

基于 PLC 和 WinCC 的玻璃镀膜控制系统优化设计

Optimized Design of Glass Coating Control System Based on PLC and WinCC

曹 帅 詹跃东 (昆明理工大学信息工程与自动化学院,云南 昆明 650500)

郝向东 (深圳达实智能股份有限公司工业智能化事业部,广东 深圳 518000)

摘 要

针对玻璃镀膜生产线工艺特点,根据国内某玻璃镀膜生产线的生产需求,对原有自动控制系统进行了改进和优化设计。基于工艺配气、磁控溅射、真空抽气、阴极电源和伺服传动等各子系统的控制难点及实现过程,优化设计了以西门子 S7-400 PLC 为核心和 WinCC 7.0 为上位监控软件的玻璃镀膜控制系统。在 WinCC 组态软件平台上,搭建了玻璃镀膜控制系统的监控界面,通过上位机处理大量生产过程数据和归档重要参数,实现生产工艺流程各个环节的实时监控、设备工作运行状态的参数显示和系统的故障报警等功能。

关键词:镀膜玻璃,S7-400,WinCC 7.0

Abstract

Based on the control difficulties and implementation process with the gas distributing,magnetron sputtering,vacuum pumping,cathode power supply and servo drives,and other subsystems,the upper glass coating control systems are to optimize and design using the Siemens S7-400 PLC for core and WinCC 7.0 for monitoring software.On the WinCC configuration software platform,a monitoring interface glass coating control system has been built.through data processing of a PC and archiving of mass production processes of the important parameters,the functions have been realized,such as the real-time monitoring of all aspects for the production process,the parameters display of the working status for the device,system operation fault alarm,and so on.

Keywords:glass coating,S7-400,WinCC 7.0

近年来,PLC 在玻璃镀膜控制系统中的应用也更加成熟,随着工业控制计算机(简称工控机)的发展,操作员能够更清楚地看到实时监控的数据,并能及时加以分析,给出优异的性能控制指标。这种人机界面大大满足了工业的需求,工控机和 PLC 的有机结合为玻璃镀膜生产企业实现管理、控制一体化提供了一种有效的手段^[1]。

本文主要针对真空磁控溅射法生产过程的特点,使用模块化的编程思路,提出了基于西门子 S7-400 PLC 和 WinCC 上位数据的控制系统的设计方案,重点分析了真空抽气,磁控溅射阴极电源和玻璃传递伺服子系统以及上位机监控系统控制难点的实现过程,对其控制系统实施优化设计。

1 网络结构及系统组成

整个控制系统由工业控制计算机、PLC 主机、分布式 I/O 模块 ET200M、伺服控制器(MOVIDRIVE)及伺服电机、工业以太网、PROFIBUS-DP 网等组成,如图 1 所示。工控机通过工业以太网与 PLC 连接,PLC 实时将数据传递给计算机,在计算机上可以完成对整个系统的监视和控制。工控机配置 CP1613 卡用于连接到工业以太网。CP1613 自带微处理器,不受 CPU 影响,保证数据高速度传输,可达到 100Mbit/s,具有稳定的通信性能及较强的数据处理功能。为保证数据通信顺畅、稳定与实时性,在本控制系统中配置了两个相互独立的 CPU 模块,分别完成相对独立的工作。其中,1 个 CPU 模块实现传动系统以及与之相关的光电开关、门状态的检测与控制;另一个 CPU 模块控制真空抽气、磁控溅射、工艺气体配气系统。2 个 CPU 通过工业以太网交换数据,同时也可与上位机进行通信^[2]。图 1 中,PLC 控制系统采用分布式 I/O 控制,节省了系统的配线。PLC 主机通过 PROFIBUS-DP 网对各分布式 I/O 模块进行控制,同时便于系统的扩展和升级^[3]。系统中所有的 I/O 信号均由分布式 I/O 模

