

# 某数据中心间接蒸发高效集成冷站

## Case Analysis of an Indirect Evaporative High-Efficiency Integrated Cooling Plant in a Data Center

### 案例分析

陆翔<sup>1</sup>,王占军<sup>1</sup>,杜新光<sup>2</sup>,唐向阳<sup>1</sup>(1. 中讯邮电咨询设计院有限公司,北京 100048;2. 中国联通广东分公司,广东 广州 510000)

Lu Xiang<sup>1</sup>,Wang Zhanjun<sup>1</sup>,Du Xinguang<sup>2</sup>,Tang Xiangyang<sup>1</sup>(1. China Information Technology Designing & Consulting Institute Co., Ltd., Beijing 100048, China;2. China Unicom Guangzhou Branch, Guangzhou 510000, China)

#### 摘要:

随着大数据及智算时代的到来,数据中心机柜功率密度不断增大,能耗问题愈加突出。而国家双碳及东数西算等政策的落地实施,对国家数据中心集群的能耗提出了更高的要求。在华南地区高温高湿的气候下,如何降低数据中心空调系统的能耗,使数据中心电能利用效率(PUE)小于1.25是工程实践中的痛点和难点。间接蒸发高效集成冷站是一种空调系统的节能新技术,但目前缺少大型项目的实际应用案例。某数据中心首次大规模应用间接蒸发高效集成冷站,积累了丰富的实践经验,并为该技术后期的大规模应用提供了参考。

#### 关键词:

数据中心;间接蒸发高效集成冷站;PUE;节能  
doi:10.12045/j.issn.1007-3043.2026.02.016  
文章编号:1007-3043(2026)02-0085-04  
中图分类号:TB657  
文献标识码:A  
开放科学(资源服务)标识码(OSID):



#### Abstract:

With the advent of big data and the era of intelligent computing, the power density of server racks in data centers continues to rise, making the issue of energy consumption in data centers increasingly prominent. The implementation of national policies on carbon neutrality and the eastern data western computation initiative has imposed stricter energy consumption requirements on national data center clusters. In the hot and humid climate of southern China, reducing the energy consumption of data center cooling systems while achieving a Power Usage Effectiveness (PUE) of less than 1.25 is a pain point and challenge in engineering practice. Indirect evaporative high-efficiency integrated cooling plants are a new energy-saving technology for air conditioning systems, but there is currently a significant lack of practical application cases with large-scale projects. A data center is the first to apply indirect evaporative high-efficiency integrated cooling plants on a large scale, accumulating substantial practical experience that serves as a reference for the technology's broader application in the future.

#### Keywords:

Data center; Indirect evaporative high-efficiency integrated cooling plant; PUE; Energy conservation

引用格式:陆翔,王占军,杜新光,等. 某数据中心间接蒸发高效集成冷站案例分析[J]. 邮电设计技术,2026(2):85-88.

## 0 前言

随着互联网全面进入5G时代和智算时代,新基建、“双碳”等政策的落地实施和“东数西算”工程的全面启动,海量的数据信息及训推需求推动着数据中心行业的蓬勃发展。但同时,越来越多的高密机柜使数

据中心逐渐成为超高能耗产业,在保证机房安全运行的前提下,如何节能减排已成为当代数据中心发展的重点。在“双碳”目标的引导和要求下,“东数西算”工程要求张家口、韶关、长三角、芜湖、天府、重庆数据中心集群的PUE控制在1.25以下,韶关作为其中最靠南的数据中心集群,高温高湿的恶劣气候使其利用自然冷源的时长大幅缩短<sup>[1]</sup>,传统的空调方案很难满足PUE小于1.25的要求。现已出现的液冷技术的节能优

收稿日期:2025-12-26

势明显,但受限於多方因素,目前其应用程度不高,集中式水冷空调系统仍是目前大中型数据中心的主流制冷方案。在当前情况下,如何实现空调系统的高效节能,满足PUE小于1.25的要求仍然是工程实践中的痛点和难点。

间接蒸发高效集成冷站作为一种新型的空调系统节能技术,是从冷源系统整体的节能性进行考虑,而不仅仅是考虑设备自身的能效。间接蒸发高效集成冷站可作为数据中心有效的节能手段,同时还可适配数据中心业务分批上架的特性,但目前仍缺少大型项目的实际应用案例。本文通过分析某数据中心首次大规模应用间接蒸发高效集成冷站的案例,总结了相关实践经验,可为未来该技术的应用推广提供参考。

