

一种圆管工件自动填充装置的设计与实现

姜宇宇

(江苏杰瑞信息科技有限公司, 江苏 连云港 222061)

摘要:工业生产领域中存在对圆管工件进行内容物填充的作业需求,为保证对接精度,避免内容物磨损或挤压变形,以往生产中大量采用人工操作,自动化和信息化程度低,生产效率较低。针对这一现状,设计了一种圆管工件自动填充装置,基于自动夹具设计、推入式填充方式及柔性化设计理念,配合 PLC 自动控制,实现了内容物与圆管工件的快速同心填充,避免磕碰的同时减少了填充过程中不必要的摩擦与震动;此外,该装置可兼容多种不同尺寸工件,适应性强。实际生产应用表明,该装置能够满足生产要求,有效提高了生产效率。

关键词:圆管工件填充;PLC;自动化;智能制造

中图分类号:TP29

文章编号:1000-0682(2025)03-0055-05

文献标识码:A

DOI:10.19950/j.cnki.CN61-1121/TH.2025.03.010

Design and implementation of an automatic filling device for the circular pipe workpieces

JIANG Yuyu

(Jiangsu Jari Information Technology Co., Ltd., Jiangsu Lianyungang 222061, China)

Abstract: In the industrial production field, there is a demand for filling the contents of circular pipe workpieces. Manual operations were extensively used in previous production to ensure docking accuracy and prevent the contents from being worn or deformed. This approach led to low levels of automation and informatization, making it difficult to improve production efficiency. In response to this situation, based on the automatic fixture design, push in loading method, flexible design concept, and PLC control, an automatic filling device for circular pipe workpieces was designed. The device can achieve rapid concentric filling between the content and the circular pipe workpiece, avoiding collisions, friction, or vibration during the filling process. Also, the device has strong adaptability and can be compatible with workpieces of different sizes. Through practical application in production, it had been shown that the device can meet production requirements and effectively improve production efficiency.

Keywords: filling of circular pipe workpieces; PLC; automation; intelligent manufacturing

0 引言

对圆管工件进行内容物填充是某产品的重要生产工序,基于内容物的特殊材质需避免其与管壁间的磕碰、擦伤、挤压变形等。传统作业方式下大量采用人工操作,依靠人工吊装、对接后手动填充,自动化程度低,人工操作量大,生产效率低下。

为提高圆管工件填充作业的自动化水平,基于某公司实际生产需求,设计了一种圆管工件自动填充装置,基于自动夹具设计、推入式填充方式、柔性化设计理念,配合 PLC 自动控制,实现了圆柱体内容物与圆管工件的快速同心填充,并可兼容多种尺寸工件,有效减少人员配置,提升生产效率^[1]。

1 装置设计及工作原理

1.1 圆管工件填充描述

图 1 所示为圆管工件填充示意图。圆管工件有多种规格,填充作业大致可视作将直径约 100 mm、长度约 900 ~ 1800 mm 的圆柱体内容物填充至外径

收稿日期:2024-09-11

基金项目:江西省教育厅科学技术研究项目(GJJ2202718)

第一作者:姜宇宇(1997—),男,江苏连云港人,工程硕士,助理工程师,研究方向为智能制造、自动化系统平台开发。

E-mail:15235162276@163.com

约 120 mm、壁厚约 3 mm、长度约 1000 ~ 1850 mm 的圆管工件内部,且需避免内容物与工件间的磕碰、摩擦、挤压变形等。



图1 圆管工件填充示意图

1.2 装置组成及原理

在分析圆管工件填充工艺的基础上,充分考虑不同尺寸工件的兼容性,基于自动夹具设计、推入式填充方式以及柔性化设计理念,设计了图 2 所示的圆管工件自动填充装置,其主要由顶升定位、伺服滑台、端面定位、同心对接等机构以及底座组成。装置在尺寸上与输送线相配合,结构紧凑,便于摆放及安装检修等,推入行程为 0 ~ 2000 mm,可满足不同型号产品的填充需求。

