

基于EON的灌装生产线仿真系统的设计与实现

张丽丽¹, 刘昌余²

(1.广东白云学院 机械工程系, 广东 广州 510450; 2.华南理工大学 广东省计算机网络重点实验室, 广东 广州 510640)

摘要:针对传统灌装生产线设计存在的诸多缺点,提出了利用仿真软件EON构建虚拟设计平台的解决方案。该方案在将灌装生产线划分为榨汁分线和灌装分线的基础上,考虑采用U型生产线布局的方式,结合Solidworks完成线上关键设备的物理建模、运动学建模和动力学建模,并导入模型到EON中以设置相关节点的路由和脚本,实现了整个生产线仿真的交互控制。

关键词:灌装生产线;虚拟设计;布局;EON

中图分类号:TP391.7 **文献标识码:**A **文章编号:**1009-3044(2012)19-4766-04

Design and Implementation for Simulation System of Filling Production Line Based on EON

ZHANG Li-li¹, LIU Chang-yu²

(1.Department of Mechanical Engineering, Guangdong Baiyun University, Guangzhou 510450, China; 2.Communication & Computer Network Lab of GD, South China University of Technology, Guangzhou 510642, China)

Abstract: According to the defect that existed in the design of traditional filling production line, this paper presents a new solution which constructs a virtual design platform by introducing the simulation software EON. Dividing the total production line into a juicing production line and a filling production line, this solution adopts a U-Shaped layout for the total production line and models for the key line related devices by combining the CAD software Solidworks. At last, those models are introduced into EON for setting some relevant nodes' routing and scripts, to realize the interactive simulation control for the total production line.

Key words: filling production line; virtual design; layout; EON

生产线设计是制造系统实施的基础,传统的生产线设计存在着在以下几个缺点^[1]:①设计方法复杂,设计周期较长,对设计者的经验性依赖较强;②较难在设计初期直观反映系统各部分的运行状况;③基于理论计算和实际运行后的瓶颈工序诊断方法准确性较差。

虚拟现实技术(Virtual Reality,简称VR)的出现,为解决上述问题提供了一种新颖的解决方案。VR是20世纪末才兴起的一门多学科融合的交叉技术,它综合了计算机三维图形技术、仿真技术、多传感交互技术、显示技术等多种高新技术的成果^[2]。VR有着广泛的应用背景,其中具有代表性的领域是CAD/CAM和机构设计两方面的应用。目前,虽然有许多功能强大的CAD软件,如Pro/E、I-DEAS和UG等,可以完成这两方面的虚拟仿真,但它们建立的模型文件庞大,不易进行交互控制。EON Studio(简称EON)的出现改变了这种格局,它是美国Eon Reality公司开发的一个完全基于窗口的设计工具,并以其良好的整合性、易操作性和即时互动性等被广泛用于虚拟仿真系统的开发,主要应用于CAD、CAM和建筑设计等领域,利用它建立的三维虚拟环境可以在Internet上实现交互式控制及漫游。为了能很好的弥补传统设计方式的不足,该文按照如下的系统总体框架,即按照:流程与布局设计→三维建模与渲染→EON交互控制的顺序,设计和开发了基于EON的生产线虚拟仿真系统。

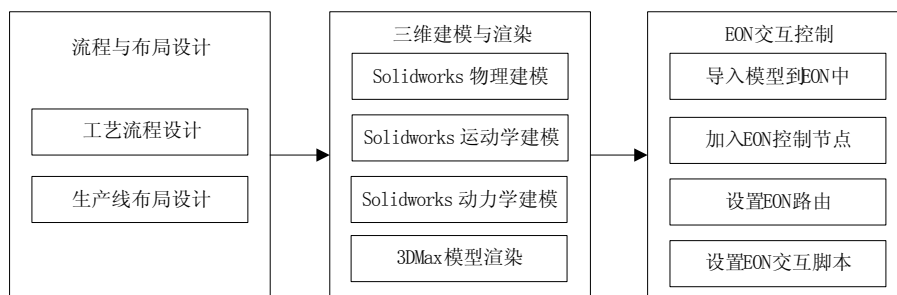


图1 系统总体构建框架图

1 相关现状

国外对离散事件系统仿真进行了大量的研究,提出了不少离散事件系统建模的方法,如实体流图法、活动周期图法、各种扩展

收稿日期:2012-05-25

基金项目:国家自然科学基金资助项目(61070092)

