The Hardware System Design of Autocontrol System for Submerged Arc Furnace Based on PLC

NING Xin, YANG Binfeng, ZHENG Yanling, ZHANG Sujun, NING Lipu

Henan Institute of Science and Technology, Xinxiang, China

Abstract: The arc furnace smelting production process has characters of multi-variables coupling, non-linearity, strong lag, and so on. the electrode rises and falls the control system failure rate high, the maintenance quantity is big and so on a series of questions. This article unifies the actual situation and user's demand designed based on the PLC arc furnace control system. This system includes the system main hardware, the PLC program, the operate panel, the configuration picture, and master program circulation flow chart. This system realizes the switch from manually to automatic according producing requirement, avoiding the inaccurate and lag of manual handle, thus enhances the submerged arc furnace to use electricity the efficiency as well as the product quality and the output. The experiment performance data indicated that, rises and falls the PLC control system movement stably submerged arc furnace electrode reliable, the ease of operation, convenient maintains and handle. It will play to this profession production formidable impels the role.

Key words: submerged arc furnace; electric pole fluctuation; PLC; configuration

基于 PLC 的矿热炉自动控制系统的设计

宁　欣，杨宾峰，郑艳玲，张素君，宁李谱

河南科技学院，新乡，中国，453003

摘　要：针对矿热炉冶炼生产过程具有多变量耦合、时变非线性、大时延和强干扰等特点，以及电极升降控制系统故障率高、维护量大等一系列问题，设计出了一种基于 PLC 的矿热炉控制系统。介绍主要硬件配置、PLC 程序结构、操作面板、组态画面。该系统根据现场工艺要求，实现从手动到自动的无扰切换功能，避免手动情况下不及时、不准确的弊端，减少电极的调节次数，从而提高矿热炉的用电效率以及产品的质量和产量。试验运行数据表明，该控制系统运行稳定可靠，操作方便，维护量小，对同行业的生产将起到推动作用。

关键词：矿热炉；电极升降；PLC；组态

1 引言

目前国内的矿热炉控制系统的主体部位绝大部分采用功率调节器、晶闸管--直流电动机系统、电气—液压系统、晶闸管—力矩电动机系统等模拟器件控制方式，它们虽然都可以实现自动调节的功能，但是其安全性、灵敏度、处理数据的能力相对较差；而且因系统采用人工看表，停电压放这些原始的方法，使得劳动强度增大，控制精度降低。另外，虽然一少部分是采用如模糊控制，专家系统控制等智能控制，性能也较优越，但开发周期长，成本比较高。为了解决这些问题，需要一种新的控制方式。考虑到 PLC 功能齐全、应用灵活、操作方便、稳定可靠，是现代控制系统设备的发展方向，并且已经成功应用于冶金、石化、机械等多种工业场合，因此，选择 PLC 设计出了电极升降的控制系统。

2 控制系统的总体设计

该系统可以实现熔炼过程的全过程控制，上位机提供优良的用户操作界面，现场操作系统对电弧炉三个电极进行控制并完成自动升降，下位机负责现场参数的采集，数据的处理与对象的控制，将采集数据上传到上位机，并接受来自上位机的用户操作指令。上位机与下位机之间、下位机电极调节 PLC 和炉体动作 PLC 之间通过 C-NET 网络连接，实现数据的传输与通讯。系统硬件配置如图 1 所示。

系统中以 PLC 为核心，由智能仪表分别对三相电流进行采样，PLC 根据采集到的信号按预置控制算法进行运算，运算后由 PLC 分别驱动执行机构进行相应时间的动作。上位机负责过程参数的监视、数据的报表存档及提供优良的用户操作界面。现场操作系统采

用触摸屏对三个电极的数据采集仪表进行检测、控制，进而对电极上的驱动器件液压阀换向阀进行控制并完成自动升降的，同时具有电流、功率、限位保护等功能。系统结构如图 2 所示。

