

基于 PLC 的水泥厂粉磨机控制系统设计与实现

周 茂¹ 魏 彪¹ 李正中²

(1. 重庆大学光电工程学院 重庆 400044; 2. 重庆科技学院 重庆 401331)

摘 要:针对水泥配料与磨机负荷控制水泥粉磨机这一关键技术问题,选取球磨机为设计对象,采用 S7-200PLC 作为主控制器,西门子 MM420 变频器作为调速装置,借助西门子 WinCC V7 开发工具,设计了一种基于 PLC 的水泥厂粉磨机控制系统,实现了水泥厂粉磨机在生产过程中对温度、压力和转速等参数的采集、过程控制及质量监控。实践结果表明,设计完成的基于 PLC 水泥厂粉磨机控制系统,不仅可以直观、清晰显示粉磨机生产工艺流程的各个环节并能进行控制或监控,而且还能对故障进行报警,对于改善工人劳动环境,提高水泥配料自动化水平和水泥粉磨机长期安全运转等具有重要的现实意义。

关键词:水泥粉磨机;质量监控;PLC 控制;MM420 变频器;WinCC 组态软件

中图分类号: TP23 TN805 **文献标识码:** A **国家标准学科分类代码:** 510

Design of cement grinding control system based on PLC

Zhou Mao¹ Wei Biao¹ Li Zhengzhong²

(1. College of Optoelectronic Engineering, Chongqing University, Chongqing 400044, China;

2. Chongqing University of Science and Technology, Chongqing 401331, China)

Abstract: Aiming at the key technical problems of cement mill which are cement ingredients and cement load control, the ball mill is designed as the design object, in which, S7-200 PLC is used as the main control, Siemens MM420 converter is used as a speed control device, and Siemens WinCC V7 is used as a development tool. A PLC-based cement mill pulverizer control system is designed to achieve the monitor of the cement mill parameter acquisition, such as temperature, pressure and speed, process control and quality control in the production process. The results of the practice show that the PLC-based cement mill control system not only can intuitively and clearly show, control and monitor all aspects of the production process of the pulverizer and control or monitor, but also can check the fault to alarm. It is of great practical significance for improving the working environment of workers, and improving the level of cement batching and the long-term safe operation of cement grinding machine.

Keywords: cement grinding; quality control; PLC control; MM420 inverter; WinCC configuration software

1 引 言

水泥粉磨是水泥生产过程中一个重要环节,水泥配料与磨机负荷控制效果,乃是影响水泥产品质量的关键。由于水泥生产现场环境较为恶劣,工人操作劳动强度大,一般控制手段难以达到要求,容易造成水泥产品质量不稳定,设备运行安全系数小,水泥产量低。

就目前水泥粉磨工艺流程而言,有管磨机(开路或闭路)粉磨系统、立磨粉磨系统、筒辊磨粉磨系统及辊压机终粉磨系统等。粉磨过程电耗要占水泥总电耗的 70% 以上,粉磨工艺的选择与应用直接影响到水泥的产、质量及

生产成本,在水泥制备中占有举足轻重的地位。

为此,基于 PLC 控制技术,设计与实现了一种水泥厂粉磨机控制系统,不仅可以在恶劣生产环境下提高粉磨机工作时信号检测和传输的效率,而且还能节约能耗,取得良好的社会效益。

2 基本组成及工作原理

水泥厂粉磨机的基本组成,主要可分为球磨机和选粉机两个组成部分,如图 1 所示。图中球磨机为管球磨机,由粗磨仓和细磨仓构成。在球磨机中,粗磨仓装有适量比例的高锰钢钢球,粉磨机粉碎和粗磨是按混合料比例配置,

收稿日期:2017-02

通过粉磨机磨出的物料,经过隔板进入细的细磨仓,进行细碎粉磨。磨粉以后的物料,通过水泥粉磨机的出口排出,排出粉磨机的物料经过空气输送设备送入选粉机中^[1]。

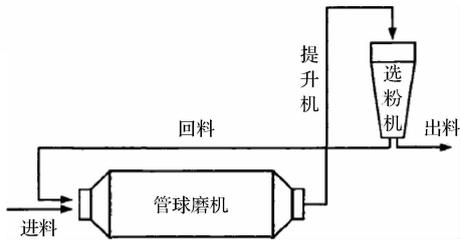


图1 水泥厂粉磨机基本组成示意图

由此可见,粉磨机不但具有收集水泥物料的功能,而且还可以净化尾气的除尘能力。粉磨机中的尾气,通过进风口进入收尘器之后,再通过斜隔板和灰斗。与此同时,因为尾气惯性作用,尾气中的颗粒直接回落到灰斗中,起到收尘的功能,净化了尾气,尾气达到标准后,再排入空气中。

