

物料分拣系统设计

窦新宇, 赵志龙, 丁爱华, 魏嘉硕

(唐山学院 智能与信息工程学院, 河北 唐山 063000)

摘要:以物料分拣系统为例研究 Factory I/O 与 PLC 融合的设计过程。物料分拣系统包括视觉检测模块、物料运输模块、分拣模块和控制模块 4 部分。PLC 输出信号给电机, 电机启动带动传送带运行, 把传送带上的物料运输到指定位置, 视觉检测模块负责区分物料, 将检测到的信号传递给 PLC, PLC 再通过对信号的分析处理控制推杆和挡板进行物料分拣。物料分拣系统用 Factory I/O 搭建了硬件环境, 用 TIA Portal V16 对 PLC 程序进行了调试。联机调试实验结果表明, 系统可以自动识别 2 种颜色、3 种物料形状进而达到分拣 6 种物料的效果。

关键词: Factory I/O; PLC; 物料分拣; 教学仿真

中图分类号: TP23 **文献标志码:** B **文章编号:** 1672-349X(2023)06-0026-07

DOI: 10.16160/j.cnki.tsxyxb.2023.06.006

Design of Material Sorting System

DOU Xin-yu, ZHAO Zhi-long, DING Ai-hua, WEI Jia-shuo

(School of Intelligence and Information Engineering, Tangshan University, Tangshan 063000, China)

Abstract: With the material sorting system as an example, the design process of the integration of Factory I/O and PLC is studied. The material sorting system consists of visual detection module, material transportation module, sorting module and control module. The PLC outputs signals to the motor, which drives the conveyor belt to transport the materials to the designated position. The visual inspection module is responsible for distinguishing the materials and transmitting the detected signals to the PLC. The PLC then controls the push rod and baffle to sort the materials based on the analysis and processing of the signals. The material sorting system uses Factory I/O to build the hardware environment and TIA Portal V16 to debug the PLC program. The online debugging experiment shows that the system can automatically identify 2 colors and 3 shapes, thus being able to sort 6 kinds of materials.

Key Words: Factory I/O; PLC; material sorting; teaching simulation

0 引言

Factory I/O 是 RealGame 公司开发的一款工业自动化虚拟仿真软件, 主要用于 PLC 工控

类课程的仿真学习。该软件提供了 21 个典型的工业场景和超过 80 个工业部件, 用户可以搭建诸多工业场景。主要特点有: (1) 软件包含丰富

基金项目: 2022 年度河北省高等学校科学技术研究项目 (ZC2022048); 唐山市智能传感与测控技术基础创新团队 (20130208D)

作者简介: 窦新宇 (1984—), 男, 河北唐山人, 副教授, 博士, 研究方向为轨道交通信号与控制;
赵志龙 (1999—), 男, 河北衡水人, 研究方向为自动化控制技术。

的、典型的工业设备部件库资源。(2)软件强大的兼容性保证其可以先连接到不同的 I/O 驱动上,再与 PLC、SoftPLC 等控制器相连;PLC 的输出信号送至 Factory I/O 的执行器,Factory I/O 的传感器等信号则送至 PLC 的输入口。(3)Factory I/O 支持西门子、AB、CODESYS 等公司的 PLC。此外,Factory I/O 还支持 OPC DA/UA 协议、Modbus TCP/IP 协议,通过这两种协议可以支持大多数品牌的 PLC^[1]。

目前国内外主流的虚拟仿真平台包括 Factory I/O 虚拟仿真实验室、西门子博图仿真平台、组态王仿真系统等。本文充分利用 Factory I/O 和博图软件的优势,实现物料分拣系统的设计^[2]。

1 Factory I/O 与 PLC 构建仿真控制系统的过程

第一,在 Factory I/O 中打开或搭建场景;第二,在 Factory I/O 中配置 S7-PLCSIM 的 I/O 和通信;第三,在 TIA Portal 软件中,使用项目模板完成 PLC 硬件组态和程序编写;第四,调试和运行仿真控制系统。

