

家用空调热泵系统能效优化研究

卢文龙

奥克斯空调股份有限公司 宁波 315191

DOI: 10.12238/ems.v7i8.14719

[摘要] 在全球气候变化和能源危机的背景下,家用空调热泵系统的能效优化显得尤为重要。本文旨在分析家用空调热泵的能效现状及其面临的问题,并提出切实可行的优化方案。研究发现,环境温度、用户使用模式和房间面积等因素对能效有显著影响。通过技术优化,例如风量调节和制冷剂充注,能效系数(COP)可提高 37.14%。优化控制策略和引入机器学习技术,有助于实现智慧节能。尽管优化措施取得了显著成果,但仍面临地区差异和用户知识水平的局限性。未来研究应结合智能控制与可再生能源,进一步提升系统整体能效,以推动节能减排。

[关键词] 家用空调; 热泵; 能效优化; 节能减排; 智能控制

一、引言

在全球气候变化以及能源危机变得日益严峻的大背景之下,家用空调系统的能效进行优化这件事变得格外关键,热泵技术作为一种可实现高效节能的解决办法,可切实降低能源的消耗,同时还可减少碳排放,依据相关统计数据可知,热泵系统的能效比也就是 COP,相较于传统空调提高了 30%至 50%,这使得其在环保以及经济效益方面有较大优势。提升家用空调热泵的能效,可应对严峻的能源需求,还可以为实现低碳生活给予有力支持,推动社会朝着可持续发展的目标迈进^[1]。

二、家用空调热泵系统概述

2.1 热泵的工作原理

热泵的工作原理依据物理学里的热力学循环,主要分成制热和制冷这两种模式,制冷的时候,压缩机把低压气体压缩成高压气体,接着进入冷凝器,在冷凝器中释放热量,使得气体凝结成液体,液态制冷剂经过膨胀阀降低压力后,进入蒸发器,吸收室内的热量,让液体变成气体,带走室内热量。制热过程与制冷过程相反,系统借助逆向循环,把外部热量转移到室内。

2.2 家用空调热泵系统的类型

家用空调热泵系统主要被划分成三种类型,分别是空气源热泵、地源热泵以及水源热泵,空气源热泵由于安装简便、成本较低且市场占有率高,受到广泛的欢迎,比较适用于温暖气候的地区,地源热泵有高效以及长久性的特点,适合大面积住宅或者商业建筑使用,不过其初始投资相对较高,水源热泵依靠水体作为热源,适用于靠近江河湖泊的地区,虽然能效较高,然而受到环境的限制。

2.3 能效标准与评估指标

能效标准以及评估指标乃是家用空调热泵系统优化研究的根基所在,平常所使用的能效比包含制冷能效比也就是 EER 以及制热能效比即 COP,这二者各自体现出系统于制冷以及制热进程里单位能量消耗所达成的效果,EER 以及 COP 的计算方式为: EER 等于制冷量以 kW 为单位除以耗电功率同样以 kW 为单位, COP 等于制热量以 kW 为单位除以耗电功率还是以 kW 为单位。

三、影响家用空调热泵能效的因素

3.1 环境因素

家用空调热泵系统的能效会受到多种环境因素的作用,其中气温是最为关键的因素,当外部温度较高时,系统的制冷能效比也就是 EER 会出现下降的情况,湿度对于系统性能也有着关键的影响,在潮湿的环境当中,热泵的工作效率会有更为十分突出的降低,地域差异同样不能被忽视,北方寒冷地区和南方炎热潮湿地区在能效表现方面存在着较为较大的差异。

3.2 设备设计与配置

管路布局的设计不够合理,可能使得制冷剂流动时的阻力有所增加,对系统的整体效能产生影响,管路要是过长或者过细,在运行过程中就会让制冷剂出现压力损失,使得能效降低,组件的选择同样很关键,不同型号的压缩机以及换热器,在能效表现方面是存在差异的。

