

基于三阶递进、项目引领模式的机械制图课程教学改革研究

绳晓玲*, 田凤奇, 宋立琴, 朱晓光, 花广如

华北电力大学(保定)机械工程系工程制图教研室, 河北 保定

收稿日期: 2025年11月12日; 录用日期: 2025年12月16日; 发布日期: 2025年12月25日

摘要

机械制图是工科各专业的一门基础课程, 是后续专业课程学习的基础。针对机械制图课程中学生空间思维能力构建缓慢、复杂工程图样解析能力不足等核心问题, 本研究构建了“感性到理性再到创造性”的三阶递进式空间思维训练体系, 并推行“项目引领、案例支撑”的沉浸式图样解析教学法。通过教学实践, 学生的空间想象力、装配图绘制能力、综合创新能力和工程素养显著提升, 课程教学质量也得到了明显的改善。

关键词

机械制图, 三阶递进, 空间思维, 工程素养

Research on the Reform of Mechanical Drawing Teaching Based on the Three-Level Progressive and Project-Led Model

Xiaoling Sheng*, Fengqi Tian, Liqin Song, Xiaoguang Zhu, Guangru Hua

Department of Engineering Drawing, School of Mechanical Engineering, North China Electric Power University (Baoding), Baoding Hebei

Received: November 12, 2025; accepted: December 16, 2025; published: December 25, 2025

Abstract

Mechanical drawing is a fundamental course for all engineering majors and serves as the foundation

*通讯作者。

文章引用: 绳晓玲, 田凤奇, 宋立琴, 朱晓光, 花广如. 基于三阶递进、项目引领模式的机械制图课程教学改革研究[J]. 创新教育研究, 2025, 13(12): 717-725. DOI: 10.12677/ces.2025.13121013

for subsequent professional courses. To address the core issues of students' slow development of spatial thinking skills and insufficient ability to analyze complex engineering drawings in the Mechanical Drawing course, this study developed a three-stage progressive spatial thinking training system moving from "perceptual understanding to rational comprehension, and finally to creative output". Furthermore, an immersive drawing analysis teaching method guided by "project leadership and case support" was implemented. Teaching practice demonstrates that this approach has significantly enhanced students' spatial imagination, assembly drawing proficiency, and comprehensive innovation capabilities, leading to a qualitative leap in course teaching quality.

Keywords

Mechanical Drawing, Three-Stage Progression, Spatial Visualization, Engineering Literacy

Copyright © 2025 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

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



Open Access

1. 引言

工程制图于 20 世纪 50 年代引入我国[1], 随着科学技术的发展, 在新一轮科技革命中, 新型工科专业是对传统工科专业内涵的拓展和深化, 要求高校人才培养方向必须以工程实际为导向, 注重高等教育的学科融合及工程应用[2]。因此近年来, 工程制图课程也在不断地进行教学改革以适应学科专业的要求, 其中主要包括基于成果导向教育 OBE (Outcome-Based Education)理念的混合教学模式探讨[3] [4]、基于 BOPPPS 模型(导入(Bridge-in)、目标(Objective)、前测(Pre-assessment)、参与式学习(Participatory Learning)、后测(Post-assessment)、总结(Summary))的教学模式研究[5]、基于问题导向的 PBL (Problem/Project-Based Learning, PBL)的教学改革研究[6] [7]、引入 AI 智能化工具 ChatGPT 等先进技术[8]的改革探究等。另外, 文献[9]和文献[10]还构建了基于 CDIO (Conceive 构思、Design 设计、Implement 实现、Operate 运作)模式的混合式教学模式, 获得了不错的教学效果。

《机械制图》是我校机械工程专业、智能制造工程和工业工程专业必修的一门专业基础课, 旨在培养学生掌握机械工程图样的绘制、识读能力以及空间形象思维能力, 是连接基础理论与工程实践的重要桥梁, 其教学效果直接影响学生后续专业课程学习与工程实践能力[1] [2]。

