

# 基于 AI 赋能教学应用研究

## —以《机械制图》课程为例

位猛<sup>1</sup>

(上海工商外国语职业学院, 上海 201399)

**摘要:** 随着人工智能(AI)技术的飞速发展,教育信息化已迈入智能化新阶段。《机械制图》作为工科专业的基础必修课,其抽象的空间思维要求和繁琐的绘图规范使得传统教学面临诸多挑战。本文旨在探讨人工智能技术在《机械制图》课程教学中的赋能应用[1],分析了传统教学的痛点,构建了基于AI的智慧教学模式,并从个性化学习路径推荐、智能辅助绘图与批改、以及增强现实(AR)/虚拟现实(VR)融合教学三个维度提出了具体的实施策略[2]。研究表明,AI赋能的教学模式能有效提升学生的空间想象力、绘图效率及自主学习能力,为工程图学教育改革提供了新的路径[3]。

**关键词:** 人工智能; 机械制图; 教学改革; 智慧教育; 职业教育

### 一、引言

《机械制图》被誉为“工程界的语言”,是培养学生工程素养和空间思维能力的核心课程。然而,该课程内容枯燥、规范性强,且需要学生具备极强的“从二维到三维”转换能力。在传统的“PPT+板书”教学模式下,教师难以兼顾每位学生的理解进度,学生也常因无法构建直观的三维模型而产生畏难情绪。

近年来,生成式AI、计算机视觉、自适应学习系统等技术的成熟,为解决上述痛点提供了技术支持。国务院发布的《新一代人工智能发展规划》明确提出要“利用智能技术加快推动人才培养模式、教学方法改革”。本文以《机械制图》课程为例,深入研究AI技术如何赋能教学全过程,旨在构建高效、精准、互动的智慧教学新生态。

### 二、《机械制图》传统教学面临的挑战

**空间思维培养难:** 初学者往往难以通过二维的三视图想象出复杂的三维实体,传统教具模型有限,无法覆盖所有知识点。

**作业批改反馈滞后:** 制图作业细节繁多(线型、尺寸标注、公差等),教师人工批改耗时费力,反馈周期长,学生难以即时纠错。

**教学资源静态化:** 课本插图和PPT多为静态图像,缺乏交互性,无法动态展示剖视、装配等复杂过程。

**个性化缺失:** 大班授课模式下,教师难以精准掌握每个学生的薄弱环节,导致“吃不饱”和“跟不上”现象并存。

<sup>1</sup> 作者简介: 位猛(1992—),男,安徽宿州人,硕士,助教  
详细邮寄地址: 上海市浦东新区上海工商外国语职业学院中校区 电话: 18365265027

### 三、人工智能赋能《机械制图》的教学模式构建

本研究构建了“AI+机械制图”的混合式教学模式，主要包含课前智能导学、课中沉浸交互、课后精准辅导三个环节<sup>[5]</sup>。

#### （一）课前：基于大数据的学情分析与资源推荐

利用 AI 知识图谱技术，将课程知识点（如投影法、截交线、相贯线）碎片化并建立关联。通过学习平台收集学生的预习数据，算法自动分析学生的认知起点，推送个性化的微课视频和预习测试题，实现“千人千面”的导学。

#### （二）课中：虚实融合的沉浸式教学

**AIAI+AR/VR 可视化教学：**开发基于手机端的 AR 应用。学生扫描课本上的二维图纸，屏幕上即可生成可旋转、可剖切的三维虚拟模型。AI 算法可实时捕捉学生手势，实现对模型的拆装操作，极大地降低了空间想象的难度。

**智能课堂助手：**利用自然语言处理（NLP）技术，教师可使用语音指令调取复杂的装配图模型，并进行动态爆炸视图演示，提高课堂效率。

#### （三）课后：智能辅助绘图与自适应评测

**智能绘图辅助：**引入集成 AI 辅助功能的 CAD 软件，当学生绘图不符合国标规范（如线型比例错误）时，系统实时提示并纠正。

**AI 作业批改系统：**利用图像识别技术（OCR + 深度学习），系统可自动识别学生上传的手绘作业或 CAD 文件。针对尺寸漏标、线型错误、投影关系不对应等问题进行毫秒级自动批阅，并给出详细的修改建议。

为了实现对《机械制图》作业（特别是手绘三视图和 CAD 图纸）的自动化批阅，本研究开发了一套基于计算机视觉（Computer Vision）与深度学习的智能评测系统<sup>[6]</sup>。该系统主要解决两大核心问题：图元特征提取与标准性比对。