2 物料分拣系统的总体设计方案

物料分拣系统以西门子 S7-1200PLC 为控制核心,对物料分拣模型进行控制。系统包括视觉检测模块、物料运输模块、分拣模块和控制模块。其中视觉检测模块由工业相机作为检测核心,用来检测和识别物料的颜色和形状;运输模块由电机和传送带组成,物料通过运输模块实现传送;分拣模块由推杆和挡板组成,物料通过分拣模块实现分类和分拣;控制模块由 PLC 控制器及相关输入输出设备组成。物料分拣控制系统结构框图如图 1 所示。第一步,控制模块向物料运输模块发送启动指令,物料被运送到视觉检测模块指定位置。第二步,视觉检测模块对物料颜色进行识别,并把识别结果发送给控制模块。第三步,控制模块根据颜色分类结果控制分拣模块,将不同颜色物料送到指定传送带(以上 3 步为一次分拣过程)。第四步,控制模块把一次分拣后的物料送到视觉检测模块指定位置。第五

步,视觉检测模块对物料形状进行识别,并把识别结果发送给控制模块。第六步,控制模块根据形状分类结果控制分拣模块,将不同形状物料送到指定区域(以上 3 步为二次分拣过程)。

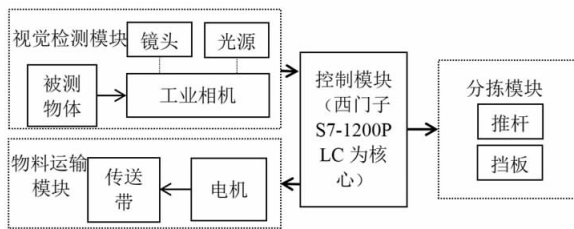


图 1 控制系统结构框图

3 虚拟仿真模型总体功能和模块设计

虚拟仿真模型也包含视觉检测模块、物料运输模块、分拣模块和控制模块 4 部分,主要由工业相机、传感器、传送带、电机、推杆、挡板等组成。虚拟仿真模型功能示意图如图 2 所示。其中 1 代表工业相机,主要用来识别和检测物料颜色;2 代表推杆,主要用来将工业相机检测到不属于对应传送带颜色的物料推至另一条传送带;3 代表漫反射传感器,用来对传送带上通过的物料进行计数;4 和 5 代表挡板,用来对各种相对应类型的物料进行二次分拣;6 和 7 代表工业相机,用来识别和检测物料形状;8 和 9 代表漫反射传感器,分别对二次分拣后相对应的物料进行计数。物料分拣系统可以实现对 2 种颜色和 3 种形状物料的分拣^[3]。

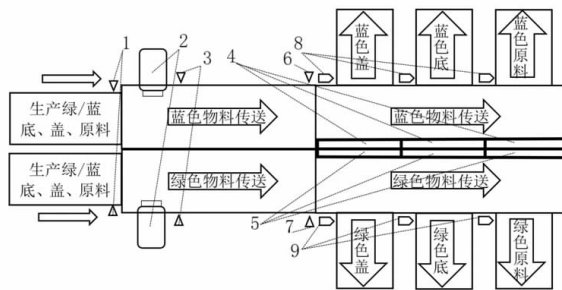


图 2 功能示意图

4 PLC 的 I/O 分配

PLC 控制器的输入信号包括 Factory I/O 工厂启动/停止按钮信号、控制柜的启动/停止按钮信号、各个传感器信号等。输出信号包括

控制传送带电机运行的信号、控制推杆和挡板动作的信号、控制柜上的启动/停止指示灯等。在编写 PLC 程序之前要在 Factory I/O 中分配 I/O 地址,按下键盘上的“F4”键进入 PLC 的

I/O分配界面,PLC 类型选择 S7-1200,数据类型选择 WORD,输入、输出的点数为工厂中各模型的输入和输出信号的个数(输入选择 31 个,输出选择 43 个),I/O 分配表如表 1 所示。