我校制图课程虽然也历经了不少变革, 但教学过程中仍有不少问题。在之前的传统教学中存在两大突出问题: 空间形象思维与投影转换能力构建缓慢, 以及复杂工程图样的综合解析与表达效能不足。借鉴先进的教育学理念和成功经验, 结合我校的实际情况, 课程团队开展了系统化教学改革, 构建了三阶递进式训练体系与项目引领式教学模式, 取得了一定成效。

2. 真实问题分析

机械制图课程安排在大一学年, 分上下两学期。大一学生思维活跃, 接受新知识、新思想的速度很快, 可塑性极强, 通过多年的学习他们已经建立了很好的逻辑思维和辩证思维等能力, 但是空间形象思维能力因人而异, 并且多数人较为薄弱。除此之外工程实践经验缺乏, 对复杂机件的识读和绘制能力薄弱。

2.1. 空间形象思维与投影转换能力构建缓慢

机械制图课程对空间形象思维能力要求较高[3], 但对于空间想象力较弱的学生难以将二维平面图形

与三维空间实体进行高效、准确的相互转换。这一核心能力的缺失，成为制约其掌握后续知识的瓶颈，导致课程前期挫败感强烈。

2.2. 复杂工程图样的综合解析与表达效能不足

面对包含大量工艺信息、装配关系和公差配合的零件图与装配图，学生普遍存在“读不懂、画不出、析不透”的困境。其知识应用能力停留在简单模仿层面，难以应对综合性、设计性的工程实际问题。表现在实际教学中，则是学生绘制零件图和装配图的时间较长，学生普遍反映绘图较困难，另外期末考试时阅读装配图部分的考试成绩也较低。

3. 改革途径与措施

针对上述问题和学情，结合建构主义理论，成果导向教育和情景学习理论[4]，形成了如下图 1 所示的创新改革途径和举措。主要包括构建三维递进式的空间思维训练体系、项目引领和案例支撑沉浸式图样解析教学法以及基础课与专业课程融合教学模式。

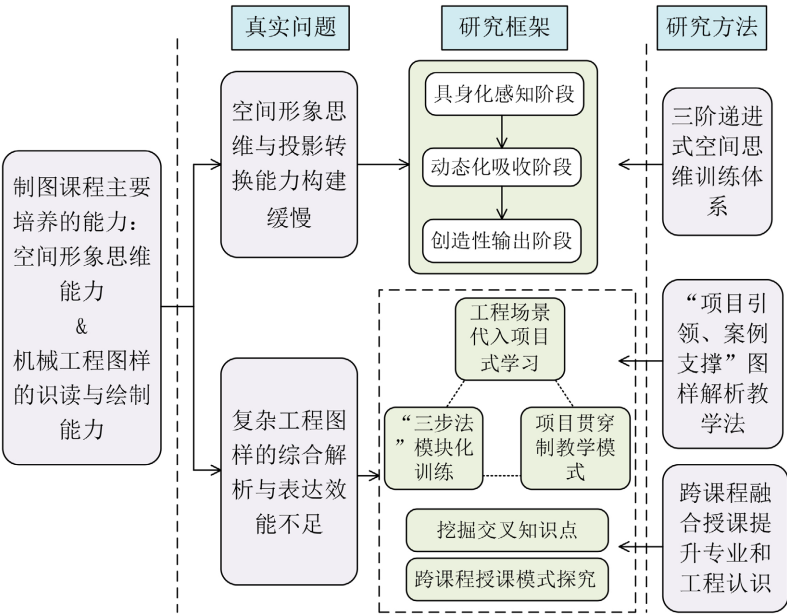


Figure 1. Approaches and measures
图 1. 途径与措施

3.1. 构建三阶递进式空间思维训练体系

建构主义理论认为，知识不是被动接收的，而是学习者在与环境的交互中主动建构的[3]。基于该理念设计了具身化感知(感性)、动态化吸收(理性)和创造性输出(创造性)三阶递进式的空间思维训练体系，具体如下：

