

基于UG和VB.NET的蔬菜移栽装置数字化设计*

张国凤 王俊军 陈建能 赵 匀
(浙江理工大学机械与自动控制学院, 杭州 310018)

【摘要】 基于UG和VB.NET数字化设计方法,实现了旋转顶出式蔬菜移栽装置零部件系列化设计。建立了移栽装置的数学模型,应用UG完成各零部件的三维模型和虚拟装配。借助VB.NET编写程序在UG中添加自定义菜单项,输入或改变有关参数即可在UG中自动生成相应机构的三维模型,实现移栽装置的数字化变型设计。结果表明,该数字化设计方法缩短了设计周期,提高了设计效率。

关键词: 蔬菜 移栽装置 变型设计 UG软件 VB.NET

中图分类号: S223.92; TP391.72 文献标识码: A 文章编号: 1000-1298(2010)06-0061-04

Digital Design of Vegetable Transplanter Based on UG and VB.NET

Zhang Guofeng Wang Junjun Chen Jianneng Zhao Yun

(Faculty of Mechanical Engineering and Automation, Zhejiang Sci-Tech University, Hangzhou 310018, China)

Abstract

Series design of transplanting parts of vegetable transplanter was achieved by the digital design based on UG and VB.NET. First of all, mathematical model of rotary ordered transplanter was established. 3-D model of parts and virtual assembly of transplanting device were completed with UG software. By means of VB.NET and secondary development tools UGOPEN in UG, special custom menu items were added in UG software; the user could input or change relevant parameters based on agronomic requirements of different vegetables, then 3-D model of the corresponding mechanism was automatically generated to achieve digital variant design of transplanting device. The results showed that this digital design method shortened design cycle and improved design efficiency.

Key words Vegetable, Transplanting device, Variant design, UG software, VB.NET

引言

蔬菜机械化移栽采用穴盘育苗,由于农作物育苗个体的差异,用于作物育苗的穴盘不尽相同,如用于番茄的是5×10穴盘,用于辣椒的是6×12穴盘;另外,用于不同作物穴盘的钵体大小也不一致^[1]。因此,不同种类蔬菜移栽机的移栽部件各有异同,如果针对每类穴盘的移栽部件都分别单独设计,不仅计算和绘图工作重复、工作量大,而且设计周期长、效率低,严重影响企业对系列化新产品的研发速度,使企业缺乏对市场的快速响应能力。

本文在UG参数化建模装配的基础上,基于VB.NET对UG软件进行二次开发,通过编写程序增加一些特定功能,定制人机交互界面,用户可通过界面实现模块的调用,实现移栽机构的自动系列化变型设计,输出相应的装配图、零件图,并进行运动模拟。

1 旋转顶出式有序移栽装置

旋转顶出式有序移栽装置主要由外滚筒、顶杆组件、连杆组件、杠杆组件、凸轮和主轴等部分组成,如图1所示。其工作原理如下:主轴和外滚筒按一

收稿日期: 2009-09-15 修回日期: 2009-12-21
* 浙江省重大招标项目(2008C11006)和浙江省科技厅重大专项基金资助项目(2006C12039)
作者简介: 张国凤,副教授,主要从事机构计算机辅助分析与设计、现代设计方法研究,E-mail: zhguof@zstu.edu.cn
通讯作者: 赵匀,教授,博士生导师,主要从事农业机械、机构学研究,E-mail: zhaoyun@zstu.edu.cn

定速比同轴转动,秧盘卡在外滚筒上的栅条里随外滚筒一起转动送进。主轴带动凸轮转动,凸轮接触到杠杆的短臂端时,推动杠杆摆动,其长臂端带动连杆运动。顶杆在连杆的带动下作直线运动,快速将穴盘内的秧苗顶出,钵苗脱盘后依靠重力作用经导苗管落入田中。当凸轮与杠杆长臂端脱离后,杠杆在扭转弹簧的作用下复位并同时通过连杆带动顶杆复位,等待下一次的顶出动作,至此一个钵苗的全部顶出过程完成^[2~3]。

