

文章编号: 1671-6612 (2021) 04-588-04

# 蒸发冷却技术在贵阳地区数据中心的应用探讨

鲁 亮

(贵州省建筑设计研究院有限责任公司 贵阳 550001)

**【摘 要】** 介绍了蒸发冷却技术在贵阳地区数据中心的应用情况, 通过分析贵阳市全年气象参数、蒸发冷却系统运行模式及运行能耗, 以及蒸发冷却技术在贵阳某数据机房中应用的实际案例, 总结蒸发冷却技术在贵阳地区数据中心的适用性。

**【关键词】** 蒸发冷却; 液冷; 贵阳地区数据中心; 节能减排

中图分类号 TU83 文献标识码 A

## Application of Evaporative Cooling Technology in Guiyang Regional Data Center

Lu Liang

(Guizhou Architectural Design & Research Institute Co., Ltd, Guiyang, 550001)

**【Abstract】** This paper introduces the application of evaporative cooling technology in the data center of Guiyang Guiyang. By analyzing the annual meteorological parameters, the operation mode of evaporative cooling system and the energy consumption, and the practical application of evaporative cooling technology in a data room in Guiyang, the applicability of evaporative cooling technology in Guiyang data center is summarized.

**【Keywords】** evaporative cooling; liquid cooling; Guiyang regional data center; energy saving and emission reduction

作者(通讯作者)简介: 鲁 亮 (1992-), 男, 本科, 工程师, E-mail: 447328895@qq.com

收稿日期: 2021-07-01

## 0 前言

随着云计算、大数据、物联网等产业的快速发展, 数据中心作为海量数据运算及存储的载体, 数量和规模增长速度逐年加快。快速发展的同时, 带来了能源消耗巨大、绿色节能水平亟待提高等普遍问题。根据贵州省发布的《贵州省数据中心绿色化专项行动方案》(黔数据领办【2018】16号)要求<sup>[1]</sup>, 贵州省新建数据中心能效值(PUE/EEUE)低于 1.4, 已建数据中心能效值高于 1.8 的能效值降低 8%, 数据中心综合利用率提升到 30%。数据中心中空调系统能耗是影响数据中心能耗的重要因素, 空调系统的节能技术直接影响数据中心的 PUE 值(数据中心电能利用效率)<sup>[2]</sup>。我国数据中心的能耗中约 40%用于空调系统, 在合适的气候条件下, 利用自然冷源代替人工冷源可以降低数据中心系统的能耗。

蒸发冷却技术是一种利用干空气制取冷风或冷水的技术, 可以根据末端的需求提供冷风或者冷水, 为数据中心供冷。由于不需要使用传统的压缩机, 所以其能耗较低, 将这项技术应用在全年需求提供冷量的数据机房空调系统中, 并配合人工冷源使用, 节能潜力巨大。

## 1 直接和间接蒸发冷却空调系统的特点

蒸发冷却技术是一项利用水蒸发吸热制冷的技术<sup>[3]</sup>。蒸发冷却技术分为直接蒸发冷却(DEC)空调技术和间接蒸发冷却(IEC)技术。蒸发冷却空调具有节能、环保、经济和可提高室内空气质量的优点。根据国标 GB 50189-2015《公共建筑节能设计标准》第 4.4.2 条规定: 夏季空气调节室外计算湿球温度低、温度日较差大的地区, 宜优先采用直接蒸发冷却、间接蒸发冷却或直接蒸发冷却与间

接蒸发冷却相结合的二级或三级蒸发冷却的空气处理方式<sup>[4]</sup>。

直接蒸发冷却是使空气和水直接接触，通过水的蒸发后，空气的温度会下降，其特点是对空气实现等焓加湿降温过程，送风降温的极限温度为进风的湿球温度，适合在空气质量较好的情况下使用。

间接蒸发节能技术间接蒸发冷却是指通过非直接接触式换热器，将直接蒸发冷却得到的湿空气的冷量传递给机房循环空气，实现空气等湿降温的过程，适合在空气污染的环境下使用。

现有的工业建筑工程中，蒸发冷区技术产生的冷风或者冷水不仅可以改善人员的工作环境，而且可通过改进工艺流程满足其他需求。蒸发冷却技术可以根据使用的环境和用户的需求灵活改变出风温度和出水温度，可以采用直接蒸发冷却、间接蒸发冷却、直接-间接两级蒸发冷却或间接-直接多级蒸发冷却等设备形式。