3 总体设计

基于 PLC 粉磨机控制系统总体设计,主要包括粉磨机自动控制和粉磨机综合保护系统两个部分,如图 2 所示。可见,粉磨机控制系统的控制任务较多,既有数字量输入,还有模拟量输入和数字量输出,尚且有显示任务。因此,采用以 PLC 为主的控制系统,借助于上位机 WinCC 完成对现场设备的操作、管理和监控,还可以实现粉磨机自动控制和综合保护的功能^[2-4]。

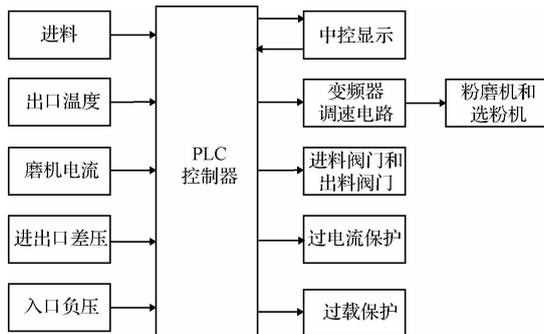


图2 基于 PLC 粉磨机控制系统总体设计原理

4 硬件设计

系统硬件即为粉磨机控制系统的下位机,控制量较为繁多,故控制系统采用以 PLC 为主要控制方式^[5]。PLC 控制系统硬件设计,采用了西门子 S7-200 PLC 作为主控制器,同时,采用交流电机转速为西门子 MM420 变频器调速装置,旋转编码器作为速度测量装置。利用固定时间采集转速并进行 PID 调节,从而达到粉磨机自动控制的目的。

控制器的输入由进料信号、出口温度信号、磨机电流

信号、进出口信号和入口负压信号组成,然后输出由进出口阀门、变频器调速电路(控制粉磨机和选粉机)、中控显示、过电流保护和过载保护组成。其中,中控显示既是输入信号也是输出信号,变频器控制电机的速度,实现变频调速^[6]。

重点阐述球磨机传感器、变频器和旋转编码器的硬件设计。

4.1 控制系统 I/O 地址的分配

PLC 的 I/O 地址分配既是完成系统硬件电路设计的基础,又是进行后续软件程序设计与调试的主要依据。该控制系统的 PLC 输入端口地址分配如表 1 所示,该控制系统的 PLC 输出端口地址分配如表 2 所示。

表 1 PLC 输入端口分配表

| 序号 | 功能 | 地址 | 符号 | 设备 |
|----|---------|------|-----|------|
| 1 | 启动 | I0.0 | SB1 | 按钮 |
| 2 | 停止 | I0.1 | SB2 | 按钮 |
| 3 | 急停 | I0.2 | SB3 | 按钮 |
| 4 | 就地_中控 | I0.3 | SA1 | 转换开关 |
| 5 | 过电流保护 | I0.4 | K1 | 传感器 |
| 6 | 过压保护 | I0.5 | K2 | 传感器 |
| 7 | 过载保护 | I0.6 | K3 | 传感器 |
| 8 | 手动启动磨球机 | I0.7 | SA2 | 转换开关 |
| 9 | 手动启动进料阀 | I1.0 | SA3 | 转换开关 |
| 10 | 故障复位 | I1.1 | SA4 | 转换开关 |

表 2 PLC 输出端口分配表

| 序号 | 功能 | 地址 | 符号 | 设备 |
|----|--------|------|-----|-----|
| 1 | 就地显示 | Q0.0 | HL1 | 指示灯 |
| 2 | 中控显示 | Q0.1 | HL2 | 指示灯 |
| 3 | 自动运行指示 | Q0.2 | HL3 | 指示灯 |
| 4 | 故障指示 | Q0.3 | HL4 | 指示灯 |
| 5 | 启动球磨机 | Q0.4 | KA1 | 球磨机 |
| 6 | 启动进料阀 | Q0.5 | KA2 | 阀门 |
| 7 | 完成指示 | Q0.6 | HL5 | 指示灯 |
| 8 | 选粉机工作 | Q0.7 | KA3 | 选粉机 |

