

文章编号:1007-1385(2009)04-0034-04

# 真空热处理炉控制系统设计

张远岐 刘 宏

(沈阳航空工业学院,辽宁 沈阳 110136)

**摘 要:**真空热处理炉是现代热处理的重要设备。对真空度的控制采用 PLC 的 MOV 指令和 CMP 指令依次启动机械泵、罗茨泵、扩散泵,对真空炉抽真空。对真空炉的加热和保温过程采用了 PID 闭环控制,使加热过程的温度能够更快速、更精确的达到设定温度。在对真空炉的加热控制过程中,要通过 A/D 转换把模拟量转变为 PLC 可以处理的数字量,PLC 的处理结果也要经过 D/A 转换把数字量转变为电压或电流等模拟信号。最后分别把时间和温度作为两个坐标轴在 Picture 控件上给出加热的温度曲线。

**关键词:**真空热处理炉;PLC 控制;PID 闭环控制;模拟量

**中图分类号:**TP302.1

**文献标识码:**A

真空热处理技术的崛起和迅速发展,一方面源于工业技术发展的需要,另一方面是由于真空热处理具有其它热处理不可比拟的突出优点。真空热处理几乎可实现全部热处理工艺,诸如淬火、退火、回火、渗碳、氮化,在淬火工艺中可实现气淬、油淬、硝酸盐淬火、水淬等,还可以进行真空钎焊、烧结、表面处理等。真空热处理炉热效率较高,可实现快速升温 and 降温,可实现无氧化、无脱碳、无渗碳,可去掉工件表面上的磷屑,并有脱脂、除气等作用,从而达到表面光亮净化的效果。由于其具有一系列优点,已不断被各行各业从事热处理的人们所认识、开发研究,并使其应用范围越来越广泛,技术性能不断提高。

## 1 真空热处理炉控制系统

主要包括抽真空控制系统和温度控制系统。

(1)抽真空系统由机械泵、罗茨泵和扩散泵三个真空泵及真空传感器、电磁阀组成。机械泵用来抽低真空,罗茨泵用来抽中真空,扩散泵用来抽高真空。真空自动控制流程:打开旁路阀、启动机械泵对炉膛进行抽真空(抽低真空),当真空度达到 100Pa 时,启动罗茨泵对炉膛抽中真空,当真空度达到 10Pa 时,打开主路阀,同时启动扩散泵,同时对炉膛进行预热 30 min,关闭旁路阀,打开真空阀继续对炉膛进行抽真空(抽高

真空),当炉膛内真空度达到  $1 \times 10^{-2}$  Pa 时,加热启动,对零件加热直到工艺要求的温度,加热结束后,关闭高真空阀和扩散泵,打开充气阀,同时启动气冷风机对炉膛进行冷却,当冷却时间到后,关闭气冷风机和主路阀,对系统进行复位。

### (2)温度的控制原理

按控制系统的结构分类可分为开环控制系统和闭环控制系统。

开环控制系统:是指系统的输出量对系统的控制作用没有影响的系统(即无反馈回路),其原理框图如图 1 所示。开环控制的缺点是控制系统受到扰动因素影响时,被控制量会受到直接影响,而控制系统本身不能自动补偿。



图 1 开环控制系统原理图

闭环控制系统:若系统的被控制量对系统的控制量有直接影响的控制系统称为闭环控制系统,又称反馈控制系统。系统的被控制量通过反馈环节反馈到控制装置的输入端,与给定值进行比较,形成偏差信号。控制装置通过偏差信号去控制被控制量,使被控制量与给定值的偏差保持在容许的范围内。整个控制系统形成一个闭合回路,其原理图如图 2 所示。

