

通信机房蒸发式冷凝散热关键技术及应用探讨

Discussion on Key Technology and Application of Evaporative Condensation Heat Dissipation in Communication Room

闫健¹,侯永涛¹,郭凯¹,罗硕成²,朱清峰¹(1. 中讯邮电咨询设计院有限公司郑州分公司,河南 郑州 450007;2. 广州华德工业有限公司,广东 广州 510663)

Yan Jian¹,Hou Yongtao¹,Guo Kai¹,Luo Shuocheng²,Zhu Qingfeng¹(1. China Information Technology Designing & Consulting Institute Co.,Ltd.,Zhengzhou Branch ,Zhengzhou 450007,China;2. Guangzhou Huade Industry Co.,Ltd.,Guangzhou 510663,China)

摘要:

针对通信机房分散风冷单元式空调室外机目前存在的主要问题,如气流短路、高压告警、空间占用等,采用集中蒸发式冷凝散热技术解决现有分散风冷单元式空调室外机面临的痛点问题,提出3种多联共享蒸发式冷凝散热机组替代现有分散风冷单元式空调室外机的技术方案;并对3种方案进行节能、节地及投资收益分析;最后分析了蒸发式冷凝器结垢机理及防治措施。

关键词:

风冷室外机;蒸发式冷凝散热;多联共享;节能;节地

doi: 10.12045/j.issn.1007-3043.2022.08.017

文章编号: 1007-3043(2022)08-0088-05

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:

Aiming at the main problems existing in the outdoor unit of the decentralized air-cooled unit air conditioner in the communication room, such as air flow short circuit, high-voltage alarm, space occupation, etc., the centralized evaporative condensation heat dissipation technology is adopted to solve the pain point problem faced by the existing outdoor unit of the decentralized air-cooled unit air conditioner. It puts forward three technical schemes of multi joint shared evaporative condensing and radiating unit to replace the existing outdoor unit of decentralized air-cooled unit air conditioner, and analyzes the energy saving, land saving and investment income of the three schemes. Finally, it analyzes the scaling mechanism and prevention measures of evaporative condenser.

Keywords:

Air cooled outdoor unit; Evaporative condensation and heat dissipation; Multi connection sharing; Energy saving; Land saving

引用格式: 闫健,侯永涛,郭凯,等. 通信机房蒸发式冷凝散热关键技术及应用探讨[J]. 邮电设计技术, 2022(8): 88-92.

1 分散风冷单元式空调系统存在的问题

据统计全国运营商通信机房楼约6 800个,80%以上的机房制冷方案为分散风冷单元式空调系统,分散风冷单元式空调系统为互相独立的风冷空调模块,采用 $N+X$ 冗余配置,这种制冷系统的特点是布置较为灵活,因各制冷单元为独立的风冷空调模块,其安全性高,同时便于分期扩容建设。

随着机房DC化及业务的增长,机房散热负荷急剧增大,现有分散风冷单元式空调系统面临能耗及运

营成本的压力,同时该系统本身也存在明显的弊端。

1.1 散热不畅

风冷室外机之间摆放密集,造成热气回流,极易产生“热岛”现象,引起冷凝压力超限,造成空调机组频繁高压告警,尤其在炎热夏季,室外机可靠运行及机房安全面临严峻挑战。图1反映了2016年中国联通某枢纽楼压缩机高压告警频次,该枢纽楼采用分散风冷单元式空调系统,5月份告警频次为16次,6月份告警频次为64次,7月份高温形势尤其严峻,共发生了123次压缩机高压告警。

