

直接蒸发冷却器在热管机房空调中的应用研究*

张 汉, 李奇贺, 王丽丽, 解晓健, 鲁 洁, 余 浩, 邵英澍
(南京师范大学 能源与机械工程学院, 南京 210042)

摘要: 研究了一种直接蒸发冷却器与热管机房空调耦合的空调系统,直接蒸发冷却器的使用降低了冷凝器进口温度,可延长热管的年运行时间,同时,提高热管的 COP。实验中利用焓差实验室对机组进行测试,实验结果表明,在小温差(室内外温差 5~10 ℃)下,热管的 COP 在加直接蒸发冷却器前后由 2.86~5 提升到 4.5~5.36。

关键词: 直接蒸发冷却器; 机房空调; 年运行时间; COP

中图分类号: TU831.4 **文献标志码:** A **文章编号:** 1673-7237(2017)04-0008-03

Experimental Study of Evaporative Cooler in Air Conditioning of Heat Pipe for Electronic Equipment Rooms

ZHANG Han, LI Qi-he, WANG Li-li, XIE Xiao-jian, LU Jie, YU Hao, SHAO Ying-shu
(School of Energy and Mechanical Engineering, Nanjing Normal University, Nanjing 210042, China)

Abstract: As the technology of energy conservation and emissions reduction in data center room, the evaporative cooler can reduce the temperature in cooling end of the unit and prolong the use of heat pipe, as well as improve the COP of heat pipe. The unit is tested in enthalpy difference laboratory in the experimental stage. The results show that the COP of heat pipe coupling with the evaporative cooler increases from 2.86~5 to 4.5~5.36 under small temperature difference (The temperature difference between indoor and outdoor is controlled in 5~10 ℃).

Keywords: evaporative cooler; air conditioner in data center room; use time; COP

0 引言

伴随着信息时代的到来,数据已全面融入到各个产业,由此促进了数据类机房的大规模建设。为保证机房内设备稳定运行,机房空调需常年工作,因此带来的高能耗日益引起人们的重视^[1]。目前,降低机房空调能耗的有效方法为在原有机组的基础上尽最大可能地利用自然冷源^[2-5],而分体式热管具有导热性能好、布置灵活等优点^[6],是利用自然冷源的有效手段。

热管机房空调在一定程度上降低能耗的同时,其使用又存在一定的局限性,热管适用于冬季或者室内外温差较大的情况下,而在室内外温差较小时,会出现工作效率低下的情况。如热管的工作时间延长,会对压缩式制冷机的替代作用加大,进一步提高节能效率。直接蒸发冷却器的运用对扩大热管机房空调室

内外温差,延长热管工作时间,提高热管效率有一定作用。

1 直接蒸发冷却器和热管机房空调耦合的实验研究

1.1 实验装置及原理

直接蒸发冷却器的工作原理^[7,8]:水在循环泵的作用下,由循环水箱经过输水管路进入上部注水口,在重力作用下沿填料往下渗透,使整个填料表面全部浸湿,空气经过填料时,与填料层表面形成的水膜进行热湿交换,使得出口空气湿度增加,温度下降。

直接蒸发冷却器与热管机房空调耦合实验装置如图 1 所示,该装置由室外端部分、室内端部分以及配套的连接管路组成。室外端由直接蒸发冷却器、热管冷凝器和轴流风机组成,直接蒸发冷却器位于热管冷凝器的进风侧,与热管冷凝器共用一台轴流风机;室内端由热管蒸发器和离心风机组成。热管循环采用自然动力循环,且实验装置室外端高于室内端。

收稿日期:2016-07-23; 修回日期:2017-04-12

* 基金项目:江苏省科技计划项目(BY2014001-04)

1.2 实验工况

本实验在南京师范大学人工环境实验室内完成,实验过程中被测试样机实验参数的测量均采用国家有关标准^[9]规定方法。该实验装置室内端置于人工环境实验室室内间,室外端置于人工环境试验室室外间,室内机与室外机的进风参数由实验室相关设备控制^[10]。实验室室内侧环境恒定控制在干球温度 24℃,湿球温度 17℃^[11],通过调节室外空气参数达到实验所需工况。具体实验工况设置如表 1、2 所示。

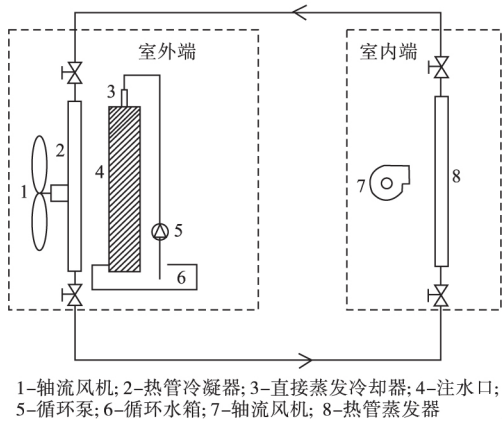


图1 直接蒸发冷却器与热管耦合原理示意图

表1 直接蒸发冷却器实验工况

模式	空气干球温度/℃	空气相对湿度/%
直接蒸发冷却器	3~35(梯度为5)	40~80(梯度10)

