

智能厂房温湿度控制系统

蒋敬文 薛增涛 雷友琴

(河北科技大学机电学院·石家庄, 050054)

摘要: 本文分析了厂房温湿度控制系统与一般建筑物空调系统的区别, 指出一般空调控制方法不适合厂房温湿度控制. 提出一种智能温湿度控制方法. 在不同控制阶段分别选用开关控制、模糊控制和智能PID控制, 收到了多变量协调控制响应速度快, 超调小, 抗扰能力强的效果.

关键词: 智能温湿度控制; 自组织模糊控制; 智能PID控制; 分程控制

1 概述

大型厂房温湿度控制一般采用半封闭式空调系统. 一个厂房空调系统如图1所示. 来自被调厂房的循环空气自入口A进入空调室, 室外空气自入口B经节门4进入空调室. 空调室由5个分室组成. 1室进行预热和水帘除尘, 2, 3室为两级喷水降温, 4室喷蒸汽加潮, 5室加热. 调节好的空气由风机驱动循环. 控制要求为温度: $25^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$; 湿度: $65\% \pm 5\%$. 控制手段如下. 升温时由蒸汽调节阀1控制进入加热器和预热器的蒸汽量以加热空气. 降温时由来自大型制冷机的冷水经调节阀2控制进入两级喷水管喷洒降温. 加潮由加潮阀3控制直接向4室喷蒸汽. 本系统目前未配去潮机, 去潮通过调节B口节门4补充室外空气实现. 鼓风电机由变频器控制, 平时处于适当转速, 当升温或降温阀全开仍达不到要求时, 则提高风机转速以加快能量交换.

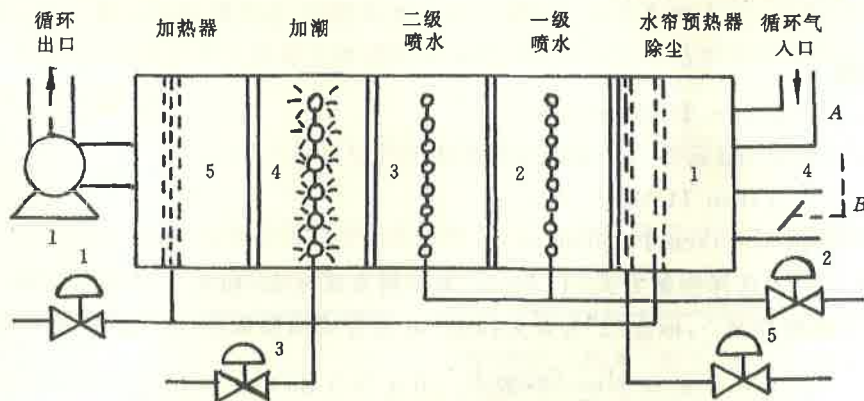


图1 厂房空调室示意图

一般建筑物空调系统比厂房空调系统简单得多. 通常多采用预估控制, K. V. LING^[1]等在分析预估控制存在问题的基础上提出一种空调系统专家控制器. 即基本控制器采用 Clark^[2]提出的通用预估控制算法, 预估控制模型由机理分析导出. 专家控制器用来评定预估控制器的性能并为预估控制提供给定值. 显然, 这种控制在很大程度上仍决定于数学模型的准确性, 而在模型的推导中作了大量的假设与简化. 与建筑物空调系统相比, 厂房温湿度控制是一个多输入(升温、降温、加潮、去潮、风机驱动)多输出(温度、湿度)系统. 干扰种类多, 幅度大, 变化快. 温湿度之间存在交叉耦合. 从节省能量的角度升降温阀不能同时开启. 常规控制方法与 K. V. LING

等提出的方法都不能满足厂房空调系统的要求,也很难由机理分析确定系统的数学模型.本文提出一种分程专家控制方法.不需要确定系统的数学模型.在偏差较大时采用开关控制,偏差不太大时采用自组织模糊控制,在稳定工况附近采用智能 PID 控制.当室外空气调节能满足要求时,就停止控制,较好地解决了厂房温湿度控制问题.

2 智能温湿度控制器

按照 Åström 提出的专家控制器^[3]结构,智能温湿度控制器由数据库、知识库、推理机、控制机及人机接口五部分组成.其核心是规则集和搜索策略.本系统按照干什么、怎么干的思路将规则集分成三组.第一组确定控制或不控制,是升温(湿)还是降温(湿).第二组选择控制方式.第三组是由控制方式产生控制量的方法.温湿度规则集相似,以下只介绍温度控制规则.