1.2 风冷式空调能效比低

风冷式冷凝器设计冷凝温度应比夏季空气调节室

收稿日期: 2022-06-3016

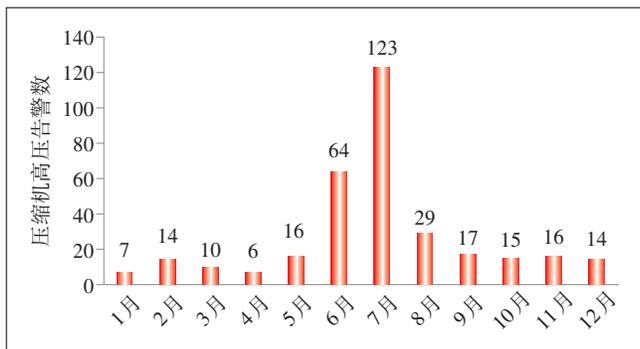


图1 空调压缩机高压告警

外计算干球温度高 15℃,室外机主要依靠冷凝器与空气之间强制对流换热实现热量转移,在冷凝散热面积一定的条件下,空调能效比及散热效率随室外温度的升高而降低。表1对比了风冷式、水冷式及蒸发式冷凝散热系统能效,从中可以看出风冷式散热的冷源侧Scop低于水冷式和蒸发式冷凝散热。

表1 几种冷凝散热方式的冷源系统性能

冷凝方式	风冷式	水冷式	蒸发式
冷凝温度/℃	45	40	38
位冷量风机风量/(m ³ /h)	420~500	120~200	110~160
冷却水泵能耗/m ³ H ₂ O	-	≥20	3~5
单位冷量冷凝能耗/kW	0.026	0.038	0.014
冷源系统Scop	2.2~3.5	3.5~4.6	4.2~5.1

注:Scop电冷源综合性能系数,系统制冷量与制冷机输入功率、冷却水泵及冷却塔输入总功率的比值。

1.3 空间占用

现有通信机房大量的风冷式空调室外机占用较多的空间面积,室外机一般是平铺或安装于机房楼外立面平台上,在空间受限的条件下,室外机之间摆放密集难扩容。图2为分散风冷单元式空调系统布置原理,一台室内机对应一台室外机。图3为大量室外侧风冷室外机密集摆放屋面,占用屋面空间面积,同时引起局部“热岛”现象。

1.4 噪声扰民

风冷室外机噪声来源主要分为动力性噪声和机械性噪声。动力性噪声是指设备运转、通风散热打破原有空气压力平衡,使空气之间摩擦产生的噪声,而机械性噪声主要是指室外散热风机的电机振动引起的噪声。国家标准《声环境质量标准》(GB 3096-2008)对各功能区环境噪声的限值规定见表2。

运营商机房产生的噪声可按照2类功能区的限值要求进行消声降噪,即白天噪声≤60 dB(A),夜间噪声

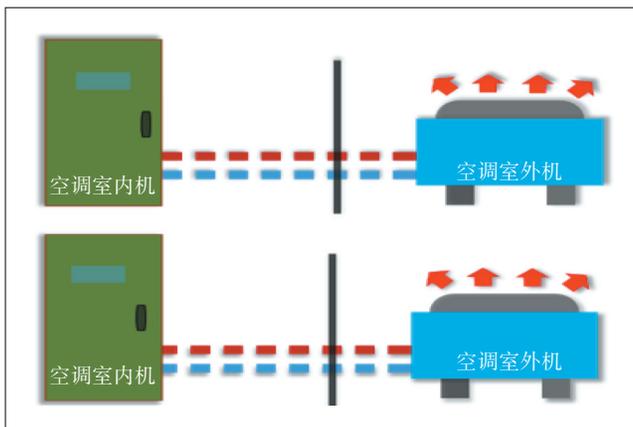


图2 分散风冷式空调系统

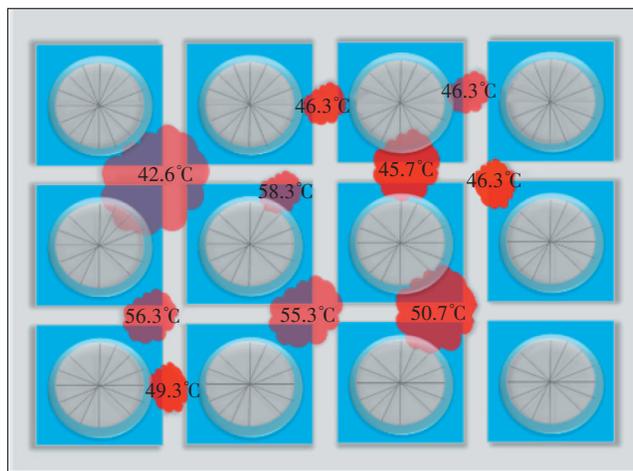


图3 室外机密集摆放

表2 环境噪声限值

声环境功能区类别	环境噪声限值/dB(A)	
	昼间	夜间
0类(康复疗养区)	50	40
1类(居民住宅、医疗卫生、文化教育、科研、行政办公)	55	45
2类(居住、商业、工业混杂)	60	50
3类(工业生产、仓储物流)	65	55