3.1.1. 具身化感知阶段

(1) 增加三维建模实践环节

课程体系进行了部分调整，主要是将三维建模软件的学习提前。在之前的教学中，三维建模软件是安排在第二学期，调整后三维建模软件安排在第一学期第六章后，主要讲授基本的三维建模功能。三维建模软件的其他功能则还安排在第二学期。

引入三维建模软件(SolidWorks/Creo)与实物模型库同步教学,让学生先从三维建模“搭积木”开始,软件即时生成的二维工程图,能直观揭示“三维-二维”的投影规律,化抽象为具体。除此之外利用软件的动态剖切、爆炸视图和干涉检查功能,将零件内部结构、装配体动态拆解过程可视化,帮助学生理解复杂空间关系。

(2) 实操演练与及时巩固

实操教学法,不同于实物教学法,它是指在教学过程中,为学生提供的一种易切割的材料,包括生活用品、塑料泡沫模具等,如图2所示,学生将自己想象不出的图纸结构,利用刀具把模具切割成图纸的立体结构。通过手工操作,帮助学生建立二维视图于三维模型空间的联系,帮助同学想象出图纸上的结构,还有助于提升学生的专注力和学习兴趣,帮助学生克服畏难情绪,建立学习的信心。



Figure 2. Practical operation of daily necessities and foam
图2. 生活物品以及泡沫进行实操

3.1.2. 动态化吸收阶段

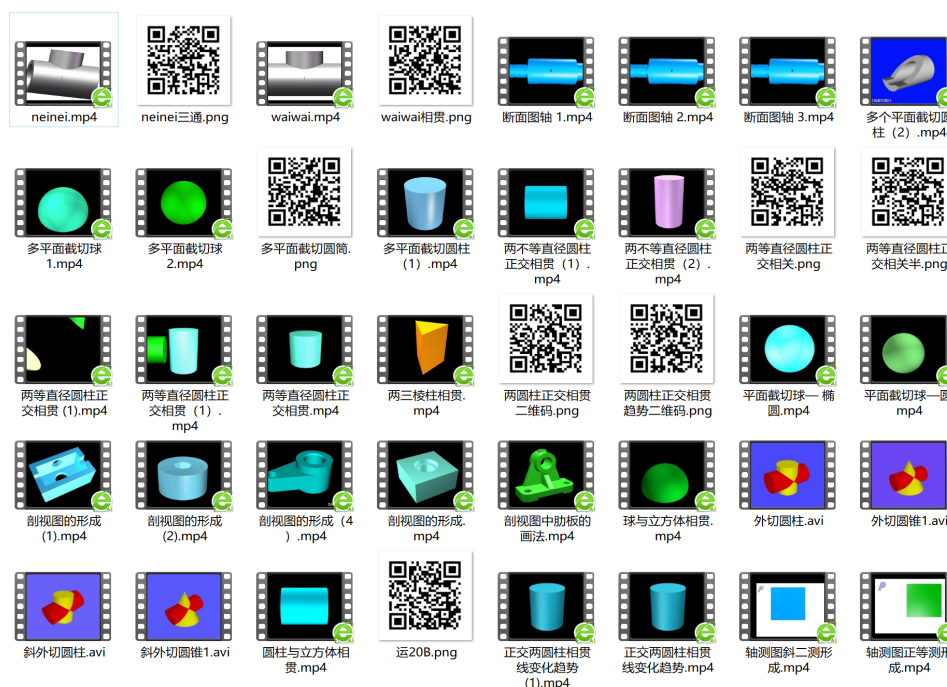


Figure 3. Animation library and QR code (Part)
图3. 动画库和二维码(部分)

