

【工程与技术研究】

机械原理虚拟仿真实验教学系统的设计与实现

刘瑞歌, 郑 琪

(山东航空学院 机电工程学院, 山东 滨州 256603)

摘 要:针对“机械原理”课程实践性强的特点,设计开发了一款虚拟仿真实验教学系统,该系统包括平面机构认知、平面连杆机构、凸轮机构、齿轮传动、动平衡原理 5 个模块。该系统实现了机械零部件的三维动画展示、各类机构的运动仿真模拟、实验设备的虚拟拆卸安装、实验装置各参数的虚拟测试等功能,该系统交互性、趣味性强,有助于提高学生的学习积极性和主动性。

关键词:虚拟仿真;机械原理;实验系统;平面连杆机构;Unity3D

中图分类号: TP 391 **文献标识码:** A **DOI:** 10.13486/j.cnki.1673-2618.2024.02.010

0 引言

“机械原理”是机械类专业重要的基础课程,是一门典型的理论与实践相结合的课程^[1-3]。近年来,随着“新工科”建设的快速开展和工程教育专业认证工作的不断推进,各高校在机械工程专业的教学中越来越重视对学生科技创新和解决复杂工程问题能力的培养,培养这些能力,需要科学的实践教学体系和完善的校外实验基地^[4-5]。然而,“机械原理”理论课程存在教学内容和教学方式单一,需动画演示支撑理论学习的问题。实验课程存在学生多、设备少、设备昂贵、运行成本高、操作风险大^[6-7],实验受时空限制等问题^[8]。针对这些问题,提出构建机械原理虚拟仿真实验教学系统,该系统以“机械原理”课程学习内容为基础,利用虚拟仿真技术构建网络化平台,将机械原理相关实验进行虚拟仿真,实现机械零部件的三维动画展示、各类型机构的运动仿真模拟、实验设备的虚拟拆卸安装、实验装置各参数的虚拟检测等。该系统具有随用随调、方便灵活、交互性强、资源共享等优点,解决了理论教学枯燥无味、晦涩难懂的问题,并节约了教学成本,激发了学生实验学习的兴趣。

1 虚拟仿真实验教学系统的设计

1.1 虚拟仿真实验教学系统的技术路线

“机械原理”实验侧重对机构结构学、运动学、力学的理论与实践,因此设计的机械原理虚拟仿真实验教学系统应具有较强的仿真性、交互性、开放性,使用的开发工具需支持多种编程语言,具备良好的编辑功能以实现三维模型与编程语言的交互。鉴于此,虚拟仿真实验教学系统以 Unity3D 为平台,融合 SolidWorks、3D Max、Visual Studio、C#、Matlab 等软件,实现系统的具体功能。虚拟仿真实验教学系统采用三层分布式体系结构设计,对界面层、服务层和数据层进行概念和逻辑设计,然后从实验教学设计、交互式

