

基于知识图谱的机械设计新形态课程建设与教学改革

杨蔚华 何孔德 李响 倪高翔

三峡大学机械与动力学院, 宜昌

摘要 | 针对机械设计课程教学中存在的痛点问题, 创建课程知识图谱, 建设新形态课程; 将知识图谱与混合式教学优势互补, 构建增强型混合式教学模式, 开展基于问题的学习(PBL)翻转课堂教学改革, 助推学生高阶设计能力的培养; 开展全过程浸润式课程思政育人, 建立“智能+”综合评价反馈激励机制, 持续激发学习内驱力。通过改革, 课程育人质量显著提升, 为机械类课程改革和教育数字化转型提供有益的借鉴。

关键词 | 机械设计; 知识图谱; 新形态课程; 混合式教学

Copyright © 2024 by author (s) and SciScan Publishing Limited

This article is licensed under a [Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/).

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>



设计是机械产品诞生的第一道工序, 设计阶段是决定产品质量高低的关键, 机械设计课程就是培养学生机械设计能力和工程素养的重要环节, 主要讲授一般机械和通用机械零部件的设计理论和方法, 在机械类专业人才培养过程中起着关键的桥梁作用。党的二十大报告首次提出“推进教育数字化, 建设全民终身学习的学习型社会、学习型大国”^[1]。《教育部高等教育司2023年工作要点》指出: “加快高等教育数字化转型, 打造高等教育教学新形态。”^[2]近年来, 人工智能飞速发展, 为教育数字化转型带来机遇和挑战, 同时也为机械设计课程教学改革指明了方向和路径。因此, 课程团队基于AI技术开展新形态课程建设和教学改革将具有积极的实用意义。

1 课程概述

1.1 重塑课程目标

机械设计课程面向机械类专业的大三年级学生开设, 立足培养“高素质、强能力、应用型”机械工程复合型人才, 重塑并深化了知识、能力、素质三位一体的课程目标。具体如下: 知识目标: 掌握机械产品设计开发的基本思路和方法, 以及常用通用机械零部件的基本知识和基本理论; 能力目标: 能够在分析、评价和改进复杂机械设计方案的基础上, 设计满足特定需求的复杂机械传动系统和工作机, 并体现创新意识; 素质目标: 具备科学思维, 保持终身学习, 传承“敬业、精益、专

基金项目: 湖北省普通高等学校教学改革研究项目“基于知识图谱的《机械设计》课程混合式教学改革探索与实践”(项目编号: 2023254); 教育部产学合作协同育人项目“基于VR教学云平台的机械设计优质教学资源建设及应用实践”(项目编号: 231003985070348); 三峡大学教学研究项目《机械设计》课程思政项目(项目编号: K2023001)。

作者简介: 杨蔚华(1975-) (第一作者), 女, 博士, 教授, 硕士研究生导师, 研究方向: 机械设计及理论。

文章引用: 杨蔚华, 何孔德, 李响, 等. 基于知识图谱的机械设计新形态课程建设与教学改革[J]. 教育研讨, 2024, 6(6): 1872-1876.

<https://doi.org/10.35534/es.0606277>

注、创新”的工匠精神，厚植科技报国情怀，勇担国家行业使命。

1.2 学情分析与痛点提炼

课程以通用机械零部件设计为核心，内容“繁杂面宽”，与多学科知识关联，兼具理论性、设计性和综合性。大三学生正处于考研和就业的分叉口，关注与未来发展相关的知识和能力储备；已具备数学、力学、原理、材料、图学等知识基础，但缺乏系统性；作为数字时代成长起来的一代，擅用智能工具和资源，思维活跃，但工程实践少，创新方法欠缺。结合上述学情，聚焦课程目标，分析课程在教学过程中主要存在以下三大问题：多学科知识整合贯通难；高阶设计能力培养难；学习内驱力激发难。为解决以上问题，课程团队开展了线上线下混合式教学改革，实施翻转课堂教学，取得了一定成效。但也遇到了一些改革瓶颈，混合式教学各环节虽然看起来很忙碌，但由于缺乏有效的自学指引，学生深度学习和知识整合不够，线上学习效果不佳；缺乏对学情的精准把握和对学习个性化需求的满足，导致翻转课堂“翻而不转”。

