

文章编号: 1671-6612 (2023) 04-556-06

机房专用蒸发式冷气机 在渭南某 C 类电信机房的应用

张振鹏 强天伟 李东林 王 秀

(西安工程大学 西安 710048)

【摘要】 针对渭南市某电信机房空调系统节能改造要求, 提出节能、环保的蒸发冷却技术, 采用机房专用蒸发式冷气机对机房空调系统进行节能降温设计。为验证其降温效果是否满足 C 类机房的温湿度要求, 测试其运行时温度和相对湿度, 并进行分析, 测试结果显示, 机房内的平均温度波动范围为 26.6℃~28.1℃, 平均相对湿度波动范围为 49.7%~51.6%, 满足 C 类机房温湿度要求; 通过全年运行能耗和经济性分析, 得改造后蒸发冷却空调系统年节省电量 39837.4kWh, 节省电费 19918.7 元, 节能率高达 54.1%, 其投资回报周期也只有 4.3 年。

【关键词】 蒸发冷却; 机房专用蒸发式冷气机; 节能降温; 运行能耗; 节能率; 投资回报周期
中图分类号 TU831 文献标识码 A

Application of Evaporative Air Conditioner for Computer Room in a Class C Telecommunications Computer Room in Weinan

Zhang Zhenpeng Qiang Tianwei Li Donglin Wang Xiu

(Xi'an Polytechnic University, Xi'an, 710048)

【Abstract】 Aiming at the energy-saving transformation requirements of the air-conditioning system of a telecommunications computer room in Weinan City, an energy-saving and environmentally friendly evaporative cooling technology is proposed, and the special evaporative air conditioner in the computer room is used to carry out energy-saving and cooling design for the air-conditioning system of the computer room. In order to verify whether the cooling effect meets the temperature and humidity requirements of the class C computer room, test its operating temperature and relative humidity, and analyze, the test results show that the average temperature fluctuation range in the computer room is 26.6℃ ~ 28.1℃, and the average relative humidity fluctuation range is 49.7% ~ 51.6%, which meets the temperature and humidity requirements of the class C computer room; Through the annual operation energy consumption and economic analysis, the evaporative cooling air conditioning system after the renovation saves 39837.4kWh of electricity per year, saves RMB 19,918.7 in electricity costs, saves 54.1% of energy saving rate, and its return on investment period is only 4.3 years.

【Keywords】 evaporative cooling; Evaporative air conditioner for machine room; Energy saving and cooling; operating energy consumption; Energy saving rate; payback cycle

0 引言

近几年, 各行各业逐步吹响了节能减排的战斗号角, 在宏观政策的引导下, 电力、钢铁等高能耗

行业纷纷加强技术革新, 节能减排工作已经取得了初步成效, 而集中新技术、新业务的电信运营与传统行业有着巨大的差异。为了深入贯彻落实科学

作者简介: 张振鹏 (1998.02-), 男, 在读硕士研究生, E-mail: 1207293024@qq.com

通讯作者: 强天伟 (1970.11-), 男, 博士研究生, 教授, E-mail: 254599797@xpu.edu.cn

收稿日期: 2023-04-03

发展观, 进一步降低企业运营成本, 通信行业^[1]已将节能减排工作逐步纳入各自的重要议事日程。通信机房作为节能减排的重点, 对温度、湿度等要求更高, 在企业节能减排工作中已经引起高度重视。

目前, 机房专用蒸发式冷气机已用于通信行业的节能改造工程^[2], 并取得了巨大的节能效益。然而, 在具体通信机房应用机房专用蒸发式冷气机作为主要降温设备的应用研究相对较少。本文以渭南某 C 类电信机房为例, 进行蒸发冷却^[3]节能改造, 主要包括方案设计、现场测试数据及分析、运行能耗和经济性分析。

1 机房专用蒸发式冷气机空调系统方案的确定

1.1 项目概况

该机房位于渭南市某电信公司三楼, 该机房结构尺寸为: 长 11m、宽 5m、高 4m, 目前只有一半面积有数据机柜。空调系统采用两台柜机空调, 功率分别为 4.75kW 和 3.66kW。机房内共 17 个数据机柜, 呈 3 列分布, 照明系统包含 8 盏直管荧光灯。图 1 为机房平面图。

