

# 贴接式全自动蔬菜嫁接机控制系统的设计与实现

王哲禄 (温州职业技术学院, 浙江温州 325000)

**摘要** 为了实现贴接法全自动蔬菜嫁接机的控制, 根据其工作原理设计了基于 N:N 网络的控制系统, 并进行软件 SFC 步进顺序编程实现。试验结果表明: 贴接法全自动嫁接机的控制系统工作运行情况良好且速度稳定, 可满足设计的要求。

**关键词** 自动嫁接机; PLC; 电机控制

**中图分类号** S22 **文献标识码** A **文章编号** 0517-6611(2016)19-215-03

## Design and Realization of Full Automatic Control System for Cut-pasted Vegetable Grafting Robot

WANG Zhe-lu (Wenzhou Vocational and Technical College, Wenzhou, Zhejiang 325000)

**Abstract** To realize the control of cut-pasted vegetable grafting robot, N:N network based control system was designed according to its operating principle, combining with software SFC stepped programming. Test results indicate that the automatic control system for grafting robot meets the design requirements, its operation is excellent, and operating speed is steady.

**Key words** Full automatic vegetable grafting robot; PLC; Motor control

嫁接是农业生产中一门古老而又新兴的技艺, 它具有克服连作障碍、增强植株的抗病虫能力和抗逆性、提高产量等作用。嫁接技术在农业发达的国家得到了广泛的应用与推广<sup>[1-2]</sup>。由于传统的嫁接技术主要靠人工作业, 嫁接作业具有时令性, 操作人员劳动强度大且生产效率不高。随着机械电子技术、计算机控制技术的发展, 工程技术学促使园艺学方面实现了自动化, 蔬菜嫁接机随着农业科学自动化的发展孕育而生, 它可以在短时间内将接穗和砧木迅速接合, 大大提高了嫁接作物的成活率、嫁接速度及效率。20 世纪 90 年代, 日韩在其国内首先开展了自动化与蔬菜嫁接结合技术的研究和开发, 并进行推广。随后我国在中国农业大学张铁中教授的带领也开展了蔬菜嫁接机的研究。目前我国蔬菜嫁接机还处于半自动到全自动的改良阶段<sup>[3-4]</sup>。基于此, 笔者采用三菱 FX 系列 PLC<sup>[5-6]</sup>, 以三菱的 N:N 网络通讯为基础设计一套贴接法嫁接装置的全自动控制系, 以期为我国蔬菜自动化嫁接技术发展提供科学依据。

### 1 全自动嫁接机的工作原理

**1.1 全自动嫁接机的机构组成** 全自动化嫁接机的机构部分包括自动嫁接装置和 2 个上苗装置, 实物如图 1、2 所示。自动嫁接装置主要完成贴接嫁接的主要动作, 自动上苗装置完成嫁接苗中接穗和砧木的供给。

**1.2 全自动嫁接机的工作原理** 全自动化嫁接机的工作原理如图 3 所示。其工作时, 自动上苗装置自动供给接穗和砧木, 完成上苗装载后, 自动嫁接装置判别接穗和砧木是否装载, 砧木和接穗分别由步进电机带动到切削工位进行切削, 切削完成后搬运到接合工位, 感知接穗和砧木就绪后启动接合程序, 将嫁接夹送入工位进行嫁接, 然后嫁接苗下落, 整个系统复位重新工作。

