

# 知识图谱赋能《自动控制原理》课程建设与教学应用研究

蔡金萍

武汉华夏理工学院, 湖北省武汉市, 430223

**摘要:** 针对《自动控制原理》课程理论抽象、逻辑链条长、知识点碎片化、个性化教学不足、课程思政融入生硬等痛点, 将知识图谱技术引入课程建设与教学全流程。以 OBE 产出导向为原则, 形成覆盖系统建模、时域分析、根轨迹、频域分析、系统校正五大核心模块的一体化知识图谱体系。明确实体、关系与属性规范, 完成图谱构建与可视化实现, 将其应用于课堂教学、自适应学习、实践学习、课程思政、学情评价五大场景。在自动化、人工智能专业连续两轮教学实践表明: 知识图谱可显著提升知识结构化水平、降低认知门槛、优化学习路径、强化理实融合、实现精准育人, 学生课程成绩、实践能力与学习满意度均明显提升。研究成果可为新工科背景下工科核心课程数字化、智能化改革提供可复制、可推广的范式。

**关键词:** 自动控制原理; 知识图谱; 课程建设; 个性化学习

## 1 引言

《自动控制原理》是自动化、人工智能等专业的核心基础课程, 在人才培养体系中承担“承上启下、夯实基础、塑造思维”的关键作用。课程以控制系统的数学建模、习通性能分析与控制器校正设计为主线, 具有理论抽象、数学推导密集、分析方法多样、逻辑关联性强、工程应用场景广泛等显著特点<sup>[1]</sup>。传统教学以讲授与推导为主, 学生普遍反映知识点零散、逻辑难梳理、理论难应用、学习效率低。同时, 课程存在知识体系碎片化、先修后续关系不清晰、个性化教学不足、思政融入较为生硬等突出问题。

在教育数字化与“人工智能+高等教育”战略推动下, 知识图谱以节点—关系—属性结构化表达知识, 具备体系梳理、可视化呈现、智能关联、精准推送等优势, 为破解上述教学难题提供了全新技术路径<sup>[2]</sup>。本文依托校级教研项目, 面向自动化与人工智能专业人才培养需求, 系统构建《自动控制原理》知识图谱, 并探索全流程教学应用模式, 通过实践验证其有效性, 形成可复制推广的工科课程智能化改革方案。

## 2 自动控制原理课程知识图谱建设

### 2.1 课程教学目标

教学团队通过对自动化类、人工智能类专业培养目标的核心特征进行深入分析, 将课程培养目标概括为 3 个方面: 以夯实控制理论基础为目标的知识传授; 以提升系统分析能力、工程实践能力、控制设计能力

为目标的能力培养; 以塑造工程价值观与科学素养、强化责任意识与工匠精神的素质培养。

①知识目标: 能够理解自动控制的基本概念与系统组成, 掌握时域、频域、根轨迹等分析方法的原理与适用场景, 掌握控制系统建模、性能分析与校正设计的核心理论, 能够运用控制原理知识解释典型工程系统运行机制;

②能力目标: 熟练使用 MATLAB 等控制仿真工具与国家虚拟实验平台; 养成系统思维与工程分析能力, 能运用控制思维解决实际工程中的系统建模、性能优化与控制器设计问题, 能自主开展探究式学习, 跟踪智能控制领域新技术、新方法;

③素质目标: 锻炼培养学生严谨求实、精益求精的精神, 激发科技强国、智造报国的理想信念与勇于创新、攻坚克难的专业精神。

### 2.2 《自动控制原理》知识图谱总体构建思路

以 OBE 产出导向为指引, 以课程标准为依据, 如图 1 所示, 按照知识拆解—本体建模—关系标注—资源融合—工具实现—教学迭代六步法构建知识图谱, 覆盖课程教学全环节, 最终实现知识体系化、教学可视化、学习个性化、评价精准化、育人全程化<sup>[3]</sup>。



图 1 构建知识图谱六步法

2.3 知识图谱模型与体系架构

教学团队经过讨论研究, 结合《自动控制原理》课程实际情况, 顶层架构框架采用“四层本体模型”, 将本课程知识点划分为五大核心知识模块, 按照实体、关系与属性定义分类, 构造知识图谱<sup>[4]</sup>。如图 2 所示。

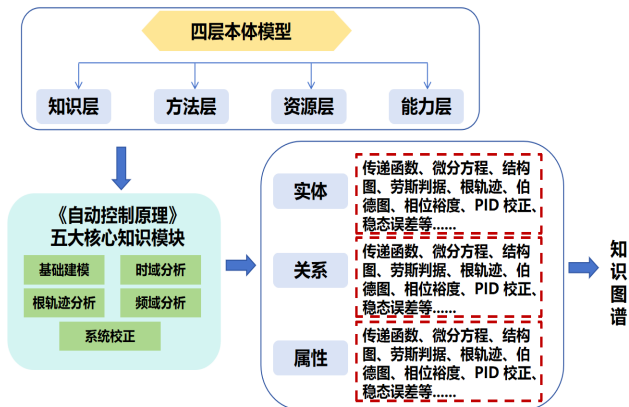


图 2 《自动控制原理》知识图谱架构体系

(一) 《自动控制原理》五大核心知识模块

根据课程教学内容, 教学团队将课程知识点凝练成以下五大核心教学模块:

1. 基础建模模块: 微分方程、传递函数、结构图化简、信号流图、梅森公式、频域特性等;
2. 时域分析模块: 一阶/二阶/高阶系统动态指标、稳定性、劳斯判据、稳态误差等;
3. 根轨迹分析模块: 根轨迹定义、绘制规则、稳定性判别、参数整定、系统设计等;
4. 频域分析模块: 伯德图、奈奎斯特图、奈奎斯特判据、稳定裕度、频域指标等;
5. 系统校正模块: 超前校正、滞后校正、滞后—超前校正、PID 校正、工程实现等。

(二) 四层本体模型

按照四层本体结构, 结合《自动控制原理》课程核心知识模块分为知识层, 方法层, 资源层, 能力层, 各层主要内容如下:

1. 知识层: 各种概念、定义、公式、定理、稳定性判据、性能指标;
2. 方法层: 建模方法、分析方法、判稳方法、校正方法;
3. 资源层: 课件、教案、大纲、在线课程、习题讲解、实验、仿真、工程案例、习题集、考研真题讲解、国家虚拟仿真平台案例;

4. 能力层: 数学建模、系统分析、工程设计、创新思维、职业素养。

(三) 实体、关系与属性划分

根据四层本体模型, 各知识点划分实体、关系与属性如下:

实体 (168 个): 传递函数、微分方程、结构图、劳斯判据、根轨迹、伯德图、相位裕度、PID 校正、稳态误差等;

关系 (8 类): 一级、二级、三级、四级、五级、前置、后置、关联;

属性 (12 项): 重点、考点、概念性、理解、应用、难点、程序性、事实性、记忆、思政知识点、分析、元认知。

通过上述操作, 最终构建的《自动控制原理》课程知识图谱如图 3 所示:

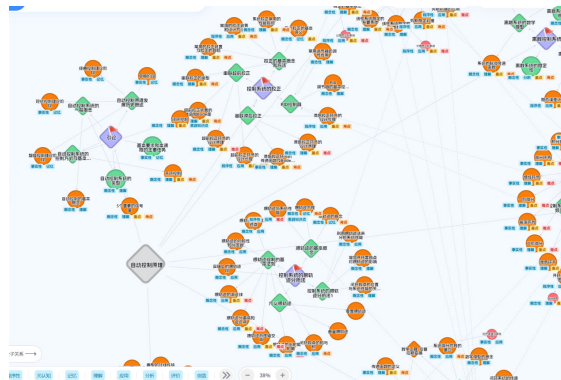


图 3 《自动控制原理》课程知识图谱

3 教学实践应用

3.1 工程实践案例和知识图谱结合

在《自动控制原理》知识图谱建设与应用过程中, 教学团队高度重视知识点之间的内在逻辑联系, 将分散在不同章节、不同课时的核心知识点, 按先置后置、因果推导、应用递进等关系进行精准关联, 形成清晰可视的核心推导链。

例如在教学实践中, 教学团队提炼出如下知识链: 传递函数→稳定性分析→劳斯判据→稳定裕度→二阶系统→动态指标→性能优化→PID 参数整定。在传统教学模式中, 上面各个知识点分散于课程不同章节与教学环节, 呈现碎片化、离散化状态。传递函数作为系统数学模型, 出现在建模章节; 稳定性分析与劳斯判据出现在时域分析判稳环节; 稳定裕度在频域分析中讲解; 二阶系统与动态指标也在时域分析章节出现; 性能优化与 PID 整定则位于系统校正章节, 处于课程

结尾阶段。各个知识点零碎，教学时间跨度大、顺序分散且关联关系不明确，学生在学习过程中往往只能孤立记忆概念与公式，难以建立完整的逻辑闭环，容易出现“学了后面、忘了前面”的普遍问题，难以形成系统化的控制思维。

通过知识图谱的节点化建模与关系化串联，教学团队将上述分散知识点统一整合在一条完整知识链条中，开发了“电力牵引电机转速调节系统”工程案例贯穿整个教学，如图 4 所示，同一个案例，从系统数学模型建立→时域性能分析（稳定性、快速性）→稳定裕度计算→PID 校正，在各个教学环节使用同一个工程案例，从不同的角度对系统建模、分析、校正。

