

消失模自动浇铸过程监控系统设计

王晓东¹, 赵志诚¹, 刘红兵¹, 叶泽甫²

(1. 太原科技大学 电子信息工程学院, 太原 030024;

2. 山西格盟中美清洁能源研发中心有限公司, 太原 030000)

摘要: 针对自动浇铸过程中生产效率低、数字化程度低、浇铸信息不完善等问题, 设计了一种基于组态技术以及 PLC 技术的浇铸监控系统; 该系统以 MCGS 组态软件作为监控系统开发平台, 对分布式网络下 PLC 采集的设备运行状态和处理后的数据进行深层次地解析, 实现了对浇铸过程的实时监控; 采用无线 AP Client 的网络架构搭建了底层移动设备间的数据传输通道, 保证了系统能够快速且稳定地完成数据采集以及设备的运行控制, 实现了浇铸监控系统的实时信息显示、历史数据查询等功能; 该系统已经应用于消失模铸造车间, 极大提高了车间的数字化程度, 利用射频识别技术 (RFID) 实现了浇铸工位定位, 当读写次数达 4 000~8 000, RFID 的准确率为 100%; 以浇铸 100 kg 的变速箱体为例, 平均耗时低于 35 s, 每包铁水用时累积节约 180 s, 提高了生产效率。

关键词: 消失模铸造; 自动浇铸; PLC; 组态软件; 监控系统

Design of Monitoring System for Automatic Casting Process of Lost Foam

Wang Xiaodong¹, Zhao Zhicheng¹, Liu Hongbing¹, Ye Zhefu²

(1. School of Electronic and Information Engineering, Taiyuan University of Science and Technology, Taiyuan 030024, China;

2. Shanxi Gemeng Sino US Clean Energy R&D Center Co., Ltd, Taiyuan 030000, China)

Abstract: According to the problems of low production efficiency, low digitization and imperfect casting information in the automatic casting process, a casting monitoring system based on configuration technology and PLC technology was designed. MCGS configuration software is used as the development platform of the monitoring system. The running status of the equipment and the processed data collected by PLC under the distributed network are analyzed in depth, and the real-time monitoring of the casting process is realized. The wireless AP client network architecture is used to build the data transmission channel between the underlying mobile devices, which ensures that the system can quickly and stably complete the data acquisition and equipment operation control, and realizes the real-time information display, historical data query and other functions of the casting monitoring system. The system has been applied to the lost foam casting workshop, which greatly improves the informatization degree of the workshop and production efficiency. The positioning of casting station is realized by using radio frequency identification technology (RFID). When the reading and writing times reach 4 000-8 000, the accuracy rate of RFID is 100%. Taking the casting of 100 kg gearbox as an example, the average time consumption is less than 35 s, and the accumulated time saving of each pack of molten iron is 180 s, which improves the production efficiency.

Keywords: lost foam casting; automatic casting; PLC; configuration software; monitoring system

0 引言

随着科技不断发展, 智能制造、数字化车间等逐渐在各行各业中广泛应用, 尤其是铸造行业, 在面对越来越激烈的市场竞争环境下, 既要降低产品成本又要提高产品质量, 正运用智能控制技术和信息管理系统对底层设备以及企业管理方面进行升级改造。在铸造领域中, 消失模铸造表现优异, 不仅简化了工艺, 而且生产出的铸件成品率高, 表面粗糙度低, 尺寸精度比较高, 大大减少了后期的加工。但是其浇铸工艺流程比较复杂, 从铁水出炉到浇铸、保压和冷却都是连续完成的, 为了掌控浇铸时各设备的运行状

态需要对有关变量进行连续测量、监视和记录。虽然目前很多企业采用了大量的自动化设备用于浇铸系统, 但是各个环节之间衔接不紧密, 生产设备依旧是相互独立, 缺乏有效的信息交互, 无法很好地对多个工序的多个设备参数进行监控。为了提高生产效率, 减少能耗, 降低人员的伤亡概率, 提高车间的数字化集成程度, 建立一个完善的浇铸监控系统使得生产技术人员对铸造设备实现实时监控与远程管理具有重要意义。

