

# 混合现实技术支持下三维设计教学系统创新与实践

郭丽峰<sup>1</sup>, 龚心羽<sup>2</sup>, 刘世博<sup>1</sup>, 孔琳<sup>1</sup>, 刘宏新<sup>3\*</sup>, 公维佳<sup>1</sup>, 尚家杰<sup>1</sup>, 刘钊<sup>1</sup>

(1. 东北农业大学工程学院, 黑龙江 哈尔滨 150030; 2. 东北农业大学文理学院, 黑龙江 哈尔滨 150030; 3. 宿迁学院, 宿迁学院, 宿迁 223800)

**摘要:** 在工程教育中, 如何有效传授三维设计技能始终是一项挑战, 尤其是针对机械设计等实践性强的专业课程。为解决传统教学中互动性不足、实践性薄弱等问题, 本研究开发了一套基于混合现实技术 (Mixed Reality, MR) 的三维设计虚拟仿真教学系统。该系统通过将真实物理环境与数字信息相结合, 构建了高度互动和沉浸式的学习环境。系统设计以用户为核心, 注重易用性、交互性和教学适用性, 并集成了碰撞检测、虚拟拆装和触屏交互等关键技术。在三维设计课程的应用中, 系统显著提升了学生的空间感知能力、创新设计能力和学习积极性, 同时帮助教师实现实时监控与精准指导。用户反馈和评估结果表明, 该系统不仅优化了教学流程, 提升了教学效果, 还为高等教育三维设计教学模式的创新提供了重要的理论和实践支持。

**关键词:** 混合现实技术; 三维设计; 教学模式创新; 高等教育

**中图分类号:** S22; G420 **文献标识码:** A **文章编号:**

## Innovation and Practice of 3D Design Teaching System Supported by Mixed Reality Technology

GUO Lifeng<sup>1</sup>, GONG Xinyu<sup>2</sup>, LIU Shibo<sup>1</sup>, KONG Lin<sup>1</sup>, LIU Hongxin<sup>3</sup>, GONG Weijia<sup>1</sup>, SHANG Jiajie<sup>1</sup>, LIU Chai<sup>1</sup>

(1. College of Engineering, Northeast Agricultural University, Harbin Heilongjiang 150030, China; 2. College of Science and Arts, Northeast Agricultural University, Harbin Heilongjiang 150030, China; 3. School of Mechanical and Electrical Engineering, Suqian College, Suqian Jiangsu 223800, China)

**Abstract:** Teaching 3D design skills is a persistent challenge in engineering education, particularly in practice-oriented courses like mechanical design. To address the lack of interactivity and practical engagement in traditional teaching methods, this study developed a virtual simulation teaching system for 3D design based on mixed reality (MR) technology. By integrating real-world physical environments with digital information, the system creates a highly interactive and immersive learning experience. Designed with user-centered principles, the system prioritizes usability, interactivity, and alignment with teaching needs, incorporating features such as collision detection, virtual disassembly, and touch-screen interaction. Applied in the 3D-CAD course, the system significantly enhanced students' spatial perception, innovative design abilities, and learning engagement, while enabling instructors to provide real-time monitoring and targeted guidance. Evaluation results demonstrate that the system not only optimized teaching processes and improved outcomes but also offers valuable theoretical and practical insights for innovating 3D design teaching models in higher education.

**Keywords:** Mixed Reality Technology, 3D Design, Teaching Innovation, Higher Education

## 0 引言

在现代信息化背景下, 教育与信息技术的深度融合成为提升高等教育质量的重要驱动力<sup>[1]</sup>。尤其是在工程教育中, 培养学生的空间认知能力、实践操作能力以及创新设计思维已成为三维设计课程的核心教学目标。如何通过技术手段改进传统教学模式、增强学生的实践能力和创新能力, 是当前研究的重要方向<sup>[2]</sup>。然而, 传统教学模式在理论授课和实践环节中存在诸多不足: 首先, 课堂教学通常依赖于二维图纸和静态模型, 难以直观呈现复杂机械结构的三维空间信息, 导致学生在理解机械零件的装配逻辑和动态运行原理时常感到困难<sup>[3]</sup>。其次, 实践教学受实验设备数量和操作时间的限制, 学生的动手实践机会有限, 且实验过程难以动态模拟多种工作状态。此外, 传统教学模式中教学反馈滞后, 评估手段单一, 难以满足学生个性化学习需求。因此, 传统教学模式的局限性严重制约了三维设计课程的教学效果。为了克服这些局限性, 教育者需要探索新的教学方法

收稿日期: 2025-01-24 修订日期: 2025-03-09

基金项目: 黑龙江省高等教育教学改革项目疫情专项-基于在线资源的混合式课堂教学模式研究与实践 (SJGZ20200025)

作者简介: 郭丽峰, 硕士, 高级工程师, 主要从事数字化与智能化设计、混合式课程建设与教学创新, E-mail: [guolifeng@neau.edu.cn](mailto:guolifeng@neau.edu.cn)