≤50 dB(A),由于通信机房全年24 h不间断制冷,且风冷室外机噪声的叠加效应,使得通信机房噪声超出噪声限值,屡遭附近居民区投诉。

2 风冷室外机散热解决方案

采用高效多联共享蒸发式冷凝散热机组替代现有风冷室外机,风冷室外机可全部移除,节省占地空间,提高冷凝换热系数和整机能效水平。

2.1 蒸发式冷凝散热技术原理

蒸发式冷凝器不同于风冷式冷凝器和水冷式冷凝器,蒸发式冷凝器利用未饱和的干湿球温差实现换热,其实质是水的饱和蒸气压和空气中水蒸气分压的差值,主流空气的水蒸气分压力低于饱和空气层,将会产生压差作为推动力,促进水不断向空气中蒸发进行潜热换热,同时伴随着冷凝器壁面与水膜的显热交换。蒸发式冷凝器主要利用潜热传递热量以达到冷却的目的,它的传热传质过程由2个部分组成。

a) 热量通过换热管内壁传到外壁,然后被管外壁水膜吸收,传热的驱动力来自于制冷剂和水膜的温差。

b) 热量通过水膜与空气的热质交换释放给空气,传热的驱动力取决于两者的焓差。

由此可见,蒸发式冷凝器主要利用流经换热盘管的水膜中部分水的汽化潜热,这与风冷式和水冷式冷凝器利用显热来吸收制冷剂蒸气的热量是完全不同的。蒸发式冷凝空调系统如图4所示。

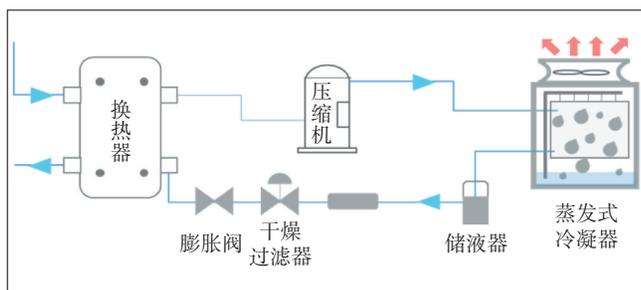


图4 蒸发式冷凝空调系统

2.2 多联共享高效蒸发式冷凝散热技术应用

该方案采用多联共享高效蒸发式冷凝散热机组替代现有8台风冷室外机,现有风冷单元式空调系统单台制冷量为80 kW,则总制冷量为640 kW,能效比按3.2考虑,则总散热负荷为840 kW。针对多联共享高效蒸发式冷凝散热机组替代现有8台风冷室外机提出3种应用方案。

2.2.1 方案1关键器件备份

方案1系统配置如表3所示。系统运行时,2台蒸发式冷凝机组同时工作,原空调系统8+1冗余配置,共分为16个独立的小系统,采用蒸发式冷凝机组后不改变原系统数量和形式,而蒸发式冷凝机组进行风机、喷淋循环泵等关键器件的冗余备份,以保证系统安全可靠。方案1系统管路连接示意图如图5所示。

2.2.2 方案2机组备份

如表4所示,该方案选取2台WLNC840G16-A同型号蒸发式冷凝机组替代原8台风冷室外机,系统运

表3 方案1系统配置

参数	分散式风冷室外机	板管蒸发式冷凝机组
型号	-	WLNC420GB-A
系数数量/个	16	16
数量/台	8	2
总散热量/kW	840	840
室外机占地总面积/m ²	26.5	9.8
理论节地百分比/%	63	