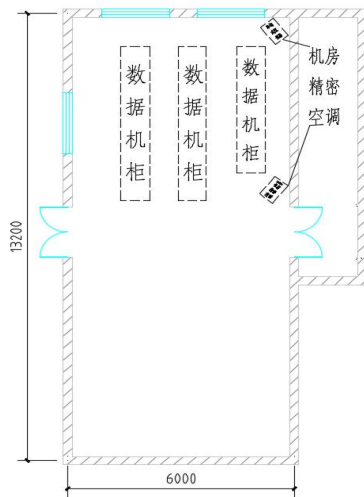


图 1 渭南市某电信机房平面图

Fig.1 Floor plan of a telecommunications computer room in Weinan City

1.2 方案设计

《电子信息系统机房设计规范》中指出, 机房空调系统夏季冷负荷应包括机房内设备散热、建筑围护结构的传热、通过外窗进入的太阳辐射热、人体散热、照明装置散热、新风负荷、伴随各种散热试湿过程产生的潜热^[4]。由于该机房 IT 设备较少, 平时无人进入且常年密闭, 忽略人体散热、新风负荷和伴随各种散热试湿过程产生的潜热。已知, 17 个数据机柜 IT 负载功率为 19kW (发热量=IT 负载功率), 由 8 盏直管荧光灯组成的照明系统能耗为 0.6kW, 通过查找机房围护结构传、导热系数以及外窗的传热系数, 计算得出建筑围护结构的传热和通过外窗进入的太阳辐射热为 4.8kW。机房整体冷负荷约为 24.4kW。

1.2.1 选型计算

国内《通信局(站)机房环境条件要求与检测方法》(YD/T 1821-2018)中规定, C 类通信机房环境条件要求为: 干球温度 10℃~28℃, 相对湿度 20%~80%^[5]。其中本文渭南市电信机房属于 C 类通信机房, 为了确保机房的环境条件, 本次设计取保守值, 机房内设计温度取 28℃, 相对湿度≤70%。

根据设计经验当机房内送排风温差取 8℃时, 机房的保证率最高。故机房室内设定温度为 28℃时, 机房专用蒸发式冷气机送风温度应设计为 20℃。

$$L = 3600 \times Q / \left\{ \rho \times C_p \times \left[\eta \times (t_g - t_s) + t_n - t_g \right] \right\} \quad (1)$$

式中, L 为冷气机实际送风量, m^3/h ; Q 为机房内的冷负荷, kW ; ρ 为空气密度; C_p 为空气比热; t_n 为室内设计温度。

根据公式 (1) 计算得出^[6], 机房专用蒸发式冷气机总送风量为 $9059\text{m}^3/\text{h}$, 选用 1 台名义风量为 $18000\text{m}^3/\text{h}$ 、实际风量为 $10500\text{m}^3/\text{h}$ 的机房专用蒸发式冷气机, 选用 2 台小风量排风机风量为 $4000\text{m}^3/\text{h}$ 的排风机^[7]。其设备选型参数如表 1 所示。

表 1 机房专用蒸发式冷气机设备参数表

Table 1 Equipment parameter table of evaporative air conditioner for machine room

设备	型号	数量(台)	制冷量(kW)	功率(kW)	实际风量(m^3/h)	噪声(dB)	耗水量(L/h)
机房专用蒸发式冷气机	18-LS10C	1	26	1.5	10500	≤65	25
轴流式排风机	HT-400	2	--	0.74	8000	75	--

