

智能建筑节能策略与应用研究*

朱自伟¹, 王勇², 朱晓红³, 任延明⁴

(1. 重庆大学 建筑设计研究院, 重庆 400045; 2. 重庆大学 城市建设与环境工程学院, 重庆 400045; 3. 重庆大学 计算机学院, 重庆 400045; 4. 重庆第九建设有限公司, 重庆 400080)

摘要:智能建筑在实现其智能化、舒适化目标基础上,其较大的运行能耗问题已引起社会的广泛关注,本文以空调设备系统运行控制为研究对象,对相应的空调系统节能运行控制模型和空调系统在线优化控制目标函数进行研究,提出空调设备系统运行控制节能策略,并进行相应的工程应用研究。

关键词:优化控制; 节能运行; 系统控制模型; 目标函数

中图分类号: TU831.4 **文献标识码:** A **文章编号:** 1006-7329(2006)03-0099-03

Study on Energy - Saving Strategy and Application of Intelligent Buildings

ZHU Zi - wei¹, WANG Yong², ZHU Xiao - hong³, REN Yan - min⁴

(1. Architecture Design and Research Institute, Chongqing University, Chongqing 400045, P. R. China; 2. College of Urban Construction & Environmental Engineering, Chongqing University, Chongqing 400045, P. R. China; 3. Department of Computer Science, Chongqing University, Chongqing 400045, P. R. China; 4. The Ninth Building Co. Ltd, Chongqing 400080, P. R. China)

Abstract: Intelligent buildings are more convenient and comfortable, however, their energy consumption during the operation arouses a big concern in society. In this article air - conditioning system operation control is studied mainly, meanwhile, to develop a kind of energy - saving air - conditioning system and put forward a strategy of energy conservation in air - conditioning, based on the calculation of the target on - line optimized function.

Keywords: optimized control; energy - saving operation; target model of control; target function

随着各种高新技术和设备的出现,人们对房屋居住使用需求的提高,出现了一种新的建筑形式——智能建筑。智能建筑在满足人们对建筑物舒适性、安全性、快捷性、可靠性、方便性要求的同时,建筑物使用运行能耗大大提高,在当今能源紧缺的现实情况下,智能建筑高能耗运行方式已成为阻碍其发展的重要因素。在分析智能建筑设计、施工、设备安装、使用运行等各个阶段所用的技术手段、设备、方法的基础上,展开对其各个阶段的节能研究,已成为智能建筑研究的主要方向。

智能建筑中设备系统的核心是空调系统,投资比重大,能源消耗大,占建筑设备运行总能源消耗的2/3以上,智能建筑节能研究重点在于空调系统节能研究。

1 空调设备系统在线仿真模型

1.1 表冷器模型

模拟表冷器的工作过程以描述冷水温度和流量以

及送风量对送风温度的影响,表冷器的热容相对建筑物而言可以忽略不计。

空调工况下传热为:

$$Q_a = K_a(t_{ain} - t_0) \quad (1)$$

其中, Q_a 为表冷器外侧(风侧)的传热量, K_a 为表冷器外侧的传热系数, t_{ain} 为表冷器进风温度, t_0 为表冷器表面的平均温度。

表冷器内水侧的传热为:

$$Q_w = K_w(t_0 - t_{win}) \quad (2)$$

其中, Q_w 为表冷器内侧(水侧)的传热量, K_w 为表冷器内侧的传热系数, t_{win} 为表冷器进口水温度, t_0 为冷器表面的平均温度。

K_w 是表冷器迎风面的风速或风量的函数,即:

$$K_w = x_w(m_w)^{y_w} \quad (3)$$

式中: x_w 、 y_w 参数与表冷器结构有关。

1.2 风机 - 水泵模型

* 收稿日期:2006-02-28

基金项目:重庆市建设科技项目(103177020050171)

作者简介:朱自伟(1971-),男,重庆市合川人,工程师,主要从事工程设计及节能研究。

在一定流量范围内变化的风机,送风量与风机的转数成正比,即:

$$L = \beta n$$

式中: L 为送风量, n 为风机转速。功率与风机转速的关系为:

$$N = \eta n^3$$

式中: N 为风机功率,因此,风机功率与流量的三次方成正比,即:

$$N = \delta L^3$$

一般流量变化较小,可以认为 δ 是常数。

1.3 冷水机组模型

在冷凝条件和制冷负荷变化不大的情况下,冷水机组的制冷系数 COP 和冷冻水的供水温度可用下式进行模拟:

$$COP = COP_{ref} [1 + \bar{\omega}(t - t_{ref})] \quad (4)$$

COP_{ref}, t_{ref} 是额定工况下的 COP 和供水温度值,空调设备产品确定后,从产品性能中获得,参数 $\bar{\omega}$ 是由冷凝条件和制冷负荷决定的,可进行估测。

