

新工科背景下AI赋能的“机电一体化系统设计”案例和项目驱动课程教学实践

张 琰^{1,2*}, 苏 静^{3,4}, 张峻霞¹, 杨 硕¹, 邱 强⁴

¹天津科技大学机械工程学院, 天津

²天津市新工科教育研究推广中心, 天津

³天津科技大学人工智能学院, 天津

⁴天津科技大学教务处, 天津

收稿日期: 2025年2月19日; 录用日期: 2025年4月1日; 发布日期: 2025年4月10日

摘 要

为达成符合新质生产力发展的新工科高素质创新型人才的培养目标, 文章阐述了在机电一体化系统设计这一综合性核心专业课程中开展AI赋能的实践内容。开展基于知识图谱和问题图谱的教学内容重构, 构建机电系统创新设计智慧教学智能体赋能教与学, 采用案例驱动和实践项目驱动的教学方法, AI赋能个性化学习路径的生成和多元过程考核评价, 形成适应数字时代的“师生机”交互型教学模式, 提升了学生的系统化创新能力, 为大规模因材施教、创新性与个性化教学提供了解决方案。

关键词

人工智能, 机电一体化, 案例项目式教学, 问题图谱, 智慧教学智能体, 个性化学习路径

AI-Enabled Teaching Practice of Case and Project-Driven “Mechatronic System Design” Course in the Context of Emerging Engineering Education

Yan Zhang^{1,2*}, Jing Su^{3,4}, Junxia Zhang¹, Shuo Yang¹, Qiang Qiu⁴

¹College of Mechanical Engineering, Tianjin University of Science and Technology, Tianjin

²Tianjin New Engineering Education Research and Promotion Center, Tianjin

³College of Artificial Intelligence, Tianjin University of Science and Technology, Tianjin

⁴Academic Affairs Office, Tianjin University of Science and Technology, Tianjin

Received: Feb. 19th, 2025; accepted: Apr. 1st, 2025; published: Apr. 10th, 2025

*通讯作者。

文章引用: 张琰, 苏静, 张峻霞, 杨硕, 邱强. 新工科背景下 AI 赋能的“机电一体化系统设计”案例和项目驱动课程教学实践[J]. 创新教育研究, 2025, 13(4): 78-84. DOI: 10.12677/ces.2025.134219

Abstract

In order to achieve the goal of cultivating high-quality innovative talents in new engineering disciplines that align with the development of new productive forces, this article describes the practical content of AI empowerment in the comprehensive core professional course of Mechatronic System Design. The practice involves reconstructing teaching content based on knowledge graphs and problem graphs, building an intelligent teaching agent for innovative mechatronic system design to empower both teaching and learning, and adopting case-driven and project-driven teaching methods. AI is utilized to enable the generation of personalized learning paths and diverse process-based assessment and evaluation, forming a “teacher-student-machine” interactive teaching model adapted to the digital era. This approach enhances students’ systematic innovation capabilities and provides solutions for large-scale individualized education, as well as innovative and personalized teaching.

Keywords

Artificial Intelligence, Mechatronics, Case-Project Based Teaching, Problem Mapping, Smart Teaching Intelligence, Personalized Learning Pathways

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

新一轮的科技革命与产业变革、区域经济发展和产业转型升级对地方高校的人才培养提出了更高的要求[1]，新工科的建设目标即是培养符合新质生产力发展的新质人才[2]，AI 技术为新质人才培养赋予了创新助力[3]。

《机电一体化系统设计》(简称《机电》)是机械电子工程专业开展高素质创新型人才培养必不可少的一门专业必修课，其衔接前序课程机械、传感、控制等多学科内容和后续毕业设计，具有很强的综合性和交叉性[4][5]。大四学生作为课程的授课对象，具备充分的知识和能力储备，但未形成很好的多学科交叉系统设计的工程思维能力[6]，面向复杂的系统设计问题，多感觉无从下手或者无法拿出符合需求的可行的设计方案[7]。课程的教材内容或是对前序课程的内容补充，或是方案的选择和对比，教师在教学时易出现对内容知识的简单重复或呈现出机电导论的形式，无法满足学生实践和思维能力提升的需求。

