

## 偏心圆盘指夹式幼苗移栽机栽植机构运动轨迹分析

石峰<sup>1,2</sup>, 孙松林<sup>1,2\*</sup>, 邓向春<sup>1,2</sup>, 王金葵<sup>1,2</sup>

(1.湖南农业大学 工学院,湖南 长沙 410128 ;2.湖南省现代农业机械装备工程技术研究中心,湖南 长沙 410128)

**摘要:**通过分析 2ZY-1 型偏心圆盘指夹式幼苗移栽机栽植机构的运动规律,设计了 Visual Basic 程序分析栽植轨迹,结合 VB 中对轨迹参数的输入、输出数据,得出适合移栽的较理想栽植机构相关参数范围,通过对烟草幼苗的栽植试验分析,得出在吊杯数为 4 个、转速为 11.25 r/min、回转半径为 0.360 m 的情况下,特征参数  $\lambda$  取 1.125 时,有利于提高栽植质量和满足农艺要求。

**关键词:** 偏心圆盘指夹式幼苗移栽机;栽植机构;Visual Basic 语言;轨迹分析

中图分类号: S22; TH112 文献标志码: A 文章编号: 1007-1032(2012)03-0333-04

## Trajectory analysis of planting device of eccentric disc and finger clip pattern seedling planting machine

SHI Feng<sup>1,2</sup>, SUN Song-lin<sup>1,2\*</sup>, DENG Xiang-chun<sup>1,2</sup>, WANG Jin-kui<sup>1,2</sup>

(1.College of Engineering, Hunan Agricultural University, Changsha 410128, China; 2. Modern Agricultural Machinery and Equipment, Hunan Engineering Research Center, Changsha 410128, China)

**Abstract:** By analyzing the motion law of the planting device of eccentric disc and finger clip pattern transplanting machine 2ZY-1, a kind of VB program for the planting device is designed to analyze the plant trajectory. An ideal parameter range of planting device suitable for transplanting can be obtained by analyzing theoretical VB track produced from input and output data of parameters. Then, through the analysis of the experimental data, it was found that when the crane cup number is 4, the speed is 11.25 r/min, turning radius of the crane cup is 0.360 m and the  $\lambda$  equals to 1.125, the quality of planting could be improved and the agricultural needs could be met.

**Key words:** eccentric disc and finger clip pattern seedling planting machine; planting device; Visual Basic language; trajectory analysis

栽植机构是幼苗移栽机作业的核心构件,其运动与栽植质量密切相关。对栽植机构的基本参数之间的关系和设计计算<sup>[1-3]</sup>,对解决漏栽、提高烟苗直立度、降低倒伏率至关重要。笔者对 2ZY-1 型偏心圆盘指夹式幼苗栽植机栽植机构进行运动分析,借助 Visual Basic 软件<sup>[4-6]</sup>对其特征参数值进行了研究,并进行验证试验,以期进一步提高幼苗的栽植质量。

### 1 栽植机构的结构和工作过程

#### 1.1 栽植机构的构成和作用

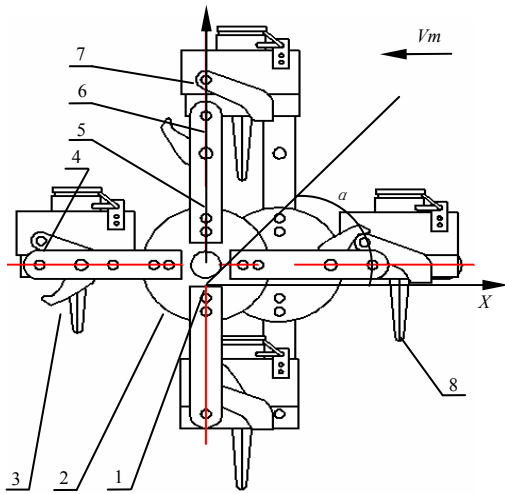
2ZY-1 型偏心圆盘指夹式幼苗移栽机的栽植机构主要由 5 部分构成,如图 1 所示。①链轮,与地轮轴相连传递动力;②曲轴,连接左右轮盘并作支撑;③吊杯机构,实现打孔栽植并灌水施肥,与指甲板、苗盒、轮盘结合运动;④连杆机构,支撑

收稿日期: 2011-11-18

基金项目: 国家科技支撑计划项目(2011BAD20B08); 中国烟草总公司重点项目(中烟办 201012 号)

作者简介: 石峰(1986—),男,湖南株洲人,硕士研究生,主要从事农业机械设计研究,sf.hello@163.com; \*通信作者, hnnndssl@163.com