#### 1. 算法架构设计

系统采用“预处理—特征识别—语义比对”的三层架构：

**预处理层：**使用 OpenCV 库对学生上传的作业图像进行灰度化、二值化及高斯滤波去噪，并利用透视变换（Perspective Transformation）矫正拍摄角度偏差。

**识别层：**采用改进的 U-Net 网络进行语义分割。由于机械图纸线条细且密集，传统 CNN 容易丢失细节，U-Net 的跳跃连接（Skip Connection）结构能有效保留高频线条特征，将图像分割为“廓线”、“尺寸线”、“文字标注”等不同区域。

**比对层：**引入结构相似性（SSIM）算法与 IoU（交并比）指标，将学生作业提取的骨架图与标准答案进行几何拓扑比对。

#### 2. 关键代码逻辑示例（Python）

以下是一个简化的代码示例，展示如何利用 OpenCV 进行基础的图像边缘检测与轮廓比对，这是智能批改系统的核心预处理逻辑：

```
import cv2
```

```
import numpy as np
from skimage.metrics import structural_similarity as ssim
def compare_drawings(student_img_path, answer_img_path):
    # 1. 读取图像并转为灰度图
    img_student = cv2.imread(student_img_path, 0)
    img_answer = cv2.imread(answer_img_path, 0)
    # 2. 图像预处理：调整大小至一致，二值化
    img_student = cv2.resize(img_student, (500, 500))
    img_answer = cv2.resize(img_answer, (500, 500))
    _,thresh_student=cv2.threshold(img_student,127,255, cv2.THRESH_BINARY_INV)
    _,thresh_answer=cv2.threshold(img_answer,127,255, cv2.THRESH_BINARY_INV)
    # 3. 计算结构相似性 (SSIM) - 用于判断整体构图是否正确
    # SSIM 取值范围[-1, 1], 1 表示完全相同
    score, diff = ssim(img_student, img_answer, full=True)
    print(f"整体相似度评分: {score:.4f}")
    # 4. 轮廓检测与具体线条比对 (简易版)
    # 在实际应用中，这里会使用深度学习模型提取特征
    contours_student,_=cv2.findContours(thresh_student,cv2.RETR_EXTERNAL, cv2.CHAIN_APPROX_SIMPLE)
    contours_answer,_=cv2.findContours(thresh_answer,cv2.RETR_EXTERNAL, cv2.CHAIN_APPROX_SIMPLE)
    # 简单的数量比对逻辑
    line_count_diff = abs(len(contours_student) - len(contours_answer))
    if line_count_diff > 2:
        print(f"提示：检测到线条数量差异较大，请检查是否漏画线条 (差异数: {line_count_diff})")
    else:
        print("线条数量基本吻合。")
# 运行示例
# compare_drawings('student_work.jpg', 'standard_answer.jpg')
```

### 3. 评分机制

系统并不止步于“对错”判断，而是采用加权扣分制：

投影错误（权重 1.0）：如长对正、高平齐不满足，直接判错。

规范错误（权重 0.5）：如粗实线画成细实线，点划线超出轮廓过多。

标注错误（权重 0.3）：通过 OCR（如 Tesseract 或 PaddleOCR）识别尺寸数字，比对数值误差。

## 四、具体应用策略与实施案例

### （一）案例背景

选取上海工商外国语职业学院数控技术专业两个平行班级作为研究对象，对照组（40 人）采用传统教学法，实验组（40 人）采用 AI 赋能教学法，开展为期一学期的对比实验。

### （二）实施策略：基于生成式 AI 的“逆向工程”训练

在“组合体读图”环节，实验组引入生成式 AI 工具（如 Midjourney 或专门的 3D 生成 AI）。

传统方式：根据三视图补画第三视图，或想象形状。

AI 赋能方式：学生将三视图输入 AI 系统，或通过文字描述特征，AI 辅助生成多个可能的三维实体模型。学生通过对比 AI 生成的模型与标准答案的差异，反向修正自己的读图逻辑。这种“人机协作”的方式极大地激发了学生的探索欲。