刘宏新, 通信作者, 教授, 博士生导师, 主要从事数字化与智能化设计、混合式课程建设与教学创新, E-mail: [lcc98@163.com](mailto:lcc98@163.com)

和技术,如虚拟现实 (Virtual Reality, VR)、增强现实 (Augmented Reality, AR) 和混合现实 (Mixed Reality, MR) 技术,以提供更沉浸式和互动性的学习体验。这些技术不仅能够提高学生的学习兴趣,还能显著提升他们的实践能力和创新能力。

近年来,虚拟现实 (VR)、增强现实 (AR) 等沉浸式技术在教育领域得到广泛关注,其在高交互性、可视化等方面的优势为工程教育提供了新的解决方案<sup>[4]</sup>。混合现实 (MR) 技术作为虚拟现实技术的一种延伸,将真实环境与虚拟内容无缝融合,通过实时交互为用户提供高度沉浸式的体验<sup>[5],[6]</sup>。已有研究表明,混合现实技术可以显著提升教学内容的表现力,增强学生对抽象知识的直观理解<sup>[7]</sup>。例如,黄任勇<sup>[8]</sup>在机械基础课程中应用增强现实技术,通过虚拟模型演示机械原理,有效改善了学生的学习兴趣 and 知识掌握度。此外,Abdul Aziz 等人<sup>[9]</sup>在阀门装配和维护的教育和培训中应用混合现实技术,通过实时交互的 AR 应用提高了学生的任务完成能力和理解能力。Shah 等人<sup>[10]</sup>的研究强调了将教育理论与虚拟现实技术相结合的重要性,通过 VR 实验室在工程教育中实现问题导向学习、体验式学习、建构主义学习和协作学习,显著提升了学生的学习兴趣、参与度和实际操作能力。贾子熙等人<sup>[11]</sup>开发的基于混合现实技术的虚拟实验系统,使机器人工程专业的学生能够在虚拟环境中进行倒立摆与机械臂控制实验,提高了安全性和自主学习能力,同时降低了实验室建设成本。这些研究表明,尽管技术应用在提升教学效果方面具有巨大潜力,但在三维设计课程中的系统性研究和应用仍需进一步深化。

针对上述问题,本研究聚焦于三维设计课程教学模式的创新,结合混合现实技术的特点<sup>[12]</sup>,提出了支持教学目标实现的创新教学模式,并开发了一套混合现实教学系统,以直角坐标机器人典型案例,进行实践验证。研究的主要创新点包括:基于混合现实技术构建三维设计课程的教学模式,解决传统教学在空间认知和实践能力培养中的不足;开发了一套模块化的混合现实教学系统,集成动态演示、虚拟拆装和实时反馈等功能,为学生提供高效的学习支持;通过实际教学案例验证系统的应用效果,并基于实验数据分析教学模式的改进方向。

1 总体设计方案

1.1 系统设计目标

混合现实教学系统的设计以满足三维设计课程教学需求为核心,具体目标包括:提升空间认知能力,解决传统教学中二维图纸难以传递三维信息的问题;增强实践操作能力,提高学生的动手能力和对机械结构的理解;提供实时学习反馈,帮助学生及时改进,同时为教师提供教学效果评估数据;激发学生学习兴趣,促进自主学习能力的培养。

1.2 系统设计思路

系统设计遵循“教学需求驱动,技术实现支持”的原则,采用模块化设计方法,将教学功能分为多个独立模块。总体设计思路如下:

- 1、模块化架构设计:根据三维设计课程的教学目标,将系统功能分为动态演示模块、虚拟拆装模块、实时反馈模块和多模态知识展示模块,每个模块独立运行,功能协同,系统总体框架如图 1 所示。
- 2、虚实融合环境构建:利用混合现实技术将虚拟三维模型叠加到真实教学环境中,通过实时渲染和空间定位,确保虚拟模型与现实环境的自然融合。
- 3、交互性与个性化结合:系统支持多种交互方式(如手势识别、触控操作),实现学生与虚拟模型的实时互动;同时结合学习数据分析,为学生提供个性化学习建议。
- 4、教学流程嵌入与评估闭环:将系统功能嵌入教学流程中,涵盖课前准备、课堂操作和课后反馈环节,形成教学过程的完整闭环,并通过数据采集与分析实现教学效果的动态评估。

