

集装箱式数据中心吊顶式空调的研制

齐淑芳 程镇 陈璞 牛晓文 罗田彦 戎晔

(合肥通用机械研究院)

摘要 简要介绍集装箱式数据中心吊顶式空调的结构和系统原理,将其与普通机房空调进行测试对比,测试结果表明,吊顶式空调的能效比远高于普通机房空调,显热制冷量也高于普通机房空调,比普通机房空调更节能。

关键词 集装箱式数据中心;吊顶式空调;能效比

Development of ceiling air-conditioning for container data center

Qi Shufang Cheng Zhen Chen Pu Niu Xiaowen Luo Tianyan Rong Ye

(Hefei General Machinery Research Institute)

ABSTRACT The structure and system principle of ceiling air-conditioning for container data center are introduced, and it is compared with the common computer room air-conditioning by test. The test results show that the *EER* of the ceiling air-conditioning is far higher than that of common computer room air-conditioning, and the cooling capacity of sensible heat as well. So the ceiling air-conditioning is more energy efficient than the common computer room air-conditioning.

KEY WORDS container data center; ceiling air-conditioning; energy efficiency ratio

宽带提速、4G 用户迅速增长、移动互联网兴起、视频高清化与社交应用的普及,带动了 IDC 需求迅猛增长。据统计,数据中心的电力消耗在过去 10 年增长了 5 倍;一台 ICU 服务器的使用成本高达采购成本的 2 倍,并且还在继续增加;而能源价格的上涨,也导致了运营成本的增加^[1]。运营商亟须规模建设高效、绿色、可持续发展的集装箱式数据中心^[2]。

标准化、模块化、可移动、“即插即用”、一体化的集装箱式数据中心,降低了数据中心外包服务的门槛,IDC 服务商在服务模式上实现创新^[3]。集装箱式数据中心的能耗主要为服务器及通信设备用电、制冷用电、照明 3 个部分,其中制冷用电占数据中心总能耗的 63%。为使集装箱有限空间的最大化利用,笔者设计集装箱式吊顶式空调。

1 吊顶式空调的结构和原理

基于集装箱式数据中心的吊顶式空调,包括室内机主体和室外机主体(见图 1~图 4)。室内机

主体上设有内接口与排水口,室外机主体上设有外接口,排水口通过管道连接到集装箱外,内接口通过管道与外接口相连。室外机主体上设有外部电控箱、储液罐、压缩机、冷凝风机以及冷凝器。室内机主体设有内接口的一侧还设有蒸发器以及回风口,与之相对应的一侧设有出风口,且与该出风口相邻的侧面上设有电控箱与接头箱。

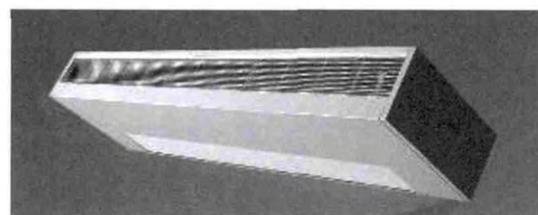


图 1 吊顶式空调室内机实物图

将室内机主体固定于集装箱内的顶部,并将排水口通过管道与室外相连,将运行过程中产生的冷凝水排至室外,内接口与外接口通过管道连接。将室外机主体固定在室外,减少室内的噪声。

