

基于 PLC 与工业机器人的全自动化码垛系统设计

成金萍

桂林国际电线电缆集团有限公司 广西桂林

【摘要】以工厂全自动化生产为发展方向,基于 PLC 和工业机器人设计了堆垛肥料自动化生产线系统。根据车间化肥生产线的实际生产情况,设计了基于 PLC 控制器并辅以机器人控制器的自动码垛系统,完成了系统的软硬件设计。生产实践表明,所设计的托盘生产线系统结构严密,运行稳定,生产效率高,能较好地满足企业的生产需求,具有较高的应用价值。

【关键词】PLC; 工业机器人; 全自动化; 码垛系统

Design of Fully Automatic Palletizing System Based on PLC and Industrial Robot

Jinping Cheng

Guilin International Wire and Cable Group Co., Ltd. Guilin, Guangxi, China

【Abstract】Based on PLC and industrial robot, an automatic production line system for stacking fertilizer was designed. According to the actual production situation of chemical fertilizer production line in workshop, an automatic palletizing system based on PLC controller and robot controller is designed. The production practice shows that the designed pallet production line system has strict structure, stable operation, high production efficiency, can better meet the production needs of enterprises, and has higher application value.

【Keywords】PLC; Industrial Robot; full automation; PALLETIZING system

引言

随着我国劳动力成本的快速上涨,企业调整经济结构、提升产业升级的愿望越来越迫切。因此,在企业生产中使用工业机器人替代传统的人工流程,是提高企业自动化程度和竞争力的有效途径。尤其是化工行业,工作环境恶劣,人流量大,人工码垛效率低。基于 PLC 和工业机器人的全自动化码垛系统具有高效稳定的生产特性和优越的制造柔性,非常适合工厂现代化。因此,根据化肥企业的实际生产情况,设计了以西门子 PLC 控制器为基础,以库卡搬运机器人为补充的全自动化码垛生产线系统。

1 全自动化码垛系统设计

工业平台机器人是机电一体化领域的高科技典型产品。为提高生产效率、增加经济效益、保证产品质量、改善劳动条件、完善经营计划作出了巨大贡献。其应用的数量和质量代表了企业生产自动化的先进水平。控制系统是工业堆垛机器人最重要的

部分。它对实现平台的功能和保证机器人工作的性能起着至关重要的作用,直接决定着运动的准确性和机器人工作的影响。通过激励发现,目前使用的工业码垛机器人大多采用运动控制器和计算机框架形式的控制系统。控制系统以计算机为硬件平台,通过运动控制卡实现对运动轴的实时控制。尽管上下级关系清晰,但系统存在稳定性差、可靠性低、扩展性差、功能冗余、性价比低等问题。笔者课题组设计的工业机器人控制系统以 PLC 为主要控制设备,使 PLC 与相关设备的功能达到完美的集成度。内置机器人控制系统结构简单,节能降耗,具有良好的稳定性和扩展性。特别值得注意的是,该控制系统具有成本效益并且适用于工业现场应用。

全自动化上料系统由机械系统和电气系统组成。由于机械系统结构简单,主要由传输线组成,因此主要侧重于电气控制系统的设计。电气系统主要包括 PLC、工业机器人、触摸屏、传感器、电磁阀、

安全栏杆等。PLC 软件驱动整条生产线的生产过程，指挥整条生产线的生产，实现与机器人的信息交换。机器人生成搬运路径并完成堆肥包中的堆垛任务。触摸屏软件实现与 PLC 的人机交换功能，完成各种生产线参数的实时设置，使整条生产线的操作简单高效。根据车间实际生产需要和企业要求，全自动托盘生产线设计为两线两垛结构。整条生产线的工艺流程如下：将肥料粒状物料通过缝纫机缝合打包后连续输送到两条输送线上，每天在输送线上安装光电检测传感器。当传输线上的光电传感器检测到预留信号并将其传输给 PLC 时，PLC 通过 I/O 端口将信息传输给机器人的控制单元。机器人接收到信号执行移动传输线托盘的任务并到达预定的保持位置。当光电传感器检测到传输线反向捕捉信号时，机器人抓取堆肥进行码垛。完成一个托盘后，装载过程完成后返回预设位置，继续等待预设信号和另一个托盘抓取信号，直到码垛任务完成。