吊杯机构,使整机按要求移栽,并放置凸轮机构使吊杯机构及时打开;⑤主动轮盘和被动轮盘机构,支撑整个吊杯机构及连杆机构。



1 曲轴;2 主动轮盘;3 指夹调节凸轮;4 压板;5 连接杆;6 左右盒轴;7 苗盒;8 吊杯。

图1 偏心圆盘指夹式幼苗移栽机栽植机构

Fig.1 Eccentric disc finger clip of planting mechanism

### 1.2 工作原理

经拖拉机带动移栽机地轮转动,再经链条传动至曲轴连接的链轮使左右轮盘转动,从而带动连杆转动,吊杯机构随之运动,当吊杯机构旋转到一定位置时,吊杯机构上的指甲板与轮盘上面的凸轮机构碰撞使吊杯左右打开,实现栽苗过程,当碰撞结束后左右吊杯的开启压力消失,左右吊杯自动合并,接着下一组吊杯机构继续栽苗。在栽植过程中,吊杯始终垂直于垄面,从而保证幼苗进入土壤时的直立度。

## 2 栽植机构的运动分析及VB程序设计

### 2.1 数学模型

设移栽机前进速度为  $v$  (方向水平向左),栽植器的角速度为  $\omega$ (逆时针), $L$  为吊杯的回转半径,则吊杯的轨迹的特征参数  $\lambda=L\omega/v$ 。

由作业过程可知,栽植过程中吊杯一方面随圆盘作圆周运动,另一方面随机器向前运动。建立坐标系  $XOY$ (图1),以  $X$  轴正方向为初始位置,转过角度为  $\alpha$ ,则  $\alpha=\omega t$ ,吊杯随时间变化的运动方程为:

$$\begin{cases} x = vt + L \cos \omega t \\ y = L \sin \omega t \end{cases} \quad (1)$$

将  $v$  替换为含特征参数的表达式,可得:

$$\begin{cases} x = \frac{L\omega t}{\lambda} + L \cos \omega t \\ y = L \sin \omega t \end{cases} \quad (2)$$

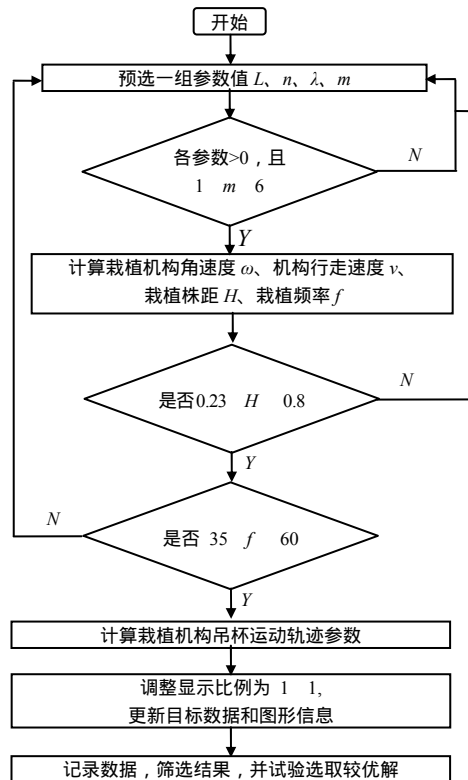
移栽时必须考虑栽植频率  $f$  与吊杯数量  $m$  和吊杯转动速度  $n$  之间的关系:

$$n = f/m \quad (3)$$

### 2.2 约束条件

根据烟草实际种植的需要及农艺要求,可以计算总结得到有关设计变量及约束条件<sup>[7-8]</sup>: $1 \leq m \leq 6$ ;株距  $H$ (m),  $0.23 \leq H \leq 0.80$ ;  $f$ (株/min),  $35 \leq f \leq 60$ ;苗高  $S$ (m),  $0.1 \leq S \leq 0.25$ ;吊杯转速  $n$ (r/min),  $5.83 \leq n \leq 60$ 。

以  $L$ 、 $n$ 、 $\lambda$ 、 $m$  为输入量,在 VB6.0 下编制栽植机构的机构参数设计分析程序,流程如下:



