

工业蓄热节能设备热效率优化与机电系统协同控制研究

王彬

浙江沃洛达节能科技有限公司 浙江杭州 310000

【摘要】本研究探究工业蓄热设备热效率优化与机电系统协同控制关键技术，优化控制策略提升设备能源利用率，有效降低能量浪费。机电系统协同控制实现各子系统高效配合，进而提升蓄热设备热效率与运行稳定性，合理协同控制策略改善设备性能，降低运营成本，为工业节能减排提供有效技术支持，该研究为工业蓄热系统优化提供理论依据与实践指导。

【关键词】工业蓄热，节能设备，热效率优化，机电系统，协同控制

Research on thermal efficiency optimization and coordinated control of mechanical and electrical systems for industrial heat storage and energy saving equipment

Wang Bin

Zhejiang Volada Energy Saving Technology Co., LTD. Hangzhou, Zhejiang 310000

【Abstract】 This study explores the key technologies for optimizing the thermal efficiency of industrial heat storage equipment and achieving coordinated control of electromechanical systems. By enhancing control strategies, the study aims to improve energy utilization and reduce energy waste. The coordinated control of electromechanical systems ensures efficient cooperation among subsystems, thereby improving the thermal efficiency and operational stability of heat storage equipment. Reasonable coordination control strategies enhance equipment performance and reduce operating costs, providing effective technical support for industrial energy conservation and emission reduction. This research offers theoretical foundations and practical guidance for the optimization of industrial heat storage systems.

【Key words】 industrial heat storage, energy saving equipment, thermal efficiency optimization, mechanical and electrical system, coordinated control

引言

工业蓄热技术在节能减排中具有重要作用，尤其高能耗行业里，其优化应用可显著提升能源利用效率，能源危机与环境保护压力增加，提升蓄热设备热效率成为关键课题，机电系统协同控制作为重要手段，能实时调节各子系统工作状态，确保热能最大化利用。该控制方式提升蓄热设备整体性能，减少能源浪费，降低生产成本，有效实现协同控制、优化热效率及解决相关技术难题，仍是当前研究重点，探索基于机电系统协同控制的蓄热设备优化策略，对提高工业节能技术应用效果有重要意义。

一、工业蓄热节能设备的工作原理与现状分析

（一）蓄热设备的基本结构和工作过程

蓄热设备主要由加热装置、蓄热体和热交换系统三部分组成，加热装置承担着将外部热源转化为蓄热体能够储存热能的关键任务，蓄热体作为整个设备的核心，普遍会选用陶瓷、石材、金属等耐高温材质制作，这些材质具备较高的热容量，使得蓄热体能够高效地储存大量热能，热交换系统的作用在于将蓄热体中储存的热量释放出来，为工业生产流程提供所需的高温热能支持。蓄热设备运行时一般经历加热、储热、放热三个阶段。加热阶段，外部热源热量传递到蓄热体，依靠蓄热体耐高温的特性将热量牢牢存储；储热阶段，蓄热体始终保持高温状态，直到有热量需求才进行释放；放热阶段，热交换系统发挥作用，将蓄热体储存的热量精准输送到工业生产环节，实现热量的有效利用。

（二）现有蓄热技术的应用现状与挑战

现有蓄热技术在工业领域应用广泛，像高温气体蓄热、电加热蓄热及化学蓄热等，覆盖了从热力系统到化学反应过程的众多场景，不过现有蓄热技术仍面临不少挑战，在热量储存和释放过程中，热损失问题客观存在，使得部分热量不能有效利用，造成能源浪费。蓄热体的耐久性问题比较突出，在高温环境下，蓄热体可能出现材料退化或结构破坏的情况，影响设备长期运行的稳定性，蓄热设备体积和重量较大，这一状况限制了其在小型化、模块化生产中的应用，这些问题在一定程度上对蓄热技术的进一步普及和发展形成了制约。

