

# 热处理炉的可变温控制

李浩然, 张文华, 王成龙, 程佩强, 王海军, 佟敬周

(齐齐哈尔大学 机电工程学院, 黑龙江 齐齐哈尔 161006)

**摘要:** 随着材料科学的迅猛发展, 实验室现有的热处理炉已无法满足教师科研实验的要求, 通过对现有的恒温热处理炉进行改造。在保留原有功能的基础上, 可根据实验教师提供的炉内温度要求, 通过计算机和工业控制器等实现变温控制。该项目利用现有的热处理炉和闲置的计算机等, 即节约了成本, 又满足了教师科研实验的要求, 同时也扩大了学生做实验的范围, 操作简便。

**关键词:** 热处理炉; 变温; 控制; PID

**中图分类号:** TG155.1; TP277

**文献标志码:** A

**文章编号:** 1007-984X(2019)03-0054-03

热处理是机械工业的一项重要基础技术, 只要选材合适, 热处理得当, 就能使机械零件和工具的使用寿命成倍、甚至十几倍的提高, 收到事半功倍的效果。热处理对于充分发挥金属材料的性能潜力, 提高产品的内在质量, 节约材料, 减少能耗, 延长产品的使用寿命, 提高经济效益都具有十分重要的意义<sup>[1]</sup>。

随着材料科学的迅猛发展, 实验室现有的热处理炉已无法满足教师科研实验的要求, 通过对现有的恒温热处理炉进行改造。在保留原有功能的基础上, 可根据实验教师提供的炉内温度要求, 通过计算和工业控制器等, 实现变温控制。该项目利用现有的热处理炉和闲置的计算机, 即节约了成本, 又满足了教师科研实验的要求, 同时也扩大了学生做实验的范围。

## 1 现有热处理炉概况

### 1.1 主要技术参数

额定功率: 8 kW; 额定电压: 380 V; 相数: 3; 最高使用温度: 1200 °C;  
工作室尺寸: 400 × 250 × 160 (mm); 外形尺寸: 850 × 580 × 650 (mm)

### 1.2 热处理炉性能

实验室现有的热处理器基本上是由人工进行操作和控制的, 包括不断地采集温度, 对炉内温度进行监控, 且在操作过程中的人为误差会使产品的质量很难达到规定的要求。

## 2 现有热处理炉改造方案<sup>[2,3]</sup>

根据实验要求, 依据相关的技术要求, 对现有热处理炉进行改造, 在现有的电加热炉的前提下, 增加了热处理炉的 PLC 程序控制和 PID 温度控制系统, 该系统共涉及温度传感器、变送器、PLC 温度监控系统。在炉温控制系统中, 热处理炉由电加热器加热, 炉内温度用热电偶检测, 与热电偶型温度传感器匹配的模拟量输入模块, 将温度转换为数字输出, CPU 将检测的温度与温度设定值比较, 通过 PLC 的 PID 控制改变加热器的加热温度, 从而实现对炉温的闭环控制。该系统运行稳定, 提高了温度控制精度, 操作方便, 具有一定的应用价值。

### 2.1 技术要求

**收稿日期:** 2018-12-16

**基金项目:** 2017 年齐齐哈尔市科学技术计划项目 (GYGG-201717); 2018 黑龙江省 (齐齐哈尔大学) 大学生创新创业训练计划项目 (201810232229)

**作者简介:** 李浩然, 男, 黑龙江齐齐哈尔人, 大学本科, 主要从事过程装备控制技术及应用研究。

**通信作者:** 张文华 (1964-), 女, 黑龙江绥化人, 副教授, 主要从事过程装备控制技术及应用研究, 1394895431@qq.com。

按照用户给定的热处理温度曲线进行升温 and 保温。在保温阶段，实际炉膛温度与设定值的差值均不得超过  $\pm 5^\circ\text{C}$ ，该温度控制系统具有较高的抗干扰能力，性能可靠，运行稳定，温度可控制在规定范围内，满足学生实验和教师科研的要求。

### 2.2 控制方案<sup>[4-9]</sup>

温度控制电路采用西门子 S7-200PLC，其中主机模块采用 CPU224，负责执行程序，实现不同要求下的温度控制；选择主机 CPU224PLC 扩展单元，选择模拟量输入单元 EM231 热电偶模块，EM231 有 4 路热电偶输入。模拟量的输出单元选择 EM232 模块，EM232 有 2 路模拟量输出。由于该温度控制系统存在纯滞后、大惯性、非线性等特点，采用常规的控制方法无法满足系统对温度控制的要求，故采用 PID 控制策略。图 1 为 PLC 接线图。按动启动按钮 s1，启动指示灯亮；按下停止按钮 s2，停止指示灯亮；正常运行时，正常指示灯亮，温度越限时报警。图 2 为 PLC 硬件控制系统图。

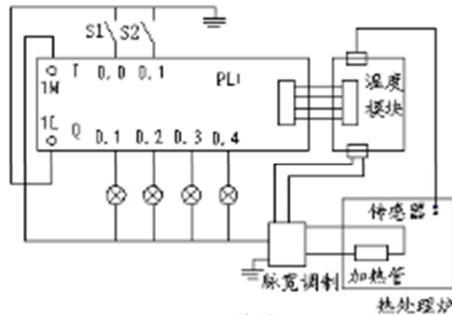


图 1 PLC 接线图

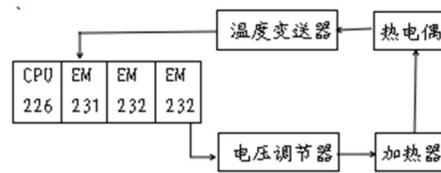


图 2 PLC 硬件控制系统图

### 2.3 I/O 地址分配表

I/O 地址分配表如表 1 所示。

表 1 I/O 地址分配表

输	I0.0	启动按钮
入	I0.1	停止按钮
输	Q0.1	启动指示灯
出	Q0.2	停止指示灯
	Q0.3	正常运行指示灯
	Q0.4	温度越限报警指示灯

## 3 PID 控制

为了实现温度的自动控制，可使用西门子 S7-200 自带的 PID 向导功能创建 PLC 的 PID 控制程序实现温度自控，PLC 的 PID 功能完全能够使温度调节在精度很高的水平。