在全自动托盘生产线系统中，PLC 的基本功能类似于人脑。主要接受和采集外部传感器的信号，完成对外部环境的检测，控制堆垛传输线电机的启停，实现与机器人控制单元的信息交换，控制机器人应答器离合器和电气组件。根据自动上料系统设计的要求，整个系统有 22 点数字输入和 16 点数字输出，共 38 点 I/O。通过咨询西门子、三菱、欧姆龙等主流小型 PLC 展示硬件手册和编程软件 与其他同类 PLC 系统相比，西门子 S7-200 系列 PLC 具有更多的输入输出点、更强的模块扩展能力、更快的计算速度和更好的特殊功能内部集成。因此本系统选用西门子 S7-200 CPU226 作为主控制器，采用西门子 STEP7 MicroWINV4.0 进行编程。PLC 程序主要包括五个模块：启动模块、手动模块、自动模块、输入输出模块、报警模块。系统采用欧姆龙触摸屏作为人机交互软件，其编程软件采用 NB-Designer 进行编程。主要程序设计包括设备配置、界面编程、参数设置、模式选择、系统管理等。由于操作简单，性能稳定，可以在非常恶劣的条件下工作，适合普通工人在工厂工作。

2 码垛系统工作流程

作为信息时代的新兴产业，工业机器人为现代工业的高速自动化生产和先进制造提供了强有力的技术支撑。目前国际工业机器人厂商主要有瑞士

ABB、德国工业、日本安川、发那科等。由于工业机器人采用 PCBASED 控制系统，机体采用碳纤维材料，具有较高的机械性能和较强的抗振能力。机器人的先进设计使其能够以高速、准确和稳定的方式运行。轨迹准确，重复定位精度小于 0.35mm。因此，选择工业机器人作为加工系统。根据化肥厂的实际生产情况，在机器人托盘上设计堆垛式。每个托盘设计为 8 层，每层 5 袋，每袋的奇偶层在 XY 平面上的位置相同。根据平台类型创建传输线 2 层的第一和第二 3D 数学模型。在 3D 空间中，坐标用于表示每个包的空间位置。堆肥袋变量定义为张长、广宽、高高，每个袋子 A 的方位角，X 轴方向的袋到袋距离为 x_p ，Y 方向的距离为 y_p 轴。第一个包用作原始参考包。为每个光束单独生成坐标公式。

工业机器人主要负责包装生产线上的产品分拣和堆垛。以托盘为例，产品和托盘位置的变化都会对工业机器人的运行产生影响，这对托盘上通用工业机器人软件的要求如下：不同尺寸的工业机器人执行器的移动距离不同；网站不一样。仅使用播放按钮启动机器人控制台时，一次只能执行一个程序。一旦距离、堆叠方式等要求发生变化，就需要重新编写、下载、调试符合要求的软件。程序调试需要中断。为了提高中小型企业机器人的使用率，希望在需要柔性控制的生产线中有效提高生产效率。以 PLC 为控制器对堆垛机器人进行了研究，PLC 被广泛应用于机器人的控制。系统提供 PLC、触摸屏和自动控制器进行通讯。PLC 定位单元驱动送料系统的伺服电机，相当于机器人的附加七轴。PLC 程序与 bot 的程序信息交互，形成一个新的操作系统。根据不同平台的需求启动不同的 bot。灵活的通信可以大大提高系统效率。

基于三菱 Q 系列 PLC，结合 RV-F 系列机器人，实现静止物体的精准抓握和导航，以及运动中的精准抓握和放置。系统配备工业机器人、示教工具、按钮盒、控制单元、气泵、真空发生器、PLC（包括 GPS 单元或运动控制 CPU）、放大器、触摸屏等。Q02UCPU 负责处理 QX40 模块的输入信号和触摸屏的操作指令信号。输入信号包括目标托盘和工件库托盘上的外部触发信号、复位、关机和材料信息。经 CPU 处理后，可返回触摸屏人机界面，显示料箱状态。它还将信号传输到 QD75P1N GPS 模块。

