

基于西门子 S7-1500 的氯化钾回转烘干自动控制系统设计与实现

赵舒宁 黄鹏

(西安航天动力测控技术研究所 陕西 西安 710025)

摘要: 青海某钾肥分公司加工三车间原烘干系统设计能力小、设备年久, 导致故障频繁、生产能力不足, 已不能满足日益增长的生产需要。本文根据氯化钾干燥工段的升级改造需求, 设计了“PLC + 上位站 + 工业通讯网络”的实时监控和自动化控制系统。

关键词: 氯化钾干燥; PLC; 上位站; 工业通讯网络

0 引言

根据加工三车间工艺要求, 该系统采用易操作的图形化软件界面, 模拟现场工况, 方便操作人员控制设备、修改设定过程调节参数。同时提供通讯接口, 它能够与厂级监控系统连接, 将本工段的过程信息实时传送到厂级集中监控系统。上位站工控机实现助燃风机、冷风鼓风机、燃气热风炉、回转圆筒干燥机和引风机等主要设备的启停控制和运行状态显示, 完成生产参数的控制输出, 并对几个主要的工艺参数进行自动闭环调节, 使工艺设备能按生产需要和目标自动化运行, 出现异常情况时报警提示。

1 氯化钾回转烘干工艺工程

选择氯化钾回转烘干处理工艺是钾肥厂设计最为关键的环节之一, 其直接关系到设备的工程造价、运行成本和产品质量。本项目氯化钾回转烘干工艺选用燃气热风炉 + 回转圆筒干燥机作为主要干燥设备。

具体工艺流程如图 1 所示, 通过系统主界面可以实时监控各设备的控制模式(远程/就地)、运行状态(运行/停止)及故障状态, 并完成频率、电流、温度、压力等参数的读取和 PID 控制。

