

基于虚拟现实技术的烟草工程三维设计平台研究与开发

黄启录^{1, 2}, 魏 斌², 陶智麟^{1, 2}, 陶铁托^{1, 2}, 陈飞宇², 李 超²

(1.中国烟草总公司郑州烟草研究院, 河南 郑州 450001;
2.郑州益盛烟草工程设计咨询有限公司, 河南 郑州 450001)
✉huangqiluztri@126.com; 512296358@qq.com; taozhilin75@126.com;
hqlztri@126.com; hql198652@126.com; ysylichao@163.com



摘要: 为解决烟草工程传统二维设计方法难以多专业协同设计、计算与绘图不能结合等问题, 研究虚拟现实技术在烟草工程三维设计中的应用, 并开发基于虚拟现实技术的烟草工程三维设计平台。设计平台具备三维工厂建模、可视化设计、作业过程模拟、虚拟漫游等功能, 在实际应用中, 设计效率大幅提高, 构建了所见即所得的虚拟在线工厂, 并实现虚拟监控与虚拟教学。

关键词: 虚拟现实; 烟草工程; 三维设计; 虚拟工厂

中图分类号: TP391.9 **文献标识码:** A

Research and Development of Three-dimensional Design Platform for Tobacco Engineering based on Virtual Reality Technology

HUANG Qilu^{1,2}, WEI Bin², TAO Zhilin^{1,2}, TAO Tietuo^{1,2}, CHEN Feiyu², LI Chao²

(1.Zhengzhou Tobacco Research Institute of CNTC, Zhengzhou 450001, China;
2.Zhengzhou Yisheng Tobacco Engineering Design Consulting Co., Ltd., Zhengzhou 450001, China)
✉huangqiluztri@126.com; 512296358@qq.com; taozhilin75@126.com;
hqlztri@126.com; hql198652@126.com; ysylichao@163.com

Abstract: In this paper, application of virtual reality technology in the 3D design of tobacco engineering is studied and then a three-dimensional design platform for tobacco engineering is developed. This study aims at the problems with traditional two-dimensional design method in tobacco engineering, such as difficulty in multi-specialty collaborative design and inability of combining calculation and drawing in designing. The proposed 3D design platform has functions of 3D factory modeling, visual design, operation process simulation, operation plan simulation, 3D roaming and so on. In practical use, design efficiency are substantially improved, a virtual online factory is constructed, and virtual monitoring and virtual teaching are also realized.

Keywords: virtual reality; tobacco engineering; three-dimensional design; virtual factory

1 引言(Introduction)

传统的烟草工程设计使用计算机绘图软件, 通常只进行二维平面设计。方案设计中的相关计算只能单独完成, 无法与绘图工作结合。随着设计内容的增加和多专业协同设计的开展, 传统设计方法已无法满足新的设计需要。近年来, 虚拟现实等一批新技术的发展与应用, 为新型烟草工程设计平台的开发提供了技术支撑。为扩大设计范围, 提高设计效率, 提升设计水平, 本文研究基于虚拟现实技术的烟草工程三维设计平台。

2 虚拟现实技术(Virtual reality technology)

虚拟现实(Virtual Reality, VR)是以计算机技术为核心, 生成与一定范围真实环境在视、听、触感等方面近似的数字化环境^[1,2]。虚拟现实技术建立人工构造的三维虚拟环境, 用户以自然的方式与虚拟环境中的物体进行交互作用、相互影响, 极大扩展了人类认识世界, 模拟和适应世界的的能力。近年来, 在仿真训练、工业设计、交互体验等多个领域解决了一些重大或普遍性需求, 目前在理论研究与应用开展等方面都取得了很大

进展^[3,4]。随着虚拟现实技术的不断发展，其在仿真实训、展示体验、设计开发方面进行了应用。张波等^[5]将虚拟现实技术应用到了船舶消防训练系统的开发中，黄勇等^[6]对虚拟现实技术在军事院校实战化教学中的应用进行了研究。

目前还未有将虚拟现实技术应用到烟草工程设计的文献。虚拟现实技术应用到烟草工程设计中，构建三维设计平台，可使设计人员和用户身临设计的虚拟场景，实现交互设计，提高设计效率。

3 设计平台需求(Requirement of design platform)

研究开发基于虚拟现实技术的烟草工程三维设计平台，可建立烟草生产线数字化模型并进行仿真，从而对生产线的规划布局、生产和物流设备配置、物流系统合理性和有效性进行评价和选优。另外，打造逼真的仿真视觉效果，实现交互设计和远程管理。