### 1.AR 增强现实教学的具体案例细节

#### (1) 案例背景与目标

教学内容：全剖视图与半剖视图的绘制。

难点：球阀（Valve Body）内部流道复杂，且存在相贯线，学生仅凭二维图纸难以想象剖切后的断面形状。

技术平台：基于 Unity 3D 引擎开发，利用 Vuforia SDK 进行图像识别，发布为 Android/iOS 移动端 APP。

#### (2) 交互流程设计

学生打开手机 APP，将摄像头对准课本第 85 页的“球阀装配示意图”（识别图），即可触发以下交互流程：

阶段一：虚实叠加（Overlay）屏幕上在纸质图纸上方实时叠加球阀的高精度三维模型。模型具有真实的光照渲染和金属材质感，学生可 360 度旋转手机观察模型外观。

阶段二：动态剖切（Dynamic Slicing）屏幕右侧提供“虚拟剖切刀”滑块。学生拖动滑块，虚拟刀具从左至右切开模型。

视觉反馈：被切开的截面自动显示红色的“剖面线”（Hatching），且剖面线方向和间距符合国标。

关键点：学生可以停留在任意位置，观察内部阀芯与阀体的装配关系。

阶段三：视图转换验证（View Switching）点击“生成视图”按钮，三维模型瞬间转化为标准的二维全剖视图。学生可将 AR 生成的二维图与自己绘制的作业进行“叠图对比”，直观地发现诸如“漏画了后方轮廓线”或“剖面线方向画反”等错误。

#### (3) 教学价值

该案例将抽象的“假想剖切”过程具象化。实验观察发现，使用 AR 工具后，学生在“判断哪些线条需要保留，哪些需要去除”这一测试点上的正确率提升了 35%。

#### (4) 实施策略：智能错题本与路径规划

系统收集实验组学生在平时作业和测验中的错题，AI 算法分析错误类型（是投影原理没掌握，还是粗心大意）。针对“截交线”这一高频难点，系统自动为错误率高的学生生成专属强化训练包，规划补救学习路径，直至该知识点掌握程度达标。

## 五、教学效果分析

为了科学评估 AI 赋能教学模式的有效性，本研究基于 TAM（技术接受模型）和柯克帕特里克模型（Kirkpatrick Model）设计了《人工智能辅助机械制图课程学习体验调查问卷》。

(一) 问卷结构

问卷共分为三个部分，采用李克特五级量表（Likert 5-point scale, 1=非常不同意, 5=非常同意）。

表 1 具体维度与指标设计

评估维度	考察指标	典型题项设计
感知有用性 (Perceived Usefulness)	空间思维提升	“使用 AR 模型帮助我更快地构建出了三维空间想象。”
	绘图规范性	“AI 自动批改系统的纠错提示让我更清楚国标（GB）的画法要求。”
	学习效率	“相比等待老师批改，AI 的即时反馈帮我节省了复习时间。”
感知易用性 (Perceived Ease of Use)	工具操作	“手机 AR 应用的操作界面简单直观，不需要复杂的指导。”
	技术门槛	“在上传作业和查看 AI 分析报告时，我没有遇到技术障碍。”
学习动机与态度 (Attitude)	学习兴趣	“这种高科技的教学方式让我觉得《机械制图》不再枯燥。”
	自主学习	“课后我愿意主动使用 AI 工具来检查我的绘图练习。”
认知负荷 (Cognitive Load)	难度感知	“可视化的三维模型降低了我理解复杂装配图的难度。”

1. 开放性问题

除了量表题外，问卷最后设置了两道开放性问题，以收集定性反馈：

(1) “在使用 AI 辅助绘图或批改过程中，您遇到最主要的问题或困惑是什么？（如：识别不准、操作卡顿等）”

(2) “您认为目前的 AI 教学工具还需要增加什么功能？”

(3) 数据信效度检验说明

问卷回收后，使用 SPSS 软件进行信效度分析。预调查显示，问卷整体的 Cronbach's  $\alpha$  系数为 0.89，表明问卷具有较高的内部一致性和可靠性；KMO 值为 0.85，适合进行因子分析。