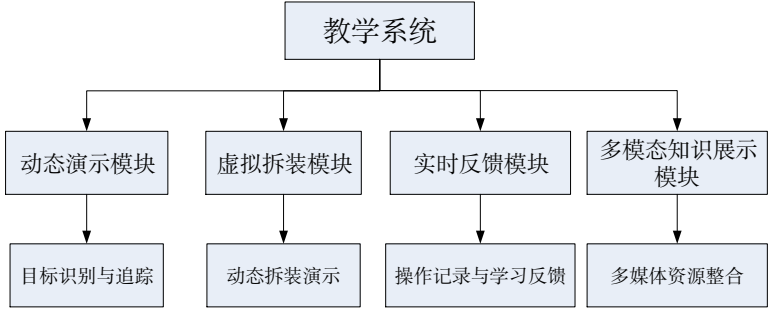


图 1 系统总体框架

Fig.1 Overall system framework

1.3 系统功能模块

混合现实技术系统界面如图 2 所示。系统主要由四个核心功能模块组成，每个模块的设计与教学目标紧密对应<sup>[13]</sup>。



图 2 混合现实技术系统界面  
Fig.2 Mixed reality technology system interface

1.3.1 动态演示模块

该模块通过三维动画展示机械零件的拆装路径、动态运行轨迹及装配关系，帮助学生直观理解复杂机械结构。使用 Unity 3D 设计动画路径并设置关键帧，结合 Vuforia 实现模型与现实环境的同步显示。解决传统教学中空间认知不足的问题，为学生提供动态的知识呈现方式。三维模型交互操作动态演示场景如图 3 所示。



图 3 三维模型交互操作动态演示场景  
Fig.3 3D model interactive operation dynamic demonstration scene

1.3.2 虚拟拆装模块

虚拟拆装模块以三维机械模型的动态拆卸与装配演示为核心，为学生提供了自主探索复杂机械系统的功能。模块设计了两种操作模式：引导模式用于教师课堂演示，自主模式支持学生自由拆装，帮助学生更深刻地理解零件结构及其功能关系。系统通过爆炸拆卸和运动轨迹动画，实现机械模型的精准动态展示。机械零部件的爆炸拆卸展示如图 4 所示。

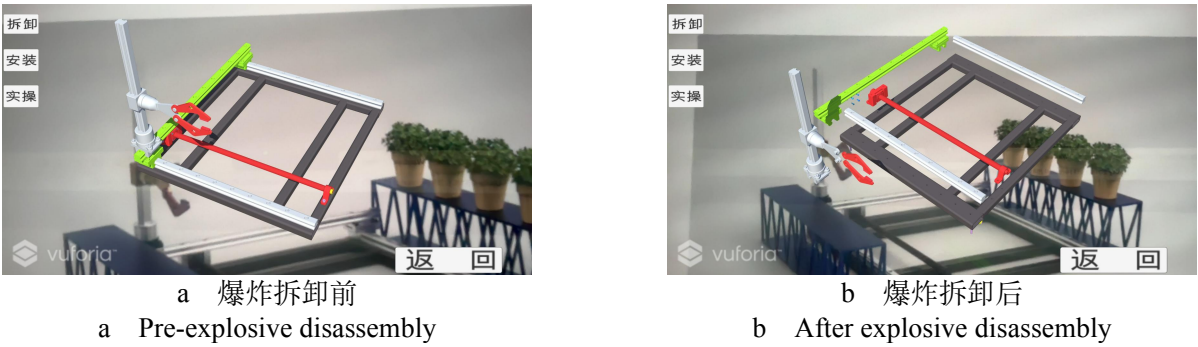


图 4 机械零部件的爆炸分解展示  
Fig.4 Explosive decomposition display of mechanical parts

1.3.3 实时反馈模块

该模块系统记录学生的操作路径、任务完成时间及错误频率，结合分析算法生成学习报告，实时提示错误并提供动画演示，帮助学生了解自己的学习进展，同时为教师提供课堂效果评估和教学改进建议。数据分析导出界面如图 5 所示。



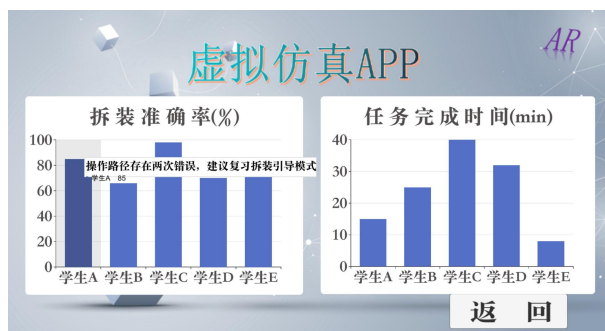


图5 数据分析导出界面

Fig.5 Data analysis export interface

#### 1.3.4 多模态知识展示模块

该模块整合了课程相关的多媒体教学资源,通过学生点击模型的关键部位,触发文字说明、动画演示和语音讲解等内容,为学生提供多样化的信息支持。通过多样化的知识呈现方式,激发学生学习兴趣,提升知识点的理解深度。其中一项静态知识展示界面如图6所示。

