

AI智能在数据中心制冷系统应用探索

张冬冬¹ 李培仁¹ 魏涛¹ 贾桥龙² 张志涛¹

1. 昆仑数智科技有限责任公司 北京 010000

2. 诚通人力资源有限公司 北京 010000

摘要: 随着大数据时代的来临, 数据中心作为数据处理和存储的关键设施, 其能耗问题日益凸显。制冷系统作为数据中心的重要耗能部分, 其能效提升成为节能降耗的关键。本文深入探讨了AI智能在数据中心制冷系统中的应用^[1], 分析了其优化制冷策略、降低能耗和提高能效的作用机制, 并结合具体案例进行实证分析, 最后提出了未来研究方向和应用前景。

关键词: 数据中心; 制冷系统; AI智能; 能效优化

引言

数据中心作为现代社会信息处理的枢纽, 其稳定运行对于保障信息安全、推动数字经济发展具有重要意义。然而, 随着大数据技术的广泛应用和数据量的爆炸式增长, 数据中心的能耗问题愈发严重。制冷系统作为数据中心的重要耗能部分, 其能耗占比较大, 且能效提升的空间较大。因此, 如何降低制冷系统的能耗, 提高能效, 成为当前研究的热点^[2]。

近年来, 人工智能(AI)技术的快速发展为制冷系统的优化提供了新的思路。AI智能算法能够通过对大数据的分析和处理, 实现制冷策略的精准优化, 从而达到降低能耗、提高能效的目的^[3]。本文旨在探讨AI智能在数据中心制冷系统中的应用, 分析其优化制冷策略、降低能耗和提高能效的作用机制, 并结合具体案例进行实证分析, 为数据中心的节能降耗提供新的思路和方法。

一、数据中心制冷系统概述

数据中心的制冷系统通常采用风冷或水冷方式, 通过冷却设备将热量从数据中心内部排出, 保持设备在适宜的温度范围内运行。制冷系统的能效直接关系到数据中心的能耗水平和运营成本。传统的制冷系统往往存在能耗高、效率低等问题, 难以满足数据中心日益增长的能耗需求。

为了提高制冷系统的能效, 研究者们提出了多种优化方法, 如改进冷却设备、优化冷却介质、提高冷却效率等。然而, 这些方法往往依赖于硬件设备的升级和改造, 成本较高且效果有限。因此, 需要寻找一种更加智

能、高效的方法来优化制冷系统。

二、AI智能在制冷系统中的应用

AI智能在制冷系统中的应用主要体现在以下几个方面:

(一) 预测性维护

AI技术可以通过对制冷系统的运行数据进行实时监测和分析, 预测设备的故障发生概率和故障类型。基于这些预测结果, 可以提前制定维护计划, 采取预防性维护措施, 避免设备故障导致的停机时间和能耗损失。同时, AI技术还可以对维护过程进行智能化管理, 提高维护效率和质量。

(二) 智能控制策略

AI技术可以根据数据中心的实时环境参数(如温度、湿度等)和设备运行状态, 通过机器学习算法学习出最优的控制策略, 实现对制冷设备的精准控制。例如, 根据数据中心内的温度分布, 动态调整冷却设备的风速和温度, 确保设备在最佳的工作状态下运行。这种智能控制策略可以有效降低制冷系统的能耗, 提高能效。

(三) 能效优化模型

AI技术可以构建制冷系统的能效优化模型, 通过对历史运行数据的分析和学习, 找出影响制冷系统能效的关键因素和规律。基于这些规律和知识, 可以制定出更加科学合理的能效优化方案, 实现制冷系统能效的显著提升。同时, 能效优化模型还可以根据数据中心的实时运行状态和环境变化, 动态调整优化策略, 确保制冷系统始终保持在最佳的工作状态。

三、案例分析

为了验证AI智能在数据中心制冷系统中的应用效果,本文选取某大型数据中心作为案例进行实证分析。该数据中心采用传统的制冷系统,存在能耗高、效率低等问题。为了降低能耗和提高能效,该数据中心引入了AI智能优化技术。

(一) 项目概况

该数据中心制冷系统有4台水冷离心式冷水机组,按照3用1备的模式运行,每台机组制冷量为4152kW(1200RT),冷水机组冷冻水供水温度为12℃,回水温度为18℃,冷却水供水温度为32℃,回水温度为37℃。该数据中心共设置12个模块机房,每机房配置10台房间式精密空调,并设置有空调自控系统(BA),系统主要对暖通空调系统进行监控,系统设计采用分布式楼宇自控系统。

1. 项目改造

(1) 末端改造

温度场建模需要采集机房内各个温度监测点的数据,才能对模型进行合理整定。

该数据中心机房内采用冷通道封闭形式,每条冷通道配置3个温湿度传感器,热通道配置3个温湿度传感器,冷通道封闭上方另行配置3个温湿度传感器,以增加采集数据的多样性。

另需在冷热通道新增温度采集点位,采集送风和出风温度,所有点位均通过新增采集单元接入至现有动环平台。

(2) 冷源侧BA改造

在能源中心内的冷水机组主机控制屏增加通信模块,将冷机运行数据上传至BA系统。

冷水主机冷冻水侧、冷却水侧供回水管增加压力传感器、温度传感器,冷冻水侧、冷却水侧供水管增加电磁式流量计,实时监测系统流量、温度、压力,作为调优系统的参数输入。冷却塔出水口增加电动阀,使冷却水被充分有效利用。

