

虚拟环境下模块化灌装机建模与设计研究

王红军, 邹湘军, 刘昌余, 陈佳鑫

(南方农业机械与装备关键技术省部共建教育部重点实验室(华南农业大学), 广东 广州 510642)

摘要:介绍了采用虚拟仿真技术进行模块化灌装机虚拟设计研发的方法, 在分析结构组成的基础上, 构建了模块化虚拟产品模型; 提出了一种产品设计知识信息抽取和综合建模方法, 对设计中的不确定性知识利用多 Agent 系统进行推理决策, 采用 EON Studio 实现了产品设计过程可视化, 用 VC++ 实现了人机对话、产品设计行为和仿真决策, 构建了模块化灌装机虚拟设计仿真平台。

关键词:灌装机; 虚拟环境; 建模; EON Studio

中图分类号: TP391.9

文献标识码: A

文章编号: 1672-545X(2010)01-0053-03

随着人们生活水平的不断提高, 对饮料的外包装越来越追求文化和艺术品味。多样化的饮料外包装要求与之配套的饮料灌装生产线。灌装机是灌装生产线上的重要设备之一, 其主要功能是将液料灌入包装容器中。开发具有一定柔性的模块化灌装机, 可有效迎合水果饮料季节性、外包装变化频繁的发展需要, 是解决当前水果饮料灌装行业产品创新能力低下的行之有效的方法。

研究开发水果饮料灌装机, 这类集机、电、液(气)结合的复杂机械装备, 须注重多学科不同类别、不同层次知识的融合和应用(设计知识、经验、原理、规范和准则等), 研究以知识资源共享为基础、以虚拟数字化设计和仿真分析评价为手段的新产品快速开发设计方法, 对提高企业的产品创新能力具有重要的指导意义。

本文通过可以在网络环境中运行的模块化灌装机仿真系统的研究, 阐述了利用 EON 平台实现产品设计可视化、利用 VC++ 实现产品模块化设计和行为仿真的新产品开发设计方法。

1 灌装方法及灌装机结构组成

1.1 灌装方法

灌装过程中针对具有不同物理化学性质的灌装液料, 由贮液装置灌入包装容器采用的灌装方法有如下数种:

(1) 常压法灌装: 在大气压力下, 直接依靠被灌装液料的自重流入包装容器中。

(2) 等压灌装法: 利用贮液装置中气室的压缩空气, 给包装容器充气, 使二者的压力接近相等, 然后被灌液料靠自重流入容器内。

(3) 真空法灌装: 在低于大气压力的条件下进行灌装。灌装速度快, 可减少液料与容器内残存空气的接触, 延长产品的保存期。

(4) 虹吸法灌装: 利用虹吸原理使液料经吸管由贮液箱被吸入容器, 至两者液位相等为止。

1.2 灌装程序及灌装结构

灌装方法决定了灌装程序及灌装结构, 灌装过程又受灌装工艺参数, 如压力、时间、温度、速度等的影响。具有一定柔性的模块化灌装机, 应根据不同液料的性质, 使灌装过程中各工艺参数具有可调性和可控性。

含气饮料灌装常采用等压灌装法, 其灌装程序为: 升瓶→充气→灌液→排余液→降瓶。

灌装机结构主要包含: 进瓶螺旋、进出瓶星轮、弧形导板、灌装台底座、托瓶台转盘、灌装阀转盘、带齿轮轴承等。

进瓶螺旋将输送带上排列紧密的容器分隔定距, 使其顺利进入进瓶星轮的卡位。

进出瓶星轮与中心导板配合, 使容器沿着以进出瓶星轮中心为原点, 半径为一定值的圆弧运动。

弧形导板使瓶子沿着确定的运行方向准确地运行。

灌装台底座紧固托瓶台转盘的轴承部分, 使托瓶台转盘以上的模块相对转动, 凸轮导轨固定在灌装台底座上, 使托瓶台和灌装阀以一定的轨迹运行。

托瓶台转盘用来固定托瓶台, 并与带齿轮轴承的齿轮部分连接, 由齿轮带动做匀速圆周运动, 托瓶台在托瓶台转盘上做相对的上下往复运动。

灌装阀转盘与托瓶台转盘连接, 随托瓶台转盘做圆周运动, 灌装阀安装在灌装阀转盘上, 沿凸轮导轨而做确定的往复运动, 从而完成压瓶、灌装的运动。

2 模块划分

模块划分是模块化设计的前提和基础。模块划分是否合理, 直接影响模块化系统的功能、性能和成本。由若干零件、部件按照一定规律和结构形式组成的具有特定功能的机电系统, 通常具有整体性、相关性特征。整体性, 要求组成系统的各要素之间必须相互协调, 共同完成系统的整体功能; 相关性, 表明构成系统的各要素之间是有机联系、相互关联的, 相互之

