

# Construction of Virtual Simulation Experimental System for Punching Forming and Research on Key Technologies

Xiu Li<sup>1</sup>, Hebao Wu<sup>1</sup>, Shuyuan Fan<sup>2</sup>, Dunming Liao<sup>2</sup>, Fei Sun<sup>2</sup>

<sup>1</sup>School of Mechanical & Electrical Engineering, Wuhan Institute of Technology, Wuhan Hubei

<sup>2</sup>State Key Laboratory of Material Processing and Die & Mould Technology, Huazhong University of Science and Technology, Wuhan Hubei

Email: wu\_hust@163.com, 1005165245@qq.com

Received: Oct. 13<sup>th</sup>, 2017; accepted: Oct. 28<sup>th</sup>, 2017; published: Nov. 2<sup>nd</sup>, 2017

---

## Abstract

In order to solve the problems of high cost, low quantity, poor experimental safety of mechanical equipment in current college, a virtual punching experimental system, based on Unity3D technology, which has high-fidelity simulation and strong interaction is constructed. Virtual punching experimental system which has demonstration mode, operation mode and cognitive mode, is designed through the research on model establishment, optimization technology, system roaming and collision detection technology. According to the experimental principle of sheet punching clearance experiment, the system simulates the whole process of sheet metal punching experiment in detail, implements the punching process demonstration, mold assembly and disassembly display, equipment cognition and experimental operation, and obtains good experimental teaching results.

## Keywords

Unity3D, Three-Dimensional Interactive, Virtual Simulation, Collision Detection, Experimental Teaching

---

# 冲压成形虚拟仿真实验系统构建与关键技术研究

李 秀<sup>1</sup>, 吴和保<sup>1</sup>, 范淑媛<sup>2</sup>, 廖敦明<sup>2</sup>, 孙 飞<sup>2</sup>

<sup>1</sup>武汉工程大学机电工程学院, 湖北 武汉

<sup>2</sup>华中科技大学材料成形与模具技术国家重点实验室, 湖北 武汉

Email: wu\_hust@163.com, 1005165245@qq.com

收稿日期: 2017年10月13日; 录用日期: 2017年10月28日; 发布日期: 2017年11月2日

## 摘要

为了解决目前高校机械专业实验设备价格昂贵、数量少、安全性差等问题, 本文构建了一套基于Unity3D技术, 具有高仿真性、强交互性的冲压成形虚拟仿真实验系统。通过对模型的建立与优化、系统漫游、碰撞检测等关键技术的研究, 设计了具有演示模式、操作模式、认知模式的虚拟冲压实验系统。该系统依据板料冲裁间隙实验的实验原理, 详细地模拟了金属板料冲裁实验的全过程, 实现了冲压实验过程演示、模具拆装展示、设备认知和实验操作, 获得了较好的实验教学效果。

## 关键词

Unity3D, 三维交互, 虚拟仿真, 碰撞检测, 实验教学

Copyright © 2017 by authors and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

## 1. 引言

虚拟仿真实验的概念于 1989 年由美国弗吉尼亚大学的威廉·沃尔夫(William Wulf)教授最先提出[1]。虚拟仿真实验通过人与周围实验环境进行交互, 是对真实实验进行模拟或再现的一种实验模式。国外影响力较大的虚拟实验系统有 Learn Anytime Anywhere Physics 物理实验室[2]、Newton 虚拟教学软件[3]、牛津大学的虚拟化学实验室[4]、加拿大西北大学的虚拟物理实验室[5]。我国虚拟实验的研究较晚, 主要有中国科技大学的几何光学实验设计平台[6]、四川师范大学的虚拟仿真化学实验室[7]、清华大学的“电力系统及大型发电设备安全控制和仿真”国家重点实验室[8]等。