《机电》课程团队面向多领域知识的系统性融合困难、系统化创新设计能力难提升、大规模个性化教学难实施的机电创新人才培养痛点难点问题，开展基于知识图谱和问题图谱的教学内容重构，采用理论教学案例驱动和实践教学项目驱动的教学方法，基于智慧大模型构建机电系统创新设计智慧教学智能体赋能教与学，为学生构建出个性化学习路径，智慧考核与多元考核评价方法相结合，形成适应数字时代的“师生机”交互型教学模式。

2. 基于知识图谱和问题图谱的教学内容重构

基于课程平台开展 AI 课程建设，不同于章节式教学内容架构，教学内容以知识点的状态呈现，知识点与知识点之间可以设置如前置或后置的关联关系，在以大量课程知识点形成的知识集的基础上创建知识图谱和问题图谱。知识图谱按照机械系统设计、执行元件和动力源选择、控制系统选择与设计、传感

检测元件的选择、机电有机结合的设计构建模块化知识集，如图 1，将课程内容拆解为 184 个知识点。

问题图谱实现了将课程知识点与实际问题的可视化，面向机电系统设计这一机械、电子、智能多学科交叉复杂工程问题，以数控机床、工业机器人、包装生产线、扫地机器人等典型机电产品设计案例为载体，通过对复杂工程问题的逐层分解“重走设计之路”，将产品按照五大子系统进行拆解，如图 2，关联至知识点和教学资源。以扫地机器人的设计为例，“如何设计一个具有扫地功能且能够自动规划路径和避障的机电一体化系统？”围绕这一核心问题，可以分解出若干子问题，如“如何选择合适的传感器和执行器？”“如何设计机械传动部件实现高效的扫地功能？”“如何实现自动路径规划以提高系统性能？”等。每个子问题又可以进一步细化为更具体的问题，形成一个层次分明、逻辑清晰的问题网络。以设计目标实现为导向的问题图谱有利于学生针对性的掌握解决问题所需的机电技术原理、设计方案、接口选择与匹配，了解前沿和实用技术，关联构建起机电知识体系，形成系统化的设计思想和创新意识，为学生个性化学习路径的生成打下基础。

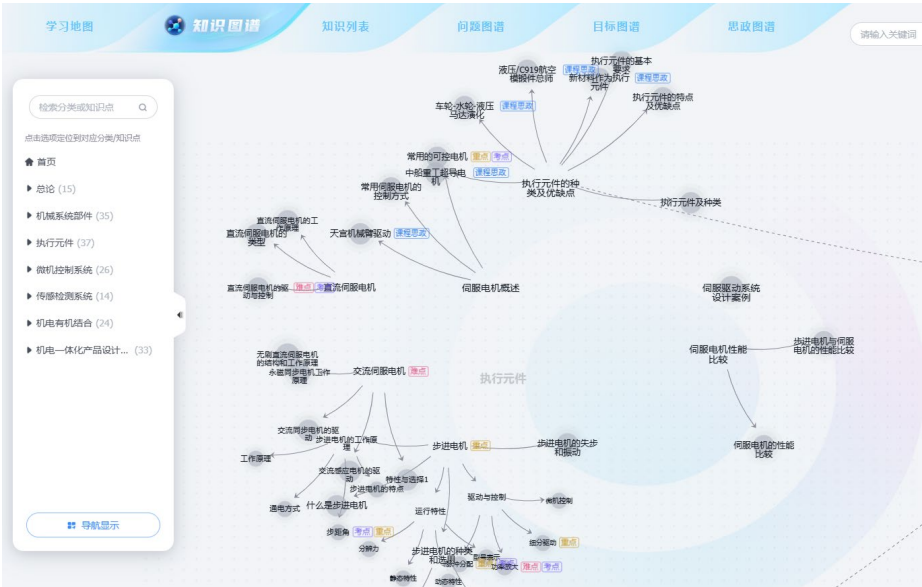


Figure 1. Knowledge graph of mechatronic system design
图 1. 机电一体化系统设计知识图谱



Figure 2. Content reconstruction based on system design cases
图 2. 基于系统设计案例的教学内容重构

3. 机电系统创新设计智慧教学智能体构建

基于超星泛雅或雨课堂教学平台，以“机电一体化系统设计”课程为单元构建智慧教学智能体，如图3。智慧教学智能体的数据集由课程平台建设中上传的教学内容、教师输入的教学资料、学生在课程学习中的回答、作业、案例分析报告等组成，结合平台使用的人工智能(Artificial Intelligence, AI)大模型，能够帮助学生实现智能答疑、学习路径推荐、学习效果评估等。



