

玉米果穗自动考种系统设计与试验

吴 刚^{1,2} 陈晓琳^{1,2} 谢驾宇^{1,2} 郑永军^{1,2} 李伶俐^{1,2} 谭俊松^{1,2}

(1. 中国农业大学工学院, 北京 100083; 2. 中国农业大学现代农业装备优化设计北京市重点实验室, 北京 100083)

摘要: 目前玉米考种主要采用传统的手工考种和基于机器视觉的半人工考种。基于机器视觉的半人工考种是由人工来完成玉米果穗的摆放,通过机器视觉的方法来实现玉米果穗特征参数测量,测量完毕后由人工收集玉米果穗,缺点是半人工、非全自动,测量效率受人工操作时间限制。针对上述问题,为实现玉米果穗考种过程中性状信息的自动图像采集处理及自动称量,设计了一种玉米果穗自动考种系统,主要包括直线振动喂料机、横向定位传输机构、气动夹取搬运机构、图像采集平台、称量平台、推送机构、可编程控制器(PLC)和计算机8部分,来实现玉米果穗的自动喂料、自动排序、自动图像采集处理和自动称量等功能。在此基础上对机构及控制系统进行了样机试制,试验结果表明,样机对玉米果穗的夹取、搬运及放置位置准确,图像采集处理方法可行,样机一个工作周期在6 s以内,试验中,采用单相机时整穗的平均图像测量速度在600 ms/穗以内。样机整体性能能够满足考种使用要求。

关键词: 玉米; 果穗考种; 可编程控制器; 气压传动; 串口通信

中图分类号: TP271+.4 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-1298(2016)S0-0433-09

Design and Experiment of Automatic Variety Test System for Corn Ear

Wu Gang^{1,2} Chen Xiaolin^{1,2} Xie Jiayu^{1,2} Zheng Yongjun^{1,2} Li Linghui^{1,2} Tan Junsong^{1,2}

(1. College of Engineering, China Agricultural University, Beijing 100083, China

2. Beijing Key Laboratory of Optimized Design for Modern Agricultural Equipment, China Agricultural University, Beijing 100083, China)

Abstract: Currently, the mainly used corn ear variety test are traditional artificial way and semi-artificial way based on machine vision. Semi-artificial variety test needs people to complete ear of corn placement, then it got the feature extraction of corn ear by using machine vision technology, and the manual collection of corn ear was needed after completing the measurement. The disadvantages of this method were shown as below: semi-artificial, non-automatic, measurement efficiency restricted by manual. To solve these problems and achieve automatic image acquisition and automatic weighing during the process of corn ear variety test traits, an automatic variety test system for corn ear was designed. It included linear vibration feeder, positioned laterally transmission mechanism, pneumatic gripping eight transfer mechanism, image acquisition platform, weighing platform, push mechanism, programmable logic controller (PLC) and computer, which realized the aim of automatic feeding corn ear, automatic sorting, automatic image acquisition and automatic weighing. This project made a prototype trial on the basic. The results of experiment showed that the prototype trial worked well, it gripped and placed corn correctly, and the camera acquired images reliably. One working period costed less than 6 s and the measurement speed was up to 600 ms per ear using single camera. In general, the prototype meets the requirements of test species.

Key words: corn; variety test of ear; programmable logic controller; pneumatic transmission; serial communication

收稿日期: 2016-07-20 修回日期: 2016-08-10

基金项目: 公益性行业(农业)科研专项(201203026)和中央高校基本科研业务费专项资金项目(2015GX003)

作者简介: 吴刚(1977—),男,副教授,博士,主要从事机器视觉与机电一体化技术研究,E-mail: wugang@cau.edu.cn

通信作者: 郑永军(1973—),男,副教授,博士,主要从事机器视觉与测控技术研究,E-mail: zyj@cau.edu.cn

引言

玉米是我国主要粮食作物之一,其产量在食品、饲料等行业中一直备受关注。由于各地区玉米品种、栽培条件和自然气候的不同,影响玉米产量的因素也有很大差异。通过玉米考种,可分析在不同条件下的合理产量结构。同时,在玉米育种过程中,从自交系的选育到配制杂交种等过程中也要长时间进行考种,以便取得其经济性状数据,作为评定其优劣、决定取舍的依据。因此,玉米果穗考种对育种、田间测产、提高玉米产量具有重要意义。

玉米果穗在考种过程中需要测量的主要参数有穗长、穗粗、穗行数、行粒数、穗粒数和穗质量等。目前玉米果穗考种的方法主要有:传统的人工考种和基于机器视觉的半人工考种。传统的人工考种是利用人来测量玉米果穗参数,效率低,成本高,尤其在人眼疲劳的情况下会影响测量的准确性;基于机器视觉的半人工考种是由人工来完成玉米果穗的摆放,通过图像处理的方法来实现玉米果穗特征参数测量,测量完毕后由人工收集玉米果穗,缺点是半人工、非全自动,测量效率受人工操作时间限制。刘长青等^[1]利用步进电动机带动玉米果穗沿轴心线旋转,通过摄像头记录旋转图像,并对玉米果穗的穗长、穗宽、穗行数、穗行宽度和穗粒数等进行测量,测量准确度高,整穗的平均检测速度为 102 s/穗,其中图像采集时间为 80 s;柳冠伊等^[2]以线阵扫描方式获取玉米果穗表面圆周图像信息,其对穗粒数和穗行数的计数准确率分别为 94.6% 和 99.1%,单次玉米果穗的扫描时间为 30 s;王传宇等^[3]利用旋转测定台带动玉米果穗沿轴心线旋转,并以固定角度间隔通过双目相机拍摄 16 幅图像,图像的获取时间在 20 s 以内,其图像处理算法对穗粒数的计数平均准确率为 94.6%,穗行数平均准确率是 99.1%;周金辉等^[4]通过人工在蓝色背景板上摆放 5 穗玉米果穗,利用单面采集果穗图像来构建穗行数快速估算模型,实现穗行数及行粒数的零误差率达 93% 以

