

# 烟叶复烤机智能控制系统<sup>①</sup>

陈 颀, 张云生, 张钟录, 张 果

(昆明理工大学信息工程与自动化学院, 云南昆明 650093)

**摘要** 用智能控制的方法对烟叶复烤机实施控制, 实现了烟叶复烤机各区段 PID 环参数的在线自调整, 烤机出口处烟叶的水分含量值控制在工艺要求的范围内。

**关键词:** 烟叶复烤机; 智能控制; 配方; 模糊控制; 学习环节

中图分类号: TP273. + 5 文献标识码: A 文章编号: 1007- 855X( 2001) 03- 106- 04

## 0 前 言

烟叶复烤机是复烤生产线上的主要设备, 主要用途是对打叶分离之后的烟叶片进行复烤处理, 使叶片的水分、温度达到规定的工艺技术指标。烟叶复烤机按工艺特点主要分干燥段、冷却段和回潮段。其中干燥段有四个区, 冷却段有一个区, 回潮段有两个区; 目前烟叶复烤机的控制方式是采用 PID 分支小回环进行分段控制; 即通过控制烤机各区段的温度、压力来控制水分, 使烤机出口处烟叶片的水分值达标; 理论上说 PID 控制是相当可靠的, 经过一定反应时间系统都能达到相应的温度、压力设定值, 这样, 理论上整个烤机的控制应该是稳定的。但实际上, 由于烤机各区段的参数设定值都是操作工凭经验给定, 而不同的操作工的经验和操作熟练程度及责任心都不同, 因此控制效果因人而异, 反映在复烤机出口处就使烟叶水分值不稳定。而复烤后烟叶的存储和在发酵对水分、温度都有特殊要求, 特别是水分含量, 烟叶水分值过高使烟叶易发生霉变, 过低则烟叶易碎; 这些都使烟叶等级下降, 造成烟叶原材料的损耗和浪费, 给烟厂带来巨大的经济损失。因此对烟叶复烤机建立起可靠的自动控制系统, 使烟叶的水分、温度稳定地达到规定的工艺技术指标, 并保证烤透率, 这不仅必要, 而且具有重大的现实意义。

然而烟叶复烤机是一个多因素、强耦合、大滞后、非线性的大热容设备, 在生产过程中, 始终存在着具有一定温度、湿度、压力、流速的热传介质(热气体)与烟叶在相对运动过程中发生热交换作用, 从而导致烟叶的干燥、冷却、回潮等不同的过程, 且任一区段温度、压力的变化都会影响到其后各区段参数的变化乃至出口烟叶水分含量的变化; 这就使系统模型变得相当复杂。而且理论推导中的假设条件与实际设备的情况相差甚远, 理论推导中许多参数无法实时测量; 所以尽管前人做了不少工作, 但烤机及烟叶的热力学特性、烟叶水分与各段控制参数间的关系仍是难以建模, 难以描述; 但是我们发现一个有经验的、责任心强的烤机操作人员却能手动控制烤机, 并达到一定的预期结果。因此, 基于上述种种原因, 决定对烟叶复烤机实施智能控制。

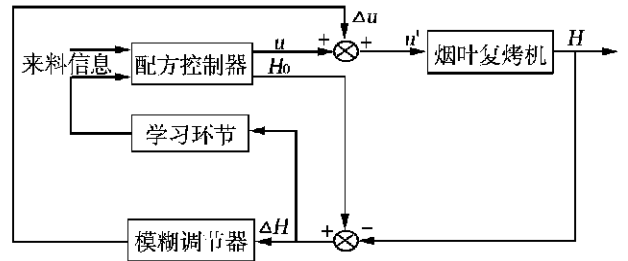


图 1 烟叶复烤机智能控制系统

## 1 复烤机智能控制系统设计

根据现场的调研和查阅大量的资料文献; 模仿烟叶复烤机操作员对烤机各区段温度压力的设定和修改过程, 我们提出了如图 1 所示的烟叶复烤机智能控制系统, 以实现烤机各区段参数的自动设定和调整。

① 收稿日期: 2001- 01- 09;

基金项目: 云南省应用基础研究基金项目;

第一作者简介: 陈颀(1964, 2- ), 男, 昆明理工大学 98 级硕士研究生; 研究方向: 智能控制。

图中各部分的功能描述如下.