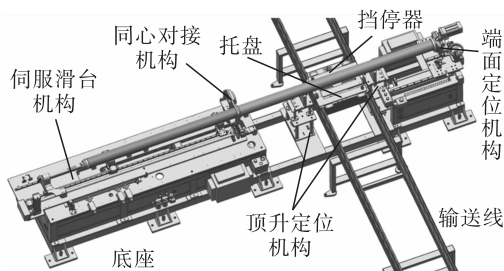


图2 圆管工件自动填充装置示意图

装置采用推入式填充方式,利用自动夹具对圆管工件进行定位装夹,定位并束缚其除轴向转动外的所有自由度,内容物由 V 型支撑块支撑定位以保证其与圆管工件轴线对齐,其后由推入组件推动内容物进入圆管工件内部,实现同心填充,避免磨损或挤压。推入组件设置于伺服滑台机构上,如图 3 所示。

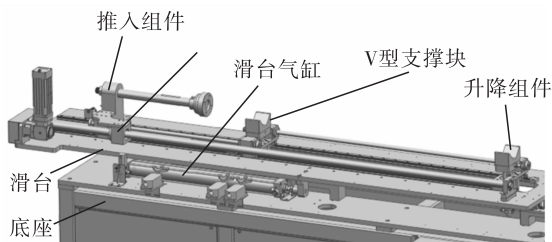


图3 伺服滑台机构

伺服滑台机构安装在底座上,机构可整体移动。滑台上伺服电机通过丝杆带动推入组件完成推入与复位动作。2 组 V 型支撑块升降组件负责内容物的支撑定位,采用无动力模式,通过复位导杆与推入头

串联。填充时 V 型支撑块依靠与内容物之间的摩擦力随动前行,到达行程极限后 V 型块下降与内容物脱离接触避免影响填充。复位时推入组件带动复位导杆后退牵扯两 V 型支撑块升降组件复位。

自动夹具方面,设计圆管工件夹具工装同心环与定位端盖,如图 4 所示,二者采用仿形设计,尺寸上与工件相匹配,同心环两侧与定位端盖一侧设置喇叭状导向结构便于工件装夹和内容物填充。

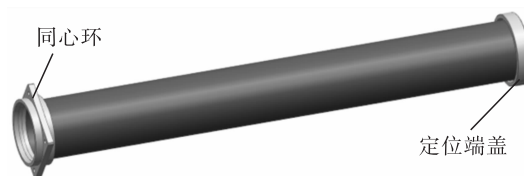


图4 夹具工装示意图

同心环与定位端盖分别安装于同心对接机构和端面定位机构上。同心对接机构如图 5 所示,其设置于滑台上可跟随滑台前后移动,机构上设置有 2 个同心环安装孔位,并可自动切换位置。

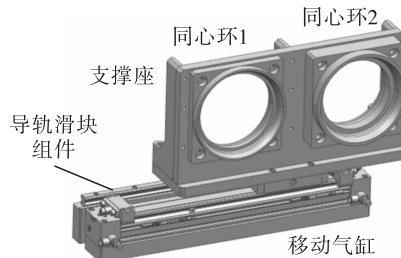


图5 同心对接机构

端面定位机构如图 6 所示,手轮组件用于定位端盖的位置预先调节,钢尺与拉线传感器反馈调节信息便于人工操作。装夹定位时,端面定位机构气缸动作配合滑台移动,使定位端盖与同心环对向移动完成装夹。

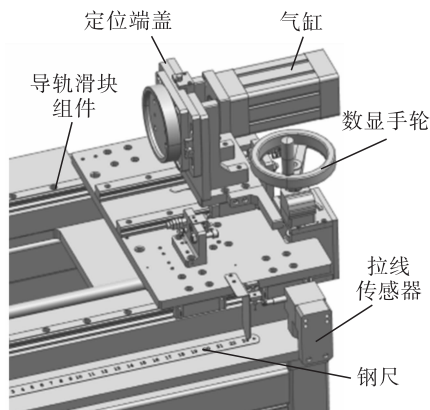


图6 端面定位机构

柔性化设计方面,首先装置尺寸与最大推入行程可兼容各规格产品,其次装置各机构采用可调节

或可更换设计,如伺服滑台机构可预先调节推入组件及支撑块移动行程,端面定位机构可人工调节定位端盖位置,同心对接机构可自动切换或更换不同直径同心环。最后,装置伺服滑台机构与顶升定位机构均可依据产品规格更换对应尺寸V型支撑块,使填充时内容物与圆管工件轴线对齐,配合自动装夹与同心环的导向作用实现同心填充。顶升定位机构如图7所示,其负责将工件顶升至装夹位置。

