

## Design and Implementation of a Virtual Laboratory of Machine Elements Displays

Jingmei Zhai<sup>a</sup>, Xiao Xu<sup>b</sup> and Jiebin Xie<sup>c</sup>

School of Mechanical and Automotive Engineering, South China University of Technology, Guangzhou, China

<sup>a</sup>mejmzhai@scut.edu.cn, <sup>b</sup>simonxx@scut.edu.cn, <sup>c</sup>xiejiebin2010@gmail.com

**Abstract.** Virtual laboratory is an application of virtual reality technology in the field of experimental teaching. Compared with the traditional on-site experiments, virtual laboratory performs experimental applications without limitation of space and time. In this paper, a web-based virtual laboratory of mechanical elements displays is designed integrating real experimental purposes and environment. Firstly, based on SolidWorks and 3ds Max, a virtual laboratory model is created including mechanical elements or mechanisms, display cabinets and laboratory scenes. Then interaction designs by EON Studio are conducted to realize automatic path roaming, walking path, three-dimensional elements browsing and narrating. Finally, the virtual laboratory is published so that students can run the experiment by web.

**Keywords:** Machine elements, Display cabinet, Virtual laboratory, 3D modeling, Interaction design.

## 机械零件陈列柜虚拟实验室的设计与实现

翟敬梅<sup>a</sup>, 徐晓<sup>b</sup>, 谢洁彬<sup>c</sup>

华南理工大学 机械与汽车工程学院, 广州, 中国

<sup>a</sup>mejmzhai@scut.edu.cn, <sup>b</sup>simonxx@scut.edu.cn, <sup>c</sup>xiejiebin2010@gmail.com

**中文摘要.** 虚拟实验室是虚拟现实技术在实验教学领域的应用, 虚拟实验提供与现实实验室一致的视觉效果和实验应用, 可解决传统实验受空间和时间约束等问题。结合机械认知实验教学目的和实验环境, 研发了基于网络的“机械零件陈列柜”虚拟实验室。首先, 采用SolidWorks建立零件3D模型, 使用3ds Max构建实验室实体模型, 并完成虚拟实验室的拼装。其次, 在EON Studio中进行虚拟实验室的交互设计, 实现自主行走、

自动路径漫游、零件独立视窗全方位浏览和解说等功能。最后, 实现虚拟实验室的网络发布, 提供一个网络实验平台。

**关键词:** 机械零件; 陈列柜; 虚拟实验室; 3D建模; 交互设计

### 1. 引言

机械零件陈列柜系统地展示了联接、传动、轴系及其他通用零件的基本类型、结构形式和设计知识, 学生通过参观浏览陈列柜

中的零部件和机构模型,对机械基础系列课程的研究对象和内容有一定的感性认知,该实验开设在课程之初<sup>[1]</sup>。

机械基础系列基础课程的学习是一个不断循环,螺旋上升的过程,具有体验学习的特点<sup>[2]</sup>。初期在实验室通过自己的观察获取零件的初步认识,这时学生关注的是零件的外观概貌;随后的课堂学习中,学生关注的则是零件工作原理以及结构类型特点等;最后设计实践中,学生更注重的是零件结构的细节设计。每个学习阶段学生的关注度不同,知识的内涵和外延也不同,因此其对同一事物的观察视角就不同。后续的学习和实践教学中,学生同样需要进入实验室,对所学知识不断进行反思性观察,对体验到的内容进行思考,从而引导学生进行知识的抽象和概括,以及将抽象的理论和概念再应用到新的设计实践中验证效果。然而,由于实验室各项资源的限制,实验室最多只能向每个学生开放一次。传统的实验教学模式注定了时间和空间上的限制<sup>[3]</sup>,因此,构建一个开放式的机械零件陈列柜虚拟实验室,在学习的各个环节中,学生可以随时随地地根据自身需求,通过网络平台自由地遨游在虚拟实验室中,汲取所需知识(见图1所示)。这种新的实验模式,可以提高学生学习的灵活性和有效性<sup>[4]</sup>。

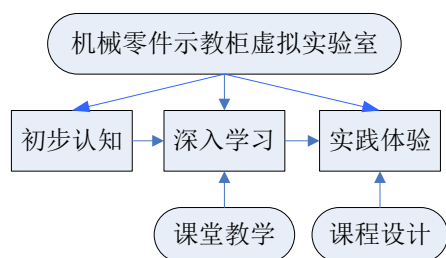


图1 虚拟实验室在机械设计课程中作用

## 2. 机械零件陈列柜虚拟实验室设计

虚拟现实技术可以通过计算机的虚拟设置与技术合成,将现实的情景模拟出来,呈现出多维度信息和多感官的虚拟学习和培训场景<sup>[5]</sup>。虚拟现实技术在实验教学的应用充分展示了其优势和特长<sup>[6-9]</sup>。机械零件陈列柜虚拟实验室以现实的实验室为参考,基于虚拟现实技术,构建实验室模型,完成