首先采用 PT100 采集加热温度，PT100 可以达到  $(0.01+0.005)^\circ\text{C}$ ，PT100 精度好，没有电阻累积误差。用 EM231 热电阻模块采集 PT100 数据。用 CPU224XP 模拟量输出给晶闸管 (0-10V)，控制晶闸管输出从而控制温度的大小，PID 控制即：采集加热环境中的温度，经过 PLC 的 PID 运算使用模拟量输出信号控制晶闸管实现温度的自动控制。

### 3.1 PID 控制系统原理<sup>[1]</sup>

3.1.1 PID 控制系统原理 其原理见图 3。

3.1.2 PID 控制系统算法

PID 控制器主要是依据给定值  $r(t)$  与实际输出值  $y(t)$  构成控制偏差，公式表示为： $e(t) = r(t) - y(t)$

PID 的控制规律为：

$$u(t) = k_p \left( e(t) + \frac{1}{T_i} \int_0^t e(t) dt + T_D \frac{de(t)}{dt} \right)$$

式中： $K_p$ --比例系数； $T_i$ --积分时间； $T_D$ --微分时间。若加热炉的传递函数是： $G(s) = \frac{10}{40s^2 + 22s + 1}$ 。

### 3.2 PID 参数的整定及 Matlab 仿真<sup>[10]</sup>

采用临界比例度法，利用 Matlab 仿真，进行 PID 的参数整定：在纯比例下，当系统达到等幅振荡时的比例系数为  $K_m=5$ ，振荡周期为  $T_m=5$ ，经验确定：比例增益  $K_p=0.6$ ， $K_m=3$ ；积分时间常数  $T_i=0.5$ ， $T_m=2.5$ ；

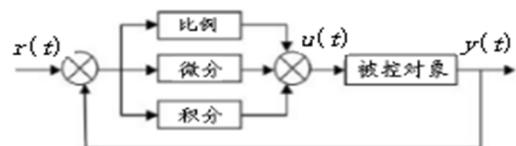


图 3 PID 控制系统原理

微分时间常数  $T_d=0.125$ ,  $T_m=0.625$ , 仿真结果如图 4 所示。

#### 4 结束语

本文通过对现有的热处理炉进行改造,增加了 PLC 程序控制,通过更改用户程序实现了用户可根据自己的要求进行温度控制;通过对 PID 参数和整定,利用 Matlab 仿真对参数进行调整,提高了控制系统的控制精度。达到了预期的效果。

#### 参考文献:

- [1] 王毅,张早效.过程装备控制技术及应用[M].北京:化学工业出版社,2008
- [2] 刘凤春.可编程控制器原理与应用基础[M].北京:机械工业出版社,2010
- [3] 胡立涛.可编程控制器原理、应用与实验[M].海口:南海出版公司,2005
- [4] 张辉,基于 PLC 的温控系统的设计与实现[J].微机计算信息,2002,18(01):12-13
- [5] 窦晓尧.浅析连续退火炉的带钢温度稳定性控制[J].通信电源技术,2016,05(14):287-288
- [6] 薛锦添.立式连续退火炉模型化与仿真平台开发研究[J].武汉:华中科技大学,2017,11(05):50-55
- [7] 刘慕,尹凤媛.PLC 在温控系统中的应用[J].微计算机信息,2012(09):76-77
- [8] 周彬.大滞后特性温度系统的控制[D].重庆:重庆大学,2002
- [9] 赵美惠.热处理电阻炉温度控制系统中 PID 控制参数整定[J].铸造技术,2014(04):25
- [10] 孙详.MATLAB7.0 基础教程[M].北京:清华大学出版社,2005

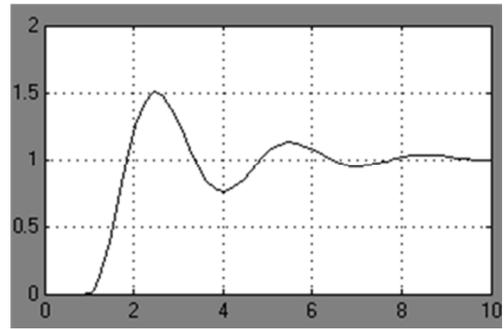


图 4 PID 控制仿真曲线

### Variable temperature control of heat treatment furnace

LI Hao-ran, ZHANG Wen-hua, WANG Cheng-long, CHENG Pei-qian, WANG Hai-jun, TONG Jing-zhou  
(School of Mechanical and Electrical Engineering, Qiqihar University, Heilongjiang Qiqihar 161006, China)

**Abstract:** With the rapid development of material science, the existing heat treatment furnace in the laboratory failure to meet the requirements of teachers' scientific research. On the basis of retaining the original function, the variable temperature control can be realized by computer and industrial controller according to the temperature requirement of the furnace provided by the experimental teacher. The project uses existing heat treatment furnaces and idle computers to save costs, meet the requirements of teachers' scientific research experiments, and expand the scope of students' experiments. Simple and convenient operation.

**Key words:** heat treatment furnace; variable temperature; control; PID