

张飞云. 基于 S7-200 PLC 的苹果采摘机器人控制系统研究[J]. 江苏农业科学, 2013, 41(7): 377-379.

基于 S7-200 PLC 的苹果采摘机器人控制系统研究

张飞云

(许昌学院电气信息工程学院, 河南许昌 461000)

摘要:通过对采摘机器人控制系统要求的分析, 以 PLC 控制器为核心, 对末端执行器、物料收集装置、采摘机械大臂和小臂、移动平台和横向滑移机构等设备的控制, 实现苹果采摘的全自动化控制。

关键词:采摘机器人; PLC; 步进电机; 物料收集装置; 末端执行器

中图分类号: S126; S225.93 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2013)07-0377-03

苹果是一种常见水果, 具有丰富的营养成分, 有食疗、辅助治疗等功能。苹果原产于欧洲、中亚、西亚和土耳其一带, 于 19 世纪才在山东烟台引入中国。我国是世界最大的苹果生产国, 在东北、华北、西北、华东和四川、云南等地均有苹果栽培。近几年来, 中国苹果产业有了长足发展, 已经取得了很大成就。2005 年栽培面积 189 万 hm^2 , 产量达到 2 400 万 t, 分别占世界苹果总产量的 2/5 和 1/3。苹果后期产品加工方面的提高, 给生产出的苹果解决了后期问题, 也使苹果市场前景看好。现今, 我国苹果产量持续增长, 但每到收获季节, 由于苹果树大多高度在 3~5 m, 有的甚至更高, 苹果采摘就成

了广大果农面临的难题。目前全国苹果采摘方式还是比较落后的传统采摘方式, 存在效率低、劳动强度大、劳动力成本高、安全性差等缺点, 这种现状极大地制约了苹果产业化、商品化的发展。因此, 许多专家对果蔬采摘机器人进行了一系列研究, 但目前的研究主要集中在采摘机器人视觉系统和避障路径规划方面^[1-4], 而对采摘机器人控制系统和机械本体的研究比较少^[5]。基于此, 本研究构建了基于 PLC 的苹果采摘机控制系统, 为实现苹果采摘的全自动化控制提供了参考。

1 采摘机的总体结构与工作原理

1.1 总体结构

苹果采摘机器人由机械执行系统和控制系统 2 个部分组成。机械执行系统总体结构如图 1 所示, 主要包括末端执行器、采摘机械大臂和小臂、移动平台和横向滑移机构等。采摘机电源为采摘移动提供动力, 并且为控制部分供电, 步进电机调节各杆臂的高度, 同时步进电机 2 还能够实现方向调节。

收稿日期: 2013-01-30

基金项目: 河南省教育厅科学技术研究重点项目(编号: 12A510021); 河南省许昌市科技局计划(编号: 1101060)。

作者简介: 张飞云(1976—), 女, 河南周口人, 硕士, 讲师, 主要从事信号处理、模式识别研究。E-mail: ytyx_123@163.com。



图5 触摸屏初始界面



图6 触摸屏手动模式界面

率, 运行成本也大大降低。该控制系统能够很好地解决国产模压托盘生产线的压机送料环节广泛存在的问题, 具有广阔的应用前景。

参考文献:

- [1] 彭珍凤, 陈杏华, 查跃华. 农村秸秆处理和资源化利用技术现状与发展趋势[J]. 农业装备技术, 2009, 35(2): 11-13.
- [2] 杨兆金, 李学新, 李刚, 等. 木质刨花模压托盘生产工艺探讨[J]. 林产工业, 2006, 33(1): 29-31.

- [3] 杨宜平, 魏泽鼎, 岳彦芳, 等. PLC-触摸屏控制在晶体成型设备中的应用[J]. 新技术与新工艺, 2003(10): 10-12.
- [4] 廖常初. S7-300/400 PLC 应用技术[M]. 北京: 机械工业出版社, 2005: 44-102.
- [5] SIMATIC HMI touch panel TP270 设备手册[M]. Germany: Siemens, 2001: 26-50.
- [6] 廖常初, 陈晓东. 西门子人机界面(触摸屏)组态与应用技术[M]. 北京: 机械工业出版社, 2007.
- [7] 薛迎成. PLC与触摸屏控制技术[M]. 北京: 中国电力出版社, 2008: 46-63.