（三）热效率提升的关键因素与技术瓶颈

热效率提升的关键因素主要涵盖蓄热体材料选用、热量传递效率及系统控制策略优化，蓄热体材料直接关系热量储存能力与热损失率，高性能材料可有效提升热效率，热量传递效率同样是影响热效率的重要因素，优化热交换系统、提高热交换速率能显著提升热效率^[1]。技术瓶颈依旧存在，主要体现在提高热传导效率和降低热损失方面，当前蓄热设备在高温环境下，热损失往往难以避免，尤其蓄热与放热阶段间的热量衰减较为显著，智能控制系统应用尚未普及，精确控制系统运行状态以进一步提升热效率，是技术发展的另一挑战。

二、机电系统协同控制的原理与方法探讨

（一）机电系统的协同控制概述

机电系统的协同控制是指多个子系统间经过合理协调与配合，以实现整个系统的最佳工作状态，该控制方法要求系统中的各个单元，如电机、传感器、执行器等，能够根据实时反馈信号调整各自的工作状态，从而确保能量和资源的最优利用，协同控制不局限于单个设备或局部系统，而是综合考虑各子系统的相互作用与影响，进而达到整体性能的优化。机电系统的协同控制可以有效提高系统的响应速度、稳定性及精度，从而增强设备的整体效率，在蓄热设备中，协同控制尤其重要，它能调节加热装置和热交换系统之间的匹配，进而提升热效率，这种控制方式经过各单元的动态协作，让系统在复杂工况下也能保持高效运行，为工业设备的性能提升和能源优化提供了重要支撑。

（二）协同控制方法对热效率优化的作用

协同控制方法对热效率优化作用显著，主要体现在合理

调配各系统间能量流动，经过实时监测蓄热系统中温度、压力等关键参数，协同控制可动态调节加热、储热及放热过程，确保热量最大化利用与最小化能量损失。工业蓄热设备中，单一控制方式常难应对复杂工作条件和变化的负荷需求，而协同控制能实时调整各子系统工作模式，优化整体热流，协同控制还可协调电机、热交换器等部件间配合，减少设备运行不匹配，避免能源浪费，从整体上提升热效率。

（三）机电系统协同控制面临的问题与解决方案

尽管机电系统协同控制在优化热效率方面具备显著优势，但于实际应用进程中依旧面临不少挑战，首要难题在于系统的复杂性，特别是在工况多变的情形下，各个子系统之间的协同调度需要精准的控制策略与算法支撑，不同设备在响应速度、性能特性上存在的差异，使得协同控制系统的设计变得更为复杂棘手，另一个突出问题是控制系统的实时性，实时反馈与快速反应是协同控制取得成功的核心要素，但受限于设备之间的通信延迟和处理速度，很可能导致系统响应出现滞后情况，进而对效率优化产生影响^[2]。为有效解决这些问题，可采用模糊控制、PID控制与自适应控制等智能控制算法，以此提高系统的鲁棒性和环境适应性，而对数据通信和处理能力进行优化，也能切实改善控制系统的实时性，最终实现更为理想的协同控制效果。

三、基于机电协同控制的热效率优化策略研究

（一）热效率优化的目标与评价标准

热效率优化的核心目标是最大程度减少能量浪费，提升能源利用效率，在工业蓄热系统里，热效率优化通常借助提高热能传输和储存效率来达成，这既能减少燃料消耗，又能降低生产过程中的温度波动。评价热效率的标准涵盖热损失率、系统响应时间、能量利用率及设备稳定性等指标，热损失率体现储热和放热过程中热量的损失情况，能量利用率则衡量最终用于生产过程的有效热量在总输入热量中所占比例，优化目标包含减少热损失，还需考虑设备长期可靠性和系统运行灵活性，以确保在不同工作条件下，设备都能保持高效运行。

（二）机电系统协同控制策略的优化算法

在机电系统协同控制中，优化算法的核心任务是依据实时数据对各子系统实施精准控制，保障整个系统高效运转，常见的优化算法有模糊控制、遗传算法、粒子群优化算法等，

这些算法能够适应复杂的工业环境与动态变化的工作状况。模糊控制算法借助模糊逻辑推理,让系统在不确定条件下实现精确调控;遗传算法和粒子群优化算法则可在多目标优化问题中探寻全局最优解,优化各子系统的参数配置,实现热效率最大化,这些算法经过不断迭代和自我调整,能自动找寻最优的协同控制策略,进而提升蓄热设备的热效率与经济性。

