

蔬菜嫁接机器人砧、穗木套管式接合装置的设计

谭妮克 张铁中 杨丽

(中国农业大学工学院,北京 100083)

摘要 针对蔬菜自动嫁接时砧木和穗木的接合采用嫁接夹固定而存在的送夹装置设备复杂、耗材成本高等问题,设计了套管式接合装置。该装置由套管自动进给切断机构和套管夹持手爪组成:套管自动进给切断机构实现套管的自动进给和自动剪切。套管夹持手爪是左右对称的四杆机构,左右各有1个主动杆和从动杆,手爪执行构件固定在从动杆上;套管夹持手爪可将套管在开口处撑开,实现套管的张开和闭合。建立了套管式接合装置的数学模型,对夹持手爪的设计参数的优化结果为:当主、从动杆长度为35和25mm,手爪执行构件长度为15mm、手爪两转轴间距为6mm、力作用点与转轴连线的距离为21mm、电磁铁行程为5mm时,套管张口幅度为5.4mm。样机试验结果表明,套管夹持手爪将套管套在砧、穗木接合处的成功率为97%,达到设计要求。

关键词 蔬菜嫁接机器人;夹持手爪;套管

中图分类号 TP 273

文章编号 1007-4333(2005)05-0085-04

文献标识码 A

Tube jointing device of grafting robot

Tan Nike, Zhang Tiezhong, Yang Li

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

Abstract A tube jointing device was adopted for the contact of stock and scion to predigest the device and to reduce cost. The tube device included an automatic tube sending and cutting device and an tube grasping finger. The former device was used to send and cut the tube automatically. The latter was a symmetrical four mechanical linkage with a driving lever and a follower lever on both sides. The operator was connected with follower lever. The tube grasping finger made the tube close or open. Important parameters of grasping finger were analyzed by calculation and computer simulation. While length of driving lever, length of follower, length of finger's operator, distance between finger's two axes, distance from point of load to axis and electric magnet stroke were 35 mm, 25 mm, 15 mm, 6 mm, 21 mm and 5 mm respectively, tube's opening wide s was 5.4 mm. The results of prototype experiments showed that the ratio of success is 97%.

Key words grafting robot; grasping finger; tube

目前,许多国家都在进行有关蔬菜自动嫁接技术的研究,采用的嫁接方法和砧、穗木的固定方法都不尽相同。套管式嫁接采用具有良好扩张弹性的橡胶软管作为嫁接接合材料^[1-5],套管价格低廉、规格齐全;嫁接苗伤口保湿性好。采用该方式不仅可以提高嫁接苗的成活率,而且可以降低嫁接苗生产成本。2002年台湾台南区农业改良农场与台湾大学生物产业机电工程学系及宜兰技术学院生物机电工

程学系合作开发出套管式番茄种苗嫁接机,在砧木和穗木接合时,采用套管插入导正机构引导砧木与穗木插入套管。主要动作为砧木苗上升,穗木苗下降,利用导正机构的上下锥孔引导砧木和穗木插入套管接合。该方法需要砧木和穗木上下移动,机构较复杂。为此,笔者设计了套管夹持手爪,手爪将套管从开口处撑开,再将套管送到砧、穗木接合处,完成嫁接动作。

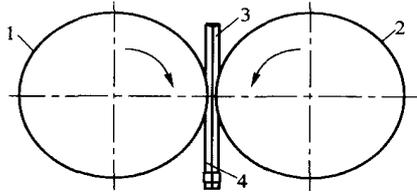
收稿日期:2005-01-11

基金项目:国家“863”计划项目(2001AA422300)

作者简介:谭妮克,硕士研究生;张铁中,教授,主要从事生物生产自动化和农业机器人研究。

1 套管式接合装置机构设计

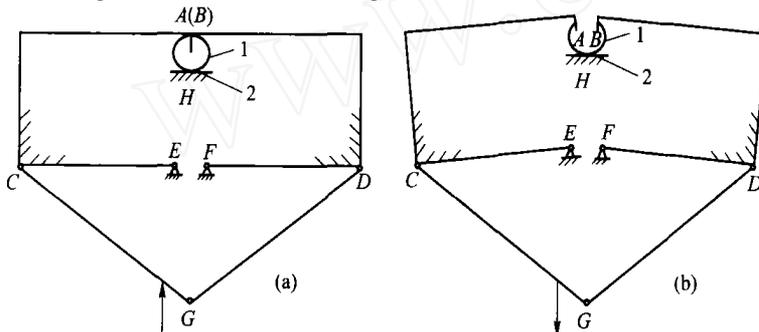
1) 套管自动进给切断机构^[6]。套管自动进给切削机构见图1。其工作原理是,滚轮1和滚轮2相对旋转带动胶管3向下运动,实现胶管的自动进



