

自动控制技术和信息采集技术 在硅橡胶生产上的应用

杨诚[†], 陈之功, 钱先锋, 吴勇, 丁蓓

(中钢矿院(马鞍山)智能应急科技有限公司, 安徽 马鞍山 243000)

摘要:设计了一种基于S7-300 PLC为控制核心的硅橡胶生产控制系统,采用Win CC组态技术为监控平台。该系统可实现对硅橡胶生产线设备的温度、压力、流量、电流等参数的采集以及故障报警系统的监控。针对此生产线开发的信息采集系统可实现对生产数据的实时记录、存档。应用结果表明,该系统满足现场应用要求,运行稳定可靠。

关键词:自动控制;信息采集;硅橡胶;PLC

中图分类号:TP39

文献标识码:A

Application of Automatic Control Technology and Information Collection Technology in Silicone Rubber Production

YANG Cheng[†], CHEN Zhigong, QIAN Xianfeng, WU Yong, DING Bei

(Zhonggang Mining Institute (Ma'anshan) Intelligent Emergency Technology Co., Ltd., Ma'anshan, Anhui 243000, China)

Abstract: This article designs a silicone rubber production control system based on S7-300 PLC as the control core, using Win CC configuration technology as the monitoring platform. This system can collect parameters such as temperature, pressure, flow rate, and current of silicone rubber production line equipment, as well as monitor the fault alarm system. The information collection system developed for this production line can achieve real-time recording and archiving of production data. The application results indicate that the system meets the on-site application requirements and operates stably and reliably.

Key words: automatic control; information collection; silicone rubber; PLC

硅橡胶具有优异的热氧化稳定性、耐候性、高透气性、电绝缘性、生理惰性,在航天航空、电子电气、化工材料、机械装备等工业领域中获得了广泛的应用。近年来,硅橡胶在婴童及家用消费品、医疗卫生、新能源、节能环保等新兴领域的应用发展迅猛,110 甲基乙烯基硅橡胶作为其原料,市场需求十分旺盛^[1]。

目前国内硅橡胶的生产多采用间歇式或半间

歇式生产方式。在设备智能化、全自动生产工艺方面与国外先进水平有一定差距^[2]。硅橡胶生产线多年来一直是手动生产作业,人员的操作熟练度对产品的质量影响大,产品质量无法追溯。如何提高硅橡胶生胶的生产效率、稳定和提高生产质量,已经成为各大生产厂家所关注的问题。中钢矿院(马鞍山)智能应急科技有限公司和国内某有机硅生产企业合作,对现有生产线工艺过程进行了充分研究

后制订了生产过程控制系统改造方案,对生产过程进行自动化改造,实现生产设备的顺序控制和原料计量、小料配比、原料脱水、催化剂添加与聚合反应以及脱媒过程等过程的自动控制,将各生产环节有机地融为一体,实现对生产过程连续化控制,有效提高了产品质量,保障设备安全运行,提高设备作业效率,最终实现生产线自动化程度达到国内同行业领先水平。

1 生胶生产线自动化控制方案及参数

1.1 生胶生产线自动化控制方案

生胶生产自动控制系统由计算机操作员站和 PLC 控制器及工艺参数检测仪表与执行机构组成。监控站由计算机、LED 屏、操作台组成,可对控制系统进行组态监控、流程与回路参数的图像显示、历史数据记录及管理,并通过通信接口与 PLC 控制器进行信息交换。控制器安装在控制柜内,控制柜由西门子 300 系列 PLC 及相关电子器件等组成,接受计算机操作员站组态和现场检测信号,并输出控制信号到各控制回路的执行机构,达到对生产过程进行控制的目的。监控管理级和控制级之间由通讯接口装置及通信电缆连接成一个完整的集散控制系统。系统组成示意图如图 1 所示。