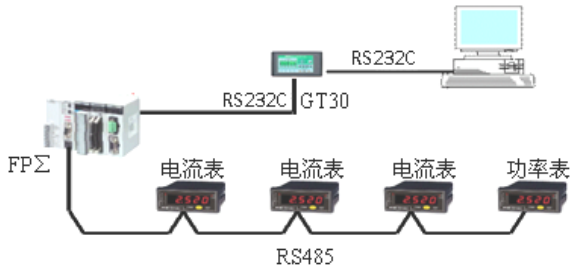

Figure 1. Hardware circuit diagram
图1. 硬件配置图

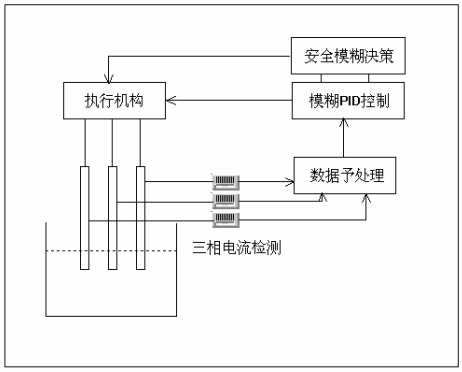

Figure 2. System diagram
图2. 系统结构图

3 PLC 控制设计

采用 PLC 作为整个系统的控制中心，对整个系统的控制起到协调及控制的作用。PLC 与上位机通讯，接受上位机的命令，并将工业现场的工况如实向上位机传送，将信息送给工控机。向下接受各种模拟量和开关量，同时，去控制三相伺服阀、液压缸系统和各种现场设备。

3.1 PLC 选择

3.1.1 机型的选择　选用 FP0PLC 作控制器。

FP0-C16PLC 属于小型 PLC，运行速度快（0.4μs/步），可灵活选择通讯插件 RS-232，通过 FP0 的 A/D 模块实现对系统的无触点控制，具有可靠性高、抗干扰能力强、硬件配套齐全、维修方便等特点，可以大大降低电气系统的事故率，可方便地更改控制逻辑。

3.1.2 A/D 模块的选择

考虑模拟量输入较多的特点，C16 主机作为控制核心，可以增加 3 个扩展模块。根据本系统的实际情况，采用 FP0-A21 作为模数转换 A/D 单元，此模块是一个 2A/D 输入，1D/A 输出的功能模块。因此需用 1 个 FP0-A21 的扩展模块，实现本系统 2 个模拟量的输入需要。

3.2 PLC 的编程

PLC 的程序控制框图如图 3 所示。系统进行初始化后，由三相电流互感器检测电极电流，后由智能仪表分别对三相电流进行采样，由 C-NET 网络送入 PLC 按预置算法进行运算，运算后由 PLC 控制各电极的自动升降速度及位置，同时使矿热炉满足所输入功率，从而达到了低电耗、高熔化率的炼钢目的。

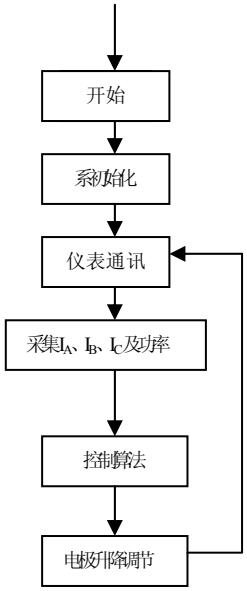

Figure 3. Program flow diagram
图 3. PLC 程序框图

3.3 PLC 的 I/O 分配及接线图

PLC 的开关量输入信号包括：手动操作按钮，各种限位开关，继电器和电弧炉变压器的各种保护等等；PLC 的开关量输出包括：电机的起停、泵的起停、电磁阀的开断，断路器分合闸，变压器的调压、炉体各传动部位控制、加料等控制。

此系统设计 10 个输入口，9 个输出口。PLC 的输入端子用于接受操作按钮、限位开关、继电器及冶炼变压器的各种保护信号等；输出端子通过中间继电器

978-1-935068-04-4 © 2009 SciRes.

控制现场设备，包括电机的起停、泵的起停、电磁阀的开断、断路器分合闸、变压器的调压、炉体各传动部位控制、加料等控制。

由于在电极控制过程中，有模拟信号的输入和手动控制信号的输入，因此设计了 QS 选择开关，手动优先于自动。模拟信号是通过 A/D 扩展模块得到的，所以 I/O 接线图中没有标出模拟信号的输入，另外为了电极电机的安全，在硬件线路中串接了热继电器作为过载保护。