收稿日期:2023-05-09

基金项目:滨州学院 2023 年校级教学改革研究项目

第一作者简介:刘瑞歌(1978—),女,河北唐县人,副教授,硕士,主要从事机电一体化技术、机械科学与技术研究。

E-mail:lrg0903@163.com

设计、实验动画设计三方面对系统进行物理设计,最后进行系统的整合和发布,技术路线如图 1 所示。

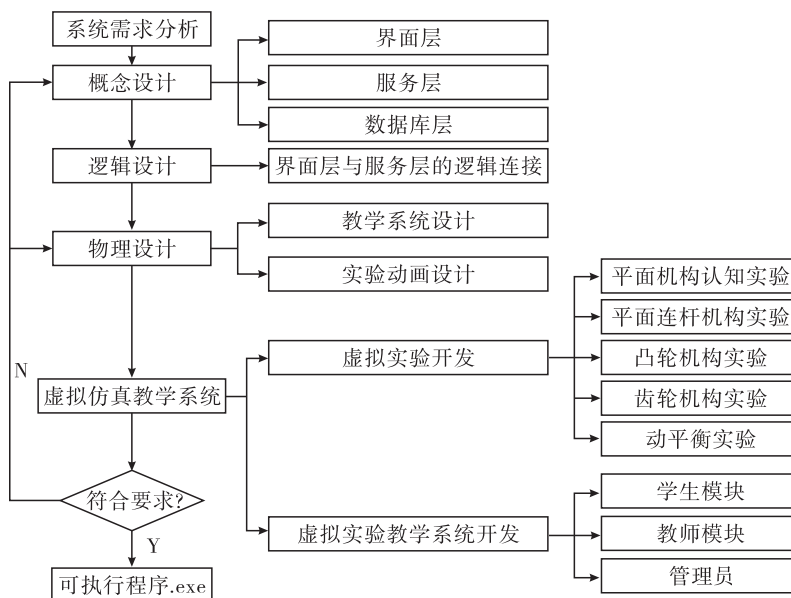


图 1 技术路线

1.2 虚拟仿真实验教学系统的方案设计和功能结构

机械原理虚拟仿真实验教学系统是一个集成性较高的综合系统平台,包含平面机构认知实验、平面连杆机构实验、凸轮机构实验、齿轮传动实验、动平衡实验 5 个模块。(1)平面机构认知实验模块:平面机构认知实验是“机械原理”课程教学中重要的演示性实验,通过一些典型机构的动作演示,使学生了解各种机构的基本结构、工作原理、功能特点及应用,更直观地认识机械原理课程的主要研究内容。(2)平面连杆机构实验模块:平面连杆机构实验在于根据杆长条件及最短杆所在位置,判断平面连杆机构的类型。已知平面四杆机构原动件做定轴匀速转动时,判断连杆和从动件的位移、角速度、角加速度变化及其运动状态。(3)凸轮机构实验模块:凸轮机构实验模块通过 SolidWorks 创建了 3 种典型凸轮机构的三维模型并进行运动仿真,阐述了各凸轮机构廓线设计方法,并生成轮廓曲线。实验界面介绍了该凸轮机构的结构组成、特点和应用,实验人员可通过按下键盘上设定的按键来控制界面左侧凸轮机构的旋转,实验界面还设有“运动仿真”“凸轮廓线”及“返回”3 个功能按钮。学生可通过点击相应按钮打开相应界面,进行实验学习。(4)齿轮机构实验模块:以创建的变速箱三维模型为基础,分别进行结构拆装和仿真。通过鼠标点击按钮的方式实现变速箱的自动拆装,完成拆卸后的变速箱零部件分布在平台的整个平面内,以便实验人员观察和操作。实验完成后可点击测“试题”按钮,打开相应的测试题目,以检测实验掌握情况。(5)动平衡实验模块:动平衡原理实验模块分为动平衡原理讲解与应用、动平衡机操作实验以及相关测试题目三方面。实验人员可以点击动“平衡原理”按钮打开动平衡原理界面,该界面论述了动平衡条件和适用条件,且添加了“原理”“应用”和“返回”3 个功能按钮,点击相应按钮弹出相应视频界面,视频详细阐述了动平衡的原理、平衡方法和动平衡的应用。

2 虚拟仿真实验教学系统的实现与发布

虚拟仿真实验教学系统的总体设计,遵循开放性、交互性的原则。实验人员输入学号,点击登录按钮,进入实验教学系统。下面以平面连杆机构实验为例介绍系统的功能实现机制及关键技术。

2.1 虚拟仿真实验教学系统的功能实现

平面连杆机构是“机械原理”常见机构。平面连杆机构各构件之间由低副连接,该机构承载能力高、磨损量小,且能实现转动、摆动、移动和平面复杂运动,广泛应用于各行各业以及日常生活。平面连杆机构实

验包括平面连杆机构类型的判断、平面连杆机构的运动分析。

2.1.1 实验流程分析

学生在实验选择页面上, 点击“平面连杆机构实验”按钮, 进入实验操作之前需要查看实验目的、实验注意事项、实验相关的理论知识、实验步骤。在操作面板界面, 学生可以选择不同的平面连杆机构实验模块, 连杆类型的判断、运动分析及仿真。实验操作完成后, 学生进入测试界面, 考察自己对相关知识点的掌握程度。具体流程如图 2 所示。利用 Matlab 软件, 以数学模型为依据, 编程设计, 进行平面连杆机构运动分析及运动仿真, 经封装后与 Unity3D 整合。在 Unity3D 中通过按钮和 C# 脚本调用外部程序, 通过输入各杆的长度和主动件角速度, 启动分析, 做出连杆和从动件的位移线图、角速度线图、角加速度线图及机构运动状态。实验完成后, 点击页面右侧箭头进入该实验相关测试题目, 完成测试题后可通过点击按钮返回实验目录界面。

