

Application and optimization strategy of high efficiency computer room in commercial complex building

Xiansong Cheng

CCCC Mechanical and Electrical Engineering Bureau Co., Ltd., Beijing, 100088, China

Abstract

This article explores the application and optimization strategies of high-efficiency machine rooms in commercial complexes. As urbanization accelerates and commercial complexes become more prevalent, energy consumption has become a significant issue. The construction of high-efficiency machine rooms is crucial to addressing this challenge. The study begins with an overview of high-efficiency machine rooms, followed by a detailed discussion on their specific applications in commercial complexes, including project simulation and system optimization, power system equipment selection, and the implementation of intelligent control systems. Finally, it proposes optimization strategies for high-efficiency machine rooms, covering design optimization, operation and maintenance management, and technological innovation. The research findings indicate that optimizing the application and strategy of high-efficiency machine rooms can significantly reduce energy consumption in commercial complexes, enhance operational efficiency, and provide strong support for the sustainable development of efficient, green, and smart buildings.

Keywords

efficient computer room; commercial complex building; energy saving technology; intelligent management; energy efficiency

高效机房在商业综合体建筑中的应用与优化策略研究

程先松

中交机电工程局有限公司, 中国·北京 100088

摘要

本文探讨了高效机房在商业综合体建筑中的应用及其优化策略。随着城市化进程的加快和商业综合体建筑的普及,其能耗问题日益突出,高效机房的建设成为解决这一挑战的关键。本研究首先介绍了高效机房的概况,随后探讨了高效机房在商业综合体建筑中的具体应用,如工程概况模拟和系统优化、电力系统设备选型和智能化控制系统策略与实施。最后提出了高效机房的优化策略,涵盖设计优化、运维管理和技术创新等方面。研究表明,高效机房的优化应用和策略研究分析,能显著降低商业综合体建筑能耗,提高运营效率,为构建高效绿色智慧建筑的可持续发展提供了有力支持。

关键词

高效机房; 商业综合体建筑; 节能技术; 智能化管理; 能源效率

1 引言

随着国内城市化进程的加快和商业综合体建筑的普及,商业综合体建筑作为城市商业活动的重要载体,其规模和复杂性不断增加,然而商业综合体建筑的能耗问题日益严峻,已成为制约其可持续发展的主要瓶颈。高效机房率先在美国、新加坡等对节能要求更高的国家兴起,其高效机房节能特性做法已逐渐被暖通空调行业认可。为更好推进大型公共建筑制冷节能,实现“碳达峰”“碳中和”达成节能减排目标,加强公共建筑能耗监测管理,降低暖通能耗,在此背景下高效机房的概念应运而生,成为降低商业综合体建筑能耗、提高运营效率的关键解决方案。本文应用研究旨在深入探讨高

效机房在商业综合体建筑中的应用,在低碳领域率先提出高效机房优化解决方案。分析其核心特征,以高效运行为基础,以过程优化为保障,并提出相应的优化策略,以期构建高效绿色智慧建筑、智能化发展提供理论指导和实践参考。

2 高效机房概述

高效机房定义:在满足末端冷负荷需求的前提下,能综合考虑负荷匹配度、系统用能合理性等各方面因素,运用恰当的控制方式与人员管理制度,合理地控制系统中各设备及参数,以实现系统高效运行的空调制冷机房。

行业标准:制冷机房综合能效 ≥ 5.0 (小于 0.70kw/RT)即为高效机房。制冷机房综合能效(EERs)定义为制冷机房系统总制冷量和总用电的比值,是判断机房运行能耗高低的基础依据之一。对于电制冷水式机组的冷机房,即多台制冷机制冷量之和与制冷机、冷冻水泵、冷却水泵及冷却塔的

【作者简介】程先松(1973-),男,中国湖北武汉人,本科,工程师,从事轨道交通暖通空调机电研究。

用电量之和的比值。即可总结为：集中空调制冷机房系统能效 = 制冷主机能效 + 冷冻水泵能效 + 冷却水泵能效 + 冷却塔能效^[1]。

能效要求：按《集中空调制冷机房系统能效监测及评价标准》，1级制冷机房能效在系统冷量 < 500RT 的系统需达到 4.6，冷量 > 500RT 的系统需达到 5.0；按美国建筑技术协会 ASHRAE 标准，高效制冷机房能效需在 0.7kW/RT 以内，换算 EER > 5。

3 高效机房在商业综合体建筑中的应用方案

高效机房的核心要素包括四大部分：高效设备、减少能耗、系统温度优化、系统控制。高效机房在商业综合体建筑中的应用方案主要体现在空调系统模拟优化、电力设备参数及选型和空调系统智能化控制策略实施应用三个主要方面。