表 1 I/O 分配表

PLC 输入点	信号名称	PLC 输出点	信号名称	PLC 输出点	信号名称
I0.0	部件检测 1	Q0.0	发货传送 1	Q4.3	挡板 3(2)
I0.1	推杆 1 到位传感器	Q0.1	推杆 1	Q4.4	挡板 3 传送(2)
I0.2	推杆 1 回位传感器	Q0.2	移除传送 1	Q4.5	启动指示(2)
I0.3	部件 1 出口	Q0.3	发货传送 2	Q4.6	复位指示(2)
I0.4	部件检测 2	Q0.4	推杆 2	Q4.7	停止指示(2)
I0.5	推杆 2 到位传感器	Q0.5	移除传送 2	Q5.0	移除 1(2)
I0.6	推杆 2 回位传感器	Q0.6	启动指示灯	Q5.1	移除 2(2)
I0.7	部件 2 出口	Q0.7	复位指示灯	Q5.2	移除 3(2)
I1.0	启动	Q1.0	停止指示灯	QW30	计数 1
I1.1	复位	Q1.1	发货 1	QW32	计数 2
I1.2	停止	Q1.2	发货 2	QW34	计数 1(1)
I1.3	急停	Q1.3	移除 1	QW36	计数 2(1)
I1.4	FACTORY I/O(Running)	Q1.4	移除 2	QW38	计数 3(1)
I1.5	移除传感器 1(1)	Q1.5	发货传送电机(1)	QW40	计数 1(2)
I1.6	启动(1)	Q1.6	部件挡板(1)	QW42	计数 2(2)
I1.7	复位(1)	Q1.7	移除传送电机(1)	QW44	计数 3(2)
I2.0	停止(1)	Q2.0	挡板 1(1)		
I2.1	急停(1)	Q2.1	挡板 1 传送(1)		
I2.2	Auto(1)	Q2.2	挡板 2(1)		
I2.3	移除传感器 2(1)	Q2.3	挡板 2 传送(1)		
I2.4	移除传感器 3(1)	Q2.4	挡板 3(1)		
I2.5	部件识别到位传感器(1)	Q2.5	挡板 3 传送(1)		
I2.6	移除传感器 1(2)	Q2.6	启动指示(1)		
I2.7	启动(2)	Q2.7	复位指示(1)		
I3.0	复位(2)	Q3.0	停止指示(1)		
I3.1	停止(2)	Q3.1	移除 1(1)		
I3.2	急停(2)	Q3.2	移除 2(1)		
I3.3	Auto(2)	Q3.3	移除 3(1)		
I3.4	移除传感器 2(2)	Q3.4	发货传送电机(2)		
I3.5	移除传感器 3(2)	Q3.5	部件挡板(2)		
I3.6	部件识别到位传感器(2)	Q3.6	移除传送电机(2)		
IW30	视觉检测 1	Q3.7	挡板 1(2)		
IW32	视觉检测 2	Q4.0	挡板 1 传送(2)		
IW34	视觉识别(1)	Q4.1	挡板 2(2)		
IW36	视觉识别(2)	Q4.2	挡板 2 传送(2)		

5 系统软件设计

5.1 分拣系统总流程

本次设计任务是利用 Factory I/O 仿真软件对蓝色底座、蓝色盖子、蓝色原料、绿色底座、

绿色盖子和绿色原料 6 种物料进行分拣,这 6 种物料都有各自的编号。分拣时工业相机识别物料的编号,根据不同颜色及不同形状物料编号,先通过推杆对物料颜色进行一次分拣,再通