虚拟实验室自动漫游、自主行走、零件独立三维动态浏览等功能。

### 2.1 设计内容

#### 2.1.1 零部件及机构三维建模

实验室共展示有15个陈列柜,包括有螺纹联接的类型、螺纹联接的应用、键、花键和无键联接、铆焊、胶接和过盈配合联接、带传动、链传动、齿轮传动、蜗杆传动、滑动轴承、滚动轴承类型、滚动轴承装置设计、联轴器、轴的设计和制造、润滑与密封和弹簧,共有201组展示的零部件和机构,涉及近千个零件。这些零部件和机构的三维建模是虚拟实验室的核心部分。

#### 2.1.2 实验室场景构建

实验室模型质量直接影响虚拟实验室的最终视觉效果,模型造型准确、和实体保持一致,虚拟实验室的仿真程度就高。因此,构建虚拟实验室以实际实验室情况为基础,从场景布局、比例、造型、位置、色彩、材质和灯光等,使虚拟实验室有真实的感觉。实验室场景除了墙体结构及陈列柜,还包含门窗、桌椅、空调、投影设备和灯光等结构。

#### 2.1.3 虚拟实验室交互性设计

虚拟交互设计是虚拟实验室的灵魂,模拟现实实验行为,提供更方便的学习方式,交互性设计具体如下:

##### (1) 自主行走

用户通过鼠标操控,在虚拟实验室场景中自由走动,包括行走、转向、视角移动和缩放等动作。

##### (2) 自动漫游

用户通过导航,可快速地将视角切换到欲浏览的陈列柜前面,提高实验效率。

##### (3) 独立视窗浏览

除了在陈列柜中观察零件机构的三维造型,还为每个零件和机构设置一个单独的视窗,可以实现零件的全方位旋转和缩放,观看机构的运动仿真,更清晰地掌握零件的结构和机构的运动。

##### (4) 解说词

每个陈列柜都对应一段介绍性的解说,在观看陈列柜三维模型同时,可以进行语音播放,让学生多感官地学习。

## 2.2 设计工具

### 2.2.1 机械零件建模软件

零件建模数量庞大,选择合适的建模软件,提高建模效率,保证模型的仿真效果。常用的机械设计三维建模软件有UG NX、Pro/E和SolidWorks。UG功能强大,但更适合用于模具设计及工业设计中复杂模型的建模;Pro/E和SolidWorks都具有一个完善的标准零件库,相比之下,SolidWorks更容易上手、操作简单,可以高效率地完成陈列柜中零件三维建模。因此,选定SolidWorks软件绘制陈列柜中零部件及机构。

### 2.2.2 实验室建模软件

3ds Max 是一款目前世界上应用最广的三维建模、动画、渲染工具,具有强大的建模功能,常被用于虚拟现实系统建模;与其它三维建模相比,其操作简单,容易上手;3ds Max 还提供了新的接口技术和优化,极大改进了交互,明显提高了操作速度。因此,采用 3ds Max 进行实验室建模。

### 2.2.3 虚拟现实软件

虚拟实验室最终呈现给用户的不仅是实验室本身的虚拟场景,还可以通过输入设备实时作用于虚拟场景界面,进行必要的交互。使用虚拟现实软件进行开发,可以增强虚拟实验室的可交互性,又能让用户有一种身临其境的感觉。目前,除了使用VRML语言进行开发外,还有Virtools和EON Studio等虚拟软件可以高效完成开发工作<sup>[10]</sup>。

鉴于EON Studio本身具有方便的交互式设定及优秀的视觉效果和沉浸感,与JavaScript脚本语言可以很好地结合,并且利用网页浏览器就可以处理虚拟场景。故选择EON Studio进行虚拟现实环境和交互的开发。