块进行采集,并传给 PLC 主机由 PLC 控制相关设备。生产线上所有的传动均采用伺服控制器控制,伺服控制器也连接 PROFIBUS-DP 网,由 PLC 控制伺服控制器。此伺服控制器有自己的编码开关,同模块 ET200M 一样,通过拨不同码,来确定每个控制器在 PROFIBUS-DP 网中的地址。

2 控制系统设计

2.1 工艺配气系统

根据磁控溅射原理,玻璃在磁控溅射镀膜时,每个磁控溅射阴极靶位都需要加入工艺气体,其中氩气作为溅射气体,氧气和氮气作为反应气体。磁控溅射镀膜过程和膜层的质量受工作气压的高低影响。如果工作气压过低,电子与气体分子撞击的几率降低,导致靶材沉积速率下降;如果工作气压过高,气体分布的密度较大,被散射回靶面的粒子增多,自由程缩短,导致电离率下降。所以,保持气体气压在一定的范围内,从而使溅射速率达到最大值,气体的最佳气压值一般为 $1.0 \times 10^{-3} \sim 1.0 \times 10^{-2}$ mbar 之间。溅射室的供气通道分为主气体供气通道、辅助气体供气通道。主气通道通过电磁阀向靶位充入氩气、氮气、氧气三种气体的两种;辅助气体通道通过电磁阀向靶位充入这三种气体的一种或两种,并分别对阴极位的 7 个不同部位提供不同流量的气体。即辅助供气通道包含 3 个电磁阀和 7 个气体质量流量计。这样,每个阴极位的工艺气体控制包含 6 个电磁阀和 10 个流量计;整线的工艺气体控制系统共 270 个电磁阀和 450 个流量计控制单元。

气体流量的控制采用模糊 PID 参数自整定的控制方法,模糊 PID 参数自整定控制系统的控制结构如图 2 所示,与传统的 PID 控制不同的是:它是基于传统的 PID 控制器和模糊控制器组成的,采用偏差 e 和偏差率 Δe 作为输入,即找到 PID 的三个参数与偏差 e 和偏差率 Δe 之间的模糊关系,通过模糊控制原理能在线计算出不同状态下 k_p 、 k_i 、 k_d 的值,然后作用于 PID 控制。

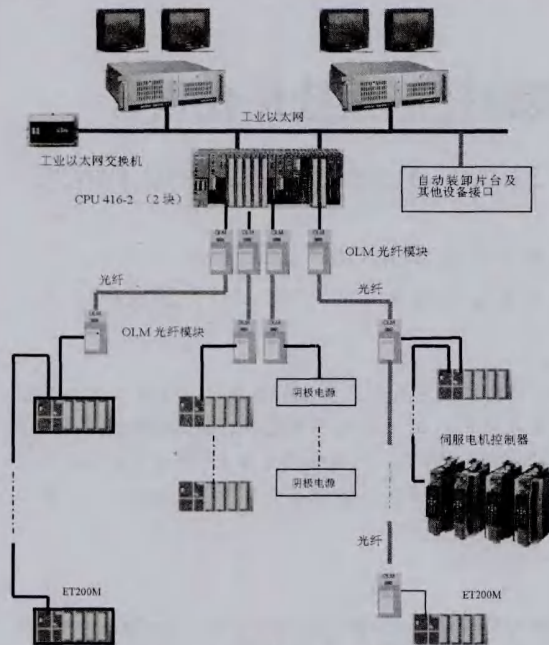


图1 PLC及网络系统结构图

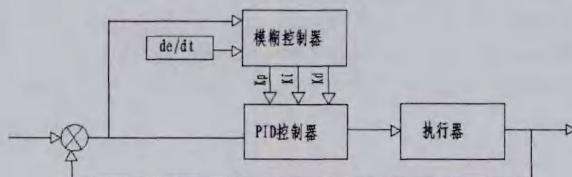


图2 模糊PID参数自整定控制系统结构图

这里的电磁阀的输出开度是通过 PLC 的模拟量输出模块转化为 0~10V 电压或 4~20mA 的电流对电磁阀进行控制, 同样, 对气体的流量检测也是通过 PLC 的模拟量输入模块采集电磁流量计反馈回来的 0~10V 或 4~20mA 的电流。所以对电磁阀的控制精度和响应速度要求极高。