GPS 模块发出指令信号控制伺服放大器 MR-J4-20A 来控制伺服电机的速度和角度。急停按钮可以直接向伺服放大器发送信号。QY10 输出模块上电后输出信号,通过操作机器人完成所需的平台任务。触摸屏可以通过触摸屏触摸反馈系统选择人指触摸屏上的人机交互图形按钮,然后使预编程的程序驱动多个连接的设备。操作系统采用三菱 GS2110-WTBD 触摸屏。在本设计中,触摸屏主页的左键“码垛工序”和右键“进料”可以分别进入控制界面。进料界面主要包括启动、停止、复位、回原点和速度监控区四个按钮。优化后的操作界面主要包括启动、停止、复位、释放陀螺、复位陀螺、静态监控、动态监控等 7 个按键。触摸屏用于控制托盘机器人的运行,显示工作台的状态。

该系统由触摸屏、PLC 和工业机器人控制器同时实现。CR751-D 工业机器人控制器可存储 200 多个机器人程序,但只能实时运行一个程序。如果启动另一个程序,则必须重写该程序。将 PLC 和工业机器人输入/输出端口连接起来,编写相应的程序。程序流程如图 7 所示,可以实现机器人的启动控制和伺服速度的参数设置。料盘空盘信号可通过传感器输入 PLC 控制器。PLC 和自动控制器通过以太网连接,通过文件传输的方式,根据进料需求和装载工作的变化,启动预设的工业机器人托盘分支程序。为了提高系统的精度,经过一个周期的运行,送料盘位置信息更新一次,然后传送给机器人,使机器人运动更准确。机器人在实现托盘搬运时,还必须保证 PLC 与机器人之间的准确通讯,防止出现位置误差。当机器人向 PLC 发送项目状态信号时,它会接收到来自 PLC 的给定信号。通过分析目标的运动规律,调整机器人与 PLC 之间的程序协调与传输,进而调整速度参数,提高定位的重复性,检验工业机器人操作系统在托盘上的可行性。

3 PLC 与触摸屏选择和程序设计

由于奇数层和偶数层在 XY 平面上的位置相同,并沿 Z 轴累加,因此可以计算出光束各层的空间坐标。由于空间限制,不再计算每个光束的空间坐标。写好托盘算法后,使用工业的 OrangEdit 仿真编程软件进行编程,然后进行仿真,看看算法是否可行,路径是否正确。确保模拟正确后,将机器人导入机器人学习设备。示教装置设计完成后,通过对托盘

系统关键位置的标记和调整,机器人实现手动模式下的拣选、搬运和导航等程序。最后实现 PLC 信号交换,进行联调联测,完善机器人软件。

4 工业机器人的选择与程序设计

改正后实际使用中,整条生产线运行安全稳定,无意外。可 24 小时连续工作,堆垛任务可达 1300 袋/小时,堆垛稳定合规。日产量是体力劳动的两倍。工人经过简单培训即可掌握安全操作,由 6 人减少到 8 人。基于 PLC 和工业机器人的全自动平台系统自动化程度高,可以在极其恶劣的工厂环境下工作,大大降低了工人的劳动强度,大大降低了运营成本,大大提高了生产效率和生产力。满足国内大多数同类化肥企业的实际需求,具有广阔的市场前景。

根据人机界面设计的要求,为实现用户目标的信息交换提供依据。设置模式界面可以调整物体的厚度和位置,设置后显示物体在每个位置的堆叠状态,底部显示机器人存储的数据。工作模式界面实时显示检测传感器的检测值,并可调整检测误差范围,监控堆垛状态,存储机器人数据。PLC 和工业机器人都有自己的程序,PLC 有两种不同的程序流程模式。由于工业机器人的功能有限,无法直接连接到触摸屏或检测传感器。需要一个 PLC 对数据进行分析处理,并将相应的指令信息发送给机器人。工业机器人根据通讯状态的变化执行相应的步骤,执行完成后将完成信号发送给 PLC。等待 PLC 处理完返回信号后,再发出指令。

