

蒸发冷却式空调在我国南方地区的应用分析

广州大学 辛军哲[☆] 向 强

摘要 以广州某 3 层建筑为例,采用动态模拟方法,详细计算分析了其采用蒸发冷却式空调的可行性和使用蒸发冷却式空调后的节能效果。结果显示,在类似于广州的我国南方地区,可以采用间接利用蒸发冷却式技术的蒸发冷却空调集成系统。

关键词 蒸发冷却式空调系统 南方地区 节能 动态模拟

Application of evaporative cooling air conditioning in south China

By Xin Junzhe[★] and Xiang Qiang

Abstract Taking a three-storey building in Guangzhou as an example, calculates and analyses the practicability and energy saving effect of the system used in it with the dynamic simulation method. The result shows that the integrating evaporative cooling air conditioning systems with indirect evaporative cooling can be used in south China, such as Guangzhou.

Keywords evaporative cooling air conditioning system, southern region, energy saving, dynamic simulation

[★] Guangzhou University, Guangzhou, China

①

0 引言

蒸发冷却式空调由于具有显著的节能效果,已受到越来越多的人的重视,并被广泛地应用于我国的西北部、北部及中部的干热地区。由于其使用效果极大地受制于湿球温度,故在湿度较大的南方地区,被较多地用在工厂通风降温方面,很少有人将其用于公共建筑和住宅建筑中。本文以广州某 3 层建筑为例,试图通过详细的计算,分析探讨在南方地区公共建筑和住宅建筑内采用蒸发冷却式空调的可行性,以扩大该系统的实际应用范围。

1 建筑基本情况及设计要求

该建筑地处广州,其东西向长 60 m,南北向长 13.8 m,总建筑面积 2 415 m²。外墙为 200 mm 厚加气混凝土,内墙为轻质龙骨结构,外窗为 6 mm 厚热反射镀膜玻璃。首层层高 4.2 m,2 层和 3 层层高均为 3.6 m。屋面传热系数为 1.307 W/(m²·K),外墙传热系数为 2.005 W/(m²·K),外窗传热系数为 5.5 W/(m²·K)。照明发热量为 11 W/m²;人员密度为 6 m²/人;办公设备散热量为 20 W/m²。该建筑的空调设计要求为全年各计算时刻的室内参数均处于文献[1]给出的等效空调参数范围内,即全年各计算时刻室内干球温度不高于 28.0℃,相对湿度不

大于 80%,空气流速不大于 1.2 m/s。

2 建筑全年逐时冷负荷

根据该建筑的基本情况和设计要求,采用 DeST 模拟软件计算出的全年逐时冷负荷如图 1 所示。计算条件为:夏季空调室外计算逐时温度以典型气象年逐时温度计;房间类型属中型;全天照明,室内时刻有人。

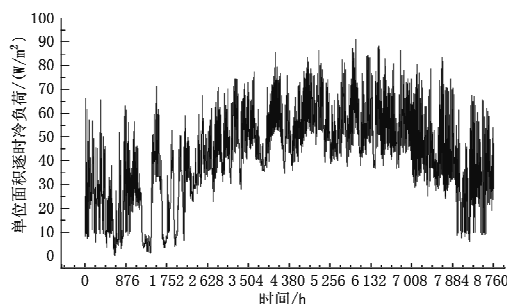


图 1 建筑全年逐时冷负荷

①[☆] 辛军哲,男,1963 年 3 月生,工学硕士,高级工程师
510006 广州市番禺区广州大学城外环西路 230 号广州大学
A207 信箱土木工程学院
(020) 31873480
E-mail: junzhex@sina.com
收稿日期:2009-03-19
修回日期:2009-07-22

由图 1 可以看出,全年最大冷负荷为 221.9 kW,此时的热湿比为 24 358 kJ/kg。以送风点相对湿度 90%为基准,可计算得到该时刻的送风干球温度为 25.9 °C,湿球温度为 24.6 °C,露点温度为 24.1 °C,空气密度为 1.17 kg/m³,系统所需的风量为 2.82×10^5 m³/h。

3 采用蒸发式冷却技术的理论分析

从图 1 可以看出,即使在室内温度不高于 28.0 °C、相对湿度不大于 80%的条件下,广州地区也几乎是全年都有冷负荷,空调能耗占建筑能耗的比例很大。蒸发冷却式空调虽然被认为是一种节能环保型空调,但由于广州地区的设计湿球温度为 27.8 °C^[2],高于直接蒸发式空调的最高允许湿球温度 24.8 °C^[1],因此蒸发冷却式空调不能直接在广州地区使用。对于目前在新疆地区应用比较多的三级蒸发冷却式空调,设其间接蒸发效率为 60%,直接蒸发效率为 90%,则按照广州的设计条件,其理论送风含湿量为 21.8 g/kg,高于室内设计含湿量 19.1 g/kg,所以也不能直接在广州地区使用。

