

自动化穴苗移栽机关键机构的模块化设计*

高国华, 韦康成

(北京工业大学 机械工程与应用电子技术学院, 北京 100124)

摘要: 为了缩短自动化穴苗移栽机的研发周期和成本,根据模块化功能划分的思想,结合移栽机的机构特点,按照功能单位分解的模块化划分原则,开展了对移栽机的模块化设计。以移栽机关键模块夹持爪设计为例,分析了夹持爪零件的结构特性,建立了机构零件的模块化数据库。在此基础上,为实现对模块化素材的查询和调用,开发了数据库应用软件平台,实现了零件设计平台和素材数据库的无缝链接,在软件平台上对夹持爪进行了模块化设计。研究表明,该移栽机机构模块化设计平台具有较好的设计效率和效果,可为其他农业机械的模块化设计提供参考。

关键词: 穴苗移栽机;关键机构;模块化设计

中图分类号: S223;TH39;TP39 文献标志码:A

文章编号: 1001-4551(2012)08-0882-04

Modular design for key institutions of seedling transplanting manipulator

GAO Guo-hua, WEI Kang-cheng

(College of Mechanical Engineering and Applied Electronics Technology, Beijing University of Technology, Beijing 100124, China)

Abstract: In order to improve the design efficiency of the hole seeding transplanting machine, the modular design of the transplanting machine was developed based on the thought of modular function division. Through the analysis of the structure characteristics of clamping claw parts, the modular database of institutions parts were established by referring to the example of the key part of clamping claw design. Aiming at the problem of realizing the query and call of modular material, an application software platform for database was established. Through setting up software platform between the design platform and material database, problems of seamless link between them were solved. The clamping claw was modular designed on this software platform. The results of modeling and assembly design show that this platform has good efficiency and effectiveness, which proves a reference of modular design for other agricultural machinery.

Key words: seedling transplanters; key institutions; modular design

0 引言

设施农业是现代农业工厂化生产的代表,是未来我国农业发展的主要方向之一。农业自动化装备也随着设施农业发展的需求而快速发展。在农业机械生产领域,企业一方面必须利用产品的批量化、标准化和通用化来缩短上市周期、降低产品成本、提高产品质量;另一方面还要不断地进行产品创新以使产品

越来越个性化,满足客户的定制需求。因此,如何平衡产品的标准化、通用化与定制化、柔性化之间的矛盾,已成为企业赢得竞争的关键^[1]。

解决这一问题的有效方法就是模块化设计,模块化设计包括模块划分和模块设计重组,是对企业产品进行功能分析并将其划分为一系列功能不同的模块,根据客户需求对模块进行设计和重组,产生功能或性能不同的产品族的一种设计方法^[2-4]。

收稿日期:2012-02-27

基金项目:国家自然科学基金资助项目(50905002);北京市教委科技资助项目(JC001014201002);北京市教委人才强教深化计划——中青年骨干人才培养计划资助项目(PHR20110802)

作者简介:高国华(1977-),男,河北大城人,副教授,博士,主要从事农业自动化装备方面的研究。E-mail: ggh0912@126.com

将模块化思想和技术引入农业机械制造行业中,对于推进我国农业机械的现代化发展具有重要的现实意义。近年来,不少学者、工程技术人员对这方面进行了研究。贵州大学的黄瑾媛等^[5]提出了对小型农业作物机进行功能模块划分,通过模块的重新设计和组合,形成符合各种需求的农业作业机的方法;浙江工业大学的陆长明等^[6]提出了从定量的角度,通过接口关系对农业作业机进行模块划分的方法;上述研究取得了较大的进展和成果,对农业机械的模块划分提出了很多优秀的建议,但以上研究多停留在模块划分的理论研究上,对于模块的建模设计仍缺乏进一步的研究,对于模块内零部件之间的装配问题,并没有提出一个具体实例的解决方案。

在对前人研究成果总结的基础上,本研究在对设施农业自动化装备的代表—自动化温室穴苗机的设计过程中,采用模块化设计思想,开发移栽机机构模块化设计平台。该平台采用VB 6.0作为汇编开发软件,利用 Access 2003 构建通用化数据库,以 SolidWorks 2009 为建模工具,使用VB对SolidWorks进行二次开发编程。