系统在编程上采用建模的形式,各单元功能相对独立。parent 语句用于选择是否执行模块。该系统中模块化编程的主要优点如下。模块是通用的,PLC 和工业机器人软件主要有四个功能单元(1Y),具有通用性。为了使操作系统满足不同的实际情况,设置了 T 的两种模式,在这两种模式中,可以根据给定的条件调用这些模块。逻辑清晰,编程方便。提高运营效率。由于模块的通用性,在增加模式以提高操作的便利性时,程序只增加了少量的判断语句,程序并没有通过功能改进而复杂化。相反,由于功能的细化,当执行简单的任务时,例如堆叠少量已知物体,通过触发器的初始设置,工业机器人不需要扫描和修改过程中存储的数据单元。过程,从而提高了操作的效率。减少 I/O 接口,提高可用性。在 PLC 和工业机器人的输入/输出接口中,有些

接口具有多种功能。因为各个模块相对独立，模块程序流程通过主界面进入后，I/O 接口变化只对模块有效。其中，三个接口以终端组的形式方便地描述，称为 ABC 终端。使用三个端子可以区分 8 种状态，从而大大提高了界面的使用率。由于物品的搬运或包装存在一定差异，因此检测存在一定误差，实际检测值与预定值存在一定差异。机器人执行器在抓取和释放物体时具有一定的运动范围。不同的生物有不同的活动范围。纸质包装范围大，精装精度高。在触摸屏界面设置精度调整功能，M31 作为输入精度确认键，输入数据存储在 D31 中。实际检测值存储在 D32 中，将数据 D21-D28 和 D31 加到数据存储区并减去后进行比较。结果缓存在 D41 - D48 和 D51 - D58 中，然后与 D32 进行比较以确定它们是否属于该范围。操作系统和工业机器人系统是两个独立的系统。操作系统主要利用工业机器人的三个功能进行操作：输入/输出接口、输入/输出状态判断及程序跳变功能、数据加减功能。一般的工业机器人系统具有这三个功能。因此，对于其他进行码垛作业的工业机器人来说，只要根据实际设备将输入/输出连接到操作系统，并写入相应的工业机器人，也可以运行。尤其是早期的应用机型，往往只有一种外部 I/O 通讯方式，系统特别适用于智能控制。

5 结语

投产后，整条生产线运行安全稳定，未发生任何事故。可 24 小时连续工作，实现 1300 包/小时的堆垛任务，堆垛稳定、合规。日产量是体力劳动的

两倍。工人经过简单培训即可掌握安全操作，由 6 人减少到 8 人。基于 PLC 和工业机器人的全自动化平台系统自动化程度高，可以在极其恶劣的工厂环境下工作，大大降低了工人的劳动强度，大大降低了运营成本，大大提高了生产效率和生产力。满足国内大多数同类化肥企业的实际需求，具有广阔的市场前景。

参考文献

- [1] 卢志珍.基于 PLC 的全自动包装码垛生产线控制系统设计, 江南大学学报, 2018 年第 8 期.
- [2] 岳满林.包装码垛自动生产线及控制系统研究, 哈尔滨理工大学学报, 2017 第 5 期.
- [3] 邹建光.基于 PLC 的全自动包装码垛生产线控制系统研究, 科技与企业, 2019 第 9 期.

收稿日期: 2021 年 1 月 9 日

出刊日期: 2022 年 2 月 11 日

引用本文: 成金萍, 基于 PLC 与工业机器人的全自动化码垛系统设计[J]. 电气工程与自动化, 2022, 1(1): 9-12

DOI: 10.12208/j.jeea.20220003

检索信息: 中国知网 (CNKI Scholar)、万方数据 (WANFANG DATA)、Google Scholar 等数据库收录期刊

版权声明: ©2022 作者与开放获取期刊研究中心 (OAJRC) 所有。本文章按照知识共享署名许可条款发表。<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



OPEN ACCESS