(1) 氯化钾湿料进料皮带机将含水率约 8% 的氯化钾从前端工艺输送到回转圆筒干燥机入料口。进料皮带机装有电子皮带秤, 皮带机由前端工艺控制,

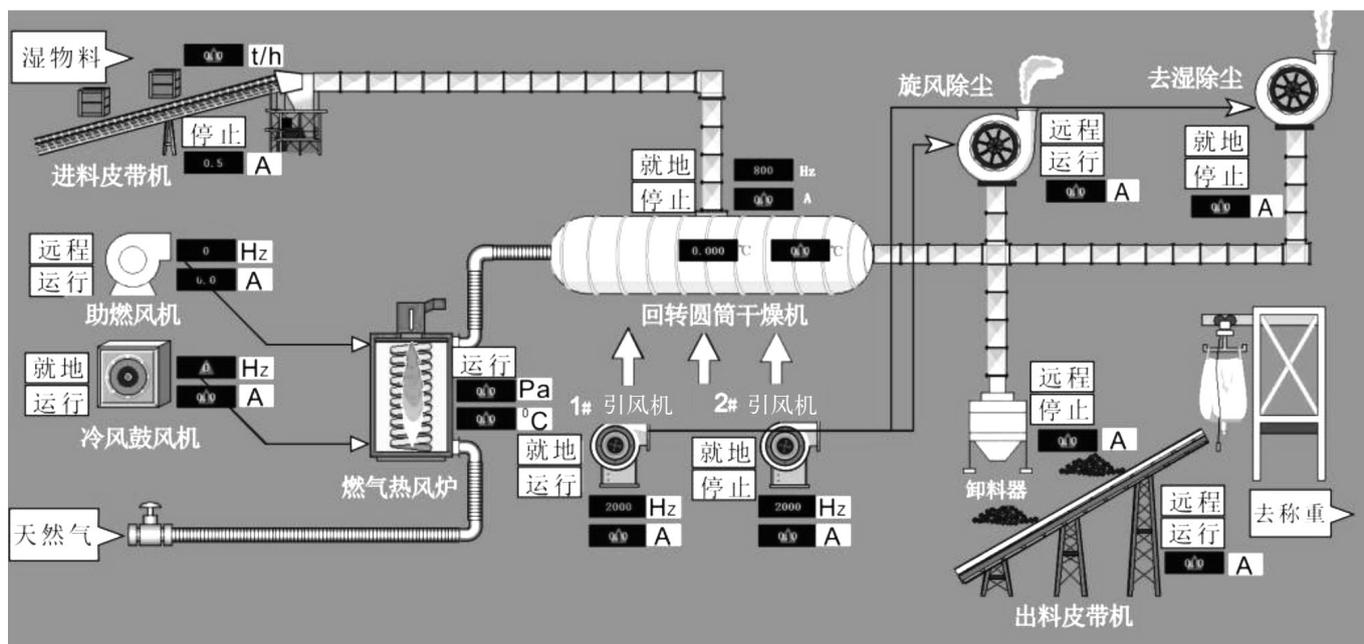


图 1 系统主界面

本工艺段控制系统仅接收皮带机的运行信号，显示瞬时流量和电流值，用于监视系统运行状态。

(2) 燃气热风炉为回转圆筒干燥机产生所需温度的热空气。燃气热风炉本身带有一套控制系统，由热风炉厂家提供。将本自动控制系统的 PLC 站作为控制主站，燃气热风炉控制系统作为从站，将两者通讯组网成一套统一的控制系统。整套自动控制系统的上位监控计算机既可以向燃气热风炉控制系统下达启停指令，又可以采集燃气热风炉控制系统传来的炉膛温度、炉膛压力、热风炉运行状态、故障状态等信号，如果有故障发生则弹出故障信号图标。

在系统主界面双击热风炉图标，弹出燃气热风炉参数对话框，可实现燃气热风炉的启动、停止控制和故障复位。

(3) 助燃风机和冷风鼓风机为燃气热风炉提供所需风量的混风，采用变频器驱动，控制系统通过 DeviceNet 与变频器连接，监测变频器的控制模式、运行状态和故障状态。如果有故障发生则弹出故障信号图标，并显示变频器的实际频率和电流。

在系统主界面双击助燃风机图标，弹出助燃风机参数对话框，可实现变频器的启动、停止控制，并根据实际需求调整变频器的设定频率。变频器的频率控制是一个以燃气热风炉出口压力为控制对象的闭环控制系统，以出风口压力设定为给定压力，以出风口压差变送器检测压力为实测压力，两者差值进行 PID 运算并输出控制量，以调节变频器的转速，保证燃气热风炉出口压力稳定在给定值上。

(4) 回转圆筒干燥机是氯化钾干燥的主要工艺设备，转速决定了氯化钾物料在回转筒内的滞留时间即烘干时间。回转圆筒干燥机采用自动变频控制，控制系统通过 DeviceNet 与变频器连接，监测变频器的控制模式、运行参数和故障状态，如果有故障发生则弹出故障信号图标。

此外还需采集回转圆筒干燥机中部温度和出风口温度。回转圆筒干燥机中部设筒内温度检测点一处。回转圆筒干燥机运行时处于旋转状态，温度传感器无法用电缆连接，故该检测点采用无线测温方式。在系统主界面双击回转圆筒干燥机图标，弹出该设备的参数对话框，如图 2 所示，可实现变频器的启动、停止控制，根据实际需求调整变频器的设定频率。回转圆筒干燥机采用自动变频控制，在模式切换按钮中选择变频时，系统根据来料瞬时流量值自动调

整设定频率，此时手动输入无效；选择定频时，操作员则可以手动输入设定频率值。出风口温度设定值用于燃气热风炉的闭环控制，根据来料瞬时流量值自动调整回转圆筒干燥机出风口温度设定值。



图 2 回转圆筒干燥机参数对话框

(5) 旋风除尘设备用于烟气除尘。旋风除尘回料由螺旋输送机输送到出料皮带机上。控制系统通过 DeviceNet 实现对旋风除尘装置螺旋输送机的远程控制与监测，如果有故障发生则弹出故障信号图标，并显示实际电流。

在系统主界面双击旋风除尘图标，弹出旋风除尘设备参数对话框，可实现设备的启动、停止控制。

(6) 去湿除尘设备的控制方式与旋风除尘设备相同。

(7) 引风机在回转干燥工艺中的作用：一是提供与物料烘干匹配的热空气量，同时提供负压保证换热充分；二是为除尘提供交换动能。本工艺中引风机配置两台，一用一备。引风机采用自动变频控制，控制系统通过 DeviceNet 与变频器连接，监测变频器的控制模式、运行状态和故障状态，如果有故障发生则弹出故障信号图标，并显示变频器的实际频率和电流。