加热系统采用电阻炉加热,在 PLC 控制系统中采用 PID 的负反馈控制系统。加热开始后,通过热电偶测量的数据传送到 PLC 中,通过与设定

收稿日期:2009-02-26

作者简介:张远岐(1961-),男,辽宁宽甸人,工程师,主要研究方向:电工及电压控制,E-mail:zyq3647@126.com。

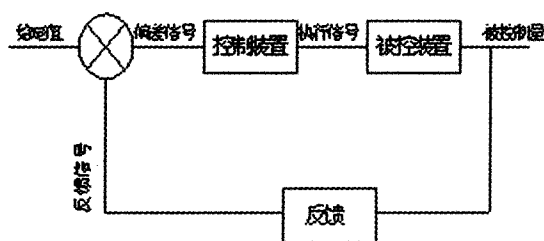


图2 闭环控制系统原理图

值的比较并通过PID运算对电源进行调节,从而对电炉的加热效率进行调节,这就使电炉的加热速度,炉内温度得到有效调节达到需要的加热曲线。具体的工作原理如图3所示。

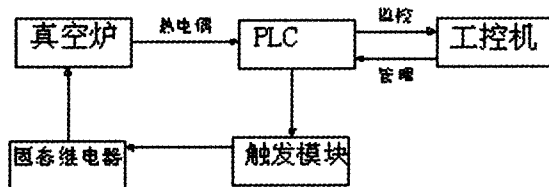


图3 加热工作原理图

## 2 模拟量的输入输出方式

设计采用的是OMRON的PLC,使用的CPU类型为CP1H XA型。XA型的CP1H CPU单元中内置模拟输入4点及模拟输出2点。模拟量的输入方式如图4、5所示。

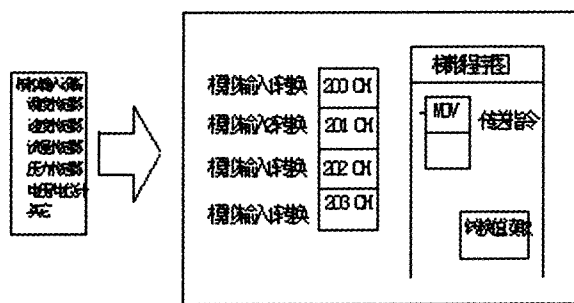


图4 模拟量的输入方式

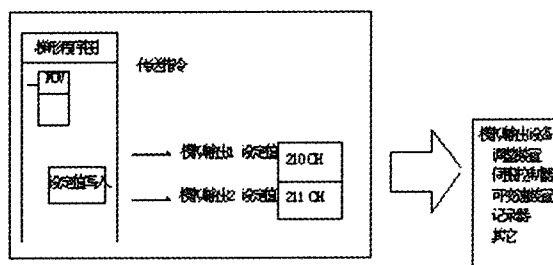


图5 模拟量的输出方式

## 3 PLC 梯形图控制程序

在完成了一系列准备工作的前提下,包括了解了真空炉的工作原理和 workflow,掌握了可编程控制器的工作原理和工作方式,明确了PLC梯形图程序的编写方法和编写规则,根据工艺要求绘制出了真空炉工作顺序功能图和I/O端口接线图,编制了I/O端口分配表。编写梯形图控制程序成为最重要的部分,直接关系到真空炉机能否按照要求的工艺完成热处理任务。

抽真空是真空热处理炉的重要部分,抽真空的过程是随着真空度的增高顺序启动三个真空泵对炉子抽真空。在设计过程中因为没有实际的抽真空设备,所以用一个“- -”(连减)指令来模拟真空度的变化,达到对抽真空的控制。抽真空部分的PLC控制程序梯形图如图6所示。

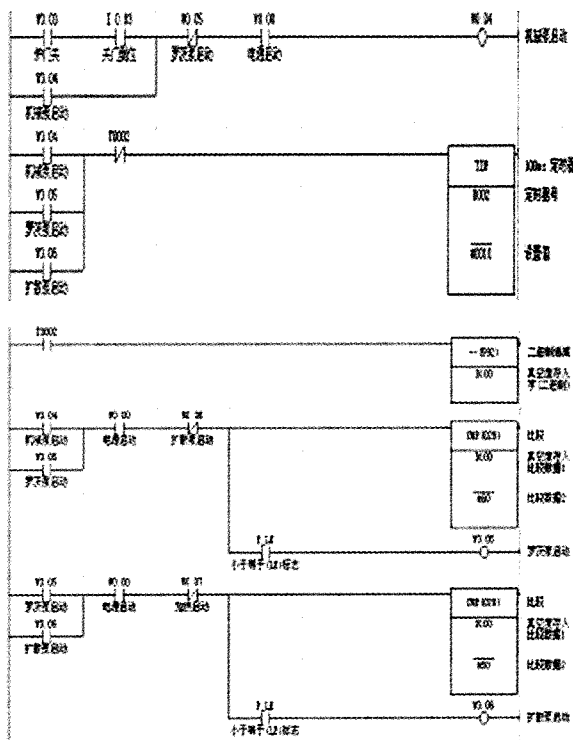


图6 抽真空系统PLC梯形图

在真空热处理炉控制系统中最重要的是加热部分的控制。为了能够达到热处理的工艺要求,采用PID反馈控制。采用PID控制的重点是PID参数的调试和模拟量的输入输出。真空炉加热部分的PLC控制程序梯形图如图7所示。