1.2.2 送风方式确定

机房专用蒸发式冷气机空调系统应用在通信机房内的送风方式一般有两种，一种为直接送风方

式，另一种是延伸风管精准送风方式。图 2 为通信机房专用蒸发式冷气机通风降温过程示意图。

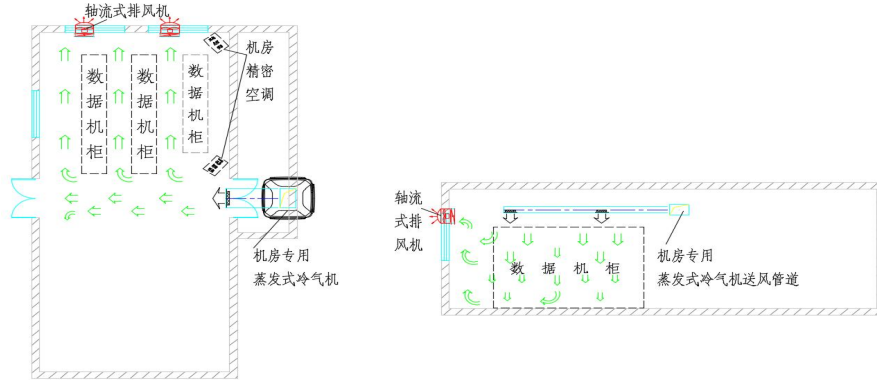


图 2 通信机房专用蒸发式冷气机通风降温过程示意图

Fig.2 Schematic diagram of ventilation and cooling process of evaporative air conditioner for communication room

其中左图为直接送风方式、右图为延伸风管精准送风。图中冷气机安装于机房外侧，经过冷气机降温后的凉爽空气送机房，吸收机房内的热量温度升高，高温高湿的空气通过对侧墙面上安装的排风机排出机房外。空气如此连续不停的流动，保证机房内温湿度满足要求。因为该机房只有一半面积有数据机柜，若采用直接送风的送风方式，冷风不能全部送至数据机柜，会降低冷气机的制冷效果，为了使得冷气机制冷效果更好，本文采用延伸风管精准送风的送风方式，更加有利于对机房内数据机柜的降温。

记录仪，主要测试参数为干湿球温度、相对湿度其温度精度及测试范围分别为 $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ 、 $-10^{\circ}\text{C}\sim +50^{\circ}\text{C}$ ，湿度精度及其范围分别为 $\pm 2.5\% \text{RH}\sim 100\% \text{RH}$ ^[8]。测试时间段为 10:50~13:10，因为此时间段机房内部热负荷最大。本次测试共设 25 个测点，每个测点的测试时间为 5 分钟，测点 1 为室外测点（测冷气机周围环境的干湿球温度和相对湿度），选取纵向距地面 1.6 米横向距离机房围墙 1.5 米的室外气象参数。测点 2~9 为室内测点（测数据机柜周围环境的温度和相对湿度），考虑到机房整体的温降程度，测试分别从距地面 2 米、1.2 米、0.1 米不同高度进行，其中测点 2（2m）~9（2m）为 2 米处测点，2（1.2m）~9（1.2m）为 1.2 米处测点，2（0.1m）~9（0.1m）为 0.1 米处测点，室内测点选取均距离机柜 0.4 米处。测点布置如图 3 所示。