上,穗长、穗粗的测量精度达 95% 以上,测量速度达 30 穗/min 以上,此测量速度未包含玉米果穗的装卸时间,如以装卸 1 穗玉米果穗用时 2 s 计算,即测量速度为 4 s/穗左右;以上考种方式均需人工装卸玉米果穗,且需单独测量玉米果穗穗质量。肖伯祥等^[5]设计了一种玉米考种自动化流水线机构,主要包括果穗自动称量和果穗图像采集 2 个部分,并对系统的主要部件进行了虚拟建模和仿真,探讨了该玉米果穗考种流水线设计方案的可行性,为实现高精度、高效率的玉米考种作业提供实用工具和技术参考,但对玉米果穗的图像采集时间未作说明。

综上所述,玉米果穗的考种效率主要受人工装卸玉米果穗、图像采集方法和玉米果穗称量等因素限制。因此针对玉米果穗考种,本文设计一种自动化的玉米果穗考种机构及其软、硬件系统,用以实现准确、快速、高效的玉米果穗考种作业,为现代种业乃至农业信息化发展提供设备基础。

1 系统总体方案设计

根据玉米果穗考种指标,提出一种玉米果穗自动考种系统总体设计方案^[6-9],实现对未经脱粒机脱粒的玉米果穗自动喂料、自动排序并传输、自动图像采集处理和自动称量,主要包括直线振动喂料机、横向定位传输机构、气动夹取搬运机构、图像采集平台、称量平台、推送机构、可编程控制器 (PLC) 和计算机等,玉米果穗自动考种系统总体设计方案如图 1 所示,图中实线表示信息传递,虚线表示玉米果穗传送方向。

系统工作过程为:在 PLC 的控制下,首先玉米果穗通过直线振动喂料机向横向定位传输机构的首端自动喂料;然后在横向定位传输机构的作用下将玉米果穗进行横向定位(玉米果穗轴线沿着传送带传送方向),并将玉米果穗传送至横向定位传输机构的末端,经安装在该末端的光电开关检测后(光电开关检测到玉米果穗时,PLC 关闭直线振动喂料

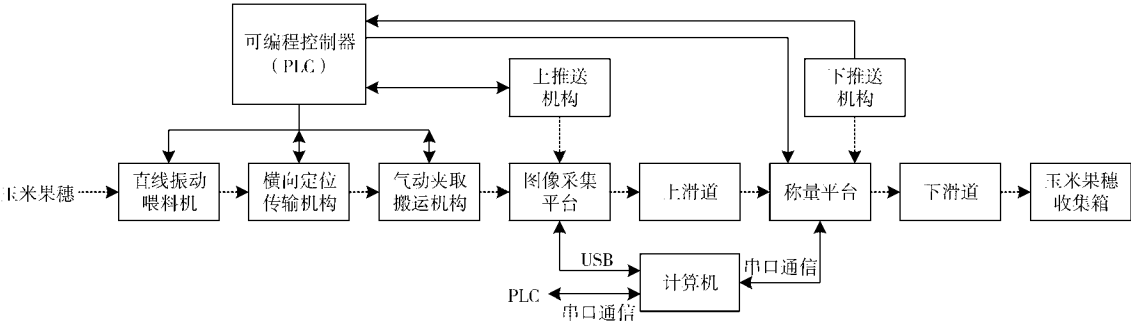


图 1 玉米果穗自动考种系统总体设计方案

Fig. 1 Overall design of automatic variety test mechanism for corn ear

机中振动电动机及横向定位传输机构中传送电动机,反之则启动上述电动机),由 PLC 控制气动夹取搬运机构将玉米果穗夹取并搬运至图像采集平台的透明玻璃板上,待气动夹取搬运机构返回初始位置后,PLC 经串口向计算机发送图像采集命令,计算机接收到该命令后控制 USB 接口工业相机进行玉米果穗图像采集,待图像采集完成后计算机通过串口向 PLC 发送图像采集完成信息并对所采集图像进行处理及测量,PLC 接收到图像采集完成信息后控制上推送机构将玉米果穗经上滑道推送至称量平台,称量平台检测到 PLC 允许称量触发信号并待其测量结果稳定后,将其称量数据通过串口传送至计算机并存储;最后计算机通过串口向 PLC 发送称量完成信息,PLC 接收后则控制下推送机构将称量后的玉米果穗推送至玉米果穗收集箱中,至此该玉米果穗检测完毕,再重复下一次。

2 系统机械结构设计

根据系统的总体设计方案,对系统机械结构利用 AUTODESK INVENTOR 2015 进行了三维设计及虚拟装配^[10],其系统整体机械结构三维装配图如图 2 所示,系统整机尺寸(长×宽×高)为 3 200 mm×580 mm×1 500 mm,其中直线振动喂料机(长×宽×高)为 1 400 mm×550 mm×900 mm,机构总占地面积约为 2 m²。