过挡板对物料形状进行二次分拣,系统总流程图如图 3 所示。

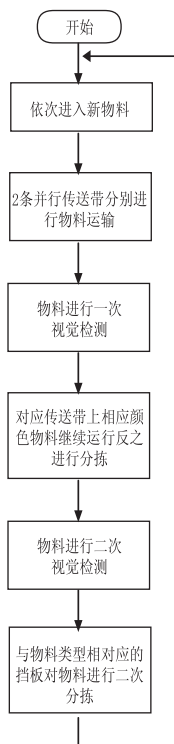


图 3 系统总流程图

5.2 一次分拣流程图

一次分拣采用工业相机 Vision Camera 分拣,可识别 Factory I/O 软件中 2 种不同颜色的原料、底座和盖子。2 条并行物料传送带上的生产装置设置为随机生成蓝色底座、蓝色盖子、蓝色原料、绿色底座、绿色盖子和绿色原料 6 种物料,一次分拣控制流程如图 4 所示。当系统准备完毕后按下启动按钮,2 条并行传送带上的 2 个随机物料生产装置开始自动产生物料,2 条物料传送带分别将物料运输到物料颜色识别分拣区,对物料进行视觉检测。当 2 个工业相机检测到与之对应传送带上相应物料颜色后,传送带继续运行,当检测到为另一条传送带上相对应颜色的物料时,推杆将物料推送至另一条传送带后完成一次分拣。

5.3 二次分拣流程图

物料一次分拣完成后,传送带继续运行至物料形状识别分拣区,对物料继续进行视觉检测。根据物料的形状编号不同进行分拣,二次分拣控制流程如图 5 所示。在 2 条传送带之间

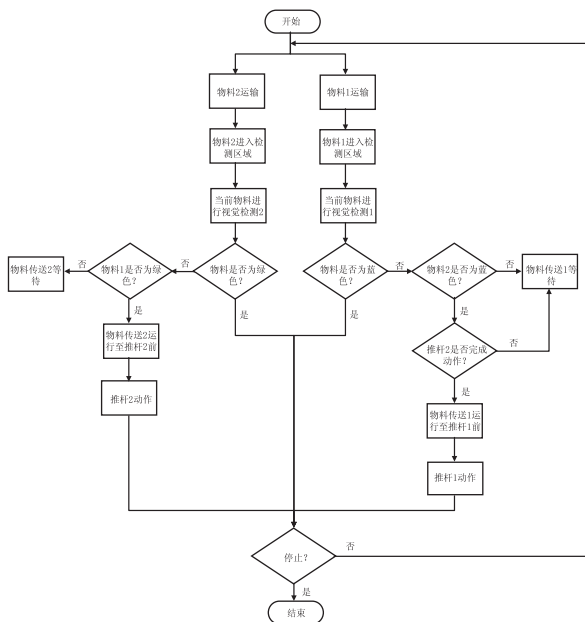


图 4 一次分拣控制流程图

安装有 3 个挡板,分别对物料底座、盖子和原料进行分拣,当物料运行到对应形状分拣入口时,挡板动作将物料分拣至各自分拣入口。至此完成对蓝色物料底座、蓝色物料盖子、蓝色原料、绿色底座、绿色盖子和绿色原料的分拣。

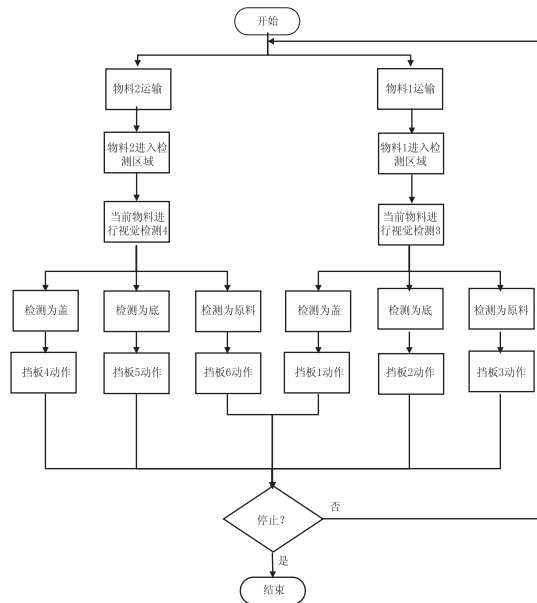


图 5 二次分拣控制流程图

5.4 PLC 程序编写

PLC 程序设计所使用的编程软件是由德国西门子公司(Siemens)开发的一款集成自动化编程软件 TIA Portal V16,它集成了 PLC、HMI(人

机界面)、驱动器和网络等多种设备的编程和配置功能,为设计者提供了一个统一的编程环境。其中梯形图是 TIA Portal V16 软件中最常用的编程语言。依照 Factory I/O 中配置好的 I/O 地址,在 TIA Portal V16 软件中导入在 Factory I/O 软件中配置好的变量进行程序编写。