2 改革思路及举措

知识图谱是人工智能领域的重要分支，具有“全景直观、知识导向、智能搜索、快速迭代”等特征，在教育领域，知识图谱被认为具有巨大的潜力，可以帮助教师更好地组织和管理教学内容，提高教学质量^[3]，为解决上述教学痛点和改革瓶颈提供了新思路。因此，团队基于“AI+教育”理念，引入知识图谱技术，将重构教学内容、改进教学模式、创新教学方法、开展课程思政引领以及革新评价机制等方面相互关联，进行一体化设计，建设课程图谱，利用图谱赋能教学改革，以期实现课程目标的达成。具体改革举措如下。

2.1 创绘课程图谱，建设新形态课程

2.1.1 重构教学内容，创建知识图谱层

基于联通主义学习理论，对知识进行分析、整理，找准内在联系，弄清知识脉络，形成知识结构体系^[4]。建立“类型选择→原理分析→材料选择→失效判断→准则建立→参数计算→结构设计”的零件设计主线，使各类零件实现有机关联；面向机械产品全生命周期，按照“方案设计→技术设计→图纸绘制→建模仿真→制造装配→使用维护”的思路，关联机械制图、力学理论、机械原理、材料科学、制造工艺学、建模与仿真等课程，增加前序重要知识点和后续拓展知识点。根据布鲁姆教育学的知识分类标准，对知识点进行分类和描述，结构化梳理出知识点120个，关联知识关系380对，设置知识点属性671条，增加前承后续课程知识节点36个，学科前沿知识节点14个，创建知识图谱层，形成立体化知识体系。

2.1.2 问题图谱层为知识贯通提供支架

以解决复杂工程问题为牵引，梳理全局层、概念层和方法层等三层问题，建立问题图谱，通过问题的解决搭建起从理论学习到能力进阶的支架。其中，方法层问题直接关联知识点，要求学生对应记忆理解机械设计的基础知识；概念层问题要求学生理清知识点间包含的机械设计内在逻辑关系，进而得出有用的结论；全局层问题要求学生整合和关联知识点，对机械设计问题的解决方案进行分析、比较和论证。

2.1.3 能力图谱层引领进阶探索

基于OBE理念，关注高阶设计能力目标的达成，构建能力图谱层，包括问题分析、方案提炼与论证、设计开发与创新等三层能力，将知识学习、问题解决与能力培养进而可视化关联，引领学生进阶探索。

2.1.4 多模态资源为深度学习赋能

在现有资源基础上，从“思政、行业、前沿、赛创”四个维度建设多模态资源。其中，大国重器15个、工匠精神案例8个、科学家故事12个；反面素材（安全事故、失效案例）21个；聚焦设计前沿，融入新方法文献78个，新发明36个，新工艺视频6个，新材料案例7个；相关学科竞赛获奖设计案例62个；行业特色案例20个；新规范2部。并将各类资源与知识点进行关联匹配，构建了课程的AI问答模型。

综上，以知识图谱为支撑，问题图谱为牵引，能力图谱为导向，辅以多模态资源的精细化填充，形成课程图谱总体架构（如图1所示）。基于智慧树网平台创建了“全景式、立体化、可视化”的机械设计课程图谱，打造属于机械设计的“知识星空”，建设新形态数字化课程，为学生深度学习、知识整合与贯通赋能。