2.2 磁控溅射系统

溅射阴极位共 45 个, 即 42 个阴极电源和 45 个溅射阴极, 其中: 16 个直流电源和 26 个中频电源。根据阴极电源的控制接口, 选择 Profibus 总线控制方式, 控制所有的操作、参数设定和数据交换。控制系统对所选定的阴极和阴极电源, 进行控制室远程控制, 根据产品设定电压、电流、功率、运行状态、故障情况等生产工艺控制参数, 接收反馈信号, 进行安全连锁和过程控制, 并监控运行状态, 记录和打印参数、曲线。

系统对阴极电源进行自动控制, 实现对阴极电源的开关控制、检测阴极电源的工作电压、工作电流等参数。同时系统对每个阴极位以及其所配的阴极电源进行自动识别, 在计算机上自动显示当前阴极电源的输出所接的阴极位置, 并进行安全连锁, 当阴极电源的输出线没有接入阴极位时, 系统禁止给该阴极电源通电。只当检测到某阴极控制柜上有阴极电源插入时, 才打开相应的阴极电源^[4]。这一功能在下位程序中通过西门子指令表实现, 如下:

```
TAR2
AD  DW#16#FFFFFF
L   P##s_Well_Number
+D
T   #s_well_number_Addr
L   P#0.0
LAR1
```

```
L   #s_well_number_Addr
LAR1
A   #!_HW_AE_Check1
=   [AR1,P#1.0]
A   #!_HW_AE_Check2
=   [AR1,P#1.1]
A   #!_HW_AE_Check3
=   [AR1,P#1.2]
A   #!_HW_AE_Check4
=   [AR1,P#1.3]
A   #!_HW_AE_Check5
=   [AR1,P#1.4]
A   #!_HW_AE_Check6
=   [AR1,P#1.5]
L   #s_Well_Number
AW  W#16#3F
T   #s_Well_Number
```

2.3 真空抽气系统

磁控溅射是在真空的环境下进行的, 要保持磁控溅射区在高真空的环境下, 而且进口室和出口室也时常在大气和真空两种环境下不停的转换, 这些都需要有抽气泵不停对腔室进行抽气。由于磁控溅射时真空度要求在 10^{-5} mbar 以下, 现没有哪种泵可以把腔室内的真空度直接从大气状态抽到 10^{-5} mbar 以下, 所以设计了三组真空泵组进行抽气, 它们分别是旋片泵 VP、罗茨泵 RP、分子泵 TP。

旋片泵是在大气条件下可以启动的, 启动前必须通过真空度检测表 PG 判断所要抽气的腔体内真空度, 防止气流倒灌把旋片泵的泵叶冲坏。如果检测到腔体为大气状态, 可以立即打开管道阀启动 VP 进行抽气; 如果检测为真空状态, 则必须在管道阀关闭状态下启动 VP 一段时间, 再由 PG 检测到内外真空度平衡, 才能打开管道阀。旋片泵能将气压抽到 10^{-1} mbar; 罗茨泵 RP 的启动对真空度要求较高, 必须在 50 mbar 状态以下, 且判断到前级相应的旋片泵为启动状态, 自身才可以自动启动。即使在全线手动控制模式下, 不满足这 2 个条件, 手动操作也不能启动 RP。罗茨泵能将气压抽到 10^{-3} mbar。