Figure 3. Presentation of smart teaching intelligentsia

图3. 智慧教学智能体的呈现形式

在智能答疑方面，学生可以借助 AI 助教，得到课堂学习中的问题的详细的解释和解决方案。例如，学生问到“如何减小齿轮传动间隙？”这类课后问题时，AI 助教会引用教材或课件中的相应内容给与回答并给出出处，内容可以是视频、音频或文字，学生可以针对性开展相应知识点和章节的学习。

在个性化学习路径生成方面，智能体可以根据学生需求开展对话式交互，进行问题挖掘和细化。例如，学生提出复杂工程问题“如何设计一个扫地机器人？”，面向这一类智能体(自建平台)无法完全覆盖的问题，AI 助教会同时连接智能大模型，从“需求分析、机械设计、传感器和感知系统、控制系统、人工智能和机器学习、用户界面和交互、测试和优化、安全和合规性”等几个方面给出设计思路；在这一回答的基础上，学生继续对某一子系统设计问题提问，如“扫地机器人的机械系统设计应考虑哪些方面？”，智能体给出设计思路，智能扫地机器人直接参与清扫工作的部分包括但不限于刷子、吸尘器等组件；在这一设计思路基础上学生继续提问“扫地机器人上的清扫部分应该如何设计？”，智能体给出清扫方式、刷子/吸头设计、动力系统、密封防尘设计、感知反馈系统、垃圾收集与排放、能效与噪音控制、用户友好性等设计需考虑的重点内容，沿着这个思路可以一直提问，生成解决复杂工程问题的设计思路，由一层一层的问题推演至课程知识点，如直流电机的选型，红外传感器的使用等。个性化学习路径在生机交互和问题的推演和拆解过程中逐步生成。学生在这个过程中需要有分辨能力和探索精神，训练抓住设计重点，不断求知、思考和学习。

在学习效果评估方面，智能体可以实时监控学生的学习行为和学习成果，如签到率、作业完成率，小组合作成果、成绩分布等，生成详细的学习报告。教师可以根据这些数据和报告及时调整教学策略，针对学生的薄弱环节进行重点讲解和辅导。同时，学生也可以通过学习结果的横向对比，了解自己的学习进展和不足之处，有针对性地进行复习和提高。通过智能体的支持，教师可以更专注于教学设计和指导，学生则可以获得更个性化和高效的学习支持，从而实现教与学的双赢。

4. AI 赋能案例驱动与项目驱动教学方法

课程的整体教学组织分为课堂教学、实验教学、项目式创新实践三部分，在智慧教学智能体赋能下，课程以案例驱动和项目驱动的教学方式提升学生多学科交叉系统设计的工程思维能力，面向复杂的系统设计问题给出可行的设计方案。

在课堂教学中，采用“问题 - 探究 - 讨论 - 归纳 - 梳理 - 呈现 - 反馈”的教学模式。如图 4。面向如“纸箱开箱机设计”案例，教师提出问题，学生在 AI 助手帮助下规划个性化学习路径，将交叉学科复杂工程问题分解为子系统设计问题，并关联知识点，为学生探究式解决问题提供学习资源；课中就其中的子问题如“纸箱的打开需要如何靠机器实现”“传动系统的选用”“如何面向气压传动设计控制系统”等由课程在线平台下发给学生，组织学生开展讨论，学生交流给出解决思路和设计方案上传系统；教师利用智能体平台搜集归纳学生的讨论结果，并就关键问题给予着重讲解；教师基于课程图谱，在课程小结中梳理课堂重点内容，指出对应的知识点；针对课上的讨论和学习内容，在教学平台提出新的开放式问题，AI 助教给学生启发式辅导答疑，为学生的分析和思考提供精准化的知识点提示，学生以作业或报告的形式上传对问题的回答；AI 助教帮助教师批改作业，发现共性问题用于反馈。

教学模式		教师	学生	AI
课前	问题	举出项目案例	自主学习	AI规划学习路径
	探究	分解提出关联子问题	学习思考	问题图谱
课中	讨论	组织问题讨论	交流思路 and 设计方案	课堂互动
	归纳	归纳问题不足	学习提升	学习反馈
	梳理	总结课堂内容	绘制思维导图	课程图谱 知识图谱
课后	呈现	布置课下作业/调研	作业/报告	AI辅导答疑
	反馈	作业报告批改	查看修正	AI助教批改