收稿日期: 2009-10-17

基金项目: 国家星火计划资助项目(2008GA780039); 广东省自然科学基金资助项目(9151064201000030, 925106420100009, 07006692, 05006661)。

作者简介: 王红军(1966—), 女, 重庆人, 副教授, 博士, 研究方向: 知识工程、智能设计、虚拟现实。

间有着互相作用、互相制约的特定功能。

基于整体性和相关性特征,同时考虑具有柔性化的灌装机,完成对不同形状和不同容积的包装容器进行不同液料的灌装功能。可按照与容器形状、容积、液料相关原理和结构要素相互关联协调的需求,对模块进行划分和组合。灌装机划分为进瓶螺旋模块、进瓶星轮模块、弧形导板模块、灌装底座模块、托瓶台转盘模块、灌装阀转盘模块,模块结构组成如图1所示。

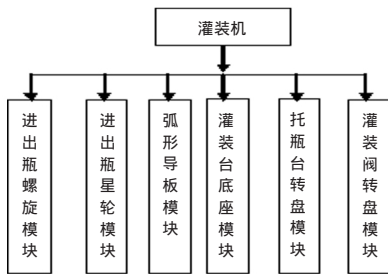


图1 灌装机模块结构

2 虚拟模型构建

EON 是美国 EON Reality, Inc. 公司研制开发的专业虚拟现实软件。这种软件具有可视化的编程界面,它将 VRML 集成成为一些可视的功能节点(Node),用户只需选择拖动节点到模拟树(Simulation Tree)上即可实现对场景相应动作,省去编写 VRML 源代码的麻烦。通过 EON Studio 提供的大量节点,可以建立丰富的三维场景,但 EON Studio 建模缺乏支持数学描述的能力,造型和动画都有一定的随意性,对于具有特定尺寸和结构要求的复杂产品三维造型,一般需通过专用建模软件建立模型。EON 支持 20 多种 CAD 三维图形文件格式。

Solid Works 是专门针对机械产品的三维建模而开发的 CAD 软件,它在建立灌装机等机械产品模型时,显得格方便、快捷。但它只支持 VRML1.0 的版本格式,而且所导出的 VRML 文件会丢失原模型各部件间主从关系等重要信息。为了弥补这个不足,在 Solid works 建模后,利用 Poly Trans 对模型进行转换和修改。Poly Trans 是三维模型格式转换工具,可以实现多个三维建模软件的模型格式转换,而且能够为模型文件加上摄像机(视点)、照明灯、各几何部件间的主从关系以及三维动画等。三维建模软件 Solid works 与三维模型格式转换工具 Poly Trans 相结合,可以充分发挥 Solid works 快速准确建模的优点,并有效消除 Solid works 只支持 VRML1.0 且丢失原模型各部件间主从关系而导致模型失真的弊端,使得在虚拟环境下对灌装机的快速建模成为可能。采用 Solid works 三维造型软件与 PolyTrans 结合,进行灌装机三维实体模型构建,并生成 EON 接受的 VRML 文件的流程如图2所示。

将灌装机三维模型文件导入 EON 后,便可运用 EON Studio 软件中所提供的节点调入场景,并且针对不同的状况给予不同的参数设定,产品便具有了行为。但单独在 EON Studio 平台上生成的仿真程序,交互性较差,也不能时时进行动态仿真。通过在 VC++ 中安装 EonX 插件,可以调用、控制 EON 仿

真程序,达到控制虚拟灌装机复杂行为仿真的目的。

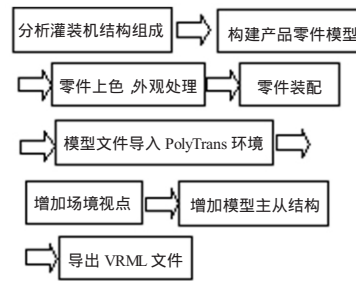


图2 灌装机虚拟三维模型构建流程

3 设计知识描述及建模

模块化灌装机设计及复杂行为仿真过程,是一个知识传递和融合的过程,必须首先解决如何用简洁的方法来进行设计知识抽取和行为建模问题。由于产品的复杂性,设计知识的多源性,采用分层次知识抽取和建模的方法。对底层的一些设计知识,用规则描述,结构知识,用对象的方法描述,把事实与规则的知识及结构知识,用面向对象的方法以类和实例进行表达。