表2 热管实验工况

模式	室内干球温度/℃	室内湿球温度/℃	蒸发器风量/(m ³ /h)	室外干球温度/℃
热管	24	17	2 000	5、6、7、8、10~35 (温度梯度为5)

2 实验结果分析

2.1 直接蒸发冷却器冷却性能分析

直接蒸发冷却器在不同环境湿度下进口干球温度与其前后温降的关系如图 2 所示,当相对湿度为 40%时,干球温度为 5℃的空气经过直接蒸发冷却器的温降为 2.9℃;相同湿度下,干球温度为 35℃的空气经过直接蒸发冷却器的温降为 6.2℃;相对湿度为 80%,干球温度为 5℃时的空气经过直接蒸发冷却器的温降为 1.3℃。因此,空气经过直接蒸发冷却器后的温降与空气进口干球温度及相对湿度有关。在同一相对湿度下,空气经过直接蒸发冷却器的温降随入口空气干球温度的升高而增大。随入口空气干球温度的升高,空气干湿球温度差增大,空气与水之间的热湿交换更加强烈,直接蒸发冷却器冷却效率升高。在同一空气进口干球温度下,空气进口相对湿度越小,通过直接蒸发冷却器后的温降越大。其原因是被

处理空气的干湿球温度差增大,从而使得空气与水之间的热湿交换愈加强烈,冷却效率提高。在较小的相对湿度下,空气干球温度越高,通过直接蒸发冷却器后的空气温降越大。在相对湿度达到 80%时,空气进口干球温度的大小对通过直接蒸发冷却器后的空气温降影响较小。即在相对湿度较小时,空气进口干球温度对直接蒸发冷却器性能的影响较大,而在较大的相对湿度下,其影响较小。因此,直接蒸发冷却器用于干燥地区时冷却降温的效果更好。

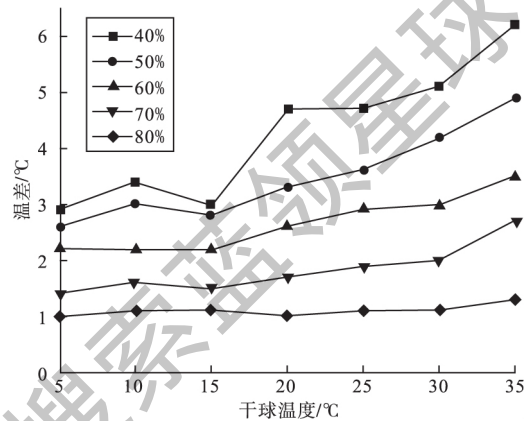


图2 空气不同的进口干球温度与通过直接蒸发冷却器后的温降的关系

2.2 分体式热管传热性能分析

热管的制冷量与室内外温差的关系如图 3 所示,热管制冷量随着室内外温差的逐渐增加而逐渐增大,在温差小于 10℃时增幅较大,在温差大于 10℃时增幅变缓并在 20℃左右趋于平缓。实验表明,在较小温差下,如能增大热管工作的室内外温差可以有效地提高制冷量。

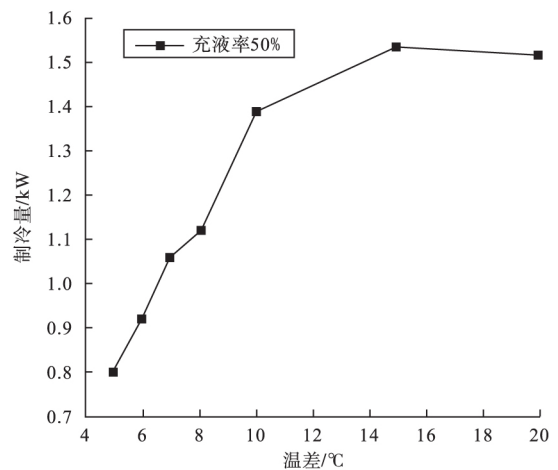


图3 不同室内外温差下热管制冷量

2.3 直接蒸发冷却器对分体式热管机组换热量的影响

分体式热管换热器的换热性能受到环境空气状态参数的影响较大,而且空气侧的传热系数较低,利用直接蒸发冷却器先将空气进行预冷然后再进入热

管冷凝换热器中,就可以降低冷凝温度,增加换热温差,有效延长分体式热管机组使用时间,达到节能的目的。本文研究了小温差下(室内外温差为5~10℃,室内温度高于室外温度)直接蒸发冷却器对热管性能的换热量的影响,本文在将直接蒸发冷却器与热管联合运行同热管单独运行时的换热量进行对比,实验结果如图4所示。

