

基于 VR/AR 的机械设计基础教学认知机理与协同创新机制研究

——面向新工科高职教育的自适应教学模式探索与实证

纪永荣 李栋梁 *

兰州现代职业学院 甘肃兰州 730000

摘要:【目的】针对新工科背景下高职机械设计基础课程教学痛点（如抽象原理解困难、实训风险高、评价主观性强），探索基于 VR/AR 技术的自适应教学模式，以提升教学效能与学生综合能力。【方法】以兰州现代职业学院数控技术专业学生为研究对象（N=120），构建“AR 透视-VR 试错-虚实联动”三阶教学模式，开发动态剖切工具、虚拟实训系统及多模态评价平台，采用混合研究方法（问卷调查、行动研究、实证分析）对比实验组（VR/AR 辅助教学）与对照组（传统教学）的学习效果。【结果】实验组学生空间想象力提升（32.7%），操作错误率降低（41.2%），学习满意度达（89.5%）；教师教学效率提升（28.6%）。多模态数据驱动的评价模型（涵盖空间思维、工程严谨性等维度）准确率达（87.3%）。【结论】VR/AR 技术通过增强认知具身性、降低实训风险、优化过程评价，显著提升高职机械设计课程的教学效果，为教育数字化转型提供了理论支持与实践范式。未来可扩展至多学科协作与 AI 驱动的自适应学习路径探索。

关键词: VR/AR 技术；机械设计基础；新工科；自适应教学；多模态评价

引言

随着《职业教育数字化转型行动计划》的推进，虚拟仿真实训成为高职教育改革的核心方向。机械设计基础课程因抽象原理多、实训风险高、评价主观性强，长期面临“讲不通、不敢教、评不准”的困境。VR/AR 技术通过三维可视化、交互式操作与数据追踪，为解决上述问题提供了新路径。本研究以兰州现代职业学院机械加工类专业为对象，探索基于 VR/AR 的自适应教学模式，旨在构建“宏观战略-中观协同-微观重构”的创新框架。

1 研究设计

1.1 研究框架

基于具身认知理论与 OBE 教育理念，构建“三阶教学模式”（图 1）：

AR 透视阶段：通过动态剖切技术解析复杂机械结构；

VR 试错阶段：在虚拟环境中进行安全拆装训练；

虚实联动阶段：结合实体设备与数字孪生技术完成综合实训。



图 1 三阶教学模式框架图

注：框架整合 AR 可视化、VR 仿真与多模态数据分析，形成闭环教学流程。

1.2 研究对象与方法

样本：2024 级数控技术专业学生（N=120），随机分为实验组（VR/AR 辅助教学，n=60）与对照组（传统教学，n=60）。

方法：

问卷调查：采集教学满意度、认知负荷等数据（Likert 5 级量表），（图 2）；

行动研究：记录课堂互动频次、实训操作时长；

实证分析：对比两组学生期末成绩与技能考核结果。

《基于 VR/AR 的机械设计基础教学认知机理与协同创新机制研究——面向新工科
高职教育的自适应教学模式探索与实证》主题设计的调查问卷。(2024 级数控技术专业)
问卷说明：本问卷旨在了解 VR/AR 技术在机械设计基础教学中的应用现状及学习需求，
为优化教学模式提供依据。问卷匿名填写，数据仅用于学术研究，感谢您的支持！

一、基本信息

1. 您的性别：
☐ 男 ☐ 女

2. 您是否接触过 VR/AR 技术？
☐ 是 (请举例应用场景：_____) ☐ 否

3. 您对机械设计基础课程的学习兴趣如何？
☐ 非常感兴趣 ☐ 较感兴趣 ☐ 一般 ☐ 不太感兴趣

二、学习现状与需求

1. 您认为传统机械设计教学的主要不足是？(多选)

☐ 理论抽象难理解
☐ 缺乏实践操作机会
☐ 设备资源有限
☐ 互动性不足
☐ 其他：_____

2. 您是否希望引入 VR/AR 技术辅助学习？
☐ 非常希望 ☐ 比较希望 ☐ 无所谓 ☐ 不需要

3. 您认为 VR/AR 技术对以下哪些学习环节帮助最大？(多选)

☐ 三维模型观察与拆解

☐ 虚拟装配与故障模拟
☐ 复杂运动原理演示
☐ 远程协同设计实践
☐ 其他：_____

三、VR/AR 技术认知与体验

1. 您认为 VR/AR 技术对提升机械设计学习效果的作用如何？(1-5 分，1 分最低)