2 数据测试及分析

2.1 测试内容

本次项目测试日期为 2022 年 6 月 19 日到 6 月 20 日，选取晴天进行测试，测试仪器为温湿度自

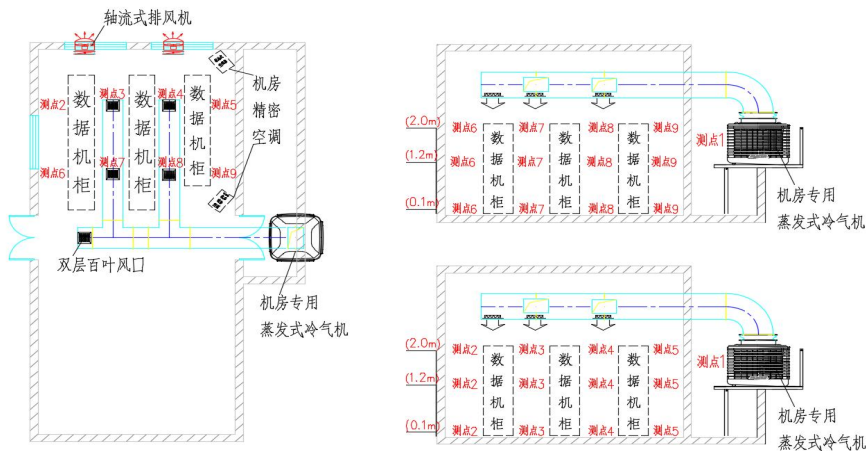


图 3 机房测点布置图

Fig.3 Layout of measurement points in the computer room

2.2 项目现场概况

机房专用蒸发式冷气机设备置于机房外, 设备采用的是四面进风, 出风口连接镀锌风管, 在 3.1 米高处风管转直角弯, 成水平送风, 沿机柜布置方向送风, 风管共 20m, 送风方式采用精准送风。送风管道共开 5 个风口, 置于数据机柜通道上方, 低温冷空气由上往下送至机柜发热处, 吸收机柜产生的热量, 再由排风机排至室外。图 4 为本文的测试对象实物图。



图 4 测试对象实物图

Fig.4 Actual diagram of the test object

2.3 测试结果分析

表 2 室外气象参数

Table 2 Outdoor meteorological parameters

干球温度/℃	湿球温度/℃	相对湿度/%
33	23.3	45

机房内温湿度的变化对设备性能有着重要的影响, 温度过高, 会使机房设备运行不稳定, 湿度过大, 会导致设备线路短路或电子器件故障。本文选用 2022 年 6 月 19 日机房内的环境温度、相对湿度进行采集并分析。在测试数据期间, 机房专用蒸发式冷气机一直开启。

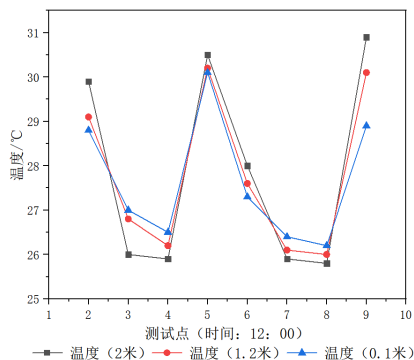


图 5 机房内温度测试结果图

Fig.5 Temperature test results in the computer room

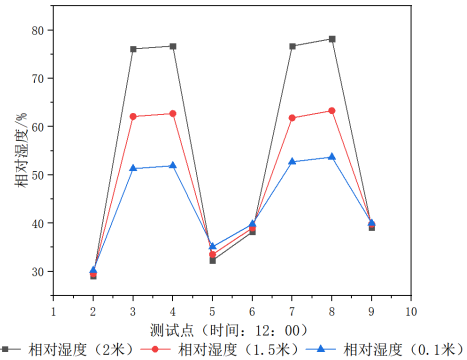


图 6 机房内相对湿度测试结果图

Fig.6 Relative humidity test results in the computer room

以 12:00 采集机房内各测点温度进行分析, 由图 5 可看出, 机房内温度变化范围为 25.8℃~30.9℃。测点 3、4、7、8 (共 12 个测点) 温度明显低于其他测点, 主要原因是这些测点在送风口下测得, 而这 4 个测点在纵向 (从 2 米到 1.2 米到 0.1 米), 温度是逐渐升高, 这是因为送风口的冷风量大风压大, 在与热空气进行冷热交换降温的同时, 也将一部分热空气压着向下流动。测点 2、5、6、9 (共 12 个测点) 温度较高, 主要原因是这些测点位置冷风量流经较少, 这 4 个测点在纵向 (从 0.1 米到 1.2 米到 2 米), 温度是逐渐升高, 这是因为送风口的冷风在这 4 个测点纵向上冷风压较小, 主要靠排风机作用和气流自由扩散 (热空气总是向上流动)。在温度较高的 4 个测点中, 测点 6 温度最低, 原因是在测点 6 周围有 2 个送风口提供冷空气^[9]。

以 12:00 采集机房内各测点相对湿度进行分析, 由图 6 可看出, 机房内相对湿度变化范围为 29%~78.2%。测点 3、4、7、8 在 2 米处的测点相对湿度明显较高, 主要原因是冷气机送出的冷空气本身湿度大 (的制冷原理就是室外热空气和水进行热湿交换, 水蒸发吸收空气的显热, 同时将潜热给了空气, 从而使得空气温度降低湿度增加), 一般冷气机制取冷空气湿度为 90%~95%, 但经过管道和送至测试点这一段距离的温升, 相对湿度会迅速下降。测点 3、4、7、8 随着高度的递减, 相对湿度会逐渐减小。测点 2、5、6、9 (共 12 个测点) 的相对湿度远低于其他测点, 主要原因是冷空气送达测点较少加上机柜不断发热, 相对湿度会维持在较低水平。