关联规则抽取,是为了便于设计人员查询。设有项集 $T = \{t_i | i = 1, 2, \dots, n\}$,关联规则用来研究项集 T 中,某些项 t_j 的出现对另一些项的出现有多大的影响。以方案设计为例进行知识抽取和表达,将每个部件设为一个子项集 T ,它包含有零件名称、材料、代号、技术要求、工艺过程、标准件、自制件和易损件等信息。用关联规则发现算法,可发现其中可信度较高的约束关联。例如,在材料中输入关键词:齿轮,材料,80%是优质中碳钢。规则的形式为:类别标识符 1、编号、属性 1、属性 2、属性 3、属性 4、条件结论、可信度。如方案设计过程中进瓶螺旋模块选择可表达为:

```
FM = 2 # 旋转式灌装机;
Screw = 2 # 用于进瓶的螺杆;
ScrewType = 2 # 变节距的螺旋型;
CF = 0.95;
螺杆上的传感器的设计知识:
FM = 2 # 旋转式灌装机;
Screw = 2 # 用于进瓶螺杆;;
Sensor = 1 # 用于进瓶螺杆上的传感器;
CF = 1;
```

推理规则形式化分别为变节距的螺旋:

```
IF = {FM (i) = 2 and i Screw (i) = 2 then ScrewType = 2}
传感器:
```

```
IF = {FM (i) = 2 and Screw (i) = 2 then SensorType = 1}
```

由此,可以通过关联规则推出所需要查询的知识。

对象模型用于表达产品结构、功能等知识,用关联图可以形象地表示其知识结构和行为功能,在对象的图中表达了关联和链接、概括和继承、聚合三种类型的关系。聚合是“部分—整体”或“一个部分”的关系。灌装机产品结构、行为功能知识,通过对象图的层次结构和一些符号表达了对象、类的属性、操作等各种实体对象间的关联。图3以灌装机为例表达了

产品知识对象模型。

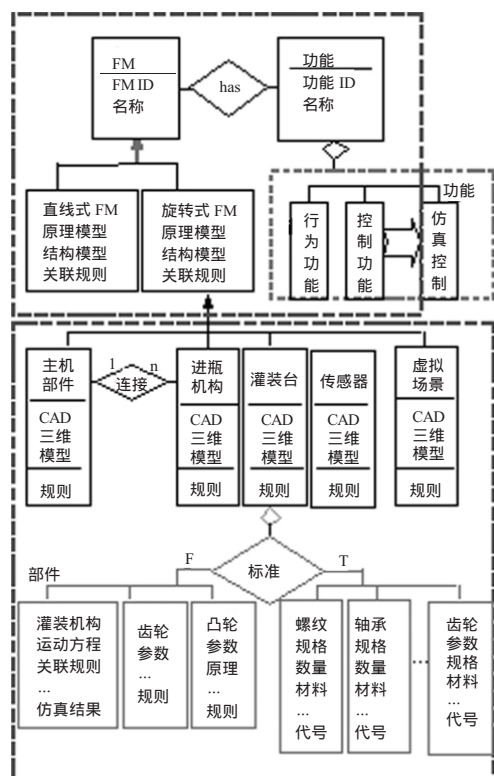


图3 知识对象模型

4 多 Agent 推理决策

在灌装机这类复杂产品设计过程中,需要充分地利用融合知识,主动把知识嵌入到问题求解过程中,这要求设计系统主动完成知识推理决策,具有一定的智能性。

Agent 系统建模思想的核心,是将大的复杂系统分解成小的、易于管理的主 Agent 与子 Agent(SubAgent)的空间网络关系,简化系统结构,便于管理与控制。它在物理意义上接近于实际系统,比较适合对大型复杂的系统进行仿真。

虚拟环境下 Agent 行为的基本要求,是能够通过它本身的传感器(Sensor)感知到它的环境,或通过操作影响它的环境,这样就能与其它 Agent 进行交互,并通过通信来实现多 Agent 协作和交互。