1,2. 滚轮;3. 胶管;4. 割刀

图1 套管自动进给切削机构

Fig. 1 Automatic tube feeding device



1—套管;2—支撑块;A、B—夹持手爪与套管的接触点;C、D—主动杆与从动杆的连接轴;E、F—手爪转轴;G—力作用点;H—套管与支撑块的接触点

图2 闭合(a)和张开(b)时的套管手爪机构

Fig. 2 Closing and opening of tube grasping finger

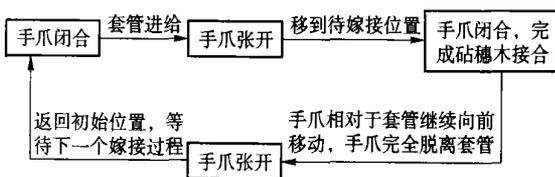


图3 套管夹持手爪工作流程图

Fig. 3 Working process of tube grasping finger

2 套管夹持手爪参数分析

2.1 套管张口幅度和电磁铁行程的取值

采用套管式嫁接时,砧、穗木直径相差不大,一般为2~4 mm。为保证套管顺利接合,套管张口幅度s可选择4~6 mm。

力作用点G的运动由电磁铁实现。本研究中所用电磁铁的最大行程为10 mm,为了保证电磁铁的吸力满足要求,力作用点G的最大行程<6 mm,但不宜取太小,一般为4~6 mm。

2.2 套管夹持手爪数学模型的建立

套管手爪运动过程分析见图4。在四边形GGDD中,线段DG相对于DG的角度变化很小,可忽略不计,因此线段DD的长度近似等于线段

给;当输送的胶管达到要求的长度后,滚轮停止转动,割刀将胶管剪切成一固定长度的套管,剪切下的胶管套入夹持手爪中。

2) 套管夹持手爪^[7]。套管手爪张开和闭合时的状态见图2。套管为一侧有开口、具有良好弹性的橡胶软管。嫁接时首先由套管夹持手爪和支撑片将套管抱住,并在开口处撑开,通过滑道将其送到待嫁接位置,然后手爪闭合,将套管套在砧、穗木接合处。嫁接完成后夹持手爪相对于套管和支撑片继续向前运动,当手爪完全脱离套管时手爪张开,沿滑道返回初始位置。其中支撑片和其他机构固定在不同的滑道上,力作用点G在电磁铁驱动下沿直线向下运动从而使手爪张开。套管夹持手爪工作流程见图3。

GG长度。在三角形DDF中,θ₂(手爪从闭合到张开过程中从动杆转过的角度)很小,线段DD的长度近似等于圆弧DD的长度,得

$$h = \frac{2}{180} L_2 \quad (1)$$

其中:h为电磁铁行程;L₂为从动杆的长度。

$$s = 2 L_3 \tan \frac{180 h}{L_2} \quad (2)$$

其中L₃为套管手爪执行构件长度。

$$L_1^2 = b_2^2 + (2L_1 + b_1)^2/4 \quad (3)$$

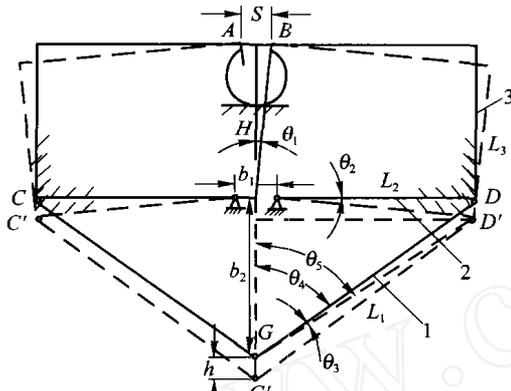
其中:L₁为主动杆的长度;b₂为手爪闭合状态时的力作用点与两转轴连线之间的距离;b₁为套管手爪两转轴间距离。

$$2 b_2 h = L_1^2 + b_2^2 + (2L_2 + b_1)^2/4 - 2 \frac{\sqrt{(b_2 - h)^2 + (2L_2 + b_1)^2/4} \times [b_2^2 - b_2 h + (2L_2 + b_1)^2/4]}{L_1} \quad (4)$$

由式(2)、(3)和(4)并不能唯一确定L₁、L₂、L₃以及b₁、b₂等参数,为了得到上述各参数合理的取值范围,在Pro/E软件中建立套管夹持手爪的数学模型,得到不同参数值下套管张口幅度与电磁铁行