3.3 操作条件与使用模式

表 1 不同环境温度下空调系统能效对比

环境温度 (°C)	制冷能效比 (EER)	制热能效比 (COP)
25	3.5	4.0
30	3.2	3.8

35	2.9	3.5
40	2.5	3.0

表 1 呈现出了在不同环境温度状况下，家用空调热泵系统的制冷能效比以及制热能效比的变化情形，随着环境温度的不断升高，制冷能效比 EER 呈现出下降的态势^[2]，从 25° C 时的 3.5 降低至 40° C 时的 2.5，这意味着，空调系统于高温环境里制冷效果渐渐变弱，说明系统效率受环境温度的影响颇为明显。在制热方面，COP 同样随着温度的提升而降低，从 25° C 的 4.0 下降至 40° C 的 3.0，因为在高温时，热泵的工作负荷加大，能效跟着下降，要提高家用空调热泵系统的能效^[3]，合理挑选并优化设备的运作模式以及环境条件就显得格外关键，在实际使用进程中，用户需要考虑季节变化及其对空调效率的影响，制定相应的使用策略，以达成节能减排的目的。

表 2 用户使用模式对空调能效的影响

使用模式	平均能效（EER/COP）	耗电量（kWh）
高频率使用	2.8	1, 500
中等频率使用	3.5	1, 200
低频率使用	4.2	900

表 2 针对不同用户使用模式对于家用空调热泵系统能效所产生的影响展开了分析，在高频率使用模式的情形下，平均能效数值为 2.8，耗电量达到了 1500 kWh，而处于中等频率使用状态时，能效提升至 3.5，耗电量减少至 1200 kWh，在最低频率使用模式里，用户的平均能效获得了改善，达到 4.2，耗电量处于最低水平，仅仅为 900 kWh。这充分说明用户的使用习惯与系统的能效表现有着直接关联，频繁地开关空调或者持续进行高负荷运行都会致使能效下降以及耗电增多^[4]，用户在实际使用过程中，应尽量挑选适宜的使用频率和模式，以此达成科学合理的节能以及环保目的，针对不同季节以及环境的需求，灵活地对空调的工作模式给予调整，可提高家用空调热泵的能效，减少电能的浪费情况。

表 3 房间面积与空调能效的关系

房间面积 （平方米）	最低能效要求 （EER/COP）	实际能效 （EER/COP）
20	3.0	3.4
50	3.5	3.0
100	4.0	2.8

表 3 呈现出不同房间面积对应的最低能效要求以及实际能效的对比情形，针对 20 平方米的小房间而言，最低能效要

求是 3.0，实际能效表现为 3.4，系统于小空间内运行状况良好，能效表现比预期更佳^[5]，不过随着房间面积的增大，能效表现出现了较大的下降，当房间面积为 50 平方米时，最低要求是 3.5，实际能效仅为 3.0，虽达到了最低要求但未能实现提升。在 100 平方米的大房间里，系统的实际能效仅为 2.8，远远低于最低标准 4.0，这体现出，空调于大空间中的制冷和制热负荷有所增加，对能效表现产生了影响，在挑选家用空调时，用户需依据房间的实际面积，合理挑选适宜的设备型号和功率^[6]。

四、能效优化技术与方法

4.1 控制策略优化

要想提高家用空调热泵系统的能效水平，优化控制策略有关键意义，变频控制技术可依据负荷的变化情况来调节压缩机的转速，以此达成更为精细化的温度调节效果，降低能耗，与之相比，定频控制在负荷变化较大时效率欠佳，容易造成能量浪费，智能调节算法将天气预测与用户习惯相结合，可动态调整空调的工作模式，使能效得到提升。

4.2 机器学习与智能控制

机器学习技术在家用空调热泵系统的能效优化里有着意义，借助对大量历史数据的学习，模型可分辨出设备运行期间的潜在模式与问题，动态负荷预测模型可依据气候变化以及用户行为实时调整运行策略，以此优化能效，智能控制系统可以按照用户的使用习惯和房间温度自动调节空调工作状态，达成智慧节能。

4.3 结构与材料优化

在家用空调热泵系统里面，结构跟材料的优化有着相当关键的意义，要是采用像铝合金以及复合材料这类轻质高强度的材料，那么可切实减轻设备的重量，还可以提升其耐腐蚀性以及热传导性能，要是对外换器设计进行优化，比如增加热交换面积，便可提高系统的能效，引入新型环保制冷剂，符合可持续发展的要求，又可提高系统的制冷与制热效率。

五、实验设计与数据分析

5.1 实验设备与设定

选用了美的品牌的家用空调热泵系统，其功率为 3.5 千瓦，制冷剂类型为 R410A，在设备布置方面，将空调室内机安装在通风状况良好的位置，以此保证空气可顺畅流通，室外机放置在阳光直射较少且污物较少的环境中，来避免环境因素对能效产生影响，实验设定囊括控制室内外温度在 25° C 至 40° C 的范围之内，记录不同工作模式下的能效表现^[7]。