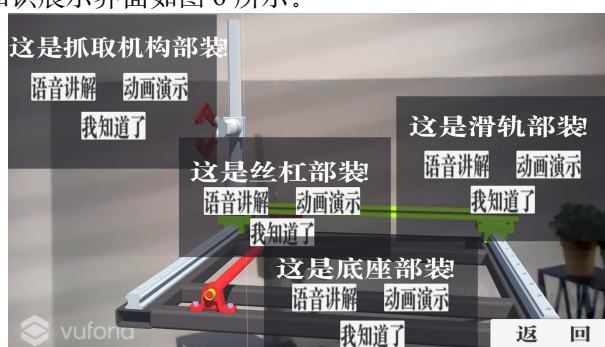


图6 知识展示界面

Fig.6 Knowledge display interface

## 2 技术实现框架与路径

### 2.1 教学系统技术框架

#### 2.1.1 技术框架概述

混合现实三维设计虚拟仿真教学系统技术框架以模块化设计为核心,结合硬件支持、软件平台、功能模块、系统集成和评估优化五个关键层次,通过各部分的协同作用实现系统的稳定运行与创新应用。其目标是提升教学效果、优化学生学习体验,并支持教学实践的实时反馈与调整。教学系统技术框架如图7所示。



图7 教学系统技术框架图

Fig.7 Teaching system technical frame diagram

#### 2.1.2 教学系统作用机理

教学系统技术框架通过分层结构和模块化设计构建,各层之间的相互作用形成完整的功能闭环,从而实现教学内容的高效可视化、动态交互和实时反馈。

硬件支持层作为系统的基础,为教学系统的运行提供物理支持,包括终端设备和传感器,其中终端设备如平板电脑和AR眼镜负责提供交互界面和高分辨率显示功能,传感器如摄像头和陀螺仪则负责环境感知、目标追踪以及手势识别,为混合现实功能的实现奠定了基础。

软件平台层由 Unity 3D、Vuforia 和三维设计软件构成，Unity 3D 负责三维模型的加载、场景渲染和交互逻辑的实现，Vuforia 实现目标识别与增强现实功能，通过实时追踪和虚拟内容的动态叠加提供增强现实体验，而三维设计软件负责机械模型的设计、预处理及创建，包括高精度几何建模、材料属性赋值和零部件分层结构的建立，为后续的交互与仿真提供精准的数据基础。

功能模块层是教学系统的核心，包含动态演示模块、虚拟拆装模块、实时反馈模块和多模态知识展示模块，各模块协同作用满足三维设计课程教学的需求，其中动态演示模块实现对三维模型的灵活操控，虚拟拆装模块通过动态拆卸和装配演示帮助学生理解机械结构，实时反馈模块则通过数据采集与分析生成个性化学习报告并为教师提供教学效果评估支持，多模态知识展示模块通过多媒体内容强化知识点的直观呈现。

系统集成层通过数据共享和逻辑整合，将硬件支持层、软件平台层和功能模块层无缝结合，确保系统的整体功能稳定性与模块协同能力。

评估与优化层在系统运行中持续采集用户数据，通过对用户操作路径、学习效果和教师反馈的分析，不断优化系统功能与界面设计，以实现教学质量的持续提升。

各层之间通过数据流和逻辑控制形成闭环，其中硬件支持层与软件平台层的协作保证了系统功能的基础实现，功能模块层通过核心技术和数据支持完成教学需求，软件平台层中三维设计软件的引入进一步强化了模型设计与仿真的精度与效率，系统集成层整合上下层资源实现整体协同，评估与优化层则通过闭环反馈驱动系统迭代，为教学实践提供强有力的技术支撑和创新模式。

## 2.2 技术实现路径

本系统的技术实现路径以满足三维设计课程教学需求为导向，通过硬件支持、开发环境搭建、核心技术实现等步骤，构建了基于混合现实技术的教学系统。该系统的技术实现包括硬件设备的选型与配置、软件开发平台的搭建以及功能模块的技术细节实现。

### 2.2.1 硬件支持

系统硬件配置为教学系统的技术实现提供了基础保障，选用主流高性能移动设备和传感器，确保系统功能的稳定性与实时性。学生端主要使用带有高分辨率显示屏和多点触控功能的平板电脑，用于展示混合现实教学内容并支持交互操作。教师端配置了多媒体投影设备及触控屏幕，用于课堂演示和教学指导。系统内嵌的陀螺仪、加速度计和摄像头分别用于识别学生手势、追踪设备位置以及进行目标识别，保证虚拟模型与现实场景的动态匹配。

### 2.2.2 开发环境

系统开发基于以下软件平台与工具：

三维设计软件：用于三维模型的设计、预处理及创建。

Unity 3D：作为主要开发平台，用于三维模型的加载、交互逻辑的实现以及动态场景的构建。

Vuforia：用于增强现实功能的实现，支持目标识别、追踪和虚拟内容叠加。

Visual Studio：用于编写系统逻辑和调试 C# 代码。

Blender：用于构建机械设备的高精度三维模型，确保模型的物理真实性和渲染效果。

数据库系统：采用 SQLite 存储学生学习轨迹与评估数据，为教学反馈提供支持。

### 2.2.3 核心技术实现

系统的技术核心体现在以下功能模块的实现上。

#### 1、混合现实场景搭建

混合现实场景的构建基于 Vuforia 平台的目标识别技术与 Unity 3D 的场景渲染功能。通过对图像标记 (Marker) 的实时识别与追踪，将三维模型动态叠加到真实场景中，生成虚拟与现实深度融合的学习环境。场景搭建流程包括：