(1)模型库。建立烟草行业生产及其他设备3D模型库，可实现快速连接，快速修改；建立其他辅助模型，可构建虚拟工厂环境，提升3D漫游和VR漫游的体验效果。

(2)分析计算。提供计算校核、数据分析等工具，计划排产、路径优化等算法，可完成数据分析或方案优化。

(3)虚拟仿真。在设计阶段，可对生产线能力与作业计划等进行仿真，在运行阶段，可对生产效率和能源计划等进行仿真。

(4)扩展功能。设计平台需具有扩展功能和接口，兼容性好，可与MES系统等实现数据交换。

4 设计平台研究与开发(Research and development of design platform)

4.1 平台总体架构

基于虚拟现实技术的烟草工程三维设计平台由主控窗口程序、3D虚拟工厂窗口及数据库模块三个部分组成。3D虚拟工厂窗口以内嵌进程方式运行在主控窗口程序中，数据库模块独立运行，主控窗口程序提供针对虚拟仿真平台特性的关键数据查看/管理界面。总体架构如图1所示。

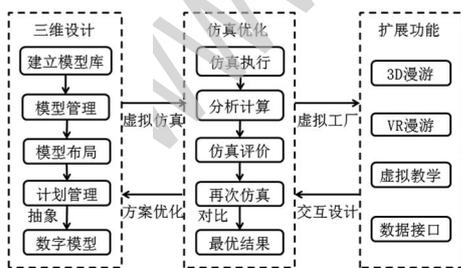


图1 三维设计平台总体架构图

Fig.1 Overall architecture of 3D design platform

4.2 平台关键技术

三维建模。系统中所有的模型具备双重属性：视觉模型和数值模型。视觉模型包括3D模型、贴图和动作。设备三维模型采用三维绘图软件建模，然后在美术软件中添加视觉效果。3D模型导入系统后，为其设置数值属性和管理属性。

模型布局。在模型库的基础上，开发一个可视化的生产线

布局界面，将已经建好的模型，通过可视化的操作方法，布置成一个完整的虚拟工厂。布局界面包括一个可视化设备列表，以及一个空白的工厂地面画布；支持用鼠标拖拽设备到达布局画布，并可调整设备的位置和形状参数；通过双击或者右键进行属性操作，可以弹出设备属性编辑器；通过鼠标连接，可以设置两个设备之间的连接关系，定义输入端口和输出端口，从逻辑上将两个设备连接起来。

作业计划仿真。作业计划包含制梗丝线、制叶丝线和卷接包线作业计划。其中制梗丝线和制叶丝线作业计划带有流体生产的特点，而卷接包线作业计划兼有连续和离散的特点。研究计划排产有关算法，并根据生产线特点设置约束和仿真规则，形成数值模型。

生产线仿真。生产线仿真包含两个层次：单元仿真和整线仿真。单元仿真包括展示设备及工艺流程、调试、验证工艺参数、设备编程测试、设备联调测试、虚拟教学等。整线仿真包括生产线规划与布局的设计验证、作业计划的制定与验证、物流系统的分析与改善、生产线效率的分析与改善、虚拟培训等。生产线仿真时图形仿真和数值仿真同时进行，图形仿真展示生产过程中物料流的变化、主机的运动、仓库的变化、物流设备的运动等，数值仿真模拟连续系统仿真时数值实时变化和离散系统的数值变化。

虚拟漫游。漫游分为3D漫游和VR漫游。漫游功能依赖高效率、高品质的3D图形渲染。3D漫游以第一人称视角观察虚拟工厂。通过鼠标和键盘的操作来移动视角、转动视角。通过对所有模型进行碰撞体设置，避免漫游过程中出现穿插、穿墙等不合理的操作。基于虚拟现实技术，开发设计平台VR漫游功能。通过将3D场景渲染成左右眼视角两幅画面，在VR眼镜中给用户带来沉浸式视觉体验，让用户以直观的方式观察生产线的实况。

4.3 平台功能模块

4.3.1 模型库管理

该模块用于建立模型库信息并维护。美术人员做好3D模型后，在该模块中添加模型说明，设置参数，关联模型文件。使用者可以预览模型的外形，查阅、修改模型参数。

4.3.2 生产线布局

该模块用于生产线建模，设计人员调用模型库设备模型，在界面上设置各类设备的外形、位置、动作等参数。生产线布局模块的功能主要有：检验产品生产线上各生产要素是否齐备；检验生产原料堆放场地是否合理利用，适用何种运输工具；检验生产线的布局是否符合流水化作业进程，生产加工机械布局是否高效，是否能够形成流水作业闭环；检验货架暂存、仓储及转运空间是否足够、布局是否合理等；检验运输通道是否流畅，运输工具是否适，三维空间运输是否存在交叉冲突；优化生产环境等其他因素。

