

数据中心用风冷式空调制冷系统节能应用

高琦

中通服咨询设计研究院有限公司, 江苏南京 210000

DOI: 10.61369/SSSD.2025060020

摘要 : 随着科学技术的发展, 越来越多新型节能材料、技术不断问世, 这为数据中心的“节能减排”、制冷系统优化提供了极大的可能。借助这些材料、技术, 可以有效缓解数据中心运用的大能耗、高热量等问题。本文分析了数据中心、风冷式空调制冷系统概念、节能降耗的重要性以及数据中心的能耗现状, 并从应用新型材料和新技术、应用智能控制和监测设备、升级 AHU (空气处理单元)、应用新能源、应用新设备、应用组合式通风系统等多个方面讨论其风冷式空调制冷系统优化节能的办法。

关键词 : 数据中心; 风冷式空调制冷系统; 节能应用

Energy-Saving Application of Air-Cooled Air-Conditioning Refrigeration System in Data Center

Gao Qi

China Communications Services Consulting and Design Institute Co., Ltd., Nanjing, Jiangsu 210000

Abstract : With the development of science and technology, more and more new energy-saving materials and technologies continue to emerge, which provides great possibilities for "energy conservation and emission reduction" and refrigeration system optimization in data centers. With the help of these materials and technologies, problems such as high energy consumption and high heat in data centers can be effectively alleviated. This paper analyzes the concepts of data centers and air-cooled air-conditioning refrigeration systems, the importance of energy conservation and consumption reduction, and the current situation of energy consumption in data centers. It also discusses the methods for optimizing and saving energy in air-cooled air-conditioning refrigeration systems from multiple aspects, such as the application of new materials and technologies, the application of intelligent control and monitoring equipment, the upgrading of AHU (Air Handling Unit), the application of new energy, the application of new equipment, and the application of combined ventilation systems.

Keywords : data center; air-cooled air-conditioning refrigeration system; energy-saving application

在数字化浪潮席卷全球的当下, 数据中心作为信息存储与处理的核心枢纽, 其规模与算力需求持续攀升, 但高能耗、高热量问题也随之成为制约行业发展的关键瓶颈。而随着科学技术的飞速进步, 新型节能材料与技术的不断涌现, 为数据中心突破这一困境带来了新的曙光。这些创新成果不仅为“节能减排”目标的实现提供了技术支撑, 更为制冷系统的优化升级开辟了广阔空间^[1]。

一、数据中心、风冷式空调制冷系统概念分析以及节能降耗的重要性

(一) 相关概念分析

1. 数据中心概念分析

在信息技术飞速发展的同时, 其所带来数据数量也呈现出几何倍的增长, 因此, 各个城市、地区的数据中心如雨后春笋般快速建立起来。在人们的主观印象中, 数据中心往往是一个公司、部门的重中之重, 旁人甚至非相关人员都禁止靠近。本文中的数据中心, 则属于“广义”上的内容, 它并不是单独存在的, 而是一座或是多座城市数据的聚集地, 一旦数据运行超过荷载量, 就

会发生火灾、短路等问题, 影响人们的正常使用, 而风冷式空调制冷系统的优化, 不仅可以达到常规降温效果, 还可以更大程度的“节能减排”^[2]。

2. 风冷式空调制冷系统概念分析

风冷式空调制冷系统通常由以下几部分构成: 冷却塔、空气循环组件、蒸发器、冷凝器等。其中, 冷却塔, 负责吸收空气、水中的热量, 实现冷却; 空气循环组件, 负责交换冷热空气, 降低室温; 蒸发器、冷凝器, 则负责将热能的搬运工作, 达到最终降温的目的。

(二) 节能降耗的重要性

在数据中心, 由于需要同时运行数量极多的设备, 而这些设

备在运行过程中会产生大量的热量，如果不对其进行降温处理，一旦达到热量的临界点，就会发生自燃、短路、火灾等事件^[3]。而风冷式空调制冷系统的应用可以有效改善上述问题。第一，它采用的是自然对流散热的方式，无需额外能源供应，轻松做到降温、节能、减少噪音；第二，它可以根据数据中心的温度、湿度，自行调节风速、风量，因此，被广泛应用于大大小小的数据中心中^[4]。