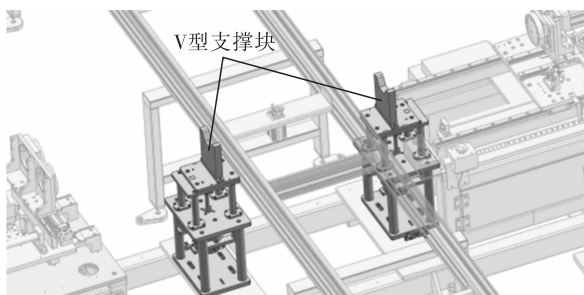


图7 顶升定位机构图

1.3 装置工作流程

圆管工件自动填充装置运行流程如下:

(1)装置开机前调整:依据排产计划确定本批次工件规格型号,依靠人工进行装置的适应性调整,包括更换相应尺寸V型支撑块与定位端盖,调节定位端盖位置,切换同心环等;

(2)装置生产上料:圆柱体内容物通过外部机械手运送至伺服滑台机构支撑块上,圆管工件通过输送线托盘流转,输送至装置作业位置后挡停器挡停;

(3)圆管工件装夹定位:通过传感器确认上料完成后,顶升定位机构抬升圆管工件至设定高度,滑台移动使同心环到达装夹位置,端面定位机构上定位端盖伸出,配合同心环从两侧对圆管工件进行装夹定位;

(4)内容物填充:伺服滑台机构上伺服电机启动带动推入头推动内容物经由同心环缓慢填充至圆管工件内部,并通过传感器检测是否填充到位;

(5)装置下料与复位:填充完成后装置各机构复位,装夹定位解除,工件回归输送线托盘,其后挡停器下降工件流转至下一工序;

(6)循环动作:迎接下一工件,重复(2)~(5)。

2 控制系统设计

2.1 电气设计

控制系统选用西门子S7-1200系列PLC和SIMATIC HMI系列面板以达成对现场设备的集中监

控^[3]。PLC选用西门子1215C DC/DC/DC CPU,扩展模块选用SM1221 DI16×24VDC直流输入模块、SM1223 DI16×24VDC/DQ16×24VDC直流输入输出模块和2套ET200 SP远程站点模块(含通信单元、基座、数字量输入输出、模拟量输入),触摸屏选用9寸KTP900 Basic PN新一代触摸+按键式精简面板。接近开关、磁性开关及传感器线缆均采用TURCK本安产品,安全隔离栅采用上海辰竹系列产品,控制柜、按钮盒、按钮、指示灯、三色报警灯均采用上海华荣产品,控制柜内的弱电设备如中间继电器、空气开关等均采用施耐德产品。柜内强、弱电分离,按照实际使用的数字量输入输出信号点数,冗余15%的IO点位置。

控制系统硬件架构如图8所示,控制系统PLC通过PROFINET现场总线与上位机进行通信,接收上位机下发的生产任务并上传本设备的生产数据及状态信息,通过PROFINET现场总线与触摸屏、伺服电机、ET200 SP远程站点进行信号交互及数据交换,通过I/O通信对现场设备进行联动控制。

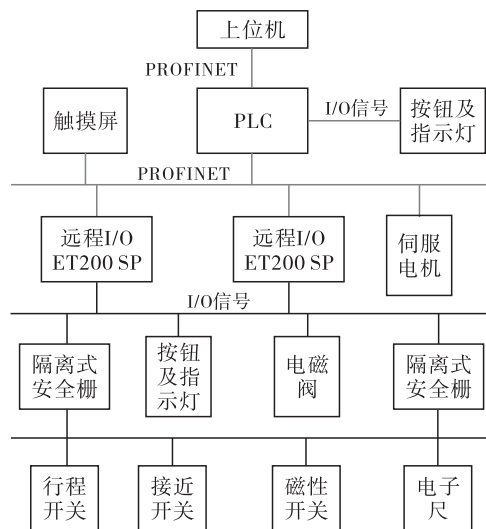


图8 系统硬件架构图

2.2 软件设计

控制系统采用西门子博途(TIA Portal)软件进行PLC程序编程和触摸屏界面设计^[5]。博途TIA是一款功能强大的工业自动化软件,具有易于使用、高效、灵活以及安全可靠等优点。