在温度控制部分中,使用了MOV数据传送指令、CMP数据比较指令和PID运算指令,其中最重要的是PID运算指令。PID指令的具体使用

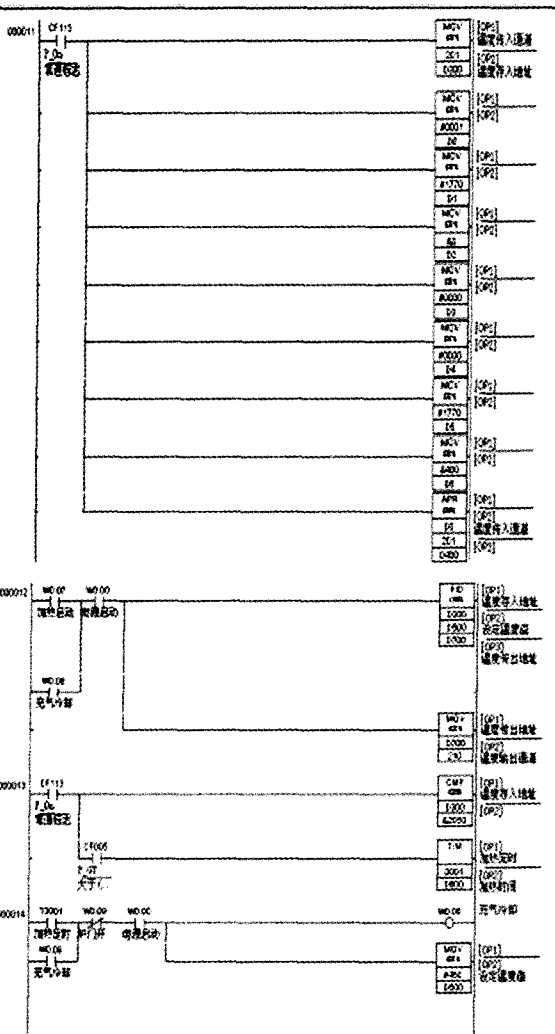


图 7 温度控制梯形图

方法如图 8 所示。

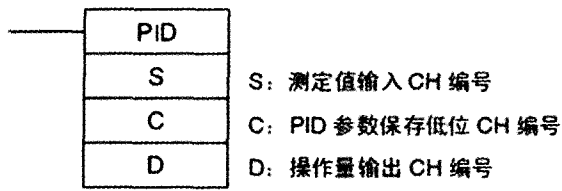


图 8 PID 指令

在 PID 指令中,PID 的各参数的设置都保存在 C 中地址,具体内容如表 1 所示。

表 1 PID 各参数内容表

控制数据	项目	内容
C	设定值	控制对象的目标值
C+1	比例带	在整个比例控制范围/控制范围中所示的 P 控制用 c 参数
C+2	积分常数	表示积分动作效果大小的常数。该值变大是,积分效果减弱。

续表 1

3C+3	微分常数	表示微分动作效果大小的常数。该值变大是,积分效果减弱。
C+4	取样周期	设定进行 PID 运算的周期。

4 真空热处理炉控制系统的顺序功能图

可编程控制器采用循环扫描的工作方式,在 PLC 中用户程序按先后顺序存放,CPU 从第一条指令开始执行程序,直到遇到结束符后又返回第一条,如此周而复始不断循环。PLC 的扫描过程分为内部处理、通信操作、程序输入处理、程序执行、程序输出几个阶段。全过程扫描一次所需的时间称为扫描周期。当 PLC 处于停状态时,只进行内部处理和通信操作服务等内容。在 PLC 处于运行状态时,从内部处理、通信操作、程序输入、程序执行、程序输出,一直循环扫描工作。真空热处理炉的控制系统主要分为炉门控制系统、抽真空控制系统和加热控制系统三部分。具体的顺序功能图如图 9 所示。