根据程序流程编写相关汇编语言,在 vb 界面上绘出栽植机构运动轨迹界面和便于人机交换的界面(图2)。

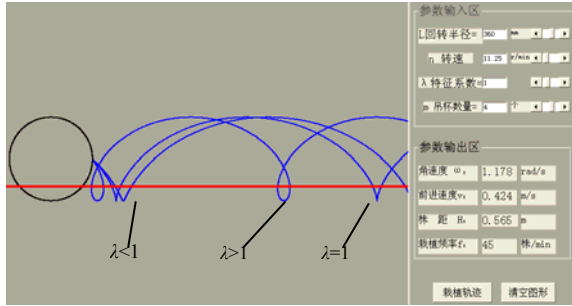


图 2 基于 VB 的栽植轨迹界面

Fig.2 Planting trajectory of interface base on VB

### 3 基于 VB 的设计参数选择

#### 3.1 基本参数的选定

有研究<sup>[9]</sup>表明,栽植频率低于 35 株/min 时,作业效率低,单位面积内耗时多;栽植频率高于 60 株/min 时,作业人员容易紧张、疲劳,产生漏栽现象;栽植频率为 45 株/min 时,比较合适。选取栽植频率  $f$  为 45 株/min 进行设计。因吊杯数为 4 个,根据(3)式可得转速 11.25 r/min。根据公式  $v = fH$ ,拖拉机前进速度随着机构前与株距呈正比,在栽植频率 45 株/min、株距为 0.5~0.6 m 时,机构前进的最快速度为 27 m/min,最慢速度为 22.5 m/min。角速度与转速的关系为:

$$\omega = 2n\pi \quad (4)$$

将(4)式带入(1)式得:

$$L = v\lambda / 2n\pi \quad (5)$$

将转速为 11.25 r/min 和机构的速度范围值带入(5)式中可得:  $L = (0.318 \sim 0.382)\lambda$ 。

#### 3.2 选取栽植深度

烟苗移栽时,单株平均质量应约为 15 g,苗高约为 0.145 m,茎长约为 0.095 m,保留约 2 片心叶,心叶的冠部大小约为 0.095 m,且移栽时不能将心叶埋没<sup>[10]</sup>。根据农艺要求,应将茎埋入土中 0.05 m 以上,这样既可增强其抗旱能力,又可促其不定根生长。烟苗栽植深度以烟苗生长点高于土表 0.05 ~ 0.08 m 为宜,取中间值 0.065 m,在图 2 中显示为 1 条直线,表示土垄平面。

#### 3.3 VB 轨迹中参数的输入和输出

##### 3.3.1 λ 的取值

将选定的 3 个参数  $m=4$  个、 $n=11.25$  r/min、 $L=0.360$  m 输入 VB 界面。

当  $\lambda < 1$  时,移栽轨迹只能形成短摆线(图 3-1),任意点投苗,水平分速度与前进速度方向将一致,烟苗会向前倾斜,故不可取。

当  $\lambda = 1$  时,此时移栽轨迹为摆线(图 3-2),如果在轨迹的最低点投苗,烟苗还未完全脱离吊杯,吊杯的运动仍然将会使烟苗向前倾斜,此时投苗不理想。

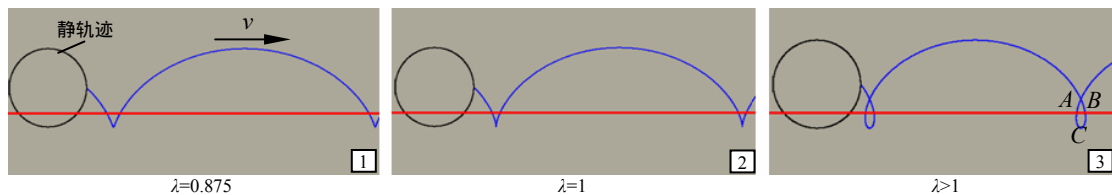


图 3 不同的 λ 特征参数的轨迹界面

Fig.3 Different λ-eigenvalue of trajectory interface

当  $\lambda > 1$  时,栽植轨迹为余摆线(图 3-3),摆线上有环扣出现,当栽植机构运动在 A 和 B 点上,其水平分速度均为 0,而在 A 和 B 之间都有向后的水平分速度,且 C 点的向后水平分速度最大。如在 A 点投苗,此时吊杯具有垂直向上的速度分量,但因投苗点较高,不利于苗体直立;如在 B 点投苗,吊杯则具有垂直向下的速度分量,投苗点同样较高,因此,实际的投苗点应在余摆线的 AB 段之间,此时吊杯有与整机前进方向相反的水平分速度。考虑到