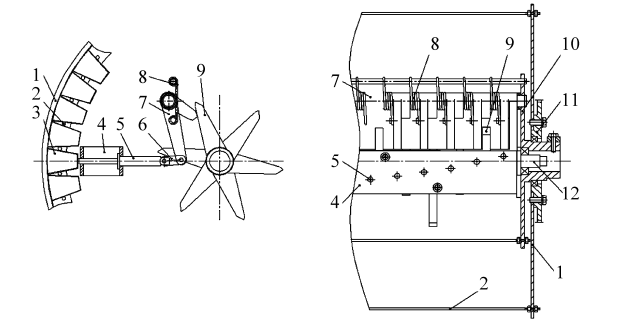


图 1 旋转顶出式有序移栽装置结构原理图
Fig.1 Structure and working principle of rotary ordered transplanter

1. 外滚筒 2. 栅条 3. 穴盘 4. 顶杆箱 5. 顶杆组件 6. 连杆组件 7. 杠杆组件 8. 复位弹簧 9. 凸轮 10. 杠杆支撑组件 11. 外挂齿轮 12. 主轴

该移栽装置能完成 2 行蔬菜移栽。如果选 n 列穴盘,则主轴轴向有 $2n$ 个凸轮,对称分为两组,每组内的凸轮在圆周方向上按 $360^\circ/n$ 的相位角排开。与凸轮对应的 $2n$ 个杠杆安装在杠杆轴上,每个杠杆通过连杆与顶杆一一相连。每组内的顶杆在圆周方向依次有一微小的相位差,以保证顶杆从穴盘钵碗

底部准确地顶出钵苗,提高顶出钵苗的有序性和可靠性。主轴转一周,秧盘中同一行的钵苗依次被顶出,分别落入田中的两列栽植行内。

为适用不同穴盘的移栽,该装置不仅是某些零件的数量、大小变化,而且各零部件的相对位置、运动参数等也要变化,如穴盘列数 n 变化,则凸轮、杠杆、连杆等零件的数量要变化,主轴和外滚筒转速比、凸轮、顶杆的相位差、位移等参数也要变化。因此,该装置变型设计不只是单个零件或满足各零部件间装配关系的结构参数变型^[4],还能随机构参数变化相互关联变型,以满足机构的运动学、动力学性能要求。

