

【工程与技术研究】

连杆机构虚拟实验教学系统的设计

刘瑞歌, 陈 栋

(滨州学院 机电工程学院, 山东 滨州 256603)

摘 要:基于 Unity3D 技术开发了一款连杆机构虚拟实验教学系统。该系统包括相关实验基础理论知识讲解、机构认知、模拟实验操作、课后测试及虚拟实验室搭建, 学生可以使用手机或电脑随时随地学习连杆创新实验教学内容。该系统打破了传统实验受学时、场地和设备限制的弊端, 交互性强、趣味性强, 大大提高了学生的学习积极性和主动性, 提高了学生的实践能力。

关键词:虚拟仿真; 机械原理; 连杆; 实验系统

中图分类号: TP 391 **文献标识码:** A **DOI:**10.13486/j.cnki.1673-2618.2023.02.015

“机械原理”是机械类专业一门非常重要的专业基础课程^[1-2]。课程涉及大量的机构、运动分析、力学分析等知识, 具有理论性强、知识点多、设计理论和计算公式抽象繁杂的特点。近年来, 随着工程教育中“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, 国内各高校在机械工程专业的教学中越来越强调对学生科技创新能力和解决复杂工程问题能力的培养^[3]。要培养上述能力, 离不开科学的实践教学体系和完善的校外实验基地建设^[4]。但目前高校的连杆机构教学普遍采用教师单纯讲授知识点的教学模式, 缺少动画和具体的应用案例, 学生很难理解各构件之间的运动关系, 不能正确掌握机构的组成原理, 很难调动起学生的学习兴趣^[5]。在连杆机构的学习过程中, 通常会安排一些相关的教学实验^[6], 但也存在一些问题: (1) 学生多, 设备少, 无法做到人人动手参与; (2) 连杆机构应用十分广泛, 种类繁多, 每一种机构开辟一个实验不符合实际; (3) 传统实验受时间、空间和场地的限制。针对以上问题, 提出构建连杆机构虚拟实验教学系统, 实现机械工程教育与虚拟现实(VR)技术相结合^[7-10], 为机械工程学科的教与学带来一种新模式。VR 技术使抽象、模糊成为具体、直观, 将单调乏味变成丰富多变、极富趣味。连杆机构虚拟实验教学系统随用随调, 方便灵活、交互性强, 是对理论知识的有效补充, 能够克服单纯理论教学枯燥无味、晦涩难懂的弊端, 提高了教学效率。

1 连杆机构理论基础

1.1 连杆机构类型的判断

连杆机构具有以下特点: (1) 可传递较大的动力; (2) 加工制造比较容易, 易获得较高的精度; (3) 改变构件的相对长度, 可以实现不同的运动规律和运动要求; (4) 连杆曲线形式多样, 可以满足不同轨迹的设计要求; (5) 惯性力和惯性力矩不易平衡, 不适应于高速运动。连杆在航空、航天、工程机械和日常生活中有着广泛的应用, 如电动伸缩门、飞机起落架等。连杆机构分为平面连杆机构和空间连杆机构两大类, 平面四

收稿日期: 2022-05-27

基金项目: 滨州学院实验技术研究项目(BZXYYFXM202107)

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

杆机构在平面连杆机构中最为常用, 铰链四杆机构又被认为是平面四杆机构的基本形式, 实验教学系统主要以铰链四杆机构为基础。

根据机构是否存在曲柄将铰链四杆机构分为三种: 曲柄摇杆机构、双曲柄机构及双摇杆机构。曲柄存在必须具备两个条件: (1) 最长杆与最短杆的长度之和小于或等于其他两杆长度之和; (2) 连架杆和机架其一最短。铰链四杆机构类型的判断如图 1 所示。