表 3 机房温度和相对湿度平均值

Table 3 Average temperature and relative humidity of the computer room

时间	温度	相对湿度
11:00	26.6℃	50.7%
11:30	27.0℃	50.2%
12:00	27.8℃	49.7%
12:30	28.0℃	50.5%
13:00	28.1℃	51.6%

表 3 为 6 月 19 日 11:00~13:00 机房内环境温度 and 相对湿度随时间变化而产生的变化, 机房内平均温度和相对湿度的值分别取同时刻测点 2~9 (包含不同高度) 温度和相对湿度的平均值。从表中可看出, 机房专用蒸发式冷气机在测试期间, 机房内的平均温度波动范围为 26.6℃~28.1℃, 平均相对湿度波动范围为 49.7%~51.6%, 满足 C 类通信机房干球温度控制在 10℃~30℃, 相对湿度控制在 20%~85% 的要求。即机房专用蒸发式冷气机空调系统在测试日当天运行是可以完全满足机房的温湿度要求, 极大的缩减了机械空调运行时间, 从而节约更多的能。

3 运行能耗及经济性分析

3.1 能耗分析

根据渭南市全年逐时气象参数, 当室外干球温度 ≤ 20℃, 开启蒸发冷却通风模式; 当室外干球温度 > 20℃ 且湿球温度 ≤ 18℃ 时, 开启蒸发冷却制冷模式; 当室外湿球温度 > 18℃ 时, 冷气机设备的降温温度满足不了室内温湿度条件, 此时开启原机械制冷空调系统。全年蒸发式冷气机运行总小时 6489 小时, 通风模式占 5248 小时, 制冷模式占 1241 小时, 全年运行小时数如图 7 所示。

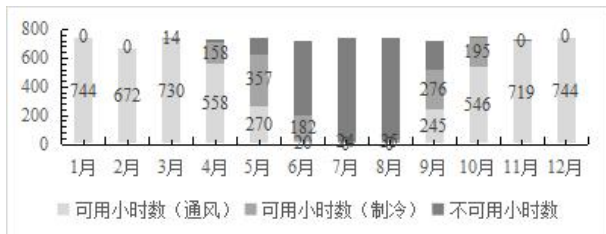


图 7 机房专用蒸发式冷气机全年运行小时数

Fig.7 The number of operating hours of the evaporative air conditioner dedicated to the computer room in a year

本文中, 机房专用蒸发式冷气机空调系统和原机房空调系统进行联动运行给机房进行全年降温, 将此系统称为蒸发冷却空调系统。其中机房专用蒸发式冷气机空调系统主要能耗是冷气机和排风机的耗能, (冷气机内部耗能部件有风机和水泵, 水泵能耗占比很小, 可以忽略不计) 功率分别为 1.5kW 和 0.74kW, 总功率为 2.24kW。原机房空调系统主要能耗是两台柜式空调的耗能, 功率分别为 4.75kW 和 3.66kW 总功率为 8.41kW。表 4 为两种空调系统全年运行能耗对比。经对比分析, 采用蒸发冷却空调系统年节省能耗 39837.4kWh, 节能率 (节能率 = (年节电量/原空调系统年耗电量) × 100%) 高达 54.1%。

表 4 两种空调系统能耗对比

Table 4 Energy consumption statistics of two types of air conditioning systems

空调形式	蒸发冷却空调系统		原空调系统
	机房专用蒸发式冷气机空调系统	原机械空调系统	传统机械空调系统
总功率 (kW)	2.24	8.41	8.41
系统全年运行时间 (h)	6458	2302	8760
系统耗电量 (kWh)	33834.2		73671.6
节电量 (kWh)		39837.4	
节能率 (%)		54.1%	