I/O 端口分配如表 1 所示。

PLC 的硬件接线图如图 4 所示。

Table 1. PLC I/O assignment

表 1. PLC I/O 分配

输入点	功能	输出点	功能
X0	手动/自动转换开关	Y0	A相电极上升接触器
X1	总停按钮	Y1	A相电极下降接触器
X2	A相电极上升按钮	Y2	B相电极上升接触器
X3	A相电极下降按钮	Y3	B相电极下降接触器
X4	B相电极上升按钮	Y4	C相电极上升接触器
X5	B相电极下降按钮	Y5	C相电极下降接触器
X6	C相电极上升按钮	Y10	A相电极指示灯
X7	C相电极下降按钮	Y11	B相电极指示灯
X10	三相电极总升按钮	Y12	C相电极指示灯
X11	三相电极总降按钮		

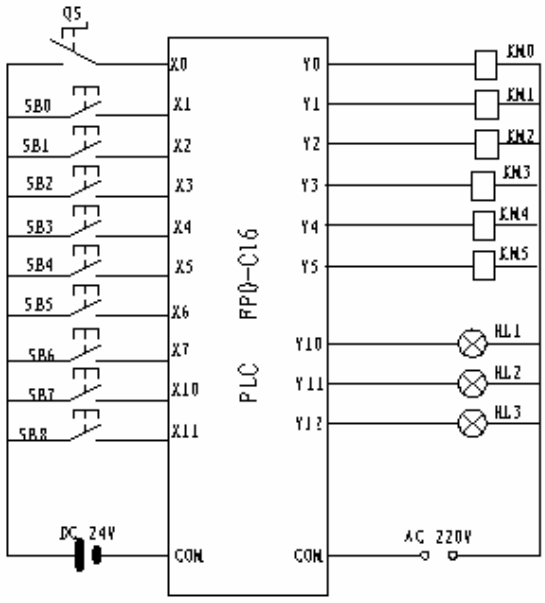

Figure 4. Hardware connectde figure of PLC

图 4. PLC 硬件接线图

X0-X11 都是手动控制按钮，X0 是手动向自动转换开关，如果 X0 断开就能执行一系列的手动控制，否则跳过手动程序自动执行控制程序。

4 上位机控制设计

4.1 现场操作面板

为了提高电弧炉控制系统操作的实用性、即时性、可靠性及现场性，采用了小型的触摸屏作为现场操作面板。实现电流、功率的实时采集、在线修改、手动操作及报警显示等功能。

Figure 5. Reports to the police the information picture

图 5. 触摸屏画面

现场操作面板采用 GT30 做为人机界面，用 GT WIN 软件来自定义 GT30 的显示与操作方法，通过 AIGT8142 电缆与 PLC 相连。电弧炉控制系统启动后通过人机界面可对多台电流表、功率表的当前数值、设定数值、设定范围等数据进行实时采集、同步修改（电流的设定可以通过人机界面或电流表），同时具有异常电流、功率报警功能。

同时，系统还设计了自动控制和手动控制的自由切换，使设计更具有科学性，合理性。在整个系统的控制过程中，可以随时启动手动开关控制电极的升降操作，以防备紧急事故的发生。如图 5 所示。

4.2 操作间上位机

操作间上位机采用组态监控软件，画面直观，图库完整。主要实现动态显示工作过程和工艺参数、过程数据的存储、历史曲线的绘制、生产报表的打印等。同时，可以减少现场操作过程，实现远程监控和远程控制。

如图 6 所示为利用 WinCC 提供的变量模拟器进行现场模拟获得的数据的主画面，设置电极升降控制系统的简易工艺图、交流电机的运行状态显示、电弧电流显示、电弧电流设定值显示、手动给定值显示、及报警显示。同时，在该控制界面可以连接油压控制界面、电极控制界面、通讯监控界面、实时曲线界面等。此外，主画面上，还设置了当前的时间和日期显示。系统运行状态画面设置 PLC 状态显示、熔炼方式显示、电极升降控制方式显示等。报警信息画面列出了系统当前发生的所有故障，报警出现后，可进入报警源查询画面查询报警原因。历史曲线画面用曲线的形式表示各重要变量的趋势。

