

+++++
(上接第 29 页)

4 083.5 m³/h,节省空调运行费用 1 400 元。加上水池周围节省的运行费用,中庭在整个空调季可以节省运行费用 26 500 元。水池温度为 16 ℃时,中庭在整个空调季可以节省运行费用 17 500 元,节能效果不容小视。

3 结论

相比水池温度 16 ℃,水池温度为 10 ℃时,冷水与空气温差较大,冷辐射和换热效果更好,建议设置水池温度为 10 ℃,首层中庭在整个空调季可以节省运行费用 2.65 万元。相比其他技术,虽然水池减少空调送风量带来的节能效果较小,但是由于池水水面存在冷辐射,使得水池周边空间温度可

以提高 1~2 ℃而不会影响其热舒适性^[1],由此可以减小冷负荷及降低空调系统能耗,一般提高 1 ℃可以节能 8%~10%^[2],节能效果较好。本项目尚未运行,施工完成后可结合实际测试以验证其节能性。利用水幕空调和机械通风结合来改善室内热环境的方式值得进一步地深入研究和推广应用。

参考文献:

- [1] 公共建筑节能设计标准编委会. 公共建筑节能设计标准宣贯辅导教材[M]. 北京:中国工业出版社,2005
- [2] 陆耀庆. 实用供热空调设计手册[M]. 2 版. 北京:中国工业出版社,2008

水幕空调的应用分析^{*}

广州市设计院 王 飞[☆] 江慧妍 屈国伦 李继路

摘要 某五星级酒店利用人造瀑布形成的水池来改善室内热环境,分析比较了在热压通风、夜间风机运行、空调运行三种工况下水池中采用 10~16℃ 不同温度的冷水改善室内热环境的效果。结果显示,利用风机和水池的低温冷水可以使酒店部分区域在不开启空调的情况下满足人体热舒适要求。建议设置水池温度为 10℃,白天运行空调,夜间部分区域运行风机,部分区域运行空调,可以达到一定的节能效果。

关键词 水幕空调 酒店 风机 冷水 热环境 节能

Application of water curtain air conditioning

By Wang Fei[★], Jiang Huiyan, Qu Guolun and Li Jilu

Abstract A five-star hotel adopts the pool with an artificial waterfall to improve the indoor thermal environment. Analyses and compares the improving effect of different temperature chilled water from 10℃ to 16℃ in the pool on the indoor thermal environment in the three conditions of natural ventilation under thermal pressure, fan and air conditioning running at night, and air conditioning. The results show that using fan and low temperature chilled water in the pool can meet occupants' thermal comfort requirement in part of the hotel without running air conditioning units. Suggests that the temperature of chilled water in the pool is set at 10℃, the air conditioning units run in the day, and that the fans run in some areas and air conditioning units run in the rest at night to realize energy saving.

Keywords water curtain air conditioning, hotel, fan, chilled water, thermal environment, energy saving

★ Guangzhou Design Institute, Guangzhou, China

①

0 引言

以广州的一个五星级酒店(白天鹅宾馆)改造工程为例,应用酒店中的人造瀑布在首层中庭形成的水池构成水幕空调来改善室内热环境质量,水池中的水利用集中空调系统冷水的回水,空调系统供水温度为 7℃/15℃,根据传热特性和厂家提供的资料,考虑传热温差,水池中的水不断循环,水温可设定为 10~16℃。本文运用 FLUENT 软件模拟分析水池中不同温度的冷水对首层周围区域热环境的影响及其节能特性。

1 模拟分析方案

白天鹅宾馆是广州最早的五星级酒店之一,首层到 3 层是裙楼部分,中间区域设置中庭,中庭上方设有天窗来改善室内采光效果,增强通透感,在中庭的首层设有人造瀑布来改善室内热环境美化视觉效果,为了更好地利用首层水池中的低温冷

水,主要制定以下 3 种工况对比分析 10~16℃ 冷水改善室内热环境的效果:热压通风工况、夜间风机运行工况、空调运行工况。其中热压通风工况为仅热压自然通风运行工况;风机运行工况为在热压通风工况基础上,在亭子下面的首层增加 1 台风机进一步加强水池周围风速扰动,风量 20 000 m³/h,通过首层北侧大门和 2 层大门正压排风形成良好的气流组织来改善室内热环境;空调运行工况则是根据空调设计的送回风位置、送风量和温湿度条件在水池低温冷水的工况下运行。

2 室内热环境的数值模拟

2.1 数值模拟模型

☆ 王飞,男,1985 年 5 月生,硕士研究生,助理工程师
510620 广州市天河区体育东路体育东横街 3 号设计大厦 9 楼第四设计室
(020) 87513134
E-mail: wfei2006@163.com