**1.3 全自动嫁接机的上苗工作流程及路径** 全自动化嫁接机的自动上苗装置的上苗工作流程及路径如图 4 所示。由于并联机构刚度大, 速度快, 因此采用二自由度的 2-PRR 并

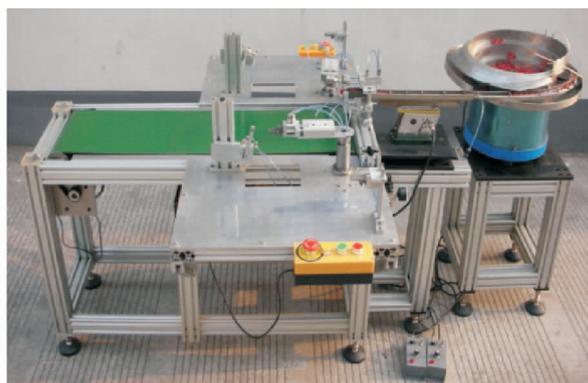


图 1 贴接法嫁接机

Fig. 1 Cut-pasted vegetable grafting robot



图 2 自动上苗装置

Fig. 2 Automatic seedling feeding device

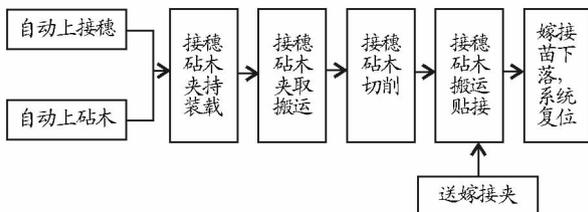


图 3 全自动嫁接机工作流程

Fig. 3 Working process of full automatic grafting robot

联机械臂为控制对象, 其主要控制 2 个电机带动滑块进行运

**作者简介** 王哲禄(1987-), 男, 浙江乐清人, 助教, 从事农业机械化、机器人化研究。

**收稿日期** 2016-05-25

动,其模型如图 5 所示,其中滑块 3 和滑块 7 在导杆 1 上运动,并与杆 4、杆 5、杆 6、杆 7 以及工作平台 2 组成平行四边形结构。

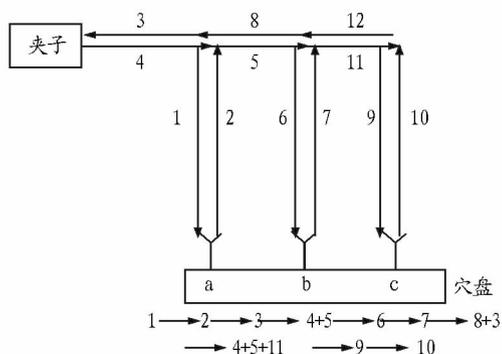


图 4 上苗路径

Fig. 4 Seedling feeding path

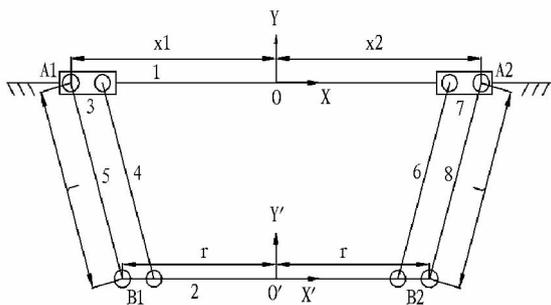


图 5 2-PRR 并联机构

Fig. 5 The 2-PRR parallel mechanism

## 2 控制系统的设计

### 2.1 硬件系统的设计

2.1.1 PLC 的选型及通讯网络组建。在综合考虑全自动嫁接机控制系统的工作模块、通讯连接、步进控制、I/O 口数量等因素后,选用三菱 PLC 的 FX2N-48MT 作为嫁接模块的控制器,选用 1 对 FX1N-40MT 分别作为接穗和砧木自动上苗装置的控制器,且 2 种 PLC 均带有 2 个高速脉冲输出口,便于嫁接装置和自动上苗装置中步进电机的控制。同时组建 N:N 通信网络系统,如图 6 所示,以嫁接模块为主站、自动上苗装置为 2 个从站进行控制。

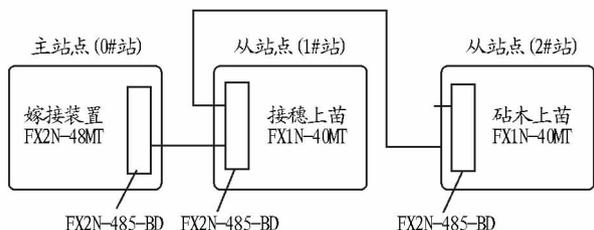


图 6 全自动上苗装置控制系统通讯网络

Fig. 6 Communication network of the control system for full automatic seedling feeding device