4.2 传感器设计

球磨机工作时,使用的传感器有温度传感器,液位传感器和气压传感器,此类现场的模拟量(如温度、流量等)信号通过相应的转换,经信号变送器接入 PLC 的模拟量输入模块,模拟量输出模块用来控制变频器的频率输出信号,以控制电机的转速。

球磨机温度传感器使用的是电阻温度计,这种温度计的工作原理是导体电阻随温度变化而变化的导体特性。适合粉磨机测量温度范围的传感器主要有铂电阻温度计

和铜电阻温度计,测量范围为 $-260\sim 600^{\circ}\text{C}$ 。采用铂电阻温度的接线原理,如图3所示。

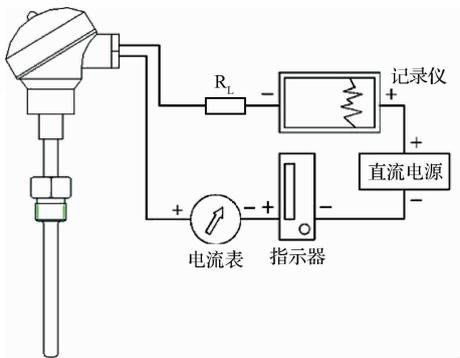


图3 球磨机温度传感器接线原理

球磨机液位传感器是用来检测球磨机原料液位的,其是采用了光电液位传感器,它是一种新型的接触点液位测量的装置,具有结构简单,测量精度高,没有机械零件,也不需要调试且灵敏度高、耐腐蚀、低功耗和体积小等优点,在水泥厂粉磨机液位测量中被广为使用,图4所示为接线方式。

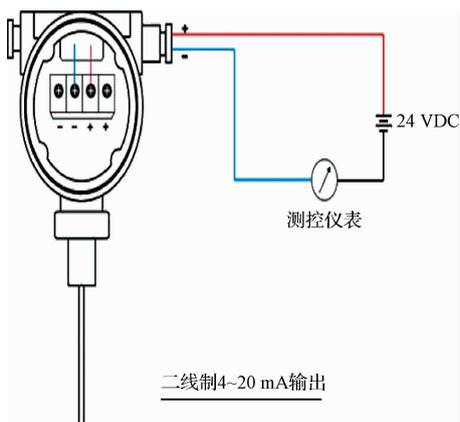


图4 球磨机液位传感器接线原理

球磨机气压传感器是用来检测水泥厂球磨机内进出口差压、入口负压的。这种传感器工作原理是采用了空气压缩机的气压传感器,主要传感元件是一个对气压传感器内的强弱敏感薄膜和一个顶针开控制,它连接了一个柔性电阻器。当被测气体的压力降低或升高时,这个薄膜变形带动顶针,同时,该电阻器的阻值将会改变。阻值发生变化,可从传感元件取得 $0\sim 5\text{ V}$ 的信号电压,经过A/D转换由数据采集器接收,并以适当的形式把结果传送给计算机。其结构原理如图5所示。

4.3 变频器

采用了西门子MM420变频器作为调速装置,调节粉磨机的转速。在使用MM420变频器时,需要恢复变频器工厂默认值。初始设定 $P0010=30$ 和 $P0970=1$,按下P键,开始复位,约2 min后,变频器复位完成。这样,即可保证了变频器的参数恢复到工厂默认值。

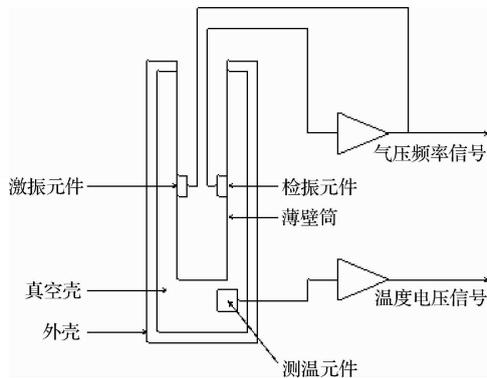


图5 球磨机气压传感器结构原理

4.4 旋转编码器

旋转编码器作为转速测量装置,采用定时采集速度。其是采用了光电旋转编码器借以测量转速,通过光电转换,可将输出轴的角位移、角速度等机械量转换成相应的电脉冲,并以数字量输出(REP)。它分为单路输出和双路输出两种,主要技术参数有很多个脉冲数、公共端和电源电压,如图6所示。