为了实现生产的智能控制, 进而实现智能制造, 众多的研究者对铸造和工业生产过程中智能监控进行了大量的

收稿日期: 2020-10-23; 修回日期: 2020-11-03。

基金项目: 山西省重点研发计划项目(201803D121025); 山西省留学人员科技活动择优资助项目(2020005)。

作者简介: 王晓东(1995-), 男, 山西娄烦人, 硕士研究生, 主要从事先进控制理论及应用, 计算机测控系统与装置方向的研究。

通讯作者: 赵志诚(1970-), 男, 山西临猗人, 教授, 主要从事先进控制技术方向的研究。

引用格式: 王晓东, 赵志诚, 刘红兵, 等. 消失模自动浇铸过程监控系统设计[J]. 计算机测量与控制, 2021, 29(6): 83-88.

研究。文献[1]提出了一种针对选矿工业生产指标的监控组态平台,通过因子分析、Pearson 相关分析为管理人员进行决策提供了有价值的信息;文献[2]针对烧结机台车消失模铸造过程中出现的缩孔的位置以及大小,运用 View cast 模拟软件进行了预测,优化了生产工艺;文献[3]介绍了一种运用现场总线技术以及 MCGS 组态软件平台的石墨化过程监控系统,设计变压器调控算法,降低了能耗,优化了生产工艺;文献[4]针对自锁阀瞬态监测和控制难以同步进行的问题,提出了一种基于组态王自锁阀瞬态监控系统,该系统主要针对单体设备进行可视化分析,缺乏有效的数据分析功能;文献[5]提出了一个针对炼钢一连铸一热轧一体化计划的模型和智能算法,并通过实例仿真验证了模型和算法的有效性;文献[6]提出了一种采用 PLC 和变频器的负压铸造监控系统,对真空泵电机进行精准控制以获得准确的动态负压值,但是该系统只是对单体设备进行监控,通用性不强,没有将负压监控系统与浇铸车间的整体监控系统组网;文献[7]提出了连续铸造过程的监控系统,利用 PLC 和人机交互界面(HMI)对铸造过程中的温度、液位以及距离等主要参数进行了监控,并在生产中得到了验证。

然而目前针对消失模铸造监控系统的研究比较少,难以满足实际生产和研究的需要。因此,本文将 MCGS 组态软件以及 PLC 技术运用到浇铸生产监控上,设计研发了浇铸监控平台,为自动浇铸过程监控系统的设计与开发提供一种借鉴。

1 浇铸工艺流程

在消失模铸造整个生产过程中,负压浇铸包含了多个工序,不同工序之间存在着一定逻辑关系,浇铸工艺流程如图 1 所示。

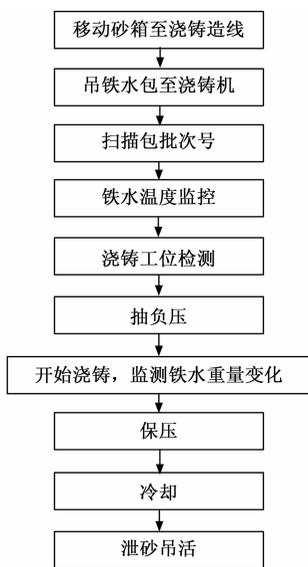


图 1 浇铸工艺流程示意图

至浇铸机后,扫描铁水包的包批次号上传至制造执行系统(MES)获取可以浇铸的砂箱以及产品信息,在浇铸之前监控铁水温度,随后检测浇铸工位并将浇铸机移动到目标工位,打开负压系统抽负压使浇铸线的负压达到预设值。然后,浇铸待浇铸砂箱,同时监测铁水重量变化。浇铸结束后,按照产品配方的保压时间开启保压系统等待铁水塑形,最后在取件工位进行泄砂吊活。

图 2 所示是生产线平面示意图,整个生产线包含了两条造型线、三条浇铸线以及一条返回线。两条造型线可同时工作,造型结束之后将砂箱移动至浇铸线,进行浇铸;浇铸完成等待保压时间结束后让其自然冷却。为了保证生产节拍以及产量的要求,三条浇铸线是动态交替浇铸的:一条线进行浇铸,一条保压、冷却,第三条线将冷却后的砂箱移动至返回线进行落砂取件,同时移送造型完成的砂箱至此,循环往复。

