

非统一规格布卷包裹码垛系统设计

周杰¹, 石帅¹, 喜冠楠², 储平³

- (1.南通理工学院 机械工程学院, 江苏 南通 226001;
2.南通理工学院 智能制造研究院, 江苏 南通 226001;
3.江苏联发纺织股份有限公司, 江苏 海安 226600)

摘要:为了更好地通过工业机器人码放不同粗细规格的包装布卷至不同托盘,且要求粗卷放置在每层托盘外侧,细卷放置在每层托盘内侧,文章进行样机制作,并设计末端执行器,搭建试验台。首先通过扫码枪扫描布卷条码信息反馈给PLC,然后通过PLC发出指令控制工业机器人抓取不同布卷放置到相应托盘,并通过特定算法保证每层物料粗卷在外。结果表明,能够保证布卷按要求码放至不同托盘,实现了生产物流要求,为工业码垛机器人的末端执行器设计提供有效理论依据,为工业码垛机器人大范围走向纺织包装物流工程应用实践提供有力技术支持。

关键词:工业机器人;可编程逻辑控制器;码垛;试验

中图分类号:TS 103.9

文献标志码:A

文章编号:1000-4033(2025)03-0011-05

Design of Non-uniform Specification Cloth Roll Palletizing System

Zhou Jie¹, Shi Shuai¹, Xi Guannan², Chu Ping³

- (1.School of Mechanical Engineering, Nantong Institute of Technology, Nantong, Jiangsu 226001, China;
2.Intelligent Manufacturing Research Institute, Nantong Institute of Technology, Nantong, Jiangsu 226001, China;
3.Jiangsu Lianfa Textile Co., Ltd., Hai'an, Jiangsu 226600, China)

Abstract:In order to better stack packaging cloth rolls of different thicknesses onto different pallets when using industrial robots, and realize coarse rolls to be placed on the outer side of each layer of the pallet, and fine rolls to be placed on the inner side of each layer of the pallet, this paper creates a prototype and design an end effector, the barcode information of the fabric roll is first scanned and then fed back to the PLC through a barcode scanner. The PLC sends instructions to control the industrial robot to grab different fabric rolls and place them on corresponding pallets. Specific algorithms are used to ensure that each layer of material has a coarse roll outside. After prototype production experiments, it can be ensured that the fabric rolls are stacked on different pallets as required. The prototype experimental results have achieved the production logistics requirements, providing effective theoretical basis for the design of end effectors for industrial palletizing robots, and providing strong technical support for the large-scale application of industrial palletizing robots in textile packaging logistics engineering practice.

Key words:Industrial Robot; Programmable Logic Controller; Palletizing; Experiment

随着现代电子商业的发展,纺织行业的布卷也随着物流行业的兴起实现了网络销售,异地发货,甚至远销国外。经调研,一些纺

织企业销售布卷从仓库出库到分拣、包装、发货的过程依然是大量使用人工操作,这样不仅浪费了劳动力,也降低了分拣效率,因此研

发适合纺织行业不同规格布卷的高性能码垛系统具有重要意义。中原工学院崔江红教授团队设计了一种棉卷自动化搬运装置,值得借

基金项目:市厅级项目(JCZ21051);校级中青年骨干教师培养专项(ZQNGJS202204)。

作者简介:周杰(1988—),男,讲师。主要从事工业自动化方面的研究。

鉴^[1]。目前,国外还未发现专门针对不同规格布卷码垛的相关研究。本文针对不同规格布卷选择 4 轴工业机器人,设计相应的末端执行器并针对布卷码放要求设计一种码垛算法,使生产线来料每层布卷按照中间细卷、外侧粗卷的形式码放在相应托盘上。经样机测试,试验满足了生产要求,提高了生产效率,降低了工人劳动强度。

1 传统布卷包裹的运输

以往企业对于布卷包裹的运输采取的方法为,工人首先用人工扫码方式采集需要派发的布卷包裹信息,人工从计算机获取扫码信息,包括所发快递公司以及布卷大小尺寸等,根据所获信息人工将布卷码放至相对应快递公司的托盘上,并遵循粗布卷放置在每层布卷外侧,细布卷放置在每层布卷内侧,每个托盘采用正反交错式码垛方式,防止布卷在运输托盘时掉落^[2]。有时重的布卷需要两个人同时搬运,人工码垛布卷方式如图 1 所示。