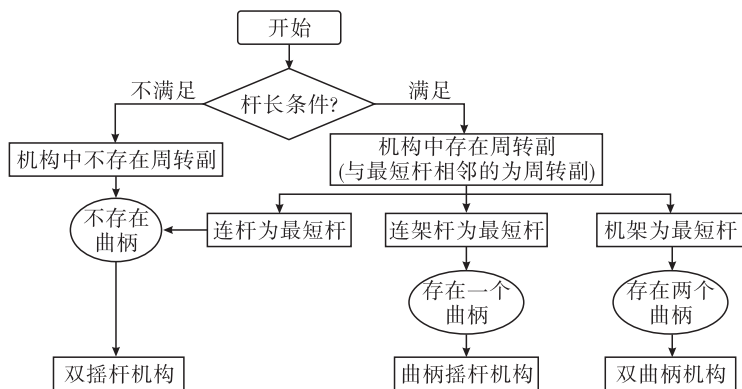


图 1 铰链四杆机构类型判断流程图

1.2 铰链四杆机构的急回特性

对于曲柄摇杆机构, 当曲柄与连杆两次共线时, 将这两个位置称为极位, 曲柄在两个极位位置之间的夹角称为极位夹角 θ 。当曲柄以等角速度转动时, 以共线位置为分界, 在 $180^\circ + \theta$ 与 $180^\circ - \theta$ 两个摆角的运动过程中, 摇杆所消耗的时间以及平均速度并不相同, 这种性质称为急回运动, 也称为正行程或者快行程和慢行程。为了描述这种特性, 引入了行程速度变化系数 K 来表明急回运动的一个程度, 即 $K = (180^\circ - \theta) / (180^\circ + \theta)$ 。当机构存在极位夹角时, θ 越大, K 也就越大, 机构的急回特性也就越明显。

2 连杆机构虚拟实验教学系统设计

2.1 连杆机构虚拟实验教学系统的总体框架

本系统旨在帮助学生通过虚拟实验教学系统进行连杆机构类型判断、运动特性、机构应用的学习, 提供学生直观的三维模型和具体实际应用的机械动画, 并进行连杆机构特性分析。虚拟实验教学系统主要功能包括: 理论知识学习、连杆虚拟实验、辅助功能等, 连杆机构虚拟实验教学系统总体框架如图 2 所示。

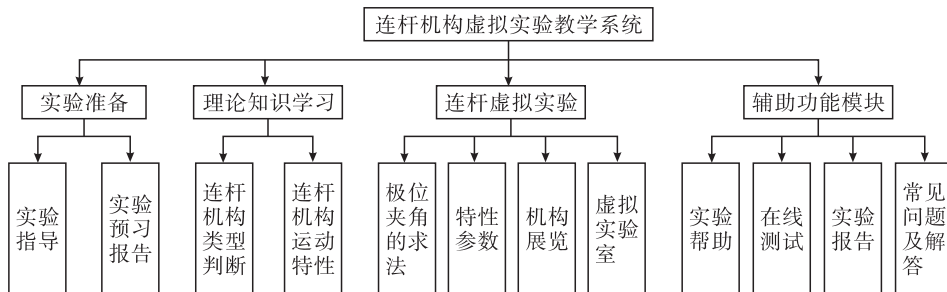


图 2 连杆机构虚拟实验教学系统总体框架

2.2 虚拟实验教学系统的关键技术

实验准备阶段, 学生要了解该实验的目的与要求、注意事项等, 并完成实验预习报告。完成“机械原理”课程中平面四杆机构的基本知识以及连杆机构的应用和分类等理论知识的实验准备阶段的学习。上述工作完成后, 便可以通过鼠标点击的方式进入连杆虚拟实验模块, 该模块包括极位夹角的求法、特性参数的计算、连杆机构预览、虚拟实验室等。

(1) 连杆特性参数虚拟计算模块的功能有两个：一是根据用户输入的杆长数据，判断连杆机构中是否存在曲柄，进而判断连杆机构的类型；二是计算四杆机构的 θ 和 K 。具体界面如图 3 所示。用户只需输入杆长数据，点击“点击计算”按钮，就会出现是否满足杆长条件的结论，进而给出连杆机构的类型，在中间界面显示该机构的结构简图，动画演示该机构的运转情况等。若该机构存在急回特性，在界面的右侧给出该机构的 θ 及 K 。



图 3 连杆参数计算界面

(2) 单击连杆机构界面右上角的下拉菜单，选择连杆机构应用，进入连杆机构预览虚拟实验界面，如图 4 所示。左侧列表显示连杆机构的具体应用类型以及运动副的种类，单击具体机构类型，右界面会模拟出该机构的运动情况。通过一些快捷键可实现缩放、旋转、远近的调整。单击右侧的下拉菜单，进入虚拟实验室界面。

