

# 小型模块化间接蒸发冷却空调的 研发和应用

## Development and Application of Small Modular Indirect Evaporative Cooling Air Conditioning

于海英,党晓光,李嘉钰,杨晓晴(北京电信规划设计院有限公司,北京 100080)

Yu Haiying, Dang Xiaoguang, Li Jiayu, Yang Xiaoqing (Beijing Telecom Planning & Designing Institute Co., Ltd., Beijing 100080, China)

### 摘要:

小型模块化间接蒸发冷却空调(MHU)是采用间接蒸发冷却技术进行研发的产品,主要用于解决运营商存量机房空调能耗高问题。该产品具有占地面积小、适用性强、降耗能力显著、生产安装迅速、运维方便等特点。在试点机房进行应用、检验后,可以在行业内普遍推广。

### 关键词:

间接蒸发冷却;MHU空调;PUE值;通信机房  
doi:10.12045/j.issn.1007-3043.2022.12.006  
文章编号:1007-3043(2022)12-0029-03  
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:

Small modular indirect evaporative cooling air conditioning (MHU) is a product which is developed by indirect evaporative cooling technology and used to solve the problem of high energy consumption of air conditioning in the existing rooms of operators. The product has the characteristics of small footprint, strong applicability, significant consumption reduction ability, rapid production and installation, convenient operation and maintenance, etc. It has been applied and test in the pilot room, and can be widely promoted in the industry.

### Keywords:

Indirect evaporative cooling; MHU air conditioner; PUE value; Communication room

**引用格式:**于海英,党晓光,李嘉钰,等.小型模块化间接蒸发冷却空调的研发和应用[J].邮电设计技术,2022(12):29-31.

## 1 研究背景

目前,我国将“碳达峰、碳中和”上升为国家战略,提出“国家大数据战略——东数西算”工程项目,并颁布了多条关于数据中心、新基建的政策和指导意见,各级政府、企业以实际行动践行双碳目标。

2022年8月工信部等七部门在《信息通信行业绿色低碳发展行动计划(2022—2025)》中明确提出加快重点设施绿色升级。聚焦数据中心、通信基站、通信机房3类重点设施,以全方位全过程的集约化布局、高

效化设计、绿色化建设、低碳化技术、智能化运维为手段,加强数据中心统筹布局,推动基站主设备及配套设施节能技术的运用推广,加快核心通信机房绿色低碳化重构。到2025年,全国新建大型、超大型数据中心电能利用效率(PUE)降到1.3以下,5G基站能效提升20%以上,改建核心机房PUE降到1.5以下。

此外,国家重点城市陆续出台了关于数据中心能耗的相关政策。其中,北京市发改委《关于印发进一步加强数据中心项目节能审查若干规定的通知》中对不同规模的数据中心提出了明确的PUE要求,并在此基础上对PUE高于1.4的数据中心实施差别电价,最多每度电加价0.5元。

收稿日期:2022-10-09

中国联通发布《“碳达峰、碳中和”十四五行动计划》，提出通过实施“3+5+1+1”行动计划，力争到2023年能源消费总量增幅达到峰值，2028年碳排放总量提前达峰，改造类IDC机房PUE值为1.40以下。通信机房改造DC化，参考IDC建设标准。

为了响应国家、北京市、中国联通发布的双碳节能政策，对运营商存量通信机房进行了调研分析。现有机房空调设备多数为变频风冷直膨空调和氟泵定频风冷直膨空调，少部分为房间级空调+热管空调，主要问题是节能效果不明显、设备种类较少、PUE值在1.8~2.0，节能降耗空间很大。在此基础上，分析空调前沿技术，选定应用间接蒸发冷却技术作为研发方向，形成行业创新产品，推动IDC机房、通信机房在双碳领域节能降耗，形成行业领先或国内首创的技术成果。

## 2 MHU空调的研发

间接蒸发冷却技术是利用干燥空气自然湿能可再生资源，借助环境空气中干球温度与湿球温度的温差，通过水与空气之间的热湿交换来获取冷量的一种环保、高效、经济的冷却方式。近几年，作为一种技术路线，间接蒸发冷却技术在新建数据中心空调系统的建设中逐步得到应用推广，尤其是受到国内互联网企业的青睐，在国内北至乌兰察布、张家口，南至广东清远、深圳，西至川西、贵州等地都有了应用案例。但是现有存量通信机房、数据中心机房限制条件多、改造难度大、场景复杂、PUE值高，对间接蒸发冷却空调技术限制大，所以通信运营商还没有在机房改造中实际应用该技术。针对上述问题，本文研发与创新了小型化间接蒸发冷却空调系统，该系统主要用于通信运营商有机房的改造。