2 非统一规格布卷包裹码垛系统流程及区域分布

经与江苏联发纺织股份有限公司生产分发部门探讨分析,由于所要分发的布卷粗细不一,最重的可达 55 kg 左右,根据购买方时间要求与收货地点不同,当下快递至少需要分 6 个物流公司承运,所以至少需要 6 个托盘承接。根据上述要求采用布卷由传送带从上一级的塑封针织布卷套袋系统流水线通过传送带输送至现功能区域,如图 2 所示,工业机器人采取与地轨搭配的形式,完成不同布卷对 6 个托盘的分拣码放^[3]。传送带末端装有布卷到位传感器以及自动扫码设备,检测布卷到位后,PLC 作为总控收到布卷信息,使工业机器人码放布卷到相应托盘位置。



(a)人工扫码



(b)人工读取信息



(c)人工搬运码垛

图 1 人工码垛布卷方式

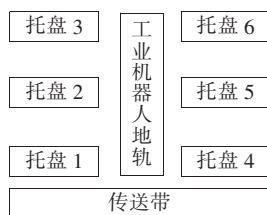


图 2 码垛区域布局图

3 非统一规格布卷包裹码垛系统结构设计

3.1 总体结构设计

本控制系统的设计中,目标工件布卷最大质量为 55 kg,考虑到还需要在工业机器人腕部加装末端执行器,其存在一定质量,因此为了确保安全性,所选择工业机器人有效负载应达到 180 kg。其次从码垛托盘尺寸可知最大动作范围最小应达 2.0 m 以上,同时考虑到其码垛托盘与工业机器人底座间安全距离,其最大动作范围还应增加到 2.5 m 以上。本次控制系统为码垛控制系统设计,因此主要考虑专

业的码垛机器人,同时工业机器人只是进行一些简单码垛搬运动作,不需要机械臂进行扭曲反转等动作,且其工作场地为大型仓库工业机器人,不存在于狭小空间内的工作需求,综合经济成本,考虑确定本次设计所使用的工业机器人只需要 4 轴就可以满足动作需求。最终确定工业机器人型号为埃斯顿的 ER180-3100-PL 机器人,并配合设计 4.0 m 有效行程的地轨(工业机器人行走轴)。实物总体结构如图 3 所示,三维结构如图 4 所示。



图 3 总体结构

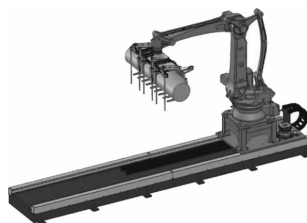


图 4 三维结构

3.2 末端执行器

为了使设计能准确抓取非标布卷,同时方便后期更改,需要对工业机器人末端执行器进行设计。首先需要设计与工业机器人法兰对接的法兰盘,使设计的末端执行器能安装在工业机器人的腕部,如图 5 所示。

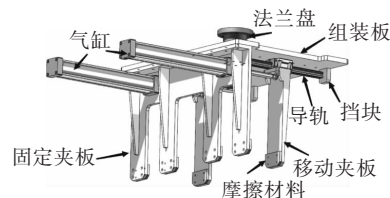


图 5 末端执行器三维模型

在设计末端执行器的过程中,最初设计的是捞取布卷的夹取方式,设计夹爪如图 6 所示。图 6 中

夹爪的夹取方式为捞取式,一边夹爪是弯的,测试过程中发现在抓取完放置布卷到托盘时形成下抛形式,使布卷无法垂直下落,造成放置定位不准确。然后改变夹爪结构,两边夹爪均竖直如图 5 所示,测试结果满足定位需求。



图 6 第一版本末端执行器

因为目标工件的实际长度为 1 500 mm,在其圆心有一个具有一定刚性的硬质纸管能够对工件整体起到一定横向支撑,因此设计的固定夹板可以小于工件实际长度,以减少末端执行器整体质量与尺寸,同时为了使其质量进一步减少,对固定夹板进行结构减重设计,以牺牲一定摩擦力为代价使零件自重大大降低,在对固定夹板进行剪裁后,为了加强单个抓指强度,在其背面设置加强筋,如图 5 所示固定夹板。为了补偿牺牲掉的摩擦力,在固定夹板底部增加摩擦材料的安装孔,可通过选择具有高摩擦系数的材料来改善末端执行器与工件之间摩擦力,使末端执行器能更好夹持工件,为了更经济实用,本次设计选择聚合物为摩擦材料。

在完成固定夹板的设计后还需要对移动夹板进行设计,本次设计采用两个单独夹头代替移动夹板,对整体末端执行器进行减重,每个移动夹板使用单独气缸进行驱动,如图 5 中的移动夹板。