### 1.1 配方控制器

配方就是烟叶复烤机各区段的设定值, 它包括烟叶的等级、入口水分、烤板速度、出口水分、干燥区各段的温度、冷却区的温度和水分、回潮区各区段的温度和压力、出口水分等. 配方控制器的功能为: 根据现场烟叶等级、流量、入口水分等来料信息, 经正向推理或直接查询法, 给出一份配方控制表, 提供复烤机各区段 PID 环的温度、压力设定值的基值  $u$  和出口烟叶水分的含量值  $H_0$ .

### 1.2 模糊调节器

如果复烤机出口烟叶水分含量值  $H$  超过工艺规定值, 即按当前配方设定值控制, 水分实测值却偏离了设定值, 超出了允许范围, 则系统进入自调整线程, 即模糊调节器根据烟叶复烤机出口烟叶水分实测值  $H$  与设定值  $H_0$  的偏差  $\Delta H$ , 通过模糊推理得出烟叶复烤机各段 PID 环温度、压力的修正量  $\Delta u$ , 并用  $\Delta u$  对配方控制器的基本输出值进行实时补偿, 以实现控制量的在线修正; 最终使出口烟叶水分含量值控制在工艺指标允许的范围内, 模糊自调整线程结束.

### 1.3 学习环节

系统根据现场采集来的出口烟叶水分偏差  $\Delta H$ , 判断当前配方控制效果优劣, 如果某一配方使出口烟叶水分含量连续超出允许范围, 则把控制效果好, 且已经稳定了的当前已修整的设定值作为配方设定值而回存配方库, 覆盖原配方, 从而实现配方的在线优化.

## 2 复烤机智能控制系统的实现

根据上面的设计思想, 我们在红河烟厂复烤厂老线上的烟叶复烤机上实施, 具体步骤如下:

(1) 在保留原有各段 PID 控制的基础上增加上位计算机、冷却区水分仪、PLC 模拟量输入模块等硬件设施; 把烟叶水分、流量等重要参数纳入控制环; 建立起有上位计算机监控、决策的智能控制系统;

(2) 模糊控制器采用模糊数模型设计, 避免了常规模糊控制器设计时进行的极大极小合成推理运算; 修改模糊控制规则时, 不须进行推理运算, 只须将修改的模糊子集(模糊规则)换成相应的模糊数模型, 就可以获得修改的模糊数模型. 在保证模糊控制器精度时, 采用了在线插值方法, 复烤机模糊控制器的在线插值方法如图 2; 图中,  $e$ 、 $ec$  分别为烟叶水分偏差和偏差变化率;  $k_e$ 、 $k_{ec}$  分别为水分偏差量化因子和水分偏差变化率量化因子;  $k_u$  为比例因子.

图中各环节的功能为:

1) 变换环节的作用是保证控制器始终能在满论域内进行插值运算. 与普通模糊控制方法不同的是,  $E$ 、 $EC$  不做模糊量化取整运算:

$$E = k_e e(t) \quad (1)$$

$$EC = k_{ec} ec(t) \quad (2)$$

当论域为  $[-6, +6]$  时, 为保证控制器在论域内进行插值运算, 可采取以下措施:

若  $|E| > 6$ , 令

$$E = 6 \text{sign}(e(t)) \quad (3)$$

若  $|EC| > 6$ , 令

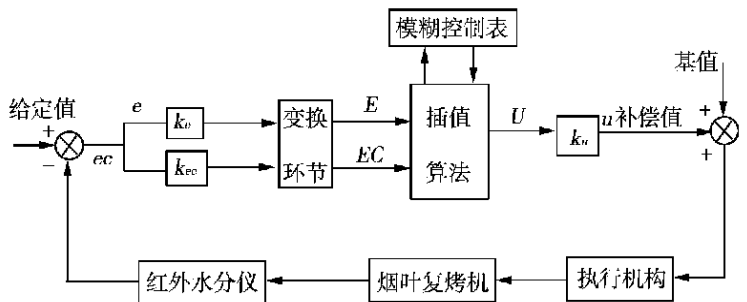


图 2 烟叶复烤机模糊控制在线插值方法原理图

$$EC = 6 \text{sign}(ec(t)) \quad (4)$$

其中  $\text{sign}(\cdot)$  是取符号函数.