在博途TIA中新建项目,在设备视图界面依次将西门子PLC的1215C DC/DC/DC CPU、直流输入模块SM1221 DI16×24VDC、直流输入输出模块SM1223 DI16×24VDC/DQ16×24VDC拖至导轨插槽,完成控制系统的设备组态,如图9所示。

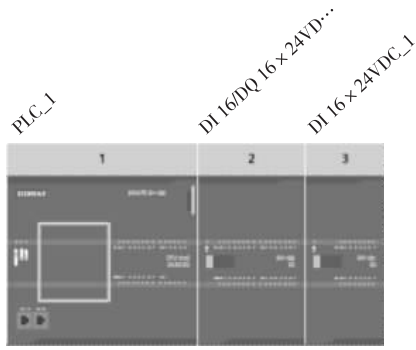


图 9 系统硬件架构图

在博途软件中导入 ABB 伺服电机的 GSD 配置文件,并在网络视图界面中添加模块 MicroFlex e190,配置其输入输出地址(% ID100 ~ % ID136, % QD100 ~ % QD136)和 IP 地址。在网络视图界面中,依次添加触摸屏模块 KTP900 Basic PN、ET200 SP 远程站点 1 和 ET200 SP 远程站点 2 对应的模块 IM 155-6 PN BA,设置各模块的 IP 地址,完成控制系统的网络组态,以及 2 个 ET200 SP 远程站点的硬件组态。

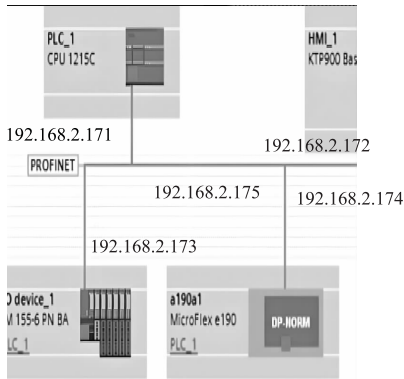


图 10 控制系统网络组态图

基于模块化结构设计思想进行 PLC 程序编程, PLC 程序可分为主程序、与上位机通信模块、与伺服电机通信模块、全自动运行控制模块、报警及复位模块、手动控制模块、参数设置模块。控制系统循环执行主程序(OB1 块),执行过程中按顺序调用各功能模块程序块,进而实现控制系统的自动运行,以及与各个模块的信息数据交互、显示等^[6]。系统控制结构图如图 11 所示。

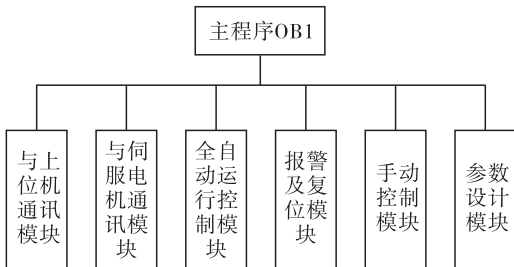


图 11 系统控制结构图

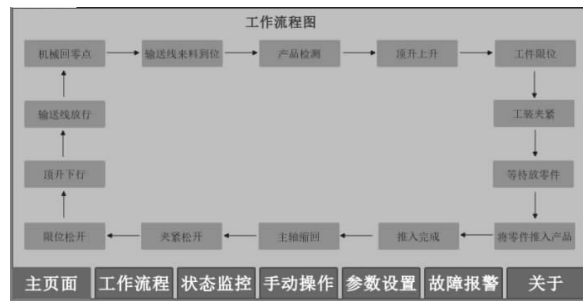
3 装置实现

依据结构与控制系统设计,实现了装置生产、安装及运行调试,试产结果表明该装置运行稳定、安全可靠、工艺一致性好,可有效降低人员配置,提升生产效率。

图 12 所示为控制系统的部分触摸屏页面,界面友好,操作性强,通过页面可以进行参数设置、故障查询、状态监控以及手动操作等。在主页面下方菜单栏点击不同的按键可以进入相应的设置、显示页面,包括工作流程、状态监控、手动操作、参数设置、故障报警等页面。参数设置页面主要用于前期系统调试,便于形成不同型号产品的填充配方。正常工作时,控制系统将根据上位机下发的产品型号自动调用相应的产品填充配方,驱动各执行机构有序动作,进而实现该产品的自动填充。