通过固定夹板、移动夹手与法兰盘尺寸设计,将各部件组装成整体组装板,如图 5 中组装板。

除上述零件,本次设计的末端

执行器零件还包括移动夹板导向导轨、移动夹板限位挡块与增大摩擦系数的摩擦材料。所有零件通过组装板整体连接完成末端执行器设计,图 5 为末端执行器三维模型。

4 非统一规格布卷包裹码垛系统程序设计

4.1 PLC 程序设计

在本次设计中,PLC 作为总控制器,其主要作用是连接各元件进行接发信息的处理。其与工业机器人通过 MODBUS-TCP 通信协议进行通信环境搭建,其中以工业机器人为服务器 IP 地址 192.168.60.68, PLC 为客户端 IP 地址 192.168.60.1。使用信捷 PLC 指令包括创建 TCP 连接指令 S_OPEN、MODBUS_TCP 通信指令 M_TCP、通信终止指令 S_CLOSE。

如图 7 所示为一段通信程序展示。其中 SM1901 为以太网功能初始化完成标准,SM1902 为 PLC 网络接口检测。其中 D0 为 PLC 中间继电器 M100—M115 的集合用于写入机器人数据存储,D1 为 PLC 中间继电器 M120—M135 的集合用于读取机器人数据存储。当系统上电时,PLC 自动与工业机器人建立通信连接,并持续将 D0 中

数据向机器人虚拟数字量输入寄存器 MBDDataBuffer[63]中写入,PLC 通过处理 D0 中的数据以达到控制工业机器人动作的目的,同时 PLC 还会持续从机器人虚拟数字量输出寄存器 MBDDataBuffer[14],读取工业机器人当前状态存储与 D1 中用于 PLC 的信息处理。图 8 为 PLC 总体流程图。

4.2 工业机器人程序设计

4.2.1 主程序

控制系统上电初始执行复位初始化子程序,对机器人进行机械位置复位返回 Home 点及上一运行进程所残留的运行数据进行清除,以保证本次运行不受影响。随后等待 PLC 通过 Modbus-TCP 通信传输信号,以对布卷工件进行抓取,同时判断该目标工件所需要码放垛位。其主程序如图 9 所示。