在广州地区的空调系统中不能直接采用蒸发冷却式空调,但能不能间接采用呢?对此,笔者借助室外气象参数分区图(见图 2)进行分析。

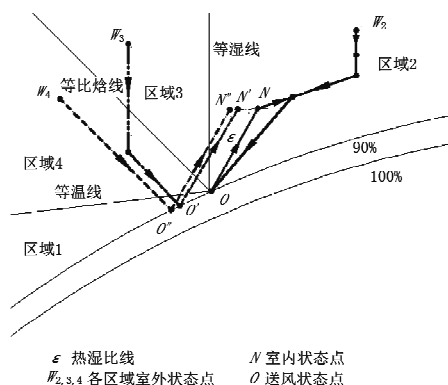


图 2 室外气象参数分区图

图 2 中,建筑全年存在冷负荷的室外气象数据被分为 4 个区域。区域 1 是室外干球温度不高于 25.9 °C 的区域,室外气象参数处于该区域的时间为 5 928 h。在该区域内,系统仅通过通风换气的方式将室内的余热排除即可保证室内参数处于等效空调参数的范围内。区域 2 是露点温度高于 24.1 °C 的区域,室外气象参数处于该区域的时间为 1 548 h。在该区域内,系统需除湿,采用传统的机械式制冷时,需要新风系统。新风可通过两级间接蒸发的方

式进行预冷。区域 3 是露点温度不高于 24.1 °C、湿球温度高于 24.6 °C 的区域,室外气象参数处于该区域的时间为 347 h。在该区域内可采用直接蒸发冷却和间接蒸发冷却以及传统的机械式制冷相组合的冷却方式。至于两级蒸发冷却是否需要全开,是否需要机械式制冷,则需根据计算确定。基本的原则是能用蒸发冷却达到要求的就无需采用机械式制冷。区域 4 为干球温度高于 25.9 °C、湿球温度不高于 24.6 °C 的区域,室外气象参数处于该区域的时间为 937 h,在该区域内可采用直接蒸发式冷却。

根据上述分析,该建筑的空调系统需采用如图 3 所示的直接蒸发冷却、两级间接蒸发冷却和传统的机械式制冷构成的蒸发冷却空调集成系统。其中的送风机和机械式制冷系统需要根据室内冷负荷的大小进行变频控制,以节约能源。系统在区域 1 内工作时,间接蒸发冷却段 1 和间接蒸发冷却段 2 的二次风排风系统和供水系统关闭,传统冷却段内无冷水,直接蒸发冷却段供水系统关闭,系统仅有风机运行。系统在区域 2 内工作时,采用新回风混合式系统。新风通过间接蒸发的方式进行预冷,即此时间接蒸发冷却段 1 和间接蒸发冷却段 2 的二次风排风系统和供水系统在低负荷下运行。预冷后的新风与回风混合后,再采用机械方式制冷,即传统冷却段正常工作,此时,系统中直接蒸发冷却段供水系统关闭。系统在区域 3 内工作时,间接蒸发冷却段 1 的二次风排风系统和供水系统开启,直接蒸发冷却段供水系统开启,传统冷却段是否工作以及间接蒸发冷却段 2 的二次风排风系统和供水系统是否开启,需根据负荷大小由计算确定。系统在区域 4 内工作时,间接蒸发冷却段 1 和间接蒸发冷却段 2 的二次风排风系统和供水系统关闭,传统冷却段内无冷水,直接蒸发冷却段供水系统开启。

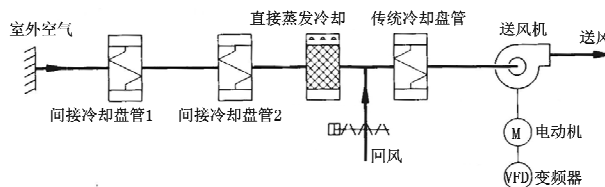


图 3 蒸发冷却空调集成系统原理

4 计算过程及结果分析

系统送风机选用离心式风机,根据最大风量 (2.82×10^5 m³/h) 功率选为 35.3 kW。送风机在运行过程中,根据负荷的变化变频运行。理论上,

在部分负荷下,送风机的功率和风量之间为三次幂关系,但考虑到变频损失和风机效率并不一直为常数等原因,送风机的功率和风量之间采用二次幂关系比较合适^[7]。设直接蒸发的效率为 90%,间接蒸发的效率为 60%^[3-4]。

