

Research on teaching reform path of engineering drawing and CAD course based on physical teaching

Zaifu Cui

School of Mechanical and Electrical Engineering, Lingnan Normal University, Zhanjiang, Guangdong, 524048, China

Abstract

The traditional teaching model of Engineering Drawing and CAD courses has shown significant shortcomings in cultivating spatial thinking abilities and transforming practical skills. This study focuses on systematic integration and innovative application of physical teaching resources, proposing the construction of a three-dimensional resource system encompassing standardized mechanical part libraries, proportional architectural node models, 3D printing reverse engineering databases, and AR/VR interactive platforms. Implementation approaches include a "physical-projection-CAD" tri-screen interactive teaching method, parametric drawing training, tiered project tasks, and virtual-real integrated practical training. Teaching practice demonstrates that physical instruction significantly enhances students' drawing comprehension, spatial imagination, and engineering literacy, providing a replicable theoretical framework and practical paradigm for curriculum reform.

Keywords

physical teaching; engineering drawing; CAD teaching; teaching reform; practical ability

基于实物教学的工程制图及 CAD 课程教学改革路径研究

崔在甫

岭南师范学院机电工程学院, 中国·广东 湛江 524048

摘要

工程制图及CAD课程的传统教学模式在空间思维能力培养与实践技能转化方面存在显著不足。本研究聚焦实物教学资源系统性整合与应用创新,提出构建涵盖标准化机械零件模型库、等比缩放建筑节点模型、3D打印逆向工程数据库及AR/VR交互平台的立体化资源体系。研究设计“实物-投影-CAD”三屏联动教学法、参数化绘图训练、分级项目任务及虚实结合实训等实施路径。教学实践表明,实物教学显著提升了学生的读图能力、空间想象力及工程实践素养,为课程改革提供了可推广的理论框架与实践范式。

关键词

实物教学; 工程制图; CAD教学; 教学改革; 实践能力

1 引言

工程制图及 CAD 课程是工科人才培养的核心基础课程,其教学效果直接影响学生的工程表达能力与实践创新能力。当前课程教学普遍依赖二维图纸与屏幕演示,抽象的教学内容使学生难以建立直观的空间概念,导致读图困难、建模思维僵化。行业技术发展对人才的实践能力提出更高要求,传统教学模式的局限性日益凸显^[1]。以实物模型为载体的具象化教学方法成为破解上述困境的关键突破口。本研究探索实物教学资源体系构建及其在工程制图与 CAD 课程中的系统化融合路径,旨在提升教学实效性。

【作者简介】崔在甫(1987),男,中国河南许昌人,博士,讲师,从事微纳米耐高温传感器的设计、制造和测试研究。

2 实物教学应用的核心价值

实物教学通过引入真实或高仿真模型,为抽象制图理论提供直观具象的认知锚点。实体模型的可触摸、可拆解特性使学生能够直接感知物体的三维形态、内部结构及零件间的装配逻辑^[2]。该教学方式有效弥合了二维图纸与三维实体之间的认知鸿沟。学生在观察、测量、测绘真实模型的过程中,能够深刻理解投影变换的本质与视图表达的工程意义。实物教学强化了理论知识的具身体验,促进空间思维能力的自然形成。模型的工艺特征展示有助于学生理解设计与制造的关联性。以实物为载体的项目任务能激发学习动机,促进知识向实践能力的主动转化。实物教学为工程制图与 CAD 课程构建了“感知-理解-表达-创造”的完整能力培养链条。

3 实物教学资源体系构建

3.1 典型工程实物模型库建设

3.1.1 机械零件模型标准化设计

标准化机械零件模型库建设是实物教学资源体系的基础支撑。库内模型涵盖常用联接件、传动件、支承件及典型机构总成等核心类别^[3]。模型设计严格遵循国家制图标准与行业通用规范,确保视图表达、尺寸标注、技术要求的示范准确性。模型采用模块化设计理念,基础零件具备可互换性与可重组性。关键结构部位设计为可剖切或透明形式,内部构造与装配关系得以清晰呈现。模型材质选择考虑耐用性与轻便性,常用工程塑料或铝合金能满足频繁教学演示需求。不同复杂度模型的分级配置适应不同教学阶段目标,从基础形体认知到复杂装配体分析形成渐进序列。

3.1.2 建筑结构节点实物等比缩放

建筑结构教学对空间关系与构造逻辑的理解要求极高。建筑结构节点实物模型库聚焦梁柱连接、基础形式、屋架系统、幕墙固定点等关键部位,采用高精度等比缩放技术制作。模型比例选择需兼顾展示清晰度与教学空间限制,常用比例涵盖 1:5 至 1:20 范围。模型材质真实模拟原结构材料特性,如混凝土表面肌理、钢结构焊缝形态、木结构榫卯细节。复杂节点采用分层拆解设计,各构造层可逐级分离与重组,施工工序与受力传递路径得以直观展现。模型配套详细构造图、BIM 模型及施工动画,形成“实物-图纸-数字模型”的多维认知辅助。