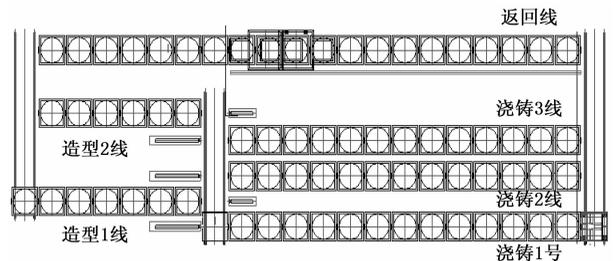


图 2 生产线平面示意图

2 系统整体结构设计

浇铸监控系统主要包括上位机监控系统、PLC 控制层、数据采集模块以及数据传输模块。上位机监控系统主要是以 MCGS 组态软件以及西门子 PLC S7-1500 为核心,对采集上来的工艺参数进行展示和监控现场设备的运行状态,同时可以手动设置相应运行参数并将处理后的数据通过 RS485 总线传送至下位机 PLC 控制器。PLC 控制层是由多个子系统构成的,每个子系统都设有独立的 PLC 控制器,根据系统需要部分 PLC 控制器之间通过无线 AP Client 的网络架构进行数据交互,协同控制末端执行器动作^[8]。数据采集模块主要是对浇铸时的铁水重量、温度、砂箱内的负压值以及浇铸工位等的监测,一部分数据是直接采集现场仪表信号,另一部分是通过相应传感器获得的。这些数据会实时显示在 HMI 并同时保存至数据库中进而对数据进行集中管理,实现了底层控制器与上层信息管理系统之间的信息交互。浇铸监控系统结构如图 3 所示。

安全、稳定、快速的数据传输体系是实现监控系统高效运行的关键,整个数据传输体系可以分为上层信息管理网络以及子系统网络。上层信息管理网络采用冗余千兆以太网,采用 48 口的工业级交换机,并且和子系统之间采用光纤进行链路聚合,保证数据能够及时地在底层设备和上层管理系统之间传递^[9]。各子系统间主体网络采用星型网络,由于部分设备设置在移动物上,所以局部会采用 AP

首先移送造型结束的砂箱至浇铸线,当下一包铁水吊

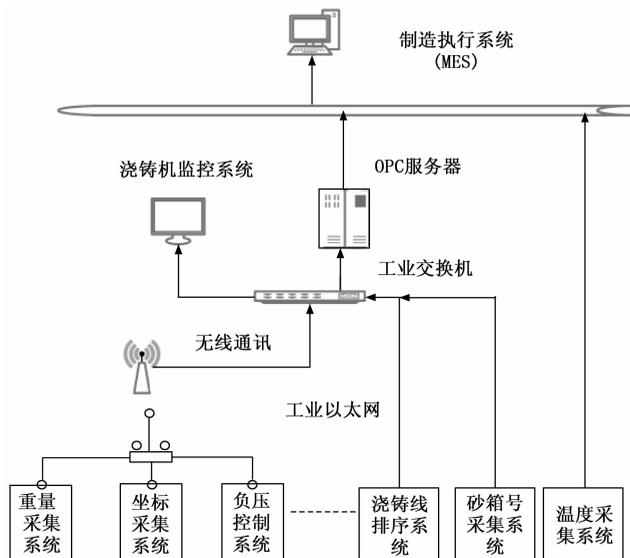


图 3 浇铸监控系统结构图

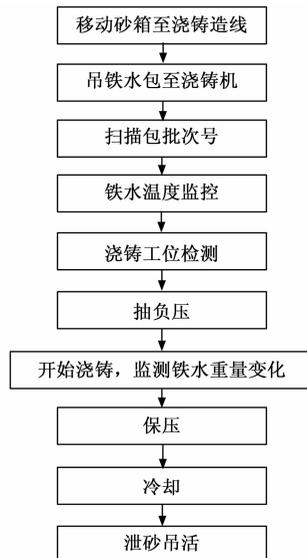


图 4 子系统核心模块硬件组成

Client 进行组网。

3 系统硬件设计

本文构建的浇铸过程监控系统以西门子 S7-1500 为主控单元, 并与触摸屏 TPC1570GI 构成了上位机系统, 下位机系统包括了采用分散控制的各子系统。为了实现强、弱电之间的电气隔离, 为整个系统提供隔离电源, 选用了容量是 2 000 VA 的三相干式隔离变压器 (380 V 变 220 V), 此外动力驱动设备还包括了断路器 C65N-2P/10 A、中间继电器 MY2NAC24V 和 24 V 电源模块 LRS-150-24 以及其他测量设备, 提高了控制功率和控制信号^[10]。

