

DOI: 10.3963/j.issn.1671-4431.2009.08.029

欧姆龙 PLC 在箱式炉控制系统中的应用研究

潘峥嵘, 陈铮铮

(兰州理工大学电气与信息工程学院, 兰州 730050)

摘要: 主要介绍了欧姆龙 CJ 系列 PLC 在箱式炉控制系统中的应用。叙述了 PLC 的硬件组成和软件结构、控制原理。该控制系统以 PLC 为核心, 并结合脉冲燃烧技术和 PID 增量算法, 实现了对炉内各个参数的稳定控制。

关键词: 欧姆龙 PLC; 箱式炉控制系统; PID 增量算法

中图分类号: TP 21

文献标识码: A

文章编号: 1671-4431(2009)08-0113-03

Application of OMRON CJ PLC in Box Furnace Control System

PAN Zheng-rong, CHEN Zheng-zheng

(College of Electrical and information Eng., Lanzhou Univ of Technology, Lanzhou, 730050, China.)

Abstract: This thesis mainly depicts the application of OMRON PLC in box furnace control system, mentions the hardware organization, structure of software and principles of control. This system centers on PLC, and integrates the pulse-burning technology with PID incremental algorithm to implement control each parameter in the box stably.

Key words: OMRON PLC; box furnace control system; PID incremental algorithm

箱式炉是工业生产中最为常见的且应用最广泛的一种作业炉, 特别是在金属热处理过程中。传统的箱式炉控制系统主要是用继电器控制, 与硬件采用固定的接线方式来实现逻辑控制, 这样的控制系统存在的问题是控制系统体积大、功耗大, 且加热炉升温慢、炉温均匀度差。介绍了系统采用研华 IPC 工业控制计算机和欧姆龙 CJ 系列 PLC 可编程序控制器构成的上下位机系统结构, 实现对箱式炉温度、压力、传动装置和变频风机的控制, 最终实现控制要求, 保证了产品的品质, 大大提高了能源利用率。在上位机安装了集中监控和报警系统, 实时监控生产中的各种故障, 并及时排查, 为顺利的生产提供了有利的保证。

1 控制系统组成与功能

箱式炉控制系统的主要任务是供给金属机件正火、淬火、退火等热处理过程后保证金属产品的质量。整个控制系统由 3 大部分构成, 如图 1 所示: 第 1 部分是上位机监控站部分, 包括有研华 IPC-610 P4 工控机、显示器、打印机等设备; 2 是 PLC 部分, 这是构成该系统的灵魂, 包括 CPU、电源、温控单元、模拟量输入/输出、开关量输入/输出等; 第 3 部分为硬件执行部件, 包括变频柜、开关电源等。

工控机通过 PLC 的 MPI 接口实现和 PLC 各模块的数据通信, 实现实时监测炉内各点的温度、烟气残氧、炉膛压力、油(煤气)压、助燃风压、燃料流量和助燃风流量等参数, 通过限位开关、压力开关、光电管、热电偶、

收稿日期: 2008-11-03.

作者简介: 潘峥嵘(1964-), 男, 教授. E-mail: ellenchen20@hotmail.com

(C)1994-2022 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

热电阻等监测设备传送到 PLC 的输入、输出模块。PLC 控制程序进行运算,输出控制动作到现场的各个控制点。与以往继电器控制相比,本系统的自动化程度大大提高。

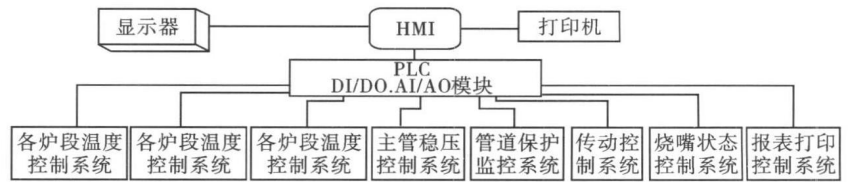


图1 控制系统构成图

2 PLC 控制系统

PLC 控制系统是整个系统的核心部分,主要完成了炉内温度、压力、空燃比等重要参数的控制,使整个系统能够稳定、高效地运行。

2.1 PLC 控制系统的硬件配置

如图2所示,CPU 直接与上位机连接,一块8路模拟量输入模块显示上位机数据,2块模拟量输出模块用于控制脉冲控制器和变频器,3块16点开关量输入模块用于手动/自动状态下采集现场的开光量信号,再通过开关量输出模块发送开关指令。

