

# 间接蒸发制冷高效集成冷站

Application and Analysis of Indirect  
Evaporative Refrigeration and Efficient  
Integrated Refrigeration Station

## 应用及分析

张帅,程序,王占军,王凯,丁昊(中讯邮电咨询设计院有限公司,北京 100048)

Zhang Shuai, Cheng Xu, Wang Zhanjun, Wang Kai, Ding Hao (China Information Technology Designing & Consulting Institute Co., Ltd., Beijing 100048, China)

### 摘要:

通过对某机房应用的间接蒸发制冷高效集成冷站系统进行详细介绍,阐述了该冷源系统在数据中心、通信机房应用的安全性及节能性,并通过对应用数据的实测分析,证明了间接蒸发制冷高效集成冷站可提供比传统冷却塔低5~8℃的冷水,延长自然冷却的应用时间,相较于机房原风冷精密空调,实现50%以上节能率。

### 关键词:

数据中心;间接蒸发;集成冷站;节能

doi:10.12045/j.issn.1007-3043.2023.12.010

文章编号:1007-3043(2023)12-0046-04

中图分类号:TU831

文献标识码:A

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



### Abstract:

Through the detailed introduction of the indirect evaporative refrigeration high-efficiency integrated refrigeration station system applied in a computer room, the safety and energy-saving performance of the cold source system in the data center and communication room are expounded, and through the measurement and analysis of the application data, it is proved that the indirect evaporative refrigeration high-efficiency integrate refrigeration station can provide cold water 5~8℃ lower than the traditional cooling tower, prolong the application time of natural cooling, and achieve more than 50% energy saving rate compared with the original air-cooled precision air conditioning in the computer room.

### Keywords:

Data centers; Indirect evaporation; Integrated cooling station; Energy conservation

引用格式: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.

## 0 引言

2021年10月以来,国家双碳“1+N”系列政策体系逐步建立。对于数据中心的绿色高质量发展,国家不仅针对新建数据中心提出了规划布局、PUE指标等要求,也高度重视存量数据中心,工信部出台的相关文件,进一步明确“传统通信机房数据中心化改造”指标及期限要求。推进效益差、能耗高的小散数据中心开展节能和绿色化改造,鼓励数据中心运营方加强内部能耗数据监测和管理,提高能源利用效率,并提出

了DC化改造、核心机楼PUE降至1.5的相关工作要求<sup>[1-2]</sup>。

数据中心作为耗能大户,节能压力与日俱增。空调系统作为除IT设备外主要的用能系统,其节能问题亟待解决。间接蒸发冷却技术是实现数据中心节能的技术路径之一,目前间接蒸发冷却技术在数据中心应用的技术形式可分为水侧间接蒸发冷却技术和风侧间接蒸发冷却技术<sup>[3]</sup>。风侧间接蒸发冷却技术主要基于间接蒸发冷却空调机组制取冷风用于数据中心机房的散热<sup>[4]</sup>,因其对机房建筑土建条件要求较高,特别在改造项目中,适用性较差,本文不再赘述。水侧间接蒸发冷却技术因其更好的节能性、灵活性,近2年

收稿日期:2023-11-02

在新建机房、存量机房改造项目中有较多应用,但针对间接蒸发制冷高效集成冷站在存量机房改造项目中的设计及应用分析较少,本文在实际工程应用的基础上对间接蒸发制冷高效集成冷站为冷源的设计、施工、应用进行分析<sup>[5-8]</sup>。

## 1 改造方案

### 1.1 机房现状

本项目所在大楼共5层,本次改造机房为3层西侧IDC机房,气流组织为地板下送风,封闭冷通道,原空调系统为5台风冷精密空调,单台制冷量为100 kW,4主1备,全年运行PUE为1.65,空调系统运行能耗较高,制冷因子为0.55,机房处于在网运行状态。

### 1.2 设计方案

如上所述,本机房同时具备节能改造的迫切性和改造实施中的安全性要求。本次改造冷源采用间接蒸发制冷高效集成冷站,末端采用高效冷冻水精密空调,综合考虑机房全年制冷安全性及改造初投资,原有风冷精密空调保留,与本次新增的间接蒸发制冷高效集成冷站通过联动控制互为备用,形成双冷源备份,系统示意如图1所示。改造后主用间接蒸发制冷高效集成冷站和高效冷冻水精密空调,当机组故障或需要停机检修时,开启机房原有风冷精密空调<sup>[9-12]</sup>。