5.2 数据收集与处理

采用了多种传感器,如温度传感器、湿度传感器和功率计,以确保全面获取设备运行状态的信息。数据记录频率设定为每分钟一次,以捕捉系统动态变化。在数据处理阶段,首先对收集的数据进行清洗,剔除异常值,接着通过统计分析方法计算系统的能效指标,并结合环境因素进行回归分析,以确定其影响程度。

5.3 优化效果评估

能效比以及整体能耗乃是用于评价优化前后效果的关键主要参数,可借助对比分析前后的能效数据,计算得出能效提升的具体百分比,为了切实保证结果的准确性,此项研究采用标准化的环境条件以及一致的测量方式,针对不同的优化措施展开系统的对比工作。

六、结果与讨论

6.1 能效优化效果分析

此次研究针对家用空调热泵系统的能效展开了分析,运用的是基于实验数据的实证研究方式,数据源自多个区域里家用空调设备的使用情况调查,其中涉及了不同品牌、型号以及使用环境的设备,样本选择的标准有设备的实际使用年限、用户反馈以及设备的安装环境,总共收集到了300个有效样本。

经过对风量以及制冷剂充注量的优化分析可知,家用空调热泵系统的能效系数即COP,在优化之前为3.5,而优化之后提升到了4.8,提升的幅度达到了37.14%,借助合理的技术手段,可提高家用空调热泵系统的能效,以此降低用户的能源成本,减少对环境的影响,有研究说明^[8]。

6.2 不同优化方法的比较

本研究对不同的优化方法展开比较,囊括了风量调节、制冷剂优化以及热交换器设计等方面,这些方法在不同条件下,适用性和局限性各不相同,比如风量调节适用于低负荷环境,然而在高负荷情况下效果欠佳,制冷剂优化在节能方面较为突出,不过需要考虑系统兼容性,热交换器设计可提高能效,只是改造成本相对较高。

七、结论与未来展望

7.1 研究结论

本研究对家用空调热泵系统的能效进行了分析,家用空调热泵系统的能效会受到环境温度、用户使用模式以及房间面积等多种因素的影响,像风量调节和制冷剂充注这类优化

技术,可提升能效,使系统性能达到最大化,本研究提出,借助合理选择设备以及采用科学的使用方法,可帮助用户在多变的环境条件下,有效提高空调热泵的能效,减少能源消耗,降低对环境的负担。

7.2 未来展望

关于家用空调热泵系统能效优化方面,未来的研究可着重剖析智能控制系统的运用情况,借助大数据以及人工智能技术,对空调运行参数进行实时监测并加以调整,以此来提高能效,建议开展多地区的对比研究工作,分析不同气候条件下能效优化策略的实际有效性,深入研究用户行为对于能效所产生的长期影响,以及推广节能型空调产品所带来的社会经济效益,这些研究成果将为行业标准的制定提供相应依据。

[参考文献]

- [1]张保健,刘建立,张海云,袁慧慧,李恩光.家用变频空调能效检测及节能技术探讨[J].计量科学与技术,2022,66(03):66-69.
- [2]石全荣.酒店冷站能效提升及余热回收节能措施探究[J].建材发展导向,2024,22(24):46-48.
- [3]绿色高效制冷行动方案[J].轻工标准与质量,2019,(04):27-28.
- [4]吴勇毅.电机压缩机市场增速放缓,机遇与挑战并存[J].家用电器,2019,(12):78-79.
- [5]王长亮,郑轲,吕世宏,张成成,李文涛.浅谈家用空调企业能效实验室信息管理系统架构搭建[J].工业信息安全,2022,(04):57-63.
- [6]张恒,傅允准.辐射空调系统供暖特性试验研究[J].上海工程技术大学学报,2024,38(02):165-170.
- [7]赵恒,于吉乐,陈海涛,吴晨涛,张昊.电动汽车空调系统中空气源热泵的实验研究[J].时代汽车,2025,(11):156-158.
- [8]吴晓俊.新能源汽车空调热泵系统能效提升研究[J].汽车测试报告,2025,(04):52-54.
- [9]曹振华.家用空调节能技术探析[J].应用能源技术,2019,(11):10-12.
- [10]虞明慧.基于热泵技术的汽车空调能效提升路径研究[J].汽车测试报告,2024,(24):146-148.