使用 Vuforia 数据库导入标记物图像，定义目标特征点；在 Unity 中加载机械模型，并设置其位置与标记物关联；应用摄像头捕捉设备姿态变化，实时调整虚拟内容的显示位置和角度。

#### 2、动态演示模块

动态演示操作通过多点触控技术与手势识别功能，为学生提供灵活的模型操作体验。系统捕捉学生的触控或手势操作，将其映射为模型的缩放、旋转或位移动作。以下为触控操作逻辑示例：

##### (1) 平移

属性 speed // 平移速度

属性 scrollSpeed // 鼠标滚轮速度

函数 Update():

如果 单指触摸并移动:

---

计算触摸移动距离  
根据触摸移动平移对象  
如果 鼠标滚轮滚动:  
计算滚轮滚动距离  
根据滚轮输入平移对象

## (2) 缩放

属性 xSpeed // X 轴旋转速度  
属性 ySpeed // Y 轴旋转速度  
属性 xMinLimit // X 轴旋转限制 (最小值)  
属性 xMaxLimit // X 轴旋转限制 (最大值)  
变量 xOriginAngle // X 轴初始角度  
变量 yOriginAngle // Y 轴初始角度  
函数 Start():  
初始化 xOriginAngle 和 yOriginAngle  
函数 Update():  
如果 鼠标左键按下:  
更新 yOriginAngle 和 xOriginAngle  
限制 xOriginAngle  
平滑过渡旋转

## (3) 旋转

变量 oldTouch1 // 上一次触摸 1  
变量 oldTouch2 // 上一次触摸 2  
函数 Update():  
如果 双指触摸:  
获取 新触摸 1 和 新触摸 2  
如果 新触摸 1 或 新触摸 2 开始:  
更新 oldTouch1 和 oldTouch2  
计算 旧距离 和 新距离  
计算 缩放因子  
获取 当前本地缩放  
计算 新缩放  
如果 新缩放 大于 0.3:  
更新 当前本地缩放  
更新 oldTouch1 和 oldTouch2

## 3、虚拟拆装模块

虚拟拆装模块以爆炸分解动画和运动轨迹演示为核心,帮助学生理解机械零件的装配关系。模块通过 Unity Animation 组件实现, 具体步骤如下:

- (1) 导入机械模型, 并按零件划分层级结构。
- (2) 设置每个零件的拆装路径和关键帧动画, 使用线性插值计算零件在运动过程中的位置变化。
- (3) 设计交互逻辑, 实现引导模式和自主模式的切换。引导模式通过固定轨迹动画演示拆装步骤, 自主模式支持学生通过点击操作自由拆装。

## 4、实时反馈模块

实时评估模块记录学生的学习轨迹与操作数据, 包括操作时长、拆装正确率和任务完成时间等。系统通过 Python 脚本对数据进行分析, 生成包含条形图和饼图的学习报告, 用于学生自我反馈和教师教学效果评估。例如: 学生 A: 任务完成时间 15 分钟, 拆装正确率 85%, 操作路径存在两次错误, 建议复习拆装引导模式。

## 5、多模态知识展示模块

该模块通过模型交互事件触发多媒体资源展示, 为学生提供相关知识点支持。系统设计了一个基于 XML 文件的资源管理器, 动态加载文本描述、语音讲解和动画演示等多媒体内容。例如, 学生点击某零件后, 系统弹出零件的功能说明及其工作原理动画, 增强了学习的直观性和趣味性。

### 2.2.4 系统实现流程

系统的实现流程如图 8 所示, 包括以下环节:

- (1) 硬件准备: 选择并配置符合系统需求的终端设备与传感器。
- (2) 软件开发: 基于 Unity 和 Vuforia 实现功能模块, 包括场景搭建、交互逻辑与数据采集。
- (3) 功能集成: 整合各模块功能, 测试系统的稳定性与操作流畅性。

(4) 优化与完善：根据学生和教师反馈，优化系统界面与功能。



图 8 系统实现流程图  
Fig.8 System implementation flow chart

3 应用案例

本部分以直角坐标机器人为教学案例，详细描述混合现实教学系统的应用场景、教学实施流程和实践效果评估，验证系统在提升三维设计课程教学效果中的实际价值。

3.1 案例背景与需求分析

直角坐标机器人因其结构简单、应用广泛，适合作为三维设计课程中的教学案例。然而传统教学方式中，通过二维图纸或静态模型讲解机械本体结构和工作原理的方式，难以满足学生对复杂机械关系的动态理解需求。针对这一问题，本系统基于混合现实技术，设计并搭建了虚拟教学环境，构建了包括混合现实场景搭建、虚拟拆装与交互操作、碰撞检测与反馈机制等核心技术在内的教学系统，为学生提供高沉浸感和高交互性的学习体验<sup>[14]</sup>。