6 系统调试和运行

6.1 Factory I/O 调试

程序编写好后,进入运行调试阶段。第一步,点击 TIA Portal V16 软件菜单栏“编译”后选择“启动仿真”。第二步,自动打开 PLC 仿真软件 PLCSIM,点击“装载”模拟程序下载,仿真软件 PLCSIM 为“RUN”状态并切换回到 Factory I/O,点击驱动管理界面里的“连接”,让仿真软件 PLCSIM 与 Factory I/O 建立连接。第三步,当“连接”变成“断开连接”时,则证明已经和 PLCSIM 建立起了连接。连接成功后,点击“运行”就可以开始分拣工作。Factory I/O 仿真场景如图 6 所示,其中 1 为工业相机,2 为推杆,3 为漫反射传感器,4 为挡板,5 和 6 为漫反射传感器。

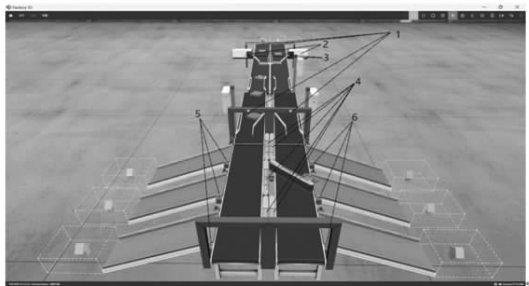


图 6 Factory I/O 仿真场景图

6.2 主要功能实验

物料生产装置每隔 2 s 就会随机生成蓝色底座、蓝色盖子、蓝色原料、绿色底座、绿色盖子和绿色原料 6 种物料的其中 1 种物料,物料生产装置运行如图 7 所示。6 种物料在 2 条并行传送带运输的过程中实现物料分拣,具体过程如下:2 条并行传送带各自一侧指定位置放置两个相向的推杆,两条传送带上相应颜色的物料会被传送带继续运输,非相应颜色的物料会被推杆推至对方传送带。利用工业相机检测物

料的颜色,实现对 2 种物料颜色的识别,并把 2 种颜色物料分拣到相应传送带上完成一次分拣。



图 7 物料生产装置运行图

当物料传送带 1 上的物料为蓝色时,物料传送带 1 继续运行,如图 8 所示。当物料传送带上的物料为绿色时,物料传送带 1 运输物料至推杆 1 前端,推杆 1 推动物料至物料传送带 2,如图 9 所示,绿色物料分拣完成后如图 10 所示。

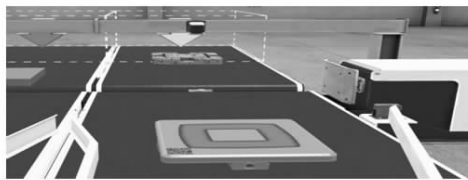


图 8 传送带 1 继续运行图

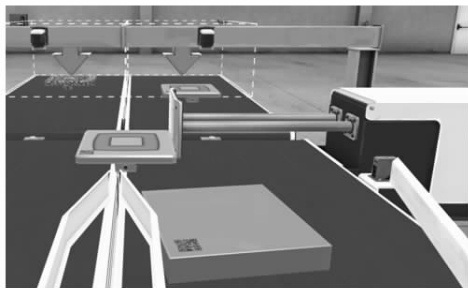


图 9 绿色物料分拣图

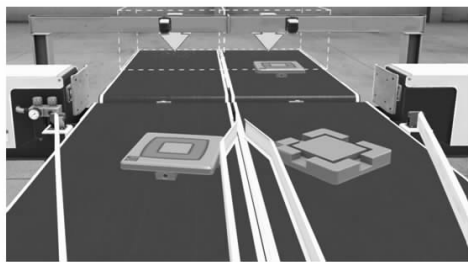


图 10 绿色物料分拣完成图

系统一次分拣完成后,2 条并行传送带继续运行至物料二次分拣区,如图 11 所示,将传

送带1上的蓝色物料和传送带2上的绿色物料进行二次分拣。二次分拣区2条并行传送带之间放置6个挡板,用来分拣物料传送带1上的蓝色盖子、蓝色底座以及蓝色原料和物料传送带2上的绿色盖子、绿色底座以及绿色原料。利用工业相机检测物料的形状,实现对2条传送带上6种物料的识别,并把6种物料依次分拣到相应分拣入口中,进而提高物料分拣的速度和可靠性。