(三) 优化策略的模拟与实验验证

优化策略的模拟与实验验证是保障机电系统协同控制方案有效性的关键步骤,借助计算机模拟,可对优化算法进行预先验证,模拟不同工况下系统的响应状况及热效率表现,模拟时能评估各类控制策略在不同参数条件下的效果,并对可能出现的风险进行预测。实验验证则在实际蓄热设备上开展测试,验证模拟结果的准确性与可靠性^[3]。实验通常涵盖热效率、设备响应时间、系统稳定性等方面的实际测量,对比实验前后的性能差异,进一步优化控制策略,经过模拟与实验的结合,可确保优化策略在实际应用中的效果和稳定性,为工业蓄热系统的高效运行提供理论依据和技术支持。

四、工业蓄热节能设备的应用实例与优化效果分析

(一) 典型工业蓄热设备应用案例分析

在多个工业领域,蓄热设备的应用实例彰显其在节能降耗中的关键作用,典型实例包含钢铁、玻璃及化工等行业的高温气体蓄热系统,钢铁行业里,蓄热设备回收余热并转化为可用热量,既降低能源消耗,又提升生产效率。玻璃制造时,蓄热设备辅助维持恒定高温环境,保障生产中热量稳定释放,化工行业的蓄热系统优化加热与储热过程,减少燃料用量,降低环境污染,这些实例表明,蓄热设备的高效应用可显著提升工业流程的热效率,带来经济与环保双重效益。

(二) 优化控制方案的实际应用效果评估

在优化控制方案的应用过程里,实际效果的评估是衡量其成功与否的核心关键环节,对蓄热设备在不同工况条件下的运行数据开展全面监测与深入分析,能够清晰明确优化控制策略在热效率提升层面的具体贡献值,评估标准具体包括能源消耗的实际减少量、热损失的具体降低幅度以及设备运行稳定性等多个方面。在应用效果评估过程中,重点聚焦于不同负载条件下,优化方案究竟如何有效提高设备的响应速度和调整精度,经过严谨的实验操作与细致的对比分析,评估结果为进一步优化控制算法提供了坚实的数据支撑,充分验证了优化控制方案在实际工业应用场景中的有效性。

(三) 基于协同控制的节能效果与经济性分析

基于协同控制的节能效果体现在热效率提升,还反映于整体运营成本的降低,协同控制策略的实施,多个子系统间可实现高效配合,避免能量浪费,实际应用中,协同控制能依据需求调整各系统运行状态,减少因系统不匹配导致的热量损失^[4]。协同控制提高设备运行稳定性,延长设备使用寿命,进而降低维护成本,经济性分析显示,借助合理的协同控制策略,蓄热设备在满足生产需求时显著降低能源费用,带来可观的长期经济效益。

结语:

对工业蓄热设备热效率优化与机电系统协同控制的研究,可显著提升设备整体性能与能源利用率,协同控制策略有效降低能源消耗,还改善系统稳定性和响应速度,进而推动节能减排目标的实现。随着技术持续进步和优化算法不断完善,未来工业蓄热系统将更趋智能化、精确化,进一步降低运营成本,提升经济效益,经过理论与实践的有机结合,蓄热技术将在工业节能领域发挥更为重要的作用。

参考文献

- [1]张昕阳,田川,李帅,等.基于工业余热的地理管跨季节蓄热发展现状[J].建筑技术,2025,56(09):1136-1142.
- [2]张飞龙,张丽颖.工业有机废气蓄热式热力燃烧治理设施安全性分析[J].广东化工,2025,52(01):122-124.
- [3]张亚飞,李亚飞,李学辉,等.治理工业恶臭废气用简易型蓄热催化燃烧装置[J].山东化工,2025,54(01):254-256.
- [4]彭扬东,彭建斌,桂树强,等.工业余热岩土跨季节蓄热分析[J].中国资源综合利用,2024,42(10):226-228.

作者简介:王彬,男,出生年份:1979年9月19日,汉族,籍贯:山东省郓城县,学历:工程硕士,职称:工程师,现研究方向:机电设计开发。