2 数学模型建立

图 2 为蔬菜移栽装置中的顶出机构运动简图,坐标原点 O 为主轴,各相关参数符号含义如表 1 所示^[5]。

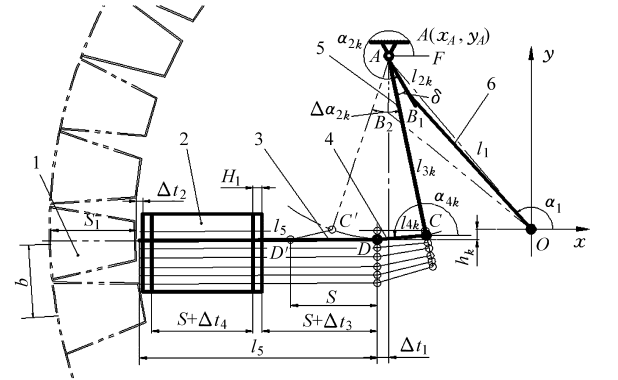


图 2 顶出机构示意图

Fig.2 Sketch of rotary ejection mechanism

1. 穴盘 2. 顶杆箱 3. 顶杆 4. 连杆 5. 杠杆 6 凸轮

表 1 参数符号说明

Tab.1 Symbol description of parameters

符号	含义	符号	含义
b	穴盘行距	S	顶出一棵钵苗顶杆所需行程
n	穴盘列数	s	顶杆行程
B_1	凸轮与杠杆输入端的初始接触点	l_{4k}	连杆的长度
B_2	凸轮与杠杆输入端的脱离点	l_5	顶杆的长度
Δt_1	顶杆右铰链点与杠杆支点在水平方向的距离	δ	杠杆输入端和输出端之间的角度 ($\angle CAB_1$)
Δt_2	顶杆左端与穴盘底部的间隙	α_{2k}	杠杆角位移
H_1	顶杆箱左、右板的厚度	$\Delta\alpha_{2k}$	杠杆摆角
h_k	顶杆中心线与主轴中心在垂直方向上的距离 (顶杆相位差)	α_1	凸轮的角位移
i	移栽机构传动比	α_{20}	杠杆的初始安装角 $\angle FAB_1$
l_1	凸轮最大极径的长度	θ	$\angle OAB_2$
l_{2k}	杠杆输入端的长度	α_{4k}	连杆角位移
l_{3k}	杠杆输出端的长度	(x_A, y_A)	杠杆支撑点 A 点的坐标
S_1	穴盘钵碗深度	ε	计算精度

注:表中符号下标 k 指第 k 套顶出机构,由上至下 $k=1,2,\cdots,n$,见图 2。

参数 n, b, S_1 是育秧穴盘的结构参数,由蔬菜品种确定,为已知可变常量; $H_1, \Delta t_1, \Delta t_2, \Delta t_3, \Delta t_4$ 一般为固定常量;其他参数则由整体结构或机构运动性能所需经过计算或优化得到。

2.1 顶出机构传动比和顶杆相位差确定

由顶出机构的运动特点可知,其传动比 i 即外滚筒和主轴转速比一定要为整数,且等于外滚筒周长 L_c 相对秧盘行距 b 的倍数,即

$$L_c = ib$$
$$R = ib / (2\pi) \tag{1}$$

根据移栽装置整体结构由式(1)确定 R, i 值,在确定传动比 i 值时,要兼顾变速箱体积适当。

顶杆的长度

$$l_5 = S + \Delta t_3 + 2H_1 + S + \Delta t_4 \tag{2}$$

杠杆支撑点 A 的横坐标

$$x_A = -R + l_5 + \Delta t_1 + \Delta t_2 + S_1 \tag{3}$$

各顶杆的相位差

$$h_k = (R - S_1) \sin(360(k - 1) / (in))$$
$$(k = 1, 2, \cdots, n) \tag{4}$$

2.2 顶出机构参数分析

由于 $l_1, l_{2k}, l_{3k}, l_{4k}, x_A, y_A, \alpha_{20}$ 等机构参数直接影响顶杆的行程和顶出蔬菜钵苗的可靠性,因此需要对顶出机构进行运动学分析^[3],限于篇幅,本文仅列出部分主要参数表达式。

为使机构有良好的传动性能,杠杆的输出端应左、右对称摆动,各组杠杆的输出端长度取为

$$l_{3k} = AC = y_A + h_k \tag{5}$$

C 点的坐标为

$$\begin{cases} x_C = x_A + l_{3k} \cos \alpha_{2k} \\ y_C = y_A + l_{3k} \sin \alpha_{2k} \end{cases} \tag{6}$$

各组连杆的长度为

$$l_{4k} = \sqrt{(l_{3k} \cos(\alpha_{20} - \delta) + \Delta t_1)^2 + (y_C + h_k)^2} \tag{7}$$

各组杠杆摆角

$$\alpha_{1k} = \alpha_{20} - \alpha_0 -$$
$$\arcsin\left(\frac{l_{4k}^2 - l_{3k}^2 - a^2 - b^2}{2l_{3k}\sqrt{a^2 + b^2}}\right) - \arcsin\left(\frac{a}{\sqrt{a^2 + b^2}}\right)$$

其中 $a = \Delta t_1 + S$ $b = y_A + h_k$

各组杠杆的输入端长度为

$$l_{2k} = \sqrt{x_A^2 + y_A^2} \cos \theta -$$
$$\sqrt{(x_A^2 + y_A^2) \cos^2 \theta - (x_A^2 + y_A^2 - l_1^2)} \tag{8}$$