当镀膜室的真空度达到 5×10^{-2} mbar 以下时, 可启动分子泵 TP, TP 能将气压抽到 10^{-5} mbar 以下, 满足生产需要。

三组泵的启动需要遵循严格的启动顺序, 而且每台泵的启动需要设计合理的连锁电路, 以保护泵的启动, 其保护电路图如图 3 所示。如果出现设备故障等紧急情况, 程序立即转入停产保压流程, 按照管道阀、TP、RP、VP 顺序依次关闭对应的管道阀和真空泵。同样, 真空度的检测对真空检测仪的精度、反应速度以及抗干扰性要求极高。

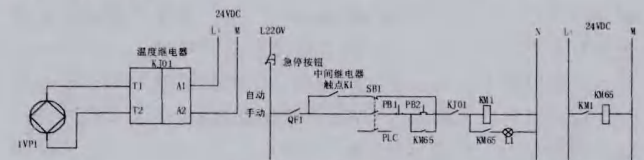


图3 硬件保护电路图

2.4 伺服电机控制系统

玻璃镀膜生产工艺要求传动系统响应快, 控制精度高, 在镀膜区需要高精度位置控制。本系统采用伺服电机控制系统, 实现高精度的速度和位置控制。伺服电机选用 LENZE 的 GKS07-3SHAK 12L20RS0B0 同步伺服电机, 电机扭矩 13.50NM、减速机输出 639NM, 额定转速 1950r/min, 减速比 $i=50.345$ 。已知溅射室的镀膜传送速度为: 0.3~12m/min, 传动轮直径为 120mm, 生产线传动轮的周长为 $120 \times 3.14 = 376.8$ mm。

当线速度为 0.3m/min 时,生产线传动轮的转速要求为:300/376.8=0.796r/min,则电机转速为:0.796×50.345=40.07r/min。

当线速度为 12m/min 时,生产线传动轮的转速要求为:12000/376.8=31.85r/min,则电机转速为:31.85×50.345=1603 转/分。

通过对伺服控制器 E84AVTCE2512 编程,采集编码器的当前脉冲数,通过 Profibus 总线实时传送给 PLC,实现精确玻璃计长和位置控制等功能。该伺服控制器采用增量式编码器,伺服电机每转一圈对应编码器增加 4096 个脉冲数,传送台滚轮半径 $r=60\text{mm}$,所以每 1 个脉冲对应玻璃传送前进距离关系为:

$$c=2\pi r/4096i=0.001827236(\text{mm 脉冲}) \quad (1)$$

其中: $i=50.345$ 为减速比。

进行玻璃计长只需得到一锅玻璃的头部和尾部分别对应的脉冲值,就可以计算出整锅玻璃的长度。

3 上位监控系统

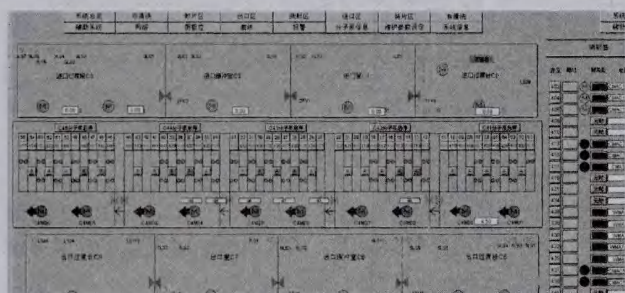


图 4 上位机界面示意图

在玻璃镀膜生产过程中,操作员要实时分析诸如玻璃长度,阴极电源功率,电机运行状态等多种数据和设备信息,根据现场情况进行相应操作,本系统使用西门子的 WinCC7.0 软件进行上位组态,与 STEP7 下位编程软件紧密结合,很好地满足了实际生产需求。具体实现的功能如下:

1)显示整个生产系统的工作模拟画面、各种工作状态、数据参数、按钮操作、生产参数设置、生产情况记录、报警情况、历史曲线等、界面清晰直观。

2)所有控制都能在该计算机上完成,点击屏幕上的按钮和

键盘输入,即可完成自动/屏幕手动启动、停止、生产工艺参数输入、生产状态控制等操作,对关键参数要有再次确认按钮,确保安全生产。

3)系统提供多种报警和分级处理功能,报警事件能自动记录。为了提高系统的安全可靠性,设计有报警自动弹出功能,无论在哪个监控画面中进行何种操作,只要发生报警,就自动弹出报警画面,同时发出声光报警。