(1) 利用多平台资源开展学习

基于智慧教学平台(超星学习通、课堂派),搭建课程资源库,包含慕课、微课视频、在线测试等资源。采用“线上预习-线下研讨-线上巩固”的混合式教学模式,提升学习效果。

(2) 自建模型库以及二维码

开发了重难点知识相关的动画库及其二维码,如图3所示,课中和课后可以通过扫码来观看立体动画,观察其内外结构。同时针对课后习题,制作了习题册中题目对应的立体模型。

(3) 引入虚拟仿真技术

利用虚拟仿真平台,将抽象的投影原理、复杂机械结构以三维动态模型呈现,学生可360°观察零件内部结构,增强空间认知能力。例如,在讲解剖视图、切割型组合体时,利用虚拟仿真技术实现实体模型、切割成型过程与剖视图的实时切换,直观展示剖切过程。学生还可以在平台进行操作完成相应练习作业。

3.1.3. 创造性输出阶段

(1) 布置“反求设计”任务

反求设计可以是给定二维图纸,要求学生构建三维模型(三维建模或者手绘轴测图)并完成简单改进;或给定实物零件,要求学生完成测绘并出具规范图纸,选择自主表达方案、主视图等,并撰写说明书阐述思路和意图,实现“读图”到“造物”的完整闭环。

(2) 设置开放性图纸设计题目

以换面法这一知识点为例,创设了开放性题目,设计换面法演示装置,体现新旧和不变投影面的关系。同学们在上课时设计的换面装置虽然简单,但也体现了一定的创新思维,还有同学在后续的比赛或者毕业设计中将初期的设计进行了进一步的完善。下图4所示为学生在毕设中进一步设计完善的换面法演示装置。

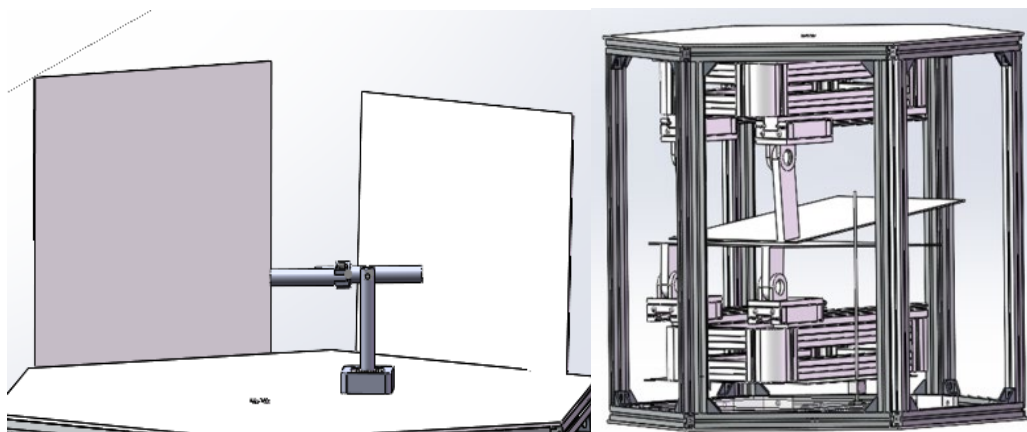


Figure 4. The device for planar transformation designed by the students (the initial version and the subsequent improved version)

图4. 学生设计的换面法装置(初版和后续改进版)

3.2. 推行“项目引领、案例支撑”的沉浸式图样解析教学法

情境学习理论与成果导向教育 OBE 强调,学习应置于真实、复杂的情境中,并聚焦于最终的学习成果产出[2]。具体措施和途径见下图5,主要包括真实工程案例驱动的项目式学习、装配图绘制“三步法”模块化训练、项目贯穿制教学模式探究。