2 空调系统在线优化控制目标函数

在空调设备控制系统的控制变量中,对系统整体的能耗及运行特性起关键作用的主要有新风量、送风温度和供水温度三个控制参数,其他控制变量对系统整体能耗的影响相对较小,为缩短寻优时间,节能研究只针对这三个变量进行研究。

系统优化控制的目标是保证房间舒适性前提下,尽量减少系统的能耗,房间舒适性可用房间热舒适性和空气品质两项指标衡量。

研究表明:增加新风量同时提高送风温度可使 PMV 值保持稳定;ASHRAE规定 CO_2 摩尔浓度在 1.0×10^{-3} 以下的室内空气质量可以认为是舒适性的, CO_2 浓度越小,表示室内空气质量越好;反之, CO_2 浓度超过 1.0×10^{-3} 且越大,表示室内空气质量越差且越不可接受,可用余切函数表示。

由上述分析可得出系统优化控制目标函数为:

$$F = \int_0^{\Delta t} (\alpha P + \beta PMV + \gamma Y) dt \quad (5)$$

α, β, γ 分别是空调能耗、热舒适性、空气品质的控制权重参数,不同使用性质的建筑物三个参数取值不同。当建筑物对空气品质和热舒适要求较高时, β, γ 的取值大于1,而 α 的取值小于1;当建筑物对能耗因素要求较高时, α 的取值大于1, β, γ 的取值小于1。在进行能耗定量分析时,三个参数的取值都为1。

空调系统能耗主要分为制冷系统能耗和风机能耗,制冷系统能耗可由冷水机组模型推导计算。

由冷水机组模型 $COP = COP_{ref} [1 + \bar{\omega}(t - t_{ref})]$ 得出:

$$COP = \frac{Q}{P} = COP_{ref} [1 + \bar{\omega}(t - t_{ref})] \quad (6)$$

式中: Q 为制冷量, P 为能耗。

得出制冷系统能耗:

$$P = \frac{Q}{COP_{ref} [1 + \bar{\omega}(t - t_{ref})]}$$

由空调房间热力学模型和能量守恒定律,可得出:

$$P = \frac{L\rho C(t_s - t_n)}{COP_{ref} [1 + \bar{\omega}(t - t_{ref})]} \quad (7)$$

式中: COP_{ref}, t_{ref} 是额定工况下的 COP 和供水温度值,空调设备产品确定后,从产品性能中获得,参数 $\bar{\omega}$ 是由冷凝条件和制冷负荷决定的,可用BP方法进行估测。

将式简化,得到:

$$P_1 = \frac{L\rho C(t_s - t_n)}{\alpha_1 \cdot t_g + \alpha_2 \cdot COP_{ref}}$$

风机能耗:

$$P_2 = \delta L^3$$

故空调系统能耗模型为:

$$P = P_1 + P_2 = \frac{\rho CL(t_s - t_n)}{\alpha_1 t_g + \alpha_2 COP_{ref}} + \delta L^3 \quad (8)$$

热舒适的影响因素较多,在建立室内热舒适模型时,主要考虑室内温度和新风量两个影响因素。

$$PMV = \gamma_1 (t_n - t_{nref})^2 - \gamma_2 (L - L_{ref})^2$$

室内空气品质主要考虑 CO_2 浓度的影响, CO_2 摩尔浓度在 1.0×10^{-3} 以下的室内空气质量可以认为是舒适性的,建立如下室内空气品质评估模型:

$$Y = \tau \cdot \tanh \frac{1.0 \times 10^{-3}}{C_{CO_2}} - 1$$

式中: C_{CO_2} 表示室内 CO_2 浓度, τ 为影响系数,与建筑物对空气品质要求有关,可通过BP算法进行估测。

建筑物空调控制系统控制目标函数可表示为:

$$\begin{aligned} F &= \int_0^{\Delta t} (\alpha P + \beta PMV + \gamma Y) dt \\ &= \int_0^{\Delta t} \left\{ \left[\frac{\rho CL(t_s - t_n)}{\alpha_1 t_g + \alpha_2 COP_{ref}} + \delta L^3 \right] + \right. \\ &\quad \left. \beta [\gamma_1 (t_n - t_{ref})^2 - \gamma_2 (L - L_{ref})^2] + \right. \\ &\quad \left. \gamma \left(\tau \cdot \tanh \frac{1.0 \times 10^{-3}}{C_{CO_2}} - 1 \right) \right\} dt \quad (9) \end{aligned}$$