3.2 教学实施流程

3.2.1 课前准备

1、教学资源准备

教师通过混合现实教学系统预加载直角坐标机器人三维模型，包括导轨、滑块和驱动装置的动态运行演示动画及关键知识点标注。

2、学生预习

学生通过教学系统访问三维模型的虚拟场景，了解机器人的基本结构和功能，并完成知识点自测题目。

3.2.2 课堂教学

1、知识点讲解

教师使用混合现实设备（如 AR 眼镜、平板电脑）展示直角坐标机器人各零件的动态运行过程，学生通过观察三维模型直观理解零件间的装配逻辑和工作原理。

2、虚拟拆装任务

学生在虚拟环境中完成零件的拆卸与装配操作。例如，拆卸滑块与导轨，并重新装配至正确位置，系统实时检测学生操作的正确性并提供提示，虚拟拆装流程如图 9 所示。

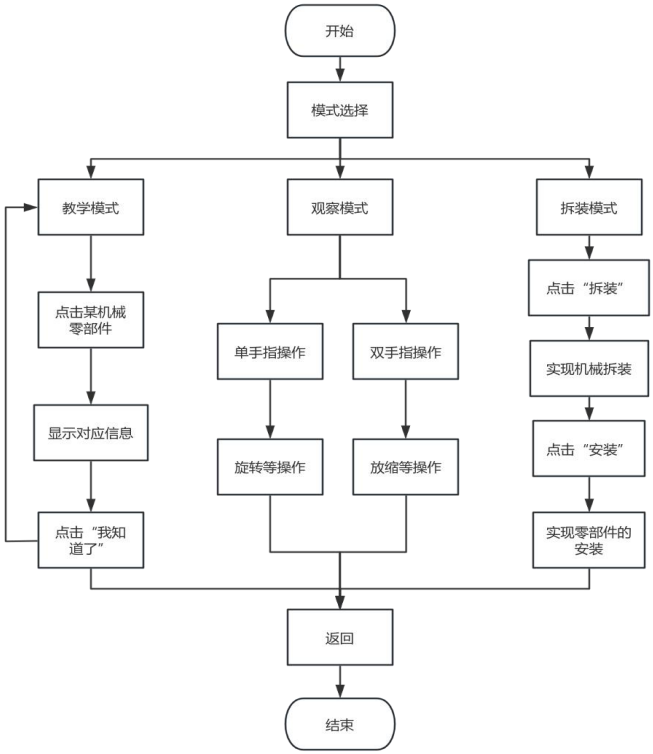


图 9 直角坐标机器人虚拟拆装过程

Fig.9 Virtual disassembly process of cartesian robot

### 3、实时反馈

系统记录学生的操作路径、任务完成时间和错误次数，并生成学习报告。例如，如果学生多次未正确装配滑块，系统将提示装配顺序并提供动画演示。碰撞检测与错误提示界面如图 10 所示。

教师通过系统后台查看学生的操作数据，包括任务完成时间、错误次数等，针对学生常见错误进行集体讲解和个别指导。

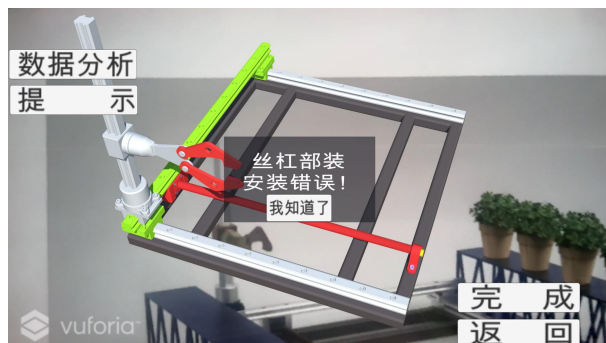


图 10 碰撞检测与错误提示界面

Fig.10 Collision detection and error prompt interface

#### 3.2.3 课后实践

##### 1、自由探索模式

学生可选择自由探索功能，尝试调整机器人参数（如导轨长度、滑块摩擦系数），观察其运行变化。

##### 2、学习评估报告

系统根据学生的操作记录生成个性化学习报告，包括操作路径、任务完成率和改进建议，供学生自我复习和教师教学改进。

## 4 系统功能测试与教学效果评估

### 4.1 系统功能测试

测试内容包括混合现实场景的加载速度、模型交互的流畅性、拆装任务的准确性和反馈机制的可靠性。

测试结果：在高性能平板电脑和 AR 眼镜中，系统的平均帧率达到 60 FPS，拆装过程操作响应时间小于 200ms，反馈提示准确率达 95%。

### 4.2 教学效果评估

为验证系统的教学效果，开展了为期两周的对比实验，实验分为传统教学组（15 人）和混合现实教学组（15 人）。两组学生完成相同的直角坐标机器人课程学习任务，评估指标包括学习兴趣、知识掌握和操作能力。