系统无线网络传输采用 MOXA 的 AWK3131A-EU AP/Client 组网, 噪音已由 -86 dBm 降低至 -94 dBm, 频率设置为 5GHz, 通道设置为 36, 信道带宽为 20 MHz。

3.1 子系统核心模块设计

子系统 PLC 控制层均采用西门子 S7-200 SMART PLC 作为控制模块的核心, 用于采集现场设备的信息并将数据传至上位机系统, 并根据来自上位机系统的控制指令对设备进行调控。

此模块的硬件组成如图 4 所示, S7-200 SMART PLC 主要包含了中央处理器 (CPU), 通信模块 (CM), 功能模块 (FM), 信号模块 (SM), 电源模块 (PS) 等。系统选用 CPUSR20 作为 CPU, 模拟量输入模块 EM AE08 (8AI) 以及扩展通信模块 SB CM01 (RS485/RS232), 将 SB CM01 的接口方式设置为 RS485 与触摸屏通讯。

各子系统的 PLC 能够直连各传感器、监控器、显示器和仪表等, 采用多级分布式控制思想以模块化的方式构建一个扩展性和灵活性较高的系统, 单独一个子系统出现问题不会影响整个系统的运行。

3.2 数据采集模块设计

浇铸监控系统数据采集模块主要包括铁水重量采集、

铁水温度采集、浇铸工位监测以及包批次号采集。

3.2.1 铁水重量采集

系统采用称重上限为 2 T 的电子地磅秤, 精度 2 kg。利用西门子 PLC 采集称重显示器的实时重量值, 由于称重仪表具有 RS232 串行通讯接口所以通讯线选用了 PC/PPI+ 电缆, 波特率为 9 600, 8 个数据位, 1 个起始位, 一个停止位, 无校验。根据检测到的实时重量 PLC 会计算出每个铸件已用铁水量, 对比产品标准重量控制浇铸机是否继续倾倒铁水。每包铁水可浇铸多个铸件, 在浇铸过程中铸件的品质很大一部分取决于铁水的温度, 因此要尽可能减少单件浇铸时间, 依据检测到的铁水重量设定提前量, 提前停止倾倒铁水, 不仅提高了浇铸速率也避免了铁水浪费。

3.2.2 铁水温度采集

系统采用 KZ-300BW 数字式无线测温系统检测铁水的温度, 包括无线测温枪 KZ-300BWQ 和无线钢水测温仪 KZ-300BWB, 利用无线传输技术代替了传统昂贵的补偿导线, 具有抗震、精度高和使用方便等特点。测温仪有 4~20 mA 的输出端口, 通过 S7 200 SMART PLC 模拟量输入模块 EM AE08 (8AI) 可以将此电流信号转换为温度值。检测到的温度值会与保存的设定值进行对比, 低于设定值则立即报警, 同时将检测结果通过工业以太网传递至 OPC 服务器, 可以远程监控铁水温度。

3.2.3 浇铸工位检测

浇铸工位检测是浇铸的必要环节。目前常用定位方式的载体有: 激光雷达、红外传感器、射频技术 (RFID)、超声波传感器、ZigBee、蓝牙、WiFi、编码器和陀螺仪以及加速度计混合定位等, 其中基于超声波传感器、激光雷达、红外传感器、ZigBee、蓝牙、WiFi 等定位方式都需要被检测物体反馈特定信号才能够确定位置坐标, 但是在恶劣的工况环境以上方式很难进行有效的定位。因此本系统选用

了 RFID 技术作为浇铸工位定位方式。

在浇铸工位区域内建立平面坐标系,以 150 mm 为一个单位放置 RFID 标签对横轴和纵轴进行划分,读写器选用超高频一体式读写器,考虑到高温环境 RFID 标签选用了超高频抗高温标签以及相应的 RS485 通讯线缆,用接近开关来触发 RFID 读写器动作,通过读取浇铸工位两侧的 X/Y 坐标信号就可以确定浇铸工位,同时将采集到的坐标信号进行换算后通过 HMI 显示。图 5 为浇铸工位一侧 RFID 标签安装图。