2.1.2 实验界面实现

用解析法对平面连杆机构运动进行分析, 首先建立机构矢量方程, 然后对时间进行一次求导得到速度方程, 再进行二次求导得到加速度方程。平面连杆机构 Matlab 程序设计分为两个层面: 主程序的任务是求机构在一个循环内各构件的位移、速度、加速度的变化规律, 并用线图表示, 同时进行机构的运动仿真; 子函数的任务是求解机构在某位置时, 各构件的位移、速度、加速度。学生进入操作面板界面, 输入平面连杆机构的杆长以及原动件的角速度, 可在界面的右侧观察到该平面连杆机构的类型及运动仿真, 同时可看到该平面连杆机构的运动分析线图, 包括位移、速度、加速度(图 3)。

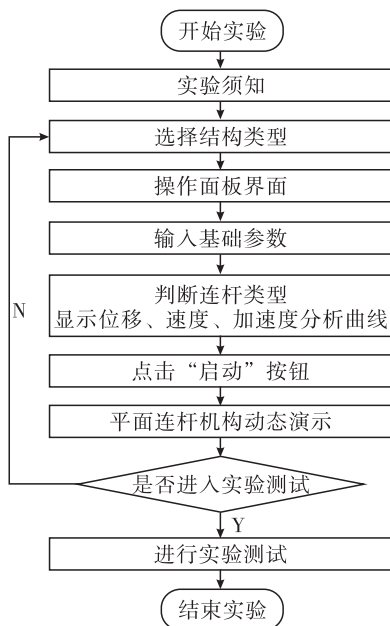


图 2 平面连杆机构实验流程图

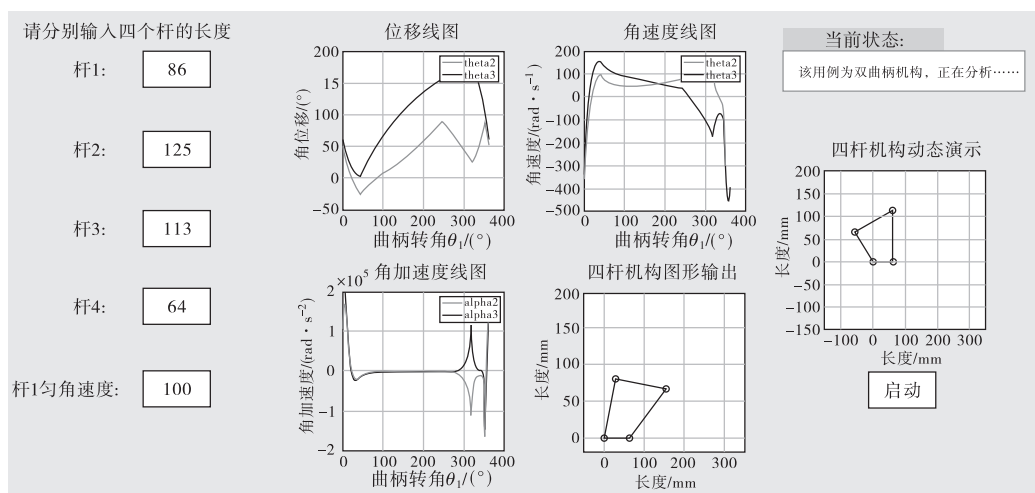


图 3 平面连杆机构实验操作界面

2.1.3 关键技术

(1) 平面连杆机构实验模块 Matlab 文件封装。在 Matlab 中编写好的 GUI 程序需要封装成 .exe 文件, 这样能更方便地运行程序或将程序分发给他人使用, 若将程序运行所需要的环境 Runtime 和程序一并封装, 可实现在没有安装 Matlab 的电脑中使用。Matlab 中 GUI 程序封装成可执行文件流程: ①在 Matlab 命令行窗口中输入 deploytool, 打开 Matlab Compiler, 然后选择 Application Compiler; ②填写封装信息并作相应配置, 同时选择 Runtime 进行封装; ③点击 Package, 开始封装, 生成 Matlab 执行文件。