MHU空调采用间接蒸发冷却技术，与现有AHU设备相比有很大改进。现有AHU设备尺寸大，制冷量一般集中在200 kW以上，尚没有100 kW以下的机型。经过对大量有机房的调研，总结其建筑共性，针对产品节能降耗能力、小型化、系列化、场景化进行研发。MHU空调适用于新建、改造的数据中心、IDC机房、通信机房、边缘计算机房。

MHU空调机组由高效换热芯体、喷淋装置、室内侧风机、室外侧风机、高效机械制冷补充装置、控制系统等组成，其优势主要包括以下几个方面。

a) 结构紧凑。MHU空调能够一对一取代现有单

元式风冷直膨空调，更节省空间，出柜率更高。MHU空调结构紧凑，有室内整体式机型和室外整体式机型，本身占地面积约为3.8 m<sup>2</sup>，远小于风冷直膨空调。

b) 适用性强。针对现有机房布局特点进行了研发优化，MHU空调设备可以安装在机房楼顶、冷凝器平台或空调机房内，采用地板下送风/侧墙弥散式送风+吊顶热区封闭回风的方式，适用于不同的机房场景。特别是周边有居民区的机房，安装在室内可以解决噪声扰民问题。

c) 节能降耗能力显著。MHU空调有干模式、湿模式和混合模式3种运行模式，干模式：仅风机运行，完全采用自然冷却；湿模式：风机和喷淋水泵运行，利用喷淋冷却后的空气换热；混合模式：风机、喷淋水泵、压缩机同时运行。MHU空调的自然冷却时间为近5 000 h，可大量减少压缩机运行时间，使北京地区数据中心的PUE值达到1.15以下。同时，MHU空调利用水喷雾形成水膜，可以减少用水量，降低WUE。

d) 生产安装迅速。MHU空调采用一体化设计，工厂预制模块化生产，现场安装时只需连接风管和水管，建设周期缩短1/3。

e) 运维方便。MHU空调可实现一地运维，同时，采用免维护芯体并具有反冲洗自洁功能，只需要更换空调风道滤网，减少了后期机房运维工作量，TCO运维更低。

除了以上特点外，MHU空调和水冷集中空调相比，可按客户需求分机房建设、分期投资，减轻节能降耗的投资压力，并可以避免机房上架率浮动对PUE的影响。

## 3 MHU空调的应用试点

为了验证MHU空调的各项性能，项目组联合了北京联通进行应用试点，该试点机房属于汇聚机房，位于北京市丰台区某局点。该局点地上5层，试点机房位于2层，机柜数量为83架，包括4G设备、OLT设备、NGN设备、传输设备等，瞬时功率为91.18 kW。

### 3.1 空调现状

现有机房空调为风冷直膨式机房空调，共3台，单台制冷量为70 kW，室外机位于同层室外机平台。空调为全年24 h定频运行，无自然冷却，能耗较高，PUE值在1.8以上。空调送/回风温度为25 °C/32 °C，空调风量为20 160 m<sup>3</sup>/h，空调运行时间超过10年，已到报废更新期限。

### 3.2 机房内存在的其他问题

a) 机房内无冷、热通道,OLT设备紧贴布置。前端排风直接进到IT机柜进风口,机房设备的进风和出风通道混用,房间的流线混乱。机柜内部IT设备的进出风口位置不同,造成通过机柜进出风口的冷量不同。两列设备之间的间距较小(600 mm),造成局部热点。

b) 气流组织紊乱,无冷热分区,机柜进风样式有多种。机柜进风有前进后出、侧进侧出、下进上出等方式。空调气流组织为机柜底部向上送风,机柜设备自身遮挡送风线路和风速,光缆安装位置影响送风。