利用在线仿真对系统整体运行特性(能耗和室内舒适性)的预测,通过基因遗传算法的寻优计算,获得使目标函数最小的最佳控制变量值——新风量、送风温度和供水温度,以此作为下位机控制器的设定值对系统进行控制。

3 应用研究

智能大厦选用设备的容量是设计容量,在日常运行中的实际负荷在大部分时间内是部分负荷,不会达到设计容量。采用常规控制,分为夏季工况和冬季工况,几个控制参数供水温度、送风温度和新风量在两种工况下分别设定为固定值,而不考虑环境温度与室内负荷的变化。采用优化控制,供水温度、送风温度、新风量随室内负荷、环境温度的变化发生变化,空调运行在保证热舒适度条件下按最低能耗运行。

目前楼宇自动化系统中软件系统采用嵌入式设计,根据建筑物使用性质和用户实际需求,可嵌入用户的控制策略和节能策略。在实际工程应用中研制的优化控制管理系统主要目的在于对三个主要控制参数——供风温度、送风温度和新风量进行计算,并返回主控系统进行控制。根据前面所研究的空调优化运行控制目标函数,运用所研制的智能建筑空调设备运行控制优化管理系统 ACOA 对空调设备运行控制系统目标函数进行最小优化计算,求出使目标函数最小的三个控制参数:送风温度、供水温度和新风量,通过下位机、执行机构对相应设备进行控制,从而达到节能目的。由于该系统节能软件具有开放式结构,我们将软件程序挂接在系统节能软件的温度设定项下,即供水

温度、送风温度的设定值和新风量的设定值由程序根据负荷变化计算得出,而非固定值。

4 结论

运用研究的空调系统节能策略,并研制相应的运行控制软件,通过实际工程试运行表明,运用本文研制的控制软件,可使空调设备运行节能 10% 左右,达到了节能目标。

参考文献:

- [1] XiaoHong Zhu. The GIS - Based Shortest Path For City Roads Network [A]. Wavelet Analysis and Active Media Technology [C]. Singapore: WSP, 2005, (3): 1 400 - 1 405.
- [2] Bramlette M F. Initialization, Mutation and Selection Methods in Genetic Algorithms for Funtion Optimization [J]. Proc IC-GA 4, 1991: 100 - 107.
- [3] 张芳娥. 改进的遗传算法在控制系统参数优化中的应用 [J]. 仪器仪表学报, 2003, 24(4): 605 - 606.
- [4] 闫洁. 一种快速收敛的遗传算法及其应用 [J]. 西安交通大学学报, 2001, 35(1): 66 - 70.
- [5] 许明辉. 一种克服遗传算法早熟的参数调整及并行方法 [J]. 武汉大学学报, 2001, 47(1): 33 - 36.

(上接第 95 页)

文中着重对已有禽舍的建筑节能改造为例,说明对禽类养殖建筑,通过限制温控区域,太阳能利用方案的选择以及热工结构改造等方法,能显著改善养殖环境,提高能源利用效率。

参考文献:

- [1] 张山岭,孙炳彦. 小城镇环境保护 [J]. 小城镇建设, 2002.
- [2] (日)中原信生. 建筑和建筑设备的节能 [M]. 北京:中国建筑工业出版社, 1990.
- [3] Michael R. Collins, Stephen J. Harrison, Ph. D. , P. Eng. Test of Measured Solar Heat Gain Variation in a Fenestration and

Shade Combination with Respect to Test Specimen Tilt [J]. ASHRAE Trans. 2001: 691 - 699.

- [4] Jan Kosny, Ph. D. Advances in Resident Wall Technologies - Simple Ways of Decreasing the Whole Building Energy Consumption [J]. ASHRAE Trans. 2001: 421 - 432.
- [5] 苏华,田胜元. TMY2 与随机气象模型的准确性 [J]. 暖通空调, 2004, 1: 5 - 7.
- [6] 李元哲,狄洪发,方贤德. 被动式太阳房的原理及其设计 [M]. 能源出版社, 1989.
- [7] 李元哲. 被动式太阳房热工设计手册 [M]. 北京:清华大学出版社, 1993.