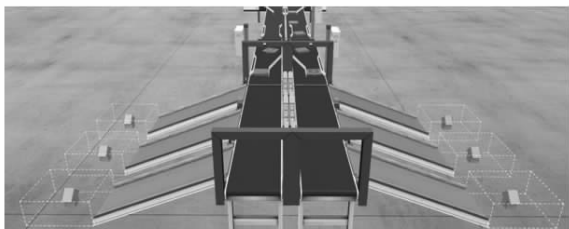


图11 物料二次分拣区图

当物料传送带1上的蓝色盖子随传送带运行至工业相机检测区域,工业相机检测到蓝色盖子,物料传送带1运输物料至推杆1一侧,推杆1动作并将物料分拣至蓝色盖子分拣入口,蓝色盖子分拣如图12所示。

当物料传送带1上的蓝色底座随传送带运行至工业相机检测区域,工业相机检测到蓝色底座,物料传送带1运输物料至推杆2一侧,推杆2动作并将物料分拣至蓝色底座分拣入口,蓝色底座分拣如图13所示。

当物料传送带1上的蓝色原料随传送带运行至工业相机检测区域,工业相机检测到蓝色原料,物料传送带1运输物料至推杆3一侧,推杆3动作并将物料分拣至蓝色原料分拣入口。蓝色原料分拣如图14所示。

综上,物料运输与自动分拣系统可以自动识别2种颜色(蓝色和绿色)、3种物料形状(底座、盖子和原料),达到分拣6种物料的效果。虽然系统可以模拟物料分拣的过程,但实际应用时可能会受到硬件设备的限制,增加系统运行过程的不确定性。此外,该系统缺乏对于异常情况处理的考虑,如对物料的误判或设备故



图12 蓝色盖子分拣图

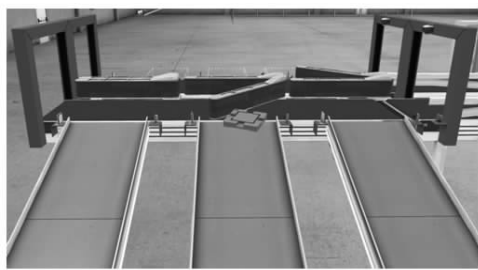


图13 蓝色底座分拣图

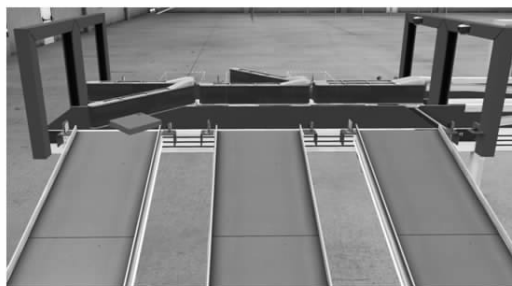


图14 蓝色原料分拣图

障等情况可能会导致分拣系统的停机,降低生产效率。

7 结论

本次设计针对物料运输与分拣系统进行了深入研究,提出了一种高效、可靠的解决方案。在系统设计过程中,采用了基于 Factory I/O 的虚拟仿真技术,验证了一种准确且易于实施的物料分拣方案。通过集成可编程逻辑控制器(PLC)技术、传感器、执行器和通信技术,成功地实现了物料的智能分拣和自动化运输,对其中的关键技术及方法进行了分析,并对物料分拣系统进行了详细的设计。主要完成如下任务:(1)通过对物料分拣系统整体需求的研究,