作者简介:张丽丽(1982-),女,山东临沂人,助教,硕士研究生,主要研究方向为机械设计制造及其自动化;刘昌余(1984-),男,安徽宣城人,博士研究生,主要研究方向为图像检索。

的Petri网方法以及Euler网方法等,同时也提出了不少针对制造系统领域应用的离散事件仿真方法或体系结构,并在此基础上开发了大量的商品化的仿真语言和仿真软件。仿真语言方面,第一个离散系统仿真语言是由英国的Tocker等人在1960年开发出的被应用于钢铁工业GSP仿真软件包。在美国,六七十年代出现了Q-GERT、GASP II、SIMSCRIPT及SLAM等仿真语言,80年代产生了SIMAN;生产制造仿真软件方面,目前应用比较多的是Arena、Show Flow、Delmia/QUEST、eM-Plant、ROBCAD、Witness等。这些商用软件可以解决工厂、车间和生产线以及产品的设计到实现的转化过程,统计仿真数据预先确认企业生产能力和生产瓶颈所在,帮助用户有效组织生产,合理配置资源,设备布局等,从而提高系统的成功率和可靠性,大大缩短从设计到生产的转化时间^[3]。

国内近几年的虚拟设计/制造技术的发展也很快,许多大学和研究机构都在这方面有所研究:清华大学进行了虚拟设计环境软件、虚拟装配、虚拟机床等方面的研究;上海交通大学在虚拟工厂的规划设计方面作了大量的研究;浙江大学进行了分布式虚拟现实技术、VR工作台、虚拟产品装配等研究;天津大学进行了机床的虚拟设计和仿真加工的研究;华中科技大学机械学院开发了面向生产线的虚拟仿真原型系统InteVSS;广东工业大学对灌装线的虚拟漫游与仿真做了一定的研究取得了一定的成果^[4,5]。由于我国在虚拟设计/虚拟制造技术方面的研究起步较晚,目前主要集中虚拟装配和虚拟展示等方面,从用户设计需求出发进行生产线设备动态配置和虚拟展示的研究还较少。这些研究的进展和研究的深度还属于初期阶段,与国际上的领先的研究水平尚有很大的差距,成熟的商业软件不多,有待进一步开发^[6]。

2 流程与布局设计

2.1 工艺流程设计

按照前述总体框架,系统开发的初步就要考虑工艺流程设计。一般的灌装生产线可以分为榨汁生产分线(juicing production line, JPL),包括去核机、剥壳机、榨汁机之类的设备,和灌装生产分线(filling production line, FPL),包括洗瓶机、灌装机、贴标机之类的设备。图2给出的是一种典型的榨汁工序。

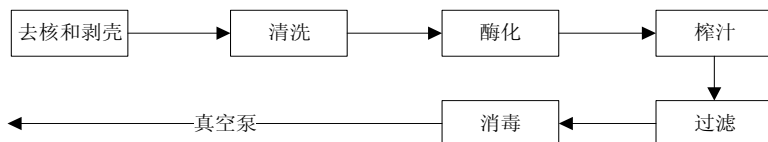


图2 一种典型的榨汁工序

图3给出的是一种典型的灌装工序。

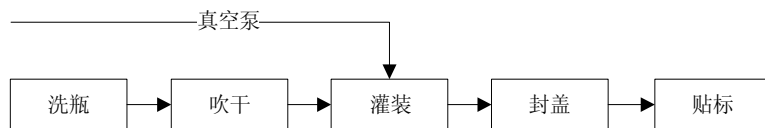


图3 一种典型的灌装工序

2.2 生产线布局设计

在考虑资金的利用率、用地的限制以及确保安全等限制条件的基础上,为了使生产效率达到最高,企业通常需要对生产现场进行布局。布局设计^[7]是指对建筑物、机器、设备、运输通道、场地等按照人流、物流、信息流的合理需要,做出有机的组合和合理的配置,以达到人、物和信息通畅,有效率地进行生产的目的。在制造业中,合理地设计布局可以使各个工序之间的衔接更加顺畅紧密、缩短物料搬运距离、提高生产效率。