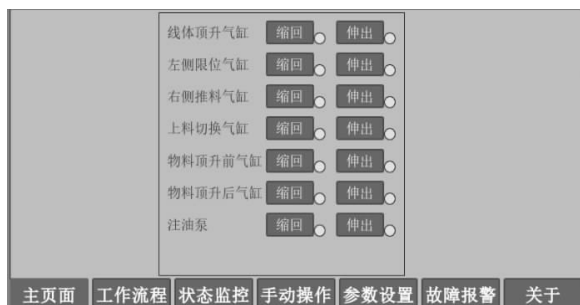
(a) 主页面



(b) 工作流程页面



(c) 参数设置页面



(d) 手动操作页面
图 12 触摸屏页面

4 结语

针对工业生产领域中存在的对圆管工件进行内容物填充的作业需求,设计了一种圆管工件自动填充装置,基于自动夹具设计、推入式填充方式、柔性化设计理念,配合 PLC 自动控制,实现了内容物与圆管工件的快速同心填充,避免磕碰的同时减少了填充过程中不必要的摩擦与震动,此外该装置可兼容多种不同尺寸工件,适应性强。通过在实际生产中的应用,表明该装置能够满足生产要求且有效提高生产效率,有助于促进行业自动化发展并可在类似行业中进行应用推广。

参考文献:

[1] 王向东,陈勇,陈志华.大型筒体自动化装配对接装备总体设计[J].成都信息工程大学学报,2019,34(06):

610-614.

- [2] 杨可杰,于永龙,徐羽明,等.自动化装填设备的技术应用研究[J].现代工业经济和信息化,2021,11(12):131-133.
- [3] 夏煜昊,乔礼惠,姜君杰.基于西门子 S7-1200 PLC 实现移动工作台高速高精控制的应用[J].锻压装备与制造技术,2021,56(01):54-57.
- [4] 赵修平,齐嘉兴.基于视觉伺服的并联装填平台自动对准方法[J].兵器装备工程学报,2020,41(01):59-63.
- [5] 童敏,徐锐,张剑.基于 TIA 博途平台的天然石膏粉生产线控制系统[J].自动化与信息工程,2022,43(01):43-48.
- [6] 马欣,方喜峰,李治多.基于 PLC 的四刀光阑自动控制系统设计[J].制造业自动化,2021,43(9):97-100.
- [7] 张为堂,李胜林.基于无线传输的 PLC 与远程 IO 现场总线控制方案[J].锻压装备与制造技术,2024,59(01):81-85.
- [8] 李秀忠,彭一航,陈思涛,等.基于 Factory IO 和 S7-1500 PLC 的组装分拣工作站设计与虚拟仿真[J].轻工科技,2024,40(01):101-104+116.
- [9] 李文豪,李明飞,许东来.基于机器视觉的轴孔自动化对接[J].国外电子测量技术,2022,41(03):164-169.
- [10] 沈嘉康.基于机器视觉的钠棒装填辅助系统[J].工业控制计算机,2023,36(10):52-53.

(上接第 28 页)

- [4] 刘红梅.单相异步电动机常见故障及处理方法[J].山东工业技术,2016(24):53.
- [5] 黄莉明,李爱民,陈金刚.电容运转兼起动式单相异步电动机接线及故障解析[J].船电技术,2020,40(03):41-43.
- [6] 钱小东,张铄,高立新,等.一种单相异步电机变频驱动算法[J].电力电子技术,2017,51(11):117-119.
- [7] 汪敏.两相异步电机的数学模型及动态特性仿真[J].

三峡大学学报(自然科学版),2016,38(02):75-78+96.

- [8] 李昱亮.浅析单相异步电机启动和正反转的原理与控制[J].电子世界,2016(03):106-107.
- [9] 王爱元,杨回谋,储希臣.对称式单相异步电动机:CN202121800899.7[P].2021-12-21.
- [10] 凌忠兴.小型三相异步电动机单相驱动电路设计与仿真[J].实验室科学,2016,19(04):55-57+61.

欢迎投稿! 欢迎订阅! 欢迎刊登广告!

国内邮发代号:52-49 国际发行代号:BM529 定价:18.00元/期 108.00元/年
地址:西安市高新区沣惠南路8号 邮编:710075 电话:029-81871277
网址: <http://yb-zdh.shaangu-group.com> 电子邮箱: gyybbjb@126.com