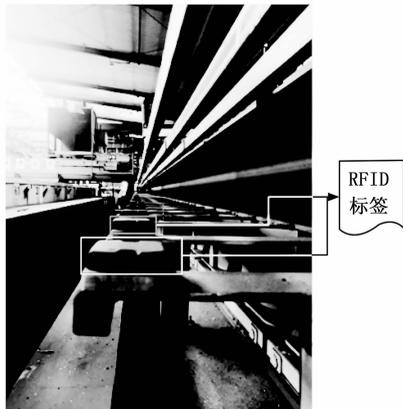


图 5 浇铸工位 RFID 标签安装图

3.2.4 包批次号采集

包批次号决定了此包铁水可以浇铸的砂箱,避免了浇错、漏浇等情况的发生。采用霍尼韦尔无线二维工业扫码枪 1 902 GSR,扫描得到的包批次号会显示到浇铸机触摸屏上,确认无误后将此包批次号传送给 MES。MES 接收到包批次号后将匹配的砂箱号下发至上位机监控系统,为了能够更直观的进行展示会对相应位置的砂箱进行标记。该扫码枪具有很强的条码扫描和数字图像采集功能,能够精确读取手机、电脑、电子屏幕上的任何二维码,适用于复杂恶劣的工况环境,对一维、二维、塑料包装袋上的细小条码、叠码、破损条码都能识别。

4 系统软件设计

浇铸监控系统软件设计包括以 PLC 为主的软件设计和 MCGS 组态软件设计两部分。下位机系统软件采用编程软件 STEP 7—MicroWIN SMART 进行编写,上位机监控软件采用组态软件 McgsPro 进行组态设计,管理人员可通过两者构建好的监控系统获取浇铸车间实时的浇铸信息并根据系统分析后的结果做出决策。

4.1 PLC 程序设计

浇铸监控系统采用西门子 S7—1500 PLC 作为主控单元,采用分布式结构,各子系统都设有相对独立的 S7—200 SMART PLC,信息采集模块采集的设备状态以及相关信息由各子系统内的 PLC 分析处理后,对信息进行分类,选择信息的走向,最终汇总至上位机监控系统直连的主控 PLC 中进行解析。浇铸机监控系统 PLC 程序流程如图 6

所示。

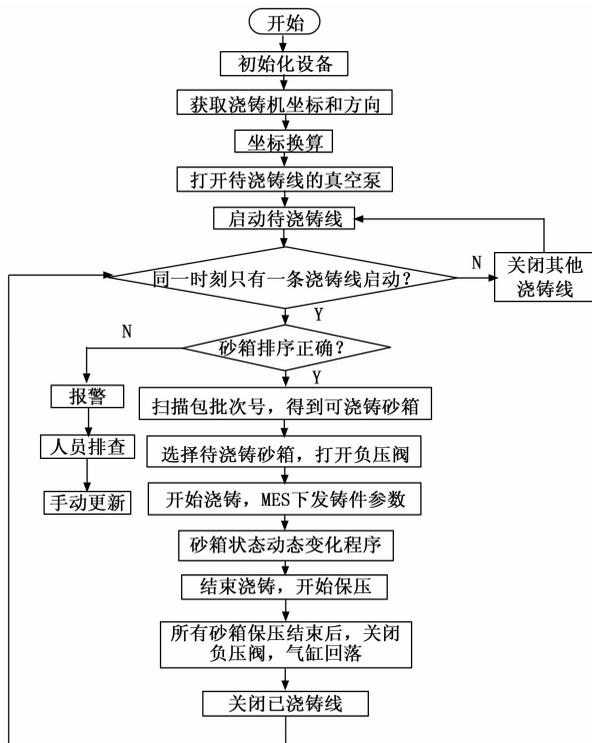


图 6 浇铸机监控系统 PLC 程序流程图

在程序设计中,采用结构化程序设计方法以模块化为核心,为了能够适应生产过程的动态变化,使得系统在运行过程中更具有灵活性,在设计 PLC 程序时采用了多种控制策略和防呆防错措施。