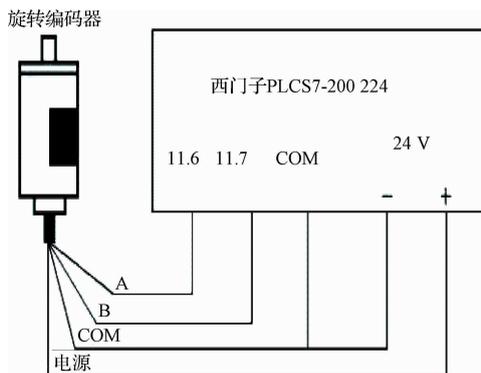


图6 球磨机旋转编码器原理

在测量粉磨机转速的过程中,单路输出旋转编码器的输出是一组脉冲,双路输出的旋转编码器输出两组A、B脉冲,且A/B相位差 90° 的脉冲,其中A、B是返回的信号线,通过对双路输出的这两组脉冲的计数,可以测量粉磨机的转速,同时,还可以通过相位差来判断粉磨机旋转的方向。

5 软件设计

5.1 粉磨机PLC梯形图设计

当粉磨机开始通电开机时,自动运行指示灯亮,这时,就地-中控转换开关,可以任意切换就地控制和中控控制。粉磨机正常工作时,若转换开关此时为就地操作时,按下启动按钮,进料阀则自动开启,当进料的液位到达设定值时,进料阀则自动关闭,停止进料,此时,粉磨机开始工作。粉磨机开始工作时,通过提升机将粉磨机磨出的原料送入选粉机,选粉机也开始工作,一边粉磨一边选粉,选出的合

格的细粉,则进入生料库,不合格的粗粉,则回落在粉磨机中,继续粉磨,反复循环,直到粉磨机中的原料全部粉磨合格。粉磨结束,完成了粉磨。接着,再运行 10 s,充分将选粉机和粉磨机中的原料全部送入生料库,节约了材料,粉磨机停止工作,如图 7 所示^[7]。

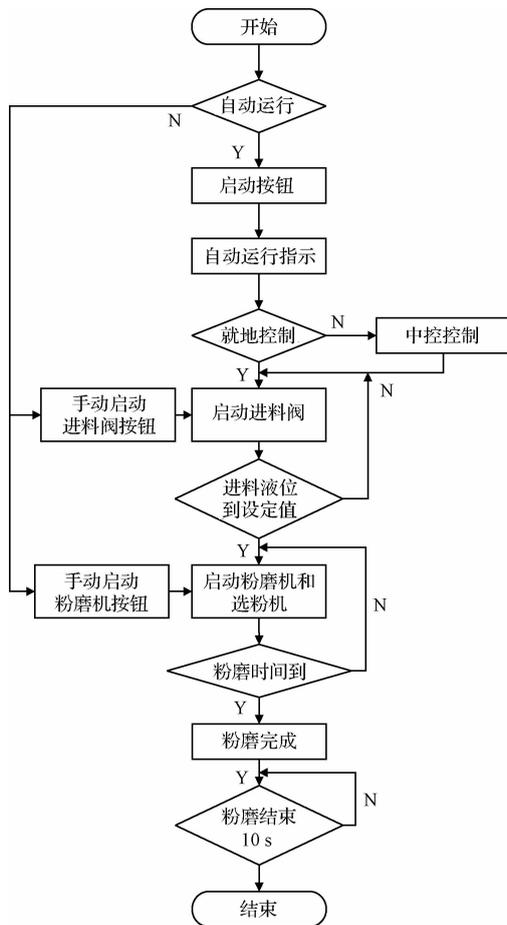


图 7 粉磨机工作流程

5.2 “就地”和“中控”控制设计

“就地”和“中控”控制转换,是由一个转换开关控制的。扳动转换开关,进行“就地”控制和“中控”控制的切换,如图 8 所示。

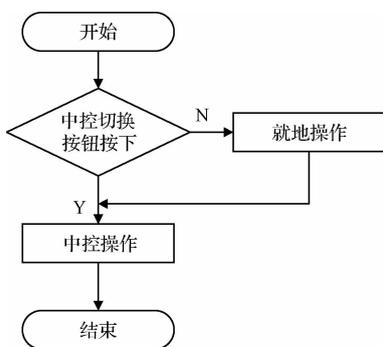


图 8 “就地”和“中控”转换流程

5.3 自动运行控制设计

在“就地”控制和“中控”控制时,按下“就地”启动按钮和“中控”启动,此时,如果没有故障信号,例如,急停、中控急停、电机过电流、电机过压保护、电机过载则粉磨机自动运行等,自动运行指示灯亮,其流程如图 9 所示。