4.3.3 作业计划管理

该模块的功能为：管理生产线基础数据，录入或制定电子版作业计划，作业计划查询等。基础设置功能为将生产线基

本信息录入数据库并维护,包括牌号、掺配物、掺配比例、班次、生产线工段、生产线参数等。

在生产线基本信息建立后,可制定每个生产线每日的作业计划。作业计划包括多个工段/生产线的计划,为了建立计划的数值模型,需要对计划与实体设备进行统一管理。图2为计划数据与设备实体、工艺过程的规划图。

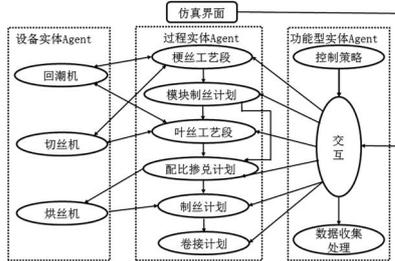


图2 计划数据、设备实体、工艺过程规划图

Fig.2 Planning data, equipment entity and process planning

4.3.4 运行仿真

运行仿真模块既能仿真某条生产线的作业过程,又能按照全厂作业计划进行仿真。仿真模块体系结构如图3所示。

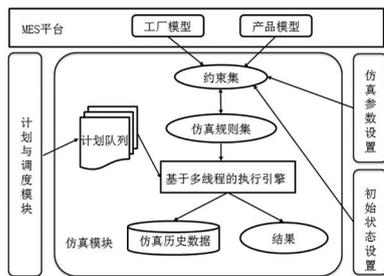


图3 仿真模块体系结构

Fig.3 Simulation module architecture

仿真模块体系结构由计划与调度模块、仿真参数设置、初始状态设置、约束规则集、仿真规则集、仿真引擎及仿真历史库组成。仿真参数设置主要对仿真的基础数据进行设置,在仿真中为了加快仿真的速度,设置时间比例尺来调整仿真的速度。初始状态设置主要用于输入仿真计划执行时生产线初始状态信息,在制丝线中主要是设置各贮丝柜的余量、品牌及批次信息等。约束规则为仿真过程中的资源约束,包括制丝线上关键设备的能力信息及生产状态信息。仿真规则用于控制计划仿真执行时的仿真流程及计划的执行时间,可以根据实际应用情况动态添加。

4.3.5 漫游

3D漫游模块使设计人员或用户以第一人称视角,游历整个工厂。该视角的高度与人体相仿,可以随意调整。通过键盘和鼠标,可以移动、旋转视角。如图4所示。



图4 3D漫游场景

Fig.4 3D roaming scene

VR漫游的控制与3D漫游类似。VR眼镜上带陀螺仪,可以同步用户头部的转动,与VR内视角一致。VR渲染的效果如图5所示。

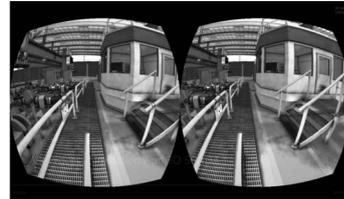


图5 VR渲染效果图

Fig.5 VR rendering effect

5 设计平台应用(Design platform application)

在某卷烟厂易地技术改造项目的总体设计中,应用了本文所研究开发的基于虚拟现实技术的烟草工程三维设计平台,取得了良好的应用效果。

(1)设计质量提升、设计效率提高。在卷烟工厂的设计优化阶段,采用烟草工程三维设计平台建立烟草生产线的数字化模型,通过运行仿真、自动优化、交互设计,对生产线的规划布局、设备配置、工艺流程、物流路线等进行评价和选优,得到最优方案。在设计阶段模拟投产运行,提前发现设计问题,避免了设计返工和资源浪费。图6为仿真优化后择优确定的工厂设计方案模型。

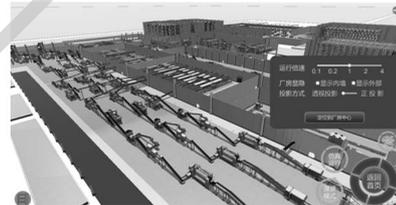


图6 工厂设计方案模型图

Fig.6 Factory design scheme model

(2)所见即所得的虚拟工厂。利用三维设计平台打造逼真的仿真视觉效果,构建了所见即所得的虚拟环境,使设计者和使用者直观看到了所设计的生产线,并看到生产线未来的运行过程;佩戴VR眼镜,更能沉浸式的观察到未来的工厂。虚拟工厂的效果如图7所示。



图7 虚拟工厂效果图

Fig.7 Virtual factory rendering

(3)设计阶段模拟工厂管理。在设计方案确定后,利用三维设计平台对生产线的生产状态进行分析,对生产线抗干扰和抗故障能力进行分析和评价,对作业计划进行仿真和分析,预测生产线在不同作业计划下的性能,通过智能程序控制下的多次仿真与选优,为生产线制定合理的作业计划。

(4)实现虚拟监控与虚拟教学。三维设计平台导出的虚拟工
(下转第42页)