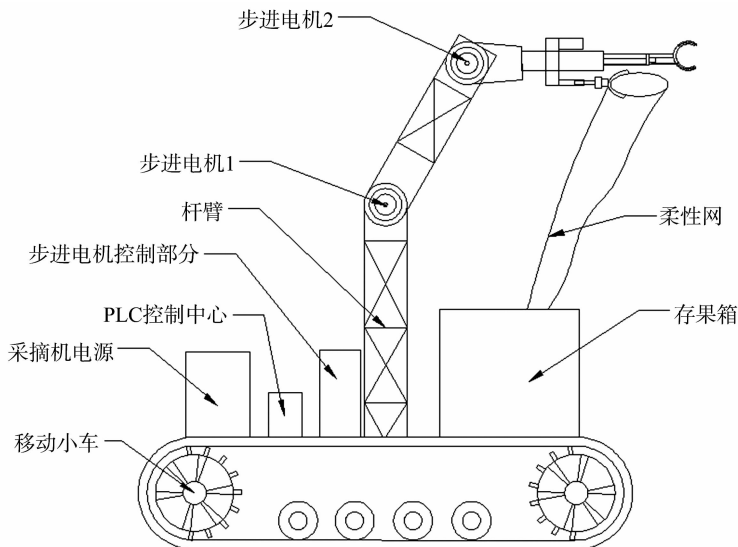


图1 采摘机总体结构

1.2 果实特点与采摘要求

一般苹果成熟时,果实体型比较大,并且果实成圆形。根据苹果的形状,可以把摘取苹果的机械手设计成两半的半圆形卡盘。半圆形卡盘以苹果的外形圆形曲线为基础,作用是夹紧果实,方便后面的电动刀切割苹果的果柄,同时在一定程度上保护果实,防止出现伤疤。因为苹果自身表皮薄脆,所以苹果采摘机对苹果进行抓取时,对末端执行器的抓持力控制要求很高,因此在半圆形卡盘中加入了 US5100 系列压力传感器,以对抓持力进行精确的控制,这样在保护果实的同时也达到了夹紧的目地。

1.3 方案选择

1.3.1 人为手工类采摘法 完全依靠果农进行手工采摘。采用这种方法,无论是从果实完整性上,还是优质果实的选择上都是最好的,但是由于果树比较高,每棵果树在采摘时都需要搭建人工扶梯,搭建人工扶梯不仅浪费时间,而且安全性也不高,需要的劳动量比较大,不适合大规模的生产。从生产成本方面来讲人为手工采摘也不适合现代农业的发展需求。

1.3.2 机械类旋转采摘法 在卡盘夹紧苹果后,卡盘旋转使苹果的果柄在旋转扭力的作用下扭断,从而达到摘取的目的。这种采摘方法具有简单、方便的特点,但是由于果实在成熟后比较软,枝干的柔韧性也相对较好,在使用旋转法采摘时会出现果实与枝干都被旋转下来的情况,有时还可能对果实完整性造成破坏,这些情况无法很好地解决,造成了这种旋转采摘法的局限性。

1.3.3 机械类直接下拉法 用卡盘夹紧果实后,卡盘直接下拉,利用下拉力使果实与枝干分离。这种方法相对比较快捷、高效,但是可能破坏果实完整性,同时也可能使枝干折断,无论是从后期运输及储藏角度还是果树损伤角度来讲都是不太适宜的。

1.3.4 机械类气吸采法 直接使用可吸气的采摘机,利用吸气产生的拉力吸取果实。这种方法高效、快捷、简单,但是存在着破坏果实完整性、损伤果树枝叶等问题。这些对果实后期运输及储藏都是不利的,同时对果树的生长也有不利影响。

1.3.5 机械类刀具采摘法 用卡盘夹紧果实后,利用卡盘上

自带的机械刀具对苹果的果柄进行切割,使之与枝干分离,刀具在没有夹紧时位于卡盘的夹层中(图2),这样可以保护果实不被破坏,保证了果实的完整性,同时使用刀具切割果柄对果树的伤害也降到了最小。这种方法不仅保证了果实的完整性,也提高了工作效率,具有高效、快捷、简单、安全等特点。

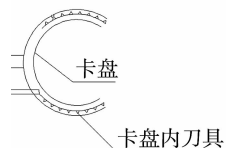


图2 卡盘内部结构

由于果实的完整性决定着果实的后期价值,因此对比以上4种机械类采摘方法,刀具采摘法是效果最佳的方法。

1.4 控制系统工作原理

由 PLC 控制采摘机器人的一系列动作。卡盘的圆形曲线形状根据苹果的形状设计而成,2个半圆卡盘之间的足够间隔分别由2个电机控制,用来夹紧苹果。在卡盘内部有 US5100 系列压力传感器,当果实被夹紧时力达到预设值,压力传感器给 PLC 发出信号,PLC 控制电机停止转动。此时 PLC 控制内部刀具出刀切割果柄,切割完成后收刀,同时物料收集装置移动到卡盘的正下方,卡盘松开,正常情况下苹果因重力作用自然下落进入物料收集装置的柔性网,通过柔性网减速缓冲使苹果慢慢进入存果箱中。为了防止果柄没有切割下来,在物料收集装置的网口加入一个 VRK-760 开关量传感器(图3),当果实下落经过网口传感器后,采摘机才会对下个果实进行切割,如果在设定时间内没有收到果实已经切割下来的信号,卡盘会对原果实进行再次夹紧,并且再次切割,直到采摘下来为止。

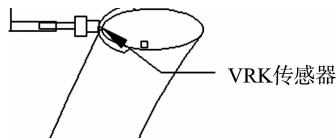


图3 物料收集装置接收网口

2 硬件设计

2.1 PLC 型号的选择及 I/O 地址分配

通过分析控制系统的工作原理,得到采摘机器人系统共需要 8 个输入端子,7 个输出端子。因此选用 S7-200 CPU224 PLC^[6]研制了一套符合采摘机器人操作要求的 PLC 控制装置,充分利用 PLC 资源,提高操作的安全性和效率性。S7-200 CPU224 PLC 有 14 输入/10 输出端子,因此既满足系统的使用要求,又利于以后的升级改造。