冲压成形实验教学存在实验设备数量少、仪器设备相对落后、实验资源不能突破时空限制、人均实验资源占有率低、实验教学模式单一、实验危险性较高等缺陷, 难以达到较好的教学效果。虚拟仿真实验系统具有节省资金、突破传统实验在硬件设备上的限制和时空的局限等优势, 具有开放性和共享性, 优化教育资源, 拓展实验教学模式。学习者可通过交互设备与系统中的虚拟设备进行交互, 完成与真实实验一样的操作。本文将虚拟仿真技术应用在冲压成形实验中, 构建具有强烈的沉浸感、实时性、交互性的冲压成形虚拟仿真实验系统。

## 2. 冲压成形虚拟实验系统的构建

### 2.1. 虚拟实验系统设计流程的构建

冲压成形教学实验包括压力机和模具结构认知、板料冲裁操作、冲裁件尺寸测量和数据整理等内容, 为了构建一套具有现实意义的冲压成形虚拟仿真系统, 根据冲压实验的目的和要求, 系统主要由演示模式、操作模式、认知模式三个场景模式所组成, 其总体结构及设计流程如图 1 所示。

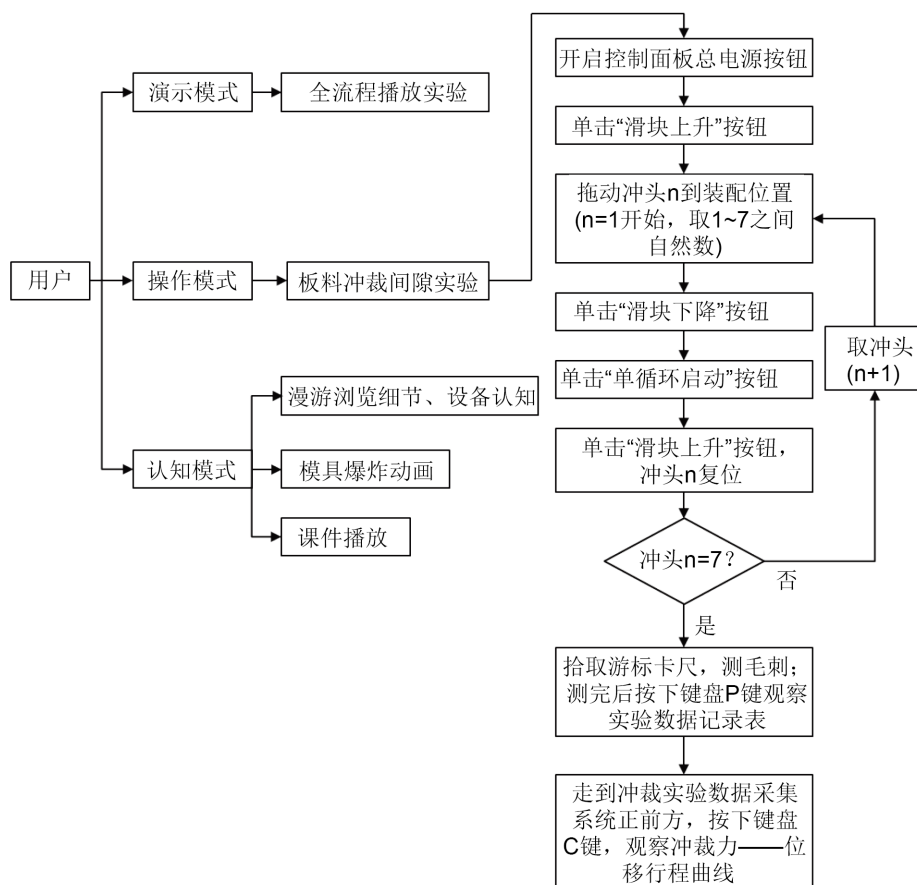


Figure 1. The overall structure of virtual laboratory for punching forming  
图 1. 冲压成形虚拟实验室的总体结构

