

文章编号:1000-582X(2003)12-0032-03

煤化工炼焦推焦车自动走行控制系统的研制*

唐一科,王久斌,谢志江

(重庆大学机械传动国家重点实验室,重庆 400044)

摘要:研究了PLC用于煤化工炼焦推焦车走行自动控制,实现炉号识别、自动定位功能等的方法。本系统采用PLC二进制编码原理和位置式接近传感器实现自动炉号识别;采用数字控制变频调速器驱动电机,采用AD61高速计数模块进行反馈修正位置误差,探讨了离散数字处理增量式PID控制算法进行位置误差补偿的条件,保证推焦车自动走行过程中的自动精确定位;通过RS485实现PLC与上位机的通讯和报表管理。该方法和算法研制的系统在实际的推焦车控制系统中得到成功应用。

关键词:炼焦推焦车;PLC;自动控制;精确定位;高速计数模块

中图分类号:TP273

文献标识码:A

在冶金炼钢行业,焦炭是炼钢的必备原料,炼焦是获得焦炭的必须手段。目前我国煤化工焦化厂一般每座炼焦炉有100个炉孔,每号炉孔原煤在经过19个小时冶炼后成焦炭出炉,焦炭温度高达1100多度。通常采用推焦车根据预设程序到达指定炉号对各炉孔进行推焦。同时对已经推焦完毕的上一个炉号在装煤车装煤完毕后对炉孔进行平煤。因此推焦车的整个操作过程可概括为三大步,即走行、推焦、平煤。推焦车的走行是在与炼焦炉平行的导轨上横向移动。在我国,各大型炼焦生产厂大多是操作人员凭借视觉和经验确定推焦车是否到位和是否对中,往往会出现推焦车滞后或者超前指定的炉号,造成频繁操纵主令控制器、减速器频繁起停、液压抱闸频繁开启,使动力设备的安全性降低、使用寿命缩短。本文重点讨论基于PLC的推焦车在走行过程中自动识别炉号和定位方面的问题。

之间距离大于3 cm时接近传感器熄灭,PLC确认为低电平0。这就形成7位二进制编码排序,100炉号2进制真值表排列如下表:

表1 炉号2进制真值表

序号	传感器						
	S6	S5	S4	S3	S2	S1	S0
1	0	0	0	0	0	0	1
2	0	0	0	0	0	1	0
3	0	0	0	0	0	1	1
4	0	0	0	0	1	0	0
5	0	0	0	0	1	0	1
...
100	1	1	0	0	1	0	0

PLC系统根据光电传感器输入信号形成炉号真值表,从而实现炉号识别,并通过计算机连接模块AJ71UC24与上位机通讯如图1所示:

1 PLC系统自动炉号识别

实现自动识别炉号功能主要采用二进制编码排序,对应100号炉采用2进制编码排序时只需七位二进制数: $2^7 = 128$ 即可满足需要。具体实现方法是在推焦车上垂直安装7个接近传感器,在各推焦炉壁安装由二进制编码确定的螺钉,推焦车走行时当接近传感器和螺钉对正且两者之间距离在3 cm范围内时,接近传感器亮,PLC接收该信号确认为高电平1,当两者

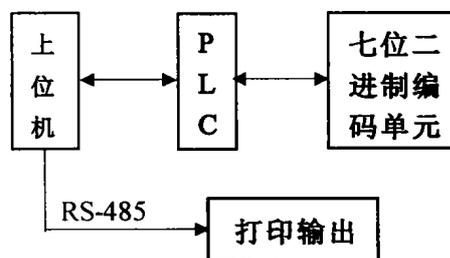


图1 PLC通讯框图

* 收稿日期:2003-08-01

作者简介:唐一科(1949-),男,四川蓬安人,重庆大学教授,主要从事振动分析及故障诊断研究。

2 基于 PLC 系统的自动精确定位(对中)

推焦车走行由 220 V/37 kW 交流电机驱动,通过 37 kW 变频器控制,当输入指令值时,PLC 系统可以精确计算到达指定位置的脉冲数,并将此指令值送入高速计数模块 AD61。然而实际走行控制中存在摩擦、导轨变形、温度影响,高速计数模块 AD61 输出的指令值不能保证精确性。因此在行走一线安装旋转编码轮和光电编码器进行位置反馈,以修正误差。光电编码器脉冲当量 $P_r = 800$ 个/r、炉孔中心间距 $L = 1\ 300$ mm、编码轮直径 $D = 800$ mm、变速比 $I = 300$ 。任意相邻两炉孔间定位对中的脉冲数为:

$$P_0 = (L/\pi D) \times P_r \quad (1)$$

其中 I :变速比, D :编码轮直径。

初始炉号 N_0 到指定炉号 N_i 的脉冲数 $R(k)$:

$$R(k) = (N_i - N_0 + 1) \times P_0 \quad (2)$$

行走前输入指令值 $R(k)$,PLC 将指令值脉冲赋值给高速计数模块 AD61,当 $R(k) > 0$ 为负向行走, $R(k) < 0$ 为正向行走,行走定位终点 $R(k) = 0$ 如图 2^[1] 所示。行走方向、加速、减速和定位通过在 PLC 内部辅助继电器预置范围的方法来实现。