当获取浇铸机的实时位置和运行方向后,通过坐标换算,得到浇铸机在触摸屏上的相对位置;当准备浇铸时开启待浇铸线的真空泵并启动浇铸线将气缸升起与砂箱进行对接,同一时间只能启动一条浇铸线,防止另外两条浇铸线砂箱在移动过程中由于砂箱底部升起的气缸突然升起导致气缸与砂箱发生碰撞;在砂箱移动过程中利用 RFID 技术对生产线内所有的砂箱进行排序,如果排序出错则立即报警并手动更新砂箱序号;当下一铁水包准备就绪后,通过扫描对应的包批次号将其传至 MES,可以获得此包铁水对应的可以浇铸的砂箱;在可浇铸砂箱内选择准备浇铸的砂箱开启负压阀;等待真空度达到设定值后开始浇铸,并从 MES 获取铸件的相关参数;浇铸结束后开始保压,每一浇铸阶段都对应不同的砂箱状态;等待此浇铸线全部浇铸后关闭此浇铸线,准备浇铸下一浇铸线。

1) 重量采集程序设计:重量仪表串行通讯接口为 15 芯 RS232 形式,PLC 与仪表通讯之初需要先将 15 芯串行线改成 9 芯 RS232 形式,使用自由端口模式控制串行通信端口,即将 PPI 通信更改为自由端口模式。每组数据由 10 位组成,第 1 位为起始位,第 10 位为停止位,中间 8 位为数据位,通过配置 SMB30 来选择合适的波特率和奇偶校验,随后设置相应的接收指令,例如:消息开始、结束条件、

超时检测和最大接收字节数等。数据接收完成后进入接受完成中断 RCV_Complate (INT0) 清除状态位并计算重量。如果出现组帧错误、奇偶校验错误、超限错误或断开错误,则接收消息功能将自动终止。

2) RFID 程序设计:在浇铸工位定位时采用 RFID 技术,RFID 读写器型号为 SG-UR-I81,标签型号为 SG-UT-405MT,通讯接口为 RS485,通信协议为 Modbus RTU^[11]。PLC 为主站,RFID 为从站进行程序设计。通过 MBUS_CTRL 指令来初始化、监视或禁用 Modbus 通信,设置相应的模式 (PPI/Modbus)、奇偶校验、端口和超时时间等,通过 MBUS_MSG 执行对从站 RFID 的请求并处理响应。在 MBUS_MSG 中需要配置和从站通信的 RFID 地址,读写功能说明,Modbus 起始地址,要操作的数据元素数以及输出 Error。程序已发送请求并接受响应后,Done 输出为 FALSE。响应完成或 MBUS_MSG 指令因错误中止时,Done 输出为 TRUE,此时 Error 输出为 1,根据 Error 类型进行异常处理,处理结束后需要清除当前的状态位,重新发送请求。

为避免系统意外断电后数据丢失,将一些关键数据设置成断电保持性变量并进行存储。在手动更新砂箱排序时,各排序子系统以及上位机触摸屏都可以对同一砂箱号进行写操作,但是同一时间只允许一方对其进行写操作,因此通过优先级排序控制的方式处理各方请求。

4.2 组态软件设计

系统采用的组态软件是 McgsPro,配套内核是 Unix 的 G 系列触摸屏,具有功能完善、操作简便、可视性好、可维护性强的突出特点,开发周期短,能够很好地满足浇铸监控系统的要求。根据监控系统的要求,该设计包括了设备驱动、人机界面、脚本、I/O 组态、数据库组态、运行策略以及各种数据管理等^[12]。系统设计的图形与现场设备和传感器进行了关联,生产线启动之后,人机界面通过数字显示、动画构件以及图形色彩的形式来反映实际生产线的运行情况,操作人员可以通过 HMI 对整条生产线进行整体监控。

本文所设计的人机界面包括了浇铸机状态监控界面、称重界面、排序界面以及报警界面。浇铸机状态监控界面如图 7 所示,包含了称重数据、产品参数、浇铸机动态轨迹和砂箱浇铸状态等,此外在此界面可进行包批次号的采集以及对负压系统的控制。界面中的动画构件代表了具有实际意义的生产工序,可以通过自定义属性、绑定事件、自定义其形状和样式以及相应的约束条件来满足实际生产过程中各图元间存在的逻辑关系。以闪烁不同颜色边框或图标来表示生产过程中设备的运行状态,如砂箱的 4 种颜色代表浇铸过程中各阶段的浇铸状态。通过一定的组合与嵌套形成更高一级的工序单元,进而复现整个生产工艺流程。