程序使用变量如表 1 所示,这里展示的为一部分具有代表性的程序变量,其中 DuoWei、CengSum 和 INT 各有 6 个,分别对应 6 个托盘。

4.2.2 抓取程序

工业机器人在收到 PLC 发送的抓取信号 DI1 即 XT_YunXuQu 后,通过事先使用工业机器人示教器校准的移动点位,再用指令进行

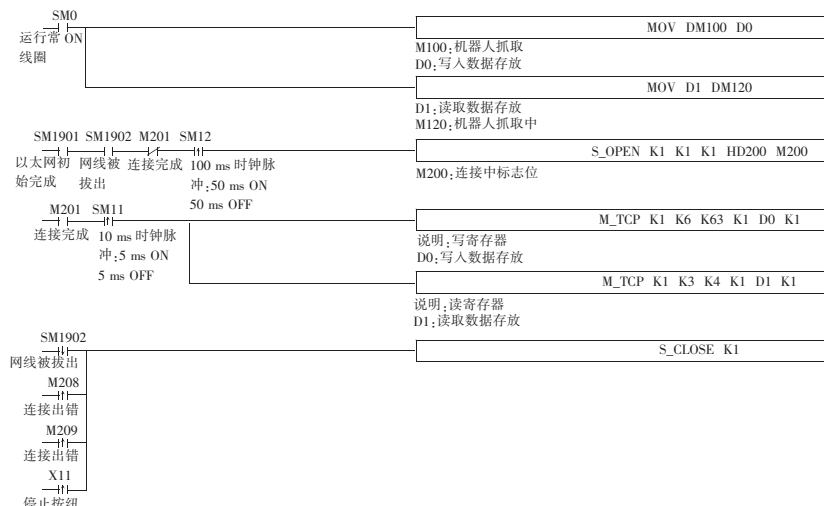


图 7 通信程序段落

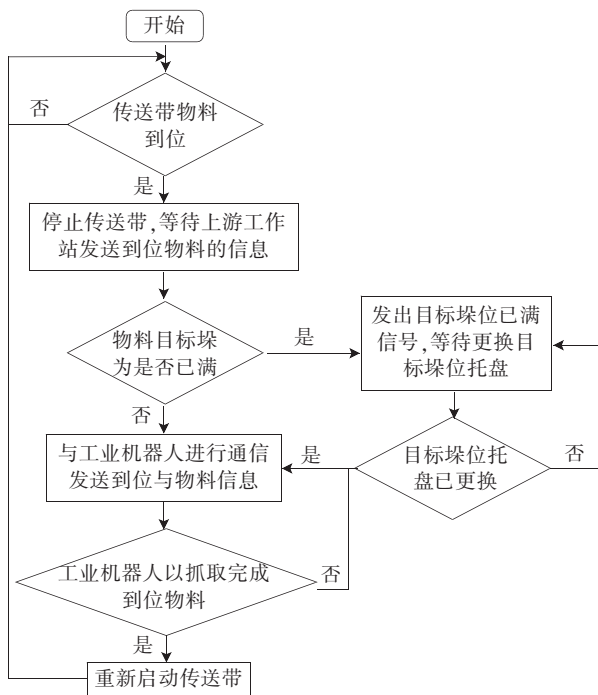


图 8 PLC 总体流程图

```

Mian()
Start:
MovJ(home, v3000)
CALL ChuShiHua//调用初始化程序

QiDong:

IF(XT_YunXuQu.value==1)THEN//取料信号
CALL XianTi_Qu//调用取料程序

IF(DuoWei1.value==1)THEN//码垛位置判断
CALL DuoWei_1_Fang//调用托盘 1 程序
ELSIF(DuoWei2.value==1)THEN
CALL DuoWei_2_Fang//托盘 2
ELSIF(DuoWei3.value==1)THEN
CALL DuoWei_3_Fang//托盘 3
ELSIF(DuoWei4.value==1)THEN
CALL DuoWei_4_Fang//托盘 4
ELSIF(DuoWei5.value==1)THEN
CALL DuoWei_5_Fang//托盘 5
ELSIF(DuoWei6.value==1)THEN
CALL DuoWei_6_Fang//托盘 6
ENDIF
ENDIF
Wait(20)//等待 20 ms 扫描
GOTO QiDong
End;
    
```

图 9 主程序

表 1 程序变量表

序号	变量	说明	对应虚拟 IO
1	XT_YunXuQu	取料信号	DI1
2	DuoWei1	码放 1 号垛位	DI2
3	CengSum1	1 号垛位当前码放层数	无
4	TypeDa	当前抓取工件为大件	DI8
5	Typexiao	当前抓取工件为小件	DI9
6	INT1	当前层数已码放数量	无

操作,达到控制机器人移动对传送带上布卷工件进行抓取的目的,程序如图 10 所示。其中指令与 ABB 机器人大致相同, MovJ 为关节运动指令、MovLOffset 为直线偏移运动指令。

```

Start:
MovJ(ZhuaQu_GuoDu)
MovLOffset(ZhuaQu, GuoDu, "COORD",
nullTool, World)
MovLOffset(ZhuaQu, down, "COORD",
nullTool, World, Slow)
CALL jiaZhua_open
Wait(50)
MovL(ZhuaQu, VerySlow)
CALL jiaZhua_close
Wait(50)
MovLOffset(ZhuaQu, up, "COORD",
nullTool, World, VerySlow)
MovLOffset(ZhuaQu, GuoDu, "COORD",
nullTool, World, Slow)
MovJ(home)
END;
    
```

图 10 抓取程序

4.2.3 码垛程序

在完成抓取动作后,工业机器人经判断虚拟 IO DI2 到 DI9 的状态,对当前抓取工件进行码垛位置判断确定该工件目标托盘。同时为确保单个托盘上工件的稳定性,要对其上工件的码放顺序进行设计。参考人工码垛方式,将大件工件从托盘外侧向内依次码放、小件工件从托盘内侧向外依次码放,通过该种码垛顺序能最大程度保证托盘上工件稳定性,程序如图 11 所示。

图 11 中采用对示教点进行定点偏移方法对不同工件进行位置设置,这样可节省大量示教时间。

5 一种非统一规格布卷码垛方法

根据布卷信息进行分析,所得大小卷工件按单数层大卷工件从托盘两侧依次向托盘中横向码放的顺序进行码放,而小卷工件从托盘中依次向托盘两侧横向码放的顺序进行码放;双数层大卷工件从托盘前后依次向托盘中纵向码放的顺序进行码放,小卷工件从托盘中依次向中间纵向码放

图 11 码垛程序段落

之所以选择这样的码放形式,是因为在工业生产时因客户订购长度存在不同,当将不同长度布卷起成为圆柱体时会因横截面直径有大有小而产生差异,这些差异的布卷如果还是按顺序堆叠方式进行码放,会大大降低该布卷码垛的稳定性和准确性。而



6 结束语

名以上的工人进行实际生产,并且其可以以 24.0 h 不间断状态进行生产任务,这极大地节省了企业人工成本与场地使用效率,提高了企业利润。非统一规格布卷包裹码垛系统设计,将工业机器人的应用范围扩大到纺织行业,同时提高了工业生产中工业机器人利用率和运行效率,通过设计合适的工业机器人末端执行器,可实现对非标准纺织布卷夹持和抓取的需求,一种非统一规格布卷的码垛方法实现了粗细不同的大小卷托盘码垛,为后续在纺织行业的应用提供了借鉴。

参考文献

- 收稿日期 2024 年 5 月 12 日