推焦车从 $R(k)$ 处经变频器逐级加速,出调速区后以最高速度行驶,到达精确定位区 4 后开始逐级减速,为了使推焦车准确定位且超调,小车距离目标值 50 mm 时即进入 R1 范围时开始调用点动定位程序进行精确定位,进入 ± 5 mm 时停车。本控制系统中关键是开始减速的设定范围 R4 ~ R1 的选取,选取过大则系统低速运行的距离过长,耗费过多时间;选取过小,易引起超调,影响定位精度。经反复试验测量,设定的 R4 ~ R1 使推焦车行走基本无超调且定位精度高。

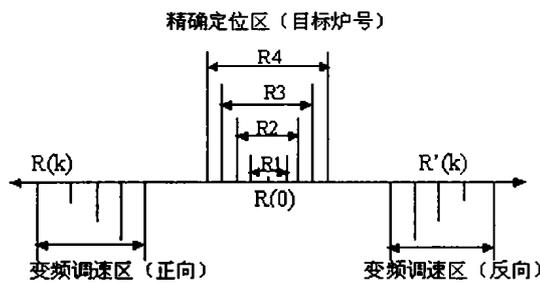


图 2 精确定位范围

3 PLC 自动控制增量式 PID 算法实现

以 PLC 控制器、交流电机、变频调速器、旋转编码轮、光电编码器、高速计数模块组成控制系统来控制推焦车的精确定位过程。操作指令值由 PLC 发出,通过 D/A 模块、RS485 接口与 37 kW 变频调速器相连,变频器调节 220 V/37 kW 交流电机转速,旋转编码轮与光

电编码器相连,通过弹簧压紧装置安装在车身底部与导轨直接接触。行走时编码轮旋转,光电编码器的输出脉冲输入 PLC 的高速计数模块 AD61。高速计数模块的值记录了推焦车位置的实际值。PLC 根据指令值和实际值的差值,利用自动控制理论中闭环反馈控制原理产生调节控制信号,再次加到变频调速器上驱动电机直到达到实际位置和指令值在允许的误差范围以内。系统位置控制框图如图 3^[2] 所示:

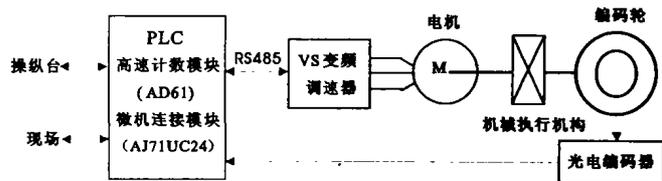


图 3 位置控制系统框图

该调速控制系统采用 PID 控制器,在过程控制中按偏差的比例(p)、积分(I)、和微分(d)进行控制的 PID 调节器是应用最为广泛的一种自动控制器。PID 调节规律是连续系统动态品质校正的一种有效方法,其对误差的比例、积分和微分控制原理如图 4^[2] 所示:

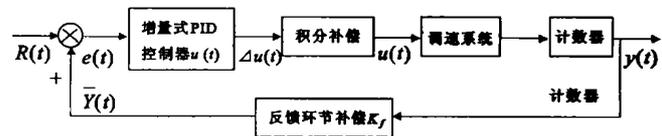


图 4 位置控制系统运算框图

在工业自动控制系统中常采用下列的 PID 控制规律:

$$u(t) = K_p \left[e(t) + T_d \frac{de(t)}{dt} + \frac{1}{T_i} \int_0^t e(t) dt \right] \quad (3)$$

$$K_i = K_p \frac{T_s}{T_i}, K_d = K_p \frac{T_d}{T_s} \quad (4)$$

其中 $u(t)$ 为控制器输出, $e(t)$ 为指令值和反馈值之差, K_p 为比例系数, T_i 、 T_d 分别为积分和微分时间常数, K_d 为微分系数, K_i 为积分系数, T_s 为采样周期。

$$e(t) = R(t) - Y(t) \quad (5)$$

由于 PLC 采用数字控制,该 PID 控制器可以简化采用数值逼近法,而且当闭环控制采样周期相当短时,可以采用差分方程替代上式的微分方程,可以得出连续系统 PID 控制器的离散化方程式(6),(6)称为 PID 位置式控制算法:

$$u(k) = K_p e(k) + K_d \frac{e(k) - e(k-1)}{T} + K_i T \sum_{i=0}^k e(i) \quad (6)$$