在系统主界面双击1#或2#引风机图标,弹出1#或2#引风机参数对话框,可实现变频器的启动、停止控制,根据实际需求调整变频器的设定频率。在模式切换按钮中选择变频时,系统根据燃气热风炉炉膛压力值自动调整设定频率,此时手动输入无效;选择定频时,操作员则可以手动输入设定频率值。

(8)卸料器将回转圆筒干燥机出料和旋风除尘回料输送到出料皮带机上。控制系统通过 DeviceNet 实现对卸料器的远程控制与监测,如果有故障发生则弹出故障信号图标,并显示实际电流。

在系统主界面双击卸料器图标,弹出卸料器参数对话框,可实现设备的启动、停止控制。

(9)氯化钾干料出料皮带机将回转圆筒干燥机出料和旋风除尘回料输送到包装工段。出料皮带机装有电子皮带秤。控制系统通过 DeviceNet 实现对出料皮带机的远程控制与监测,如果有故障发生则弹出故障信号图标,并显示实际电流。

在系统主界面双击出料皮带机图标,弹出出料皮带机参数对话框,可实现设备的启动、停止控制。

2 系统结构

氯化钾回转烘干自动控制系统是一种层次化的金字塔型的信息应用管理和监控系统,从结构上分为3层,采用“PLC+上位站+工业通讯网络”的模式,并按照分散控制、集中监控的原则配置,实现烘干生产过程参数的设定、设备启停、运行状态监测、故障报警、曲线显示及报表打印等功能。

(1)现场仪表和执行层:由检测仪表、电气回路等组成,直接对接工艺过程、采集过程参数、设备状态、动作设备等。

(2)现场控制层:主要由PLC控制器和通讯网络组成,实现本工段的自动控制、操作、监视等功能。

(3)上位监控层:包括上位站、通讯网络和接口设备,与厂级集中监控系统通讯连接,传送本工段实时参数。

上位监控层的核心是一套以工业以太网为核心的计算机网络,设置两台工作站以及配套的交换机、UPS电源和打印机等硬件设备。它的主要功能是承担氯化钾回转烘干工段工艺过程的数据采集、远程参数设置、监测控制、管理、报警和报表输出任务。它通过开放式的工业以太网或工业总线同现场控制层的核心设备PLC进行通信,对相关监控数据进行

分析及存档,并可向现场控制层发布调度和控制命令。此外,它还可以通过交换机和车间、厂级的生产管理网络相连,实现车间、全厂的数据交换和共享。

上位监控管理系统是集氯化钾回转烘干处理工艺流程监控、管理自动化于一体的综合管理系统。在监控中心设置多台服务器、计算机,通过监控软件和网络连接现场控制器,将现场控制器采集到的数据和设备运行状态等显示在计算机显示器上,便于监控中心操作人员了解回转烘干工艺全段设备运行状态和工艺情况。通过采集数据和分析结果,可以对氯化钾回转烘干处理工艺进行更精确的调整,保证回转烘干工段各设备运行合理,有效提高物料烘干处理效率并节能减耗。

现场控制层起着承上启下的作用,其关键设备是PLC设备。它一方面将生产过程中的工艺数据采集后送入上位监控管理系统的监控计算机中,另一方面又可接收生产调度指挥的指令,进而对现场工艺设备进行调控。因此PLC设备选型时,选择标准化、开放性好、模块化、易扩展、稳定可靠、易操作以及能够与现场仪表和执行层设备无缝连接的设备。本项目采用自动化行业最稳定的控制设备西门子 SIMATIC S7-1500 控制器^[1],将其完美集成到 TIA 博途中,极大地提高了工程组态的效率。

现场仪表和执行层处于自动化监控系统的最底层,主要对处理过程中的各种工艺参数进行监测分析,并将相关数据通过通信线缆或硬接线的方式传入PLC。因为该层直接面向现场的各种仪表、设备和执行机构,其复杂程度相对上面两层要高得多,对实施方的系统设计和集成能力是一种考验。这一层必须具有结构合理、配置完善、器件可靠、技术先进等特点。

