

# 轧钢加热炉温度模糊控制系统

苗冬霞

(武汉工程职业技术学院 湖北 武汉:430080)

**摘要** 模糊控制技术应用于加热炉炉温、炉压的控制,已经取得了较好的经济效益和社会效益。

采用PLC实现的轧钢加热炉模糊控制系统,自投入运行以来,控制效果良好。

**关键词** 轧钢加热炉;模糊控制;PLC

**中图分类号:**TP311.52 **文献标识码:**A **文章编号:**1671-3524(2010)01-0022-03

## 0 引言

轧钢加热炉是钢铁企业的能耗大户,加热炉又是轧钢生产过程的重要环节,加热炉温度控制的好坏将直接影响产品的质量。加热炉是个比较复杂的控制对象,它往往表现为大惯性、大滞后、非线性等特征,开关炉门、加热材料、环境温度以及电网电压等都影响控制过程,建立常规的数学模型又比较困难。近些年,模糊控制技术应用于加热炉炉温、炉压的控制,已经取得了较好的经济效益和社会效益。智能模糊控制的实质是模仿人的智能和经验,将人的思维活动和经验加以总结整理,形成以语言和模糊数学描述的控制策略,以达到用机器代替人对复杂工业过程进行控制。它具有以下特点:适合于非线性系统的控制,工作范围宽,适用范围广;利用人的经验知识来设计模糊控制器,完成控制任务,不依赖于对象的数学模型,适合于无法建模或很难建模的复杂对象;具有内在的并行处理机制,表现出极强的鲁棒性;模糊控制器的设计参数容易调整;算法简单、执行快、容易实现等<sup>[1]</sup>。

我们在某钢厂开发的“加热炉模糊控制系统”采用PLC作为直接数字控制(DDC)系统,用于对现场进行实时检测和控制。该系统为两级计算机控制系统,不需要检测燃料发热值及废气残氧,而是直接根据易于检测的各种流量、压力和温度三组物理量,采用模糊控制技术,按照人工智能处理方法实现自动搜索并跟踪最优风/油比,控制规律在线自动选择,

各段炉温设定值的自动修正等一系列综合自动控制。

## 1 智能模糊控制器的设计

### 1.1 模糊自动控制原理

智能模糊控制的实质是模仿人的智能和经验,将人的思维活动和经验加以总结整理,形成以语言和模糊数学描述的控制策略,它根据操作总结出来的控制规律和性能指标设计模糊控制器。<sup>[2]</sup>模糊控制器主要由三部分组成:(1)精确量的模糊化;(2)模糊控制算法的实现;(3)输出信息的模糊判决。如图1所示:

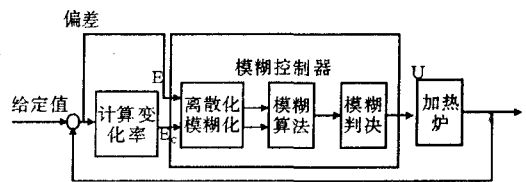


图1 模糊控制器原理图

我们依据加热炉中温度、压力、空气和燃料流量等容易检测的物理量,设计相应的模糊控制器,实现最佳燃烧,达到节能的目的。

### 1.2 加热炉炉膛温度模糊控制器的设计

温度模糊控制器采用二维模糊控制器,将实测温度值与温度设定值相比较,得出温度偏差量 $E$ ,经过偏差变化率计算,得到偏差变化率 $E_c$ ;把偏差 $E$ 和偏差变化率 $E_c$ 作为Fuzzy控制器的二个输入信号,送入模糊控制器,经过模糊判决,得到控制量 $U$ ,

控制重油和空气量。对  $E$ 、 $E_c$  及控制量  $U$  的模糊及论域定义如下:

$E_c$  和  $U$  的模糊集均为  $\{NB, NM, NS, ZO, PS, PM, PB\}$ ;

$E$  的模糊集为  $\{NB, NM, NS, NO, PO, PS, PM, PB\}$ ;

$E_c$  和  $E$  的论域均为  $\{-6, -5, -4, -3, -2, -1, 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6\}$ ;

$U$  的论域为  $\{-7, -6, -5, -4, -3, -2, -1, 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7\}$ 。

按照操作人员的工作经验,模糊控制规则可用下列语句来描述:

if  $E=NB$  or  $NM$  and  $E_c=NB$  or  $NM$  then  $U=PB$

if  $E=NB$  or  $NM$  and  $E_c=PS$  or  $ZO$  then  $U=PB$

if  $E=NB$  or  $NM$  and  $E_c=PS$  then  $U=PM$

if  $E=NB$  or  $NM$  and  $E_c=PM$  or  $PB$  then  $U=ZO$

if  $E=PM$  or  $PB$  and  $E_c=PM$  or  $PB$  then  $U=NB$

在程序设计中,根据温度偏差大小,采取不同的控制方式。当温度偏差比较大时,如停轧开轧,发生故障时等一些情况,温度偏差比较大,采用模糊控制器控制燃料量和空气量;当温度偏差比较小,为了消除偏差,则将采用 PID 最优控制方法控制燃料量和空气量。

### 1.3 炉温设定值的自动修正

在常规的炉温控制中,炉温设定值不能随轧制节奏的变化而进行迅速改变,这势必造成炉温过高、燃料浪费、烧损严重等;钢坯温度过低,往往会造成轧钢机断辊停产。炉温设定值智能模糊控制器就是将出炉钢坯温度变化规律总结为若干条控制规则,以此为基础进行推理,给出控制规则,从而得出各段各时的最佳炉温设定值。