Figure 4. A combination of case-driven and AI-enabled teaching methods
图 4. 案例驱动和 AI 赋能相结合的教学方法

在实验教学环节，以实验室的模块化生产加工系统、自动包装生产系统、工业 4.0 智能制造系统为例，采用启发和展示的方式引导学生就工艺过程和对应的设计方案开展讨论，就其中的加工过程编写自动控制程序，借助 NX MCD 机电一体化概念设计开展虚拟调试，对标实际产线功能，引导学生思考控制逻辑、智能控制的作用和设计中的制约因素等，通过实践巩固理论知识。学生可以在 AI 智能体中查阅和调取装备相关元器件的资料参数、设备运行视频和编程控制参考案例等。

在项目式实践教学环节，以项目目标和需求为导向，师生机交互，教师引导学生面向复杂机电系统设计问题，能够基于功能目标分析，进行复杂问题的拆解和交叉知识的整合，为学生搭建团队合作和交流的平台，组织学生学习分享项目设计方案，展示设计成果。在这一过程中，学生项目团队在 AI 智能体帮助下，梳理形成创新设计路径，在该路径下开展针对性学习，补齐知识短板，实现知识点的自动提取，实现“智慧”学习。个性化学习路径的生成大大减少了学生查阅资料 and 知识整合梳理的时间，为学生的

创新设计提供了更全面的思考和更便捷的知识获取，激发学生关联最新前沿知识，将理论学习和实验实践交叉融合，学以致用，提升系统设计能力，塑造工程设计思维。

学生的科技报告或项目成果充实入教学资源库，实现了课程智慧教学智能体的更新迭代，能够形成成长型智能体模式，有利于教学资源的常用常新。

5. 包含智慧评价的多元考核评价方式

课程基于产出导向的教学(Outcome-Based Education, OBE)理念，构建“过程和结果并重，能力和知识并重”的课程目标达成考核评价体系，围绕知识、能力和素养目标，设置考试内容和过程化考核评价标准：随堂测验(占比 10%)，课后作业(占比 20%)，综合实验(占比 10%)，案例研讨(占比 10%)。其中，随堂测验定量考核机电设计方法和技术，借助课程教学平台进行课堂答题、选人提问、抢答等互动活动及过程性评价，学生答题统计情况立时可得；课后作业、综合实验、案例研讨以主观题、计算题、编程题、综合汇报为主，考核设计方案的比较综合和系统设计能力，均线上提交，教师借助 AI 的智能批改功能实施智慧评价，解决了在没有助教的情况下，面向大规模的学生作业，批改耗时长、评分标准不明确、问题反馈不细致的问题。

智能批改的前提是需要设置评分规则，可以从结构明确性、逻辑严谨性、内容丰富性等方面设置多条评分规则和分数，设置完成利用平台的智能批改功能即可以实现高效批改。以课后作业主观题“查阅资料，说明动压导轨和静压导轨的工作原理，与滚动导轨比较，说明二者的使用场合”为例，设置表 1 的评分规则和各项分数。在该例中，AI 智能批改给出评语和问题，并给出 8.2 的得分。相对于教师泛泛阅读之后给出的 10 分，AI 批改更加的精准和有指导性。此外，教师还可以利用 AI 的查重和词源分析等功能，了解学生的自主学习情况和关注的重点问题，在教学中为学习反馈和教学干预提供数据支持。学生的综合报告和查阅的资料作为学习成果也可以进一步用于智能体迭代。

Table 1. Scoring rubric and examples of AI grading results
表 1. 评分规则和智能批改结果举例

评分规则 (教师设置)	批注举例(AI 给出)	得分/分数 (AI/教师)
有动压导轨和静压导轨工作原理	可以补充说明动压油膜形成的具体条件，例如运动速度的临界值或表面粗糙度的影响。建议进一步解释节流器的具体作用，例如如何调节油压或流量以维持油膜的稳定性	3.4/4
两种导轨分别与滚动导轨比较	总结部分可以更精炼，同时补充对三种导轨优缺点的综合评价，以增强说服力。可以进一步分析滚动导轨在高精度和高刚性需求中的具体优势，例如与液体润滑导轨的对比	2.3/3
动压导轨和静压导轨的使用场合	建议补充具体案例，如在机床或其他高速设备中的使用情况。可以进一步说明静压导轨在高精度场合中的应用，如在精密加工设备中的表现。建议补充滚动导轨在高刚性需求场合中的具体案例，例如在工业机器人中的应用	2.5/3