3.2 经济性分析

对于该机房采用蒸发冷却进行节能改造, 是在原机房空调系统不变的情况下新增一套机房专用蒸发式冷气机空调系统, 在全年 6489 小时里代替原机房空调系统给机房进行降温。表 5 为机房专用蒸发式冷气机空调系统初投资费用, 该费用包括设备费用和安装及辅材费用, 安装费用包括设备、排风机、风管的安装以及水电接线等安装产生的费用, 辅材费用包括风管量、水管、电线、电控盒等产生的费用。从表 5 可以看出一套机房专用蒸发式冷气机空调系统初投资费用为 69582 元。

表 5 机房专用蒸发式冷气机空调系统初投资费用

Table 5 Initial investment cost of evaporative air conditioner air conditioning system for computer room

空调形式	机房专用蒸发式冷气机空调系统	
	冷气机	排风机
设备费用 (元)	26000	4000
安装费用 (元)		24800
辅材费用 (元)		14782
初投资 (元)		69582

上述 3.1 能耗分析了采用蒸发冷却空调系统对机房进行节能降耗是极为可行的,但从经济性考虑,其初投资和节能回报周期也是至关重要的。表 6 为蒸发冷却空调系统与节能回报周期分析。根据渭南市电信公司用水、用电费用标准,水费为 5 元/吨,电费为 0.5 元/kWh。机房专用蒸发式冷气机在全年运行过程中,会有更换过滤棉、清洗湿帘以及一些零部件的更换会产生一些费用,根据设备厂家提供信息,年维护费用为 3500 元,且设备寿命为 10 年。从表中可以看出对于该机房进行蒸发冷却节能改造投资回报周期为 4.3 年,在设备寿命的后 5.7 年还有每年 16263.6 元的节能经济收益。

表 6 投资回报周期分析

Table 6 Return on investment cycle analysis

初投资 (元)	69582
年设备维护费用 (元)	3500
年耗水量费用 (元)	155.1
年节电费用 (元)	19918.7
年节省费用 (元)	16263.6
回报周期 (年)	4.3

4 结论

本文以渭南某 C 类电信机房为例,进行蒸发冷却节能改造方案设计、现场测试数据分析、能耗与经济性三大部分对机房专用蒸发式冷气机在机房

的应用进行分析,得出如下结论:

(1) 据测试数据分析,机房专用蒸发式冷气机空调系统在测试日(6月19日)完全可以代替机械空调对机房进行降温,且满足 C 类机房的温湿度要求。

(2) 采用蒸发冷却空调系统全年运行,年节省电量 39837.4kWh,节省电费 19918.7 元,节能率高达 54.1%。

(3) 新增 1 套机房专用蒸发式冷气机空调系统投资回报周期为 4.3 年,且在设备寿命后 5.7 年里每年还有 16263.6 元的节能经济收益。

参考文献:

- [1] 绿色通信引领低碳新网络[J].通信世界,2012,(36):33.
- [2] 黄翔,周海东,范坤,等.通信机房应用直接蒸发冷却空调方式的优化及节能分析[J].暖通空调,2013,43(10):28-34.
- [3] 闫健,郭凯,侯永涛.通信机房蒸发冷却技术应用探讨[J].邮电设计技术,2021,(2):89-92.
- [4] 叶南山.暖通空调设计和施工重要规范与标准图集[J].浙江制冷,2013,(2):105-106.
- [5] 范坤.蒸发冷却与机械制冷联合空调系统在西安某通信机房的应用研究[D].西安:西安工程大学,2014:31-39.
- [6] 李跃奇,强天伟,裴雨露,等.蒸发式冷气机在西北地区某热电厂配电室中的应用[J].制冷与空调,2020,20(1):58-60.
- [7] 杜鸿,强天伟,徐宏锦.蒸发式冷气机在西安某高校食堂的应用[J].制冷与空调,2021,35(6):894-898.
- [8] 田闰乐,强天伟,李跃奇,等.蒸发式冷气机在西安某高校食堂通风降温的测试及分析[J].制冷与空调,2021,35(1):95-100.
- [9] 周海东,黄翔,屈元.蒸发式冷气机在通信基站的适用性分析[J].制冷空调与电力机械,2011,(11):1-5.