收稿日期:2012-02-21

①修回日期:2012-05-08



^{*} 广州市城乡建设委员会节能专项资金资助项目(编号:J-2011-17)

对白天鹅宾馆中庭进行简化分析,其效果图和数值模拟几何模型分别见图 1,2。



图 1 中庭效果图

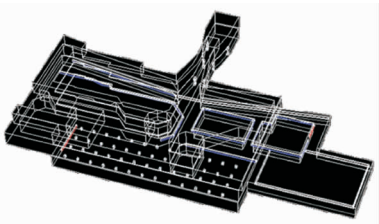


图 2 中庭数值模拟几何模型

2.2 数值模拟控制方法

- 1) 湍流模型选用 $K-\epsilon$ 两方程模型;采用有限容积法离散;遵从动量和能量守恒控制方程。
- 2) 采用 Boussinesq 假设,认为密度变化仅对浮升力有影响。
- 3) 考虑重力工况影响;离散差分格式采用二阶迎风格式。
- 4) 模拟求解方法为 SIMPLE 算法,迭代直到收敛。
- 5) 考虑太阳辐射、水池散湿量和各种壁面热传导、辐射的影响。

2.3 边界条件

根据广州气象参数和设计要求,设置边界条件如下:室外气温 $33.5\text{ }^{\circ}\text{C}$,玻璃传热系数 $3.5\text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$,遮阳系数 0.4,屋面传热系数 $0.9\text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$,外墙传热系数 $1.5\text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$,游泳池水池温度 $10\sim 16\text{ }^{\circ}\text{C}$,面积 390 m^2 ,水量 277 m^3 ,考虑人员、灯光及设备散热,空调设计参数见表 1。

表 1 中庭主要空间空调设计参数

	夏季		人员密度/(人/m ²)	照明功率/(W/m ²)	设备功率/(W/m ²)	送风量/(m ³ /h)
	室外干球温度/℃	送风温度/℃				
自助餐厅	33.5	16	0.4	13	5	26 000
走廊	33.5	18	0.1	5		23 000
水池周边	33.5	18	0.2	5		50 000

2.4 数值模拟结果

以水池温度为 $16\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的情况为例来说明几种工况下的室内温度场。

1) 热压通风工况

单纯热压通风工况下,由于进出风口高差较小,室内没有大的散热设备,不能形成良好的热压通风效果,室内风速较小,水平面平均风速为 0.05 m/s ,中庭走廊存在大量的弱风区。图 3 显示了水平面人行高度处的温度分布。由水平面的温度分布可看出,室内温度均在 $30\text{ }^{\circ}\text{C}$ 以上,由于水池周围风速较小,不能形成有效的风速扰动从而利用水池

中的低温冷水来对周围区域降温。当水池温度为 $16\text{ }^{\circ}\text{C}$ 时,考虑太阳辐射,水池中的低温冷水与上方空气进行对流换热和辐射换热,换热系数按照 $10\text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ 计算,可以节省冷量 51.35 kW ,但水池周围温度仍然较高,在 $28\text{ }^{\circ}\text{C}$ 以上,不能满足人体舒适度要求。

2) 夜间风机运行工况

图 4 显示了夜间风机运行工况下人行高度处的温度分布。在中庭 2 层的景观亭下方设置 1 台风机,由风机吹出的风正好吹过水池表面,在室内

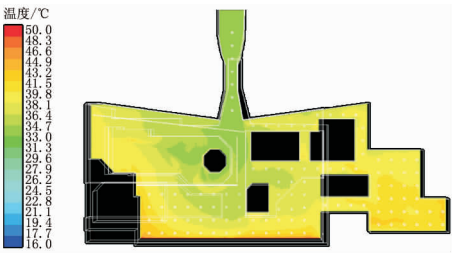


图 3 热压通风工况下水平面人行高度处的温度分布

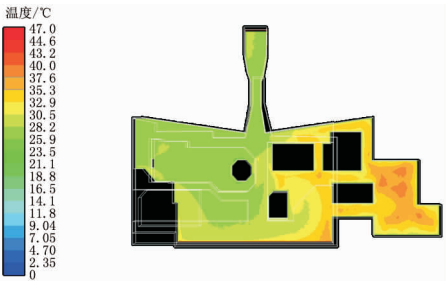


图 4 夜间风机运行工况下水平面人行高度处的温度分布

特别是水池周围形成有效的扰动气流,加剧了水池中低温冷水与空气之间的换热,气流流畅,有效地利用了16℃冷水对周围热环境进行降温,水池周边和北侧走廊区域在夏季夜间都不需要开启空调降温,而只需要开启风机就可以使北侧走廊区域温度在20~27℃范围内,根据GB/T 18049—2000《中等热环境PMV和PPD指数的测定及热舒适条件的规定》,PMV分布在-1~1之间,基本能够满足人体舒适度要求。而南侧区域的自助餐厅由于室内人员密度和设备散热量较大,并且有外玻璃幕墙,温度稍高,平均为29.93℃,此区域仍需要开启空调进行降温,但送风量可以减小,从而也可以达到一定的节能效果。