5 真空热处理炉控制界面设计

利用 PLC 程序完成真空热处理炉的自动控制,为了使 PLC 的操作更加简单,需要用 VB 设计一个界面。在 VB 界面上,即可以输入控制过程中的参数,又能显示和监测控制过程中的输出量。具体在真空热处理炉上,就是要在 VB 上输入加热温度及 PID 参数到 PLC 中,又要把炉温随时间变化的情况表示出来。为了实现 VB 与 PLC 的通信,在 VB 界面上还设计了与通信相关的控件。Microsoft Communications Control(MSComm)是 Microsoft 公司提供的简化 Windows 下串行通信程序的 ActiveX 控件,它为应用程序提供了通过串行接口收发数据的简便方法。MSComm 控件用于串口编程非常方便,在 VB、VC 和 Delphi 等语言中均可使用 VB 控制界面如图 10 所示。

为实现功能 VB 控制界面利用了 VB 软件中常用的六种控件,即按钮(Command)控件、文本框(Text)控件、Label 控件、Timer 控件以及 Picture 控件。当程序执行时,Command 控件执行 Click 事件来发出命令,Click 事件来选择型砂配方,Text 控件用来接收程序执行时的数据在界面上显示出来,Label 控件只起到解释说明的作用,在测量温度时 Timer 控件进行时间扫描,观察温度的变化,Picture 控件则要显示温度随时间的变化曲线。

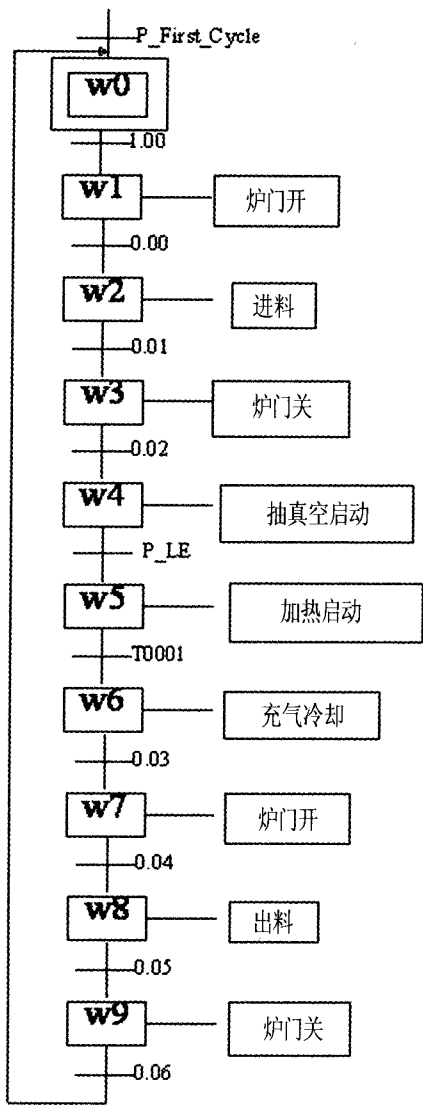


图9 顺序功能图

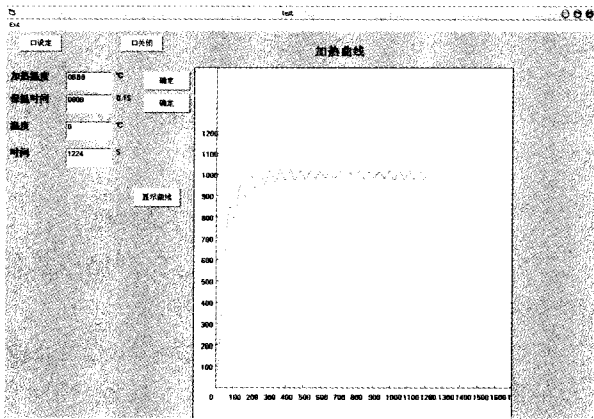


图10 VB控制界面

在绘制加热温度曲线时,主要运用了 Timer 和 Picture 控件。Picture 控件的主要作用是显示坐标和加热曲线。首先要先设定坐标原点相对于

Picture 控件的坐标位置用 Line 方法画出坐标轴。利用 Timer 控件的计时功能来设定加热曲线的时间轴,每隔 5 秒将 PLC 传送到 VB 的温度值做为温度轴的坐标在 Picture 控件中用 PSet 方法描点。

设计 VB 通信界面及通信程序。通信程序设计正确与否直接决定 VB 能否与 PLC 实现正常的通信,只有在正常通信的前提下,VB 才能将所需要的数据传送到 PLC 中,以此来执行 PLC 程序。VB 与 PLC 的通信,将需要加热温度和保温时间通过 VB 界面传送给 PLC,这样有效地减小了操作的难度,更容易操作,符合人性化设计要求。