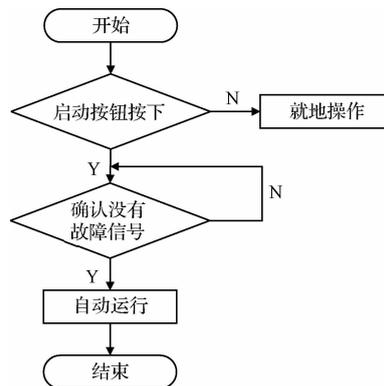


图 9 自动运行控制转换流程

值得指出的是,只有当启动按钮按下和中控启动时,如果粉磨机没有故障报警信号,自动运行指示灯才会亮。此外,粉磨机正常工作时,若转换开关此时为中控操作时,同样也可以通过 WinCC 的中控画面来操作就地控制。如果粉磨机工作异常时,则会发出故障报警信号。此时,粉磨机和选粉机都停止工作,与此同时,还可以通过手动启动粉磨机和进料阀来检测和修理粉磨机。

5.4 球磨机和选粉机控制设计

自动控制时,球磨机和选粉机是在自动运行的情况下运行的。即球磨机工作时,选粉机也要一起工作,球磨机一边粉磨原料,同时,选粉机进行选出合格的磨料,其启动工作流程如图 10 所示。需要强调的是,启动球磨机和选粉机工作时,必须先满足电机启动条件,即无故障信号,诸如急停、中控急停、电机过电流、电机过压保护、电机过载等。

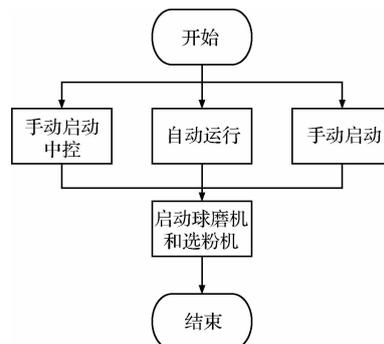


图 10 启动球磨机和选粉机工作流程

5.5 进料阀控制设计

在手动控制时,粉磨机的进料阀开启是通过“就地”手动启动进料阀和手动启动进料阀“中控”进行操控的^[8]。然而,在自动控制时,粉磨机的进料阀是在自动运行的情

况下开启的,其进料阀启动流程,如图 11 所示。此外,启动进料阀时,必须先满足进料阀门启动条件,系统方能正常运行。

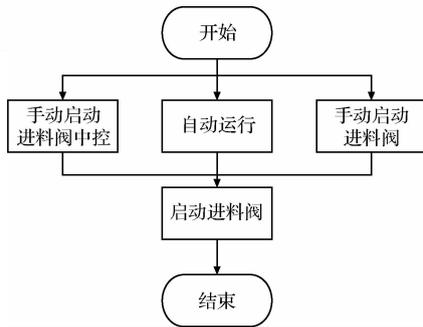


图 11 进料阀启动流程

5.6 报警控制设计

报警控制设计,主要是通过检测故障信号,例如急停、中控急停、电机过电流、电机过压保护、电机过载等。当检测到故障报警信号时,报警指示灯点亮。基于 PLC 的报警控制程序设计流程,如图 12 所示。