3.2 数字化实物资源开发

3.2.1 3D 打印模型逆向工程数据库

3D 打印技术为实物教学资源的快速生成与定制化提供了强大支持。逆向工程数据库建设是核心环节。数据库系统收集典型机械零件、机构总成及建筑节点的实际测绘点云数据或高质量三维扫描数据。数据处理流程包括点云去噪、曲面重构、特征提取与参数化建模,确保数字模型的几何精度与可编辑性。数据库对模型进行结构化分类与元数据标注,包含功能描述、材料属性、工艺特点、相关标准等关键教学信息。该数据库支持按教学需求快速检索并输出适用于教学演示或学生实训的 3D 打印模型文件。学生可通过打印实体模型进行测绘实践,或直接在 CAD 软件中调用、分析与修改数据库模型。

3.2.2 AR/VR 实物场景交互平台

增强现实 (AR) 与虚拟现实 (VR) 技术构建了虚实融合的沉浸式教学环境。AR 实物场景交互平台允许学生通过移动设备或 AR 眼镜扫描实体模型或特定标记图。扫描动作触发虚拟信息在实物模型上的叠加显示,如零件内部结构透视、装配动画演示、尺寸标注动态加载、材料属性说明等。该交互方式丰富了实物观察维度,揭示了不可见的结构与关系。VR 平台则创建了高度仿真的虚拟实训空间。学生可佩戴 VR 设备进入虚拟车间或建筑工地,操作虚拟工具对大型设备或复杂结构进行自由拆解、测量与测绘练习。虚拟环境支持视角自由转换与操作过程回放,突破了物理空间与安全限制。

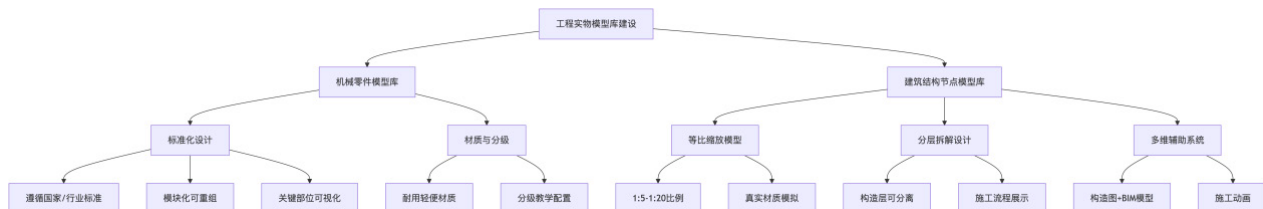


图 1 典型工程实物模型库建设流程图

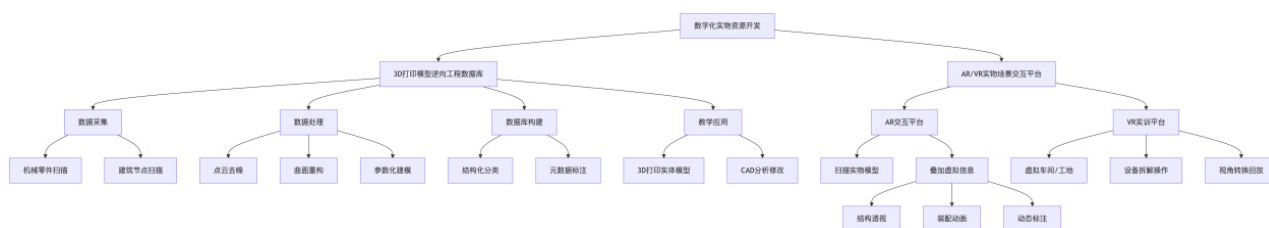


图 2 数字化实物资源开发流程图

4 实物教学实施路径设计

4.1 课堂融合教学模式

4.1.1 “实物-投影-CAD”三屏联动教学法

该教学法在课堂环境中实现实物模型、投影视图与 CAD 软件操作的实时协同与交互验证^[4]。教学场所配备实物操作台、高清实物投影仪及 CAD 教学工作站。教学进程

围绕特定实物模型展开。教师引导学生首先观察、触摸、拆解实体模型,建立直观的三维认知。实物投影仪将模型或其关键细节实时投射到大屏幕,教师同步在投影画面上进行测量、标注,讲解视图形成原理。随后切换至 CAD 软件界面,教师演示如何依据实物或投影视图,运用软件工具进行精确三维建模与标准工程图生成。学生跟随练习环节在操作台、

投影屏幕与个人计算机间切换,不断进行“观察实物-分析视图-操作软件”的循环验证。

4.1.2 基于模型的参数化绘图训练

参数化设计能力是现代工程师的核心素养。训练依托标准化实物模型库展开。教学任务要求学生首先对选定实物模型进行精确测绘,获取关键尺寸数据。学生需分析模型的几何约束与尺寸驱动关系,理解其设计意图。在CAD软件环境中,学生运用参数化建模工具(如约束、方程式、设计表等),基于测绘数据创建完全受控的参数化三维模型。模型修改任一驱动尺寸,相关几何应自动正确更新。完成三维建模后,学生需生成符合标准的工程图纸,确保视图表达、尺寸标注、技术要求与实物一致。