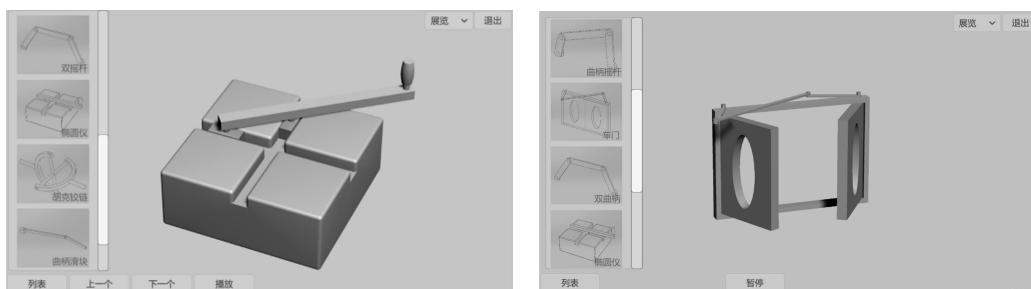


图 4 连杆机构具体应用界面

(3) 虚拟实验室模拟出真实的实验室结构，按住鼠标不动，可 360° 展示实验室的空间布置，让人有身临其境的感觉。点击左侧的相应菜单可进行相应的操作，对于实验室中的机构展览部分，鼠标移动到一种机构上，就会显示该机构的名称，并在左上角显示出该机构名称、特点及具体的应用场合。

(4) 学生在完成实验后，点击右上角的下拉菜单，选择自测，进入在线模拟测试界面，如图 5 所示。测试内容与实验内容紧密结合，旨在帮助实验者检验学习效果，增加知识储备量，题目全部以选择题的形式呈现，实验者完成选择后，会给出结果是否正确的结论，并给出解析。完成一道题目后，点击右下角的“下一题”按钮，进入下一道题。在完成所有测试题目后，点击“提交”按钮，所做题目将提交到平台进行批阅汇总，给出成绩，可作为学生实验的平时成绩。

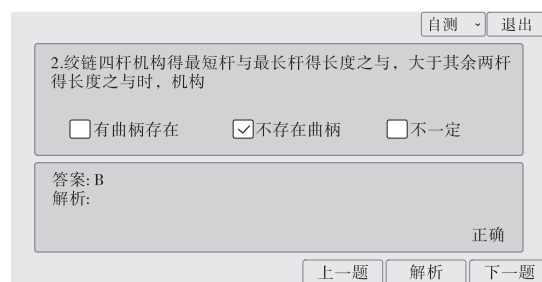


图 5 在线测试界面

学生通过自己的动手操作，对连杆机构的具体应用和连杆基本的动力特性有了更深的理解。通过实验，学生反应收获很大，对课本中静态的、抽象的理论和概念，有了更直观、更形象的理解。虚拟实验弥补了实验室教学设备的不足，大大调动了学生的学习热情，有效地对课堂理论讲授进行了补充，大大改善了教学效果。

3 结论

基于 Unity3D 技术设计开发了一款连杆机构虚拟实验教学系统。该系统不限制使用用户，可以随时随地进行实验，打破了传统实验室的限制，不仅实现了实验功能，而且将机械原理的理论知识融入其中，达

到了理论与实践结合的目的。学生可以使用手机或电脑随时随地学习连杆创新实验教学内容。测试结果表明,该系统交互性强、趣味性强,大大提高了学生的学习积极性和主动性,不仅提高了学生的实践能力,也弥补了理论课学习枯燥的弊端,具有一定的参考和推广应用价值。

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] 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.
- [4] 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.
- [5] 冯立艳,关铁成,何世伟,等.机械基础虚拟实验系统的研究与开发[J].实验室研究与探索,2018,37(1):89-92.
- [6] 屈泳,王三华,阮小军.计算机组成原理虚拟实验教学平台的研究[J].实验技术与管理,2019,36(5):119-122.
- [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] 丁毓峰,徐鑫,闵新普,等.基于Unity 3D的机电产品虚拟拆装实验系统[J].实验室研究与探索,2020,39(3):118-120.
- [9] 陈璜.基于Unity3D、VR等技术的机械设计虚拟仿真系统构建研究[J].长沙大学学报,2021,35(2):20-25.
- [10] 王成,杨波,刘海.齿轮机构认知虚拟仿真实验的设计与实现[J].实验室研究与探索,2018,37(2):102-104.

Innovative Design of Connecting Rod Virtual Experimental Teaching System

LIU Rui-ge, CHEN Dong

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

Abstract: Based on Unity3D technology, a virtual experiment teaching system of linkage mechanism is developed. The system includes the explanation of the basic theoretical knowledge of relevant experiments, the cognition of the mechanism, the simulation experiment operation, the after-class test and the construction of the virtual laboratory. Students can use mobile phones or computers to learn the teaching content of the connecting rod innovation experiment anytime and anywhere. The system breaks the disadvantage of traditional experiments limited by class hours, venues and equipment, and has strong interactivity and interest. It greatly enhances students' enthusiasm and initiative in learning, improves students' practical ability.

Keywords: virtual simulation; mechanical principle; connecting rod; experimental system

(责任编辑:王新亮)