其他界面图标都以标签的形式在状态监控界面上显示,用户可以根据需要单击相应标签,使当前界面跳转至其他功能界面中。例如单击【排序窗口】,对应的子界面如图 8

所示。



图 7 浇铸机状态监控界面

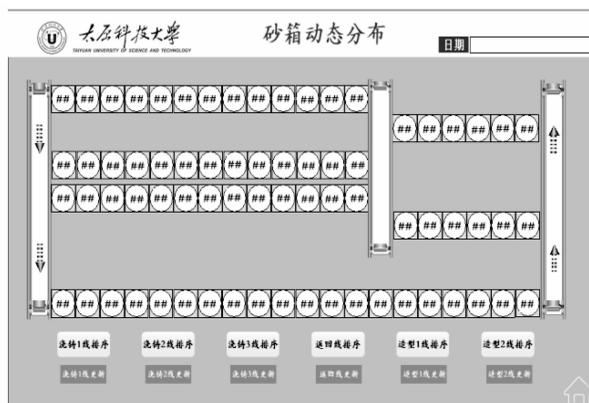


图 8 砂箱排序界面

在排序窗口中可以实时查看生产线所有的砂箱浇铸状态以及排序情况,并与报警记录相互配合,为客户提供手动处理异常情况的方案。当有被定义的事件、约束或报警阈值被触发后,系统会在报警 HMI 窗口中给出相应的提示信息,以帮助操作人员对生产实现精确监控,每一条报警记录都包括了报警时间、对象、报警值以及具体报警描述。

5 实验结果与分析

系统运行过程的监控界面如图 9 所示。图中,可对负压系统进行启停控制,控制负压系统真空泵和负压阀开合、监测负压系统是否正常,浇铸线启动之后可实现实时监控砂箱的浇铸状态、铸件的相关参数、浇铸机的动态位置以及运行轨迹,采集并显示铁水包实时重量和相关参数,实现了浇铸全过程状态监测。此外,监控系统可监测影响铸件品质的关键变量,当出现超限报警或存在异常的开关变量时会提示操作人员对相关子系统进行异常情况处理,以保证铸件品质。

5.1 浇铸过程监测

利用浇铸监控平台对浇铸温度、重量、负压、速率等生产数据进行检测。首先记录浇铸机从电炉出汤口行驶至



图 9 监控主界面运行效果

浇铸工位的时间, 计算耗时, 然后测量铁水的温度, 确保其满足最低温度要求, 根据铁水包的包批次号, 从 MES 中获取浇铸完成后的保压时间; 当开始浇铸时记录每一个砂箱的浇铸用时, 以及移动浇铸机的耗时, 计算每包铁水的浇铸速率。

以变速箱体为例, 其物料图号是 186856-15C, 实际生产工艺参数为: 负压 -43.3 kPa, 浇铸起始温度范围在 1 450~1 500 °C 间, 平均浇铸一个 100 kg 的机壳耗时控制在 35 s 以内, 保压时间为 6 min。与传统的摇包浇铸相比, 本系统的运用节省了大量的劳动力, 降低了安全隐患, 提高了生产效率。此外, 本系统所有的生产数据都会同步至 MES 中, 进而向产品全生命周期管理迈进了一步。

5.2 浇铸工位定位系统测试

首先利用 RFID 上位机对 RFID 读写器以及标签进行最优参数的匹配, 其次通过监控平台中的报警窗口对实际浇铸过程中浇铸工位定位系统进行测试。

经过实际生产验证, 浇铸工位定位中 RFID 最优参数为: FCC 认证下频段为 902~920 MHz, 功率为 18 dBm, 读写距离为 150~200 mm, 在读写次数达 4 000~8 000 情况下, 准确率为 100%。

在各条生产线的入口处均设置有 RFID 读写器, 如果浇铸机已移动至下一位位置但是砂箱号没有更新, 则读写器砂箱号读取异常报警, 可在报警窗口可查看具体故障原因以及相应解决方法。以上述 RFID 参数为前提进行为期 7 天的测试, 测试发现各处的 RFID 读写器均能准确识别砂箱编号, 即能够准确定位至浇铸工位。对测试结果分析可知, RFID 定位系统能够实际生产的需求, 同时系统的可靠性非常高。