2) 插值算法采用泰勒二元函数的一次展开法. 为了便于插值分析计算, 现将模糊控制表写成表 1 的形式.

上述表格若用函数表示:

$$u_{ij} = f_j(E_i, EC_j) \quad (5)$$

其中  $i = 1, 2, \dots, 7; j = 1, 2, \dots, 7$ .

表 1 模糊控制表

U		E						
		E <sub>1</sub>	E <sub>2</sub>	E <sub>3</sub>	E <sub>4</sub>	E <sub>5</sub>	E <sub>6</sub>	E <sub>7</sub>
EC	EC <sub>1</sub>	u <sub>12</sub>	u <sub>12</sub>	u <sub>13</sub>	u <sub>14</sub>	u <sub>15</sub>	u <sub>16</sub>	u <sub>17</sub>
	EC <sub>2</sub>	u <sub>21</sub>	u <sub>22</sub>	u <sub>23</sub>	u <sub>24</sub>	u <sub>25</sub>	u <sub>26</sub>	u <sub>27</sub>
	EC <sub>3</sub>	u <sub>31</sub>	u <sub>32</sub>	u <sub>33</sub>	u <sub>34</sub>	u <sub>35</sub>	u <sub>36</sub>	u <sub>37</sub>
	EC <sub>4</sub>	u <sub>41</sub>	u <sub>42</sub>	u <sub>43</sub>	u <sub>44</sub>	u <sub>45</sub>	u <sub>46</sub>	u <sub>47</sub>
	EC <sub>5</sub>	u <sub>51</sub>	u <sub>52</sub>	u <sub>53</sub>	u <sub>54</sub>	u <sub>55</sub>	u <sub>56</sub>	u <sub>57</sub>
	EC <sub>6</sub>	u <sub>61</sub>	u <sub>62</sub>	u <sub>63</sub>	u <sub>64</sub>	u <sub>65</sub>	u <sub>66</sub>	u <sub>67</sub>
	EC <sub>7</sub>	u <sub>71</sub>	u <sub>72</sub>	u <sub>73</sub>	u <sub>74</sub>	u <sub>75</sub>	u <sub>76</sub>	u <sub>77</sub>

当  $E_i < E < E_{i+1}, EC_j < EC < EC_{j+1}$  时, 根据泰勒二元函数一次展开式, 对应的  $u$  可近似地取为:

$$\begin{aligned}
 u &= f(E_i, EC_j) + \frac{\partial f(E_i, EC_j)}{\partial E} dE + \frac{\partial f(E_i, EC_j)}{\partial EC} dEC \\
 &= f(E_i, EC_j) + \frac{f(E_{i+1}, EC_j) - f(E_i, EC_j)}{E_{i+1} - E_i} (E - E_i) + \frac{f(E_i, EC_{j+1}) - f(E_i, EC_j)}{EC_{j+1} - EC_j} (EC - EC_j) \\
 &= u_{ij} + \frac{E - E_i}{E_{i+1} - E_i} (u_{i+1,j} - u_{ij}) + \frac{EC - EC_j}{EC_{j+1} - EC_j} (u_{i,j+1} - u_{ij}) \\
 &= u_{ij} + \mu_{i+1}(E) (u_{i+1,j} - u_{ij}) + \mu_{j+1}(EC) (u_{i,j+1} - u_{ij})
 \end{aligned} \tag{6}$$

式中:

$$\mu_{i+1}(E) = \frac{E - E_i}{E_{i+1} - E_i} \tag{7}$$

$$\mu_{j+1}(EC) = \frac{EC - EC_j}{EC_{j+1} - EC_j} \tag{8}$$

采用插值运算后, 相当于  $E$  和  $EC$  在其论域内的分档数趋于无穷大; 这样不仅能满足模糊控制表所制定的控制规则, 而且还在控制规则表内的相邻分档之间以线性插值方式补充了无穷多个新的, 经过细分的控制规则, 更加充实完善了原来的控制规则, 并从根本上消除了量化偏差和调节死区, 克服了由于量化偏差而引起的稳态偏差和稳态颤振现象, 显著地改善了系统的性能, 尤其是稳态性能。