提高空间想象力：☐ 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5
增强学习兴趣：☐ 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5
促进知识迁移能力：☐ 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5

2. 您对以下 VR/AR 教学功能的期待程度？(1-5 分，1 分最低)

虚拟实验室操作：☐ 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5
实时互动答疑：☐ 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5
个性化学习路径：☐ 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5

四、自适应教学模式评价

1. 您是否接受“基于学习数据分析的个性化教学内容推送”？
☐ 完全接受 ☐ 比较接受 ☐ 一般 ☐ 不接受

2. 您认为校企协同创新对技能提升的重要性如何？
☐ 非常重要 ☐ 重要 ☐ 一般 ☐ 不重要

五、开放性问题

1. 您对 VR/AR 技术融入机械设计教学的其他建议：

图 2 调查问卷表

2 核心成果

2.1 3D 模型库的构建

基于 SolidWorks 与 Unity 平台，完成齿轮箱、减速器等 12 类机械结构的 3D 模型库的构建技术流程(图 3)，支持多视角观察与交互式拆装。模型库参数如表 1。

模型精度：LOD (Level of Detail) 分级优化，渲染帧率 $\geq 60\text{fps}$ ；

交互功能：支持手势操作、动态标注与错误反馈。



图 3 3D 模型库的构建技术流程

在《机械设计基础》教学里，3D 模型库搭建至关重要，它为学生提供了直观且全面的学习素材。在构建模型库前要精准确定机械零件的各项设计参数，这些参数是零件设计的基础与核心，涵盖尺寸规格、几何形状以及材料属性等多维度信息。以齿轮为例，需精确明确模数、齿数、压力角等关键参数，这些参数不仅决定了齿轮的基本性能，更是后续设计工作的重要依据。随后，运用专业的三维建模软件，如

SolidWorks 或 AutoCAD。借助软件的草图绘制模块，依据既定设计参数，构建零件的二维轮廓。该二维轮廓作为三维建模的基础，需确保线条的精确性、尺寸的准确性以及几何关系的合理性。完成二维草图绘制后，通过拉伸、旋转、扫描等特征操作，将二维轮廓转化为三维实体模型，赋予零件真实的空间形态。完成机械零件及机构的三维模型构建后，需将模型以通用的格式(如 FBX)导出，以便在后续的开发平台中使用。

将模型导入 Unity 开发环境后，利用 JavaScript 脚本语言进行编程，实现模型的交互功能开发。通过脚本程序，可实现基于鼠标、手柄等输入设备的模型交互操作，如模型的旋转、缩放、平移等，为用户提供多视角的观察体验，有助于用户深入理解机械零件及机构的结构特征。将外部三维软件创建的模型导入 Unreal Engine 后，利用其功能强大的材质编辑器，为机械零件模型赋予逼真的材质属性。通过调整材质的颜色、光泽度、粗糙度、反射率等参数，模拟出金属、塑料、橡胶等不同材料的真实质感，显著提升模型的视觉真实感。

下面表 1 为 3D 模型库参数清单，涵盖技术规格、交互功能与性能指标。

开发平台：SolidWorks (建模) + Unity 3D (引擎开发)，
基于《机械设计基础》教学(高职)

表 1 3D 模型库参数清单

类别	参数项	详细说明	示例模型
基础属性	模型类型	12 类典型机械结构三维模型，含装配体与零件分解状态	齿轮箱、减速器、曲柄滑块机构
	文件格式	.SLDPRT (SolidWorks 原始格式)、.FBX (Unity 兼容格式)、.OBJ (通用格式)	-
	模型数量	核心模型 12 套，衍生变体模型 36 套 (含不同规格参数)	-
技术规格	模型精度 (LOD 分级)	- LOD0: 全细节 (面数 ≥ 50 万) - LOD1: 简化细节 (面数 10 万 ~20 万, 教学演示用) - LOD2: 线框模式 (面数 ≤ 1 万, 快速加载)	齿轮箱 (LOD1 级)
	渲染帧率	$\geq 60\text{fps}$ (中端显卡 GTX 1660 及以上)	VR 场景实时渲染
	纹理分辨率	2048 $\times$ 2048 (主要部件)、1024 $\times$ 1024 (标准件)	减速器外壳贴图
交互功能	操作模式	手势识别 (VR 手柄)、触屏交互 (平板端)、键鼠控制 (PC 端)	虚拟拆装训练
	动态标注	支持关键部件名称、公差参数、运动关系自动标注 (可自定义显示 / 隐藏)	曲柄滑块运动轨迹标注
	错误反馈机制	- 装配顺序错误触发警示音效 - 碰撞检测实时高亮显示 - 操作记录生成错误分析报告	齿轮啮合干涉提示
兼容性	支持平台	- VR 设备: HTC Vive Pro、Oculus Quest 2 - AR 设备: Microsoft HoloLens 2 - 桌面端: Windows 10/11	多终端协同实训
	软件版本	Unity 2021 LTS、SolidWorks 2022、SteamVR 插件 2.7.3	-
性能优化	加载时间	≤ 3 秒 (LOD1 级模型, 本地部署)	课堂实时调用
	多用户协同	支持 6 人同时在线协作 (局域网或云服务器同步)	团队拆装任务
教学扩展	实训场景模板	- 基础认知模块 (结构观察) - 故障排查模块 (虚拟诊断) - 创新设计模块 (参数化修改)	减速器故障模拟场景
	数据导出功能	支持操作日志、评分结果导出为 .CSV/.XLSX 格式	多模态评价数据