生产线布局形式有多种划分方式。按照工作流程的形式分类,生产线的布局大体可以分为产品导向布局、工艺导向布局、成组生产单元布局和固定式布局四种基本形式。安装生产现场设备的排列形状和加工物流路径,生产线的线性布局形式大致也可以分为四种:环型布局,如图a;U型布局,如图b;直线型布局,如图c;蛇型布局,如图d。其中,m代表设备或放置设备的位置^[8]。

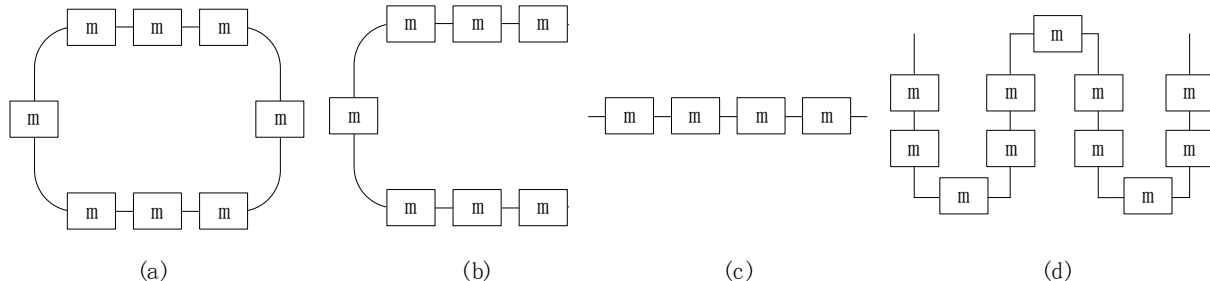


图4 设备线性布局的四种形式

考虑到灌装生产线中的两条分生产线的协调工作,本系统的布局设计采用U型设计。下面给出的是采用AutoCAD 2007设计的U型生产线布局图。

3 建模与仿真实现

3.1 Scene建模

Scene建模主要包括物理建模和行为建模。物理建模选用Solidworks作为工具,建模的对象包括JPL和FPL中所有成员。限于

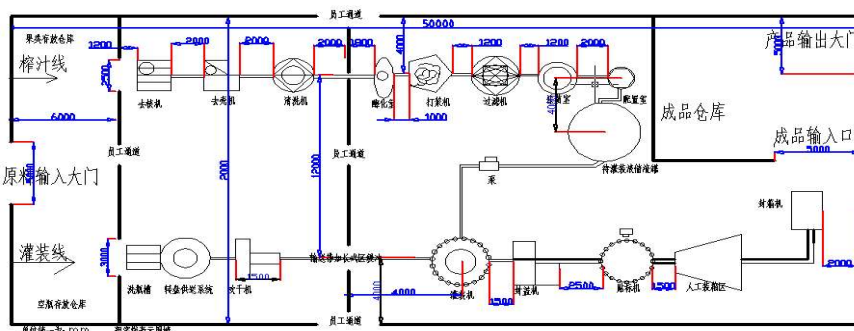


图5 U型生产线布局

篇幅, 该文只给出灌装机的物理建模过程。灌装机主要分为以下工作部件: 灌装机机座、传送带、理瓶螺杆、进瓶星轮、出瓶星轮、贮液罐、灌装阀、灌装台、瓶升降机构。在虚拟仿真中主要实现的是瓶子进出灌装机的过程和灌装台的转动。因此要对灌装机的一些运动部件进行细化的建模, 如: 进瓶星轮, 出瓶星轮, 灌装台, 灌装机座等, 同样要对瓶子这个载体的建模。灌装机核心部件的物理模型如图6所示。