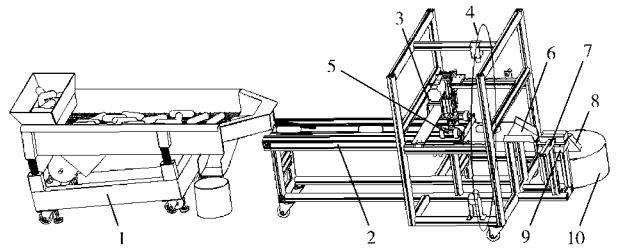


图 2 系统整体机械结构三维装配图

Fig. 2 Three-dimensional assembly drawing of overall system mechanical structure

1. 直线振动喂料机 2. 横向定位传输机构 3. 气动夹取搬运机构 4. 图像采集平台 5. 上推送机构 6. 上滑道 7. 下推送机构 8. 下滑道 9. 称量平台 10. 玉米果穗收集箱

2.1 直线振动喂料机

为了满足玉米果穗考种自动喂料的要求,设计了一种可自动喂料的直线振动喂料机。图 3 为直线振动喂料机结构图,主要包括储料斗、储料斗出口高度调节板、条状筛网、弹簧及振动电动机等部件。其中储料斗出口高度为 75 mm,以实现玉米果穗单层化;喂料机出口形状为梯形,其内径尺寸为:下底长 75 mm、上底长 115 mm、高 75 mm,即仅允许单穗玉米果穗沿其轴向从出口喂料。

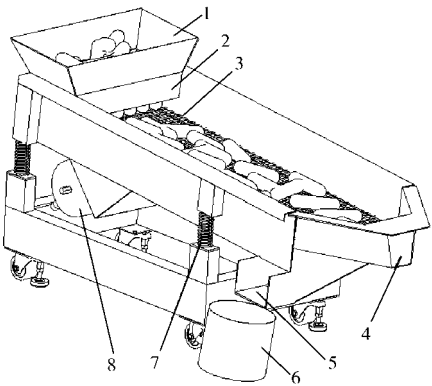


图 3 直线振动喂料机结构图

Fig. 3 Structure chart of linear vibratory feeding machine

1. 储料斗 2. 储料斗出口高度调节板 3. 条状筛网 4. 喂料机出口 5. 杂质出口 6. 杂质收集箱 7. 弹簧 8. 振动电动机

2.2 横向定位传输机构

为了实现玉米果穗沿其轴线传输且在传输过程中防止其滚动,设计了一种横向定位传输机构。图 4 为横向定位传输机构结构图,主要包括导流板、传送胶带、传送电动机、同步带轮和同步齿形带等部件。其中导流板间的最小距离为 75 mm;两传送胶带间留有 15 mm 的定位间隙,即在导流板的作用下玉米果穗沿轴线方向固定在定位间隙中,可有效避免玉米果穗在传输过程中发生滚动,为后续夹取动作的准确性提供保障。

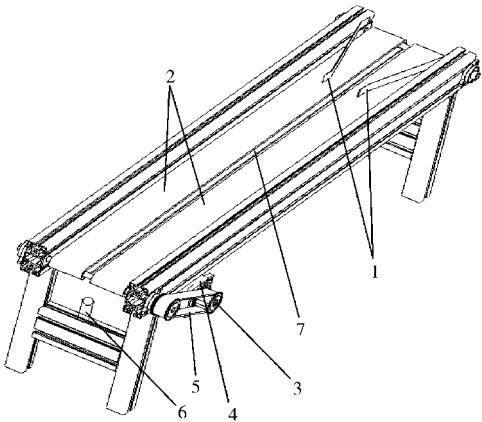


图 4 横向定位传输机构结构图

Fig. 4 Structure chart of lateral positioning transferring mechanism

1. 导流板 2. 传送胶带 3. 同步带轮 4. 传送电动机 5. 同步齿形带 6. 光电开关 7. 定位间隙

2.3 气动夹取搬运机构

为了满足系统自动夹取玉米果穗并放置于图像采集平台的要求,设计了一种气动夹取搬运机构。图 5 为气动夹取搬运机构结构图,主要包括齿轮、移动电动机、提升气缸、横梁、滑座、导轨、宽型气爪、气爪延长片和齿条等部件。其中提升气缸行程为 100 mm;为防止玉米果穗在夹取过程中发生损伤或

滑动,气爪延长片内侧粘贴有硅胶板,宽型气爪开闭行程范围为35~75 mm。为了减少气动夹取搬运机构对机架的冲击作用以及实现首、末端准确定位,在左、右接近开关外侧分别安装有液压缓冲器。