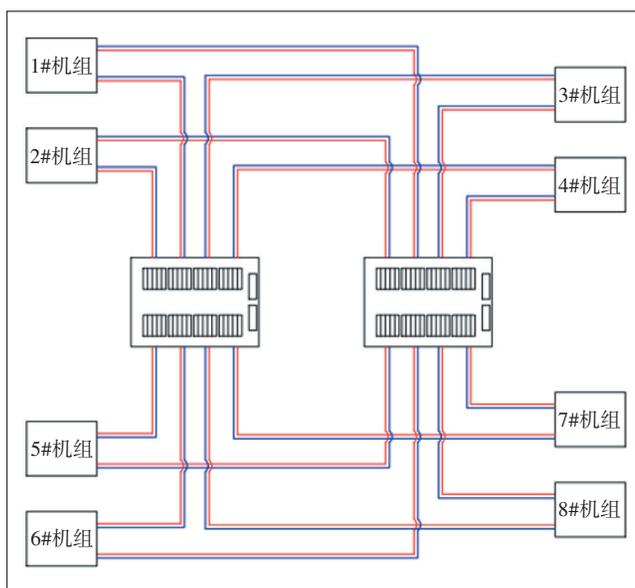


图5 方案1系统管路连接示意图

表4 方案2系统配置

参数	分散式风冷室外机	板管蒸发式冷凝机组
型号	-	WLNC840G16-A
系数数量/个	16	16
数量/台	8	3
总散热量/kW	840	840
室外机占地总面积/m ²	26.5	20
理论节地百分比/%	32.5	

行时,蒸发式冷凝机组采用1用1备的模式,系统管路冗余备份。方案2系统管路连接示意图如图6所示。

2.2.3 方案3机组2+1备份

方案3机组2+1备份如表5所示。该方案选取3台WLNC420GB-A同型号蒸发式冷凝机组替代原8台风冷室外机,系统运行时,蒸发式冷凝机组采用2用1备的模式,系统管路冗余备份。方案3系统管路连接示意图如图7所示。