2.2 温度控制方案

炉内温度控制包括升温、保温、降温3个阶段。每个阶段炉子的各个区段都有独立的炉温控制回路。每个炉段预设一支热电偶,热电偶将采集的炉温以模拟量形式输出与 PLC 的设定值进行比较。PLC 处理的是数字量,这时 PLC 主控系统内部的 A/D 将模拟信号转换成成比例的 PLC 可识别的数字量信号。当 PLC 进行 PID 控制时,执行器输出运算结果得出的控制量是一个数字量,这个数字量送入 PLC 的 CPU 与设定值进行对比,然而执行器要求的信号是模拟量,所以还需要一个特殊功能模块将 PLC 输出的数字量转化为模拟量,从而对炉温进行控制。该系统采用欧姆龙 CJ1 系列 PLC,将数字量转化成为模拟量。

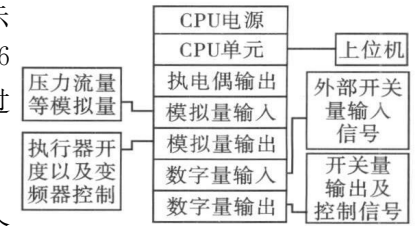


图2 PLC主控单元构成

由于温度变化的滞后性和惯性,为了提高控制精度,在此引进增量 PID 算法。其控制规律如式(1)所示:

$$\begin{aligned} Du(n) &= u(n) - u(n-1) \\ &= K_p [e(n) - e(n-1)] + K_p \frac{T}{T_1} e(n) + K_p \frac{T_D}{T} [e(n) - 2e(n-1) + e(n-2)] \\ &= K_p \left\{ De(n) + \frac{T}{T_1} + \frac{T_D}{T} [De(n) - De(n-1)] \right\} \end{aligned} \quad (1)$$

其中; $De(n) = e(n) - e(n-1)$; $e(n)$ 、 $e(n-1)$ 、 $(n-2)$ 为 PID 连续 3 次的偏差输入。 $De(n)$ 、 $De(n-1)$ 为系统连续 2 次执行的误差。 K_p 为比例放大系数, T 为采样周期, T_1 为积分时间, T_D 为微分时间。采样周期越小,数字模拟越精确,控制效果越接近连续控制。对大多数算法,缩短采样周期可使控制回路性能改善,但采样周期缩短时,频繁的采样必然会占用较多的计算工作时间,同时也会增加计算机的计算负担。欧姆龙 CJ 系列 PLC 中的温控模块自带 PID 调节功能,不占用 CPU 执行时间,所以不影响程序的循环周期,缩短了程序的执行时间,同时 CPU 可以把温控模块的数据读到数据模块供上位机监控。

2.3 压力控制

传统的窑炉燃烧控制系统是通过挡风板对鼓风量和引风量进行控制。这种控制方法中,鼓风机和引风机一直处于恒定最大转速运行,通过调整引风挡风板和鼓风挡风板开度来调整鼓风量和引风量,这种控制方式将大量的能源浪费在挡风板上,造成能源的极大浪费,并且长期额定工作对电机的损耗较大。而该系统采用的控制方式不仅可以减少电机的故障率,也可以显著地节约电能。

对于窑炉主管助燃空气的压力控制是由采用微差压力变送器采集炉膛压力与大气压的压差信号,与炉压设定值进行比较,通过 PID 调节方式控制变频器和风机转速,从而调节风量,以达到恒压的目的。如图 3 所示,调节对象、检测元件、调节器和执行器等四个环节构成一个闭环的调节回路。