4)用户定义动态工艺流程图在 200 幅以上;窗口界面可进行多窗口显示;流程图画面的状态、切换或刷新时间小于或等于 1.5s (包括动态和静态数据),上位机对 PLC 的参数的调用时间 $\leq 1\text{s}$;动态标签容量大于 5000 点;趋势曲线大于 100 条,时间间隔从 1 分钟到 24 小时;

5)记录生产的生产数据、曲线,并进行打印报表。

4 结束语

针对真空磁控溅射玻璃镀膜法的工艺特点,设计了以西门子 S7-400 PLC 为核心的控制系统。利用 WinCC7.0 组态软件实现对整条生产线的上位机监控,完整显示生产线上所有设备的运行方式、流程作业情况及工艺参数当前值等信息,减少了操作人员的工作量,提高了控制系统运行的可靠性和生产效率和玻璃镀膜生产线的自动化控制水平。

参考文献

- [1]陈玲玲,等.镀膜机的微机控制[J].真空,2003(6):24-26
- [2]喻寿益,凌云,宋东球.基于 S7-400 PLC 的镀膜玻璃生产线控制系统[J].控制工程学报,2009,16(6):655-656
- [3]郝向东,张晓江.南玻玻璃镀膜自动控制系统[J].电气时代,2005,(12):56-57
- [4]西门子自动化与驱动集团.S7-400 自动化系统手册[K].北京:西门子(中国)有限公司,2005:146-147
- [5]周亦武编著.智能仪表原理与应用技术[M].北京:电子工业出版社,2009
- [6]刘华波,王雪,何文雪.组态软件 WinCC 及其应用[M].北京:机械工业出版社,2009

[收稿日期:2014.1.16]

(上接第 58 页)

```

}
else
{
    X_Right=0; X_Left=1;
}
if(X_Right)//小车位于导线右边,求 x
{
    if(xiangduizhi[2]>0.76)//通过传感器 2 的相对值的大小判断
    用 f1(REL1)还是 f2(REL2)
    //求相对值
    X=104.8490-223.9933*xiangduizhi[1];// f1(REL1)
    else
    X=-218.7158+182.3099*xiangduizhi[4];// f2(REL2)
    if(X<-150)X=-150;//设置阈值
}
if(X_Left)//当小车位于传感器左边,求 X。
{
    if(xiangduizhi[4]>0.77)
    X=-70.0428+174.3636*xiangduizhi[5];// f1(REL1)
    else
    X=206.3223 -173.0381*xiangduizhi[4];// f2(REL2)
}

```

4 结束语

介绍了一种以飞思卡尔公司 Kinetis 60 单片机为核心控制单元的自循迹智能车系统,采用三个“一”字排列的电磁线圈,快速、准确的提取和处理赛道信息,是智能车灵敏的沿既定的赛道快速行进的必要保证。对基于电磁技术的智能车路径识别技术进行了研究,给出了基于运算放大电路的路径识别方法。测试表明,该方法具有良好的实时性和准确性。

参考文献

- [1]胡长晖,叶梦君,汪漫,等.基于电磁技术的智能车路径识别的研究[J].湖北师范学院学报(自然科学版),2011,31(2):54-58
- [2]陈军,杨数强,王军强.一种新型智能车电机驱动电路的设计与实现[J].电子质量,2011(9):32-34
- [3]杨雪,高成恩,高攀,等.基于电磁场检测的寻迹智能车系统设计[J].单片机与嵌入式系统应用,2011(12):61-64
- [4]王元哲,谈英姿.磁导航智能车路径信息采集系统的设计与实现[J].微型机与应用,2011

[收稿日期:2014.1.9]