2.3 经济性测算

针对机房风冷室外机采用蒸发式冷凝机组进行替

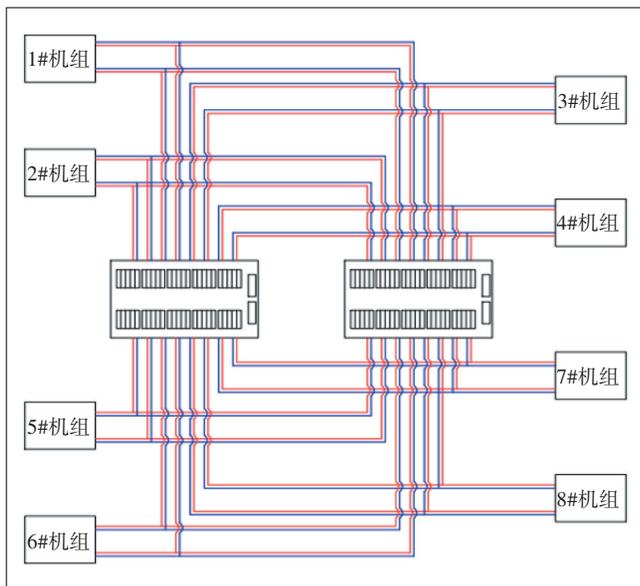


图6 方案2系统管路连接示意图

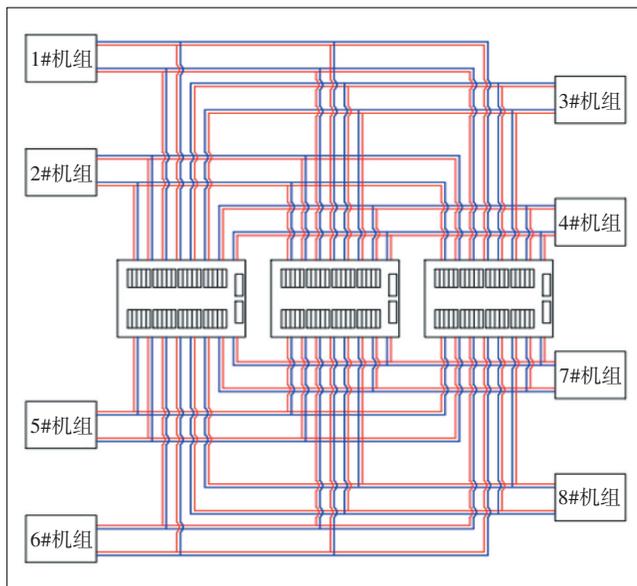


图7 方案3系统管路连接示意图

表5 方案3系统配置

参数	分散式风冷室外机	板管蒸发式冷凝机组
型号	-	WLNC420GB-A
系数数量/个	16	16
数量/台	8	3
总散热量/kW	840	840
室外机占地总面积/m ²	26.5	14.7
理论节能百分比/%	44.5	

换方案,分析风冷单元式空调系统和蒸发式冷凝系统全年能耗情况,计算采用蒸发式冷凝机组系统的节能

表6 运行能耗分析

方案配置	风冷单元式空调	蒸发冷凝散热技术方案		
		方案1	方案2	方案3
型号	-	WLNC420GB-A	WLNC840G16-A	WLNC420GB-A
冷凝设计温度/°C	45	38	38	38
系统能效比COP	3.2	5.01	5.03	5.01
台数/台	8	2	2	3
系统总功耗/kW	200	127.4	127	127.4
耗水量/(m ³ /h)	-	0.68×2	1.37	0.68×2
年运行费用/万元	140	93.4	93.2	93.4
节电率/%	-	33.3	33.4	33.3

注:电单价0.8元/kWh,水单价3.5元/m³,年运行时间8760h。

的冷却水蒸发速度快,形成干点。

b) 冷却水水质硬度高、冷却水吸附进口空气中含的各种杂质。

c) 冷却水温度过高,导致钙离子溶解度大幅降低

百分比并综合系统投资及施工费用,测算采用蒸发式冷凝机组后的投资收益。运行能耗分析如表6所示。投资收益测算如表7所示。

3 系统维护及防垢化

蒸发式冷凝机组高温气态冷媒经换热管与管外壁水膜之间实现换热,高温壁面导致水膜温度升高,冷却水杂质极易附着在换热管外壁面形成垢层,影响换热。蒸发式冷凝器表面结垢主要有以下几个原因。

a) 冷却水与制冷剂蒸气的温差较大,换热管表面

而析出附着。

d) 换热面存在背风面,背风面由于热量积聚,使得该部分冷却水温度高,析出的钙离子吸附形成结垢。

表7 投资收益测算

折合费用	方案1	方案2	方案3
设备及管路投资/万元	52	101	78
施工费用/万元	5	5.5	5.5
年节省费用/万元	46.6	46.8	46.6
投资回收期/月	15	27	22

为避免蒸发式冷凝器存在结垢的风险,机组设计冷凝温度为38℃(含)以下,使得冷却水温度在35℃以下,保障钙离子的高溶解度,避免钙离子在换热时大量析出;机组采用平面液膜蒸发式冷凝技术,可使换热表面全冷却水覆盖,并且无背风面,有效防止换热表面结垢。

降低水质硬度,可通过电化学方式,直接从循环水中吸取垢质及其他杂质,循环水使用过程中不断浓缩的结垢成分得到同步去除,从源头消除了水结垢产生的危害。图8为电化学除垢原理图,其中惰性阳极表面发生氧化反应生成活性氧、有效氯等氧化性物质,而阴极表面发生还原反应产生氢氧根离子,氢氧根离子与Ca(HCO₃)₂反应产生CaCO₃。