其中 $\theta = \alpha_2 + \pi - \alpha_{20} + \Delta \alpha_{2k}$

顶杆行程为

$$s = |x_{D'} - x_D| \tag{9}$$

式(5)~(9)中, $l_1, x_A, y_A, \alpha_{20}, \delta$ 可根据移栽装置整体结构初步确定。

3 移栽装置的数字化设计方法及其实现

3.1 方法

应用三维造型软件 UG 对蔬菜移栽装置的各部件建立参数化模型,并进行虚拟装配。根据所建立的数学模型,借助 VB.NET 编写程序计算有关参数和定制人机交互界面,用户通过界面输入初始参数调用参数分析模块,更新模型。参数分析程序流程如图 3 所示。

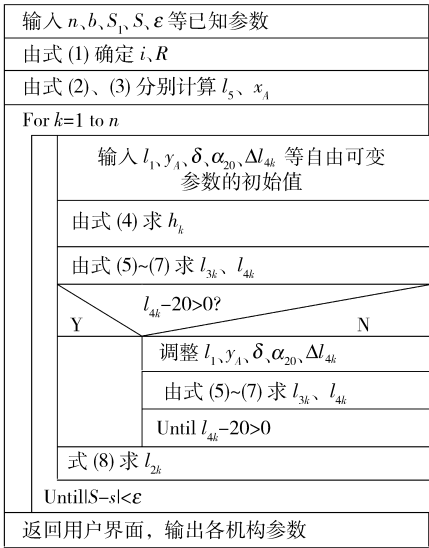


图 3 机构参数分析流程图

Fig. 3 Sketch of parameter analysis program

3.2 移栽装置参数化模型建立

3.2.1 零件造型

利用 UG 软件的零件设计模块,通过拉伸(extrude)、扫描(sweep)、混合(blend)、抽壳(shell)、求和(unite)、求差(subtract)等方法生成各零件实体。由于每个零件的建模方法很多,在进行零件建模的时候,要选择用最少的命令实现零件建模,简化建模过程;进行零件草绘时,应该使草图完全约束且标注合理,避免因缺少尺寸导致变型失败;另外,由于 UG 很多命令是不能用表达式控制的,必须选择能用表达式控制的命令进行零件建模,否则不能进行变型设计。

3.2.2 移栽装置装配和参数关联

完成零件造型后,利用 UG 软件的装配模块进行装配连接,通过接触对齐(touch align)、同心(center)、角度(angle)、距离(distance)、中心(concentric)和平行(parallel)等约束方式对移栽装置的各部件进行装配。在设计过程中,通过建立合适的约束条件和特征间的父子关系,利用参数表达

式 Expression 创建零件间的引用,使得各零件间的参数相互关联,如通过计算得到的顶杆相位差 h_k ,输入到主装配图中,其他零件都可以引用该参数,这样只需更改初始参数,与该参数相关的零件模型都可实现同步更新。对于某些零件间装配关系的不确定性,通过设计经验确定初始参数,应用 VB. NET 编写程序分析验证,保证输入参数的可靠性,如杠杆支撑点 A 坐标、杠杆的初始安装角 α_{20} 、杠杆输入端长度 l_{2k} 、连杆长度 l_{4k} 等参数。图 4 为建立移栽装置参数化模型流程图。