## 2.2. 虚拟实验系统的功能模式分析

为了便于实验操作，系统主界面上设计了四个按钮，以实现系统功能模块的切换或退出，各功能模块又能准确、生动地展示系统典型特征：

1) 演示模式是实验操作过程的全流程播放，各组成部分真实感强，结构表征清晰，相互关联运动准确无误，直观而又生动地展示了整个实验操作过程，便于学生快速领会冲压实验的主要内容和金属板材塑性成形原理。

2) 操作模式使用户不仅可以漫游浏览整个冲压实验室，还可以在逼真的虚拟实验场景中进行实验操作，实现了操作面板的手动控制、冲头的更换、冲裁过程模拟、冲裁件尺寸检测、数据生成和记录等操作和功能交互，避免了操作错误可能造成的伤害或设备损坏，并根据需要变换实验参数，完成相应的实验操作，增进了学生对冲压成形工艺的认识，为分析冲压工艺参数对冲压质量影响奠定了良好基础。

3) 认知模式采用鼠标移动实现了设备结构高亮显示和性能说明，使学生对设备和模具结构有一个更加清晰的认知。同时，通过认知模式中的实验课件，有利于学生更清楚地了解实验原理及实验目的。

## 3. 虚拟仿真系统设计关键技术

### 3.1. 模型的结构优化与渲染

冲压成形设备结构复杂、零部件众多、标准各异，而虚拟实验系统不仅要求形状逼真，尺寸精确，

运行轻便。单一的建模设计软件难以满足系统设计的要求，必须采用新的设计方法加以处理，方可构建一个逼真而又运行快速的虚拟仿真系统[9] [10] [11] [12]。

为了兼顾三维模型的准确和系统运行的便捷，采用图形设计和图片处理的混合建模方法，是决定系统功能实现的关键。系统采用三维软件 UG 构建压力机主要零部件和冲裁模具的几何造型，利用 3ds Max 建立具有运动变形功能的弹簧和弹顶橡胶。在不影响模型外观的视觉效果下，尽可能地简化模型，将不运动的零部件固化为一个零件建模，减少零部件的数量，少使用圆角命令，以减少模型的面数，用纹理映射表现模型一些外部细节特征等。

运用 LOD 技术简化景物的表面细节，减少场景的几何复杂性，提高绘制算法的效率。采用顶点删除、边折叠算法进行场景分块生成，再加以分层调用，简化场景，降低其复杂程度，加快了场景实时显示速度，有效的构建了冲压成形虚拟实验室，如图 2 所示。

## 3.2. 系统的三维交互处理

### 3.2.1. 虚拟实验漫游系统

为了逼真地模拟真实实验人们对冲压成形实验室的参观，采用 Unity3D 实现“上、下、左、右、跳”等逻辑操作，并封装成角色控制器组件，模拟第一人称或第三人称视角[13] [14]。

三维场景模型导入到 Unity3D 后，将角色控制器导入到当前工程，在 Project 视图将“Rigidbody FPS Controller”拖动至 Hierarchy 视图中，在 Scene 视图中以一个胶囊体对象的形式出现，如图 3 所示。

“Rigidbody FPS Controller”对象共绑定了由官方提供的三条脚本：MouseLook 脚本控制如何通过鼠标来移动视图；CharacterMotor 脚本监听键盘事件，控制“前后左右”移动；FPSInputController 脚本监听空格键，控制跳跃功能。通过鼠标或键盘控制来感受在虚拟空间中的运动。一般设定 W、S、A、D 键对应前、后、左、右移动，空格键对应视角的跳跃动作。

### 3.2.2. 虚拟场景中的碰撞检测

在冲压成形虚拟实验系统中，由于虚拟角色的漫游和压力机的机械加工运动，物体之间经常发生碰撞、接触和其他形式的运动，为使这些运动符合自然规律、避免物体间的相互穿透，需要给相应的物体添加碰撞器[15] [16]。