3) 配方控制器的学习环节的实现。配方控制器的学习环节就是在配方设定值送 PLC 控制级后, 上位计算机定时判断烤机出口处烟叶水分是否满足工艺要求, 如果水分偏差在允许范围之内, 则继续使用该配方; 如果水分偏差超出允许范围, 则烤机各 PID 环的控制参数设定值根据模糊调节器输出的调节量进行自调整, 并记录使用修正值后使烤机出口烟叶水分控制在允许范围的次数, 如果次数大于一个人工设定值, 说明此设定值不但控制效果好且稳定, 则将这组设定值回存配方库, 覆盖原配方; 从而实现配方的在线优化。用 CITECT 工控组态软件编写的配方控制器学习环节程序如下:

1) 算法线程程序

FUNCTION

Algor\_Thread()

While (True) Do

IF autojust = 1 THEN

IF judge\_flag= 0 THEN

Learn();

END

IF judge\_flag= 1 THEN

Learn\_count= 0;

Mohu\_Control();

```

Mohu_Rule();
Jstotag();
Jstoyspf1();
Judge_flag= 0;
END
END
Sleep(2);
END
END
2) 自学习程序
FUNCTION
Learn()
Learn_count= learn_count+ 1;
IF learn_count >= learn_max THEN
    Learn_count= 0;
    Save_PF();
    Wet_E= sp[0]- pv[0];
END
END

```

程序说明: 变量 autojust 为上位计算机控制标志, autojust= 1 表示上位算法正在运行, autojust= 0 表示上位算法停止运行; 变量 judge\_flag 是水分偏差超限标志, judge\_flag= 1 表示水分偏差超限, judge\_flag= 0 表示水分偏差不超限; Mohu\_Control() 为模糊调节器函数, 输出模糊调节量; Mohu\_Rule() 为模糊调节规则函数; jstotag() 函数是传递计算值 SP[ i ] 给各 PID 环的设定值; Jstoyspf1() 函数是将计算值 SP[ i ] 传递给运行配方数组, 使运行配方能跟踪算法调整后的实际设定值; Save\_PF() 函数是存配方函数; Wet\_E 为水分偏差变量。

### 3 讨 论

为了保证系统的可靠性, 烟叶复烤机智能控制系统还设计了如下功能:

(1) 人工调出配方功能. 当来料信息不准时, 在开机或进入控制界面时, 弹出一个配方查询对话框, 用人工方法输入一个配方号, 计算机根据配方号自动查询配方库, 找到相应的配方, 调出一组设定值作为烤机当前各 PID 环的设定值。

(2) 自动提示功能. 当系统连续自动调整的次数达到技术员经验给定值 X 次, 而烤机出口烟叶水分含量仍然超限, 则弹出一个对话框, 建议转入手动方式, 人工修改设定值, 并提示检查是否出现料层过厚、堵料或料层过薄等异常情况, 以便操作员及时发现并尽快处理。

参考文献:

- [1] 章卫国, 杨向忠著. 模糊控制理论与应用[M]. 西安: 西北工业大学出版社, 1999. 67~ 71.
- [2] 陈頔. 烟叶复烤机智能控制系统的研究[D]: [昆明理工大学硕士研究生学位论文]. 昆明: 昆明理工大学, 2001

## The Intelligent Control System for Tobacco Re- dryer

CHEN Qi, ZHANG Yun- sheng, ZHANG Zhong- lu, ZHANG Guo

(The Faculty of Information Engineering and Automation, Kunming University of Science and Technology, Kunming 650093, China)

**Abstract** The method of intelligent control is applied to the control of tobacco re- dryer to realize that the references of every PID control link of tobacco re- dryer are automatically adjusted on line and that the output tobacco moisture is controlled at the range of technology demand.

**Key words:** tobacco re- dryer; intelligent control; description; fuzzy control; learning link