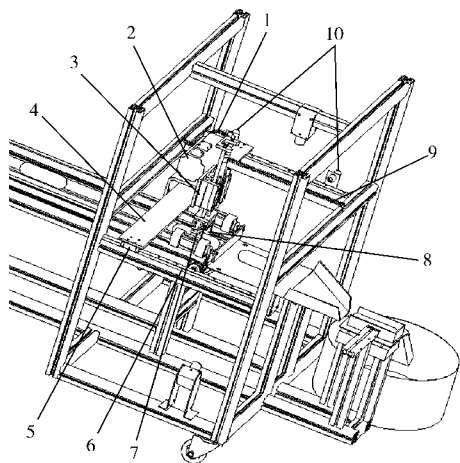


图5 气动夹取搬运机构结构图

Fig.5 Structure chart of pneumatic gripping and transporting mechanism

1. 齿轮 2. 移动电动机 3. 提升气缸 4. 横梁 5. 滑座 6. 导轨 7. 宽型气爪 8. 气爪延长片 9. 齿条 10. 接近开关

2.4 图像采集平台

为了满足玉米果穗考种系统自动采集图像的要求,设计了一种可安装3台工业相机的图像采集平台。图6为图像采集平台结构图,主要由3台USB工业相机和透明玻璃板组成。3台工业相机安装于机架上,且3台工业相机在同一圆周并两两相隔 120° ,其中1号工业相机(主相机)安装于玉米果穗正上方,拍摄距离为 $L=500\text{ mm}$;当仅采用主相机进行图像采集时,可将透明玻璃板更换为背景板。同时,为了避免玉米果穗被放置于图像采集平台后发生滚动,通过调整提升气缸上的液压阻尼器及玻璃板或背景板的安装高度,在放置玉米果穗时,使其底面距离玻璃板或背景板高度差在3 mm以内。

经统计,玉米果穗平均穗粗 D 约为50 mm,穗行平均宽度 d 约为10 mm。如图6所示,玉米果穗被置于图像采集平台后其最大横向位移量 $l_{OO'}$ 为 $d/2$, $l_{AO}=l_{BO}=l_{EO}=L-D/2$, $\angle COB=\angle DOE=30^\circ$, $l_{CB}=l_{DE}=l_{BO}\sin\angle COB$, $l_{CO}=l_{DO}=l_{BO}\cos\angle COB$, $l_{CO'}=l_{CO}+l_{OO'}$, $\angle CO'B=\arctan(l_{CB}/l_{CO'})$, $l_{DO'}=l_{DO}-l_{OO'}$, $\angle DO'E=\arctan(l_{DE}/l_{DO'})$,则主相机1、辅助相机2和辅助相机3的光轴与玉米果穗轴心的最大偏角 α 、 θ 、 β 计算式分别为

$$\alpha = \arctan(l_{OO'}/l_{AO}) = 0.6031^\circ \quad (1)$$

$$\theta = \angle COB - \angle CO'B = 0.2988^\circ \quad (2)$$

$$\beta = \angle DO'E - \angle DOE = 0.3043^\circ \quad (3)$$

根据以上分析,在满足装配精度的条件下,玉米

果穗能够保持在与3台工业相机光轴的垂直线上,为后续的机器视觉测量提供保障。

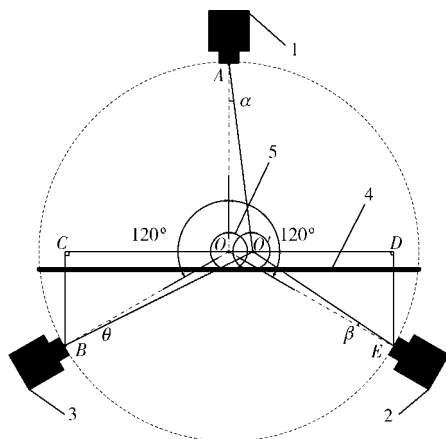


图6 图像采集平台结构图

Fig.6 Structure chart of image acquisition

1. USB工业相机(主相机) 2、3. USB工业相机(辅助相机)
4. 透明玻璃板 5. 玉米果穗

2.5 其他机构

称量平台主要由称量装置和秤盘组成。秤盘为矩形,尺寸为 $300\text{ mm} \times 75\text{ mm}$,每次仅能容纳单穗玉米果穗进行称量。

推送机构包括上推送机构和下推送机构。称量平台和推送机构结构如图7所示。

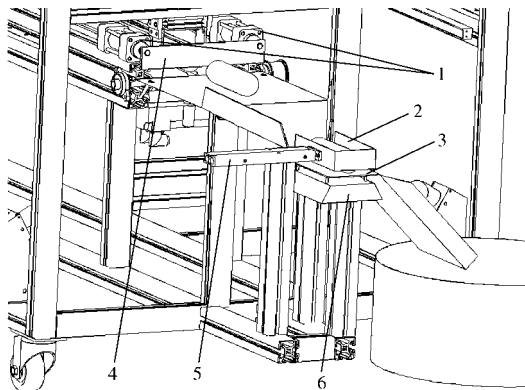


图7 称量平台和推送机构结构图

Fig.7 Structure chart of weighing platform and pushing mechanism

1. 上推送气缸 2. U型推板 3. 秤盘 4. 推板 5. 下推送气缸
6. 称量装置

上推送机构由上推送气缸、推板和上滑道等部件组成,实现玉米果穗从图像采集平台经由上滑道推送至称量平台。上滑道末端收口处宽度为75 mm,以保证单个玉米果穗沿轴线方向进入称量平台。同时,上滑道与水平面呈 15° 角,能够有效避免因玉米果穗进入称量平台速度过快而导致掉粒和称量时间延长等现象的发生;下推送机构包含有下推送气缸、U型推板和下滑道等部件,实现称量平台玉米果穗经由下滑道进入玉米果穗收集箱的自动推

送功能。U 型推板内壁尺寸与秤盘尺寸相同,推板高度为 20 mm,U 型推板位于秤盘正上方 10 mm 处(悬空),以便于玉米果穗从称量平台进入下滑道。下滑道与水平面夹角为 45°,下滑道上沿宽度为 300 mm,且安装高度略低于秤盘表面,使得玉米果穗能快速进入果穗收集箱。