4.2 项目式实践教学体系

4.2.1 分级项目任务设计

项目式教学以实物模型为对象,构建能力递进的任务序列。初级项目聚焦单一零件,任务包括基础测绘、三视图绘制、简单三维建模,目标是掌握基本规范与软件操作。中级项目涉及简单装配体,如螺栓联接组件、齿轮传动机构或小型建筑节点。任务要求包含零件图绘制、装配图表达、公差配合标注、干涉检查及爆炸图生成。高级项目则面向复杂产品或系统,如减速器、小型机械装置或建筑局部模型。任务涵盖全套技术文档制作(零件图、装配图、BOM表)、运动仿真分析、设计优化建议及工艺简图绘制。每个项目均提供对应实物模型供学生反复观察、拆装与测量。

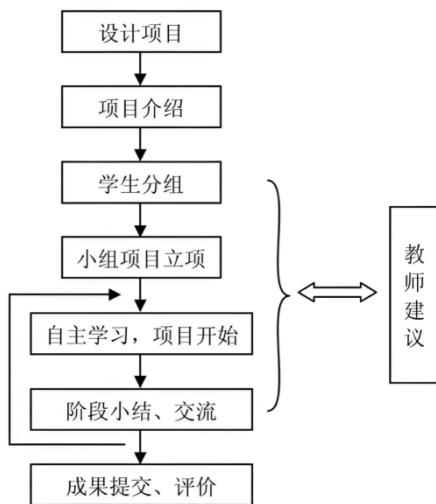


图3 项目式教学流程图

4.2.2 跨学科综合项目开发

复杂工程问题的解决需要跨学科视野。综合项目设计打破课程界限,融合机械、土木、电子等专业元素。典型项目如“智能小屋模型设计与表达”:学生分组合作,基于提供的建筑框架实物模型与电子元件包。任务要求包括建筑结构节点详图绘制(土木制图)、小型升降或转动机构设计与出图(机械制图)、电路布局示意图绘制(电气制图),并

在CAD环境中完成整体BIM模型整合与协调。项目全程依赖实物模型进行结构验证、空间协调与功能测试。教师团队由不同专业背景教师组成,提供跨领域指导。

4.3 虚实结合的混合式教学

4.3.1 实物模型数字化扫描实训

该实训将实物转化为数字模型的技能纳入教学。实训室配备三维扫描仪(接触式/非接触式)及点云处理软件。教学流程始于实物模型的选择与预处理。学生学习扫描仪操作原理、标定方法及扫描策略制定。实际操作环节,学生需完成模型的精准扫描,获取原始点云数据。后续点云处理阶段包括噪声去除、数据精简、多视点云对齐与封装。最终目标是在CAD软件中利用处理后的点云数据,重建精确的参数化或曲面三维模型,并与原始实物进行比对验证。该实训使学生掌握从实物到数字模型的完整逆向工程技术链条,深化对几何形体与数字化表达的理解,为产品检测、修复与再设计打下基础。

4.3.2 云端模型库协同设计平台

基于云的协同设计是未来工程实践的主流模式。教学平台集成云端标准化实物模型库、CAD设计工具与协同功能。学生通过个人账户登录平台,可随时访问海量经过教学化处理的实物模型数字资源。平台支持多用户在线协同设计项目:学生分组领取设计任务,基于选定的云端基础模型,进行远程协作修改、装配设计、图纸绘制与版本管理。协同过程支持实时通信、任务分配、修改痕迹追踪与冲突解决。教师端可实时监控各小组进度,在线审阅图纸并提供反馈。平台记录完整的设计过程数据,便于分析与评价。该模式突破了时空限制,培养学生利用共享资源进行分布式协同设计与表达的能力,无缝衔接未来工程工作方式。

5 总结

以实物模型为核心载体的教学改革为工程制图及CAD课程注入新活力。系统性构建标准化与数字化融合的实物资源体系,创新性实施课堂联动、项目驱动、虚实结合的教学路径,有效破解了传统教学抽象枯燥、脱离实践的痼疾。该改革显著提升了学生的空间认知能力、规范制图技能与工程实践素养,为培养契合产业需求的现代工程技术人才提供了可操作的解决方案。

参考文献

- [1] 邸云菲,陈云,满晓磊.新工科背景下工程制图及CAD(I)课程教学改革[J].黑河学院学报,2025,16(07):103-105+142.
- [2] 徐立丹,张翔宇,李建.新工科背景下“工程制图与CAD基础”课程教学改革探索[J].科技风,2025,(18):111-112+126.
- [3] 陈铁牛,陈海涛,曾文平,等.高职《工程制图与CAD》课程信息化教学的探索[J].模具制造,2025,25(04):67-69+72.
- [4] 丁翠琴,郑志功,刘学平.新工科视域下虚实融合校内实训平台驱动工程制图与CAD课程教学的创新实践[J].化学工程与装备,2025,(02):153-156.