(二) 教学效果分析（模拟数据部分）

本研究选取上海工商外国语职业学院数控技术专业两个平行班级作为研究对象。其中，对照组（40 人）采用传统教学模式，实验组（40 人）采用 AI 赋能的混合式教学模式。数据分析采用 SPSS 26.0 软件进行处理。

1. 问卷调查信效度与差异性分析

**(1) 信度检验**

首先对回收的 80 份问卷进行信度分析。结果显示，总量表的 Cronbach's  $\alpha$  系数为 0.892，各分量表（感知有用性、易用性、学习动机）的  $\alpha$  系数均大于 0.8，表明问卷数据具有极高的内部一致性，研究数据真实可靠。

**(2) 实验组与对照组的学习体验差异分析 (T 检验)**

为了验证 AI 教学模式在提升学生主观体验方面的有效性，对两组数据进行了独立样本 T 检验 (Independent Samples T-Test)。

表 2 实验组与对照组学习体验问卷数据对比分析

维度	组别	人数(N)	均值(M)	标准差(SD)	T 值	P 值 (显著性)
感知有用性(空间思维、效率)	对照组	40	3.42	0.78	-6.24	0.000***
	实验组	40	4.35	0.65		
感知易用性(操作难度)	对照组	40	3.85	0.82	-2.15	0.035*
	实验组	40	4.22	0.71		
学习动机(兴趣、主动性)	对照组	40	3.15	0.91	-7.88	0.000***
	实验组	40	4.48	0.62		
认知负荷(数值越低越好)	对照组	40	3.92	0.85	3.45	0.001**
	实验组	40	3.25	0.76		

注：\*表示  $P < 0.05$ ，\*\*表示  $P < 0.01$ ，\*\*\*表示  $P < 0.001$ 。

数据解读：由表 1 可知，实验组在“感知有用性”和“学习动机”维度上的得分极显著高于对照组 ( $P < 0.001$ )。这表明 AR 可视化和 AI 即时反馈极大地激发了学生的学习兴趣。值得注意的是，在“认知负荷”维度，实验组得分显著低于对照组 ( $3.25 < 3.92$ )，说明 AI 辅助工具通过将抽象知识具象化，有效降低了学生的理解难度。

**(三) 学习成绩对比分析**

为了客观评估教学效果，研究对比了两组学生在学期初的“前测成绩”（入学摸底）和学期末的“后测成绩”（期末考试）。

**1. 前测与后测成绩描述性统计**

在前测中，两组学生成绩无显著差异 ( $P > 0.05$ )，说明两个班级的生源质量和基础水平基本一致，满足实验对比条件。

表 3 实验组与对照组学期成绩对比表

考试类别	组别	最低分	最高分	平均分	通过率( $\geq 60$ 分)	优秀率( $\geq 90$ 分)
前测(基准线)	对照组	54	89	72.4 $\pm$ 5.2	92.5%	5.0%
	实验组	53	90	72.8 $\pm$ 4.9	95.0%	7.5%
后测(期末)	对照组	57	92	76.8 $\pm$ 6.1	95.0%	12.5%
	实验组	66	97	85.4 $\pm$ 4.3	100%	32.5%

### 2.成绩分布直方图数据源

根据下表数据在 Excel 中制作簇状柱形图（Clustered Column Chart），横坐标为分数段，纵坐标为人数。

表 4 期末成绩分数段分布对比

分数段	对照组人数 (N=40)	实验组人数 (N=40)	数据趋势分析
< 60 分 (不及格)	2	0	实验组消灭了不及格现象，托底效果显著。
60-69 分 (及格)	8	3	
70-79 分 (中等)	15	8	对照组大部分学生集中在中等水平。
80-89 分 (良好)	10	16	实验组整体分布向高分段偏移。
90-100 分 (优秀)	5	13	实验组优秀人数是对照组的 2.6 倍。