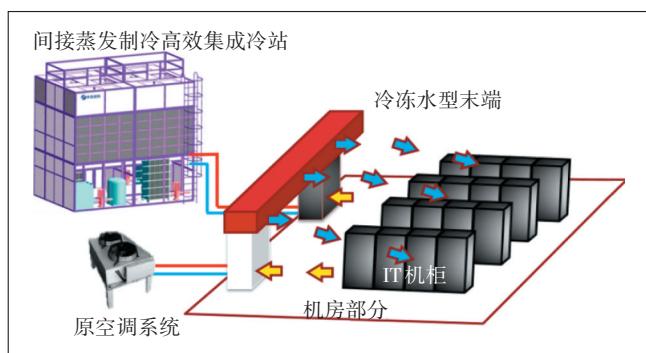


图1 改造完成后机房空调系统示意

### 1.3 间接蒸发制冷高效集成冷站参数配置

本项目选用1台440 kW间接蒸发制冷高效集成冷站,集成冷站主要由磁悬浮变频离心式冷水主机、间接蒸发冷却冷水机组、水泵、板换、补水系统等组成,图2所示为间接蒸发制冷高效集成冷站系统示意,可全年稳定输出冷源。间接蒸发制冷高效集成冷站的参数如下:单台制冷量为125 RT,供回水温度为15/21℃,机组设尺寸为6 500×6 500×5 900 mm,具体配置

如表1所示。

## 2 施工及应用

### 2.1 安全性保障

对于存量机房改造,为避免水患,末端空调底部设置挡水围堰,内部做防水处理,并设水浸报警、排水管,将冷冻水主管设置在走廊或阳台,尽量减少在机房内敷设管路,冷冻水精密空调设置电动二通阀并与漏水报警联动,当漏水报警触发时,第一时间关闭空调,每层空调主管上设置电动蝶阀,与漏水报警联动;当漏水报警触发时,第一时间关闭阀门,降低层内管路压力,防止高压喷水。同时,施工前对项目整体进行BIM建模,通过可视化模型提前规避施工可能遇到的问题(见图3),优化管路布置,降低工程难度;通过可视化模型,提前预制管路、桥架等;对工程量精准把控,做到材料不浪费、工序精准衔接、工期精确可控<sup>[13-15]</sup>。

### 2.2 运行模式

#### 2.2.1 常规节能运行模式

根据全年室外温度的不同,改造后制冷系统运行模式分为自然冷却模式、机械补冷模式、机械制冷模式等3种(见图4)。当湿球温度 $\leq 15^\circ\text{C}$ 时,运行自然冷却模式,全年有效时长约为5 148 h,约占全年总时长的58.5%;当 $15^\circ\text{C} < \text{湿球温度} \leq 18^\circ\text{C}$ 时,运行机械补冷模式,全年有效时长约为1 105 h,约占全年总时长的12.6%;当湿球温度 $> 18^\circ\text{C}$ 时,运行机械制冷模式,全年有效时长约为2 507 h,约占全年总时长的28.6%<sup>[16]</sup>。

#### 2.2.2 极端备用运行模式

为确保机房全年不间断供冷,当间接蒸发制冷高效集成冷站出现停电、停水等故障或系统维修停机时,通过联动控制系统开启机房原有风冷精密空调,确保机房制冷安全。

### 2.3 应用数据

#### 2.3.1 间接蒸发冷却冷水机组出水能力

在间接蒸发冷却冷水机组出水能力测试期间,选取环境湿球温度在 $15\sim 15.8^\circ\text{C}$ 时,机组风机、水泵额定工况开启,机组出水温度低于湿球温度 $1\sim 2^\circ\text{C}$ ,达到并超过预期结果(见图5)。该数据验证了在环境湿球温度为 $15^\circ\text{C}$ 时,间接蒸发冷却机组可产生低于湿球 $1^\circ\text{C}$ 以上冷水,此时可实现机房自然冷却,相较于机房原有风冷精密空调,即可增加自然冷却时长5 148 h,约占全年总时长的58.5%,大幅度延长系统自然冷却的