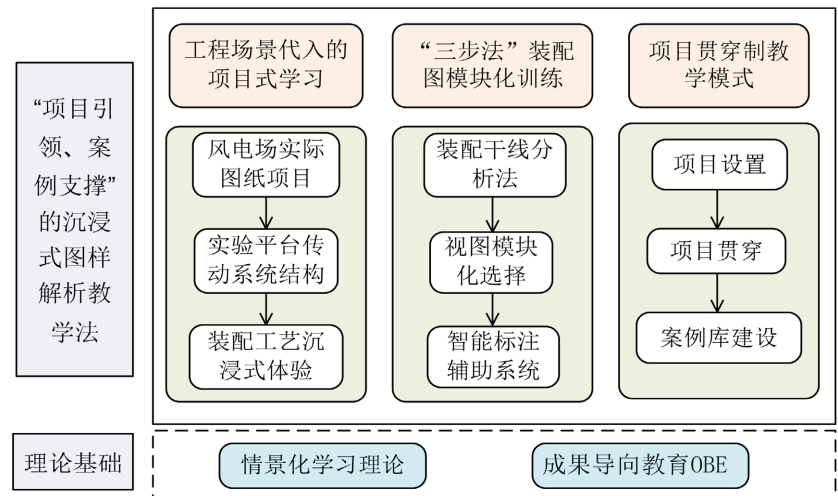


Figure 5. Project-led immersive pattern analysis teaching method
图 5. 项目引领式沉浸式图样解析教学法

3.2.1. “工程场景代入 + 模块化拆解”装配图创新教学法

(1) 真实工程案例驱动的项目式学习

开展校企合作以及企业级项目引入,与某风电场合作,选取某风电机组齿轮箱、主轴系等真实图纸,拆解为“零件测绘→装配关系分析→视图方案设计→装配图绘制→尺寸标注与技术要求制定”5个任务模块,要求学生分组完成。

除此之外,以我校实验室的风电机组性能测试与故障模拟平台上的装备为例(该平台为课题组自主设计研发的实验平台,设计过程中有不少的学生参与),开展传动系统齿轮箱设计、发电机轴系设计以及结构改进,使学生在掌握装配图绘制相关知识的同时,也了解了风力发电机组及实验台的搭建,提升学习兴趣的同时,还拓展了知识和视野。

装配工艺沉浸式体验:在实验室搭建“微型装配生产线”,学生使用扳手、百分表等工具实际装配“齿轮-轴-轴承”组件,记录装配顺序、配合公差和调整方法,反推装配图的表达重点。

(2) 装配图绘制“三步法”模块化训练

首先确定装配体的功能分析定框架,引导学生用“装配干线分析法”拆解部件,例如减速器以“齿轮轴→轴承→箱体”为主干线,明确动力传递路径,避免盲目绘图。

然后将视图选择模块化,归纳常见装配结构的视图表达模板(如螺栓连接用局部剖、齿轮啮合用规定画法),制作“视图选择速查表”,降低认知负荷。

最后,采用智能标注辅助系统,开发 AutoCAD 插件,输入装配尺寸链参数后自动生成配合公差标注、序号引线和明细栏,让学生聚焦结构表达核心问题。

3.2.2. 项目贯穿制教学模式探究

(1) 项目设置与贯穿

以一个小型产品的组成部件及装配体为例作为核心教学项目。课程知识点的学习围绕该项目的零件建模、装配、出图、标注展开。目前教学中采用的产品模型主要包括齿轮泵、汽轮发电机组的转子和轴承系统等模型等。

(2) 案例库建设

建立企业真实图纸案例库,按难度分级。引导学生以小组形式,对图纸中的每一处标注(如尺寸公差、

形位公差、表面粗糙度)进行“为什么这么标”的讨论，撰写分析报告，培养其工程规范意识和技术决策能力。

3.3. 开展基础课与专业课程的融合教学

制图课程是我校很多专业的基础课程，并与很多专业核心课程或专业实践课程有重要联系，是学生学好后续课程的基础。

(1) 深控制图课程与其它专业课程之间的联系和交叉知识点

下图 6 所示为机械制图课程与机械设计课程的知识点关系。根据寻找到的制图课与其它课程的交叉点，重新进行制图课程相关知识点的设计，将专业课程中的相关内容潜移默化地融入到制图课程的教学中来。通过这样的教学方式，使学生感觉到知识点的用处，为学生后续学习相关的知识打下良好基础，进一步提升学生学习的兴趣。