1 移栽机功能模块的划分

在对移栽机进行模块化设计前,应先将其进行模块划分,注重功能因素,把功能映射到物理结构,主要以部件作为模块。移栽机功能模块划分示意图如图1所示,移栽机机构可分为夹持爪机构、控制箱机构、移栽机支架机构、横向平移机构、传送带机构和间隔调整机构六大模块。其中:夹持爪机构的功能为实现温室穴盘苗的夹取和移植;控制箱机构集合了移栽机的控制系统;移栽机支架机构用于实现移栽机各模块的支撑;横向平移机构用于实现夹持爪在移植穴盘和空穴盘之间交互作业;传送带机构用于实现穴盘的传送;间隔调整机构用于实现夹持爪从密穴盘夹取穴苗

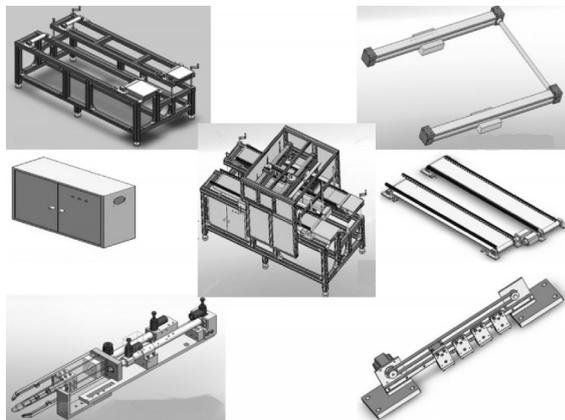


图1 移栽机功能模块划分

移植到疏穴盘时各个夹持爪之间的间距调整。

2 移栽机功能模块的设计重组

根据产品设计要求,按照功能划分的模块可以分解为通用模块、准通用模块和专用模块3个部分。其中,通用模块可直接运用到新产品的设计中;准通用模块需要根据设计要求改变外形尺寸;专用模块则是根据不同的功能需求重新设计的部分。准通用模块和专用模块又可以划分为螺母、螺栓等标准零件和产品特有的参数化零件。借助数据库系统,可以更好地实现模块的参数化设计。本研究将划分好的模块进行分解,并分析各模块的尺寸特性,建立模块组成零件的尺寸参数数据库。在SolidWorks环境下,本研究运用VB构建了软件平台,并结合数据库,对模块零件进行二次开发编程,使模块能够实现参数化设计。在程序的作用下,各个相对独立的模块重新拼装,形成新的产品,从而达到机械模块化设计的目的。模块化设计思路如图2所示。