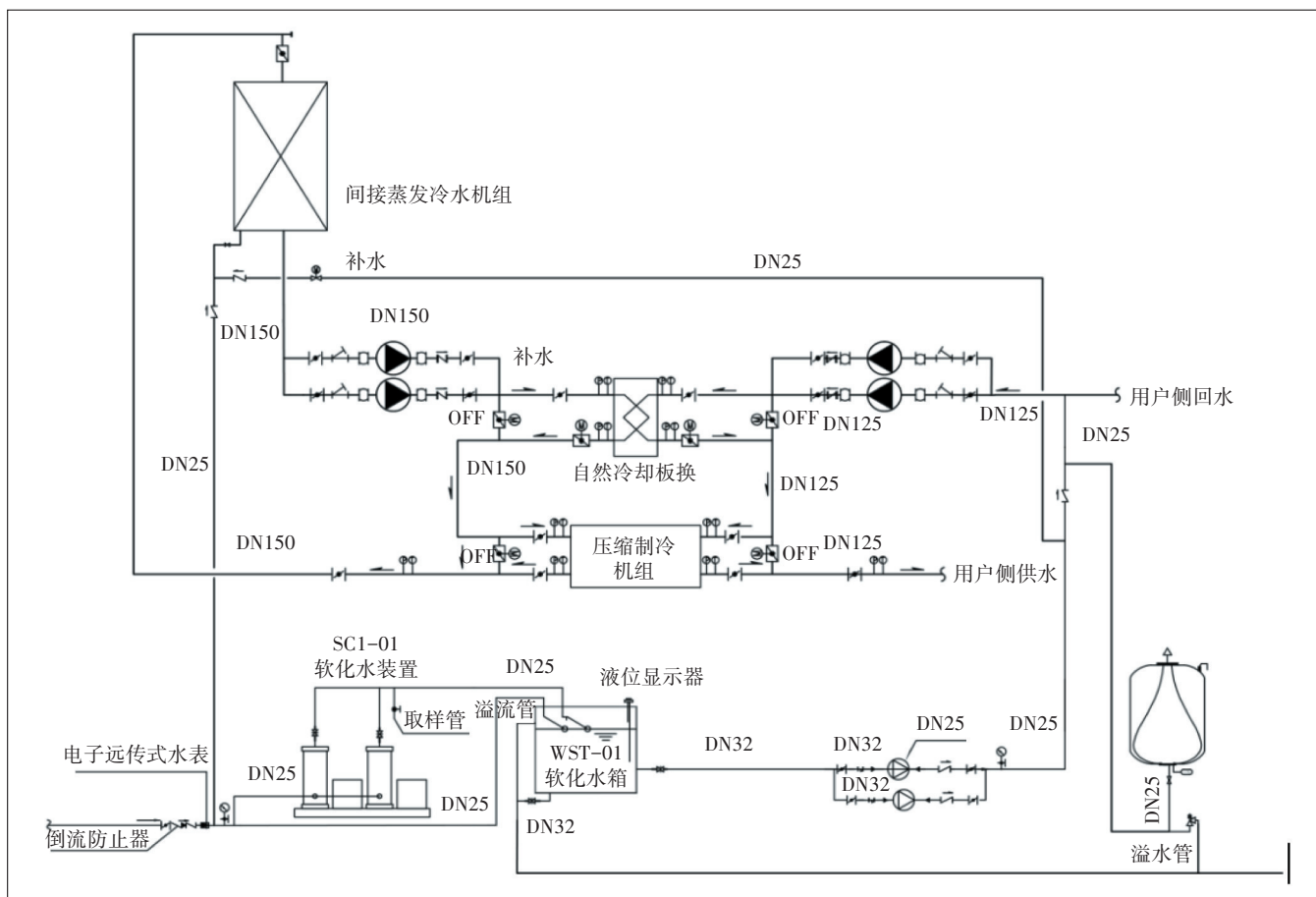


图2 间接蒸发制冷高效集成冷站系统

表1 间接蒸发制冷高效集成冷站配置

| 名称           | 规格参数   | 数量  | 备注       |
|--------------|--|-----|----------|
| 间接蒸发冷却冷水机组   | 额定制冷量为 440 kW, 额定工况供回水为 14/20 °C                     | 1 台 | -        |
| 磁悬浮变频离心式冷水机组 | 额定制冷量为 125 RT/440 kW, 供回水为 15/21 °C                  | 1 台 | -        |
| 板式换热器        | 换热量为 450 kW, 对数温差为 1 °C                              | 1 台 | -        |
| 冷却水泵         | 流量为 66 m <sup>3</sup> /h, 扬程为 40 m, 轴功率为 9.16 kW     | 2 台 | 1 主 1 备  |
| 冷冻水泵         | 流量为 96 m <sup>3</sup> /h, 扬程为 34 m, 轴功率为 12.51 kW    | 2 台 | 1 主 1 备  |
| 定压补水机组       | 补水流量为 0.7 m <sup>3</sup> /h, 扬程为 25 m, 轴功率为 0.193 kW | 1 套 | 含膨胀罐、控制箱 |
| 全自动软水器       | 处理水量为 1 m <sup>3</sup> /h                            | 1 台 | -        |
| 软化水箱         | 有效容积为 1 m <sup>3</sup>                               | 1 台 | -        |
| 控制柜          | -  | 1 项 | -        |
| 配电柜          | -  | 1 项 | -        |
| 系统管道及阀门      | -  | 1 项 | -        |