(2) 跨课程授课模式探究

以机械设计课程设计为例，课程设计多在大二期末进行，此时距离大一学的制图课，已过去较长时间。机械设计课程设计中会涉及到很多制图基础知识和标准件画法，在进行课设时，学生可能对这些相关知识淡忘或模糊，重新查阅制图相关知识给学生和老师都带来不便，并影响课设进度。这时，制图老师可以过来进行讲解和辅导，可以帮助学生顺利完成课设。

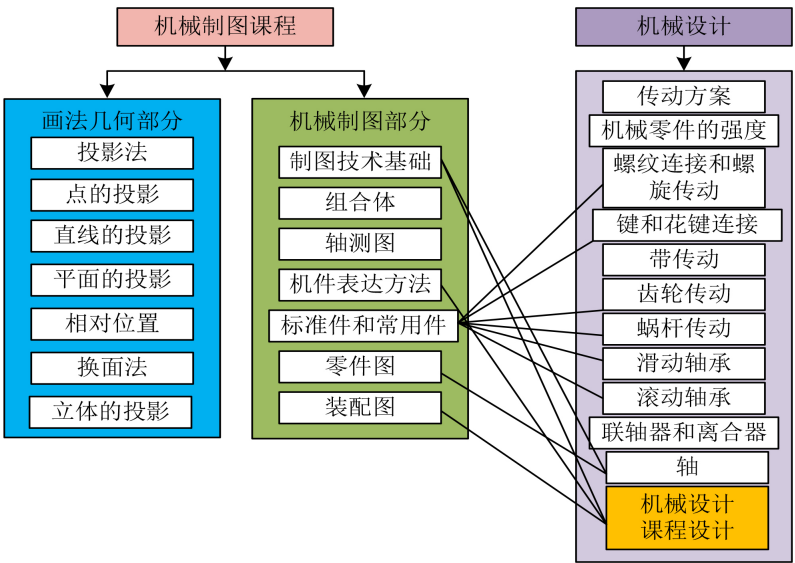


Figure 6. Cross-referenced knowledge points between drawing and mechanical design course
图 6. 制图课程与机械设计课程交叉知识点

4. 反思与讨论

经过几轮完整的教学实践，学生的学习兴趣、图纸解读与建模能力等方面得到显著提升。然而，任何教育改革都是在理想与现实之间的博弈。为使本研究内容更为全面、客观，特对实践中遇到的局限性、实际问题及策略进行如下反思。

(1) 改革的局限性方面

样本范围与代表性的局限：本研究目前仅在本校少数几个专业班级中开展，样本量有限，且未设置长期追踪的对照组。短期内观察到的效果提升，其长期保持性也有待后续跟踪研究。

教学成效评估体系的不足：目前对学生“空间思维能力”和“创新能力”的评估，仍较多依赖于传统的制图作业、考试以及项目成果评价。这些方式虽能反映部分成果，但对于思维内化过程、创造性思维品质等隐性能力的量化与精准评估，尚缺乏科学、系统的工具，存在“重结果、轻过程”的倾向。

(2) 改革过程中的实际问题与应对策略

在“感性认知”阶段，空间想象能力强的学生能迅速掌握软件和模型，而基础薄弱的学生则连基本的三视图对应关系都建立困难，导致课堂进度两极分化。对此我们采取了“分层任务包”策略。在同一个教学项目中，设置基础性、提高性和挑战性三个层级的子任务。所有学生必须完成基础任务，学有余力者可根据自身情况选择进阶任务。同时，成立“学生互助小组”，让先进生带动后进生，并安排教师对基础薄弱学生进行针对性辅导。