局域网

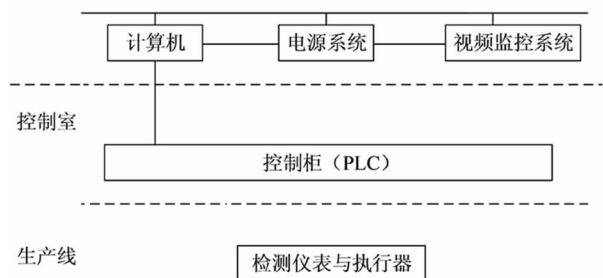


图 1 控制系统示意图

1.2 自动检测与控制的主要参数

检测参数有:计量槽液位、脱水釜压力、脱水釜真空度、鼓泡氮气流量、聚合釜搅拌电机功率(电流)、压料压力、脱水釜温度、聚合釜温度、脱低器温度等。

控制变量有:计量槽液位、脱水釜压力、脱水釜真空度、鼓泡氮气流量等。

被控变量有:聚合釜压料速度、聚合釜搅拌器转速等。

生胶生产工艺流程如图 2 所示。

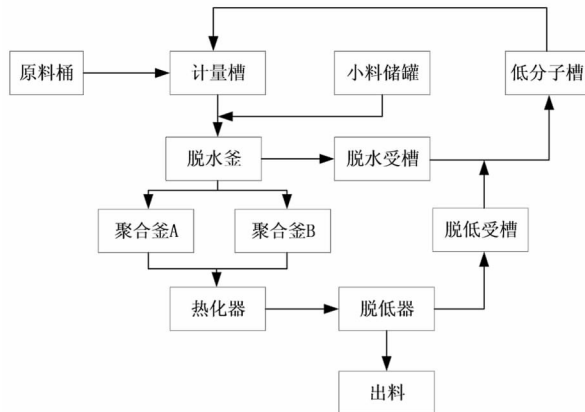


图 2 硅橡胶工艺流程示意图

2 生胶生产过程的自动化控制

2.1 生胶自动控制系统的功能及特点

(1)实现生胶生产过程全流程计算机监控,即由 PLC 采集工艺流程设备运行状态及主要工艺参数(温度、压力、流量、液位等),并在计算机操作员站上显示和控制。各工艺设备的运行状态和工艺参数结合工艺流程图实时动态显示,形象直观、一目了然。自控系统对设备状态和工艺参数控制进行优化控制,使其运行在工艺要求的范围内。生产过程中,关键工艺参数或设备状态若出现异常时,控制系统给予实时报警提示或连锁停车。

(2)生产工艺中的主要设备实现了控制室集中控制操作,不仅可以在远程计算机对每台电机、阀门等设备独立操作,也可以按照生产工艺要求对全套系统进行流程化自动生产。

(3)采用监控、报警、连锁保护等技术手段,能有效提高生产的安全性。

(4)实现生产的事前调度和生产管理,准确制定生胶生产和原料的消耗计划,准确地对生胶的批次、时间、产量、原料消耗进行统计,提高生产系统和设备的操作安全和运行效率,提高设备运行效率,减少电力损耗,保证系统安全、经济与合理运行。基于强大的数据挖掘工具和规范化的管理流程,提供准确有效的生产报表、有价值的生产建议,提高公司的能源管理水平。

2.2 生胶生产过程的自动控制

(1)加低分子槽物料:操作员按工艺要求在操作员站上设定好需添加的物料量后,点击系统启动

按钮,控制系统自动关闭计量槽放空阀,打开计量槽真空阀,打开低分子储槽上的出料阀和放空阀,向计量槽输送物料,待加至工艺要求量后,控制系统关闭低分子储槽出料阀和放空阀;系统在计量罐添加完成之后,自动向脱水釜进料,进料完成后,系统按照设定的生产批料号自动添加对应量的小料。控制系统根据工艺要求自动打开对应小料储罐出料阀及放空阀,将小料放入中间计量罐计量,当放入小料达到要求量时,控制系统自动关闭对应的阀门,此过程可根据工艺需要,反复进行。

(2)在脱水釜进料(过滤)过程中,控制系统打开氮气流量调节阀,将氮气流量控制在工艺要求的范围内,稳定充氮气到釜内,不仅起到加热搅拌的作用,也保护原料免受空气氧化。并开启蒸汽加热脱水釜。在原料脱水完成后,将原料输送至聚合釜。