2.1 规则集 I

本规则集主要解决要不要控制和无冲突切换问题.即室外空气调节能满足条件则不作升降温控制.升降温阀不能同时开,即升降温切换必须经过不控制(升降温阀全关)阶段.

- 1) if $t_d < t < t_u$ and LTMark = 0 then TMark = 0.
- 2) if LTMark = 1 and $V_{iu} < 10\%$ then TMark = 0.
- 3) if LTMark = 2 and $V_{iu} < 10\%$ then TMark = 0.
- 4) if $t < t_d$ and LTMark = 0 then TMark = 1.
- 5) if $t < t_u$ and LTMark = 1 then TMark = 1.
- 6) if $t > t_u$ and LTMark = 0 then TMark = 2.
- 7) if $t > t_d$ and LTMark = 2 then TMark = 2.

上列规则中 t 为温度, t_u 为温控上限, t_d 为温控下限, LTMark 为上次温控标志, TMark 为本次温控标志. 标志为“0”表示不控温, 为“1”表示升温, 为“2”表示降温. V_{iu}, V_{id} 为升降温阀开度.

2.2 规则集 II

- 1) if $a_i > 0.8$ then TCMODE = 2.
- 2) if $a_i \leq 0.8$ and $a_i > 0.4$ then TCMODE = 1.
- 3) if $a_i \leq 0.4$ then TCMODE = 0.
- 4) if TMark = 0 then TCMODE = 2.

规则集 II 用于选择控制方式. TCMODE 为控制方式标志. 标志“0”为智能 PID 控制, 标志“1”为自组织模糊控制^[4], 标志“2”为开关控制. a_i 为方式切换系数, 由下式计算并归一化.

$$a_i = \left| \frac{t - r_i}{r_i} \cdot K_i \right|, \quad \text{if } a_i > 1 \text{ then } a_i = 1. \quad (1)$$

式中 t 为温度瞬时值, r_i 为温度给定值, K_i 是为提高控制精度而加的系数,

$$K_i = \frac{r_i}{t_u - r_i}. \quad (2)$$

将(2)式代入(1)式,则有

$$a_i = \left| \frac{t - r_i}{t_u - r_i} \right|.$$

2.3 规则集 III

- 1) if TMark = 0 then ($V_{iu} = 0, V_{id} = 0$).
- 2) if TMark = 1 then

$$\{\text{if } t > r_i \text{ then } (V_{iu} = 0, V_{id} = 0) \text{ else } (V_{iu} = t_{\max}, V_{id} = 0)\}.$$

3) if TMark = 2 then

{if $t > r_t$ then ($V_{td} = t_{\max}, V_{tu} = 0$) else ($V_{td} = 0, V_{tu} = 0$)}.

4) if TMode=1 then

$$F_u = -[a_i \cdot E + (1 - a_i) \cdot EC]. \quad (3)$$

5) 升温智能 PID 算式及规则如下, 降温算式略.

$$e(k) = t - r_t, \quad \Delta e(k) = e(k) - e(k-1),$$

$$\Delta u_{tu}(k) = K_p \cdot \Delta e(k) + \frac{K_p T_d}{T} [\Delta e(k) - \Delta e(k-1)],$$

if ($e(k) \cdot \Delta e(k) > 0$) or ($|\Delta e(k)|/r_t < 0.02$ and $e(k) < > 0$)

$$\text{then } \Delta u_{tu}(k) = \Delta u_{tu}(k) - \frac{K_p T}{T_i} e(k). \quad (\text{文献}[4])$$

本规则集用于确定各种控制方式下的阀门开度. 其中 1)~3) 用于开关控制, $t_{\max}$ 为升降温阀全开的上限值. 4) 产生模糊控制量 F_u . 其中 E, EC 分别为温度偏差及偏差变化的模糊量. 一般自组织模糊控制根据选定的几种 a_i 值保存相应的控制表. 根据 a_i 值选中一张表, 再根据 E, EC 查出模糊控制量. 能够保存的控制表是有限的. 我们按 (3) 式直接算出 F_u , 省去保存和查询控制表. 仿真和实践均证明这种方法是比较好的. 5) 为升降温智能 PID 算式. 其中 K_p, T_i, T_d 为 PID 系数, T 为采样周期. $e(k), e(k-1), \Delta e(k), \Delta e(k-1)$ 为连续二次的温度偏差值及偏差的变化值. $\Delta u_{tu}(k)$ 为温度控制增量.