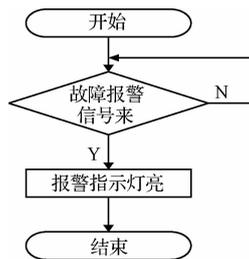


图 12 报警控制设计流程

5.7 通信设计

通信设计则是水泥厂粉磨机的上位机 WinCC 软件,主要包括:1)通讯方式的选择。WinCC 的通信主要是自动化系统之间的通信及 WinCC 与其他应用程序之间的通信,其可通过过程总线实现。WinCC 除了提供了如 SIMATIC S5/S7/505 等系列的 PLC 通道外,还提供了 PROFIBUS-DP/FMS、DDE 和 OPC 等通用通道连接到第三方控制器,此次 WinCC 与 PLC200 的通信模式,选择了 OPC 通信,图 13 为 OPC 通信变量图。2)连接软件。此为用以连接 WinCC 和 S7-200 PLCs 通信方式是 OPC 通讯方式,使用软件是 PC Access 软件,这是西门子公司专门用于 S7-200 PLCs 的 OPC 服务器的软件,而 PC Access 则是用于连接西门子公司和 WinCC 支持 OPC 技术的上位软件。3)定义数据库。WinCC 中没有提供 S7-200 系列 PLC 的驱动程序,需用 WinCC 对 S7-200PLC 进行监控,必须采用 OPC 通信^[9-10]。

5.8 监控画面控制设计

监控画面的设计原则是既要直观实用,又要兼顾传统的操作习惯。根据水泥厂粉磨机工作中各部分的运行情

| Name | Address | Data Type | Access | Comment |
|--------|---------|-----------|--------|---------|
| 初始步 | M2.0 | BOOL | RW | |
| 电机启动条件 | M3.0 | BOOL | RW | |
| 阀门启动条件 | M3.1 | BOOL | RW | |
| 粉磨机工作 | M2.2 | BOOL | RW | |
| 故障恢复中控 | M0.3 | BOOL | RW | |
| 故障显示 | Q0.3 | BOOL | RW | |
| 急停中控 | M0.2 | BOOL | RW | |
| 进料 | M2.1 | BOOL | RW | |
| 就地显示 | Q0.0 | BOOL | RW | |
| 料位设定 | VD40 | REAL | RW | |
| 启动 | M0.0 | BOOL | RW | |
| 启动进料阀 | Q0.5 | BOOL | RW | |
| 启动粉磨机 | Q0.4 | BOOL | RW | |
| 手动启动进 | M1.0 | BOOL | RW | |
| 手动启动停 | M0.1 | BOOL | RW | |
| 速度 | VD60 | REAL | RW | |
| 停止中控 | M0.1 | BOOL | RW | |
| 完成 | M2.3 | BOOL | RW | |
| 完成指示 | Q0.6 | BOOL | RW | |
| 选粉机 | Q0.7 | BOOL | RW | |
| 液位 | VD16 | REAL | RW | |
| 中控显示 | Q0.1 | BOOL | RW | |
| 自动运行指示 | Q0.2 | BOOL | RW | |

图 13 水泥厂粉磨机通信设计 OPC 变量图

况及阀门的通断情况等要求,粉磨机监控系统实现的功能,主要包括:1)显示工艺流程图。此要求数据准确,图形清晰,排布合理,可动部件要有动感,画面应能通过就地-中控两种操作状态进行切换,运行时,各阀门的通短情况使用颜色表示。2)显示曲线图。此对重要参数,要求设置历史曲线和瞬间曲线图。3)显示各画面及操作。此可以采用按钮,对于普通手动操作,用鼠标点击,即可完成相应动作及程序的切换。如图 14 所示,此监控画面主要由球磨机、选粉机、阀门、指示灯和按钮组成,建立变量,并关联变量^[11-13]。

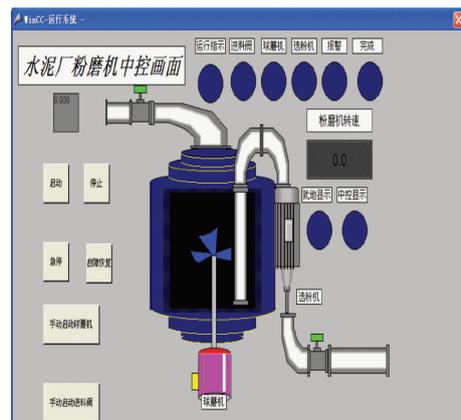


图 14 水泥厂粉磨机的监控画面

6 结论

测试结果表明,在水泥厂粉磨机的实际运行环境中,该控制系统可以高效率、精确的监测整个系统中表征参数的变化,并在状态信息显示画面如图 14 所示。该系统借助于 WinCC 组态软件,直观、便捷、高效实现了水泥厂粉磨机在生产过程中的水泥配料、机电设备启停和储库料位信息等的采集、过程控制和质量监控,这对于改善工人劳动环境,提高水泥配料自动化水平和水泥磨机长期安全运转,保证产量,稳定质量,降低能耗等具有重要的现实意义。

(下转第 116 页)