最终确定系统总体设计及各模块设计;(2)对 Factory I/O 软件中各个模块设计选型,系统控制核心采用 S7-1200PLC,利用工业相机对物料进行检测与识别,再加上各种传感器及推杆和挡板的相互配合,基本实现了物料分拣系统的功能;(3)设计系统的 I/O 分配以及程序设计和调试实现了对各模块的控制;(4)物料运输与自动分拣系统可以自动识别 2 种颜色、3 种物料形状,达到分拣 6 种物料的效果,自动模式可由系统随机生产物料并自动分拣。系统为物流分拣提供一种建设思路,也为今后 PLC 课程教学改革提供了一种可以借鉴的模式。

(上接第 25 页)

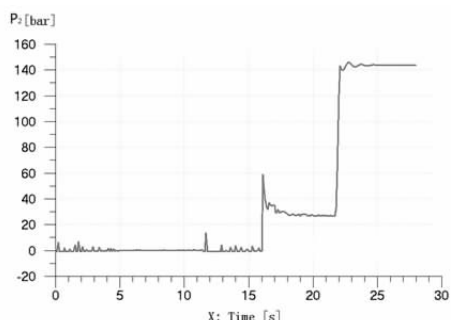


图 7 不带安全阀组的有杆腔压力变化曲线

根据图 7 的液压缸有杆腔压力变化曲线分析得出,在系统处于下降工况时,因回油路存在节流阀产生的背压阻力,液压缸活塞杆未迅速开始运动响应趋势,使得有杆腔压力迅速升高 60 bar,迫使液压缸活塞杆开始下降运动。此时,无杆腔压力具体数值依然由回流节流调速回路中的负载平衡限定。更主要的是液压缸附近的安全阀组拆除后,稳定的回油节流调速回路给了液压系统压力调整响应时间,这使得在整个下降工况阶段系统压力稳定,未发生系统油路颤振现象。

根据分析结果,将实际在线称重系统中安全阀组中的液控单向阀拆掉,保留液压缸有杆腔油路上的固定阻尼,再进行负载试车试验,系统完成了平稳下降,无颤振现象发生,称重品质得到很大提升。

参考文献:

- [1] 尤向阳. 虚拟仿真软件 Factory IO 在 PLC 实践教学中的应用[J]. 安徽电子信息职业技术学院学报, 2022, 21(6): 52 - 56.
- [2] 欧美英, 冯晓龙, 谷胜伟, 等. 基于 PLC 和 Factory IO 的物料分拣及颜色分类设计[J]. 绥化学院学报, 2023, 43(5): 149 - 152.
- [3] 尤向阳. 基于 Factory IO 的 PLC 实践教学研究[J]. 湖南邮电职业技术学院学报, 2022, 21(3): 55 - 58.

(责任编辑:白丽娟)

4 结论

通过 AMESim 软件仿真得出:存在负负载的垂直升降油路,直接在液压缸附近安装液控单向阀将导致液压系统下降过程不稳定,出现颤振现象,因此更适宜采用搭配液压锁的回油节流调速回路控制升降过程。基于 AMESim 软件仿真曲线分析故障现象、排查故障原因的实践经历,为生产现场的技术人员快速排查液压系统故障提供了有益借鉴。

参考文献:

- [1] 赵志国, 余洋, 鲁冰, 等. 基于 AMESim 的轨道架线车升降平台液压系统仿真[J]. 机床与液压, 2010, 38(24): 61 - 63.
- [2] 李强, 关红艳, 宋迪. 基于 AMESim 的压缩式垃圾车同步控制系统仿真研究[J]. 机床与液压, 2021, 49(23): 121 - 125.
- [3] 黄志坚, 袁周. 液压设备故障诊断与监测实用技术[M]. 北京: 机械工业出版社, 2005: 36 - 40.
- [4] 张振, 王彤, 吕峰. 基于 AMESim 的机载导弹液压弹射机构动态特性研究[J]. 机床与液压, 2021, 49(11): 168 - 171.
- [5] 高军霞, 吴凤和, 陈恩平, 等. 低压透平电液调节系统的建模及仿真研究[J]. 机床与液压, 2021, 49(13): 135 - 141.

(责任编辑:白丽娟)