

PLC 在自动嫁接机控制系统中的应用

赵金英 张铁中

(中国农业大学 工学院,北京 100083)

摘要 针对传统 PC 机或单片机控制系统在自动嫁接机控制过程中对工作环境要求高,可靠性低,对操作人员技术要求高,推广性差等问题,提出将 PLC 作为控制器用于自动嫁接机控制系统。介绍了该自动嫁接机系统总体设计、控制系统设计,以及驱动装置与执行机构动作的编程实现。样机实验结果表明,基于 PLC 控制的自动嫁接机的嫁接速度可达 1 200~1 380 株/h,与采用单片机控制的自动嫁接机相比,工作效率提高了 1 倍多。

关键词 自动嫁接机; PLC; 控制系统

中图分类号 TP 273

文章编号 1007-4333(2004)06-0053-03

文献标识码 A

Application of PLC to control system of automatic grafting machine

Zhao Jinying, Zhang Tiezhong

(College of Engineering, China Agricultural University, Beijing 100083, China)

Abstract As a traditional PC or SCM system had the features of a strict working condition, a skill manipulator, and poor reliability, we adopted a PLC as a controller in an automatic grafting machine. The overall design of an automatic grafting machine, the design of a PLC control system, as well as the programming realizations of the driving and executing devices were introduced in this paper. The experimental results from a sample machine showed that the engrafting rate of the automatic grafting machine base on PLC reached 1 200 to 1 380 plants per hour. Compared with a traditional grafting machine, the work efficiency was increased by 100%.

Key words automatic grafting machine; PLC; control system

自动化嫁接技术是集机械、自动控制与园艺技术于一体的高新技术^[1]。对于自动嫁接机的控制,国内采用的是 PC 机或单片机系统,国外多为 PLC 或 8 位单片机。由于嫁接作业环境比较恶劣,要使机器做到稳定、快速、准确的工作,其控制系统必须具有较高的可靠性。PC 机和单片机系统存在着诸如对工作环境要求高、抗干扰能力弱、工作可靠性低、对操作人员的技术要求高、推广性差等缺点^[2],而 PLC 有以下优点:1) 输入信号可以直接为按钮或接触开关;2) 输出口带负载能力强,可直接驱动电磁阀或继电器,扩展后还可以驱动各种电机;3) 系统连线简单,省去了众多的触点控制环节;4) 通用性强,可靠性高,环境适应性好;5) 支持多种编程语言,如指令表、梯形图及 SFC(sequential function chart);6) 操

作容易,可维修性好,开发周期短;7) 控制步进电机的稳定性高。基于此,笔者开发了以 PLC 为控制器的嫁接机,通过程序控制步进电机、气缸、传感器及摆动马达等工作部件,实现连续作业,提高工作效率。

1 自动嫁接机系统总体设计

嫁接机主要由嫁接机本体、控制器及传感系统等组成^[3],其结构框架见图 1。

1.1 嫁接机本体

自动嫁接机本体主要由 4 大部分组成:2 个输苗盘及使 2 个苗盘转动的电机构成的嫁接苗搬送系统;用于砧木和穗木切削的 2 个切苗装置;用于将切割后的砧木和穗木固定在一起的送夹机构和用于排

收稿日期:2004-06-22

基金项目:国家高技术研究发展计划资助项目(2001AA422300)

作者简介:赵金英,博士研究生;张铁中,博士生导师,教授,主要从事生物生产自动化和农业机器人的研究,E-mail:zhangtz@cau.edu.cn

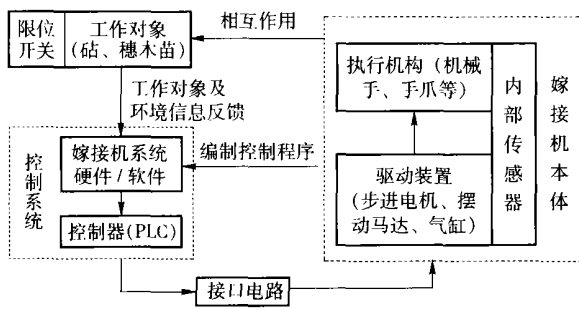


图1 自动嫁接机系统结构框图

Fig. 1 Configuration of an automatic grafting machine system

出嫁接苗的排苗输送带。苗盘上设计了4个工位,每一工位设计1个手爪用来完成砧、穗木的抓取搬运工作,其中手爪的伸缩由直动气缸控制,苗盘的转动由步进电机控制。根据嫁接操作的要求,砧木需要单子叶斜切,穗木也需斜切,因此砧、穗木切削机构相似,主要由切削刀杆、摆动马达轴、弹簧、切削机构支架和切削支撑机构等组成。嫁接机的自动送夹机构主要由推夹气缸、推送杆、滑块等组成^[4]。