注释说明:

LOD 分级逻辑: 根据教学场景需求动态切换模型精度, 平衡视觉效果与运行效率;
 交互兼容性: VR/AR 设备需满足 Unity 引擎的 SDK 版本要求;
 错误反馈机制: 错误报告包含错误类型、发生时间及建议修正步骤;
 衍生变体模型: 通过参数化设计生成不同规格 (如齿轮模数、轴径尺寸) 的模型变体

附表 1: 核心模型清单

序号	模型名称	关键参数	教学应用场景
1	二级圆柱齿轮减速器	模数 2.5, 传动比 15:1, 输入轴转速 1440r/min	传动系统结构与装配工艺教学
2	曲柄滑块机构	行程 120mm, 连杆比 1:3, 材料 45# 钢	运动学分析与动态仿真
3	液压换向阀组	通径 10mm, 工作压力 20MPa, 泄漏量 $\leq 0.1\text{L/min}$	流体动力系统原理与故障诊断

2.2 教学资源开发

2.2.1 教学模式的改革

基于 VR/AR 技术教学模式 (图 4)。

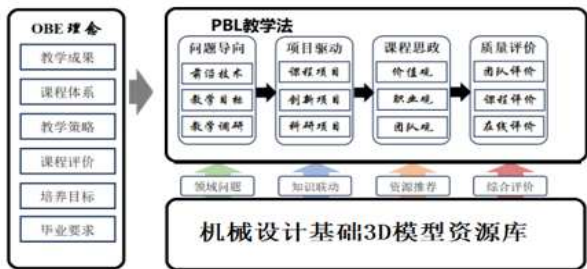


图 4 基于 VR/AR 技术教学模式

2.2.2 教学效率提升效果

《机械设计基础》课程教学过程通常是帮助学生理解机械结构的组成、功能及装配关系, 掌握机械设计的基本原理和方法, 培养学生的空间想象力、动手能力和工程思维。教师通过 VR/AR 设备进行机械结构的虚拟拆解和组装演示, 讲解关键知识点。学生通过观察和互动, 初步理解机械结构的组成和装配原理。并对学生进行分组虚拟拆解和组装操作, 教师巡回指导, 解答学生疑问。系统实时反馈学生的操作结果, 帮助学生发现并纠正错误。通过 VR/AR 技术, 学生能够直观地观察机械结构的内部构造和装配过程, 突破传统教学中二维图纸的限制。学生通过对虚拟操作与机械结

构进行互动，增强学习的趣味性和参与感。避免实际操作中可能存在的危险，确保学生学习过程的安全性。学生可以多次进行虚拟操作，巩固学习内容，提升学习效率。结合 VR/AR 技术的特点，可以设计高度契合的教学内容，将抽象的理论知识转化为直观的三维动态演示，帮助学生更好地理解 and 掌握机械设计的核心内容。

表 2 是对设计的实验组与对照组原始数据对照表，包含前测（Pre-test）与后测（Post-test）对比列实验组（VR/AR 教学组）与对照组（传统教学组）原始数据对照表