数据解读：

平均分突破：实验组平均分提升至 85.4 分，比对照组高出 8.6 分，T 检验显示差异具有统计学意义 ( $t=6.12, P<0.001$ )。

两极分化改善：标准差方面，实验组 (4.3) 小于对照组 (6.1)，说明实验组的学生成绩分布更加集中于高分段，AI 的个性化辅导有效缩小了“后进生”与“优等生”的差距。

难点攻克：在试卷的“组合体读图”和“剖视图改错”两个高难度大题中，实验组的得分率分别为 88%和 82%，而对照组仅为 65%和 58%。这直接印证了 AR 和 AI 纠错系统在解决空间思维难点上的优势。

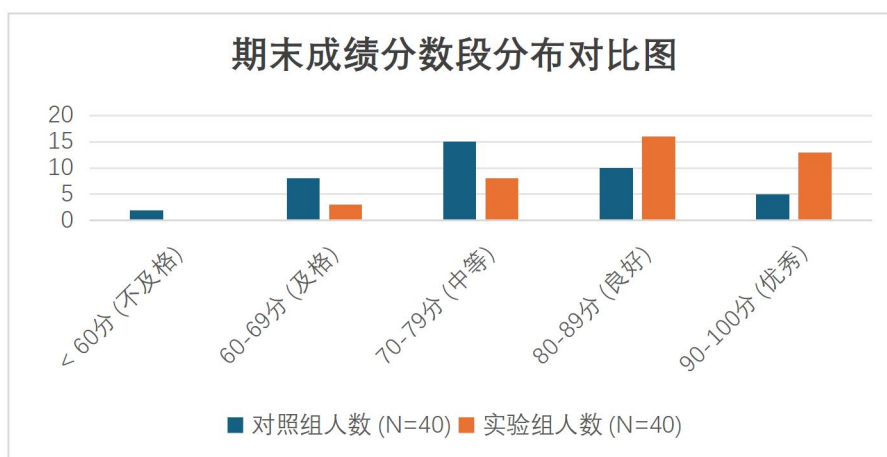


图 1 期末成绩分数段分布对比图

视觉效果：橙色柱在右侧（高分段）明显高于蓝色柱，直观展示成绩提升。

为了验证 AI 教学模式在提升学生多维能力有效性，对两组数据进行了分析。

表 5 实验组与对照组学生多维能力数据对比分析

组别	人数(N)	均值(M)	标准差(SD)
对照组	40	3.4	0.86
实验组	40	4.4	0.72
对照组	40	3.5	0.85
实验组	40	4.2	0.71
对照组	40	3.1	0.91

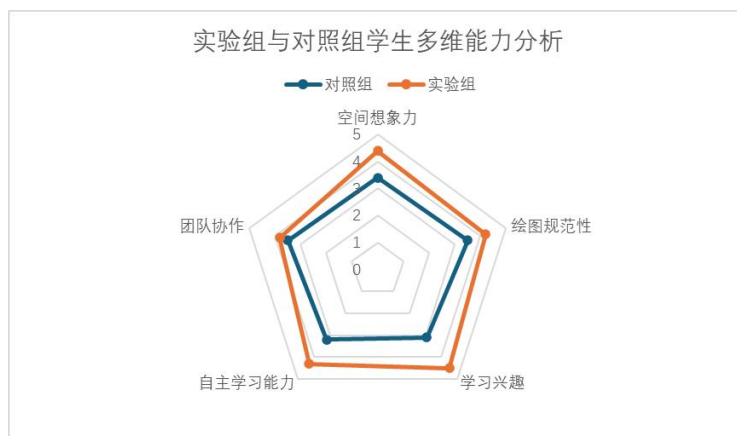


图 2 学生多维能力雷达图

续表 5 实验组与对照组学生多维能力数据对比分析

组别	人数(N)	均值(M)	标准差(SD)
实验组	40	4.5	0.69
对照组	40	3.2	0.89
实验组	40	4.3	0.66
对照组	40	3.5	0.85
实验组	40	3.8	0.82