## 1 项目概况

本项目是粤港澳大湾区全国一体化算力网络国家枢纽节点的重点国家集群项目。园区占地约100亩,规划1栋网管楼、4栋数据中心、4栋动力中心,总建筑面积约12.4万 $m^2$ 。其中,数据中心1~4为高层丙类厂房,层数为6层,每栋面积为24 500  $m^2$ ;动力中心1~2为多层丙类厂房,地下1层,地上3层,每栋面积约为4 000  $m^2$ ;动力中心3~4为多层丙类厂房,地上3层,每栋面积约为3 000  $m^2$ 。该数据中心集群项目效果图如图1所示。



图1 某数据中心集群项目效果图

本项目按照国标《数据中心设计规范》(GB50174-2017)中的A级标准进行建设,设计PUE小于1.25。首期仅数据中心1及配套动力中心1投产,启用3 428个机柜,平均机柜功率为6.57 kW,其他数据中心及动力中心均为大空间土建预留。

## 2 空调方案分析

该地区大型数据中心通常采用水冷集中式空调

系统,空调系统能耗包括冷源系统能耗和末端空调能耗,其中冷源系统能耗占60%以上,是节能的重点关注对象。冷源系统主要包括冷机、水泵、冷塔、冷冻冷却水管网和空调自控系统等。传统空调方案往往更加关注设备自身的能效,如冷机采用国标一级能效等,但为了实现数据中心空调系统的极致节能,更需要从冷源系统整体的节能性进行考虑,仅仅依靠设备自身的节能,无法实现系统整体最优。

### 2.1 空调冷源分析

在传统的水冷空调系统冷源方案中,通常会分开采购冷机、水泵、冷塔和空调自控系统,再由施工方进行安装和初步调试,安装质量受施工方和厂家的经验水平及施工现场条件的限制,整个系统的运行效果难以保证。间接蒸发高效集成冷站作为一种预制化、标准化的节能新产品,将传统冷源设备进行了高效整合,即将冷水机组、间接蒸发冷却塔、冷冻水及冷却水输配系统、板式换热器、动力配电系统、控制系统等高度集成为一体,工厂预制化,现场直接组装,实现冷源系统的高效化、集成化和最简化,保证系统的运行效果,提升系统的整体节能性<sup>[2-3]</sup>。间接蒸发高效集成冷站整体架构示意如图2所示。



图2 间接蒸发高效集成冷站整体架构示意

因此,本项目的空调系统采用间接蒸发高效集成冷站方案。根据数据中心1单栋建筑空调冷负荷较大的特点,按照经济合理、易于管理的原则,将数据中心1总冷负荷分为双系统,其中1层、2层、6层为A系统,3层、4层、5层为B系统。在机房楼6层屋面共设置11套独立的间接蒸发制冷高效集成冷站,承担本栋机房楼的冷负荷,其中系统A设置5套,系统B设置6套。系统A集成冷站主要设备参数如表1所示。

### 2.2 节能性分析

间接蒸发高效集成冷站作为的核心优势如下。

a) 集成冷站的核心是节能控制系统。节能控制系统主要根据设备的选型、制冷站空间布局及业主的相应需求,对控制系统的软硬件结构和功能进行深化

表1 空调水系统A集成冷站主要设备表(1、2、6层用)

序号	设备名称	性能参数	数量/台
1	磁悬浮变频离心式冷水机组	制冷量为800 RT,冷冻水供回水温度为18/24℃,冷却水供回水温度为38/32℃	5(4用1备)
2	板式换热器	换热量3 000 kW,一次侧水温为18/24℃,二次侧水温为17/23℃	5(4用1备)
3	冷冻水泵	450 m <sup>3</sup> /h,扬程为40 m	5(4用1备)
4	冷却水泵	500 m <sup>3</sup> /h,扬程为32 m	5(4用1备)
5	间接蒸发冷却塔	冬季进水温度、出水温度、湿球温度分别为23℃、17℃、16℃,满足换热量需求为≥2 850 kW;夏季进水温度、出水温度、湿球温度为32℃、38℃、31℃,满足换热量需求为≥3 200 kW	5(4用1备)

注:空调水系统B集成冷站主要设备(3、4、5层用)参数与系统A均相同,5用1备

设计。在集成冷站各机电模块中嵌入“智能节点”,使各类机电设备升级为“智能机电设备”,解决实用性和通用性问题,使整个系统可快速部署、敏捷开发。控制系统对集成冷站内的各设备进行关联控制,提高制冷站的整体性能。利用系统集成技术,对不同的设备进行合理匹配,使各设备协同运行,既能够提高制冷站的整体效率,还可以充分发挥各设备的性能。

b) 选用高效冷水机组及冷塔,降低输配系统能耗(即降低水泵扬程和流量),同时采用合理的节能控制措施,进一步提升系统的能效等级。如采用三维仿真技术对制冷站空间结构进行模拟和优化,减少管路弯头,降低局部阻力。通过优化管路,减小水泵扬程和电机配置功率,可降低冷却水泵的运行能耗,大约可降低12.5%。