## 2 蒸发冷却空调系统在贵州省数据中心的应用

### 2.1 直接蒸发冷却在贵阳某数据中心的应用

直接蒸发冷却（DEC）空调技术的技术核心元件是填料，水泵将蓄水池中的水提升至填料，水泵将蓄水池中的水提升至填料的顶部，通过布水器均匀地将水布置在填料上。在风机的作用下，空气与水在填料中充分接触，空气被等焓冷却，填料上多余的水最终回到位于填料底部的蓄水池中。填料也会起到一定的过滤作用，并在一定程度上可以过滤

对电子设备有害的 SO<sub>2</sub> 气体<sup>[5]</sup>。

贵阳某数据中心数据储存机房采用直通风直接蒸发冷却系统，系统流程图如图 1 所示。新风通过进风百叶进入蒸发冷却机组，经初中高效过滤后送入数据机房冷通道（温湿度不满足时经处理后送入），通过 IT 机柜温升后进入热通道，通过屋顶排风风机直接排出室外（冬季温度低于数据机房要求时需采用部分回风）。

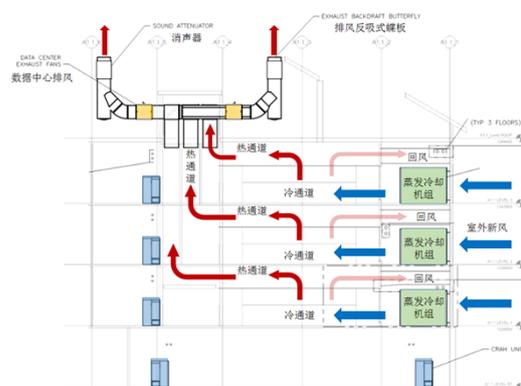


图 1 直通风直接蒸发冷却系统流程图

Fig.1 Flow chart of direct ventilation evaporative cooling system

贵阳市室外气象参数：气压 88780Pa，夏季空调室外干球温度 30.1℃，空调室外湿球温度 23℃，空调室外日平均温度 26.5℃；冬季室外空调干球温度-2.5℃，冬季室外空调湿球温度-3.5℃，极端最高气温 35.1℃，极端最低气温-7.3℃<sup>[6]</sup>。贵阳某数据中心数据机房室内参数要求如表 1 所示。

表 1 贵阳某数据中心数据机房室内参数

Table 1 Data room parameters for a data centre in Guiyang

区域	夏季		冬季		新风量 m <sup>3</sup> /h·人	备注
	T/℃	RH/%	T/℃	RH/%		
数据机房（每年大于 90%的时间）	18~28	20~80	18~28	20~80	正压≥+5Pa	推荐范围
数据机房（每年小于 10%的时间）	15~32	10~90	15~32	10~90	正压≥+5Pa	允许范围

在上述要求条件下绘制焓湿图，分别在焓湿图上设置边界状态点 N1(18℃, 20%)、N2(18℃, 80%)、N3(28℃, 80%)、N4(28℃, 20%)，形成数据中心室内参数 90%时间范围边界（推荐区域），设置边界状态点 N5(15℃, 10%)、N6(15℃, 90%)、N7(32℃, 90%)、N8(32℃, 10%)，形成数据中心室内参

数 10%时间范围边界（允许区域）。结合贵阳市全年气象参数，全年 8760 小时，8258 小时（94.27%）参数落在 N1~N4 区域推荐范围；486 小时（5.55%）参数落在 N5~N8 区域允许范围；16 小时（1.83%）参数落在允许范围以外，焓湿图如图 2 所示。

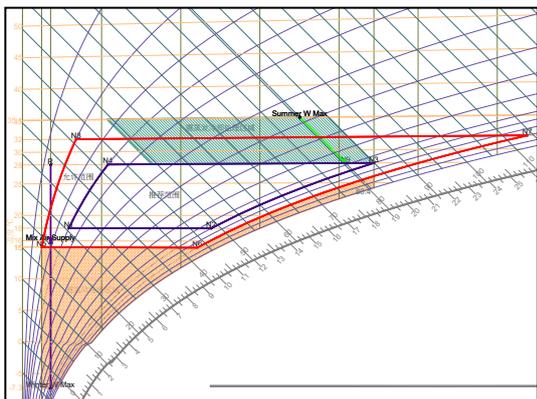


图 2 贵阳某数据中心全年焓湿图处理分析

Fig.2 Processing analysis of annual enthalpy-humidity chart for a data centre in Guiyang