6 结 论

真空炉控制系统的设计,应用 PID 闭环控制来控制真空炉的加热系统,其技术性主要体现在加热控制及抽真空控制的准确性和快速性。在这两部分的控制过程中采用了模拟量的 PLC 控制,使其能够实现连续控制。在加热系统中采用 PID 控制,使加热更加精确。应用 PLC 作为真空热处理的控制设备,利用真空炉内部大量无触点接点代替继电器,大大提高了控制系统的可靠性和灵活性,简化了控制硬件电路的设计,方便维修,且控制程序结构合理,功能齐全。利用 VB 软件设计用户控制界面,在真空炉进行热处理时,工作人员可以清晰的观察到设备的运行情况,保证了设备的工作安全,也延长了设备的使用寿命。

参考文献:

[1] 薛福连. 防止电炉炉温失控的一种可靠措施[J]. 热加工工艺, 2004(10):64-67.  
[2] 陆秀令,张松华,张忠贤. PLC 梯形图的顺序控制设计法[J]. 机床与液压, 2004(4):40-43.  
[3] 张印辉,张海燕,何自芬. 基于可编程控制的胶印机气动离合压自动化系统设计[J]. 液压与气动,2004(9):36-39.  
[4] 李寿礼. PLC 步指令在混砂机自动控制中的应用[J]. 中国铸造装备与技术,2002(5):29-34.  
[5] 童伟,刘树道. 气动 PLC 顺序控制系统的设计[J]. 液压与气动, 2004(10):12-14.  
[6] 刘晓阳,于洋,高宏伟. 基于锅炉炉膛三维温度检测算法的研究[J]. 沈阳航空工业学院学报,2008,25(5):75-77.

(下转第 41 页)

- [8] 邹怡, 刘芳, 娄佩丽. P2PMMOG 中一种基于事件分类的本地滞后技术[J]. 沈阳航空工业学院学报, 2008, 25(3): 44-48.
- [9] 邹怡, 刘芳. 一种基于 P2P MMOG 的乐观同步算法[J]. 沈阳

航空工业学院学报, 2007, 24(5): 39-42.

- [10] 娄佩丽, 杜玲. 一种基于 P2P MMOG 的分布式消息分发算法[J]. 沈阳航空工业学院学报, 2007, 24(5): 43-45.

## A reputation evaluation algorithm based on recommendation in P2P environment

SHI Xiang-bin<sup>1</sup> ZHAO Xiao-chi<sup>2</sup> LIU Fang<sup>1</sup> LI Fei<sup>2</sup> ZUO Ye<sup>2</sup> WANG Xue<sup>2</sup>

(1. Department of Computer Science and Engineering, Shenyang Institute of Aeronautical Engineering, Liaoning Shenyang 110136; 2. School of Information Science and Technology, Liaoning University, Liaoning Shenyang 110036)

**Abstract:** Through computing the semantic relevancy of reputation evaluation among peers and the information entropy, the availability of recommendation reputation is improved, and the negative effect that the collusive recommendation has on the indirect reputation composition is reduced. The aggregation of recommenders' reputation to an object is by Einstein arithmetic operators, which reflects the fuzzy characteristic of reputation. The experiment results show that the method could enhance the availability of recommendation reputation, and reduce the influence of the collusive recommending on the authenticity of reputation to some extent.

**Keywords:** P2P file sharing system; trust management; semantic relevancy; collusion

(上接第 37 页)

## Control system design of vacuum heat - treatment furnace

ZHANG Yuan - qi LIU Hong

(Shenyang Institute of Aeronautical Engineering, Liaoning Shenyang 110136)

**Abstract:** The vacuum heat - treatment furnace is an important apparatus of the modern heat treatment, adopting PLC to control the working process of the vacuum heat - treatment furnace. The switch is employed to control the furnace door. Both the MOV order and CMP order of PLC are used to starting mechanical pump, Luo thatch pump, spread the pump sequentially, vacuuming the furnace, to control the vacuum degree. The process of the heating and warm - keeping of the vacuum furnace is controlled by the PID closed - loop control, which heating process could make the temperature of the heating process increase to the temperature settled much faster and more accurate. In the process of the control to the heating of the vacuum furnace, analog should be switched to the digital which PLC could deal with, through A/D, and the results treated by the PLC are also needed to switch from digital signal to the analog of current or voltage. we can get the temperature curve of heating on the controlling part, regarding time and temperature as the coordinate axes.

**Keywords:** vacuum heat treatment furnace; PLC control; PID closed - loop control; analog