3.3 用户界面定制

为了用户方便地控制整个变型设计过程,准确、可靠地输入移栽装置自由变化参数,需要定制用户

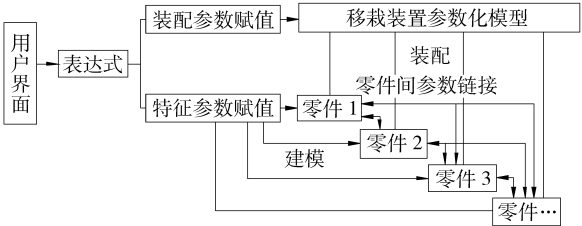


图 4 参数传递简图

Fig. 4 Sketch of parameter transmission

界面。本文采用 VB. NET 与 UG 连接方法制作出移栽装置变型设计用户界面,如图 5 所示。

3.4 应用实例

点击 UG 上方菜单项——参数化设计,进入移栽装置的系列化设计界面(图 5a),在界面中可以选

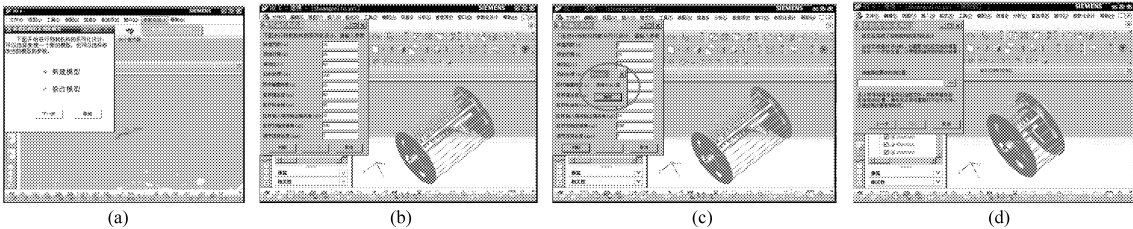


图 5 移栽装置系列化设计软件界面

Fig. 5 Interfaces of series design software of transplanter mechanism

(a) 菜单项的定制界面 (b) 初始参数输入界面 (c) 判断参数界面 (d) 生成模型保存界面

择新建模型或者修改当前模型。图 5b 是穴盘列数 n 为 18 及输入相关参数 (S 、 i 、 l_1 、 x 、 x_A 、 y_A 、 α_0 、 α_{20} 、 Δl_{4k}) 的界面和生成的模型。在该界面中,可通过点击下方判断按钮进入参数分析模块对参数进行分析,以确定输入的参数是否符合设计要求;若不符合,会弹出提示对话框并要求重新输入参数值(图 5c)。若改变后的输入参数符合设计要求;UG 自动变型生成新的三维实体模型,如图 5d 所示。通过应用界面可对新生成的模型进行保存,或返回上一层界面重新生成模型(图 5d)。

4 结论

(1) 基于 UG 和 VB. NET 实现核心零部件的数字化变型设计,不仅实现了单一零件及零件间简单的装配关系变型,还能通过编程增加对机构的运动学、动力学特性约束,使机构具有所需的运动学特性以及良好的动力学性能。

(2) 基于 UG 和 VB. NET 实现核心零部件的数字化变型设计,可以减少重复设计,缩短设计周期,提高设计效率。

参 考 文 献

1 王荣华,邱立春,田素博. 我国穴盘苗机械化生产的现状与发展[J]. 农机化研究,2008,30(7): 230 ~ 231.
Wang Ronghua, Qiu Lichun, Tian Subo. Status and development of mechanized processing of plug seedling in China[J]. Journal of Agricultural Mechanization Research,2008,30(7):230 ~ 231. (in Chinese)

2 浙江理工大学. 一种蔬菜移栽装置: 中国,200820121105.2[P]. 2009-06-17.

3 张国凤,陈建能,李建桥,等. 水稻钵苗有序抛秧机顶出机构的参数优化[J]. 江苏大学学报: 自然科学版,2008,29(2): 101 ~ 105.
Zhang Guofeng, Chen Jianneng, Li Jianqiao, et al. Parameter optimization of ejection mechanism of ordered transplanter for plotted rice-seedling[J]. Journal of Jiangsu University: Natural Science Edition, 2008,29(2): 101 ~ 105. (in Chinese)

4 赵匀. 农业机械分析与综合[M]. 北京:机械工业出版社,2009.