2.1.2 PLC 的 I/O 分配。全自动蔬菜嫁接机的控制系统的硬件主要由 PLC、按钮开关、气动电磁阀、步进驱动器等组成,从而控制气动元件和步进电机按照一定的顺序进行工

作。工作中嫁接装置和砧木接穗上苗装置均分别由独立的 PLC 进行控制,故对其 I/O 分配比较方便。嫁接装置控制系统 I/O 分配见表 1,砧木接穗自动上苗装置 I/O 分配见表 2。

表 1 嫁接装置控制系统 I/O 分配

Table 1 I/O allocation of the control system for grafting robot

输入口 Inlet	信号名称 Signal name	输出口 Outlet	控制单元 Control unit
X0	启动	Y0、Y2	砧木搬运电机脉冲、方向
X1	停止	Y1、Y3	接穗搬运电机脉冲、方向
X2	系统复位	Y4	接穗夹持装载气缸
X3	接穗夹持	Y5	接穗伸缩气缸
X4	砧木夹持	Y6	接穗夹持气缸
X5	接穗伸出传感器	Y7	接穗切削气缸
X6	接穗缩回传感器	Y10	砧木夹持装载气缸
X7	砧木伸出传感器	Y11	砧木伸缩气缸
X10	砧木缩回传感器	Y12	砧木夹持气缸
X11	接穗原点传感器	Y13	砧木切削气缸
X12	接穗终点传感器	Y14	夹子顶出气缸
X13	砧木原点传感器	Y15	夹子夹具气缸
X14	砧木终点传感器		
X15	单动/联机		

表 2 砧木接穗自动上苗装置 I/O 分配

Table 2 I/O allocation for full automatic seedling feeding device of stock and scion

输入口 Inlet	信号名称 Signal name	输出口 Outlet	控制单元 Control unit
X0	上苗机构开始按钮	Y0、Y2	滑块 3 电机脉冲、方向
X1	上苗机构停止按钮	Y1、Y3	滑块 7 电机脉冲、方向
X2	上苗机构复位开关	Y4	嫁接苗夹持气缸
X3	限位传感器		
X4	复位传感器 1		
X5	复位传感器 2		
X6	单动/联机		

2.1.3 PLC 对步进电机的控制。在嫁接装置和上苗装置中均用到了步进电机,其中接穗砧木上苗装置机械臂中分别用到了 2 个,嫁接装置中进行嫁接苗搬运的机械臂也用到了 2 个。该系统选用的是 SH-20403 型的驱动器和 56BYG250C 型的混合式步进电机,采用 PLSY 指令脉冲频率和脉冲个数进行电机控制,通过步进电机的控制来实现机械臂的运动,从而实现上苗和嫁接整个过程。

### 2.2 软件系统的设计

2.2.1 通讯网络的软件设定。全自动蔬菜嫁接机的控制网络以 N:N 为基础,设定以嫁接装置为主站 0,以砧木上苗装置为从站 1,以接穗上苗装置为从站 2,在通讯网络中进行软件设定,如图 7~9 所示。

2.2.2 PLC 程序的设计。PLC 程序的设计主要是自动上苗装置和嫁接装置的控制。控制程序的设计主要以三菱的 GX Developer 软件为平台,采用 SFC 顺序功能图进行程序编写,以工作“步”为中心,根据转换条件进行逻辑处理。当 PLC 接收到自动取苗信号时,相应地输出移动高速脉冲以及方向脉冲信号到步进电机驱动器中,从而驱动 2 个步进电机各自的转动,最终实现控制机械臂竖直和水平方向的移动,末端执行器完成取苗动作。编程取苗流程如图 10 所示。

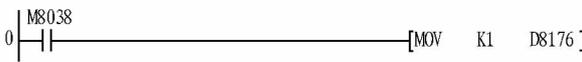


注:M8038 表示 N: N 网络参数设置;D8176 表示站点号设置;D8177 表示从站点总数设置;D8178 表示设置模式范围;D8179 表示重试次数;D8180 表示通信超时设置。

Notes:M8038 is N: N network parameter setting;D8176 is station number setting;D8177 is total number setting of auxiliary stations;D8178 is the range of setting mode;D8179 is the retries;D8180 is timeout setting of communication.