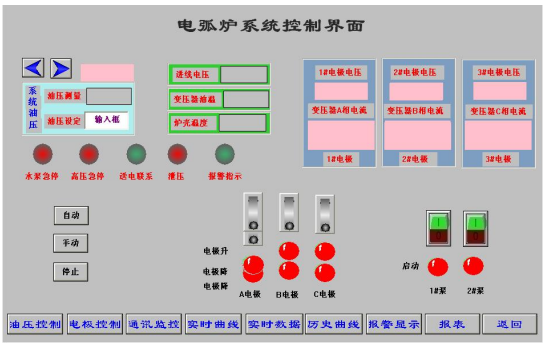

Figure 6. Main picture
图 6. 主画面

4.3 现场仪表

4.3.1 电流表

三块电流表采用 PDM-801A 单相智能型网络电力监控仪表，具有标准的 RS-232 通讯接口和 Modbus 协议。

4.3.2 功率表

功率表采用 PDM-803P 三相数字式有功功率表，具有标准的 RS-232 通讯接口和 Modbus 协议。

4.3.3 电流互感器

由于电弧炉的工作电流大多数都在几千安培以上，通常测量方法是采用电流互感器（原电弧炉配电柜已配有）。电流互感器装于电炉变压器的高压侧，次级电流一般为 0～5A，作用是检测每相电流并通过电流表显示电流变化，A、B、C 三相各有一只相同参数电流互感器。

4.3.4 电流变送器

电流变送器把 0～5A 变化的电流转换成 0～20mA 线性好的电流信号，送给 A/D 转换器一个线性好、无干扰且正比于电流互感器电流变化的信号。

5 试验与结果

我们对陕西某集团一台 2000 年建造的不能继续使用的矿热炉进行控制系统改造，来验证我们的控制系统。

在本柜中我们集中了重要参数的仪表显示功能和重要设备的手动操作功能，在不影响生产安全的前提下，进行带载实验。我们首先通过上位机把电极调整在一个固定的位置进行热炉和电极的醅烧，6 小时后我们将电压设置在 200V，电流设置在 100A 的位置投入自动运行。经试用两个月的效果看，该系统能完全适应电石冶炼炉的控制需求，效果良好，产品的性能及设备的运转率都得到了较大的提高，我们取了一组数据说明如表 2 所示。

Table 2. Experiment date table
表 2. 试验数据表

	年产量	运转率	发气量	优质率	平均电耗
使用前	3.1 万吨	95%	293L/KG	30%	365 度/吨
使用后	3.4 万吨	99%	298 L/KG	60%	263 度/吨

结果表明，通过有效地调节电极三相平衡，减少了无功损耗，大大节约了电能，能降低耗电总量的 5%左右，与非智能控制的系统相比，每吨电石电耗降低

978-1-935068-04-4 © 2009 SciRes.

5%～30%，提高了生产率，降低设备的故障率，提高了温度的稳定性，大大提高了电石的品质。

经验证使用效果良好，再次证明了我们的试验模型的正确性。

6 结语

本控制系统主要是针对中小型电弧炉设计的，提高了电弧炉控制的可靠性，提升了产品的品质。但是，由于冶炼过程中伴随着众多的化学反应，环境污染严重，又加上耗电量大。为了降低消耗，节约能源，冶金炉成为我国目前节能减排的重点对象之一。研究一种既能够实现电弧炉的电极升降自动控制，又能够集上料、除尘、余热发电为一体的电弧炉综合控制系统，在未来的电石炉生产中将具有更为重要的意义。

References (参考文献)

[1] ZHOU Wang-min，MA Rong，LIU Qi-feng.Study on Intelligent Control of Electrode Current of Arc Furnace Based on Neural Network[J]. Measurement & Control Technology，2006，(06)：39-41.
周王民，马戎，刘奇峰.神经网络在电弧炉电极控制中的应用研究[J].测控技术，2006，(06)：39-41.
Sun Zeng-qi，Zhang Zaising，Deng Zhidong.intelligent control theory and Technology[M].Beijing：Tsinghua University Press，1997：40-48.

[2] JIANG Chong-ran，GAO Jing-bin. Fuzzy control of electric arc furnace[J]. Metallurgical Industry Automation，2006（2）：59-65.
姜重然，高景斌.电弧炉的模糊控制[J].冶金自动化，2006（2）：59-65.

[3] ZHANG Ming-jun，ZHANG Hua-guang. A Robust Direct Adaptive Fuzzy Control Algorithm[J]. A Robust Direct Adaptive Fuzzy Control Algorithm，2006，（1）：5-8.
张明君，张化光.一种鲁棒直接自适应模糊控制算法[J].东北大学学报(自然科学版)，2006，（1）：5-8.

[4] WEN Hai-yan~1，WANG Zeng-qiang. Application of fuzzy PID controller to control system of water press. Journal of Chengdu University of Information Technology，2006，（1）：5-8.
温海燕，王增强，模糊PID控制器在水压机控制系统中的应用[J].成都信息工程学院学报，2006，(02)：256-260.