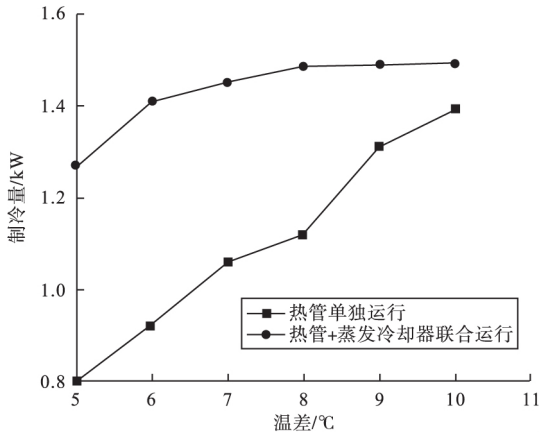


图4 小温差下直接蒸发冷却器对热管换热量的影响

从图4可以看出,在热管冷凝换热器前增加直接蒸发冷却器增大了机组换热量。随着温差的逐渐增大,实验装置联合运行时的制冷量始终大于热管单独运行时的制冷量。尤其在小温差下的制冷量增加值大于大温差下的增加值,在5℃温差下实验装置运行时的制冷量相对于热管单独运行时制冷量增加了60%,而在10℃温差下增加了14.3%。直接蒸发冷却器与热管机房空调的耦合使用能有效增大热管机组制冷量,降低能耗,尤其在小温差下直接蒸发冷却器的影响效果更加显著,可有效延长分体式热管机组使用时间。

2.4 能效比分析

能效比是在额定工况和规定条件下,制冷设备进行制冷运行时实际制冷量与实际输入功率之比,这是一个综合性指标,反映了单位输入功率在设备运行过程中转换成制冷量的能力,设备能效比越大,在制冷量相等时消耗的电能就越多。经计算得出,在小温差情况下,热管单独工作时能效比为2.86~5,而直接蒸发冷却器和热管联合使用时,能效比为4.5~5.36。

3 结论

(1) 直接蒸发冷却器的使用使得入口空气温度降低,且随着环境湿度的增加,降低幅度越大。

(2) 在小温差下,随着室内外温差的增大,热管的制冷量逐渐增大。

(3) 直接蒸发冷却器的运用使得热管的COP有了较大提升,在小温差的情况下,COP由2.86~5提升到4.5~5.36。如在南京等夏热冬冷地区,根据采暖通风与空气调节设计规范可以查得全年日平均气温低于5℃和8℃天数分别为83d和115d,自然冷源非常丰富。直接蒸发冷却器可以有效地利用自然冷源,对延长热管使用时间,提高机组COP具有积极的作用。

参考文献:

- [1] 蒋青泉. 通信网络能耗分析与节能技术应用[J]. 中南大学学报:自然科学版, 2009, (2):464-470.
- [2] CHO Jinkyun, LIM Taesub, KIM Bvungseon Sean. Measurements and predictions of the air distribution systems in high compute density (Internet) data centers[J]. Energy and Buildings 2009, 41(10):1107-1115.
- [3] Cho J, Lim T, Kim B S. Cooling systems for IT environment heat removal in (internet) data centers[J]. Journal of Asian Architecture and Building Engineering 2008, 7(2):387-394.
- [4] 季九如, 杨黎. 安装新风换气机房流场及温度场数值模拟研究[J]. 哈尔滨理工大学学报, 2009, 14(5):127-130.
- [5] Yau Y H. The use of a double heat pipe heat exchanger system for reducing energy consumption of treating ventilation air in an operating theatre a fully ear energy consumption model simulation [J]. Energy and Buildings 2008, 40(5):917-925.
- [6] 金鑫, 瞿晓华, 祁照岗, 等. 分离式热管型机房空调性能实验研究[J]. 暖通空调, 2011, 40(9):133-136.
- [7] 黄秋菊, 刘乃玲. 湿膜加湿器热质交换过程分析[J]. 制冷空调与电力机械, 2006, (2):30-33.
- [8] 吴生, 黄翔, 李成成, 等. 高压喷气+直接蒸发冷却在工业厂房的应用[J]. 流体机械, 2012, (5):76-79.
- [9] GB/T19413—2003, 计算机和数据处理机房用单元式空气调节机[S].
- [10] 李奇贺, 黄虎, 张忠斌. 热管式机房空调性能实验研究[J]. 暖通空调, 2010, (4):145-148.
- [11] NY/T1967—2010, 纸质湿帘性能测试方法[S].

作者简介: 张汉(1990),男,山东滕州人,硕士研究生,主要从事热管机房空调的节能研究(zh370481@hotmail.com)。

通讯作者: 李奇贺(1972),高级实验师,主要从事热管相关研究工作(liqihe@njnu.edu.cn)。