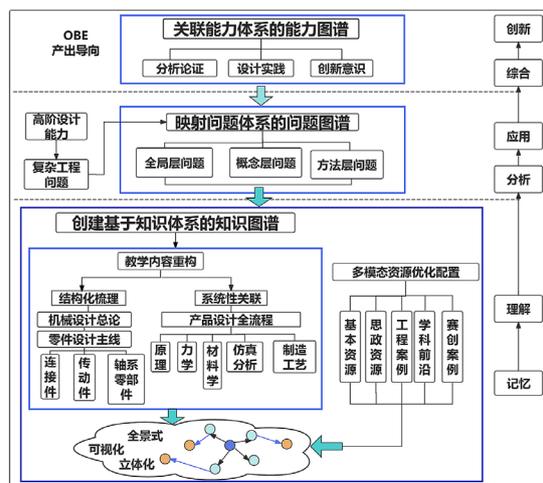


图1 课程图谱总体架构

Figure 1 Overall structure of the course graph

2.2 图谱赋能，增强型混合式教学促进学以致用

以“掌握学习理论”为指导，聚焦自主学习效果的提升和线上线下的有机融合，以实现个性化学习和精准

化教学为抓手，将知识图谱与混合式教学优势互补^[5]，建立基于知识图谱的增强型混合式教学的总体框架（如图2所示）。



图2 基于知识图谱的增强型混合式教学模式总体框架

Figure 2 Framework of enhanced blended teaching model based on knowledge graph

2.2.1 课前——高效自学，有备而来

从零件基础认知、基础理论学习以及案例探索等方面推出课前任务，引导学生进行线上学习。依托知识图谱和AI学伴，让学生“既见树木，又见森林”，使其能更好地把握设计的知识体系和脉络，学习路径也更加清晰、自主且个性化；基于知识图谱的精准学情分析，帮助教师侦测学习难点和堵点，进而精准调整教学方案，助力以学定教。

2.2.2 课中——精准克难、交互内化

针对堵点，教师利用知识图谱精讲解读典型零部件的设计思路和方法，帮助学生明晰知识关联；针对难点，引入典型案例，打造案例式、PBL（Problem-based Learning）、TBL（Team-based learning）等多种教法融合的翻转课堂，秉持教师主导、学生主体的原则，培养学生从“抽象”设计理论到“具象”的“零件—机械”的分析演绎能力，开辟学以致用通路。

2.2.3 课后——巩固拓展、评价反思

基于知识图谱的学习精准画像，教师布置分层任务，给予学生靶向性指导，并推荐差异化学习资源；学生根据自身学习画像，发现薄弱知识点，进行查漏补缺；利用图谱的拓展资源和AI学伴，进行知识拓展，学有余力的学生可参加高阶项目挑战。师生进行“双维”评学，并反思改进。

2.3 问题图谱搭支架，PBL 翻转课堂增强思辨，启迪创新

基于建构主义学习理论，借助图谱和智慧化教学手段，实施支架式教学，以案例为导向，创设问题情境，

开展翻转课堂教学^[6]。为培养学生活跃的、高阶的设计思维，联系生产和工程实际，设置具有较强综合性和交叉性的问题，成立PBL问题解决小组，借助问题图谱，搭建深度学习的支架，开展课前个性学习和小组合作探究，课中进行成果展示、讨论交流以及头脑风暴，在分析和解决问题的过程中增强学生思辨能力，启迪创新，提升学生团队合作和解决复杂工程问题的能力。

2.4 思政入图谱，全过程浸润式育人，增强使命担当

根植课程特点和水电特色，从“家国情怀、科学素养、工匠精神和责任担当”等方面挖掘课程所蕴含的思政元素，将其融入对应知识点，建设典型思政案例，形成专业知识与思政元素、行业特色相融合的知识图谱。强化“师生学习共同体”，探索并实践“课前认知认同→课中浸润内化→课后主动践行”的全过程浸润式课程思政育人模式，增强学生的使命担当，激发学生的学习动力。例如，围绕螺纹连接的防松设计，课前学生进入图谱开展线上自学，查找相关发明；课中进行汇报展示，师生共同讲述唐氏螺栓打破日本哈德洛克螺母神话的故事，激发学生的民族自豪感，引导学生学习唐宗才的工匠精神；课后学生主动参与工程实践，完成了水轮机蜗壳门防松螺栓的设计，践行使命担当。

2.5 “智能+”多元综合评价反馈激励机制，促内驱激发

从本课程支撑的专业毕业要求“工程知识”和“设计/开发解决方案能力”出发，确定各个课程目标相应的

教学内容和教学环节，明确各教学环节对课程目标的支撑关系，确定对应的考核方式及权重，借助图谱赋能诊断性和过程性评价，建立“智能+”综合评价反馈激励机制（如图3所示）。其中，线上学习、成效评估和资源