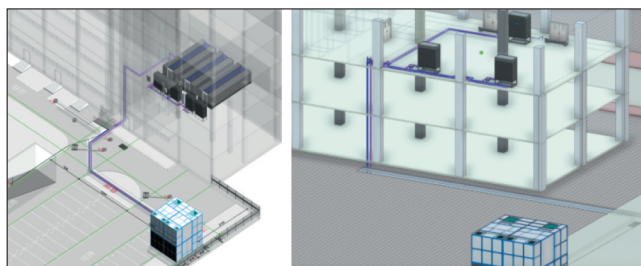


图3 BIM建模可视化施工

在测试期间,机房通过建设假负载,负载及现有IT发热负荷约为 350 kW,测试间接蒸发制冷高效集成冷站及冷冻水精密空调运行能耗。开启压缩机测试期间,平均耗电功率为 83 kW,经计算系统制冷因子为 0.237,测试期间,系统运行能耗稳定,相较于原 0.55 的制冷因子,节能率可达 56.9%;开启自然冷却模式时平均耗电功率为 52 kW,制冷因子为 0.148,相较于原空调系统,节能率可达 73.1%。在室外环境温度基本相同情况下,可得出间接蒸发冷却自然冷却模式相较于间接蒸发冷却机械制冷模式的节能率,约为 37.6%,由

时间,从而带来极大的节能空间。

### 2.3.2 系统运行能耗



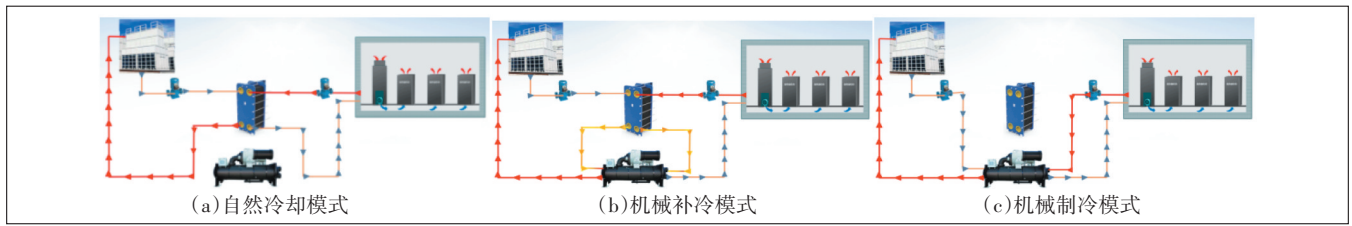


图4 改造后制冷系统运行模式

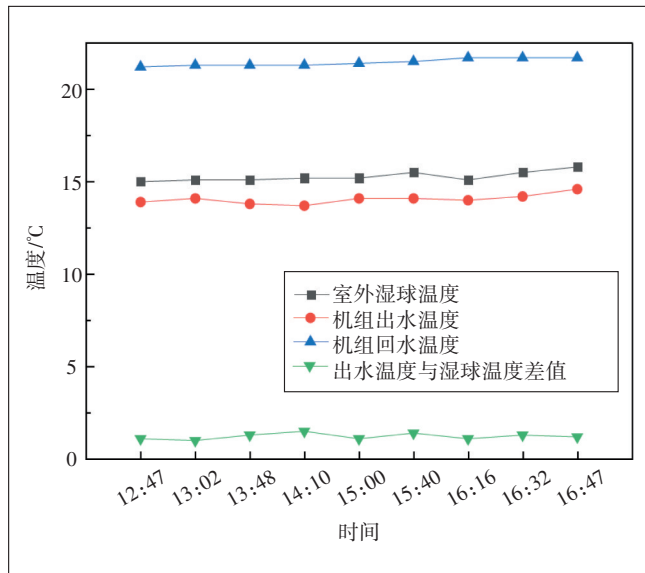


图5 测试结果

此可看出,通过水侧间接蒸发冷却冷水系统改造后,空调系统节能率大幅提升。

### 3 结束语

间接蒸发冷却冷水机组出水温度可低于湿球温度1~2℃,比普通冷却塔低5~8℃,从而延长自然冷却的使用时间,相较于机房原风冷精密空调,可增加自然冷却时长5 148 h,约占全年总时长的58.5%。