具体设计过程如图2所示。

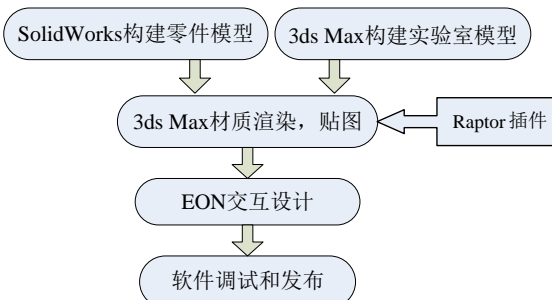


图2 整体设计方案

## 3. 机械零件陈列柜虚拟实验室实现

### 3.1 基于SolidWorks的零件三维建模

SolidWorks提供了强大的三维建模工具,图3表示了零部件和机构的建模方法。

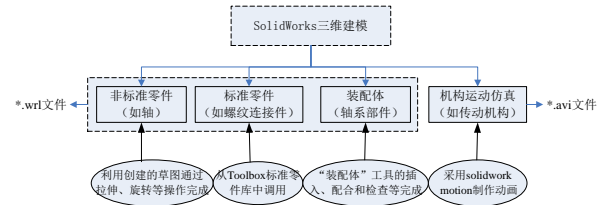


图3 零部件和机构三维建模

为了在3ds Max中打开或者导入,通过EON Raptor插件,将零部件模型输出为EON文件格式,即模型格式\*.prt和\*.asm转换为\*.wrl。

### 3.2 基于3ds Max的虚拟实验室环境构建

#### 3.2.1 建立教室模型

建立三维实验室模型方法如下:

- 根据实验室布局,使用 AutoCAD 绘制平面结构图,将 CAD 平面图导入到 3ds Max,对教室进行三维建模,见图 4 (a) 所示。

- 给实验室添加陈列柜、桌椅、门窗、投影仪、空调和灯管等模型,见图 4 (b), (c), (d)。

- 通过移动、旋转和缩放等功能,调整各部分模型的位置和尺寸,完成实验室模型拼装,见图 4 (e)。

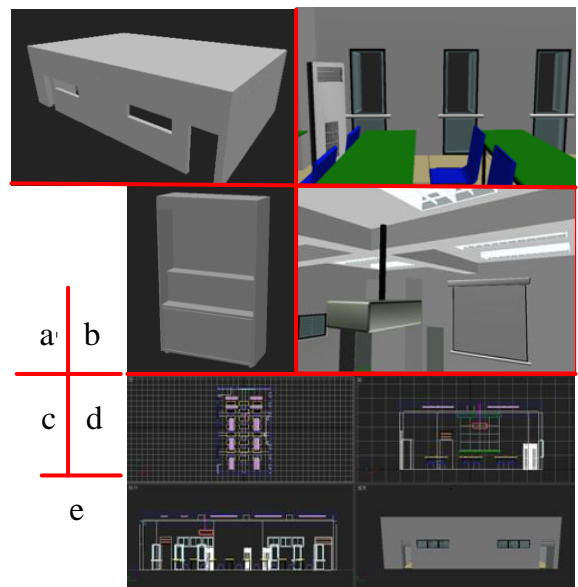


图4 实验室场景创建

3.2.1 零件导入

完成实验室及陈列柜实体建模后,需要将零件模型放置于陈列柜上。考虑到零件数量庞大,先将零件模型导入陈列柜,使用移动、旋转、对齐等功能键将模型放置于陈列柜对应的位置上。图5为导入零件的虚拟陈列柜,图6的实验室真实陈列柜。



图5 虚拟陈列柜      图6 真实陈列柜

3.2.3 模型的材质处理及贴图

建立模型后,还需要给模型赋予材质和贴图,模拟三维物体的各种属性,例如颜色、纹理、表面粗糙度、透明度和亮度等,使模型具有真实场景的视觉效果。

对于不同的对象采取不同的贴图方案,例如实验室墙体、桌椅、空调、零件等对象,采用基本材质并修改环境光颜色、漫反射颜色和高光反射颜色三种颜色即可达到视觉效果。而对于地板、陈列柜、墙上挂饰等对象,为了体现对象表面质感,应采用贴图,使用真实的图案贴到模型上。图7为处理后的一个实验室场景。



图7 构建后的一个实验室场景

3.3 基于EON的虚拟交互实现

“自主行走”可以在EON Raptor插件的控制窗口,默认Walk行走节点放置在Camera

节点下,用户就可以通过对鼠标的控制行走,具体如下:

- 鼠标左键拖动实现行走功能,向上拖动实现前行,向下拖动实现后退,向左拖动实现左转,向右拖动实现右转;
- 鼠标右键拖动实现视角上下移动功能,向上拖动实现上移,向下拖动实现下移;
- 鼠标滚轮拖动实现 360° 全方位旋转。