三维建模软件操作复杂，部分学生将大量精力耗费在软件学习上，反而削弱了对“通过建模理解投影规律”这一核心目标的关注，本末倒置。针对此问题，我们将软件教学“模块化、微课化”。不再进行集中的长时间软件培训，而是将必要操作命令拆解成 2~3 分钟的微视频，并紧密嵌入到各个教学案例中，让学生“即学即用，为用而学”，降低认知负荷，确保技术始终服务于教学目的。

(3) 改革亮点

空间思维培养从“抽象讲授”转向“具身认知”再到反向设计，通过虚拟仿真、建模、实物操作等多元工具，将空间想象转化为可感知、可验证的具象过程，并进一步提升学生创造力。

装配图教学从“知识灌输”转向“工程实践案例”：以风电场实际部件等案例的装配流程为导向，让学生在“做中学”，构建“功能 - 结构 - 表达”的完整思维链。

5. 教学成果总结

5.1. 学生创新能力显著提升

通过创新教学，学生在制图竞赛和工程实践中表现突出，近三年获省级以上机械制图竞赛奖项 50 多项；课程考核优秀率从 15% 提升至 35%，不及格率下降 30%。

5.2. 空间想象力提升

课程结束后，学生“组合体三视图绘制”平均得分从 75 分提升至 84 分，其中“补画第三视图”题型正确率从 70% 提升至 82%。在全国大学生机械制图竞赛中，学生获一等奖数量也大幅度提升，尤其在“三维建模转二维视图”赛项中优势显著。

5.3. 装配图绘制能力突破

学生完成中等复杂装配图的平均时间缩短近一半，图纸合格率(符合 GB 标准)也有了较大幅度的提高，企业工程师评审反馈“接近初级设计师水平”。在后续的课程设计以及毕业设计中，机械类专业学生的装配图质量显著提升。

基金项目

教育部产学合作协同育人项目“基于虚拟仿真、创新驱动和理实结合的机械制图课程体系及创新教学模式改革”(231003221233245)和华北电力大学本科教育教学改革项目“交叉融合、创新驱动、理实结合——基础课程与专业课程融合及创新教学模式探究”。

参考文献

- [1] 刘佳, 李心桥, 梁国星, 等. 基于图形逻辑的工程制图课程改革与研究[J]. 高教学刊, 2024, 10(22): 140-143.

-
- [2] 孙耀宁, 万晓静, 李长勇. 面向智能制造的机械类大工程人才培养模式研究与实践[J]. 中国现代教育装备, 2024(7): 121-123, 130.
 - [3] 王妍, 杜秀华, 杨蕊, 等. 基于 OBE 的工程图学混合式教学新体系[J]. 图学学报, 2021, 42(4): 696-702.
 - [4] 黄浩, 叶远峒, 王训, 等. 环境与建筑工程制图基础课程教学改革探索[J]. 高教学刊, 2025, 11(6): 136-139.
 - [5] 郑娆, 安琪. 基于 BOPPPS 模型的“工程制图”课程混合式教学改革与实践[J]. 黑龙江教育(理论与实践), 2023(8): 41-43.
 - [6] 孙少妮, 赵薇, 尹国强, 等. 基于国家一流线上课程的机械制图课程 PBL 教学模式研究[J]. 创新创业理论研究与实践, 2024, 7(22): 27-29.
 - [7] 刘阳, 张兰霞. 基于 PBL 的工程制图课程教学设计[J]. 科学咨询, 2022(3): 40-42.
 - [8] 郝盼, 杨芳, 杨洁. ChatGPT 应用于机械制图课程教学的探索与实践[J]. 中国机械, 2024(22): 121-124.
 - [9] 高红贝, 庄海峰, 单胜道. 基于新时代人才培养目标的教-学-思政融合探索——以环境工程制图课程教学实践为例[J]. 大学教育, 2025(5): 62-69.
 - [10] 祝艺丹. 基于 CDIO 的工程制图课程教学实践[J]. 电子技术, 2023, 52(4): 127-129.