3 控制系统设计

3.1 PLC 控制系统设计

PLC 型号为西门子 CPU226 DC/DC/DC,其输入输出点配置如表 1 所示,硬件接线图如图 8 所示,其中接近开关、光电开关为 NPN 型。

表 1 PLC 输入、输出点配置
Tab.1 PLC input and output points configuration

输入、输出点	信号	说明	输入、输出状态	
			ON	OFF
I0.0	START	启动按钮	有效	无效
I0.1	STOP	停止按钮	有效	无效
I0.2	RESET	复位按钮	有效	无效
I0.3	CEMG	紧急停止按钮	有效	无效
I0.4	SEN1	传输机构末端漫反射光电开关	有效	无效
I0.5	SEN2	提升气缸上磁性开关(缩回位)	有效	无效
I0.6	SEN3	提升气缸下磁性开关(伸出位)	有效	无效
I0.7	SEN4	上推送气缸左磁性开关(缩回位)	有效	无效
I1.0	SEN5	上推送气缸右磁性开关(伸出位)	有效	无效
I1.1	SEN6	下推送气缸前磁性开关(伸出位)	有效	无效
I1.2	SEN7	下推送气缸后磁性开关(缩回位)	有效	无效
I1.3	SEN8	下推送气缸左接近开关(伸出位)	有效	无效
I1.4	SEN9	下推送气缸右接近开关(缩回位)	有效	无效
Q0.0	START-HL	启动指示灯	有效	无效
Q0.1	STOP-HL	停止指示灯	有效	无效
Q0.2	RESET-HL	复位指示灯	有效	无效
Q0.3	ALM-HL	报警指示灯	有效	无效
Q0.4	M1	直线振动喂料机振动电动机	启动	停止
Q0.5	M2	横向定位传输机构传送电动机	启动	停止
Q0.6	M3	气动夹取搬运机构移动电动机	启动	停止
Q0.7	YV1	提升气缸电磁阀	伸出	缩回
Q1.0	YV2	宽型气爪电磁阀	闭合	开启
Q1.1	YV3	上推送气缸电磁阀	伸出	缩回
Q1.2	YV4	下推送气缸电磁阀	伸出	缩回
Q1.3	TRIG-SIG	称量触发信号	有效	无效

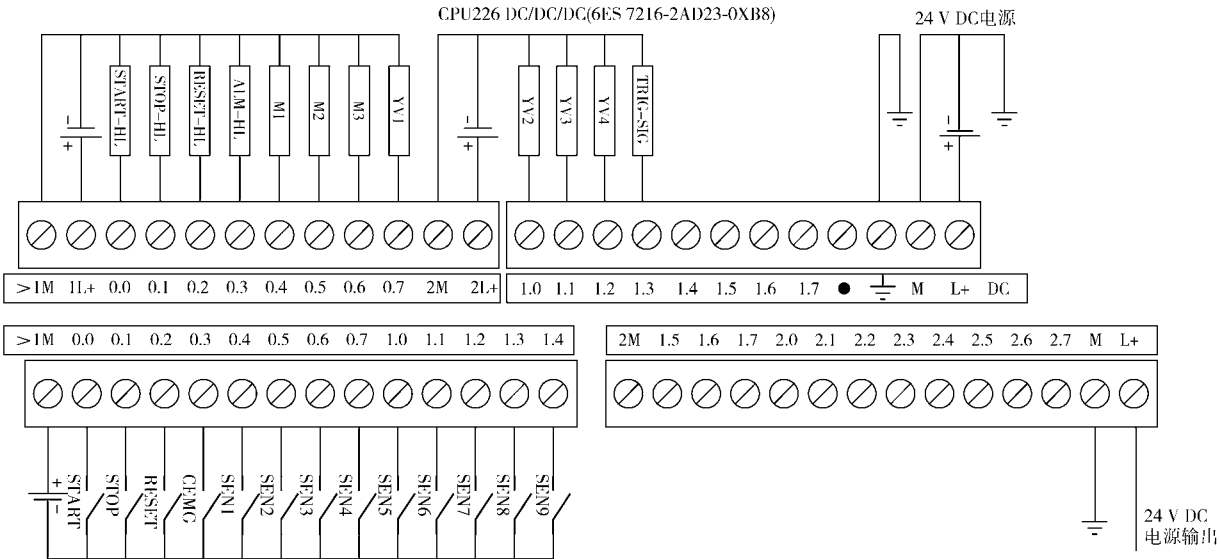


图 8 PLC 硬件接线图
Fig. 8 PLC hardware wiring diagram

3.2 气压传动控制系统设计

玉米果穗自动考种系统中,气压传动控制系统主要由空气压缩机、过滤调压阀、提升气缸、宽型气爪、上推送气缸、下推送气缸、二位五通电磁换向阀等部件组成。其中空气压缩机功率为 780 W,额定压力为 0.7 MPa,储气罐容积为 36 L。气压传动回路如图 9 所示。