全年气候条件下需空气处理后送入数据机房的运行模式：

(1) 全年有 14 小时 (0.16%) 室外空气温度高于允许范围的上限 32℃，因此这时需采用直接蒸发冷却来降温。

(2) 全年有 2 个小时，室外空气的露点很低，在和室内回风混合以维持数据机房允许运行条件中的最低送风干球温度 18℃时，将引起相对湿度会低于允许条件的最低相对湿度要求。因此在这种室外空气的条件下，需重置送风温度以保证相对湿度高于允许条件中相对湿度为 10%的下限。

(3) 全年有 486 个小时，室外温度高于推荐范围的 28℃上限，在这些时间段，可以选择性蒸发冷却制冷。

### 2.2 间接蒸发冷却在贵阳某数据中心的应用

间接蒸发冷却 (IEC) 空调技术是产生介质 (空气或水) 与工作介质 (空气和水) 间接接触进行热湿交换,产生介质与工作介质之间不存在质的交换,仅是显热的交换,以获取冷风或冷水的技术<sup>[7]</sup>。本文介绍贵阳某数据中心采用蒸发冷却和液冷结合方式给数据机房降温的实用案例。

液冷是指通过液体来替代空气,把 CPU、内存条、芯片组、扩展卡等器件在运行时所产生的热量带走。根据目前技术研究的进程,将液冷分类为了水冷和其他介质冷却,可用的其他介质包括矿物油、电子氟化液等<sup>[8]</sup>。按照冷却原理,又将液冷分为了冷板式液冷 (间接式冷却) 和浸没式液冷 (直接式冷却) 两种系统模式。图 3 为蒸发冷却与液冷结合给数据机房降温的原理图。

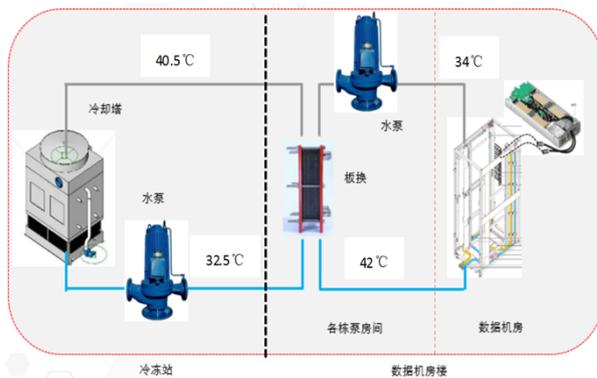


图 3 蒸发冷却与液冷技术结合原理图

Fig.3 Schematic diagram of combination of evaporative cooling and liquid cooling technology

贵阳某数据中心数据运算机房冷负荷 41016kW, 采用一次侧冷却水系统和二次侧冷却水系统通过板式换热器换热后给数据机房液冷机柜微模块降温,一次侧冷却水设计供回水温度 32.5℃/40.5℃,温差 8℃,二次侧冷却水设计供回水温度 34℃/42℃,温差 8℃,板换换热温差 1.5℃。

### 2.3 蒸发冷却在贵阳某数据中心的能源利用效率 (PUE)

通常衡量一个数据中心项目可持续性的一个通常手段是衡量这个数据中心的能源利用效率 (PUE)。本项目为了增加项目的总体可持续性,采用了直接蒸发冷却和间接蒸发冷却措施。这些节能措施的直接成果是使得数据中心的 PUE 约 1.22 (UPS 为在线模式) 或 1.19 (UPS 为离线模式),整个设施的估算电量比例分布如图 4、图 5 所示。

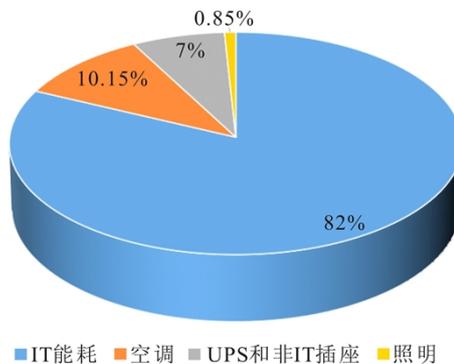


图 4 年平均 PUE 基础设施电力分布图 (UPS 在线)  
Fig.4 Average PUE infrastructure power distribution map (UPS online)