但是，风冷式空调制冷系统并非十全十美，一旦遇到高湿度环境、发热设备大于自身冷却能力时，该系统的除湿效果、冷却效果便会大打折扣，无法满足降温除湿需求。针对这些问题，采用优化空气循环组件结构、先进的冷却塔设计、智能化管理手段等，可以有效提高其降温除湿效果，同时还能大大节约能耗。而这些手段便属于节能降耗的范畴。

1. 降低数据中心运营成本

数据中心在运行过程中，除了需要启动数量庞大的设备外，还需要购置先进的冷却系统，这在一定程度上加大了其能源的消耗量。通过在风冷式空调制冷系统中应用新技术、升级新设备，意味着提高冷却系统效能、减少电费支出，进而达到提高经济效益的目的。这对于竞争环境日益激烈的数据中心来说，无疑是个很大的优势^[5]。

2. 减少周边环境污染

数据中心产生的能耗中往往存在一些“碳”，而这些“碳”会随着冷却系统排放水中、空气中，进而污染周围环境。通过一系列优化手段的应用，可以有效减少碳排放量，落实企业环保责任^[6]。

二、数据中心能耗现状

(一) 主要能耗来源

1. 服务器、网络设备、存储设备等 IT 硬件设备带来的能耗。
2. UPS、照明、空调等基础设施设备产生的能耗。
3. 数据中心运维等其他能耗。

(二) 主要能耗现状

1. 根据我国某数据中心五年内能耗数据来看，基础设施能耗占仅占30%，而数据中心总能耗的60%以上来自 IT 设备。以下是数据中心具体的能耗数据表格：

| 能耗类别 | 能耗占比 (%) |
|---------|----------|
| IT 设备能耗 | 60% |
| 基础设施能耗 | 30% |
| 其他能耗 | 10% |

2. 节能潜力分析

由于数据中心能耗源，多为各类设备，往往通过升级技术、设备，即可解决能耗大的问题，因此，其节能潜力大^[7]。一方面，这些设备多为电子设备，工作时会产生大量热量，导致冷却能耗增加。例如服务器、存储阵列等，通过升级散热技术，可降低冷却能耗。另一方面，设备运行存在效率提升空间，优化控制算法能使设备按需精准运行，减少不必要能耗^[8]。

(三) 数据中心风冷式空调的应用

随着信息技术进步和云计算的广泛应用，数据中心已成为全球信息基础设施的关键环节。为了让数据中心达到高效、可靠且低耗运行的目的，选对冷却系统至关重要。

风冷式空调是当前数据中心常用的高效制冷技术，核心是通过空气循环输送冷量，既能降低机房温度，又能保障服务器高效运行。和传统的水冷、液冷空调比，它占地空间小、安装流程简单、维护成本低，尤其适合中小型数据中心使用^[9]。

另外，风冷式空调的适应能力很强，在不同环境中的工作表现非常优秀。例如，在南方高温潮湿地区，它能有效控制机房湿度，防止设备结露；在北方寒冷地区，又能有效减少能源消耗，提升能效。

实际使用中，风冷式空调常采用三级蒸发器设计，分别对应预冷空气的低温蒸发器、直接降温的中温蒸发器和调节新风温度的高温蒸发器。这种设计让系统的整体能效和制冷效果远高于其他空调^[10]。

三、节能技术在风冷式空调制冷系统中的应用

在全球能源消耗持续提高的今天，各个国家的人们也越来越意识到环保的重要性。风冷式空调制冷系统，既是家庭中常见的冷却设备，也是商用建筑中常用的冷却设备，同时，该系统还具有一定的节能作用。下面讨论了一些能够有效优化风冷式空调制冷系统运行性能的节能措施和技术。

(一) 应用新型材料和技术

例如纳米材料、热管在风冷式空调制冷系统中的应用，可以在保证制冷效果的同时，提高导热效率，进而实现节能预期。此外，一些精密控制设备的加入，如高级算法、微处理器，能够更好地管理热量传递效率，提高制冷系统整体效能^[11]。

(二) 应用智能控制和监测设备

在人工智能技术越来越成熟的今天，“人工智能系统 + 实时传感器 + 调控设备”的组合，不仅可以根据数据中心的温度，自行调节风冷式空调制冷系统的输出功率，使其室内、设备温度和湿度始终保持在合理范围内，还可以通过分析历史运行数据，预判设备可能出现的过热、过载等风险，提前发出预警并自动调整负载分配，进而实现提高散热效率、稳定数据中心运行的节能降耗双重目标。

(三) 升级 AHU (空气处理单元)

