

AI驱动的《自动控制原理》课程教学改革研究

专祥涛

武汉大学电气与自动化学院, 湖北 武汉

收稿日期: 2025年12月2日; 录用日期: 2025年12月30日; 发布日期: 2026年1月6日

摘 要

在《自动控制原理》课程学时缩减的背景下, 该课程因数学基础要求高、内容抽象, 难以开展个性化教学, 学生学习成效受限。为提升教学效率, 本文探索将人工智能技术融入课程教学, 通过构建课程知识图谱, 梳理知识点间的逻辑关联, 结合智能评估系统, 动态监测学习进展, 精准反馈薄弱环节。AI驱动的互动教学模式可提升学生的知识掌握度与综合应用能力, 为工科课程教学改革提供了可推广的智能化路径。

关键词

人工智能, 自动控制原理, 知识图谱, 教学改革

AI-Driven Teaching Reform on the Course “Principles of Automatic Control”

Xiangtao Zhuan

School of Electrical Engineering and Automation, Wuhan University, Wuhan Hubei

Received: December 2, 2025; accepted: December 30, 2025; published: January 6, 2026

Abstract

Under the context of reduced class-hours in the course “Principles of Automatic Control”, personalized instruction faces challenges due to its high mathematical requirements and abstract content. To enhance learning efficiency, this paper explores the integration of artificial intelligence (AI) into instruction. By constructing a course knowledge graph, the logical relationships among concepts are clarified. Combined with an intelligent assessment system, student progress is monitored dynamically, and weak areas are precisely identified and fed back. This AI-driven teaching model significantly can improve students’ mastery of knowledge and their ability of application. It also provides a scalable, intelligent pathway for reforming engineering education.

Keywords

Artificial Intelligence, Principles of Automatic Control, Knowledge Graph, Teaching Reform

Copyright © 2026 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

《自动控制原理》作为自动化、电气、机械等工科专业的核心基础课，具有理论性强、逻辑严密、数学工具密集等特点[1]。然而，随着高校课程体系的持续优化与学时压缩，“学时少、内容多、数学难”已成为该课程教学的普遍困境[2]。传统“灌输式”教学难以兼顾学生个体差异，学生在缺乏扎实数学基础的情况下，往往对传递函数、根轨迹、频域分析等抽象概念望而生畏，学习兴趣与信心受挫。同时，大班授课背景下，教师难以实施个性化辅导，学生问题积压，形成“听不懂 - 不愿学 - 更跟不上”的恶性循环，亟需突破传统教学范式，探索高效、精准、可扩展的教学改革路径。

近年来，人工智能技术在教育领域的深度融合，正推动教学模式从“标准化”向“个性化”转型。知识图谱技术能够系统化梳理课程知识结构，揭示知识点间的先修、后继与依赖关系[3]；智能推荐算法可根据学习者的行为数据与掌握水平，动态生成适配的学习路径。国内外已有研究在编程教育、数学辅导等领域验证了 AI 助教系统的有效性，实现了“因材施教”的精准教学[4]。然而，在《自动控制原理》这类工科课程中，系统性整合知识图谱、智能题库与评估反馈的完整教学闭环仍属探索阶段，尤其在实现“自主导航、即时反馈、精准辅导”方面尚存在较大发展空间。

针对上述问题，本文旨在构建一个由人工智能驱动的智能化学学习支持系统，突破传统教学的时空与资源限制。系统以课程知识图谱为底层架构，融合 AI 问题库与智能评估引擎，实现学习路径的动态规划、学习成效的实时诊断与学习资源的精准推送。学生可“自主导航”于知识网络中，系统根据其答题表现即时反馈，识别薄弱环节并推荐进阶或补强内容，真正实现“一人一策”的自适应学习。

2. 面向《自动控制原理》的 AI 教学系统核心设计

2.1. 整体架构：“数据 - 算法 - 应用”三层 AI 教学辅助模型

本系统采用如图 1 所示的“数据 - 算法 - 应用”三层架构，构建闭环式 AI 教学辅助体系。数据层整合课程知识点、教学资源、学生学习行为日志与测评数据，形成结构化教学数据库；算法层依托知识图谱构建、机器学习推荐算法与认知诊断模型，实现知识关联分析与个性化决策；应用层则通过学习平台为学生提供智能导航、自适应练习与即时反馈服务，支持教师进行学情监控与精准教学干预。三层协同，形成“感知 - 分析 - 响应”的智能教学闭环。

2.2. 基石：课程知识图谱的构建

2.2.1. 知识图谱的设计原则

以《自动控制原理》课程大纲为核心，系统梳理经典控制理论的知识体系，涵盖时域分析、根轨迹法、频域分析、系统校正等核心模块，并向前延伸，关联高等数学、复变函数等数学基础知识点，构建“专业 - 基础”双向链接网络。图谱设计遵循系统性、逻辑性与可扩展性原则，确保知识点覆盖完整、层级清晰、依赖关系准确。图 2 所示为控制系统分析与设计部分的知识图谱。



Figure 1. “Data-Algorithm-Application” AI-assisted teaching model
图 1. “数据 - 算法 - 应用” 三层 AI 教学辅助模型