灌装机在虚拟环境中进入工作状态时,多 Agent 仿真决策系统中的子 Agent,通过传感器获取知识信息,来进行仿真运行控制。仿真决策时,用规则来表示相关知识,其中两条规则:

R1 :IF 无瓶 OR 压力不等 THEN 液阀关闭;

R2 :IF 有瓶 OR 压力相等 THEN 液阀开启。

其中 R1、R2 表示规则编号。

虚拟环境下,除了进瓶螺旋传感器感应到无瓶时,发出液阀关闭的信号外,压力检测装置或液阀自身故障时,也会产生液阀关闭的结果。如液阀弹簧推力不够和检测装置松动、无对比信号,最终仿真状态行为表现为:液阀关闭。

因此,这些子 Agent 对灌装阀是否灌装液体的现象进行评价,通过调用规则、经验等知识对仿真获取的知识信息进行融合,得到合理的决策。

5 虚拟模块化灌装机的开发实现

虚拟环境下模块化灌装机设计及行为仿真,采用模块化设计方法,融合规则、对象等知识分类和建模方法,通过多 Agent 系统对不确定性知识进行推理决策和行为仿真。系统用 EON Studio 建立虚拟环境和实现可视化仿真,用 VC 进行二次开发,实现人机对话、设计模块、知识融合模块的嵌入和仿真决策。用 EON 开发的灌装机动仿真界面如图 4 所示。

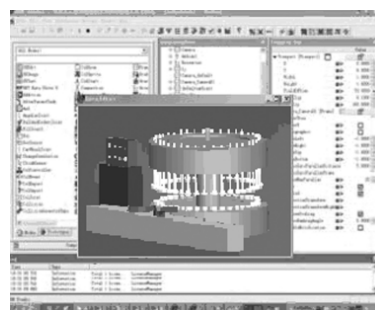


图4 灌装机设计与仿真

6 结束语

具有柔性的模块化灌装设备,可根据灌装对象的变化,快速配置出满足不同水果和不同包装容器的多功能灌装生产线,适合饮料季节性强、外包装变化频繁的发展需要。本文探讨了采用虚拟仿真技术进行模块化灌装机设计研发的方法,采用 EON Studio 实现了产品设计过程可视化,用 VC++ 实现了人机对话、产品设计行为和仿真决策,构建了模块化灌装机虚拟设计仿真平台。将虚拟设计和仿真技术用于新产品快速开发设计,可有效提高企业的产品创新能力。

参考文献:

- [1] Barcel. Virtual reality and scientific visualization working with models and Hypotheses [J]. International Journal of Modern Physics C, 2001, 1 (12): 569 - 580.
- [2] 夏春艳,刘秀娟,程 焰. 液体灌装机结构综述[J]. 佳木斯大学学报(自然科学版). 2000, 18(2):176-179.
- [3] 熊焕云. 虚拟现实技术在灌装生产线设计中的应用研究[D]. 广州: 广东工业大学, 2003.
- [4] 邹湘军,罗锡文,卢 俊,等. 虚拟环境下农业移动机器人行为及其仿真建模[J]. 系统仿真学报, 2006, 18(sup2): 551-554.
- [5] 邹湘军,孙 健. 基于知识融合的虚拟产品设计知识信息抽取和建模[J]. 现代制造工程, 2006 (8): 6-8.
- [6] 邹湘军,孙 健,何汉武,等. 虚拟环境中多 Agent 决策的冲突证据合成研究 [J]. 系统仿真学报, 2006, 18(4): 1010-1014.
- [7] ZOU Xiangjun, GU Bangjun, SUN Jian. Web-based product development and simulation with virtual reality [J]. Journal of Computational Information Systems, 2006, 2 (1): 161 - 166.