1.2 嫁接机系统的工作原理

当检测开关检测到供苗台上有苗时,抓取搬运机械手在直动气缸的作用下同时伸出,取苗,回缩;此时步进电机转90°到达切削位置,在摆动马达的控制下完成苗的斜切(砧、穗木苗的切削同时进行),然后步进电机转90°到达砧、穗木苗的结合位置。夹有切削苗的机械手在气缸的作用下伸出,同时送夹装置将塑料夹子从供夹筒中推出并保持张开状态至穗木和砧木的贴合位置,然后夹子闭合将砧木和穗木固定在一起,完成苗的嫁接作业。由于此嫁接机设计了4个工位,安装了4个机械手,当前面的机械手从事下步嫁接操作时,后面的机械手重复前面机械手的上一个动作,从而形成连续作业,构成操作时间上的重叠,达到提高嫁接速度和效率的目的。

1.3 控制系统的要求

在蔬菜自动嫁接的过程中,由控制器统一协调嫁接机各执行机构所要完成的动作。对控制器的要求是,性价比高、可靠性好、易于扩展,并且有良好的开发环境。嫁接机中所要控制的对象主要是气缸和步进电机。由于气缸受电磁换向阀的控制,因此嫁接机控制系统首先要控制电磁换向阀按预定的时序开闭,从而完成嫁接过程。若考虑嫁接机机构的运作特点,控制系统还应具有简单的数据处理功能。此外,控制系统还应能控制嫁接机的开启、暂停、高

低速转换、状态指示、停止等。

2 PLC控制系统的设计

嫁接机控制系统的硬件主要由PC机及外部设备组成。软件部分主要涉及系统程序、应用程序和编程语言。PLC支持的FX系列编程语言有指令表、梯形图以及SFC。SFC是一种先进的设计方法,具有很好的通用性和规范性,使用它可以节约大量的系统开发时间,提高开发效率^[2]。

PLC在系统中的主要功能是协调各子系统按照嫁接要求进行工作,因此,它既要完成各种逻辑控制,还要进行系统的监控。图2为自动嫁接机控制系统示意图。

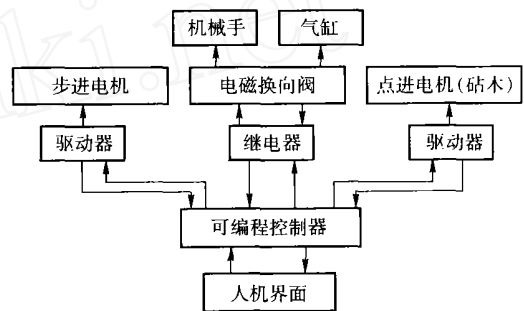


图2 自动嫁接机控制系统示意图

Fig. 2 Schematic diagram of automatic grafting machine control system

2.1 输入/输出点的分配

PLC外部有信号输入端子和输出端子,在可编程控制器内部,与这些输入、输出端子相连的分别是输入继电器和输出继电器。输入、输出继电器的编号是由基本单元开始的,按连接顺序分配8进制数码(例如:X/Y000~X/Y007 X/Y010~X/Y017... X/Y070~X/Y077 X/Y100~X/Y107...)。信号输入端子是可控编程器从外部开关接收信号的窗口,分别接入开关等控制元件;信号输出端子是可控编程器向外部负载发送信号的窗口,分别接入电机、气缸、机械手等执行元件。控制系统中主要输入/输出点分配见表1。

2.2 驱动装置及执行机构的控制

2.2.1 步进电机的控制 自动嫁接机的2个苗盘是由步进电机驱动的,对苗盘转动的控制,就是对步进电机转动的控制。步进电机是一种将电脉冲信号转换成角位移的控制电机,具有定位精度高、控制简单等优点^[5]。本设计中步进电机采用北京四通电机公司生产的57系列的两相混合式步进电机,驱动