#### 1、学习兴趣

基于李克特量表，对混合现实组学生满意度进行了全面评估，评估从交互体验、系统设计和用户感知三个维度展开<sup>[15]</sup>。满意度评分采用 0~5 分的分值区间，从“非常不满意”到“非常满意”逐级设定。问卷设计详细内容如表 1 所示。

表 1 用户满意度调查问卷

Tab.1 User satisfaction questionnaire

满意度方面	指标
交互体验	触点可用性、操作易用性、交互自然性、操作舒适度
系统设计	功能实用性、流程合理性、界面美观性、反馈匹配性
用户感知	实验沉浸度、学生接受度

系统满意度评分径向图如图 11 所示。



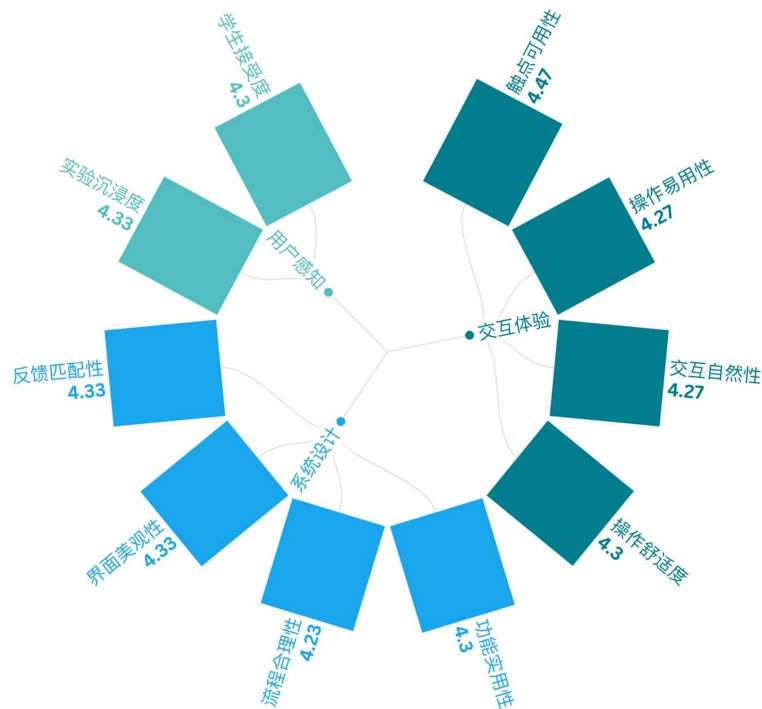


图 11 系统满意度评分径向图

Fig.11 Radial chart of system satisfaction score

## 2、知识掌握

知识点测试结果显示，混合现实组学生的平均成绩为 92 分，而传统组为 78 分。尤其是在空间认知题目上，混合现实组的正确率高达 95%，而传统组仅为 75%。

## 3、操作能力

混合现实组学生在虚拟拆装任务中的操作时间平均为 8 分钟，比传统组减少了 25%；操作错误率降低了 18%。这表明混合现实技术有效提升了学生的实践效率和操作准确性。

## 4.3 系统应用意义

通过教学实践验证，混合现实教学系统在以下方面展现出显著优势。

优化了教学过程：系统的动态演示和实时反馈功能有效解决了传统教学中信息传递不足和操作指导滞后的问题。

提升了学生能力：实验数据表明，混合现实技术显著提高了学生的空间认知能力和实践操作能力。

激发了学习兴趣：沉浸式学习环境和交互操作功能激发了学生的学习积极性和参与度。

该系统的应用范围可扩展至其他机械设计课程和工程教育领域，为工程教育的教学模式改革提供更多可能性。

## 5 总结与结论

本研究面向三维设计课程教学中存在的空间认知不足、实践操作机会有限、学习反馈滞后等问题，提出了基于混合现实技术支持的教学模式创新，并围绕教学系统的设计、开发、应用和实践效果开展了深入研究。研究取得的主要成果包括以下几个方面。

本研究结合混合现实技术的特点，构建了一种融合动态演示、虚拟拆装和实时反馈的三维设计课程教学模式，形成了“虚实结合、多模态呈现、闭环评估”的教学流程，显著提升了学生的学习效果。

本研究开发了一套模块化的混合现实教学系统，包括动态演示模块、虚拟拆装模块、实时反馈模块和多模态知识展示模块。该系统通过虚实结合的教学环境，为学生提供了高沉浸感、高交互性的学习体验，并为教师提供了全面的教学效果评估工具。