其他交互要通过设置功能节点,编辑节点间的逻辑关系来实现,具体见图8所示。

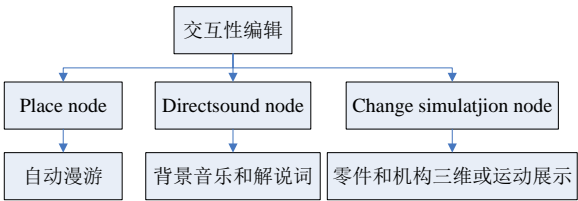


图8 功能节点设置

在虚拟实验室主场景右上角有“ON”和“OFF”按钮,点击“ON”打开陈列柜导航列表,可以快速切换到陈列柜前方。

点击陈列柜上某个零件或机构模型时,会自动切换到该模型的独立浏览场景。图9所示为轴系部件装置视窗,鼠标左键控制模型多角度旋转,鼠标右键控制模型缩放,实现零部件多角度全方位浏览。此外,在窗口右上角有三个按钮,点击“虚拟实验室”可以返回到实验室主场景,点击“返回上一个零件”和“进入下一个零件”可以切换到该零件前后两个模型的浏览视窗。

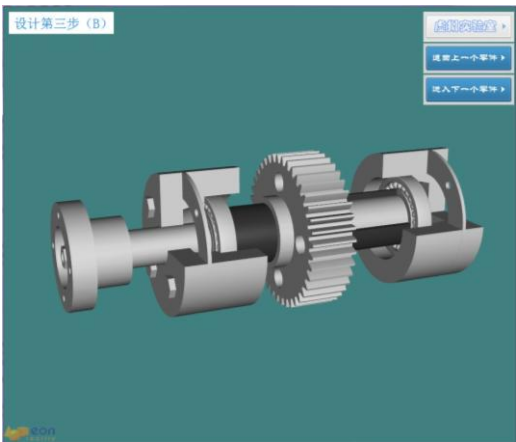


图9 轴系部件装置视窗

完成虚拟实验室交互性编辑后,通过EON发布精灵将虚拟实验室发布成EON应用程序。



#### 4. 结束语

机械零件陈列柜虚拟实验室完全模拟了真实的实验室场景和陈列柜,学生不仅可以如同现实实验中那样在实验室中参观浏览各个陈列柜中的三维模型,聆听零件的讲解,而且还可以打开单个零件和机构的视窗,全方位、全角度地观察零件结构和机构运动仿真。

基于网络的机械设计零件陈列柜虚拟实验室,打破了传统实验“时间、空间”的限制,并向“深度、广度”扩展。不仅可以作为机械基础认知实验,还可以为后续课堂教学中学习每个零件辅助的课前和课后学习素材和体验,还可以为最后的课程设计提供直观、有效的帮助,增加了学生学习的主动性和灵活性。

致谢

本文为2012年度华南理工大学高等教育研究基金项目《机械基础实验远程教学模式的应用研究》和2014年度广东教育教学成果奖(高等教育)培育项目《机械基础实验双模式下的“认知-体验-探索”教学体系建构与探索》的阶段成果之一。

#### References

- [1] W. J. Zhu, J. He and M. R. Li, Experiment tutorial of mechanical basis, *Beijing: Science press*, pp.190-230, 2005.
- [2] J. Y. Wang and Z. H. Li, On Experiential learning. *Theory and Practice of Education*, vol.24, pp.44-47, 2004.
- [3] S. K. Esche, On the integration of remote experimentation into undergraduate laboratories pedagogical approach, *International Journal of Instructional Media*, vol.32, pp.397-407, 2005.
- [4] J. M. Zhai, X. Xu, P. Huang, J. He and X. Y. Liu, Design and construction of remote experimental platform on mechanical basis, *Experimental Technology and Management*, vol.29, pp.84-89, 2012.
- [5] Y. F. Chen, J. M. Ma and G. Li, Overview of virtual reality technique, *Machine Building & Automation*, vol.33, pp.5-7, 2004.
- [6] Z. Y. Chen, Application on Virtual Reality Technology in Experiment teaching, *Journal of Gansu Lianhe University (Natural Sciences)*, vol.27, pp.103-106, 2013.
- [7] Y. Hou and F. Wang, Web-based virtual laboratory for mechanical engineering, *The 5th International Conference on Computer Science & Education, Hefei, China*, August 24-27, pp.1601-1604, 2010.
- [8] V. Kolias, I. Anagnostopoulos and E. Kayafas, Remote experiments in education: A survey over different platforms and application fields, *11th International Conference on Optimization of Electrical and Electronic Equipment*, May 22-May 24, pp.181-188, 2008.
- [9] V. Potkonjak, M. Vukobratovi, K. Jovanovi and M. Medenica, Virtual mechatronic/robotic laboratory-A step further in distance learning, *Computers & Education*, vol.55, pp.465-475, 2010.
- [10] W. Zhao, H. Duan, Research of Virtual Reality Software, *Computer Technology and Development*, vol.22, pp.229-233, 2012.