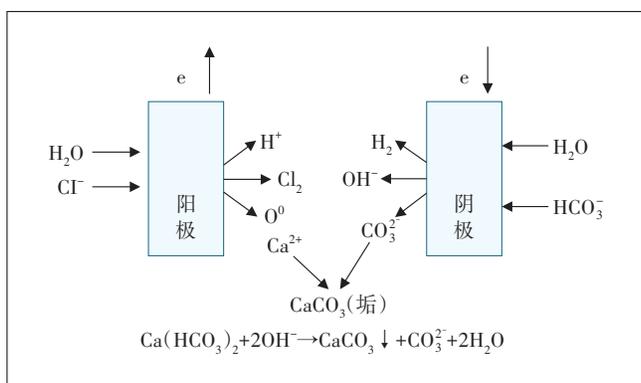


图8 电化学除垢原理

同时机组采用自动排污换水控制技术,通过监控水温、机组运行时长以及水质硬度等参数,对机组实行自动排污换水控制,在节约用水的前提下,保障冷却水系统水质。

4 结束语

蒸发式冷凝散热作为一种高效的冷凝散热方式用于解决运营商通信机房分散风冷单元式空调室外机夏季高压告警问题具有较好的应用效果,可降低冷凝温度,提升机组能效。本文提出3种多联共享高效蒸发式冷凝散热机组替代现有风冷室外机的方案,分别对

其节能率和经济性进行测算,3种应用方案节能率相近,由于方案及设备价格差异,理论投资回收期为15至27个月,此外采用多联共享高效蒸发式冷凝散热机组在降噪和节地方面,也具有明显的优势,蒸发冷凝散热技术具有较好的应用前景,最后分析了蒸发式冷凝器结垢机理及防治措施。

参考文献:

- [1] 杨晓明,吴杲,龚毅. 制冷系统中蒸发式冷凝器性能的影响因素分析[J]. 中国建设信息供热制冷,2007(9):53-56.
- [2] 邓建平,章明歌,郭洪飞. 制冷系统蒸发式冷凝器循环冷却水电化学处理研究及标准化应用[C]//中国工程建设标准化高峰论坛. 2015.
- [3] 张聪. 蒸发式冷却换热器性能研究[D]. 天津:天津商业大学,2016.
- [4] 区志江. 蒸发式冷凝制冷机组节能研究及其在机房空调的应用[D]. 广州:华南理工大学,2012.
- [5] 徐鑫祥,娄锦培. 蒸发式冷凝器在制冷系统中的节能[J]. 制冷学报,1993(3):29-32.
- [6] 陈良才,程奇,刘百强,等. 蒸发式冷凝器雨区气温水温测量方法的研究[J]. 流体机械,2011,39(7):68-70,21.
- [7] 李若兰,王凡,霍正齐,等. 蒸发式冷凝器用于蒸汽压缩制冷循环的节能分析[J]. 制冷与空调,2018,18(3):19-22.
- [8] 区志江,朱冬生,刘飞龙. 蒸发式冷凝器应用于制冷空调的节能研究[J]. 化工机械,2012,39(1):1-4.
- [9] 刘寄辉,傅俊萍,何叶从. 蒸发式冷凝器压缩机能耗及换热性能实验研究[J]. 建筑热能通风空调,2019(7).
- [10] 朱冬生,沈家龙,蒋翔,等. 蒸发式冷凝器性能研究及强化[J]. 制冷学报,2006,27(3).
- [11] 尹凯杰. 蒸发式冷凝器的强化传热分析及程序化设计[D]. 郑州:郑州大学,2011.
- [12] 尹应德. 蒸发式冷凝制冷系统的模拟、实验及节能应用研究[D]. 广州:华南理工大学,2012.
- [13] 郑伟业. 蒸发式冷却器传热传质的试验研究及数值模拟[D]. 上海:华东理工大学,2013.
- [14] 朱冬生,沈家龙,唐广栋. 水分布对蒸发式冷凝器传热传质的影响[J]. 工程热物理学报,2007(1):83-85.
- [15] 李明基. EXV型蒸发式冷凝器设计计算系统的研制[D]. 大连:大连海事大学,2009.

作者简介:

闫健,国家注册设备工程师(暖通空调)、美国PMP项目管理认证,硕士,主要从事通信机房空调制冷、电源相关设计和技术研究工作;侯永涛,高级工程师,硕士,主要从事通信电源、空调制冷、动环监控等相关技术研究工作;郭凯,高级工程师,硕士,主要从事通信机房空调制冷相关技术研究工作;罗硕成,工程师,主要从事板管蒸发冷技术研发、生产制造等工作;朱清峰,教授级高级工程师,主要从事通信电源相关技术研究、标准制定等工作。