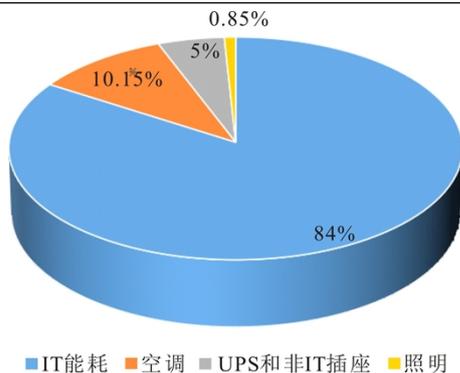


图5 年平均PUE基础设施电力分布图 (UPS离线)

Fig.5 Average PUE infrastructure power distribution map (UPS offline)

### 3 蒸发冷却技术在贵阳地区应用需注意问题

#### 3.1 直接蒸发冷却通常需注意的问题

(1) 进风百叶窗的水分夹带量。超过环境湿度的入口湿度可能会导致机械设备性能下降,所以数据中心进风百叶处的湿球温度应在服务器所允许的上限湿球温度值。

(2) 热通道排风对直接蒸发冷却进风口空气温度的影响。理论情况下设计考虑的蒸发冷却进风口温度为历年全年气象参数数据,但是由于数据中心送风经过数据机柜经热通道排出后,会有一定的温升,飘散到空气中,经过不同风向扰动,会导致直接蒸发冷却进风温度上升,应结合模拟分析其影响。

#### 3.2 间接蒸发冷却通常需注意的问题

(1) 间接蒸发使用的冷却塔防冻问题。间接蒸发冷却需要采用冷却塔设备放热,数据中心具有全年不间断运行的特点,在贵州地区冬季温度会存在零度以下的情况,所以考虑冷却塔防冻措施。

(2) 间接蒸发冷却换热器防结垢问题。间接蒸发冷却由于需要通过换热器换出所需要的介质,随着换热器运转时间的增加,介质中的沉淀物和碎物在换热器表面的堆积,导致结垢,贵州属于矿物质丰富地区<sup>[9]</sup>,所以在设计间接蒸发冷却系统时,需要注意做好水质的处理和换热器的定期维护。

### 4 结语

蒸发冷却技术在全国数据中心中已经有了不少案例应用<sup>[10]</sup>,本文通过分析蒸发冷却技术在贵阳某数据中心实际案例工程中的应用和需注意的问题,通过实际案例的计算和分析表明,蒸发冷却技术在贵阳地区是具有可行性和节能减排效果的。当前,贵阳作为首个国家级大数据综合试验区,在贵阳建设的数据中心也在日益增加。希望读者在设计贵阳地区数据中心的初期,结合数据中心本身特征和要求,考虑采用蒸发冷却技术作为一种数据中心降温的冷却方案,为数据中心的建设单位提供一种节能减排方案。

#### 参考文献:

- [1] 贵州省大数据发展领导小组办公室. 贵州省数据中心绿色化专项行动方案[S]. 黔数据领办【2018】16号, 2018.
- [2] GB 50174-2017, 数据中心设计规范[S]. 北京: 中国计划出版社, 2017.
- [3] 黄翔, 夏青, 孙铁柱. 蒸发冷却空调技术分类及术语探讨[J]. 暖通空调, 2012, 42(9): 52-57.
- [4] GB 50189-2015, 公共建筑节能设计标准[S]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2015.
- [5] 黄翔. 蒸发冷却空调理论与应用[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2010.
- [6] GB 50736-2012, 民用建筑供暖通风与空气调节设计规范[S]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2012.
- [7] 黄翔, 孙铁柱, 汪超. 蒸发冷却空调技术的诠释[J]. 制冷与空调, 2012, 12(2): 1-6.
- [8] 肖新文, 曾春利, 邝旻. 直接接触冷板式液冷在数据中心的运用探讨[J]. 制冷与空调, 2018, 18(6): 67-72.
- [9] 贵州省有色地质勘查局五十年成果编委会. 贵州省有色金属、黑色金属矿产资源[M]. 北京: 冶金工业出版社, 2009.
- [10] 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.
- [11] GB/T 34982-2017, 云计算数据中心基本要求[S]. 北京: 中国标准质检出版社, 2018.