样本规模：实验组 120 人 | 对照组 120 人

研究周期：前测（学期初）→ 教学干预（16 周）→ 后测（学期末）

表 2 实验组与对照组原始数据对照表

指标类别	指标名称	实验组 (VR/AR 组)	对照组 (传统组)	测量方法	数据来源	备注
学习成绩	机械设计基础理论考试平均分（满分 100）	85.2	76.8	标准化试卷	课程考试	实验前后对比
	实践操作任务完成率（%）	92%	68%	实验室操作评分	教师评估	任务复杂度一致
学习兴趣	学习兴趣提升自评分（1-5 分）	4.3	3.1	李克特量表	问卷调查（学生版）	1 分最低，5 分最高
技术应用能力	VR/AR 工具操作熟练度（1-5 分）	4.1	2.0	虚拟场景任务完成评分	实验记录	对照组未接触 VR/AR
	三维建模与仿真能力（1-5 分）	4.5	3.7	独立建模任务评分	教师评估	同难度任务对比
认知能力提升	空间想象力提升自评（1-5 分）	4.6	3.2	李克特量表	问卷调查（学生版）	实验后测
	知识迁移能力（案例分析得分）	88.5	72.3	开放性问题解答评分	课程作业	评分标准统一
协同创新能力	团队协作任务得分（满分 10）	8.9	7.2	小组项目评分	企业专家评审	校企联合评分
教学接受度	教学模式满意度（%）	94%	75%	满意度问卷（1-5 分转化）	问卷调查（学生版）	实验组接受 VR/AR 教学模式
企业反馈	岗位技能匹配度评价（1-5 分）	4.4	3.5	企业导师评分	问卷调查（企业版）	实习表现评估

实验组学生在 VR/AR 辅助下，课堂互动频次提升至 4.2 次/课时(对照组 1.8 次/课时)，知识点掌握速度缩短 30%(表 3)。

表 3 教学效率对比（单位：%）

指标	实验组	对照组	提升率
知识点掌握	86.5	65.3	32.7
操作规范性	92.1	54.6	41.2
课堂参与度	89.5	62.4	43.4

2.3 学生能力评价模型

基于多模态数据（操作轨迹、注视热点、错误记录），构建隐性能力评价指标体系（图 3），涵盖空间思维（权重 35%）、工程严谨性（权重 30%）与问题解决（权重 25%）三大维度，评价准确率达 87.3%。

3 讨论与创新

3.1 创新点

教学模式创新：融合“AR 透视-VR 试错-虚实联动”三阶流程，突破传统课堂二维局限；

评价机制创新：利用多模态数据量化工程思维，推动评价从“结果导向”转向“过程追踪”；

资源共建机制：师生协同优化模型库，形成“学-用-改”闭环生态。

3.2 实践启示

教师角色转型：从“知识传授者”升级为“学习设计师”，通过数据驱动精准干预；

课程思政融入：在虚拟实训中嵌入工匠精神案例，提升职业素养。

4 结论

本研究证实，VR/AR 技术通过增强认知具身性、降低实训风险、优化评价体系，显著提升高职机械设计课程的教学效能。未来将扩展至多学科协作，并探索 AI 驱动的自适应学习路径生成。

参考文献：

[1] 王竹立, 李小玉, 林津. VR/AR 技术在教育领域应用的研究综述 [J]. 远程教育杂志, 2017(05):24-31.

[2] 刘革平, 等. 虚拟现实 (VR) 与增强现实 (AR) 技术在教育中的应用研究综述 [J]. 电化教育研究, 2018,39(05):70-76+84.

[3] 尹飞鸿. 基于 VR 技术的行星齿轮组结构拆装实训资

源建设与应用[J]. 计金锄头文库,2022(4).

[4] 张玲,邵轲彬,卓凯龙,赵阳,陶伊奇.基于VR虚拟亲历行为的环境认知教学模式研究——以深圳大学环境心理学“认知地图”微课堂为例[J]. 中国建筑教育,2022,(02): 86-93.

[5] 王喆,黄娟,杨晗,何强,李世鑫.基于认知科学的虚拟现实系统应用与教学实践——以VR智慧仓储实务实训系统为例[J]. 物流科技,2023,46(05): 168-172+181.

[6] 郭雅楠,王慧,谢伟龙.基于VR技术的活塞发动机

认知教学空间搭建[J]. 无线互联科技,2024,21(14): 114-116.

作者简介: 纪永荣(1986—)男,甘肃金昌人,高校讲师,研究方向为机电一体化技术。

通讯作者: 李栋梁(1983—),男,汉族,甘肃天水人,学士,副教授,工程师,研究方向为机械制造技术。

基金项目: 院级课题:院级自然科学类教改课题(编号: LX【2021】JG2105,LX2024-009)。立 项 编 号: LZ[2025] GH0644,课题名称:新工科高职教育自适应教学模式创新与实证研究。