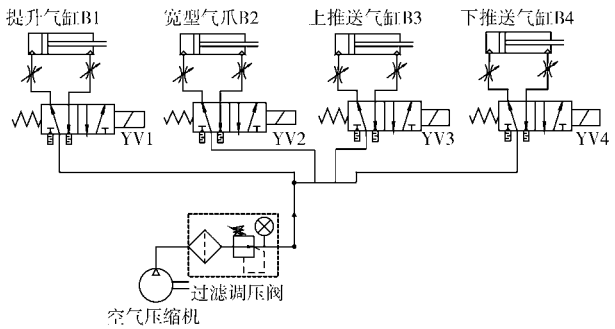


图 9 气压传动回路

Fig. 9 Pneumatic drive circuit

PLC 通过控制二位五通电磁换向阀的通断状态,进而控制各气缸活塞杆运动状态,实现玉米果穗自动考种过程中果穗的自动夹取、放置和推送功能。

3.3 称量系统设计

称量系统主要由单片机 STC89C52、A/D 转换器 HX711 和平行梁称量传感器等组成。称量系统

如图 10 所示。其中平行梁称量传感器量程为 1 kg,灵敏度(1.0±0.1)mV/V;HX711 为 24 位 A/D 转换器芯片。

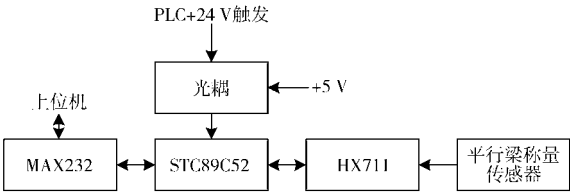


图 10 称量系统原理图

Fig. 10 Principle diagram of weighing system

4 系统软件流程

4.1 Modbus 通信协议

在自动考种系统中,PLC、计算机及称量平台之间的信息交互方式采用串口通信^[11]。串口配置为:波特率 9 600 位/s,数据位 8 位,停止位 1 位,校验位 N。指令串的格式采用文本字符的 MODEBUS-ASCII 模式,采用 LRC 校验。表 2 为自动考种系统中串口指令格式表,其中 PLC、计算机和称量平台设备编号分别为:“0x10”,“0x20”,“0x30”;指令中,“0x03”代表读数,“0x06”代表写数,“读”时,数据段为空;LRC 校验是将冒号后至 LRC 前的所有十六进制数值求和,忽略进位,并取 2 的补码;数据段中数据格式如表 3 所示。

表 2 串口指令格式

Tab. 2 Serial command format

帧内容	:	ID	FN	AddrH/L	LEN	Data1	Data2	...	Datan	LRC	CR	LF
注释	冒号	设备编号	指令	单元/地址	数据长度	数据段(每数据 2 个字节)				校验	回车符	换行符
字节数	1	1×2	1×2	2×2	1×2	N×2				1×2	1	1

表 3 Modbus 通信数据段格式

Tab. 3 Modbus communication data segment format

地址	名称	读写类型	内容
\$ 1000	图像采集允许位	读/写	Bit0: 0/1
	图像采集完成位	读/写	Bit1: 0/1
	称量完成位	读/写	Bit2: 0/1
	Bit3 ~ Bit15: 备用		
\$ 1002	果穗质量信息	读/写	果穗质量 0 ~ 999.9 g

4.2 PLC 控制流程

PLC 控制流程图如图 11 所示,通过改变继电器的通断状态实现振动电动机、传送电动机启停控制,以及移动电动机的启停和换向控制;通过改变气压传动系统中二位五通电磁换向阀的通断状态,控制提升气缸、宽型气爪、上推送气缸、下推送气缸的运动状态。在流程图 11 中,系统复位过程及复位后各部分状态为:气动夹取搬运机构返回至行程首端;上推送气缸推送一次后返

回至行程末端,经延时 1 s 后,下推送气缸推送一次并返回至行程末端;上、下推送气缸推送完成标志位均置 1;提升气缸返回至行程末端;宽型气爪开启至最大行程;另 PLC 通过各部分运动状态来实现系统动作之间的互斥,以避免系统工作过程紊乱。

4.3 上位机软件流程

上位机软件流程图如图 12 所示,计算机通过串口通信与 PLC、称量平台之间通信连接,完成自动考种系统对玉米果穗的自动图像采集、处理及自动称量功能,实现玉米果穗考种过程中性状信息及果穗穗重的自动记录。