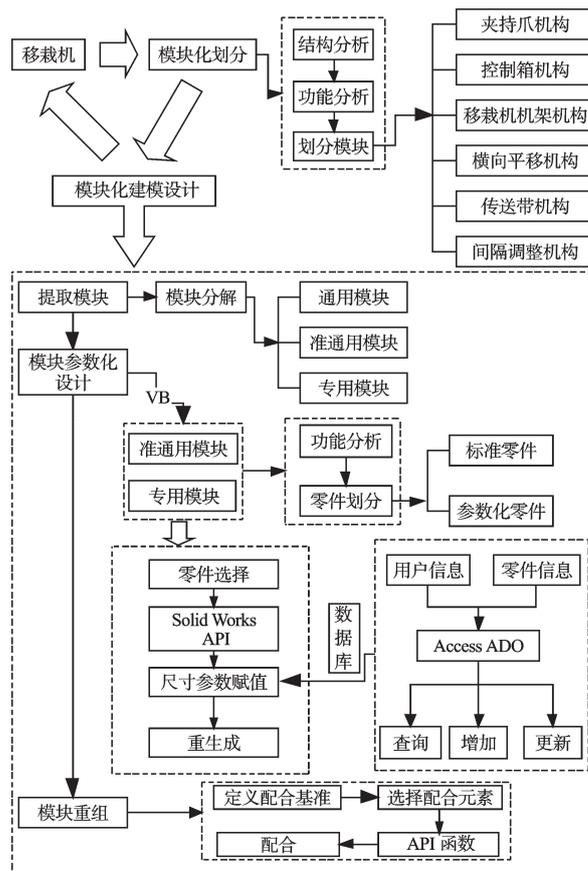


图2 移栽机模块化设计流程

2.1 模块化设计平台搭建

在模块化设计思想的基础上,本研究设计开发完成了模块化设计平台。为了实现平台功能,本研究根据零件的结构特性,建立零件的尺寸参数数据库,运用VB语言调用SolidWorks的API函数,对SolidWorks

进行二次开发,并通过数据库对尺寸参数进行赋值。在软件平台上,本研究只需要选择需要设计的零件,确定相应的参数,即可自动生成零件模型,实现了系统零件的参数化设计,由零件尺寸的改变带动整体模块的结构尺寸改变,实现模块化设计。软件平台结构设计如图3所示。

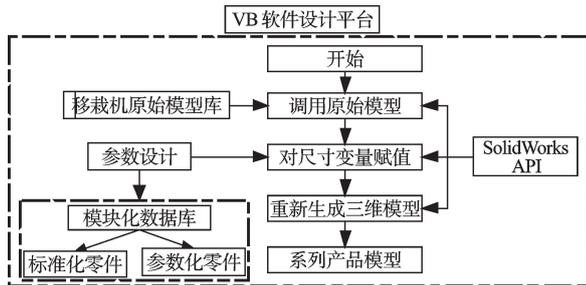


图3 系统结构图

2.2 模块化数据库的创建

在对零件进行设计时,本研究需要调用数据库对其参数数值进行赋值或者更新。Access是可视化的数据库管理系统,操作简单,使用方便^[7]。在建立数据库的过程中,本研究将用户信息单独作为一类,然后根据零件的结构特性将零件分类,针对每一类型的零件,本研究分析特定零件的尺寸特征,确定尺寸基准,提取主要尺寸设置参数变量,并在数据表中记录信息,为后期的模块化零件设计提供数据支持。

根据移栽机模块化设计的需要,本研究对Access数据库表的结构进行了设计规划。数据表一共有3类:① 用户登录表,用来存放默认的用户名和密码,用来验证登录指令;② 标准化零件的尺寸参数表,用来记录标准件的尺寸参数,如垫圈、螺栓等,标准件的尺寸参数参照国家标准,引用机械设计手册中的数据;③ 参数化零件的尺寸参数表,用来记录结构比较复杂,还未形成统一标准的零件的尺寸参数,如夹持连接板、大小连接板等。

2.3 模块的参数化建模

2.3.1 参数化建模方法

对零件进行参数化设计有很多方法,本研究采用的方法主要有两种:利用SolidWorks中的宏录制和SolidWorks方程式驱动。本研究在SolidWorks中使用宏录制功能记录零件的设计过程,然后提取宏文件的代码,并将其转换成VB语法形式的程序代码,使之符合VB的编程语法,将代码加入VB的程序中,就可以通过VB操作SolidWorks,对零件模型进行参数化修改。对于结构特性比较复杂的零件,研究者可以结合方程式驱动方法建模,在零件模型尺寸之间可以使用尺寸名称作为变量来生成方程式。被方程式所驱动的尺寸在模型中以编辑尺寸值的方式来改变。方程

式由左到右,位于左侧的尺寸会被右侧的值驱动,多个方程式的求解按编辑方程式中所列顺序逐一解出。

对于标准化零件,零件多为对称结构,程序设计比较简单,主要采用宏录制的方法。本研究提取零件的特征尺寸,根据机械设计手册相应的尺寸数据,采用Access数据库来存储各标准件的尺寸参数,各数据表之间按照树形结构的逻辑关系建立。同时通过VB绑定ADO控件连接数据库,在软件界面上,本研究通过VB控件调用数据库中的数据,再通过VB程序调用SolidWorks的API函数,运行相应的已修改好的宏代码,在SolidWorks环境下完成零件的建模^[8-13]。