(2) Unity3D 调用启动 Matlab 执行文件的实现。平面连杆机构实验模块的运动分析是通过点击 Unity3D 内部设定按钮打开外部程序来实现调用启动,此步骤需要该按钮绑定 C# 脚本来实现。C# 脚本代码为

```
using UnityEngine;
using UnityEngine. UI;
public class matlab :MonoBehaviour
{
    private string pathURL;
    public void Open()
    {
        Application. OpenURL(pathURL);
    }
    // Use this for initialization
    private void Start()
    {
        pathURL = "F:/平面四杆机构" ;
        //+ Application. dataPath + "/StreamingAssets/20177261";
    }
    // Update is called once per frame
    private void Update()
    {
        if (Input. GetMouseButtonDown(0))
        {
            Open();
        }
    }
}
```

2.2 虚拟仿真实验教学系统的发布

系统调试完成后,需对虚拟仿真实验教学系统进行发布,机械原理虚拟仿真实验教学系统最终需要脱离 Unity3D 环境使用,生成可执行文件. exe,发布具体步骤如下:在 Unity3D 中的编辑页面选择 File-build settings;勾选所有设计的场景,由于在程序打开时首先调用启动 0 号场景,所以将登陆界面场景放到最上边,设置为 0 号场景;选择文件存放位置,点击 build 生成可执行文件,完成平台发布。

3 结论

阐述了一款机械原理虚拟仿真教学系统的设计和开发。该系统以 Unity3D 为主要开发平台,综合运用 SolidWorks 建模、3D Max 动画模拟、Visual Studio 代码编辑器、Matlab 曲线绘制等软件,成功实现了平面机构认知实验、平面连杆机构实验、凸轮机构实验、动平衡实验和齿轮机构实验五大模块的开发。该系统可以对传统的线下实验进行补充,有效促进学生“机械原理”课程的学习。融入了机械原理的理论知识,达到了理论与实践相结合的目的。通过该系统,学生可以使用手机或电脑随时随地学习实验教学内容。测试结果表明,该系统交互性强、趣味性强,大大提高了学生学习的积极性和主动性。

参考文献:

- [1] 王雨,王英,王恒,等.基于增强现实技术的机械原理实验教学系统设计[J].实验技术与管理,2019,36(11):109-112.
- [2] 刘汉代,赵杰,廖志良,等.机械原理虚拟实验系统的设计与实现[J],机械工程与自动化,2016(5):61-66.
- [3] 陈忠豪.基于机械原理课堂的机械运动演示装置的设计[J].农机使用与维修,2020(10):58-59.
- [4] 华剑,徐小兵.虚拟仿真软件在机械专业教学中的应用实践[J].大学教育,2020(2):14-16.
- [5] 田立江,张洁,王丽萍.以专业认证为导向的实践教学内容对标与体系优化[J].黑龙江教育(高教研究与评估),2018(12):44-46.
- [6] 程国萍,师慧丽.人才再教育:工程机械行业创新与发展的重要保证[J].中国工程机械学报,2013,11(5):463-468.
- [7] 刘清涛,张新荣,贺朝霞.工程机械开放式虚拟仿真实验教学管理平台建设[J].实验技术与管理,2018,35(7):148-151.
- [8] 北京润尼尔网络科技有限公司.开放式虚拟仿真实验教学管理平台软件[EB/OL].[2017-12-28].
<http://www.rainier.net.cn/cpzx/xnsyjxxl/ptl/xnfzjxglpt/>.

Design and Implementation of Virtual Simulation Experiment Teaching System for Mechanical Principle

LIU Ruige,ZHENG Qi

(College of Mechanical and Electrical Engineering,
Shandong University of Aeronautics, Binzhou 256603, China)

Abstract: A virtual simulation experimental teaching system has been designed and developed to address the strong practicality of the “Mechanical Principles” course. The system includes five modules: planar mechanism cognition, planar linkage mechanism, cam mechanism, gear transmission, and dynamic balance principle. The system implements functions such as 3D animation display of mechanical components, motion simulation of various mechanisms, virtual disassembly and installation of experimental equipment, and virtual testing of various parameters of experimental devices. This system has strong interactivity and fun, which helps to improve students’ learning enthusiasm and initiative.

Keywords: virtual simulation; mechanical principle; experimental system; planar linkage mechanism; Unity3D

(责任编辑:王新亮)