4.4 称量平台软件流程

称量平台软件流程如图 13 所示,通过与计算机之间的串口通信,完成自动考种系统自动称量功能。当检测到 PLC 允许称量的外触发信号后,首先

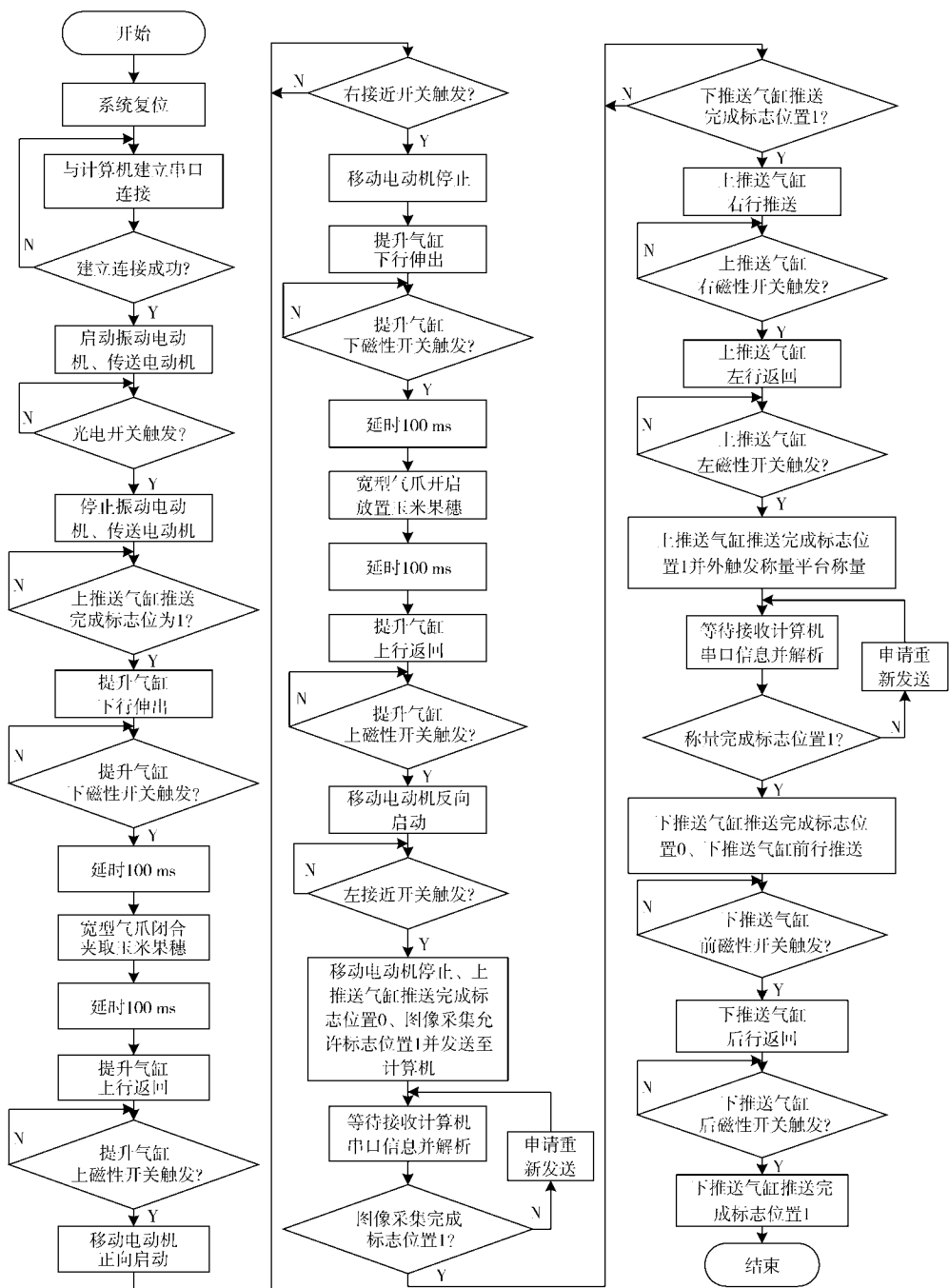


图 11 PLC 控制流程图

Fig. 11 Flow chart of PLC control

通过首次采样值 $G(0)$ 是否大于 40 g 来判断玉米果穗是否进入称量平台的托盘中,如果满足,经延时 500 ms 后,每间隔 100 ms 进行 1 次采样,共采样 3 次,当且仅当 3 次采样相邻质量数据间差值小于 2 g 时称量完成,即 $|G(2) - G(1)| < 2\text{ g}$ 且 $|G(1) - G(0)| < 2\text{ g}$,否则重新称量,取其 3 次质量值的平均值作为玉米果穗质量,精度为 0.1 g,同时向计算机发送玉米果穗质量信息。

5 试验与分析

采用铝合金型材对自动考种系统的主体结构进

行了样机搭建,并进行了控制试验,其样机实物图如图 14 所示,样机能够稳定运行,对玉米果穗的夹取、搬运及放置位置准确,图像采集处理方法可行,样机一个工作周期在 6 s 以内。试验中,采用单相机时整穗的平均图像测量速度在 600 ms/穗以内,能够满足考种设备使用需求。

分析试验结果,系统可通过增加样机的横向定位传输机构、宽型气爪和称量平台等的数量来提高玉米果穗处理的吞吐量,但需相应的机器视觉测量方法与之对应。样机的电动机为普通交流电动机,如采用控制类电动机,则一个工作周期可在 4 s 以