5 于红英,唐德威. 基于 UG 的汽轮机用卡板、塞板参数化设计软件开发[J]. 农业机械学报,2006,37(11): 118 ~ 120.
Yu Hongying, Tang Dewei. Development of UG based parametric design software of calipers and plug guage using in steam turbine product[J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery,2006,37(11): 118 ~ 120. (in Chinese)

的情况下出现伤苗率的最大值为 7%。此次试验表明,在秧苗插秧后第 14 天,秧苗扎根彻底,比杂草牢固,在合理的控制除草盘转速,机器前进速度和耕作深度的情况下,第 14 天进行第二次机械式除草作业,除草效果最佳。

4.7 总除草率的计算

除草率的计算涉及到两次除草,为更真实地模拟田间的情况,总除草率的计算公式为

$$C_t = 1 - (1 - C_1)(1 - C_2)$$
 (9)

式中 C_t ——总除草率

C_1 ——第 7 天的除草率

C_2 ——第 14 天的除草率

代入第 7 天和第 14 天除草率结果,得

$$C_t = 1 - (1 - 0.73)(1 - 0.76) \approx 94\%$$

5 结论

(1) 影响除草率显著性的因素依次为机器前进速度、转速、耕作深度。影响伤苗率显著性的因子依次为耕作深度、机器前进速度、转速。

(2) 通过两次试验,应用响应曲面对影响除草率及伤苗率的因素及其相互作用进行分析,优化后的工作参数为转速 230 r/min、机器前进速度 1.02 m/s、耕作深度 18 mm,此时伤苗率为 0.13%。确定了二次除草作业的最佳工作参数组合为除草盘转速 230 r/min、机器前进速度 0.48 m/s、耕作深度 27 mm。经过两次除草,总除草率达 94%。

参 考 文 献

1 李江国,刘占良,张晋国,等. 国内外田间机械除草技术研究现状[J]. 农机化研究,2006(10):14~16.
Li Jiangguo, Liu Zhanliang, Zhang Jinguo, et al. Review of mechanical weeding technique in field at home and abroad[J]. Journal of Agricultural Mechanization Research, 2006(10):14~16. (in Chinese)

2 吴竞仑,周恒昌. 稻田杂草化学防除[M]. 北京:化学工业出版社,2003:64~65.

3 明玉岗. 水田中耕除草机试验与研究[J]. 江苏农机化,2006(1):18~19.

4 杨广林,范蕴哲. 旋耕式水田中耕除草机的结构与技术参数的探讨[J]. 东北农业大学学报,1985(3):69~73.
Yang Guanglin, Fan Yingzhe. Determination of the structure and the parameters of the rotary hot for paddy field[J]. Journal of Northeast Agricultural University, 1985(3): 69~73. (in Chinese)

5 李东升,张莲洁,盖志武,等. 国内外除草技术研究现状[J]. 森林工程,2002,18(1):17~18.

6 刘国平,孙仕明,成学思,等. 3ZS-2 型中耕除草机的研究设计[J]. 农机化研究,1999(2):49~50.

7 桑正中. 农业机械学[M]. 北京:机械工业出版社,1988.

8 吴崇友,张敏,金诚谦,等. 2BYS-6 型水田中耕除草机设计与试验[J]. 农业机械学报,2009,40(7):51~54.
Wu Chongyou, Zhang Min, Jin Chengqian, et al. Design and experiment of 2BYS-6 type paddy weeding-cultivating machine [J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2009,40(7):51~54. (in Chinese)

(上接第 64 页)

6 朱宏宇,任树华. .NET 的 UG 二次开发接口技术的研究和应用[J]. 现代制造工程,2008(12):48~50.
Zhu Hongyu, Ren Shuhua. The research and implement of secondary development technology for UG based on .NET[J]. Modern Manufacturing Engineering,2008(12):48~50. (in Chinese)

7 吴伟伟,唐任仲,侯亮,等. 基于参数化的机械产品尺寸变型设计研究与实现[J]. 中国机械工程,2005,16(3):218~222.
Wu Weiwei, Tang Renzhong, Hou Liang, et al. Research & realization on the variant design of mechanical products based on parametric techniques[J]. China Mechanical Engineering,2005,16(3):218~222. (in Chinese)

8 陈东祥,胡冬梅. 基于 Pro/E 的自行车参数化快速设计系统[J]. 现代制造工程,2006(3):50~52.
Chen Dongxiang, Hu Dongmei. Bicycle parametric design and development system based on Pro/E [J]. Modern Manufacturing Engineering,2006(3):50~52. (in Chinese)