### 3.3 改造方案

拆除现有机房空调,采用3台制冷量为70 kW的间接蒸发冷却空调机组逐一替换现有风冷直膨机房空调,按照2用1备运行,MHU机组为室外整体式,安装在室外机平台。本次试点机房不对IT设备及气流组织进行改造,以便对更换空调前后PUE值的变化进行研究,验证MHU空调的节能效果。

根据CFD气流组织模拟,MHU空调按室内送风温度为25℃、回风温度为32℃、空调冷量为70 kW进行设备选型,MHU规格型号如表1所示。

因未对机房末端存在的问题进行整改,仅更换了

表1 MHU规格型号

产品型号	室外整体式
全冷量/kW	70
补冷量/kW	49
补冷形式	全直流变频压缩机机械补冷
预冷方式	喷淋
内循环送风量/(m <sup>3</sup> /h)	22 500
外循环排风量/(m <sup>3</sup> /h)	22 500
内循环风机功率/kW	6.8
外循环风机功率/kW	5.7
压缩机数量/个	1
室外机(压缩机)功率/kW	10.8
水泵功率/kW	0.75
内/外侧风机数量/个	2/2
内循环送风静压/Pa	150
外循环排风静压/Pa	50
连接管尺寸/kg	/
进/排水管尺寸/kg	DN15/DN20
机组尺寸(L×W×H)/kg	2 000×1 900×2 700
机组重量/kg	1 800

注:①全冷量工况为:室内回风为32℃/30%RH,室外新风为16℃/50%RH,送风温度25℃。

②DX补冷量工况为:室内回风为32℃/25%RH,室外新风为35℃。

空调,经测算MHU空调PUE值为0.176,每年节省电费55%以上。

## 4 结论

MHU空调已经获得国家专利,试点机房正在建设安装中,通过后期对试点机房数据的实测,可以完成对空调各项性能的检验。2023年将在此基础上对MHU空调系列化、智能运维进行进一步研发。

由于通信运营商存量机房有大量的节能改造需求,MHU空调有良好的市场应用前景,可以加快通信机房绿色低碳化重构,助力通信行业双碳计划落地。

### 参考文献:

- [1] 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.
- [2] 黄翔. 空调工程[M]. 北京:机械工业出版社,2006.
- [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] 孙铁柱,黄翔,汪超,等. 蒸发冷却空调设备的研究进展与应用概况[J]. 制冷与空调,2014,14(3):40-45.
- [5] 清华大学建筑节能研究中心. 中国建筑节能年度发展研究报告2010[M]. 北京:中国建筑工业出版社,2010.
- [6] 谢晓云. 间接蒸发冷却式空调的研究[D]. 北京:清华大学,2008.
- [7] 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.
- [8] 中华人民共和国住房和城乡建设部. 民用建筑供暖通风与空气调节设计规范:GB 50736-2012[S]. 北京:中国建筑工业出版社,2012.
- [9] 中华人民共和国住房和城乡建设部. 公共建筑节能设计标准:GB 50189-2015[S]. 北京:中国建筑工业出版社,2015.
- [10] 中华人民共和国住房和城乡建设部. 工业建筑供暖通风与空气调节设计规范:GB 50019-2015[S]. 北京:中国计划出版社,2016.
- [11] 贾晨昱,黄翔,田振武,等. 间接蒸发冷却技术在国内外数据中心的应用研究[J]. 制冷与空调,2020,20(1):61-67.
- [12] 张强,郝玉涛,杨双,等. 露点间接蒸发冷却技术的研究进展及现状分析[J]. 制冷与空调,2010,10(1):17-22.
- [13] 刘艳峰,李娟,王莹莹,等. 直接与露点间接蒸发冷却空调技术在我国地区适用性研究[J]. 暖通空调,2019,49(12):8-14.
- [14] 肖芳斌,彭玉成,蔡俊豪. 间接蒸发冷却技术在数据中心的应用与对比分析[J]. 制冷与空调,2022,22(5):66-72.

### 作者简介:

于海英,高级工程师,硕士,主要从事数据中心空调设计、咨询工作;党晓光,国家一级注册建筑师,高级工程师,学士,主要从事通信建筑、数据中心的咨询设计工作;李嘉钰,高级工程师,主要从事通信建筑、数据中心的咨询设计工作;杨晓晴,助理工程师,主要从事工程管理工作相关咨询工作。