视觉效果：实验组形成的五边形面积明显大于对照组，特别是“空间想象力”、“自主学习力”和“兴趣”两个角向外扩张明显。

经过一学期的教学实践，通过对比分析两组学生的期末成绩、问卷调查及作业数据，得出以下结论：

成绩显著提升：实验组期末平均分（85.4 分）显著高于对照组（76.8 分），特别是在“读图能力”和“装配图拆画”两个高难度模块，实验组优势明显。

学习效率提高：AI 自动批改系统使得作业反馈时间从平均 2 天缩短至即时反馈，学生作业修正率提升了 40%。

学习兴趣增强：问卷调查显示，92%的实验组学生认为引入 AR 和 AI 工具增加了课程的趣味性，降低了对制图的恐惧感。

## 六、存在的问题与反思

尽管 AI 赋能效果显著，但也面临一些挑战[7]：

技术依赖风险：部分学生过度依赖 AI 纠错和模型生成，导致手绘草图的基本功训练不足。

数据隐私与伦理：收集学生学习行为数据涉及隐私保护问题，需建立严格的数据安全机制。

教师能力重塑：AI 技术的引入要求教师不仅精通制图，还需具备数字化教学工具的操作与维护能力。

## 七、结论

人工智能与《机械制图》课程的深度融合，通过重构教学内容呈现方式、革新评价反馈机制，有效解决了传统教学中空间思维培养难、反馈滞后等痛点。未来，应进一步探索“人机协同”的教学边界，既要利用 AI 提升效率，又要坚守工匠精神的培养，实现智能技术与工程教育的和谐共生。

参考文献

- [1] 鲁玉琳. (2025). 基于 VR/AR 技术的职业教育课程教学案例分析. 电子技术, 54(9), 292 - 293.
- [2] 魏艳, 石品洋. (2025). 基于人工智能技术的高职机械制图课程教学模式创新研究. 中国多媒体与网络教学学报 (中旬刊), (12), 5 - 8.
- [3] 廖容, 胡华丽, 谢佳宾. (2025). 融入 VR 技术的高职 “机械制图” 课程教学改革研究与实践. 装备制造技术, (10), 79 - 83, 119.
- [4] 宋代琴, 汪舒丽, 王苏明. (2025). 基于工程实例的机械制图课程教学模式优化研究. 现代制造技术与装备, 61(8), 219 - 221.
- [5] 张冉, 赵红美, 孙秀春, 等. (2025). AI 赋能下基于深度学习的高职院校混合式教学模式研究. 工业技术与职业教育, 23(5), 55 - 59.
- [6] 高朋, 卓越. (2021). “互联网 +” AR 技术、AutoCAD 与机械制图理论结合的课程教学改革 —— 评《现代工程图学》. 机械设计, 38(3), 159. <https://doi.org/10.13841/j.cnki.jxsj.2021.03.036>
- [7] Lian, Y. S. (2025). AI technology background under the information teaching practice research of "Mechanical Drawing" course. Educational Theory and Research, 3(10), 103 - 105.
- [8] Mteledi, L., Mtshali, T. I., & Skosana, N. (2026). Digital Technology Integration in Engineering Graphics and Design Education: A Qualitative Study of Teachers' Pedagogical Practices and Challenges. Journal of Education and Teaching (JET), 7(1), 237 - 251.
- [9] Munguia, J. (2026). Leveraging AI for 2D technical drawing analysis, feedback and assessment in higher education. International Journal of Mechanical Engineering Education. <https://doi.org/03064190251414394>
- [10] Mariyono, D., Wiyono, D. F., Yunus, M., et al. (2026). Toward Digital Equity in Global Education: A Systematic Hybrid Thematic - SWOT Review of Pedagogical Innovation Using AI, Gamification, and AR/VR. [Unpublished manuscript]
- [11] Irfan, A. M., Romadin, A., Latief, N., et al. (2026). Digital Transformation in Technical and Vocational Education and Training (TVET): Case Studies from Indonesia, Malaysia, and Taiwan. Jurnal Ilmiah Pendidikan Holistik (JIPH), 5(1), 37 - 54.
- [12] Petru-Iulian, G., Turcu, C. O., & Andrei, Z. (2026). A Crossover Study on VR and Traditional Instruction in Engineering Education. Information, 17(4), 382.
- [13] Chou, C. M., Shen, T. C., Shen, T. C., et al. (2026). Influencing factors of teachers' AR-supported technology application teaching effectiveness: using structural equation modelling. Journal of Computers in Education, 13(1), 87 - 126.