在直角坐标机器人案例教学中，混合现实教学系统的应用效果得到了实证验证。实验数据表明，使用该系统的学生在学习兴趣、知识掌握和实践能力方面均显著优于传统教学组。开发的混合现实教学系统不仅满足了三维设计课程的教学需求，还具有良好的适配性和扩展性，适用于其他机械设计、工业自动化等工程类课程的教学改革。系统的模块化设计为进一步推广和应用提供了基础。

综上所述，本研究的教学模式和系统开发经验为工程教育的数字化和智能化转型提供了参考方案，特别是在教育信息化和人工智能技术结合方面具有重要意义。

## 参 考 文 献

- [1] 冯歆然. 信息化技术与高校教学融合的应用模式探究——评《高校信息技术与课程教学融合研究》[J]. 中国高校科技, 2022(10):10007-10007.
- [2] Ma, Xinling. Construction of practical teaching mode of “one core, two wings, two wheel drive” for “new engineering”[J]. Mechanics in Engineering, 2021, 43(02):273-277. DOI:10.6052/1000-0879-20-460.
- [3] 魏曼云. 基于虚拟现实技术的展示空间设计教学创新研究[J]. 现代教育与应用, 2024(08):184-186.
- [4] 陈怡. 数字技术助力大学计算机课程的创新与实践——评《计算机基础教育课程改革与教学优化》[J]. 新闻爱好者, 2021, (05):F0003-F0003.
- [5] 孔玺, 孟祥增, 徐振国, 刘涛, 陈长胜. 混合现实技术及其教育应用现状与展望[J]. 现代远距离教育, 2019, (03):82-89.
- [6] Lampropoulos, Georgios, Kinshuk. Virtual reality and gamification in education: a systematic review[J]. ETR&D-EDUCATIONAL TECHNOLOGY RESEARCH AND DEVELOPMENT, 2024, 72(03):1691-1785. DOI:10.1007/s11423-024-10351-3.
- [7] 刘岩, 康丽, 侯强华, 代国忠. 虚拟现实技术在实践教学课程中的应用[J]. 高 师 理 学 刊, 2023, 43(12):99-101+106. LIU Yan, KANG Li, HOU Qianghua, DAI Guozhong. Application of virtual reality technology in practical teaching course[J]. Journal of Science of Teachers' College and University, 2023, 43(12):99-101+106..
- [8] 黄任勇. AR 增强现实技术及其在教育中的应用研究[J]. 动漫研究, 2020(1):188-190
- [9] Aziz, Faieza Abdul, Alsaheed, Adel S.M.A., Sulaiman, Shamsuddin, et al. Mixed reality improves education and training in assembly processes[J]. Journal of Engineering and Technological Sciences, 2020, 52(04):598-607. DOI:10.5614/j.eng.technol.sci.2020.52.4.10.
- [10] Abbas Shah, Syed Faisal, Mazhar, Tehseen, Shahzad, Tariq, et al. Integrating educational theories with virtual reality: Enhancing engineering education and VR laboratories[J]. Social Sciences and Humanities Open, 2024, 10. DOI:10.1016/j.ssaho.2024.101207.
- [11] 贾子熙, 王帅, 郝一达, 伍一鹤. MR 技术在机器人工程专业实践教学中的应用[J]. 实 验 技 术 与 管 理 , 2020, 37(09):139-142. JIA Zixi, WANG Shuai, HAO Yida, WU Yihe. Application of MR technology in practice teaching of robot engineering[J]. Experimental Technology and Management, 2020, 37(09):139-142.
- [12] 莫丹妮, 韦小铃, 裴慧华, 韦拉, 李美丹, 黄海婷, 辛圣如. 基于 VR 的虚拟课堂教学系统的设计研究[J]. 创新教育研究, 2024, 12(3): 195-200. MO Danni, WEI Xiaoling, PEI Huihua, WEI La, LI Meidan, HUANG Haiting, XIN Shengru. Design and Research of Virtual Classroom Teaching System Based on VR[J]. Creative Education Studies, 2024, 12(3): 195-200.
- [13] 张贝贝. 基于 3DsMax/Unity/Vuforia SDK 的高校三维定位 AR 导览系统设计[J]. 电 子 测 量 技 术, 2021, 44(03):77-82. ZHANG Beibei. Design of university three - dimensional positioning AR navigation system based on 3DsMax/Unity/Vuforia SDK[J]. ELECTRONIC MEASUREMENT TECHNOLOGY, 2021, 44(03):77 - 82.
- [14] 赵水, 吕瑛波, 李祥福, 华泽珍. 机械制图实例教程[M]. 化学工业出版社, 2023: 396.
- [15] 杜欣, 任洋甫, 胥森哲, 王巨宏, 郑宇飞, 张松海. 虚拟现实重定向行走中的场景缩放增益研究[J]. 图学学报, 2025: 1-15. DU Xin, REN Yangfu, XU Senzhe, WANG Juhong, ZHENG Yufei, ZHANG Songhai. Investigation of scene scaling gains in redirected walking within virtual reality[J]. JOURNAL OF GRAPHICS, 2025:1-15.