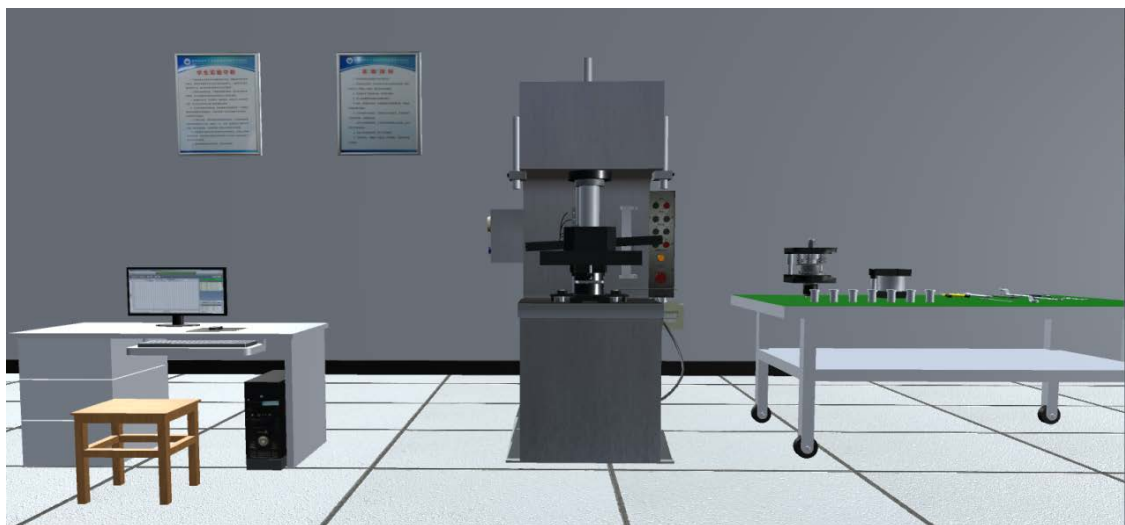
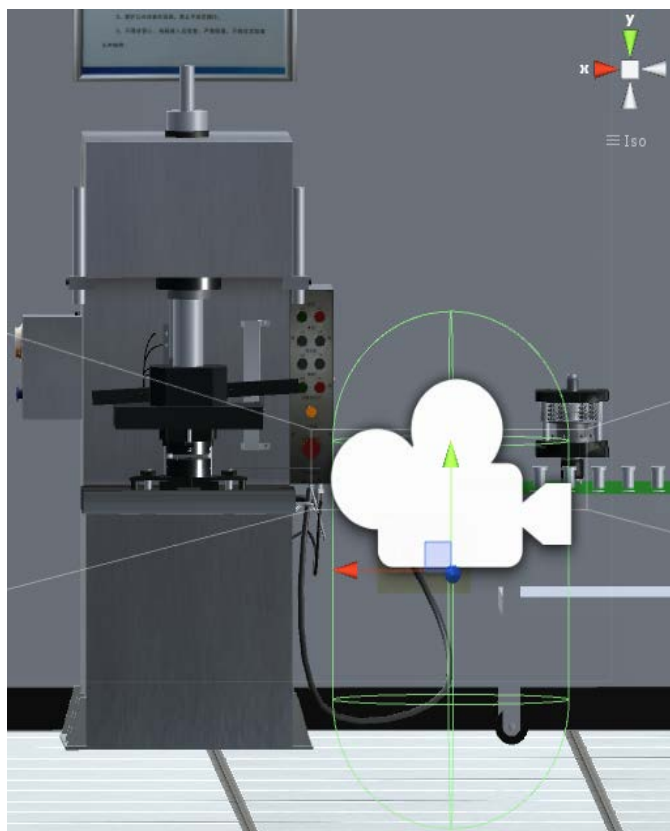