表 1 控制系统中主要输入/输出点的分配

Table 1 Distributions of Input/Output in the control system

名称	对应点	对应部件
输入继电器 X	X000	手动开关
	X001	行程开关
	X010	复位开关
输出继电器 Y	Y000	穗木步进电机脉冲信号
	Y001	砧木步进电机脉冲信号
	Y010	步进电机方向信号
	Y011	摆动马达
	Y012	送夹直缸
	Y020	砧木预夹机械手
	Y030	砧木、穗木取苗气缸
	Y031	机械手 1
	Y032	机械手 2
	Y033	机械手 3
	Y034	机械手 4
	Y035	砧木、穗木结合气缸

器采用该公司的 SH-20806CN 型两相混合式步进电机驱动器。要实现的功能是：当砧、穗木机械手分别夹有苗时圆盘转动，转动 90°后停止。重复这一过程，即可实现连续工作。当没有苗，或只是砧或穗木中的一个有苗时，圆盘不会转动。步进电机的转动是由输入的脉冲产生的。FX2N 系列 PLC 的脉冲输出指令有 PLS Y 和 PLS R。

先后采用 PLS Y 和 PLS R 进行实验，结果发现：用 PLS Y 时圆盘运动不够稳定，在停止的瞬间，冲击较大，有时造成步进电机被圆盘惯性带动而多转 1 步（0.9°，步进电机步长）的现象，当多次转动后，由于转动误差累积，使圆盘偏离预定角度很大，根本无法适应工作要求。改用 PLS R 后，效果明显改善，连续转动也不会出现多步或失步现象。

2.2.2 机械手、气缸的控制 自动嫁接机系统中用到的机械手和直动气缸比较多，由于它们在不同位置时的动作不一样，因此机械手与直动气缸的控制比较复杂。机械手、直动气缸受电磁换向阀的控制，嫁接机中用到的电磁阀为二位四通电磁换向阀。PLC 的输出形式为继电器输出。通电状态下，继电器的常开触点闭合，各机械手作相应动作。

3 PLC 控制系统的编程

嫁接机控制程序包括主程序和计数器子程序。主程序控制圆盘、气缸和机械手；子程序控制由于掉电或断电而导致停机后的重新启动。嫁接机控制系统流程见图 3。

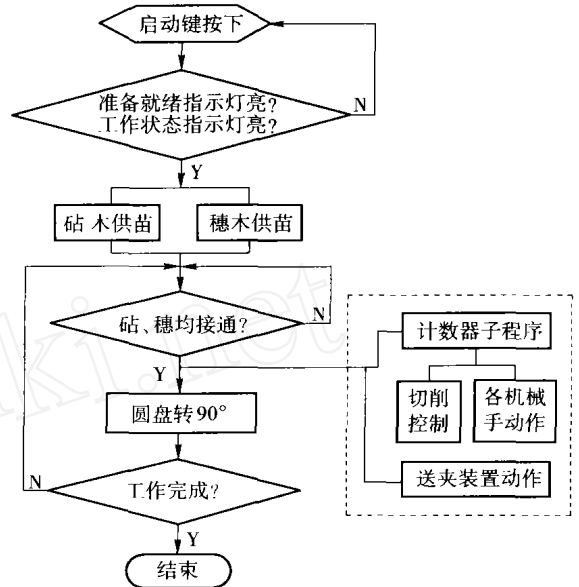


图 3 自动嫁接机控制系统流程图

Fig. 3 Flow chart of automatic grafting machine control system

采用三菱公司开发的 SWOPC-FXGP/ WIN-C 软件进行编程。在该软件环境中，可以通过线路符号、列表语言及 SFC 符号来创建顺控指令程序，建立注释数据及设置寄存器数据。将存储在计算机中的顺控程序通过数据传输线发送到可编程控制器中，此过程中 PLC 必须停止运行，也就是说必须保证程序在 RAM 或 EE-PROM 内存保护关断的情况下写出。值得注意的是，连接计算机的 RS232C 端口与 PLC 之间必须用指定的缆线及转换器。

由于圆盘的转动惯量比较大，而且机械传动过程中存在误差，使得圆盘不能完成预定的转角；再加上嫁接过程是连续作业，随着运转次数的增多，肯定会造成误差积累，在程序中必须予以校正。校正的办法是在循环过程中对控制砧木、穗木苗盘的步进电机加以适当的脉冲补偿。