将新增的冷却塔变频控制柜、冷却水泵变频控制柜、冷冻水泵变频控制柜的变频控制接入BA系统。

2. 效果分析

(1) 该数据中心利用AI技术对制冷系统进行预测性维护。通过实时监测和分析制冷设备的运行数据,预测出潜在的故障点和故障类型,并提前采取维护措施。这有效避免了设备故障导致的停机时间和能耗损失,提高

了制冷系统的稳定性和可靠性。

(2) 该数据中心采用AI智能控制策略对制冷设备进行精准控制。根据数据中心的实时环境参数和设备运行状态,AI算法学习出最优的控制策略,并自动调整冷却设备的风速和温度。这种智能控制策略使得制冷设备能够在最佳的工作状态下运行,降低了能耗并提高了能效。

(3) 该数据中心还利用AI技术构建了制冷系统的能效优化模型。通过对历史运行数据的分析和学习,找出影响制冷系统能效的关键因素和规律,并制定出相应的优化方案。这些优化方案包括改进冷却设备、优化冷却介质、提高冷却效率等,实现了制冷系统能效的显著提升。

3. 调优节能结果分析

为评估AI调优算法的性能,依据数据中心现场运行的数据集,选取7天(整自然周)数据作为对照工况,数据用于系统模型建立和强化学习的训练。选取7天(整自然周)数据作为优化工况进行案例分析。

选定室外温湿度数值保持一直。在对照工况下,制冷系统的单日平均能耗为42703.2 kWh,平均PUE为1.46;在优化工况下,制冷系统的单日平均能耗为39543.2 kWh,平均PUE为1.42。与对照工况相比,制冷系统优化后平均节能率为7.4%,平均能效提升2.7%。

该数据中心经过AI智能优化后,降低了制冷系统能耗,同时保证了设备的稳定运行和数据中心的高效运营。这一成功案例充分证明了AI智能在数据中心制冷系统优化中的重要作用和潜力。

四、当前AI智能存在问题

本文深入探讨了AI智能在数据中心制冷系统中的应用,分析了其优化制冷策略、降低能耗和提高能效的作用机制,并结合具体案例进行了实证分析。研究表明,AI智能在数据中心制冷系统优化中具有重要作用,能够显著降低能耗和提高能效。然而,AI智能在制冷系统优化中的应用仍处于探索阶段,还存在一些挑战和问题。例如:

(一) 数据获取与处理的挑战

制冷系统的优化需要大量的实时数据作为支撑,包括温度、湿度、压力、流量等。然而,数据的获取可能受到设备限制、通信协议不统一等因素的影响,导致数据不完整或准确性不足。此外,数据的处理和分析也需要高效的算法和强大的计算能力,以提取出对优化有价值的信息。

（二）模型泛化能力的限制

AI智能在制冷系统优化中通常依赖于机器学习模型。然而，这些模型往往基于特定的数据集和场景进行训练，其泛化能力可能受到限制。当面对不同的制冷系统或环境变化时，模型的预测和优化效果可能会受到影响。

（三）算法优化与调整的难度

制冷系统的优化是一个复杂的过程，涉及多个参数和变量的协同调整。AI算法需要不断地进行迭代和优化，以适应系统的变化和达到更好的优化效果。然而，算法的调整和优化需要专业的知识和经验，这增加了应用的难度。

（四）技术与成本的权衡

虽然AI智能在制冷系统优化中具有显著的优势，但其应用也需要考虑技术与成本的权衡。高效的AI算法和数据处理技术通常需要较高的投入，包括硬件设备、软件开发和人员培训等方面的成本。因此，在实际应用中，需要根据具体的需求和预算进行权衡和选择。

（五）安全与隐私的考虑

制冷系统的优化涉及大量的数据交换和传输，这可能会引发安全和隐私方面的问题。例如，数据的泄露或滥用可能对企业的运营和客户的隐私造成威胁。因此，

在应用AI智能进行制冷系统优化时，需要采取必要的安全措施和隐私保护策略。

综上所述，虽然AI智能在制冷系统优化中具有广阔的应用前景，但实际应用中仍然存在一些问题需要解决。为了充分发挥AI智能的优势，需要不断深入研究和技术创新，以克服这些挑战并推动制冷系统的优化发展。

五、结论与展望

AI智能在数据中心制冷系统中的应用具有广阔的前景和潜力。通过智能算法优化制冷策略，可以实现能耗降低和效率提升，为数据中心的可持续发展提供有力支持。未来，随着AI技术的不断发展和完善，相信其在制冷系统优化方面将发挥更大的作用。

参考文献

- [1] 李代程, 孙晓峰, 方良周等. 数据中心制冷系统AI节能技术及其应用白皮书 ODCC-2023-02008
- [2] 杨勇. 数据中心制冷方案和提高制冷效果措施分析研究[J]. 有线电视技术, 2018, 25(3): 3.
- [3] 《国家信息化领域节能技术应用指南与案例(2022年版)》之五: 数据中心节能提效技术(智能化运维管理技术)