AHU (空气处理单元) 作为风冷式空调制冷系统的核心所在，具有输送、调节经过预处理空气的功能。新一代 AHU (空气处理单元) 的替换，如低阻力过滤器、高效变频风机、集成热回收装置、搭载智能风量调节模块等能够大大降低整个制冷系统的能耗、功率^[12]。例如，低阻力过滤器替代原有过滤器后，能够有效减少空气流通时的阻力，风机无需持续处于高功率状态即可完成风量输送功能。

(四) 应用新能源

作为新能源中常见常用的技术，太阳能不仅清洁，还具有极

强的可采集性，同时，它和风冷式空调制冷系统的对接相对简单，只需将集成光伏板、储热装置和风冷式空调制冷系统供电系统相连接，即可为建筑物提供稳定、免费的能源，在一定程度上节约了煤矿、石油等不可再生资源^[13]。其中的储热装置，可以弥补雨天、阴天、夜间等太阳能不足的情况，从而保证了风冷式空调制冷系统的全天运行能力。

（五）应用新设备

在传统风冷式空调制冷系统运行中，常常会有冷凝水排出，以保证整体系统的正常运作。不过，随着冷凝水回收装置等新设备的投入使用，冷凝水将不再被排放到雨水收集系统、排水沟中，而是将其集中收集起来，用于建筑物周围绿化带的浇灌以及其它非生活用水需求，从侧面实现“节能减排”^[14]。

（六）应用组合式通风系统

该系统的加入，一方面可以有效排除室内湿热空气，提供新

鲜空气，进而实现降温目的。另一方面组合式通风系统能够在保持现有消耗、效率的前提下，借助“自然风”能源，达到同样的制冷效果，进而提高了系统的制冷性价比^[15]。

四、结语

总而言之，数据中心风冷式空调制冷系统的节能优化，既是其应对能源压力主要路径，也是推动行业绿色转型的必然选择。本文通过对数据中心能耗现状的分析，结合新型材料、智能控制、设备升级等多方面措施，构建了一套较为完整的优化方案。这些方法不仅能有效缓解数据中心的高能耗与高热量问题，更能通过技术革新提升系统运行效率，降低运维成本。

参考文献

- [1]田彩霞.数据中心机房热管空调系统节能改造案例分析[J].制冷,2023,42(4):22-23.DOI:10.3969/J.ISSN.1005-9180.2023.04.006.
- [2]广东开普勒通讯科技有限公司.一种用于数据中心的混合式制冷系统及其供冷方法:202211311426.X[P].2023-01-03.
- [3]张俊.风墙式数据中心的空调系统布置优化[D].贵州大学,2024.
- [4]高萌,李印.适用于华南地区的数据中心空调系统扩容方案研究[J].通信电源技术,2023,40(2):224-226.
- [5]左春帅,李凤勇,张学友.数据中心冷却架构对空调制冷效果影响的研究[J].建筑节能(中英文),2024,52(12):101-106.
- [6]新疆华奕新能源科技有限公司.一种大地储冷与蒸发冷却耦合数据中心空调制冷系统:202211134926.0[P].2023-01-17.
- [7]陈锦华.不同地区数据中心空调系统节能技术应用分析[J].资源节约与环保,2024(10):42-48.
- [8]张小根.韶关地区数据中心项目空调系统方案对比研究[J].制冷与空调,2024,24(7):93-100.
- [9]于晓.怀来两栋数据中心采用不同空调系统的对比分析[J].制冷与空调(四川),2024,38(2):262-267.
- [10]雷致博,闵韵然,齐浩,等.数据中心一体化风侧间接蒸发冷却空调系统的研究综述[J].制冷与空调,2024,24(7):60-70.
- [11]闫泳橙,孙铁柱,王祺,等.基于TRNSYS的季节性冰储冷与蒸发冷却耦合的空调系统能耗分析[J].制冷与空调(四川),2024,38(1):69-76.
- [12]程博,陈奕,王栋梁,等.数据中心水冷系统节能运行模式研究与应用[J].数字通信世界,2023(2):146-148.
- [13]杨艺,陈展浩,张伟彬,等.贵阳某数据中心暖通空调系统冷热源经济分析[J].制冷与空调(四川),2023,37(5):718-725.
- [14]张栩境.数据中心机房空调系统设计及节能改造研究[J].节能,2024,43(1):81-83.
- [15]袁钦,田振武,李坤明,等.数据中心热管多联空调系统应用与节能分析[J].电信快报,2023(6):13-15.