3 通信协议

本系统涉及多种通信协议,PLC主站与上位监控计算机通过以太网实现数据通信;配置两台以太网交换机,一台用于上位控制室,一台用于现场控制层。

PLC主站与燃气热风炉之间通过 Modbus RTU 协议进行通信,配置西门子 S7-1500 CM PTP RS-422/485 HF 通信模块,完成对燃气热风炉数据温度、压力的实时读取和闭环控制^[2]。

回转圆筒干燥机中部安装无线温度变送器 SWSN-T2-K,通过无线数据接收网关 SWSN-G3-A01

接收数据。该无线网关支持 Modbus RTU 协议通信,也可以与西门子 S7-1500 CM PTP RS-422/485 HF 完成交互。

现场选用的是 PowerFlex750 系列变频器, PLC 主站与变频器之间增加了一个 Anybus X-gateway 网关。PLC 与网关通过 PROFIBUS 协议进行通信,网关与变频器之间通过 DeviceNet 协议进行通信,在地址分配时要注意一一对应。

4 系统功能

氯化钾回转烘干自动化监控系统以西门子公司的 WinCCV7.5 为开发平台,上位机一用一备,一套开发版安装于工程师站,一套运行版安装于操作员站。自动化监控系统主要有以下功能:

(1) 数据采集。采集回转烘干工段的工艺参数、设备运行状态和故障等信息。

(2) 图形功能。通过控制室内上位监控计算机的显示器,动态显示氯化钾回转烘干总工艺流程图及数据图表。

(3) 控制功能。在自动控制系统软件界面上,对有关设备进行启、停操作,设定工艺参数和控制参数。

(4) 报警功能。当设备运行过程中出现异常时发出警报,显示故障点和故障状态,按照报警等级做出相应反应,并记录故障信息。

(5) 用户管理。包括添加用户、删除用户、修改密码等功能。可设置用户权限,权限等级分为操作员和管理员,不同权限的人员可更改的工艺参数及操作范围不同。

(6) 数据存储。设备及试验数据由上位计算机保存,本地存储容量可满足不少于 30 天试验数据的存储要求。当存储空间不足时,应自动提醒人工整理试验数据(删除最早或无效数据)。根据采集到的数据建立数据库,工艺人员可进行分析比较,以便找出回转烘干工段工艺设备的最佳运行规律,为改进管理方法、保证烘干质量、提高经济效益等提供可

靠的依据。

(7) 报表功能。报表录入分为日报录入和月报录入。日报录入即每天录入一次,存储到日报库中,形成日台账;而月报录入是每月录入一次,这些数据和由日报汇总的数据共同生成车间的月报。

(8) 打印功能。可打印各式生产运行报表、报警记录报表等,以及各种图形、曲线。

此外,为了便于单体设备的调试、试车和维护,同时预防紧急情况,在现场设置单体设备就地控制箱。就地控制箱具备手动、紧急控制功能,在手动调试或自动控制过程中出现异常时,通过人工方式紧急中断或启动关键设备,以保证人员、产品和设备的安全。

5 结语

氯化钾回转烘干自动控制系统的设计充分响应了回转烘干工艺对自动控制的要求,通过可靠性、先进性、经济性及可扩展性等多方面考虑,对主要工艺设备燃气热风炉和回转圆筒干燥机重新设计控制模式和优化参数,实现了氯化钾回转烘干过程的实时监视和控制^[3]。升级改造后的三车间氯化钾回转烘干工段处理能力达到 50t/h。

参考文献:

- [1] 许利民. 西门子 S1500PLC 在自动化智能系统中的应用 [J]. 数码设计(下), 2021, 10(6): 50.
- [2] 曲楠, 李超, 潘鹏松. 基于 Modbus 和 TCP/IP 的真空感应炉在线监控系统设计 [J]. 测控技术, 2016, 35(8): 74-76+80.
- [3] 牛慧芳, 孟青, 庞丽英. 基于 PLC 的选煤厂集控系统的设计与实现 [J]. 工业控制计算机, 2021, 34(12): 89-91.

作者简介: 赵舒宁(1984.05-),女,汉族,山东青岛人,本科,助理工程师,研究方向:航空航天发动机地面试验测试及相关技术在民用产业的应用。