采用间接蒸发高效集成冷站后,本项目的PUE计算值低至1.248,满足国家数据中心集群要求。PUE计算<sup>[4]</sup>如表2所示。

### 2.3 灵活部署、快速交付

表2 PUE计算

序号	负荷种类	系统种类	PUE值
1	IT设备总能耗	IT设备总能耗	1
2	制冷设备总能耗(CLF)	空调冷源	0.113
3		空调末端	0.066
4	CLF小计		0.179
5	供配电系统能耗(PLF)	变压器、UPS等损耗、照明等	0.069
6	PLF小计		0.069
7	合计		1.248

#### 2.3.1 匹配业务分批上架特性

本项目的间接蒸发高效集成冷站部署在屋面,充分利用了屋面大空间,单台颗粒度较小(800 RT),并将数据中心总冷负荷分为双系统,后期可根据不同类型客户及业务需求进行分期建设,避免前期投资浪费,缩短投资回收期。同时,按需分期建设、小颗粒度冷机的措施可提高前期系统低负载时的运行效率,更好匹配数据中心业务分批上架的特性。

#### 2.3.2 缩短建设周期

通过工厂预制化生产,以科学的工艺方法和严格的质量体系保证产品质量,同时避免了工程现场的交叉施工。本项目的间接蒸发高效集成冷站从生产到现场交付投产,施工周期仅需75天,较传统模式的工期缩短了30天,实现了快速交付。若土建条件已明确,可同步进行工厂生产与土建施工,进一步缩短交付工期。

## 3 技术难点分析

间接蒸发高效集成冷站,在降低能耗、快速部署等方面效果显著。本项目根据屋面式集成冷站的特点,解决了空调系统运行中的一些技术难点。

技术难点1:当集成冷站模块和冷塔模块位于同一标高时,后期易产生水泵气蚀现象。针对该技术难点,解决措施为将冷塔模块置于冷站模块之上,在高于屋面6 m处设置钢平台放置冷塔模块,冷却塔的出水管靠重力流入水泵,保证了水泵自灌吸水,有效避免了水泵气蚀现象的发生。冷塔模块、冷站模块布置方式示意如图3所示。

技术难点2:屋面上集成冷站设备布置范围较大,设备管线众多,如未设置合理的冷站泄水措施,将导致屋面排水不畅,同时屋面长时间积水会影响机房安全。针对该技术难点,解决措施为分区设置排水系统,避免因泄水集中导致水量过大,造成排水不畅。同时,考虑到屋面的布置整洁,冷站模块泄水管道设置在机组背侧,统一集中接至给排水排污点位。

技术难点3:集成冷站布置需考虑出管与柱子的碰撞问题,统一形式的集成冷站机型不能满足实际安装需求。针对该技术难点,本项目的集成冷站采用了正常机型和镜像机型2种形式,以解决集成冷站出管与柱子碰撞问题,并满足屋面冷站接管需求。全部采用正常机型和部分采用镜像机型的平面布置对比如图4所示。