它包括三部分控制规则:出炉钢温控制规则、停轧降温 and 故障处理规则。

(1) 炉内加热钢坯厚度增加时,加热炉各段炉温设定值相应提高;

(2) 轧钢速度变化时,加热炉温度设定值相应变化;

(3) 停轧时,加热炉各段炉温要降温待轧;

(4) 开轧时,要根据停轧时间相应提高炉温;

(5) 故障时,炉温设定要相应变化。

## 2 系统结构及功能

### 2.1 系统结构

该系统是采用 PLC 控制机实现的。PLC 控制机选用的是 GE PLC 系列 90PLC,它采用了最新的设计和制造技术,系统安装和配置比较简单,且具有很强的编程功能,组态软件 LOGICMASTER 采用结构化的编程方式。除可用一般的梯形图逻辑编程方式外,还可用 C、SFC STATE LOGIC 等多种编程能力。我们在编制系统应用软件时,充分利用 PLC 控制机灵活的开发平台,采用梯形图完成模拟量的输入输出、开关量的输入输出,以及有关的控制策略。采用 C 语言实现相关的模糊控制策略。系统结构图如图 2。

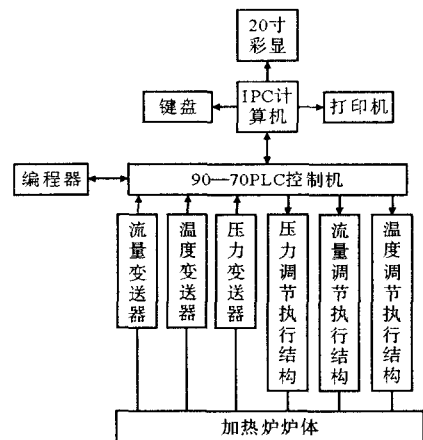


图 2 系统结构图

### 2.2 系统检测和控制的內容

#### (1) 温度的检测和控制

主要包括炉内各点温度的检测和控制,共有 13 个回路;

#### (2) 压力的检测和控制

包括炉膛压力、风压、油压、蒸汽压力等,共有 15 个回路;

#### (3) 流量的检测和控制

包括重油流量、热风、蒸汽流量等,共有 19 个回路;

#### (4) 开关量输入信号

共有 21 个输入,对 21 个控制回路的手/自动状态进行检测,实现系统无扰动切换;

#### (5) 开关量输出信号

共有 15 路输出,分别进行炉温过高报警、压力过低报警、压力过高报警等。

### 2.3 控制算法的实现

由于加热炉的生产过程是一个慢变化过程,具有时间延迟,控制信号的输出不能过于频繁,否则会产生振荡。所以,我们每经过5个采样周期输出一控制信号。为了减小采样误差,采用算术平均滤波对采样数据进行处理。<sup>[3]</sup>其程序流程如图3所示。

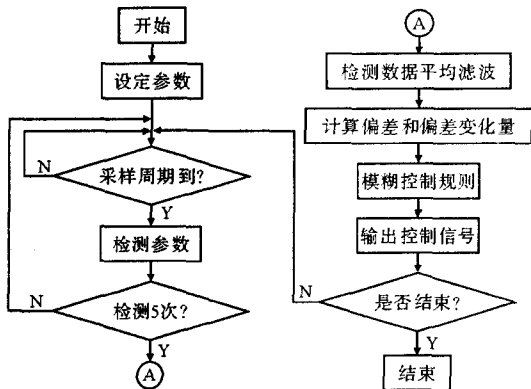


图3 程序流程图

### 2.4 系统的主要功能

- (1) 自动检测、显示、打印加热炉生产过程的各种参数和图表;
- (2) 自动搜索并跟踪调节空燃比;
- (3) 自动协调控制各段炉温;
- (4) 自动修正各控制回路的设定值;
- (5) 对断线、越限、主机停机、程序故障进行报警及自动保护;
- (6) 可通过 PLC 控制机编程器或管理机键盘在线调试和修改加热炉的各种参数。

## 3 系统运行效果

该系统投入运行,效果较好,均达到了各项预定指标,取得了一定的经济效益和社会效益。

(1) 实现了对加热炉燃烧的自动控制,炉温控制精度在设定值的 $\pm 5^{\circ}\text{C}$ 左右;

(2) 燃烧温度平稳,提高了加热质量,金属烧损减少,杜绝了粘钢和过烧事故;

(3) 在油热值及压力波动情况下,能自动搜索并跟踪调节空燃比,实现合理燃烧,满足轧制温度要求;

(4) 系统稳定可靠,操作简便,减轻了工人的劳动强度;提高了生产厂家的管理水平。

## 5 结束语

本系统采用模糊控制技术,克服了加热炉控制中许多难测参数及建模的困难,实现了对加热炉燃烧的自动控制,达到了以最少的燃料消耗实现最佳的加热质量、最高的加热产量等综合目标。

### 参考文献

- [1] 诸静. 模糊控制原理与应用[M]. 北京:机械工业出版社, 1995.
- [2] 孙秀权. 锅炉和工业炉窑实用计算机控制技术[M]. 国防工业出版社 2000.
- [3] 潘新民. 计算机控制技术[M]. 人民邮电出版社, 2005.

## Fuzzy Control System of Furnace Temperature in Steel-Rolling

MIAO Dongxia

**Abstract:** Application of fuzzy control technology in the control of furnace temperature and pressure has achieved good economic and social benefits. Fuzzy control system of furnace temperature in steel-rolling achieved with the aid of PLC has a very good control effect in operation.

**Key words:** heating furnace for steel rolling; fuzzy control; PLC

(责任编辑: 乘 晓)