2.4 空燃比调节

脉冲燃烧技术是采用一种间断燃烧的方法,使用脉宽调制技术,通过调节燃烧时间的占空比实现炉子温

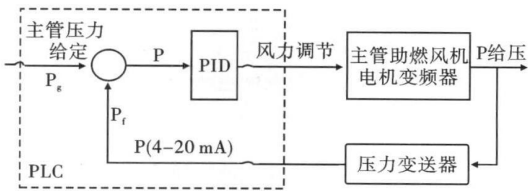


图3 窑炉降温助燃空气主管压力闭环调节回路

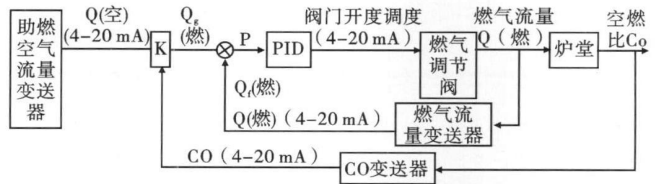


图4 空燃比闭环调节回路

度的控制。燃料流量可通过压力调整预先设定,烧嘴一旦工作,就处于满负荷状态,保证烧嘴燃烧时的燃气出口速度不变。当需要升温或者降温时,调节脉冲时间变长或变短,从而实现炉内温度场的均匀。燃烧控制时,烧嘴何时点燃是由脉冲信号控制的,而烧嘴的燃烧时间是由设定温度和炉子实际温度的偏差决定的。因此利用 PLC 控制,通过设置脉冲发生器和采样时间,提高控制精度。当温度偏差越大,脉冲持续时间越长,当温度偏差越小,脉冲持续时间短。

采用脉冲燃烧技术的工业炉窑的控制系统中,空燃比是一个非常重要的控制参数,它关系到炉内气氛、能源消耗等重要指标。如图 4 所示,炉膛处设置的变送器将不同的空燃比数据转换成电流信号反馈给 PLC,通过计算再通过调节燃气阀从而改变助燃空气流量,使得助燃空气充分燃烧,减少生成的污染气体,保证炉内均匀的温场。

2.5 传动回路

增量编码器将采集到的电机传动转速和设定的窑炉主传动速度进行比较判断,从而调节主传动电机变频器达到控制窑炉传动速度的目的。

2.6 脉冲控制烧嘴自动点火

该系统对窑炉烧嘴配有自动点火及火焰检测装置,如遇烧嘴熄火会输出报警信号,自动点火及火焰检测装置会立即关闭电磁阀,同时指示灯闪烁,蜂鸣器鸣响提示。流程图如图 5 所示:

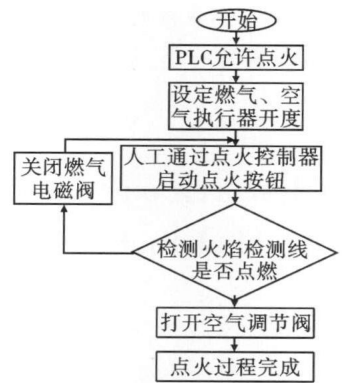


图5 烧嘴点火流程图

3 控制软件

该系统使用 CX-Programmer 编程软件。这是一款基于 梯形图语言的编程软件,可实现以下主要功能:实时监测炉内各点的温度、烟气残氧、炉膛压力、油(煤气)压、助燃风压、燃料流量和助燃风流量等参数;具有上、下限报警功能;可按用户设定的温度值或温度曲线对炉内各区段进行升、降控制;可按用户设定的燃烧气氛对炉内的烟气残氧进行控制;可对炉膛压力进行控制;可对窑炉的进出料进行控制;具有动态工艺图,可显示整个窑炉的工艺流程图,实时动态显示炉内各点参数,实时动态显示炉内火焰燃烧状态。

4 结 语

在分析了箱式炉的工作原理和功能的基础上,选用欧姆龙 PLC 进行工业设计的方法,取代了以往靠手工操作的继电器控制方式,对于箱式炉的温度、压力、传动装置和变频风机进行自动控制,很大程度上提高了系统的自动化程度,降低了能源消耗和故障率。该系统在江苏某大型钢厂运行半年来,炉温稳态偏差和超调量较小,炉内温度场均匀,稳态偏差 $< 5\text{ }^{\circ}\text{C}$,超调量 $< 10\text{ }^{\circ}\text{C}$,产品各项指标达到了工艺要求,取得了可观的经济效益。

参考文献

[1] 高家锐,高仲龙,张先棹.关于工业加热炉发展方向的再探讨[J].工业炉,1996(3):4-5.
 [2] 秦裕琨.炉内传热[M].北京:机械工业出版社,1981.
 [3] 兰 霄,田小果.脉冲燃烧控制技术[J].自动化与仪器仪表,2005(5):3-4
 [4] 钟肇新,彭 侃.可编程控制器原理及应用[M].广州:华南理工大学出版社,1994.
 [5] 吴 波,张 静,向 勇.箱式热处理炉温度控制系统设计[J].热加工工艺,2007,36(14):79-81.