其中 T :闭环采样周期, k :采样序号

由于位置式算法在控制过程中容易产生积分饱和、积分累积,导致控制器的响应速度变慢,在手动和自动切换时很难做到无扰动切换,因此,采用式(7)增量式 PID 控制算法,三个偏差值 $e(k-1)$ 、 $e(k-2)$ 、 $e(k)$ 为指令值和相邻三次采集的反馈值之差。

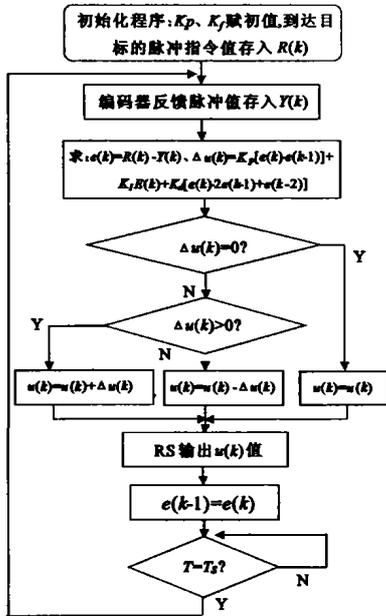


图5 控制程序框图

$$\Delta u(k) = K_p [e(k) - e(k-1)] + K_f e(k) + K_d [e(k) - 2e(k-1) + e(k-2)] \quad (7)$$

采用 Ziegler - Nichols 提出的整定法确定增量式 PID 控制算法参数^[6], 令:

$$T_i = 0.1 T_u, T_f = 0.5 T_u, T_d = 0.125 T_u$$

由(4)式可得到: $K_f = 0.2 K_p, K_d = 1.25 K_p$; 当电机转速 $R > 1100 \text{ r/min}$ 时取: $K_p = 5, K_f = 1$; (K_f 为反馈值与指令值单位比例系数)。

本控制系统从现场试验和相关自动控制算法及以下的分析出发, 建立了如图 5 所示位置控制程序框图,

该控制程序结合上述精确定位法可以实现现场推焦车的自动定位精确要求。根据该框图设计的控制程序及自动控制系统实现了推焦车的自动精确定位, 并在某大型钢铁集团焦化厂得到实际应用而且运行良好。

3 结论

PLC 用于设计炼焦推焦车自动控制系统, 具有可靠性高、操作简单、成本低等优点, 提高了炼焦推焦车控制系统设计水平; 本系统采用 RS485 数字驱动和高速计数模块组成的闭环位置控制, 结合精确定位装置和编码脉冲反馈, 实现了炼焦推焦车的自动定位; 采用离散数字处理 PID 算法进行定位误差补偿, 成功的提高了自动定位精确度; 该控制方法在煤化工炼焦推焦车自动控制系统中得到实际应用, 现场运行情况证明控制效果良好。

参考文献:

- [1] 杨奕、李奇. PLC 在 FMS 物料小车行走定位中的应用 [J]. 电子技术应用, 1998, 12(10): 56 - 57.
- [2] 刘亚东. 基于 PLC 的精确位置控制 [J]. 机床与液压, 2002, 34(12): 76 - 77.
- [3] 高森年. 机电一体化 [M]. 北京: 科学出版社, 2001. 118 - 122.
- [4] 盖晓华. PLC 高速计数器功能的应用技术 [J]. 现代电子技术, 2002, 23(6): 120 - 123.
- [5] 陈凌珊. 数字 PID 算法在发动机特性测试控制系统中的应用 [J]. 广东工学院学报, 1994, 11(4): 98 - 100.
- [6] 张铨. 微计算机在自动控制中的应用 [M]. 北京: 国防出版社, 1986.

Developing of Auto - control Position System in Push-coke Machine

TANG Yi-ke, WANG Jiu-bin, XIE Zhi-jiang

(The State Key Laboratory of Mechanical Transmission, Chongqing University, Chongqing 400044, China)

Abstract: The auto-controlling based on PLC system realized the identifying of coking number and the accurate position. In this system the identifying of coking number was reached with the schematic binary system of PLC and the assistant of proximity sensor. With RS485, the digital was used for transducer controlling port which drive the motor and the high-speed counter, AD61, was used for feedback adjusting the offset. The discrete digital increasing PID control algorithm compensating the position errors is discussed to arrive at the accuracy auto-position. With the module, RS485, we realize the serial communication and the report forms managing between the PLLC system and the computer. The technique can achieve the object of automatic control accuracy in practices.

Key words: push-coke machine; PLC; automatic control; accurate position; high - speed counter

(编辑 张小强)