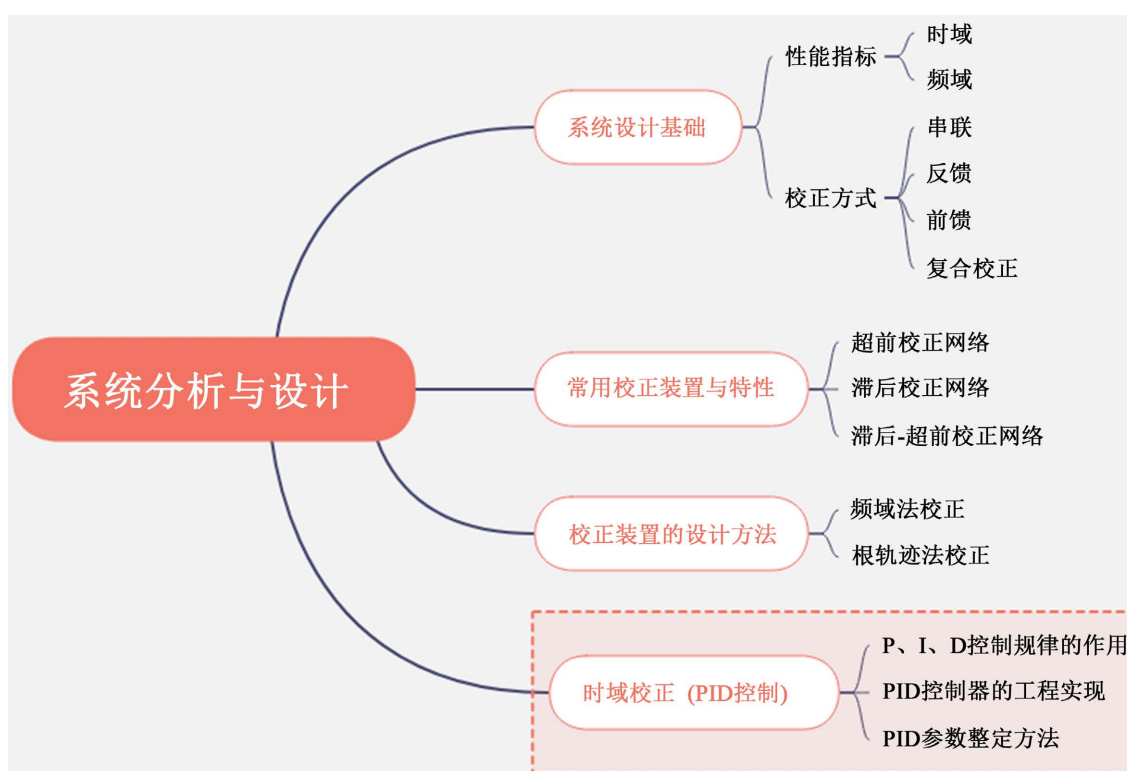


Figure 2. Knowledge graph for control system analysis and design
图 2. 控制系统分析与设计部分的知识图谱

2.2.2. 知识图谱的可视化呈现与智能导航功能

通过图谱可视化界面，学生可直观浏览知识网络结构，查看知识点间的先修与后继关系。系统支持“知识点定位 - 路径推荐 - 资源跳转”一体化导航，学生可自主选择学习起点，系统则根据其掌握情况高亮推荐学习路径。

2.2.3. 应用案例

当学生在“频率特性”分析中出现理解偏差时，系统自动识别其知识盲区，通过图谱追溯至“傅里叶变换”“复数运算”等前置数学知识，推送资源链接，帮助学生补足基础，实现“以需定学”。

2.3. 闭环：智能评估与即时反馈系统

2.3.1. 自动批改与错误类型诊断

系统支持客观题自动评分，并对主观题采用模板匹配与语义分析技术进行结果判别。结合答题路径，识别典型错误类型(如概念混淆、计算失误、步骤遗漏)，建立错误标签库。

2.3.2. 个性化学习报告与薄弱点分析

每次练习后生成可视化学习报告，展示知识点掌握热力图、错误类型分布与进步趋势。系统自动标注薄弱知识点，并推荐复习资源与后续练习计划，形成“测评 - 反馈 - 提升”闭环。

3. AI 驱动的教学流程重塑与实践

3.1. 课前：基于知识图谱的智能预习与前置知识推送

在课前阶段，学生登录 AI 学习平台，进入“控制系统校正”教学单元。系统自动展示该章节在知识图谱中的位置，标注其前置知识点(如“系统稳定性判据”“频域性能指标”“Bode 图分析”)与数学基础(如“传递函数运算”“对数坐标系”)。平台根据学生历史学习数据，智能识别其知识短板——例如，若学生在“相位裕度”概念上掌握不牢，系统将自动推送相关章节视频与基础练习题，引导其完成“知识补丁”。同时，学生可通过图谱自主点击预习路径，提前了解本节核心内容与逻辑结构，带着问题进入课堂，实现“以学定教”。