程的比值(表 1), 其中手爪两转轴间距离 $b_1 = 6$ mm。由表 1 可见:随着套管手爪执行构件长度 L_3 的增大,套管张口幅度 s 与电磁铁行程 h 的比值增大,即电磁铁行程不变的情况下,随着 L_3 的增大套

管张口幅度有变大的趋势;而随着 L_1 、 L_2 和 b_2 的增大,套管张口幅度和电磁铁行程的比值缩小,即在电磁铁行程不变的情况下,随着 L_1 、 L_2 和 b_2 的增大套管张口幅度有变小的趋势。



1—主动杆;2—从动杆;3—手爪执行构件。
A、B—套管夹持手爪与套管的接触点;C、D和C'、D'—手爪闭合或张开时主动杆与从动杆的连接轴;G、G'—手爪闭合或张开时的力作用点;H—磁管与支撑块接触点; L_1 —主动杆长度、 L_2 —从动杆长度、 L_3 —套管手爪执行构件长度; b_1 —套管手爪两转轴间距; b_2 —手爪闭合状态时的力作用点与两转轴连线之间的距离; θ_1 —B点与手爪张开时两转轴连线中点的连线与中心线的夹角; θ_2 —手爪从闭合到张开从动杆转过的角度; θ_3 —手爪闭合时主动杆与D'G连线的夹角; θ_4 —手爪闭合时主动杆与中心线的夹角; θ_5 —D'G连线与中心线的夹角; s —套管张口幅度; h —电磁铁行程

实线和虚线分别表示套管手爪闭合和张开时的状态。

图 4 套管夹持手爪动作示意图

Fig. 4 Action of tube grasping finger

表 1 主从动杆长度、手爪执行构件长度、力作用点与两转轴连线的距离取不同值时套管张口幅度与电磁铁行程的比值

Table 1 Ratio of s to h in different L_1 、 L_2 、 b_2 and L_3

L_3	$L_1 = 30,$	$L_2 = 21,$	$b_2 = 18$	$L_1 = 35,$	$L_2 = 25,$	$b_2 = 21$	$L_1 = 40,$	$L_2 = 29,$	$b_2 = 24$
10	0.9(3.6/4)	0.9(4.4/5)	0.9(5.2/6)	0.8(3/4)	0.7(3.6/5)	0.7(4.4/6)	0.7(2.6/4)	0.6(3.2/5)	0.6(3.8/6)
15	1.3(5.2/4)	1.3(6.4/5)	1.3(7.6/6)	1.1(4.4/4)	1.1(5.4/5)	1.1(6.4/6)	1.0(3.8/4)	1.0(4.8/5)	0.9(5.6/6)
20	1.8(7/4)	1.7(8.4/5)	1.7(10/6)	1.5(6/4)	1.4(7.2/5)	1.4(8.6/6)	1.3(5.2/4)	1.3(6.4/5)	1.2(7.4/6)

注:长度单位均为 mm。转轴间距 $b_1 = 6$ mm。 L_1 —主动杆长度; L_2 —从动杆长度; L_3 —手爪执行构件的长度; b_2 —力作用点与两转轴连线的距离;下表同。

表 2 示出 L_2 和 L_3 一定时不同 b_2 、 L_1 和 h 对应的套管张口幅度 s 。可见:在 L_2 和 L_3 一定的情况下,力作用点与转轴连线间的距离 b_2 和主动杆长度 L_1 的变化对套管张口幅度 s 与电磁铁行程 h 比值的影响很小。从式(2)也可以看出。

表 2 力作用点与两转轴连线的距离 b_2 、主动杆长度 L_1 和电磁铁行程 h 不同时的套管张口幅度 s

Table 2 s in different b_2 、 L_1 and h when $L_2 = 29$ mm、 $L_3 = 15$ mm

b_2 /mm	L_1 /mm	h /mm		
		4	5	6
15	35.3	3.8	4.6	5.4
20	37.7	3.8	4.8	5.6
24	40.0	3.8	4.8	5.6
30	43.9	3.8	4.8	5.8

注: L_2 和 L_3 分别为 29 和 15 mm。

3 结束语

设计的套管式接合装置由套管自动进给切断机构和套管夹持手爪组成:套管自动进给切断机构可实现套管的自动进给和自动剪切;采用电磁铁对套管夹持手爪进行控制,实现套管的张开和闭合。样机试验表明,套管夹持手爪可以将套管顺利套在砧、穗木接合处,成功率为 97%,达到设计要求。

通过建立的套管式接合装置的数学模型,对参数优化分析得到以下结论:套管张口幅度与电磁铁行程的比值主要受从动杆长度 L_2 和套管手爪执行构件的长度 L_3 的影响,力作用点与两转轴连线间的距离 b_2 和主动杆长度 L_1 的变化对套管张口幅度与电磁铁行程比值的影响很小。