推荐是基于图谱中的学生学习路径开展的，形成了可循环的学习周期。学习进度、路径和成效形成精准学习画像，生成可视化动态学情数据，双向反馈至教师端与学生端，以导向教与学的持续改进。



图3 “智能+”综合评价反馈激励机制

Figure 3 Mechanism of comprehensive evaluation feedback and incentive

3 改革成效

通过改革，打造了辐射“教、学、评”全维度的育人新场域，课程育人质量得到有效提升。近年来，课程平均成绩及优秀率呈逐年上升趋势；学生深度学习能力不断提升，产出了一系列生成性学习成果。与改革前相比，学生融合多学科知识解决问题的能力 and 机械设计水平均有较大幅度的提升。近年来，团队带领学生在全国大学生机械创新设计大赛、中国机器人大赛等学科竞赛中，荣获省级以上奖励50余项，获得优秀毕业设计论文30余篇，在社会实践、保研、考研、就业等方面涌现出了一批优秀学子。

注重过程评价，辅以动态激励，让学生“累并快乐着”，其学习获得感显著提升。基于知识图谱的混合式教学改革问卷调查显示，在提升自主学习效果、构建完整知识体系、提高自主学习能力、拓展学科视野等方面，学生的满意度均达到90%以上。教学相长，近年来，课程团队主持了省部级及校级教改项目十余项，课程负责人荣获第四届全国高校教师教学创新大赛三等奖以及湖北省教学成果二等奖，课程获批省级混合式一流课程，有效地支撑了机械设计制造及其自动化国家一流本科专业建设。

4 结语

改革形成了一套可供借鉴的课程知识图谱建设模式

和混合式教学改革新经验，通过公开课和教学经验分享会，对课程的数字化转型起到了良好的示范作用。教育数字化正引领教育变革的新风向，知识图谱等AI技术将赋予教育数字化更多的可能。课程团队今后将继续深化改革，开展知识图谱的持续建设和优化工作，将知识图谱等AI技术与课程深度融合，孵化AI共享课程，扩大辐射效益。

参考文献

- [1] 习近平. 高举中国特色社会主义伟大旗帜 为全面建设社会主义现代化国家而团结奋斗——在中国共产党第二十次全国代表大会上的报告 [M]. 北京: 人民出版社, 2022: 34.
- [2] 教育部高等教育司. 教育部高等教育司2023年工作要点 [EB/OL]. (2023-03-29). http://www.moe.gov.cn/s78/A08/tongzhi/202303/t20230329_1053339.html.
- [3] 张小琴, 齐晓静, 瞿思敏, 等. 基于知识图谱的“水文预报”课程教学改革实践 [J]. 科教导刊, 2024 (8): 75-78.
- [4] 赵翔. 知识图谱赋能高等教育教学数字化转型探索 [J]. 中国现代教育装备, 2024 (429): 3-7.
- [5] 史宇坤, 许姝艺, 董少春. 基于知识图谱的增强型混合式学习的教学实践与思考 [J]. 高校地质学报, 2022, 28 (3): 387-393.

- [6] 高纤铷. 动态可塑: 翻转课堂“浅层学习”的积极理解—基于建构主义学习理论的视角 [J]. 黑龙江教育 (高教研究与评估), 2024 (10): 38-42.

New Form Curriculum Construction and Teaching Reform of Mechanical Design Based on Knowledge Graph

Yang Weihua He Kongde Li Xiang Ni Gaoxiang

School of Mechanical and Power Engineering, China Three Gorges University, Yichang

Abstract: In order to solve the problems existing in the teaching process of mechanical design course, a new form of curriculum for mechanical design course is built based on the knowledge map. An enhanced hybrid teaching mode is constructed with complement knowledge map and mixed teaching, and the flipped class on problem based learning (PBL) is put into effect for the training of high-order design ability of students. Meanwhile, the whole process of the curriculum ideology and politics is carried out. Integrating the map into the process of evaluation, the intelligent and comprehensive mechanism of evaluation and feedback is established, which can stimulate the learning drive of students continuously. Through the above reform, the quality of curriculum education is improved significantly. It is helpful for providing reference for the construction of curriculum and the digital transformation of education.

Key words: Mechanical design; Knowledge Graph; New form curriculum; Mixed teaching