4 结束语

将 PLC 作为控制器用于自动嫁接机控制系统，
(下转第 84 页)

- overview and recent developments[J]. *Computer Methods Appl Mech Engrg*, 1996, 139: 3 ~ 47
- [2] Belytschko T, Lu Y Y, Gu L. Element-free Galerkin methods[J]. *Int J Numer Methods Engrg*, 1994, 37: 229 ~ 256
- [3] Nayroles B, Touzot G, Villon P. Generalizing the finite element method: diffuse approximation and diffuse elements[J]. *Comput Mech*, 1992, 10: 307 ~ 318
- [4] Belytschko T, Gu L, Lu Y Y. Fracture and crack growth by element-free Galerkin method [J]. *Model Simul Mater Sci Engrg*, 1994, 2: 519 ~ 534
- [5] Sukumar N, Moran B, Belytschko T. The natural element method in solid mechanics[J]. *Int J Numer Meth Engrg*, 1998, 43: 839 ~ 887
- [6] Sukumar N, Moran B, Semenov A Y, Belikov V V. Natural neighbour Galerkin methods [J]. *Int J Numer Meth Engrg*, 2001, 50: 1 ~ 27
- [7] Liu G R, Gu Y T. A point interpolation method for two-dimensional solids [J]. *Int J Numer Methods Engrg*, 2001, 50: 937 ~ 951
- [8] Nam M D, Than T C. Numerical solution of differential equations using multiquadric radial basis functional networks[J]. *Neural Networks*, 2001, 14: 185 ~ 199
- [9] 钱向东. 基于紧支径向基函数的配点型无网格法[J]. *河海大学学报*, 2002, 29(1): 96 ~ 98
- [10] 张雄, 宋康祖, 陆明万. 紧支试函数加权残值法[J]. *力学学报*, 2003, 35(1): 43 ~ 49
- [11] Nam M D, Than T C. Numerical solution of elliptic partial differential equation using radial basis function neural networks[J]. *Neural Networks*, 2003, 16: 729 ~ 734
- [12] Li Jichun. A radial basis meshless method for solving inverse boundary value problems[J]. *Communications in Numerical Methods in Engineering*, 2004, 20: 51 ~ 60
- [13] Zhang X, Song K Z, Lu M W etc. Meshless methods based on collocation with radial basis functions [J]. *Comput Mech*, 2000, 26: 333 ~ 343
- [14] Wang J G, Liu G R. A point interpolation method based on radial basis functions[J]. *Int J Numer Methods Engrg*, 2002, 54: 1623 ~ 1648
- [15] Lei Gu. Moving kriging interpolation and element-free Galerkin method [J]. *Int J Numer Methods Engrg*, 2003, 56: 1 ~ 11
- [16] Wu Y L, Liu G R. A meshfree formulation of local radial point interpolation method (LRPIM) for incompressible flow simulation[J]. *Comput Mech*, 2003, 30: 355 ~ 365
- [17] Wu Z M. Compactly supported positive definite radial functions[J]. *Adv in Comput Math*, 1995, 4: 283 ~ 292
- [18] Buhmann M D. Radial functions on compact support [J]. *Proc of Edinburgh Math Soci*, 1998, 41: 33 ~ 46

(上接第 55 页)

实现了嫁接作业的连续;由于操作时间上构成重叠,故提高了嫁接效率。样机实验结果表明:采用 PLC 作为控制器的嫁接机其嫁接速度可达 1 200 ~ 1 380 株/h,与采用单片机控制的嫁接机(600 株/h)相比,工作效率提高了 1 倍多。

参 考 文 献

- [1] 张铁中,徐丽明. 大有前景的蔬菜自动嫁接机器人技术[J]. *机器人技术与应用*, 2001, 6(2): 14 ~ 15
- [2] 刘伟力,刘国平,张华. PLC 在爬行式焊接机器人中的应用[J]. *南昌大学学报*, 2003, 25(4): 14 ~ 16
- [3] 柳洪义,宋伟刚. 机器人技术基础[M]. 北京:冶金工业出版社, 2002. 3 ~ 4
- [4] 张铁中. 蔬菜自动嫁接技术研究[J]. *中国农业大学学报*, 1996, 1(6): 30 ~ 33
- [5] 王英春,徐祖建,秦建华. PLC 在六关节工业机器人控制中的设计应用[J]. *机床与液压*, 2002, (4): 98 ~ 100