对于参数化零件,本研究主要采用方程式驱动的方法,分析零件的结构特性,对独立的尺寸参数单独赋值,找出互相关联的尺寸参数,选择一个特征尺寸参数作为建模基准参数,将基准参数作为自变量,其他尺寸参数作为因变量,形成尺寸链。本研究以基准参数为起点,通过使用方程式将有尺寸关联的尺寸参数连接起来。在软件界面,研究者只要确定了独立参数和特征参数的数值,通过尺寸链的联动计算即可确定零件各个尺寸的数值。本研究通过VB控件提取相应的数值,调用SolidWorks的API函数,将数值赋给函数的各参数,即可实现零件的重新建模。

2.3.2 移栽机关键模块的参数化建模

在移栽机的各个模块中,夹持爪作为对穴苗进行抓取的机构,是移栽机的关键模块,也是穴盘移栽机设计中变动最大的部分。不同的温室工厂使用的穴盘不同,夹持爪的尺寸需要随着穴盘格的大小而变动。其次,夹持爪的夹持角度、夹持力度、钢针伸缩长度都将影响夹取穴苗的成功率。

夹持爪机构图如图4所示,设计的基本要求是夹持爪能顺利将穴苗从密穴盘(128穴)中提取出来,且在把穴苗移植到疏穴盘(72穴)后能与穴苗良好地脱

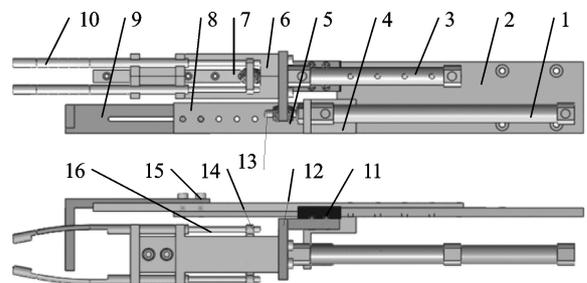


图4 夹持爪结构原理图

1—大气缸;2—固定板;3—小气缸;4—大气缸连接板;5—大气缸螺母;6—套筒固定架;7—直线导轨;8—夹持连接板;9—气缸限位;10—钢针套筒;11—直线导轨滑块;12—小气缸连接板;13—气缸活塞杆;14—钢针固定板;15—内六角螺栓;16—钢针

离。为了实现夹持、提取、移栽、收回等动作的独立控制,夹持爪采用双气缸联动的方式移植穴苗。夹持爪动作过程(如图5所示)为:大、小气缸之间的连接主要依靠中间的连接板。第1步是大气缸先运动,小气缸整体随着大气缸推杆向下移动;第2步是小气缸推杆的运动,它推动钢针从套筒中伸出,实现幼苗的夹取;第3步是大气缸推杆收回,使小气缸整体实现移植;第4步是当幼苗被移动到空穴盘上指定位置后,大气缸将小气缸整体推下,然后小气缸收回推杆,幼苗被放在穴盘中,整个移植过程结束。在整个移植过程中,夹持爪要尽量保持穴苗叶子和根茎的完整度,保证穴苗的后期生长。

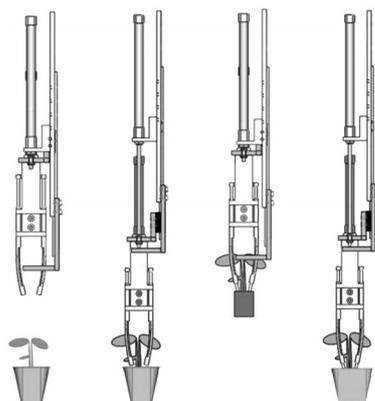


图5 夹持爪动作过程

穴苗单项性状指标如表1所示,在移栽时,不同生长期和品种的穴苗的株高和叶片面积是不一样的,穴盘的尺寸限制了夹持爪各钢针套筒之间的间距是固定值,为了更好地夹取穴苗,就需要设计具有不同夹持角度的夹持爪。夹持爪夹持角度的设计的合理性直接关系到穴苗的抓取成功率和移栽机的作业质量。因此,钢针套管属于夹持爪的专用模块。本研究根据不同穴苗的生长特性,通过理论计算和实验,形成配套的数据表,在设计时,研究者通过选择相对应的参数,就可以实现钢针套筒的模块化设计。软件设计界面如图6所示。