(3)聚合釜控制是本套自动化控制系统的重中之重。为保证生胶在聚合釜内反应的质量和聚合过程的安全,必须严格对原料聚合生产过程的碱胶添加量及时间、反应釜加热温度及时间、搅拌器搅拌时间和转速进行合理控制。“在反应过程中有大量的吸热、放热的现象发生。反应釜的反应机理复杂,每个参数在反应过程中是变化的”^[3]。同时,由于生胶生产中的聚合反应过程时间较短,并且需要同时监控多个关键变量的参数变化,仅靠单个工人进行人工操作实现高质量聚合反应的难度较大且工作强度较高。因此,对生胶聚合生产过程实行自动化控制是保证生产质量和生产安全的必要手段和重要措施。自动控制系统由操作员站(工业控制计算机)、下位机(PLC)、现场检测设备和执行器组成。打开自动化控制系统以后,操作员站及PLC进入自检及启动过程,并且自动监控程序的登录界面以及工艺流程主界面和菜单,即可浏览各种显示画面。在工艺流程主画面中,各主体设备运行时,相应的设备图符呈动画状态主要工艺参数的实际测量值显示在此画面中,使得生产状况一目了然。

① 聚合釜进料(压料):控制系统先打开聚合受槽真空阀、聚合受槽收集阀,再打开相应的聚合釜真空阀(开关阀),并将聚合釜真空度控制至 -0.09 MPa 后,关闭聚合釜真空阀。控制系统判断满足进料(压料)条件后,打开脱水釜出料阀、聚合釜进料阀,向聚合釜压料。

② 配制及添加催化剂:控制系统打开混合罐

真空阀,抽至真空后关闭,打开混合罐进料阀,碱胶罐出料阀、碱胶罐氮气加压阀,根据生胶生产批号向混合罐内添加规定数量的碱胶。添加碱胶后关闭碱胶罐出料阀、碱胶罐氮气加压阀,然后再打开稀释剂出料阀、稀释剂罐氮气加压阀向混合罐加入所需的稀释剂后关闭稀释剂出料阀、稀释剂罐氮气加压阀,采用氮气鼓泡的进行混合,混合一定时间后充氮气保护待用。待需要时向聚合釜进料。

③ 聚合釜温度控制:在聚合反应前及聚合反应过程中,都需要对聚合釜进行精准的温度控制。聚合釜中的温度控制得是否准确,直接影响了生胶进行聚合反应的速度和是否充分,决定了产出后生胶的质量。聚合釜加温所用的蒸汽温度会因为生产而有变化,聚合釜所处的环境温度也是未知且不确定变量,蒸气加热釜内的物料温度传导又相对有一定的滞后性。如果按照通用的升温算法进行温度控制,聚合釜温度容易超温,要精准控制釜温,升温时间则又过长。温度又要求在限定时间内提升到规定温度,所以要在温度算法上改进^[4]。已知聚合釜在升温过程中有三个变量:加热蒸汽热能 Q_i 、釜内温度 T 、散热量 Q_e ,蒸汽通过聚合釜内的盘管对物料加温,散热量的多少和散热快慢取决于釜体温度与外界的温度差 ΔT ^[5]。聚合釜容积和热交换系统稳定;热能输入输出速率不变。则反应过程中釜内釜外热能平衡过程可以表示为:

蒸汽输入热能 - 散热损失热量 = 釜内增加热能

$$Q_i - Q_e = \Delta Q(t)$$

$$Cd\Delta T(t) - \Delta T(t)dt/R = Q(t)dt$$

$$RCS\Delta T(s) - RC\Delta T(0) - \Delta T(s) = RQ(s)$$

聚合釜温度由高至低传播,引起温度变化延时,故传递函数应为:

$$G(s) = \frac{K}{TS + 1} e^{-\tau s}$$

式中: C 为釜内物质的比热容;

$T(t)$ 为 t 时刻釜内的温度;

$\Delta T(t)$ 为 t 时刻釜内与外部的温度差; R 为聚合釜放热系数; $Q(t)$ 为 t 时刻系统输入热能; τ 为系统纯滞后时间常数。

从而得到正常聚合反应阶段聚合釜温度升温传递模型。

(4)聚合反应完成之后,物料往脱低釜转移。在油温正常情况下,控制系统自动打开脱低受槽真

空阀、收集阀,当脱低真空度达到工艺要求时,即满足压料条件。连续工作时,上述阀门为常开,只有在抽低分子操作时需要短时间开关。其他特殊工艺根据要求设置油温,生产线开车时,短时间内系统内因为没有胶料,温度计探测不到温度,这时需要抽真空,要考虑脱低受槽真空阀、收集阀的手动开启,控制系统要控制好压料速度,以满足花板温度 $>150\text{ }^{\circ}\text{C}$,花板压力 $\leq 0.25\text{ MPa}$ 。