6) 如果任一阀门开度大于 80%, 则变频器升速并作限幅处理.

7) 如果所有阀门开度均小于 60%, 则变频器降速并作限幅处理.

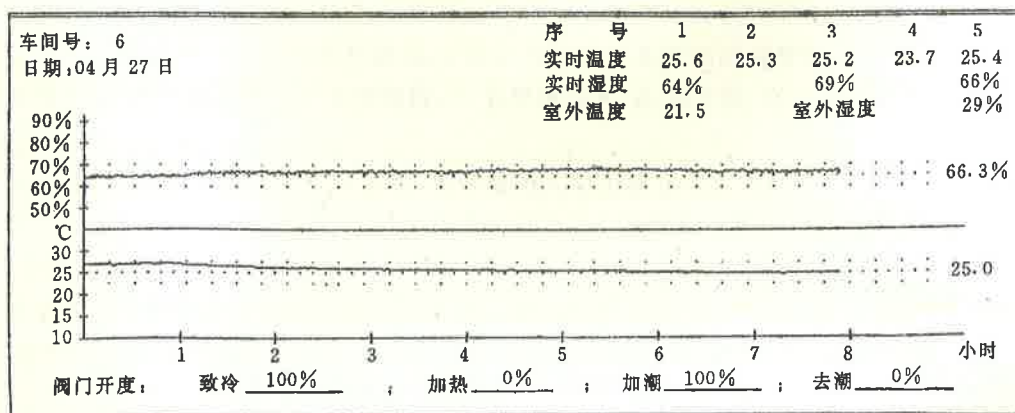
2.4 推理机与控制机

推理机实质上是一组处理程序. 对规则集 I 和 II 采用逐条匹配的方法. 对规则集 III 根据条件只进行一种操作. 控制机的作用是为推理机准备数据和根据推理结果组织控制量输出.

3 运行情况及结论

本系统在石家庄市卷烟厂投入运行以来运行效果稳定可靠, 达到了设计指标要求. 一个工作班的运行曲线如图 2 所示.

由于采用分程控制, 系统响应速度快、超调量小. 在平衡点附近才投入智能 PID 控制, 所以 PID 参数整定很容易. 比例、积分、微分作用都可以取得比较强. 克服了 PID 控制固有的矛



注): 显示数字为瞬时值

图 2 一个工作班的曲线

盾,因此系统稳态误差小,抗扰能力强.

参 考 文 献

- 1 Ling, K. V. and Dexter, A. L. . Expert control air-conditioning plant. Automatica, 1994, 30(5): 761—773
- 2 Clark, D. , Mohladi, W. and Tuffs, P. S. . Generalized predictive control. Automatica, 1987, 23(2): 137—160
- 3 Astrom, K. J. et al. . Expert control. Automatica, 1986, 22(3): 277—286
- 4 李士勇等. 模糊控制和智能控制理论与应用. 哈尔滨: 哈尔滨工业大学出版社, 1990, 113—115, 247—250

Intellegent Workshop Temperature-Humidity Control System

JIANG Jingwen, XUE Zengtao and LEI Youqin

(Mechano-Electric Engineering Institute, Hebei University of Science and Technology • Shijiazhuang, 050054, PRC)

Abstract: This paper analyzes the differences of an air conditioning systems used in workshops and buildings. It is indicated that the current method used in the air conditioning system does not suitable for temperature and humidity control in the workshop. This paper proposals a method of intellegent control for the temperature and humidity. We do not need to identify the math-model of control plant. We only use the expert control method to select switching control, fuzzy control or intellegent PID control in different control stage respectively. This control system has good performances in the rapid response, over-shoot and robustness to disturbances. At last the control result curves is given.

Key words: intellegent temperature-humidity control self-organization fuzzy control; Intellegent PID control; stage control

本文作者简介

蒋敬文 1939年生. 1962年毕业于浙江大学. 现为河北科技大学教授. 多次获省科技进步奖. 主要研究方向: 智能控制, 计算机应用.

薛增涛 1963年生. 1983年毕业于河北机电学院. 现为河北科技大学讲师. 主要研究方向: 计算机仿真.

雷友琴 女, 1942年生. 1964年毕业于武汉测绘学院. 现为河北科技大学教授. 多次获省科技进步奖. 著有《微型计算机原理与应用》. 主要研究方向: 计算机应用.