5.3 网络通信测试

采用计算机自带的网络诊断工具 (Packet nternet Groper) 检测中控室主机与位于浇铸机上监控平台的网络质量, 此时浇铸机距离无线 AP 最远, 无线 AP 与中控室主机相连。实测结果如下, 数据包: 已发送 6 226, 已接收 6 226, 0% 丢失; 往返行程的估计时间 (以毫秒为单位): 最短 1 ms, 最长 233 ms, 平均 3 ms。从测试结果中可得知现有

的网络状态良好, 网络延时低, 能够满足浇铸生产需求。

本文设计的浇铸监控系统, 不仅完成了人机交互界面到现场运行状态的监控和画面同步显示, 而且实现了控制策略能有效指导各子系统协调运行, 优化了生产工艺。

6 结束语

本文设计并实现了一种浇铸监控系统, 通过人机交互界面可以实现对负压系统真空泵和负压阀的控制、监测负压系统是否正常, 显示浇铸机的动态位置以及运行轨迹, 采集并显示铁水包实时重量和相关参数等。通过无线 AP Client 的网络架构构建了底层控制器之间数据传输通道, 结合工业以太网保证了数据传输的可靠性和稳定性, 降低了网络延时; 此外可查询实时生产数据, 达到了生产线集中监视、控制和管理的目的, 降低了成本以及安全隐患, 满足了企业多样化、个性化的生产柔性需求, 提高了生产效率, 完善了生产工艺, 提高了车间的自动化水平。

参考文献:

- [1] 徐泉, 秦莹, 初延刚, 等. 选矿生产指标可视化监控平台研究 [J]. 计算机集成制造系统, 2020, 26 (1): 81-91.
- [2] 左善超, 历长云, 许磊, 等. 台车消失模铸造过程数值模拟及组织性能研究 [J]. 材料导报, 2016, 30 (4): 138-142.
- [3] 孟志强, 龚欣荣, 周华安, 等. 基于 RS485 总线的石墨化过程测控系统设计 [J]. 湖南大学学报 (自然科学版), 2015, 42 (4): 48-54.
- [4] 黄晓勤, 霍娟娟, 屈倩茹, 等. 基于组态王环境的自锁阀瞬时测控 [J]. 电工技术学报, 2015, 30 (1): 313-319.
- [5] 郑忠, 刘怡, 陈开, 等. 炼钢-连铸-热轧生产计划编制的统一模型及智能算法 [J]. 工程科学学报, 2013, 35 (5): 687-693.
- [6] 史琼艳, 张江华. 基于 PLC 的负压铸造工艺智能控制系统设计 [J]. 热加工工艺, 2019, 48 (13): 67-69, 73.
- [7] 解玲丽, 江丽, 梁蔚. 基于 PLC 连续铸造智能控制系统设计 [J]. 热加工工艺, 2019, 48 (23): 72-75, 78.
- [8] 曹英荣, 苏沛东, 李倩, 等. 基于组态软件的混凝土预制板生产线监控系统设计 [J]. 计算机测量与控制, 2019, 27 (2): 47-51.
- [9] 李冬梅, 吴相甫, 李燕杰, 等. 基于 WinCC 组态的实验室气候试验综合监控系统设计 [J]. 测控技术, 2019, 38 (12): 71-76.
- [10] 潘玲, 王东. 基于汽车齿圈材料连铸浇注温度的智能控制 [J]. 热加工工艺, 2018, 47 (15): 95-97.
- [11] 张晓华, 罗进, 王梓儒, 等. 基于组态技术的路灯远程监控系统设计与实现 [J]. 控制工程, 2015, 22 (5): 793-797.
- [12] 张亚娟, 刘寒冰. 基于 PLC 和组态软件的大棚环境监测系统设计 [J]. 计算机测量与控制, 2015, 23 (6): 1983-1985, 1989.
- [13] 应伟军, 赵燕伟, 胡长硕, 等. 基于组态软件的水电站监控系统的设计与开发 [J]. 计算机测量与控制, 2015, 23 (3): 783-786.