3 信息采集系统

3.1 采集器

使用 OPC DA 通信协议,采集控制系统中点位的实时数据,其中,投料阶段 18 个,脱水阶段 7 个,聚合阶段 21 个,脱低阶段 14 个,采集频率为 1 s/次,和控制系统保持一致;采集成功后,将数据进行封装,使用 TCP 协议转发到缓存消息队列中。

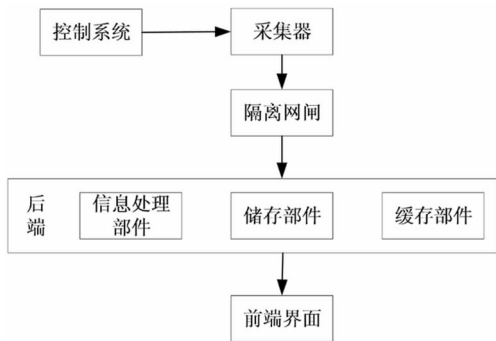


图3 信息采集系统逻辑部件图

3.2 隔离网闸

在工业控制内网和信息处理外网之间,安装单向隔离网闸,只允许数据从内网向外网方向流动,不允许从外网到内网传输信息,保证了工业控制内网的安全^[6]。

3.3 缓存部件

(1)RabbitMQ:使用轻量级消息队列服务,对采集到的大量实时监控数据进行削峰处理,减少资源消耗;同时,使用消息的异步特性,可以降低整个系统的耦合性。

(2)Redis:使用业界流行的 Key/Value 内存数据库,支持多种数据类型,读取和写入速度可以达到 10 万/s 左右,缓存系统运行中的数据。

3.4 存储部件

使用最流行的关系型数据库管理系统 MySQL,存储采集到的实时监控数据、后分析的生产批次数据、多维度统计数据等,持久化生产相关数据,为生

产管理提供数据支撑服务。

3.5 信息处理模块

首先,对收集到的实时数据,按照投料、脱水、聚合、脱低 4 个阶段,分批次进行筛选,计算出每个批次、不同时间段内,低分子、新料、小料 A、小料 B、小料 C、碱胶、稀释剂等实际物料添加量,结合该批次运行期间的温度、压力、真空度、氮气流量、搅拌机转速等参数,生成该批次生产参数;其次,使用 JasperReports 报表工具,从各种维度分析实时监控数据、生产批次数据、分析建模数据等,帮助生产管理者了解产线的整体运行状态,根据已有数据和分析结果进行实时优化调整,提高工作效率和生产效率。

3.6 前端界面

使用 Freemarker 模板引擎、Bootstrap、Echarts 图表工具等,搭建 UI 框架,通过多种表格、图形等工具进行展示,提高人机交互体验。

4 结论

三年多的稳定运行表明,自动化控制系统提高了产品质量,减少了工人数量,降低了工人的劳动强度;信息采集系统实现了生产数据无纸化记录,并可以根据业主要求,定制化生成报表。自动化控制系统和信息采集系统的应用对于企业进一步提升生产水平和管理水平提供了大力支持,为企业的长远稳定发展提供了强大助力。

参考文献

- [1] 胡志云,刘立国.甲基乙烯基硅橡胶的生产技术研究[J].化工技术与开发,2021,50(11):42-44.
- [2] 赵立群.我国有机硅产业链发展态势分析[J].化学工业,2019,37(1):10-20.
- [3] 陈欢.反应釜温度控制系统设计[J].化工设计通讯,2020,46(1):53+55.
- [4] 李雅侠,王航,吴剑华.螺旋半圆管夹套内充分发展层流流动与换热特性[J].化工学报,2010,61(11):2796-2803.
- [5] 李新卫.连续反应釜温度控制系统的设计与仿真[J].化工自动化及仪表,2010,37(11):19-22.
- [6] 李志勇,刘延乐,王传起,等.在内网和外网之间跨物理隔离透明传输数据的系统和方法:中国:CN102843352B[P].