3.1 工程概况模拟和系统优化

使用通过 ASHRAE140 标准的测试并获得国际认证建筑能耗模拟软件性能标识的建筑能耗模拟工具，根据商业建筑高效制冷机房技术规格书中的设计概况及设备需求一览表，确定空调制冷总负荷，模拟计算工况及条件；承包商可对规定模拟工况，对实施可行性和实施方案进行详细描述；冷机全年性能系数为冷水机组全年累计制冷量与其累计用电量的比值；结合商业建筑当地典型年天气数据，通过逐时气象参数，确认各负荷分配比例，确认全年综合能效预期目标，依据对实施的商业建筑项目典型日、典型月以及全年运行建筑负荷特征的分析，匹配建筑负荷特性；根据建筑负荷特征，对本项目空调系统的各项设备进行优化选型，主要优化方法为采用变频设备，提高设备的工作效率，同时对机房系统管路进行优化，降低主机水压降、采用低阻力阀件等，达到减少系统管路阻力，进而提高系统能效的目的。

3.1.1 主机选型优化

通过冷水机组选型，对机组选型进行优化，可通过加大壳管、增加两器内换热管数量等方式，降低两器水阻力，以此对机房水路压力损失进行优化。

3.1.2 循环水泵选型优化

循环水路扬程由 H1 蒸发器的水压降损失、H2 最不利环路循环水量经过管网的水头损失、H3 末端设备的水头损失与 H4 系统局部阻力损失组成。根据以上阻力构成，通过控制设备水阻和机房管路优化，降低管路沿程阻力及局部阻力，管路优化可通过减少机房内部管道的弯头数量，扩大机房内部管段的管径，选用低阻力阀件，适当放大分集水器等。为保证水泵运行在高效区间，需结合流量扬程与管网特性曲线，并要求水泵效率尽可能 ≥ 80%，循环水系统采用变频控制^[2]。

3.1.3 冷却塔选型优化

冷却塔是空调系统的主要设备之一，冷却塔制冷能力直接影响空调机组制冷能耗，优化冷却塔设备可有效提升空调系统整体能效。根据商业建筑综合体制冷空调计算室外湿球温度约为 26℃，为提升冷却塔冷却性能，优化方案冷却塔选型按照湿球温度 28℃、冷却塔逼近度 3℃选型。同时考虑到冷却塔风机变频可根据室外气象变化调节运行工况，提升冷却塔冷却性能，冷却塔优化选型采用变频风机。

3.2 电力设备参数及选型

目前市场上使用的三大知名品牌冷水机组，三大品牌制冷主机选型品牌为 特灵、约克、开利、进行能效模拟对比，在满足业主技术要求的前提下，用方案对比来选用制冷主机品牌。根据冷却塔选型及性能曲线图选用性价比高的冷却塔。根据空调水泵选型及性能曲线图选用冷却水泵和冷冻水泵。

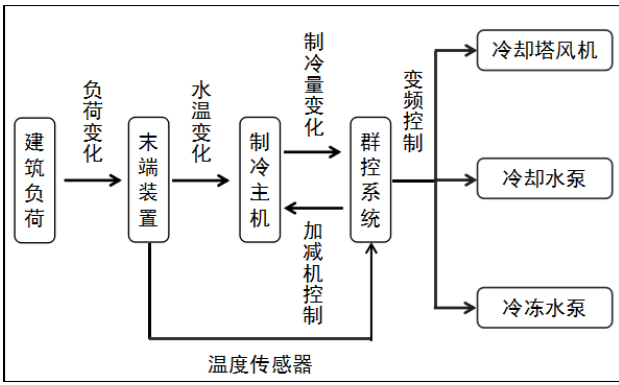
3.3 空调系统智能控制策略与实施

基于项目建筑负荷特征，确定商业建筑综合体的方案群控系统逻辑流程，当建筑负荷发生改变时，末端出水温度会发生改变，温度改变的冷冻水回水经过变频制冷主机时，主机感应到并通过变频调节制冷量以适应当前的建筑负荷。与此同时群控系统接收来自变频制冷主机的信号，根据制冷量变化情况来控制制冷主机的开启台数；也接收冷冻水管路上安装的温度传感器反馈的温度信息，根据反馈的温度信息来控制变频冷冻水泵、变频冷却水泵以及变频冷却塔风机运行状态。通过群控系统的控制，实现系统的高效运行。系统管理和能源监控管理界面的二次开发需选用中小型 PLC 控制系统，收集机房的温度、湿度、能耗、负荷和室内舒适性等数据，覆盖整体模拟量和数字量的监控点位显示，方便运营及操作^[3]。主要监控界面包括：系统监控、能源管理、能效日历及历史数据、能效监测等。

4 高效机房的优化策略研究

高效机房的优化策略主要包括设计优化、技术创新、运维管理三个方面。在冷水机组、冷却塔、冷水泵设计优化方面，应采用整体化设计理念，充分考虑机房各系统的协同效应。

冷水机组控制策略：根据现场机组的使用工况，以及结合群控系统的控制范围，如图 3.1 所示，控制策略根据系统的能效比 EER 值来确定机组的组合方式及系统的加减载切换点，这种方案的特点是考虑了机组及辅助设备的功率，保证系统在最大的能效比下运行。变频主机存在部分负荷下最优运行区间，通过机组性能曲线进行分析，对全工作范围进行能效分区，确定并联变频主机运行台数切换最优临界点，形成最优运行区域分布图，使机组始终运行于高效区间。