收稿日期:2016-06-27

作者简介:齐淑芳,本科,工程师,主要从事制冷空调设备检测工作。

电控箱上设有使其能够上下滑动的滑轨:操作时,将电控箱下拉,对吊顶式空调进行操作;操作完成后,将电控箱向上推动,以节省空间。

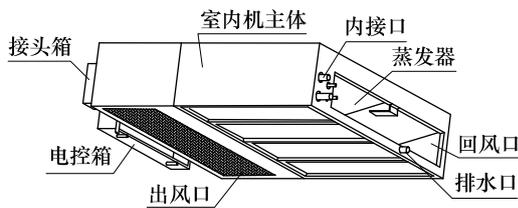


图 2 吊顶式空调室内机结构图



图 3 吊顶式空调室外机实物图

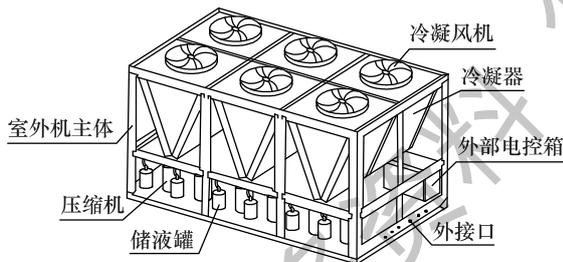
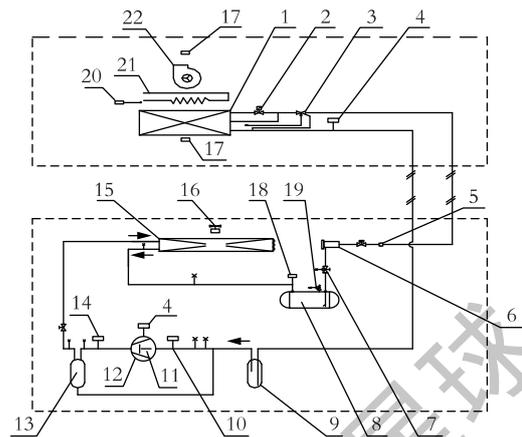


图 4 吊顶式空调室外机结构图

如图 5 所示,制冷剂在蒸发器、气液分离器、压缩机、冷凝器、储液罐以及膨胀阀之间进行循环。低压制冷剂蒸气被压缩机压缩为高压蒸气后排至冷凝器;室外风机吸入环境中的冷空气流经冷凝器,带走制冷剂放出的热量,使高压制冷剂蒸气凝结为高压液体;高压液体通过管道进入储液罐,在储液罐中变为低温低压液体;低温低压液体通过膨胀阀进入蒸发器,在蒸发器内蒸发为低温低压的制冷剂蒸气,机组内部直联风机促使室内热空气不断进入蒸发器进行热交换,并将放热后冷空气送入室内;气态制冷剂通过气液分离器再次进入压缩机,进行下一次循环^[4]。

EC 风机处设有电加热器,该电加热器上设有



1. 蒸发器; 2. 液路电磁阀; 3. 膨胀阀; 4. 温度探头; 5. 视镜;
6. 干燥过滤器; 7. 检修截止阀; 8. 储液罐; 9. 气液分离器;
10. 低压开关; 11. 预加热器; 12. 压缩机; 13. 油分离器;
14. 高压开关; 15. 冷凝器; 16. 冷凝风机; 17. 温度传感器;
18. 风扇调速器; 19. 安全阀; 20. 过热保护器; 21. 电加热器;
22. EC 风机

图 5 吊顶式空调系统原理图

过热保护器。使用时,电控箱根据回风口与服务器机框上的温度传感器自动调整 EC 风机的转速并控制电加热器的开启与停止,过热保护器用来防止电加热器过热被烧毁。

由储液罐到蒸发器依次设有检修截止阀、干燥过滤器、液路电磁阀、视镜以及温度探头。使用时,液态制冷剂储存在储液罐中,并可通过视镜观察储液罐中液态制冷剂的储存量,在传输至蒸发器的过程中液态制冷剂通过干燥过滤器进行干燥过滤;维修时开启检修截止阀,阻止制冷剂流动,方便对系统的维修。

2 吊顶式空调和普通机房空调测试对比

测试方法依据国家标准 GB/T 7725—2004 《房间空气调节器》的风洞式空气焓差法,其布置见图 6。测试工况依据国家标准 GB/T 19413—2010 《计算机和数据处理机房用单元式空气调节机》的名

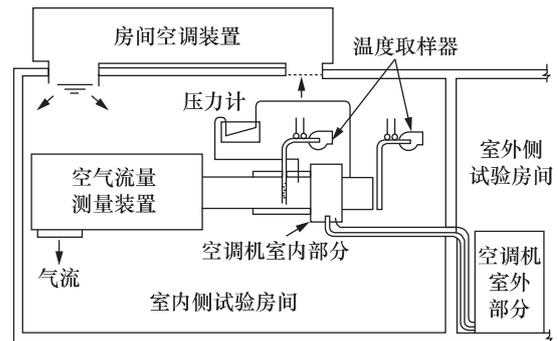


图 6 风洞式空气焓差法原理图^[5]

表 1 名义测试工况

试验条件		蒸发器侧入口空气状态		冷凝器侧入口空气状态	
		干球温度	湿球温度	干球温度	湿球温度
制冷运行	名义制冷	24±0.3	17±0.2	35±0.3	—