图 7 嫁接装置主站 0 软件设定

Fig. 7 Setting of software 0 for main station of grafting robot

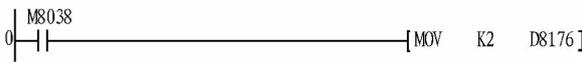


注:M8038 表示 N: N 网络参数设置;D8176 表示站点号设置。

Notes:M8038 is N: N network parameter setting;D8176 is station number setting.

图 8 砧木上苗从站 1 软件设定

Fig. 8 Setting of software 1 for auxiliary station of stock seedling feeding



注:M8038 表示 N: N 网络参数设置;D8176 表示站点号设置。

Notes:M8038 is N: N network parameter setting;D8176 is station number setting;

图 9 接穗上苗从站 2 软件设定

Fig. 9 Setting of software 2 for auxiliary station of scion seedling feeding

根据嫁接装置的过程,其顺序功能状态如图 11 所示,其状态转换以其内部时间继电器和传感器为条件进行转换。S0 为系统初始状态,然后进行并行控制,S10、S20 分别为接穗和砧木的装载状态,S11、S21 分别为接穗和砧木的夹持搬运状态,S12、S22 分别为接穗和砧木的切削状态,S13 和 S23 分别为接穗和砧木的搬运至贴合状态,S30 ~ S33 分别为推嫁接夹、松开嫁接夹具、接穗砧木气爪松开、系统复位。

3 试验结果

为了测试全自动嫁接机控制系统的功能特性,进行整机联机调试,所选用的接穗采用京欣 1 号,砧木采用浙蒲 2 号,以 5 × 10 穴盘进行培育试验,自动上苗和嫁接完成苗分别如图 12、13 所示。试验结果表明,全自动嫁接作业平均速度为 700 株/h,成功率达 85%。