3) 空调运行工况

图5显示了空调运行工况下水平面人行高度处的温度分布。由图5可以看出,按照空调设计工

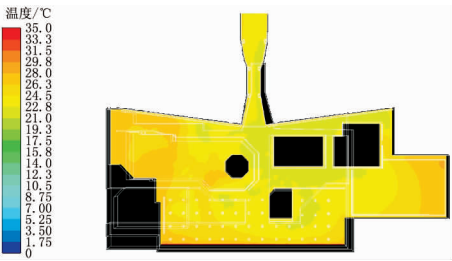


图5 空调运行工况下水平面人行高度处的温度分布

表 2 中庭主要区域在不同冷水温度下的平均温度							℃
	冷水温度/℃						
	10	11	12	13	14	15	16
自助餐厅	29.223 1	29.306 4	29.383 5	29.590 5	29.704 6	29.813 5	29.934 7
水池周围	23.632 4	23.755 5	23.883 4	24.087 1	24.105 5	24.384 6	24.591 6
走廊	31.927 2	31.980 7	32.034 3	32.087 9	32.141 5	32.195 1	32.248 7

从表2可以看出,水池周围温度为23~25℃,计算得到PMV为-0.5~0.5,在夜间不开启空调,就可以基本满足人体舒适度要求;自助餐厅和中庭右侧走廊区域由于受水池影响较小,仍需要开启空调进行降温,但可以减小送风量。自助餐厅和中庭右侧走廊区域随着水池温度的改变,空调区域减小的送风量也不同,运行费用存在差别,如图6,7所示。

从图6,7可以看出,一般情况下广州空调季为5—10月,按照夜间运行8h计算,在水池温度为10℃时,自助餐厅区域可以减少送风量10 500 m³/h,整个空调季可以节省电量3 500 kW·h,按广州的商业用电计算,可以节省运行费用3 500元;走廊区域受其影响较小,但送风量也可以减少

况运行时,室内温度均匀分布在24℃左右,满足人体舒适度要求;走廊回风口周围受到水池低温冷水影响,局部区域温度为17~20℃。

2.5 中庭的节能特性分析

考虑到广州地区的气候状况,单纯的热压通风工况不能满足人体舒适度要求,而针对空调运行工况和夏季夜间风机运行工况则可以对比分析得出,在夜间不影响酒店环境的情况下,利用风机和水池的低温冷水就可以使酒店中庭北侧走廊区域在不开启空调的情况下满足人体舒适度要求,同时考虑到酒店较高档,白天不宜开启风机,因此,空调季可以制定以下运行模式:白天开启空调;夜间,中庭北侧走廊区域转换运行风机,自助餐厅和东部走廊区域正常运行空调,可以通过减少送风输送能耗来达到节省运行费用的目的。

水池采用不同温度的冷水,其对水池周围、自助餐厅、走廊区域的热环境改善作用也有所不同,按照上述运行模式,在空调季节,不同区域的节能效果有所不同,3个主要功能区域的平均温度分布见表2。分析计算得出,水池温度从16℃降到10℃,自助餐厅区域平均温度降低0.711 6℃,PMV降低3%,使人感觉到更加舒适;对中庭东侧走廊区域影响较小,平均温度降低0.3℃,PMV变化不到1%。

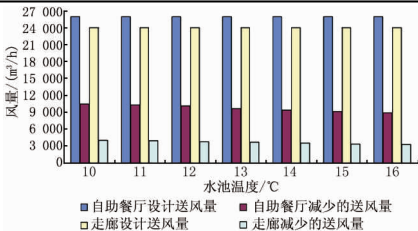


图6 自助餐厅和走廊区域的送风量随水池温度的变化

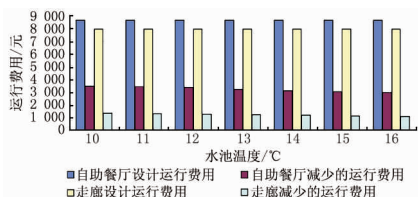


图7 自助餐厅和走廊区域的运行费用随水池温度的变化