通过水侧间接蒸发冷却冷水系统改造,间接蒸发制冷高效集成冷站与原风冷精密空调形式双冷源备份,使机房安全性、节能性同步得到提升。

间接蒸发制冷高效集成冷站,具有集成化程度高、智能高效、绿色节能、可快速部署等特点,为机房DC化改造、老旧机房资源盘活提供了更多制冷解决方案,对类似改造项目具有良好的参考和借鉴意义。

### 参考文献:

[1] 工业和信息化部.“十四五”信息通信行业发展规划[EB/OL]. [2023-08-29]. [https://www.miit.gov.cn/cms\\_files/filemanager/](https://www.miit.gov.cn/cms_files/filemanager/)

1226211233/attach/202111/8091d85ce29a49c683ee187b1976d6e1.pdf.

[2] 工业和信息化部,国家发展改革委,财政部,等.信息通信行业绿色低碳发展行动计划(2022-2025年)[EB/OL]. [2023-08-29]. [http://finance.sina.com.cn/tech/roll/2022-08-26/doc-imizmscv7869876.shtml?finpagefr=p\\_114](http://finance.sina.com.cn/tech/roll/2022-08-26/doc-imizmscv7869876.shtml?finpagefr=p_114).

[3] 黄翔,邵双全,吴学渊,等.绿色数据中心高效适用制冷技术及应用[M].北京:机械工业出版社,2021.

[4] 刘海潮,邵双全,张海南,等.间接蒸发冷却技术研究现状[J].制冷与空调,2019,19(8):14-22.

[5] 黄翔,范坤,宋姣姣.蒸发冷却技术在数据中心的应用探讨[J].制冷与空调,2013,13(8):16-22.

[6] 崔科,谢若怡,檀志恒,等.间接蒸发冷却数据中心余热利用技术应用分析[J].暖通空调,2023,53(7):120-125.

[7] 闫泳橙,孙铁柱,孙欢.间接-直接蒸发冷却设备在中等湿度地区适用性分析[J].制冷与空调,2023,23(4):51-56.

[8] 陈聪,葛林.数据中心间接蒸发冷却技术应用与思考[J].暖通空调,2023,53(4):32-37.

[9] 颜晓光.间接蒸发冷却技术在北京地区数据中心的应用分析[J].制冷与空调(四川),2023,37(1):115-123.

[10] 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.

[11] 陈梦,黄翔,金洋帆,等.数据中心用间接蒸发冷却空调机组性能测试及适用性分析[J].流体机械,2022,50(9):7-13.

[12] 张渊,许洪,林武隽,等.间接蒸发冷却在华北地区某数据中心的应用[J].暖通空调,2022,52(5):126-129.

[13] 褚俊杰,徐伟,黄翔,等.数据中心间接蒸发自然冷却潜力评价计算新方法[J].西安工程大学学报,2022,36(2):33-39,48.

[14] 王红利,黄翔,寇凡,等.数据中心用蒸发冷却(凝)技术发展现状[J].制冷与空调,2021,21(11):1-6.

[15] 程序,贺晓,张飞.碳中和目标下蒸发冷却节能技术在数据中心的应用[J].邮电设计技术,2021(6):63-66.

[16] 杨立然,黄翔,贾曼,等.蒸发冷却与机械制冷协同耦合空调关键技术及节能性研究[J].流体机械,2019,47(8):61-65.

### 作者简介:

张帅,毕业于天津大学,助理工程师,硕士,主要从事空调研发工作;程序,毕业于重庆大学,高级工程师,学士,主要从事数据中心暖通空调、节能等方向的研究工作;王占军,毕业于华中科技大学,高级工程师,硕士,主要从事机房及数据中心设计及造价咨询工作;王凯,毕业于华中科技大学,助理工程师,硕士,主要从事空调研发工作;丁昊,毕业于重庆大学,高级工程师,学士,主要从事数据中心暖通空调、节能等方向的研究工作。