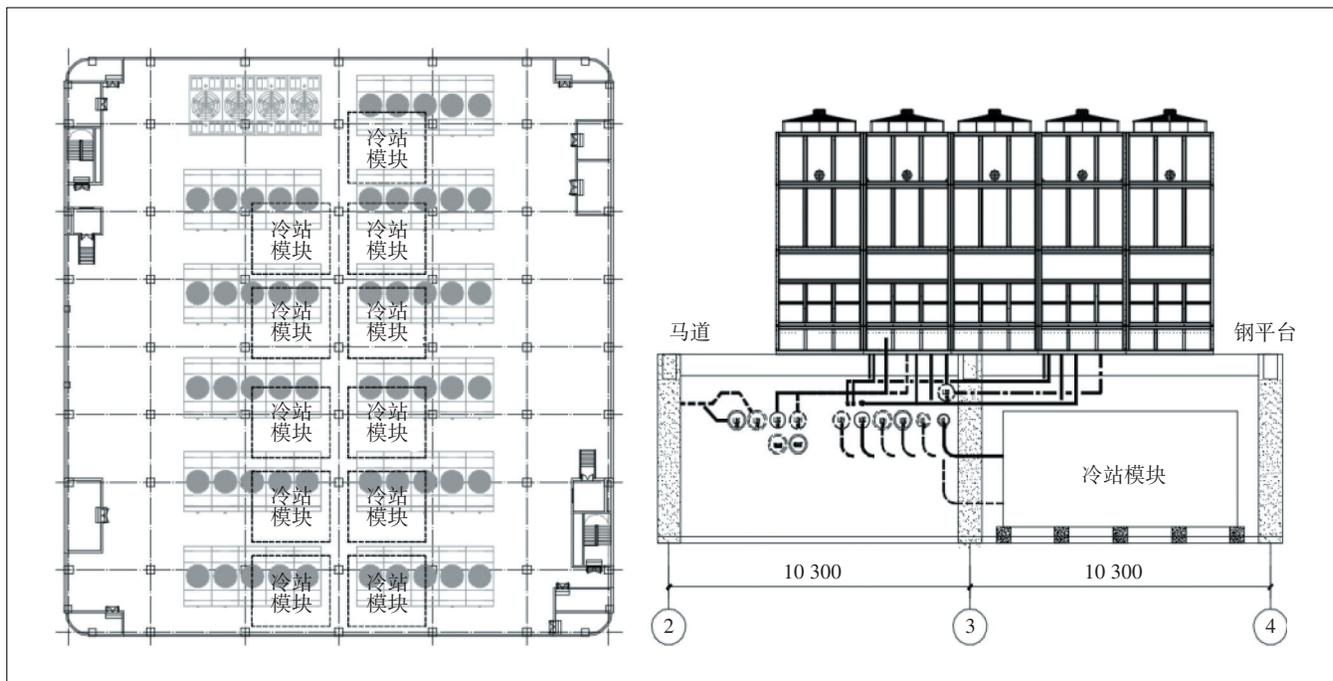


图3 冷塔模块、冷站模块布置方式示意

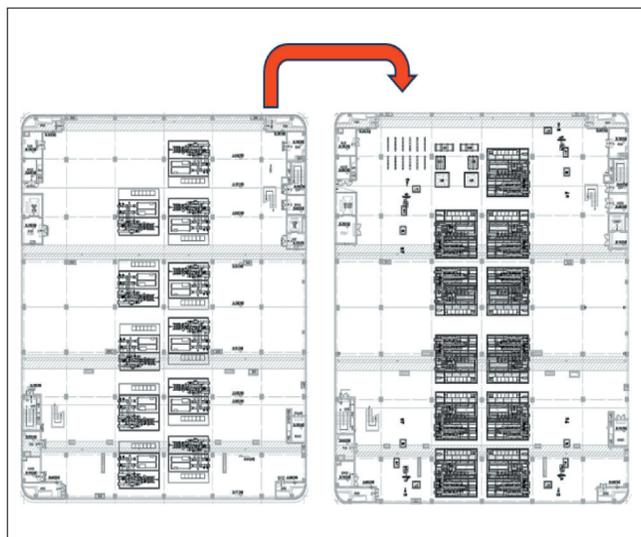


图4 集成冷站统一机型与镜像机型布置对比

## 4 结束语

在数据中心高速发展和绿色低碳发展的背景下,间接蒸发高效集成冷站作为一种高效节能的新技术,可有效降低数据中心能耗,减少碳排放。该冷站兼顾了集中水冷系统的高效和风冷分散式系统的灵活,可较好地适应数据中心业务的发展特性,同时可实现快

速交付,满足客户需求,具备大力推广应用的价值。

本项目为间接蒸发高效集成冷站的首次大规模商用,在实施过程中,通过对方案、设计、实施等环节的实践,总结了在数据中心规模化应用该技术的宝贵经验,为后续大力推广应用间接蒸发高效集成冷站技术奠定了良好的基础。

### 参考文献:

- [1] 窦海波,盛廷军,杨宜楠,等. 南方地区数据中心节能架构设计—以深圳地区为例[J]. 节能,2022,41(11):85-90.
- [2] 程序,张帅,王凯,等. 数据中心间接蒸发高效集成冷站应用研究[J]. 邮电设计技术,2022(12):20-22.
- [3] 张帅,程序,王占军,等. 间接蒸发制冷高效集成冷站应用及分析[J]. 邮电设计技术,2023(12):46-49.
- [4] 尹晓竹. 大型数据中心空调系统节能分析及方法研究[J]. 邮电设计技术,2015(1):16-21.

### 作者简介:

陆翔,毕业于湖南大学,硕士,主要从事数据中心暖通空调设计工作;王占军,毕业于华中科技大学,硕士,主要从事数据中心设计咨询及造价咨询工作;杜新光,毕业于北京工商大学,学士,主要从事数据中心基础设施建设工作;唐向阳,毕业于中原工学院,硕士,主要从事数据中心暖通空调设计工作。