参 考 文 献

[1] 张振厚,郑荣瑞,钟瑞永. 番茄机械嫁接技术[J]. 台南

- 区农业专讯,2002(42):1~6
- [2] 张品端. 日本的蔬菜嫁接机器人[J]. 机器人技术与应用,1997(5):11~14
- [3] 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
- [4] 罗辉. 双臂嫁接机及其仿真系统的研究[D]. 北京:中国农业大学,2003
- [5] 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
- [6] 常康. 台湾番茄嫁接机械化技术[J]. 台湾农业探索,2004(2):33
- [7] 郑文纬,吴克坚. 机械原理[M]. 北京:高等教育出版社,1997. 9~25

· 成果介绍 ·

可资源化烟气脱硫副产物作为土壤改良剂的应用研究

1 背景意义

由于燃煤废气的排放对生态环境构成巨大威胁,近年来热煤利用方面引入了烟气脱硫技术以减少 SO_2 排放,但同时又生成了一种脱硫副产物,主要是 CaSO_4 和 CaSO_3 的混合物,性质与天然石膏相似,并含有丰富的 S、Ca、Si 等植物必需或有益的矿质营养,在土壤改良上有广泛前景。另一方面,我国有大面积盐碱土地,据农业部统计,我国西北、华北、东北和滨海地区共有 3 460 万 hm^2 的盐碱土地,严重时寸草不生、长年荒芜,极大地影响了我国的农业生产和生态环境。石膏是改良盐碱地的适宜改良剂,但天然石膏价格高,改良盐碱地的成本大,影响了推广应用。而上述脱硫副产物成本低,利用其富含 CaSO_4 的特点改良盐碱地,不仅避免了副产物贮存过程中的二次污染,而且开辟了盐碱地改良技术的新途径。可以说,利用烟气脱硫副产物改良盐碱土壤意义重大。

2 总体概况

国家“863”课题“可资源化烟气脱硫技术”之子课题“可资源化烟气脱硫副产物作为土壤改良剂的应用研究”由中国农业大学、清华大学、内蒙古农业大学和内蒙古巴盟水利科学研究所合作完成。自 2001 年课题立项以来,课题组对脱硫副产物改良碱化土壤的机理、脱硫副产物对土壤理化性质和作物生长的影响以及脱硫副产物改良碱化土壤的典型优化利用模式等多项关键技术进行了深入研究和较大面积的示范推广。该课题由中国农业大学水利与土木工程学院杨培岭教授主持,并于 2005 年 4 月 19 日通过了“863 计划”能源技术领域办公室组织的专家验收。

3 主要成果

1) 土柱、盆栽和田间小区试验都表明,脱硫副产物可以降低碱化土壤中的 ESP 和 pH 值,强度碱化土和碱土中的 ESP 基本都已降到 15 以下,pH 基本降到 8.5 以下;

2) 施用脱硫副产物提高了作物产量,经过 3 年大田试验,已使寸草不生的盐碱土壤作物长势良好,强度碱化土和碱土上的向日葵产量分别达到了 2 250 和 1 350 kg/hm^2 以上,大大提高了盐碱土壤的产出效率;

3) 对供试脱硫副产物、供试土壤和作物都进行了重金属和有机污染物的环境影响评价,证明脱硫副产物农用是安全的;

4) 提出了脱硫副产物改良盐碱土壤的典型优化利用模式,包括土壤背景值测定、脱硫副产物用量的计算与选取、土地的平整与耕翻、脱硫副产物施放、灌溉淋洗、田间管理等一整套集成技术。脱硫副产物的最佳用量为实际计算量的 1.2 ~ 1.5 倍,土壤碱化程度越大,则系数越大。

4 创新点

1) 分析了烟气脱硫副产物改良盐碱土壤过程中各种离子的迁移转化规律,探讨了脱硫副产物改良碱化土壤的机理;

2) 提出了脱硫副产物改良不同盐碱化程度土壤的施用、耕作、栽培管理以及环境影响评价等一整套技术体系及其典型优化利用模式。

5 社会效益

利用脱硫副产物改良盐碱土壤,减少了 SO_2 和 NO_x 污染,同时使不毛之地变为绿洲,减少了水土流失,防止了沙尘暴,使生态环境得到极大改善。利用脱硫副产物使寸草不生的盐碱土壤作物长势良好,强度碱化和碱土壤种植向日葵达到了高产,推广前景良好。

(水利与土木工程学院 杨培岭供稿)