Figure 2. The virtual laboratory of punching forming  
图 2. 冲压成形虚拟实验室



**Figure 3.** First person component  
**图 3.** 第一人称组件

碰撞检测是实现系统交互的关键，运用 Unity3D 中的碰撞检测技术，为压力机添加的 Box Collider 碰撞器组件，为防止虚拟角色穿透设备及墙体，给所有障碍物添加静态碰撞器组件，对需要发生人机交互的物体添加刚体碰撞器组件，通过脚本控制对象发生碰撞检测和交互功能。

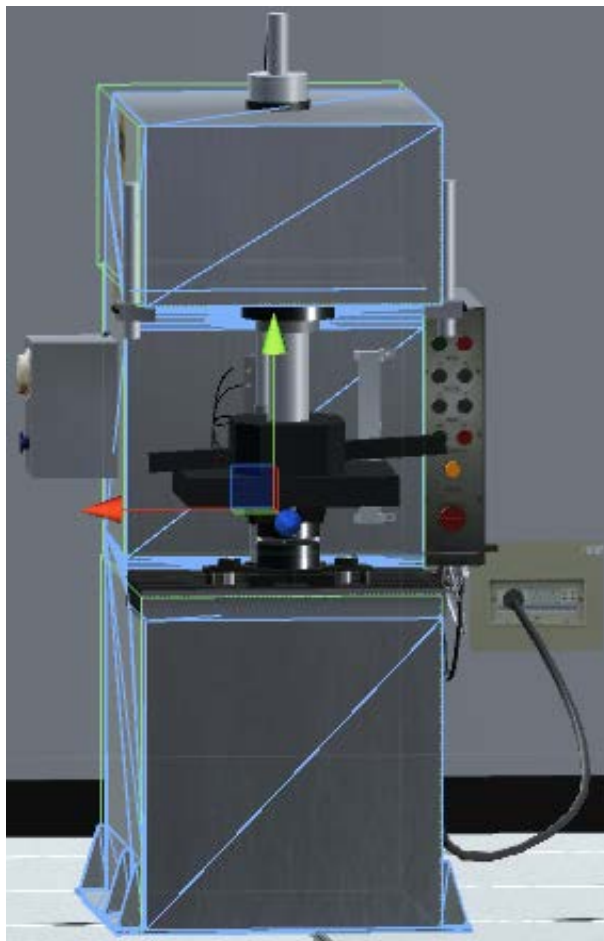
为实现冲头的正确装配和返回桌面，在机床模具部分添加一个与模具大小相符的 Box Collider 碰撞器组件并勾选 is Trigger 使之成为触发器，如图 4 所示，为所有冲头添加 Box Collider 碰撞器组件和 Rigidbody 组件。当上下模打开，通过鼠标拖拽冲头到机床模具附近，一旦接触模具上添加的 Box Collider 碰撞器组件就会调用 OnTriggerEnter 函数发生触发检测，此时脚本控制冲头迅速装配到模具正确位置。当冲裁结束后，通过脚本控制，冲头在离开模具上添加的 Box Collider 碰撞器时不发生触发检测，冲头回到桌面。

#### 4. 结束语

本文以虚拟现实引擎 Unity3D 为开发平台，构建了具有逼真性、实时性、强交互性的冲压成形虚拟实验系统，模拟了冲压机床的操作过程和虚拟角色的场景漫游过程：

- 1) 采用 UG 对冲压机床及辅助设备进行三维建模，采用贴图材质表现细节，LOD 技术(顶点删除技术、边折叠算法)优化模型，相比于传统几何建模，提高了计算机的实时渲染速度。
- 2) 利用 Unity3D 内置的强大物理引擎，导入角色控制器实现了角色漫游、添加碰撞器组件实现碰撞检测，使得系统具有符合自然规律的强交互功能。
- 3) 根据机械专业实验教学的需求，本系统设计了演示模式、操作模式、认知模式三种功能模式，各种模式侧重点不同，内容丰富，为实验教学提供了一种新手段。