3.2. 课中：AI 随堂测验与教师精准教学

课堂上，教师首先通过 AI 系统发布一道“诊断性问题”：“某系统相位裕度过低，应优先考虑哪种校正方式？为什么？”学生在终端作答后，系统实时统计正确率与答题分布，生成班级学情热力图。如果教师据此发现 80% 以上的同学都回答正确，那就开始进入校正设计环节教学；否则，教师可判断部分学生混淆了“超前校正”与“滞后校正”的适用场景，遂调整教学重点，聚焦于两种校正方式的频率特性对比与物理意义解析。随后，教师调用 AI 问题库中的“进阶问题链”，逐步引导学生分析校正装置对系统动态性能的影响，并结合仿真动画动态演示 Bode 图变化过程。在关键节点，系统再次推送随堂小测，实时反馈掌握情况，可实现“教 - 测 - 调”一体化的动态教学。

3.3. 课后：个性化作业与智能巩固提升

课后，学生收到系统推送的个性化作业包。掌握较好的学生获得综合性强的开放性任务，如“为某温度控制系统设计超前校正网络，并仿真验证性能提升”；而基础薄弱者则收到分解任务，如“计算给定系统的相位裕度”“绘制校正前后的 Bode 图对比”等，并附带详细解题步骤与视频解析。学生提交后，系统自动批改客观题，对主观题进行结构化分析，识别常见错误(如“未校正相位裕度计算错误”“校正装置参数设置不合理”)，并生成个性化反馈报告。系统根据错题类型，推荐巩固练习题与拓展阅读材料，形成“作业 - 诊断 - 强化”闭环。

3.4. 实践案例：以“控制系统校正”教学单元为例

以“控制系统校正”为例，完整展示 AI 技术贯穿教学全过程：

(1) 课前：学生 A 在知识图谱中发现自身“Bode 图绘制”掌握度仅 60%，系统自动推送 3 道基础练习题与 1 个动画讲解视频，完成前置知识补强。

(2) 课中：随堂测验显示，全班对“校正类型选择依据”平均正确率为 58%，教师重点讲解“频域指标与校正策略映射关系”，并调用仿真系统动态演示不同校正方式的响应曲线变化。

(3) 课后：学生 B 完成个性化作业，系统识别其在“校正装置传递函数推导”中出现步骤遗漏，立即反馈错误点，并推荐 2 道同类题巩固训练。一周后，系统评估其掌握度提升至 92%，自动解锁“复杂系统综合校正”挑战任务。

上述教学流程通过 AI 技术实现了“课前精准预习、课中动态调教、课后个性提升”的全流程重塑，不仅提高了教学效率，更增强了学生自主学习能力与问题解决能力，为工科课程的智能化教学提供了可复制、可推广的实践范式。

4. 结论与展望

本研究实践表明，AI 技术在解决《自动控制原理》教学中长期存在的“数学基础差异大、教学进度难统一、抽象概念难理解”等核心难题方面展现出明显成效。通过构建知识图谱，实现学生前置知识的智能诊断与补强，有效弥合了因数学基础参差导致的学习鸿沟。数智赋能的个性化学习路径，使学生能够按需学习、精准提升，显著降低了对复杂数学推导的焦虑感，增强了学习信心。课堂中，基于 AI 问题库的随堂测验与实时学情反馈，助力教师实现“以学定教”的精准教学，提升了课堂效率。课后，个性化作业与智能解析进一步巩固学习成果。量化与质性分析均证实，AI 赋能的教学模式不仅提升了学生在复杂数学推导题上的得分率，更优化了整体学习体验与教学效能。

尽管取得积极成效，当前 AI 系统仍存在局限。首先，在复杂教学环节(如根轨迹绘制、奈奎斯特图分析)时，AI 的评价与反馈能力仍显不足，难以完全替代教师的专业判断。其次，AI 对学习情感状态的识别主要依赖行为数据，缺乏对深层心理动机的洞察，个性化推荐的“温度”有待提升。此外，系统对跨学科知识的关联能力有限，难以完全适应不同专业背景学生的多样化需求。这些局限提示我们，AI 应作为教学的“增强工具”而非“替代者”，人机协同仍是未来发展方向。

参考文献

- [1] 李峰, 罗印升, 俞洋, 等. 自动控制原理课程教学中的问题及对策——以江苏理工学院为例[J]. 江苏理工学院学报, 2020, 26(4): 111-114.
- [2] 于德亮, 王兆天, 周美兰. 以解决复杂工程问题为目标的自动控制原理课程教学改革的实践[J]. 教育进展, 2022, 12(8): 2945-2949. <https://doi.org/10.12677/AE.2022.128446>
- [3] 王路路, 杨丰瑞, 张硕硕, 等. 课程知识图谱研究进展: 现状、挑战与展望[J]. 教育进展, 2025, 15(9): 956-961. <https://doi.org/10.12677/ae.2025.1591761>
- [4] 郑玉清, 赵涛, 刘瑾. AI 时代教育人工智能辅助教学现状及研究[J]. 教育进展, 2024, 14(11): 1410-1415. <https://doi.org/10.12677/ae.2024.14112218>