根据设定的控制方案及设备要求,建立现场控制元件与 PLC 编程元件的 I/O 地址分配关系如下:

I0.0:调节步进电机到摘取指定点,卡盘开始工作,准备夹紧。

I0.1:限位行程开关 1,表示卡盘已经张开到一定角度。

I0.2:US5100 系列的压力传感器,表示卡盘已经夹紧苹果,可以进行采摘。

I0.3:限位行程开关 2,用来控制内部刀具伸出长度。

I0.4:限位行程开关 3,用来控制内部刀具在进行切割时左右到达的位置。

I0.5:限位行程开关 4,用来控制在内部刀具收回到指定位置时柔性网前伸。

I0.6:限位行程开关 5,用来控制在柔性网前伸到达指定位置时,卡盘松开,果实下落。

I0.7:VRK-760 开关量传感器,用来检测果实是否被摘下,如果摘下,则进行下个采摘。

Q0.0:卡盘张开。

Q0.1:卡盘夹紧。

Q0.2:出内部刀具。

Q0.3:收内部刀具。

Q0.4:内部刀具切割。

Q0.5:柔性网前伸。

Q0.6:柔性网收回。

2.2 PLC 外部接线端子

根据 I/O 地址分配关系,得到如图 4 所示的系统外部接线端子图。

2.3 软件设计

根据控制要求,得到如图 5 所示的程序设计流程。

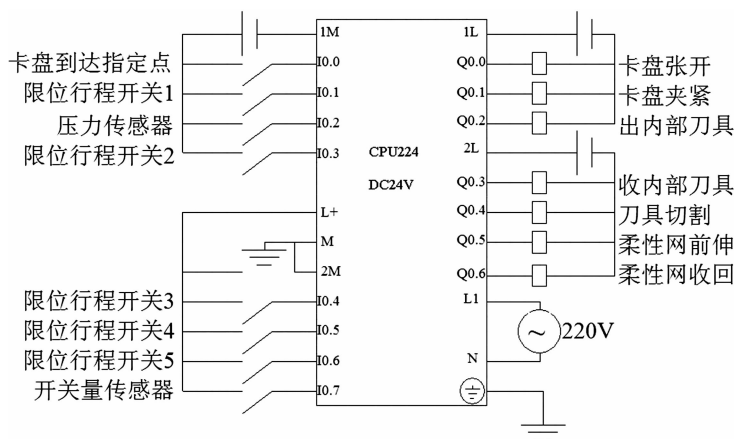


图4 外部接线端子

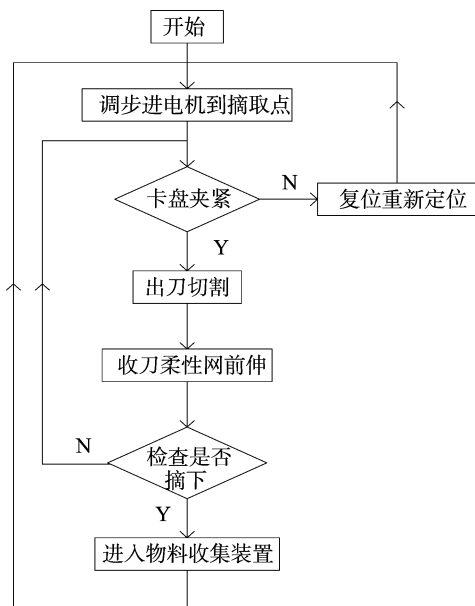


图5 程序设计流程

3 结束语

本研究利用西门子 S7-200 PLC 设计了一种苹果采摘机器人控制系统,以实现苹果采摘的全自动化控制,给出了苹果采摘机器人的总体结构,分析了苹果采摘机器人控制系统的工作原理,重点阐述了苹果采摘机器人的硬件及软件设计过程。

参考文献:

- [1] 王津京,赵德安,姬伟,等. 采摘机器人基于支持向量机苹果识别方法[J]. 农业机械学报,2009,40(1):148-151.
- [2] 刘兆祥,刘刚,乔军. 苹果采摘机器人三维视觉传感器设计[J]. 农业机械学报,2010,41(2):171-175.
- [3] 蔡健荣,孙海波,李永平,等. 基于双目立体视觉的果树三维信息获取与重构[J]. 农业机械学报,2012,43(3):152-156.
- [4] 蔡健荣,赵杰文,Rath T,等. 水果收获机器人避障路径规划[J]. 农业机械学报,2007,38(3):102-105.
- [5] 吕继东,赵德安,姬伟,等. 开放分布式苹果采摘机器人控制系统研究及实现[J]. 小型微型计算机系统,2012,33(2):289-292.
- [6] SIMATIC S7-200 可编程控制器系统手册[M]. 西门子公司,2007.