**Figure 4.** The Box Collider component added to puncher  
**图 4.** 为冲床添加的 Box Collider 碰撞器组件

## 基金项目

湖北省教学研究项目(编号: 2015059, 材料热加工成形虚拟实验体系架构设计及实践); 教育部新世纪优秀人才支持计划(NCET-13-0229)。

## 参考文献 (References)

- [1] 曾令菊. 基于 Vrttools 的三维虚拟实验的研究与实现[D]: [硕士学位论文]. 武汉: 华中师范大学, 2011: 12-13.
- [2] Dumitrescu, C., Olteanu, R.L., Gorghiu, L.M., *et al.* (2009) Using Virtual Experiments in the Teaching Process. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, **1**, 776-779. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2009.01.138>
- [3] 朱柱. 基于 Unity3D 的虚拟实验系统设计与应用研究[D]: [硕士学位论文]. 武汉: 华中师范大学, 2012: 12-13.
- [4] Luo, N., Wang, X., Feng, V., *et al.* (2015) Integrated Simulation Platform of Chemical Processes Based on Virtual Reality and Dynamic Model. *Computer Aided Chemical Engineering*, **37**, 581-586.
- [5] Lu, G.P., Xue, G.H. and Chen, Z. (2011) Design and Implementation of Virtual Interactive Scene Based on Unity3D. *Advanced Materials Research*, **317**, 2162-2167. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/AMR.317-319.2162>
- [6] 余华鸿. 虚拟现实技术的应用现状及发展[J]. 今日科苑, 2009(4): 182.
- [7] 周敏, 范冲. 基于 UNITY3D 的虚拟测量实验设计与初步实现[J]. 测绘与空间地理信息, 2016, 39(1): 179-181.
- [8] 骆旭佳. 基于虚拟现实仿真技术的全站仪模拟操作系统的研制[D]: [硕士学位论文]. 合肥: 合肥工业大学, 2010: 7-10.

- [9] 廖敦明, 张兆创, 孙飞, 等. 基于 WebGL 的铸造虚拟实验教学系统的研发[J]. 中国现代教育装备, 2017(5): 4-8.
- [10] 李钦, 戴树岭, 赵永嘉, 等. 分块 LOD 大规模地形实时渲染算法[J]. 计算机辅助设计与图形学学报, 2013, 25(5): 000708-713.
- [11] 闫涛, 姜晓峰. 基于 STL 三角网格模型简化的研究[J]. 计算机工程与设计, 2010, 31(23): 5060-5063.
- [12] 高玉双. 基于边折叠的网格简化算法研究[J]. 电脑与信息技术, 2011, 19(2): 21-23.
- [13] 李绍帅. 交互式三维模型操作研究[D]: [硕士学位论文]. 大连: 大连理工大学, 2009: 10-12.
- [14] 祝敏娇. 基于 Unity3D 的虚拟漫游技术的研究[J]. 硅谷, 2012(20): 77-77.
- [15] 曾林森. 基于 Unity3D 的跨平台虚拟驾驶视景仿真研究[D]: [硕士学位论文]. 长沙: 中南大学, 2013: 55-57.
- [16] 张可超. 船舶压缩空气系统虚拟现实的设计与研究[D]: [硕士学位论文]. 大连: 大连海事大学, 2014: 42-44.

#### 知网检索的两种方式:

1. 打开知网页面 <http://kns.cnki.net/kns/brief/result.aspx?dbPrefix=WWJD>  
下拉列表框选择: [ISSN], 输入期刊 ISSN: 2324-8696, 即可查询
2. 打开知网首页 <http://cnki.net/>  
左侧“国际文献总库”进入, 输入文章标题, 即可查询

投稿请点击: <http://www.hanspub.org/Submission.aspx>  
期刊邮箱: [mos@hanspub.org](mailto:mos@hanspub.org)