3.1 冷水机组群控系统流程图

冷冻水变频控制策略：根据现场的使用工况，以及结合群控系统的控制范围，变频冷冻水泵采用变温差控制策略，所谓变温差控制即为通过调节水泵的工作频率，在冷水供回水干管之间保持系统给定的温差。冷冻水系统变温差控制，有利于不同负荷率条件主机与冷冻泵寻优控制，温差设定范围一般设定在 4~6℃ 之间，具体区间根据项目实际需求修正。根据水泵最优效率曲线区间确定水泵运行台数和运行频率；变频水泵在不同频率下均存在最优高效流量区间，根据水泵特性曲线，建立多台水泵最优运行区域，精准确定台数加减载最优切换点。系统投入运行时，通过运行数据自动分析，自主修正水泵台数加减机设定值，最大限度降低泵组能耗。

冷却变频水泵控制策略：冷却水变温差控制方法，是指通过控制冷却水流量保证冷却水的供回水温差满足设定值。当空调系统处于部分负荷工况下时，冷却水进出口温差会变小，此时控制器会减小冷却水流量，以保证冷却水进出口温差为设定值。另外为了保证冷水机组冷凝器的安全运行，一般会设置频率下限，保证冷却水流量不低于最小流量。冷却塔风机控制策略：根据现场的使用工况，结合群控系统的控制范围，冷却塔变频风机控制策略同时采用逐步寻优法以及多风机集群控制法。所谓逐步寻优法是指通过检测冷却总管的回水的温度、温降速率，通过群控的内部算法换算，调节冷却塔风机的频率，频率控制根据主机预设的冷却总管温度设定值进行控制。冷却水出水温度根据室外湿球温度采用变逼近度控制法，不同室外湿球温度动态设定冷却塔出水温度控制值^[4]。

冷却塔风机控制策略：根据现场的使用工况，结合群控系统的控制范围，冷却塔变频风机控制策略同时采用逐步寻优法以及多风机集群控制法。所谓逐步寻优法是指通过检测冷却总管的回水的温度、温降速率，通过群控的内部算法换算，调节冷却塔风机的频率，频率控制根据主机预设的冷

却总管温度设定值进行控制。冷却水出水温度根据室外湿球温度采用变逼近度控制法，不同室外湿球温度动态设定冷却塔出水温度控制值。所谓多风机集群控制法是指通过冷却塔与机组采用“多”对“一”的方式，利用冷却塔自身不开风机时的散热能力进行节能。通过群控的内部算法控制在“不同冷却塔台数”与“机组合数”的频率上限值，以达到更加节能的目的。

在运维管理方面，应建立完善的监控系统和运维流程，实现机房的智能化管理。通过部署传感器网络和数据平台，实时监测机房的运行状态，及时发现和解决潜在问题。

在技术创新方面，应持续关注 and 引入新兴技术，如人工智能、物联网、5G 网、AI 大数据模型优化控制策略等不断提升机房的智能化水平。智能控制策略在高效机房中具有明显的优势，与传统控制方法相比，智能控制策略能够实时感知环境变化和系统需求，并根据数据分析和优化算法自动调整控制策略，以实现更高的能源利用效率。随着人工智能和大数据技术的不断进步，智能控制策略将更加智能化、自适应和可持续，为高效机房的能源管理和运行优化提供更多创新的解决方案。

5 结论

高效机房作为商业综合体建筑的重要组成部分，在提高能源效率、降低运营成本方面发挥着关键作用。本研究通过分析高效机房的特点及应用领域和优化策略，揭示了高效机房在商业综合体建筑中的重要作用。研究表明，高效机房通过整合先进的节能技术、智能化管理系统和模块化设计理念，能够显著提高商业综合体建筑的能源利用效率，降低运营成本，同时确保系统的高可靠性和可扩展性。未来随着新技术的不断涌现和应用，高效机房将继续向更智能、更高效的方向发展。人工智能、物联网等技术的深入应用将进一步提升机房的自动化水平和能源管理能力。总的来说，高效机房的建设和发展将为商业综合体建筑的绿色化、智能化转型提供有力支撑，推动城市商业综合体建筑的可持续发展。

参考文献

- [1] 徐伟. 中国高效空调制冷机房发展研究报告(2021)[R]. 北京: 中国建筑工业出版社 2022: 1-23
- [2] 清华大学建筑节能研究中心. 中国建筑节能年度发展研究报告2022(公共建筑专题)[M]. 北京: 中国建筑工业出版社 2022:19
- [3] T/CECS 1100-2022 高效空调制冷机房评价标准. 北京: 中国建筑工业出版社 2022
- [4] 徐鹏 沙华晶著 AI时代的高效制冷机房. 北京: 中国建筑工业出版社 2023: 1-168