4 小结

该研究设计的以三菱 PLC 的 N: N 通讯网络为基础的控制系统设计简单,稳定性高,可大大提高工作效率,具有很大的实用价值。

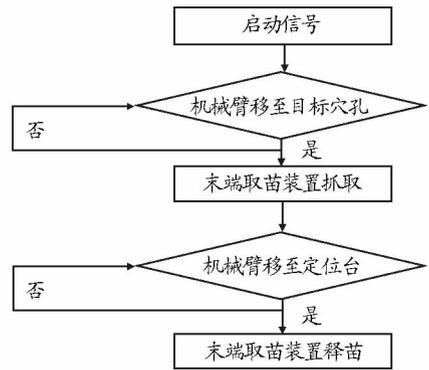


图 10 编程取苗流程

Fig. 10 Programmed seedling pick-up process

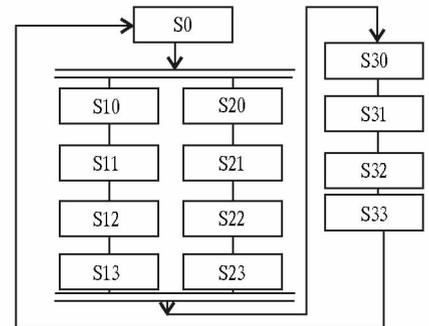


图 11 嫁接装置顺序功能

Fig. 11 Sequence function of grafting robot

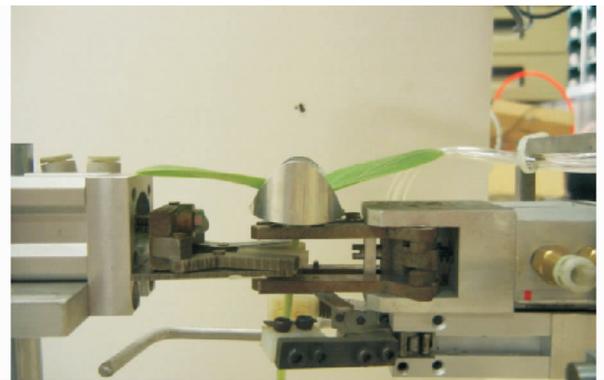


图 12 自动上苗

Fig. 12 Automatic seedling feeding



图 13 嫁接完成苗

Fig. 13 Grafting of completed seedlings

的密切关系为我们通过农业措施改良土壤酶活性,以及其他土壤生态因子提供了参考依据。

表8 根际、非根际土壤酶活性与非根际土壤微生物相关分析

Table 8 Correlation coefficients of soil enzyme activity and carbon in rhizosphere and non-rhizosphere and soil microorganisms in non-rhizosphere

根际土壤微生物 Soil microorganisms in rhizosphere	根际土壤 Rhizosphere soil				非根际土壤 Non-rhizosphere soil			
	脲酶 Urease	蛋白酶 Protease	淀粉酶 Amylase	过氧化氢酶 Catalase	脲酶 Urease	蛋白酶 Protease	淀粉酶 Amylase	过氧化氢酶 Catalase
细菌总数 Total number of bacteria	-0.449	-0.418	0.391	-0.562*	-0.540	0.059	0.08	-0.681**
芽孢菌数 Quantity of spore bacteria	-0.020	-0.214	-0.453	-0.642*	-0.095	0.135	-0.093	-0.459
放线菌数 Quantity of actinomycetes	-0.127	-0.114	0.214	0.138	-0.050	-0.213	-0.195	0.231
真菌数 Quantity of fungi	0.814**	0.330	-0.196	0.071	0.688**	0.049	-0.505	0.287
解钾菌数 Quantity of potassium bacteria	-0.164	-0.273	0.030	-0.138	0.095	-0.627*	-0.067	-0.018
解磷菌数 Quantity of phosphate solubilizing bacteria	0.041	-0.048	0.366	0.067	-0.005	0.119	0.049	-0.110
荧光假单胞菌数 Quantity of pseudomonas fluorescens	-0.050	-0.268	-0.491	-0.507	-0.079	0.096	-0.036	-0.343
纤维分解菌数 Quantity of cellulose-decomposing bacteria	0.402	-0.299	-0.478	0.034	0.738**	-0.153	0.247	0.416
氨化菌数 Quantity of ammonifying bacteria	0.103	-0.150	-0.056	-0.274	0.015	0.486	-0.132	-0.155
硝化菌数 Quantity of nitrifying bacteria	-0.165	-0.170	-0.419	0.176	0.100	-0.421	0.222	0.213

### 3 结论与讨论

南阳烟区土壤酶活性是反映管理措施和环境因子综合因素的生态指标。土壤酶活性的综合指标是土壤生态因子中仅次于有机质方面综合指标的重要指标。

烟株根际和非根际土壤酶活性与土壤的物理、化学及生物学性状具有广泛的相关性。土壤孔隙度、pH、Cu、Fe、Mn、C/N、非活性C、细菌、芽孢菌、放线菌是相对敏感的指标,与土壤酶活性可以相互表征。