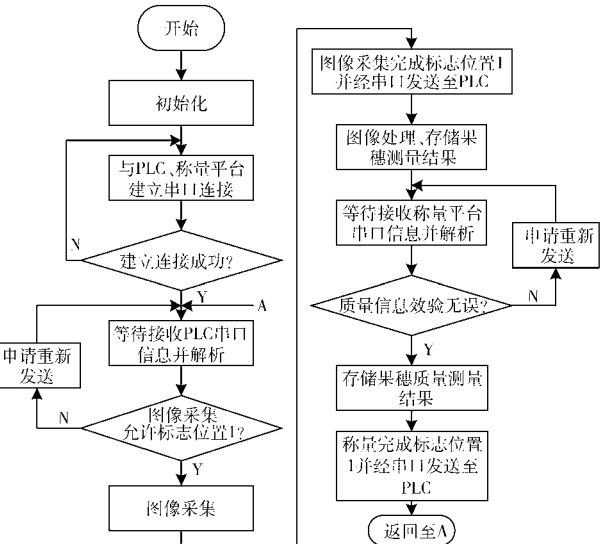


图 12 上位机软件流程图

Fig. 12 Flow chart of software

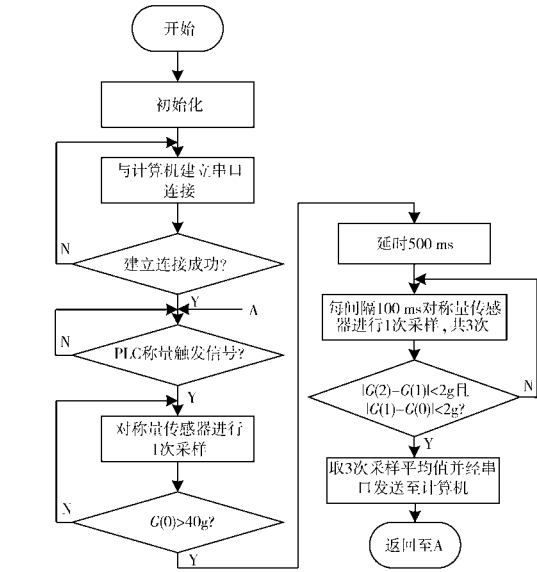


图 13 称量平台软件流程图

Fig. 13 Flow chart of weighing platform software

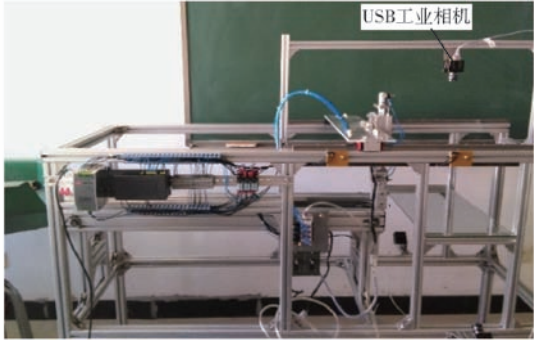


图 14 样机实物图

Fig. 14 Prototype outward

内。3 台 USB 工业相机采集到的图像如图 15 所示，机器视觉测量时以主相机为主，其他 2 台相机为辅。



(a) 主相机图像



(b) 辅助相机2图像



(c) 辅助相机3图像

图 15 图像采集结果

Fig. 15 Image acquisition results

6 结束语

为实现玉米果穗考种过程中性状信息的自动图像采集处理,设计了一种玉米果穗自动考种系统,实现了玉米果穗的自动喂料、自动排序、自动图像采集处理和自动称量功能,并在此基础上对机构做了样机试制,以试验的方式探讨了该玉米果穗自动考种系统机构设计方案的可行性。样机试验中,玉米果穗自动考种系统可按预期目标实现玉米果穗的自动喂料、自动排序、自动图像采集处理和自动称量。样机能够稳定运行,对玉米果穗的夹取、搬运及放置位置准确,图像采集处理方法可行,样机一个工作周期在 6 s 以内,试验中,采用单相机时整穗的平均图像测量速度在 600 ms/穗以内。样机整体性能能够满足考种使用要求,为现代种业乃至农业信息化发展提供了设备基础。

参 考 文 献

1 刘长青,陈兵旗. 基于机器视觉的玉米果穗参数的图像测量方法[J]. 农业工程学报,2014,30(6):131-138.
LIU Changqing, CHEN Bingqi. Method of image detection for ear of corn based on computer vision[J]. Transactions of the CSAE,

- 2014,30(6):131–138. (in Chinese)
- 2 柳冠伊,杨小红,白明,等. 基于线阵扫描图像的玉米果穗性状检测技术[J]. 农业机械学报,2013,44(11):276–280.
LIU Guanyi, YANG Xiaohong, BAI Ming, et al. Detecting techniques of maize ear characters based on line scan image[J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery,2013, 44(11): 276–280. (in Chinese)
 - 3 王传宇,郭新宇,吴升,等. 采用全景技术的机器视觉测量玉米果穗考种指标[J]. 农业工程学报,2013,29(24):155–162.
WANG Chuanyu, GUO Xinyu, WU Sheng, et al. Investigate maize ear traits using machine vision with panoramic photography [J]. Transactions of the CSAE,2013,29(24):155–162. (in Chinese)
 - 4 周金辉,马钦,朱德海,等. 基于机器视觉的玉米果穗产量组分性状测量方法[J]. 农业工程学报,2015,31(3):221–227.
ZHOU Jinhui, MA Qin, ZHU Dehai, et al. Measurement method for yield component traits of maize based on machine vision[J]. Transactions of the CSAE, 2015, 31(3): 221–227. (in Chinese)
 - 5 肖伯祥,王传宇,郭新宇,等. 玉米考种自动化流水线结构设计及仿真[J]. 系统仿真学报,2015,27(4):913–919.
XIAO Boxiang, WANG Chuanyu, GUO Xinyu, et al. Automatic pipelining mechanism design for maize ear analysis[J]. Journal of System Simulation,2015,27(4):913–919. (in Chinese)
 - 6 HAUSMANN N J, ABDAIE T E, COOPER M, et al. Method and system for digital image analysis of maize: US. WO2009023110 (A1)[P]. 2009–02–19.
 - 7 北京农业信息技术研究中心. 一种滚动式玉米考种装置: 中国, 202889908U [P]. 2012–11–13.
 - 8 北京农业信息技术研究中心. 一种便携式多果穗玉米考种装置: 中国, 202998804U [P]. 2012–12–20.
 - 9 北京农业信息技术研究中心. 高通量玉米考种流水线装置及方法: 中国, 201310275006.5 [P]. 2013–10–23.
 - 10 马茂林,毕梦飞. Autodesk Inventor 2015 官方标准教程[M]. 北京:电子工业出版社,2015.
 - 11 郑阿奇. 施耐德 PLC 应用技术[M]. 北京:电子工业出版社,2011.