表 2 测试结果对比

项目	风量/(m ³ /h)	制冷量/W	制冷消耗功率/W	显热制冷量/W	显热比/%	噪声/dB(A)	能效比/(W/W)
普通空调	2 650	12 876	4 321	10 430	0.81	39.4	2.98
吊顶式空调	3 346	12 783	3 695	11 760	0.92	32.9	3.46

义工况,见表 1^[6]。与普通机房空调的测试结果进行对比,见表 2。

从表 2 可以看出,吊顶式空调比普通机房空调能效比高出约 16%,显热制冷量也有明显的增加,提高将近 14%。

该吊顶式空调对服务器直接降温,解决现有技术中存在的降温冷却系统能量消耗过大导致成本上升的问题^[7],在保证数据中心正常使用的前提下,实现资源有效利用,降低降温冷却的耗能量,使得数据中心的运行成本大大降低。

该产品在集装箱内部冷热通道是分开的,热通道的热风直接回到空调的回风处。集装箱的空间有限,服务器的发热量极高,若要将整个机房按照常规空调设计,则需要占用极大的空间,而空调吊装于服务器上部,既不占用空间,又能解决每个服务器的发热需求。

3 结论

对吊顶式空调结构原理和系统流程进行简要介绍,并将其与普通机房空调进行测试比较,得到结论如下:

1) 吊顶式空调在室内机主体中安装 EC 风机,风机耗电量减少。在同等测试条件下,吊顶式空调的能效比高于普通机房空调,显热比也高于普通机房空调。

2) 吊顶式空调中的电控箱上设有滑轨,方便电控箱升降,使其使用更加灵活。吊顶式空调设置于集装箱顶部,节省空间的同时可根据集装箱的大小改变尺寸,更容易固定。

参考文献

[1] 蔡建华. HP POD 数据中心新思维[EB/OL]. 百度文库;35.[2014-07-11]. <http://wenku.baidu.com>.

[2] 李欣. 湖北联通率先试点集装箱式数据中心 节能成效显著[J]. 通信世界,2011(45):31.

[3] 杨军志. 仓储式、微模块、集装箱式数据中心[J]. 智能建筑与城市信息,2015(3):86-87.

[4] 郑贤德. 制冷原理与装置[M]. 北京:机械工业出版社:176.

[5] 房间空气调节器:GB/T 7725—2004[S].

[6] 计算机和数据处理机房用单元式空气调节机:GB/T 19413—2010[S].

[7] 邱成,秦艳,方大伟,等. 吊顶热管空调系统在某数据中心应用的探讨[J]. 暖通空调,2016,46(4):95-97.

(下接第 51 页)

[6] 王林忠,吴献忠. R32 热泵系统排气温度控制及理论预测[J]. 制冷与空调,2014,14(6):51-55.

[7] 孔维利,屠冰,李旻阳. R32 空气源热泵机组性能试验研究[J]. 制冷与空调,2013,13(1):48-51.

[8] 黄玉优,王俊,尹茜,等. R32 空气源热泵热水器的实验研究[J]. 制冷与空调,2011,11(2):69-72.

[9] LI M, DANG C, HIHARA E. Flow boiling heat transfer of HFO1234yf and R32 refrigerant mixtures in a smooth horizontal tube: Part I. Experimental investigation[J]. International Journal of Heat and Mass Transfer,2012,55(13):3437-3446.

[10] LI M, DANG C, HIHARA E. Flow boiling heat transfer of HFO1234yf and HFC32 refrigerant mixtures in a smooth horizontal tube: Part II. Prediction method[J]. International Journal of Heat and Mass

Transfer,2013,64:591-608.

[11] 马一太,张志巍,李敏霞,等. 新型二元混合工质 HFC32/HFO1234yf 的热物性模型[J]. 天津大学学报,2013,46(11):958-962.

[12] RAJENDRAN R, NICHOLSON A. AHRI Low-GWP Alternative Refrigerants Evaluation Program; Test Report-24[R]. 2012;1-19.

[13] RAJENDRAN R, NICHOLSON A. AHRI Low-GWP Alternative Refrigerants Evaluation Program; Test Report-34[R]. 2012;1-19.

[14] 巨福军. 二氧化碳/烷类混合制冷剂热泵循环特性研究[D]. 郑州:中原工学院,2013:23-33.

[15] LEMMON E W, MCLINDEN M O, HUBER M L. REFPROP, NIST reference fluid thermodynamic and transport properties, Version 9.1[Z]. Gaithersburg, USA: NIST, 2015.

[16] 家用和类似用途热泵热水器:GB/T 23137—2008[S].