显然,以上对南阳烟区土壤酶活性在土壤生态因子中的作用、对土壤生态因子的表征作用的研究,可以为我们认识土壤酶活性的意义,从土壤酶的角度改良土壤提供依据。

#### 参考文献

- [1] 周礼恺. 土壤酶学[M]. 北京:科学出版社,1987.
- [2] NANNIPIERI P, BOLLAG J M. Use of enzymes to detoxify pesticides contaminated soils and waters[J]. J Environ Qual, 1991, 20:510-517.
- [3] 孙波,赵其国,张桃林,等. 土壤质量评价的生物学指标[J]. 土壤, 1997, 29(5):225-234.
- [4] 关松荫. 农药对土壤酶活性的抑制作用[J]. 土壤通报, 1992, 23(5):232-233.
- [5] 李时银,张晓昆,冯建防,等. 氰戊菊酯及代谢物对土壤过氧化氢酶活性的影响[J]. 中国环境科学, 2002, 22(2):154-157.
- [6] GIANFREDA L, SANNINO F, VIOLANTE A. Pesticide effects on the activity of free, immobilized and soil invertase[J]. Soil Biol & Biochem, 1995, 27(9):1201-1208.
- [7] DICK R P, DORAN J W, COLEMAN D C, et al. Defining soil quality for a sustainable environment[M]. Madison:SSSA Special Pub, 1994:107-124.

- [8] DICK R P, BREAKWILL D, TURCO R. Soil enzyme activities and biodiversity measurements as integrating biological indicators [C]//DORAN. Handbook of methods for assessment of soil quality. Madison:SSSA Special Pub, 1996:247-272.
- [9] 许光辉,郑洪元. 土壤微生物分析方法手册[M]. 北京:农业出版社, 1986:255-257.
- [10] 李阜棣,喻子牛,何绍江. 农业微生物学试验技术[M]. 北京:中国农业出版社, 1996:134-137.
- [11] 关松荫. 土壤酶学研究方法[M]. 北京:农业出版社, 1986:278-280.
- [12] 姚占芳,吴云汉. 微生物学实验技术[M]. 北京:气象出版社, 1998:186-188.
- [13] 王平,李阜棣,胡正嘉. 小麦根圈中几类微生物群体数量比较的研究[J]. 华中农业大学学报, 1994, 13(4):318-324.
- [14] 中国科学院南京土壤研究所微生物室. 土壤微生物研究法[M]. 北京:科学出版社, 1985:44-51.
- [15] 曹慧,孙辉,杨浩,等. 土壤酶活性及其对土壤质量指标研究进展[J]. 应用与环境生物学报, 2003, 9(1):105-109.
- [16] 杨远平. 贵州毕节地区烟地土壤酶活性研究[J]. 土壤通报, 2003, 34(4):594-596.
- [17] SOCIETY, ANKENY, IOWA. Soil water conservation[M]//Soil and water conservation society. Farming for a better environment; A white paper. 1995:17-21.
- [18] 牟金明,宋日,姜亦梅,等. 不同作物根茬还田对土壤酶活性的影响[J]. 吉林农业大学学报, 1997, 19(4):65-69.
- [19] 宋日,吴春胜,牟金明,等. 玉米生育期内土壤微生物量碳和酶活性动态变化特征[J]. 吉林农业大学学报, 2001, 23(2):13-16.
- [20] 谭周进,冯跃华,刘芳,等. 稻作制与有机肥对红壤水稻土微生物及酶活性的影响研究[J]. 中国生态农业学报, 2004, 12(2):121-123.
- [21] 张树生,杨兴明,萌泽,等. 连作土灰菌对黄瓜生长和土壤微生物区系的影响[J]. 生态学报, 2007, 27(5):1809-1817.

(上接第217页)

#### 参考文献

- [1] 辜松. 蔬菜工厂化嫁接育苗生产装备与技术[M]. 北京:中国农业出版社, 2006.
- [2] 近藤直,门田友司,野口伸共. 农业机器人[M]. 乔军,陈兵旗,译. 北京:中国农业大学出版社, 2009.
- [3] 沈卫平,张路. 蔬菜嫁接机自动上苗装置研究[J]. 轻工机械, 2010, 28

(2):22-26.

- [4] 姜凯,辜松,郑文刚,等. 瓜科全自动嫁接机设计与试验[J]. 农机化研究, 2010(12):129-132.
- [5] 项伟灿,张路,武传宇,等. 直插式自动嫁接机控制系统的设计[J]. 机电工程, 2009, 26(10):52-53, 61.
- [6] 赵金英,张铁中. PLC在自动嫁接机控制系统中的应用[J]. 中国农业大学学报, 2004, 9(6):53-55.