期末开卷考试部分占 50%，考核设计方法和技术、方案的比较综合、系统设计与计算。在课程考核结束后，AI 帮助教师开展成绩数据分析，形成班级画像、小组画像、学生画像，实现对学生学业表现的总结性评价。

6. 适应数字时代的“师生机”交互型教学模式

《机电》课程面向学生多学科知识交叉难，系统设计方案无从下手的问题，以学生为中心，打破传统的“教师讲、学生听”的单向模式，基于 AI 教学平台构建智慧教学智能体，以工程案例分析和项目实

践为驱动,形成“师生机”交互型教学模式。

AI并未削弱教师作用,而是推动其向“学习设计师”转型,教师转变为设计者、引导者、促进者和评价者,一方面建设优质数字化教学资源库,促进智能体迭代更新,开发互动性强、实操性高的教学案例;另一方面借助AI智能备课、讲伴、智能批改、智能出题等功能,节省常规备课时间,将精力更多的投入于教学设计和高阶思维培养;借助AI学情诊断(如作业分析、课堂互动数据),获取学生学习画像,进而及时调整教学策略,针对性布置学习任务,实现精准和差异化教学。

学生在教师案例讨论、系统设计、成果展示等任务要求下,充分利用AI智慧教学智能体的个性化学习路径规划与精准知识点提示,开展个性化问答学习和探究批判性学习,从被动接受转向主动探索,促进知识建构、思维碰撞和创新能力提升。

在这门课程学习的基础上,学生的工程素养和双创能力显著提升,能够独立开展课程设计和毕业设计,参加了多项学科竞赛,近3年获得互联网+、机械设计创新大赛、挑战杯、节能减排大赛、3D大赛等竞赛奖励50余项,100多人27个团队参加大学生创新创业训练项目,获得专利授权11项,近三年,每年有近50%的学生读研深造。

7. 总结

《机电》课程在AI赋能下,帮助教师“智慧”备课,实现智能教学设计、智能作业与分析、差异化教学、多维度过程评价。帮助学生“智慧”学习,实现个性化学习路径规划、精准化知识点提示、启发式辅导答疑、前沿技术拓展等。学生面向系统化设计问题,能够在AI个性化学习路径引领下实现高效的自适应学习,达成将多领域知识系统性融合,制定设计方案并开展系统化设计的能力。AI赋能的教学有助于增强学生的数字化思维,提升独立分析、探索质疑、实践操作的自主学习能力和批判性思维能力,为提升教学质量、培养新质人才提供了大规模因材施教、创新性与个性化教学的解决方案。当然,教师需率先掌握数字时代AI工具的应用能力,通过数据驱动的精准干预策略设计,实现教学决策的科学化;随着AI技术在教学中的深度渗透,更需系统反思智慧教学模式对学生知识体系建构、核心能力发展及数字素养培育的作用机制,从而推动教学范式向“师生机协同”的数字化转型。

基金项目

天津市普通高校本科教学质量与教学改革研究计划重点项目(A231005701);天津市普通高校本科教学质量与教学改革研究计划一般项目(B231005712);天津市科技计划项目(22KPxMRC00210);天津科技大学教育教学改革项目(KY202302, JGY202404)。

参考文献

- [1] 徐赢颖,施晓秋.传统专业课程新工科改造的路径、方法与实践[J].高等工程教育研究,2023(3):46-52.
- [2] 秦璐,董羽.新工科背景下工程教育人才培养模式的创新性研究[J].江苏高教,2022(12):90-94.
- [3] 夏淑媛.AI赋能产业背景下人工智能类专业群人才培养实验改革实践[J].数字通信世界,2024(6):155-157.
- [4] 赵永生,郑魁敬,姚建涛.主动体验型互动教学模式探讨——《机电一体化系统设计》讨论课改革[J].教学研究,2010,33(4):47-49,59.
- [5] 刘齐更,杨洪涛,马天兵,等.机电一体化系统设计课程教学改革[J].中国现代教育装备,2021(23):150-152.
- [6] 黄平林,钱鹏飞.机电一体化控制系统设计案例教学设计与实践[J].中国教育技术装备,2022(10):101-103.
- [7] 马雪亭,赵劲飞,苏广东,等.机电一体化技术课程教学中存在的问题与应对策略[J].农业技术与装备,2022(1):132-133.