表1 穴苗单项性状指标表

穴苗种类	穴盘规格/穴	苗龄/天	叶片数	株高/mm	茎粗/mm	叶片面积/cm ²
茄子	128	70~75	4~5叶	80~100	2.5~3.0	40~50
西瓜	128	30~40	3~4叶	150~160	3.0~3.5	30~40
黄瓜温室用苗	128	20~25	3片真叶	120~150	3.0~4.0	120~130

3 结束语

本研究在前期研究的基础上,将模块化设计的思路引入移栽机的结构设计中,以 Access 数据库为工具创建了移栽机模块参数数据库,对 SolidWorks 的二次开发方法进行了研究,运用 VB 编辑语言设计了应用

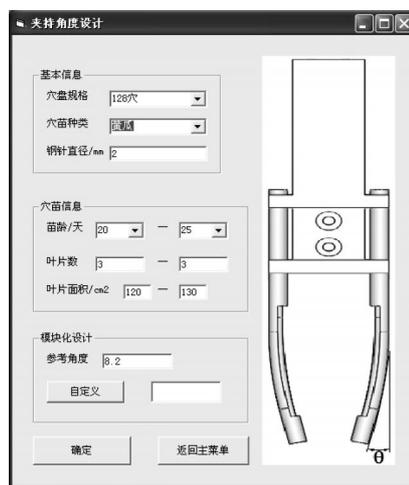


图6 套筒的设计效果

程序,对移栽机关键模块进行参数化设计,为其他农业机械的模块化设计提供了参考。本研究把模块化设计应用到设施农业的制造中,通过模块和知识的重用可以大大提高设计效率、降低整机制造成本,提升企业的竞争力。

参考文献(References):

- [1] 许正刚. 产品模块化设计与生产的优点和方法[EB/OL]. [2012-03-12]. http://2lw.cn/info/info_96439.html.
- [2] 毛汉忠,祁国宁,顾巧祥. 面向大批量定制产品开发设计技术的应用研究[J]. 机电工程,2007,24(11):79-83.
- [3] 尚欣,殷国富,杨佐卫,等. 面向企业产品链的可重构模块规划技术研究[J]. 四川大学学报:工程科学版,2010,42(4):219-224.
- [4] 邱红,殷国富,米良,等. 数控纵切车床的可重构模块化设计方法研究[J]. 机械,2010,37(8):59-61,78.
- [5] 黄瑾媛,尹健,封超. 模块化设计及其在小型农业作业机设计中的应用[J]. 现代机械,2010(6):66-67,74.
- [6] 陆长明,蒋建东,胥芳,等. 基于接口的小型农业作业机模块划分方法[J]. 农业机械学报,2007,38(6):57-61.
- [7] 杨涛. 中文版 Access 2003 数据库应用实用教程[M]. 北京:清华大学出版社,2009.
- [8] 付靖渝,马咏梅. 基于 AutoCAD 二次开发的组合零件库设计[J]. 机械设计与制造,2007(1):52-53.
- [9] 刘志海,鲁青,李桂莉,等. VB 开发 SolidWorks 实现机械产品参数化设计[J]. 煤矿机械,2008,29(7):180-183.
- [10] 马宝丽. 基于 VB 软件的盘形凸轮机构的参数化设计与运动分析[J]. 轻工机械,2010,28(6):56-59.
- [11] 王春成,王丽君,赵延治,等. 基于 SolidWorks 模块化并联机器人自动装配技术研究[J]. 机械设计与制造,2009(4):166-168.
- [12] 魏志军. 基于 CAD/CAE 的活络模向心机构的创新设计[J]. 机电技术,2011(6):65-68.
- [13] 叶修梓,陈超祥. SolidWorks 高级教程:二次开发与 API [M]. 2版. 北京:机械工业出版社,2009.

[编辑:张翔]