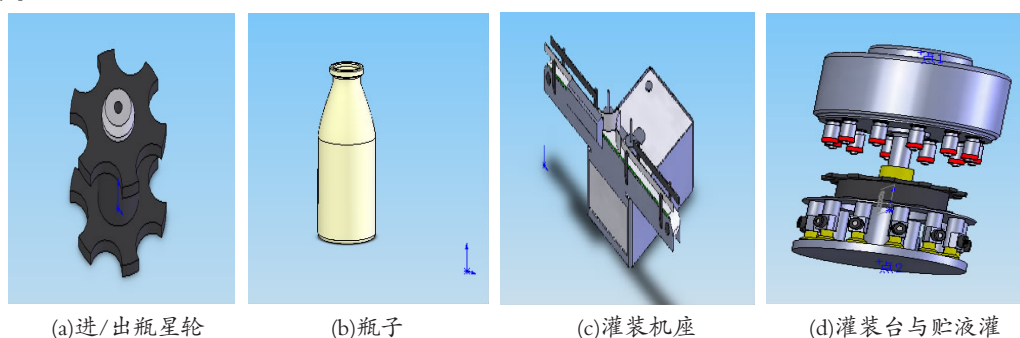


图6 灌装机关键部件的物理模型

行为建模方面, 限于篇幅, 该文只给出去核剥壳机中的凸轮机构行为建模过程, 包括运动学建模和动力学建模。运动学建模方面, 令 r 表示接触到轴线的距离, R 表示凸轮轴的半径, ω 表示轴的转动速度, t 表示时间。那么可以得到凸轮轴上任一点 m 点的速度方程和加速度方程:

$$\begin{cases} v_x = x' = -r\omega \sin \omega t \\ v_y = y' = r\omega \cos \omega t \\ v_z = z' = R\omega (m \in EABorCD) \\ \quad = R\omega + at (m \in BCorDE) \end{cases} \quad (1)$$

$$\begin{cases} a_x = x'' = -r\omega^2 \cos \omega t \\ a_y = y'' = -r\omega^2 \sin \omega t \\ a_z = z'' = 0 (m \in EABorCD) \\ \quad = a (m \in BCorDE) \end{cases} \quad (2)$$

其中 $v_m = \sqrt{v_x^2 + v_y^2 + v_z^2}$, $a_m = \sqrt{a_x^2 + a_y^2 + a_z^2}$ 。

动力学建模方面, 令 f_1 为凸轮轴与推杆的摩擦系数, f_2 为凸轮轴上键与锥齿轮的摩擦系数, F_1 为轴受的支撑摩擦力, F_2 为凸轮轴上键与锥齿轮的接触摩擦力, G 为凸轮轴的重力, N_p 为锥齿轮对键产生的正压力, L 为 N_p 作用点与轴中心轴的距离, N 为推杆对轴的支反力。那么可以得出:

$$N \cos \beta - F_z = 0 \quad (3)$$

$$F_z = F_1 + F_2 + Nf_1 \sin \beta \quad (4)$$

$$F_1 = \sqrt{N^2 (\cos \beta + f_1 \sin \beta)^2 + G^2} (f_1 + f_2) / 2 \quad (5)$$

$$F_2 = 2N_p f_2 \quad (6)$$

由式(3)、(4)、(5)、(6)可得:

$$N = (F_1 + F_2) / (\cos \beta - f_1 \sin \beta) = \frac{\sqrt{N^2 (\cos \beta + f_1 \sin \beta)^2 + G^2} \frac{f_1 + f_2}{2} + [N(\sin \beta + f_1 \cos \beta)R - 2N_p L] f_2}{\cos \beta - f_1 \sin \beta} \quad (7)$$

3.2 生产线仿真

3.2.1 模型导入

在使用EON导入模型时, 要注意SolidWorks模型和3D Max模型的区别, 步骤如下:

①打开EON Studio。开启视窗后若是发现与手册上不一样, 请在视窗上方的选项上按下Window选项, 将Simulation Tree、Routes

打勾,即可出现与下图a所出现的视窗一样。

②选择Scene node。进入场景树视窗,选择Scene节点,如图b。

③点选FileImportSolidwords,浏览Solidwords目录中需要导入的实体文件,如图c。

④按下开始文档后出现一个对话框,全部使用默认设置,直接点下一步直到最后“完成”。

⑤紧接着会出现名为“Geometry Import”的第二个对话框,按下“确定”键,如图d。

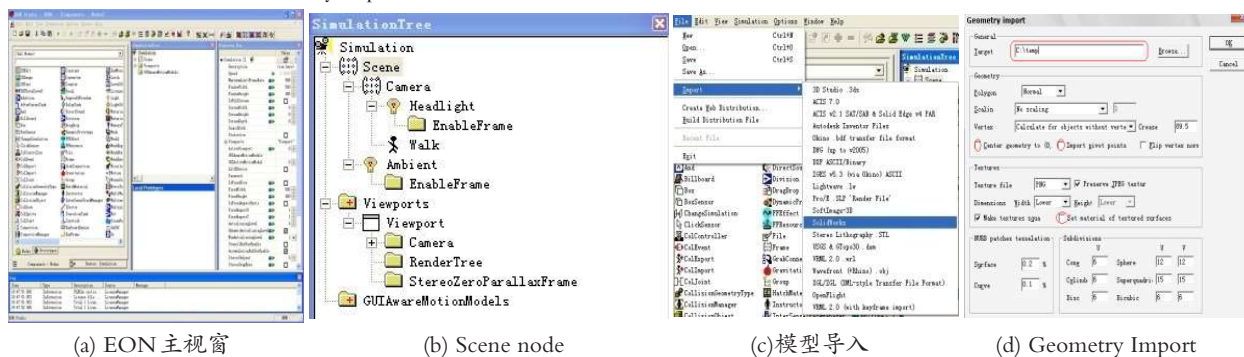


图7 EON中模型导入步骤

3.2.2 模型仿真

从EON的工具栏上按下“Start Simulation”按钮执行模型仿真,同样按下“Stop Simulation”键停止模拟。效果如图8所示。

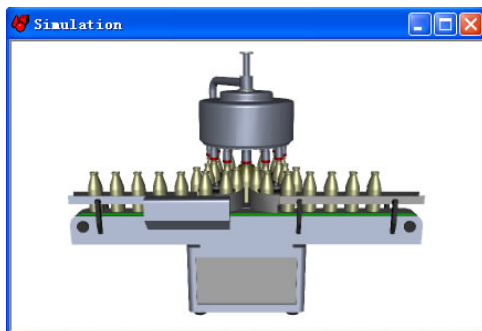


图8 EON生成的灌装机模型

4 结束语

作为新兴的各学科交叉的且富有生命力的学科,虚拟现实技术在目前的发展已逐步成熟,覆盖了航空、航天、汽车、建筑、教育、铁路、医疗、军事、娱乐等在内的广泛领域。虚拟现实的未来必定有广阔的发展空间和前景,其在制造业的应用将会越来越广泛,作用也会越来越大。虚拟现实技术应用于灌装生产线,也是顺应现代制造业的发展趋势,必将给制造业这一传统产业带来颠覆性的变革,从而极大的提高生产力,实现制造业的新飞跃打下了良好的基础,并最终造福于人类。

参考文献:

- [1] CSER L, CSELENYI J, GEIGER M, et al. Logistics form IMS towards virtual factory[J]. Journal of Materials Processing Technology, 2000, 103: 6-13.
- [2] 朱波, 杨燕华, 陈玉清. 基于EON的核设施VR特征建模技术研究[J]. 系统仿真学报, 2009, 21(18): 5905-5913.
- [3] 王长伟. 生产线快速建模与仿真系统关键技术研究[D]. 南京: 南京航空航天大学, 2007.
- [4] 熊焕云, 孙健, 王永超. 虚拟灌装生产线的研究与开发[J]. 机械设计与制造, 2003, 6(3): 81-83.
- [5] 杨桂华. 基于PC的虚拟环境建模技术的研究[D]. 广州: 广东工业大学, 2002.
- [6] 许万荣. 基于OpenGL的消失模铸造车间虚拟设计系统研究[D]. 武汉: 华中科技大学, 2006.
- [7] 杨洋. 食品生产线生产能力仿真模型研究[D]. 成都: 四川大学, 2007.
- [8] 王鸣华. 基于Flexsim的精益生产线布局仿真与优化[D]. 天津: 天津大学, 2011.