根据上述条件,可计算得区域 1 内送风机的总耗电量为 7 070 kWh。区域 2 内,新风量设定为 10 000 m³/h,两级间接蒸发段二次风排风量均为 6 000 m³/h,功率为 300 W,总耗电量为 929 kWh。送风机总耗电量为 20 153 kWh。传统冷却段的冷水由蒸汽压缩式冷水机组提供,设其系统的总能效比为 3.5,得其总耗电量为 69 221 kWh。三者合计为 90 303 kWh。区域 3 内,经计算,采用直接蒸发冷却段和一级间接蒸发冷却段后出风温度超过设计送风温度 0.1~0.3 °C 的时间仅有 3 h,故在本区域内无需开启传统冷却段以及间接蒸发冷却段 2 的二次风排风系统和供水系统。其送风机的总耗电量为 2 581 kWh。一级间接蒸发段二次风排风机为定速运行,其排风量假设为 148 968 m³/h,功率为 7.45 kW,总耗电量为 2 585 kWh,两者合计为 5 166 kWh。区域 4 内送风机的总耗电量为 3 071 kWh。该系统在 4 个区域内的总耗电量为 106 210 kWh。

当区域 2~4 内全部采用传统的蒸汽压缩式集中空调系统时,若送风温差按 10 °C 计算,可计算出最大送风量为 59 280 m³/h,离心送风机电功率设为 7.4 kW,也采用变频送风,则其总耗电量为 7 989 kWh。新风量仍设定为 10 000 m³/h,但不进行预冷,新风送风机功率假定为 1.3 kW,则总耗电量为 3 680 kWh。制冷系统耗电量根据每个时刻系统所需的冷负荷除以能效比得出,其值为 119 674 kWh。而根据区域 1 的最大通风量 232 486 m³/h 可单独选用 1 台 11.6 kW 的轴流风机作通风换气用。运行中,仍采用变频调节,可计算得其耗电量为 3 425 kWh。这样,采用传统空调全年总的耗电量为 134 768 kWh。

当该建筑为一空调运行时间为 08:00—18:00 的办公建筑或一空调运行时间为 18:00—08:00 的住宅建筑时,根据上述同样的方法,可以得到如表 1 所示的计算结果。

由表 1 可以看出,对于空调全天使用的建筑,采用蒸发冷却空调集成系统比传统空调系统节电 21.2%,对于办公建筑将节电 29.2%,而住宅建筑

表 1 办公建筑和住宅建筑采用蒸发冷却空调集成系统的计算结果

		办公建筑		住宅建筑	
		蒸发冷却集成系统	传统空调系统	蒸发冷却集成系统	传统空调系统
最大冷负荷/kW		221.9	221.9	191.5	191.5
区域 1 耗电量/(kWh)	送风机	2 851	1 381	5 005	2 639
区域 2 耗电量/(kWh)	送风机	11 535	3 112	10 222	2 867
	二次风	461		467	
	冷水机组	36 913	39 402	31 754	33 602
区域 3 耗电量/(kWh)	送风机	2 152	1 183	509	348
	二次风	2 253		442	
	冷水机组		12 403		3 438
	新风机		341		111
区域 4 耗电量/(kWh)	送风机	2 071	2 397	1 186	1 194
	冷水机组		20 203		10 588
	新风机		797		421
总耗电量/(kWh)		58 236	82 219	49 585	56 221

将节电 11.8%。说明在广州地区的办公建筑中使用蒸发冷却空调集成系统的节能效果最好。

5 结论

5.1 蒸发冷却式空调集成系统可以在广州地区用于产生建筑内空气温度不超过 28.0 °C、相对湿度不大于 80% 的等效空调环境。

5.2 对于全年存在冷负荷的室外气象参数,根据蒸发冷却式空调系统的特点,可将其分为 4 个可以采用不同空气处理方式的区域。

5.3 对广州地区来讲,使用直接蒸发冷却系统为空调送风的时间约有 937 h,使用直接和一级间接蒸发冷却系统为空调送风的时间约有 347 h,两者之和占空调总时间 2 832 h 的 45%。

5.4 对于空调全天使用的建筑,采用蒸发冷却空调集成系统比传统空调系统节电 21.2%。对于办公建筑,节电效果更加显著,达 29.2%。

参考文献:

- [1] 辛军哲,周孝清,何淦明. 直接蒸发冷却式空调系统的适用室外气象条件[J]. 暖通空调,2008,38(1):52-53
- [2] 中国气象局气象信息中心气象资料室,清华大学建筑技术科学系. 中国建筑热环境分析专用气象数据集[M]. 北京:中国建筑工业出版社,2005
- [3] 陆亚俊. 间接-直接蒸发冷却在空调中的应用[J]. 暖通空调,1982,12(6):37-40
- [4] 黄翔,屈元,狄育慧. 多级蒸发冷却空调系统在西北地区的应用[J]. 暖通空调,2004,34(6)
- [5] 颜苏芊,黄翔,文力,等. 蒸发冷却技术在我国各区域适用性分析[J]. 制冷空调与电力机械,2004,25(3):25-28
- [6] 黄翔. 蒸发冷却新风空调集成系统[J]. 暖通空调,2003,33(5):13-16
- [7] Fredrik Engdahl, Dennis Johansson. Optimal supply air temperature with respect to energy use in a variable air volume system[J]. Energy and Buildings,2004,36(2):205-218