出发，明确了热电联产系统的核心特征与运行规律，揭示了其相较于传统能源供应模式的显著优势。通过对系统结构、运行参数、核心设备三个维度优化方向的分析，构建了全面的系统优化框架。智能控制、能源梯级利用、环保节能协同等技术的应用，为系统优化提供了可靠的技术支撑。系统优化后的实践效果表明，其在提升能源利用效率、降低化石能源消耗、节约经济成本等方面成效显著，同时具有良好的环境效益与社会效益。

参考文献

- [1]曹山,宋广健.探析热电厂中热能与动力工程的有效应用[J].河南科技,2014,(10):195.
- [2]宋微微.自动化综合煤储运系统在化工及热电联产项目中的应用[J].天津化工,2025,39(06):147-149.
- [3]陈家伦,卞韶帅,黄新,等.热电联产机组耦合电锅炉运行模式下调峰经济性研究[J].发电设备,2025,39(06):375-383+402.
- [4]张国柱,张钧泰,马国锋,等.基于吸收式热泵解耦的燃煤热电联产机组辅助新能源消纳深度调峰特性研究[J].动力工程学报,2025,45(11):1955-1965.
- [5]丁一,胡文燕,王春亮,等.1000MW超超临界热电联产机组供汽效益评价研究[J].电力设备管理,2025,(20):286-288.