(下转第 60 页)

因此,得重心坐标误差 $\Delta = A \cdot \varphi$ 。

令 $T = (X, Y, Z)$ 为挖掘机重心坐标向量,可利用 matlab 程序将重心坐标向量 T 、误差向量 Δ 及误差系数矩阵 A 计算出来。计算结果为:

$$A = \begin{pmatrix} 0 & 0.5 & 0 & 0 & -0.6017 & 0 & 0 & 0 & -0.0006 & 0 & 0.0004 & 0 \\ -0.5 & 0 & -0.5 & 1 & 0 & 0 & 0 & -0.0005 & 0 & 0 & 0.0002 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 8.7398 & 0 & -8.3072 & 0 & 0.0093 & -0.0078 & -0.0006 & -14.5546 \end{pmatrix}$$

所以,对于整个重心坐标的测量误差为 Δ 的 2 范数,即

$$\|\Delta\|_2。所以相对误差 $\eta = \frac{\|\Delta\|_2}{\|G\|_2} = \frac{0.0075}{1.0711} = 0.7\%$ 。$$

3.4 误差控制

测量误差控制主要在两方面:

第一,细心测量,控制测量误差源向量;

第二,选择增大或减小测量尺寸,可改变误差系数,从而控制测量误差,提高测量精度。

例如增加 h 尺寸的高度,可提高 Z 坐标的测量精度。

4 结束语

由测量误差分析的结果可知,对于体积和重量较大的零部件来说,利用称重法来测量其重心坐标是一种方便准确的测量方法,在实际工程重心坐标测试中具有较大的运用价值。

重心坐标 $T = (-0.1211, -0.0252, 1.0639)$,

误差向量 $\Delta = (0.0013, 0.0014, 0.0073)^T$,

误差系数矩阵

参考文献:

- [1] 王月梅. 理论力学[M]. 北京: 机械工业出版社, 2004.
- [2] 冯师颜. 误差理论与数据处理[M]. 北京: 科学出版社, 1964.
- [3] 刘友梅. 机车重心计算与测定方法[J]. 机车电传动, 2000 (6):1-3.
- [4] 赵新通, 姜洪洲, 韩俊伟. 车辆质心位置测量系统的研制[J]. 哈尔滨商业大学学报(自然科学版), 2004, 20(3): 304-312.
- [5] 肖丽萍, 江孔华, 江辉. 一种用于车辆稳定角测量的方法[J]. 林业机械与木工设备, 2006, 34(6):38-39.
- [6] 何润生, 王卫辉, 戴民强. 某大型起重设备支腿液压缸故障分析及排除一例[J]. 工程机械, 2008 (39):64-65.
- [7] 尚钢, 黄微, 刘长波. 机械挖掘机工作装置的性能分析[D]. 鞍山: 辽宁科技大学, 2008.
- [8] 林成森. 数值计算方法[M]. 北京: 科学出版社, 2005.
- [9] 肖明耀. 误差理论与应用[M]. 北京: 计量出版社, 1985.
- [10] 张义民. 机械振动[M]. 北京: 清华大学出版社, 2007.

The Measure of Coordinate to Center Gravity of DS18- excavator & Error Analysis

WANG Xiang-zhen¹, ZENG Xian-ren²

(1. Jiujiang Vocational and Technical College, Jiujiang Jiangxi 332007, China;

2. Xihua University, Chengdu 610039, China)

Abstract: In the China national standard about earth-moving machinery, it provides the Suspending Method to test the center coordination of gravity of excavator. This method is often difficult to operate when the tested target is too big and heavy. This article mainly conveys a new testing method of center of gravity—weighing. First, putting the whole excavator on the weighbridge, we can get its weight. Second, we put the one end of excavator on the weighbridge with the other end on the earth. Therefore, we can get a second weight value. Finally, we can calculate the center coordination of excavator according to the principle of torque equilibrium. The DS18 excavator is the tested target. And the error analysis is conducted to the testing procedure. The error is little.

Key words: excavator; coordinate to center of gravity; error analysis; measuring method

(上接第 55 页)

Study on Modeling and Design for Modularization Filling Machines in Virtual Environment

WANG Hong-jun, ZOU Xiang-jun, LIU Chang-yu, CHEN Jia-xin

(Key Laboratory of Key Technology on Agricultural Machine and Equipment (Huanan Agricultural University), Guangzhou 510642, China)

Abstract: The virtual design method for design module filling machines employing virtual simulation technology was introduced in detail. Based on analyzing the structure of a filling machine, virtual models of the module filling machine were established; a synthesis' design method for extracting knowledge information in products was proposed. An approach of reasoning decision-making for uncertain knowledge information using multi-agent system was illuminated. Visual process of design a product was implemented employing EON Studio platform. Man-machine interaction, design product behavior, and simulation decision-making were developed by VC++, the virtual simulation platform for designing a module filling machine was realized.

Key words: filling machines; virtual environment; modeling; eon studio