吊杯投苗后紧接着有覆土流沿机器前进方向作用于苗体,故在 AB 段之间投苗较为适宜。再考虑到吊杯与土壤接触后有回土流的影响,如果在 AC 段放苗,吊杯在 BC 段打入的孔会使 AC 段的整苗被埋或钵苗芽心被埋;如果在 BC 段放苗,AC 段的回土流会把向右倾斜的钵苗压正,对直立度有保证。所以投苗位置理应设在 BC 段之间。

由以上分析可知,  $\lambda > 1$  是实现投苗移栽的必要条件,且应采用吊杯运动分析中的零速点附近投

苗,考虑到吊杯对苗体向后推动及覆土流对苗体向前推动的综合作用,在B和C点之间存在1个最佳的投苗位置。

在VB界面中分别取 $\lambda$ 为0.875、1.010、1.025、1.050、1.075、1.100、1.125、1.150、1.250输入,得出的特征参数与株距呈反比,计算得此范围内株距平均值为0.538 m,由于烟草种植株距在0.50~0.60 m时能使产量或经济收益提高<sup>[8]</sup>,再结合株距与特征参数的关系,故 $\lambda$ 的取值范围为1.010~1.150。

#### 4 验证结果与分析

为了验证 $\lambda$ 值对移栽质量的影响,在给定圆盘半径0.360 m、栽植频率45株/min条件下,通过调整链轮来改变传动比,使特征参数 $\lambda$ 改变,选取不同的特征参数值进行试验验证。考察特征值的变化对栽植后株距合格率、倒伏率、烟苗直立度等的影响。

由表1可知,在 $\lambda > 1$ 时,株距合格率和直立度优良率均大于90%,倒伏率都低于5%,烟苗移栽质量良好,说明 $\lambda > 1$ 能很好地保证烟苗移栽的直立度和优良率;当 $\lambda < 1$ 时,株距合格率和直立度优良率都不高,倒伏率较高,不能达到烟苗的移栽农艺

表1 不同特征参数对烟苗栽植质量的影响

Table 1 Characteristics of different parameters on the quality of transplanting %

$\lambda$ 值	株距合格率	倒伏率	直立度合格率	直立度优良率
0.875	29.88	76.47	23.53	6.10
1.000	30.16	73.55	26.45	8.23
1.025	92.22	4.61	95.03	90.97
1.050	92.54	4.33	95.27	91.38
1.075	92.85	4.12	95.52	91.63
1.100	93.06	3.97	95.71	91.85
1.125	94.13	3.72	96.13	92.15
1.250	95.21	3.35	96.52	93.68

要求;当 $\lambda=1$ 时,直立度合格率和优良率仅为26.45%和8.23%,虽然存在一个零速投苗点,但还是不能达到烟苗的移栽农艺要求。

虽然 $\lambda$ 的取值越大,其株距合格率和直立度合格率都越高,但当 $\lambda > 1.125$ 后,株距会小于0.5 m,对提高产量和经济效益不利<sup>[8]</sup>。综合考虑, $\lambda$ 宜取1.125,既能保证烟苗的栽植质量,满足农艺要求,又可保证更好的经济效益。

#### 参考文献:

- [1] 武科,毕新胜,陈永成.吊篮式移栽机栽植器的研究[J].农机化研究,2010(6):73-75.
- [2] 封俊,秦贵,宋卫堂,等.移栽机的吊杯运动分析与设计准则[J].农业机械学报,2002,33(5):48-50.
- [3] 李建桥,张国凤,陈建能,等.钵苗有序移栽机构的研究进展及应用展望[J].农机化研究,2008(2):121-125.
- [4] 张林峰,羊四清.Visual Basic 程序设计[M].北京:中国铁道出版社,2007:268-286.
- [5] 夏齐霄,雷红.机械设计VB编程基础及运用实例[M].北京:国防工业出版社,2010:35-49.
- [6] 蒋加伏,张林峰.Visual Basic 程序设计教程[M].北京:北京邮电大学出版社,2004:260-270.
- [7] 刘婷婷,罗娟,侯书林.基于MATLAB的移栽机栽植机构的运动学分析[J].农机化研究,2009(9):68-69.
- [8] 肖卫兵.烟草移栽机栽植器的设计与试验研究[D].长沙:湖南农业大学工学院,2010.
- [9] 何扬清,尹文庆,章士秀.3种旱地移栽机栽植器的性能分析[J].安徽农业科学,2006,34(24):24-25.
- [10] Abbas Hemmat,Orang Taki.Comparison of compaction and puddling as pre-planting soil preparation for mechanized rice transplanting in very gravelly calcisols in central iran[J].Soil & Tillage Research,2003,70:65-72.

责任编辑:罗慧敏