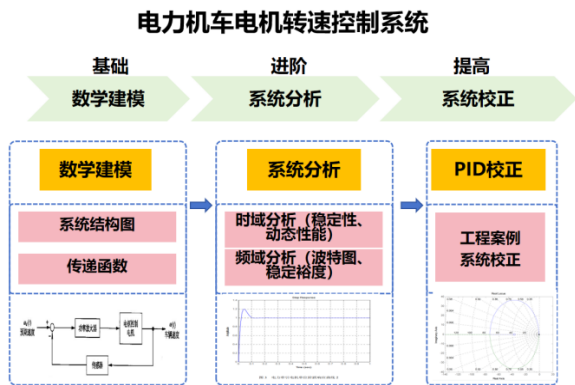


图 4 电力机车电机转速控制系统教学案例

通过这样一条知识链条的建立，结合“电力机车电机转速控制系统”教学案例，可帮助学生明确各知识点之间的关系。在自主学习与复习巩固环节，学生

可借助可视化图谱直观感受到：传递函数是系统分析与设计的基础；系统数学模型建立后，首先要进行稳定性判断，劳斯判据是判定稳定性的工具之一；二阶系统作为生活中常见的典型控制系统，可通过动态性能指标评价系统性能优劣；频域分析中，稳定裕度用于衡量系统相对稳定程度；系统指标不符合要求时，可通过 PID 参数整定实现系统校正设计。

### 3.2 过程考核改革

知识图谱建立后，教学团队结合《自动控制原理》课程前期已建成的在线课程、思政案例库、习题库、matlab 实践等教学资源，对课程原有评价体系进行了优化升级。

具体调整如下：

将过程考核中课堂表现占比由 15% 降至 10%，重点考核学生课堂参与度以及小组讨论中的逻辑表达能力；作业由占比 35% 降至 30%，作业内容结合知识图谱，侧重考查学生知识应用能力与问题解决能力，不再局限于简单的公式计算与概念记忆；大幅增加在线学习比例，由 15% 增加至 25%，在线学习内容涵盖《自动控制原理》知识图谱节点资源学习、虚拟仿真实验学习、知识点对应习题练习等，评价数据直接来源于知识图谱关联的超星学习通教学平台，可精准记录学生的学习时长、知识点掌握程度、错题分布、自主探究情况等，实现对学生自主学习过程的全程追踪与量化评价。

具体考核体系如表 1 所示：

表 1 《自动控制原理》2023 级课程评价体系

成绩组成	建议占比	考核类型	占比	评价重点	评价方式
过程考核	40%	出勤	10%	课堂出勤率	系统记录
		课堂表现	10%	课堂参与度、逻辑表达	老师评价、系统评价
		在线学习	25%	自主学习、图谱应用、章节测试、工程案例分析及校正	系统评价
		实验	35%	实践操作、软件应用、报告撰写	老师评价
		作业	25%	知识运用、控制思维	老师评价 生生互评、系统评价
终结性考核		60%		教学大纲中教学重难点	教学团队评价

优化后的课程评价体系，既保留了传统评价方式的合理性，又发挥了知识图谱的技术优势，能够更全面、客观地反映学生的学习成效、知识体系构建水平以及工程实践能力，同时引导学生主动运用知识图谱开展自主学习，推动教学评价与教学过程、资源应用

的协同推进，进一步提升课程教学质量与育人效果。

## 4 课程评价及改革成效

### 4.1 班级学习完成率和掌握率上升

教学团队已在武汉华夏理工学院 2023 级自动化及人工智能专业《自动控制原理》课程全面开展教学，

覆盖7个班级、200余名学生。经过和2022级学生进行对比,2023级学生对本课程学习完成率和掌握率均有较大幅度上升。如图5所示:



图5 近两届学生《自动控制原理》课程学习班级完成率/掌握率对比图

#### 4.2 学生成绩提高

图6为近两届《自动控制原理》课程学生综合成绩对比图,由图中数据对比可以清晰地看到,课程知识图谱融入教学后,学生的《自动控制原理》课程考核平均分实现了整体性的提升,说明该教学方法有效提升了教学质量和学生的学习效果。



图6 近两届《自动控制原理》课程学生综合成绩对比图

#### 4.3 学生反馈

学生反馈,知识图谱融入后,结合超星学习通中的Ai工作台,让枯燥的理论课活起来,知识链更清晰,让知识点不再零散,能看清推导关系和应用场景,自主学习起来更高效。

### 5 现存问题与未来展望

#### 5.1 现存问题

尽管知识图谱融入课程教学已经取得一定的成效,但是在实际教学中,仍然有需要改进的地方:

1. 知识图谱与AI大模型、智慧教学平台深度融合有待加强;

2. 跨课程专业图谱尚未建立;

3. 学生Ai平台使用率偏低。

#### 5.2 未来展望

1. 图谱进一步完善优化,建立问题图谱、能力图谱,融合AI大模型,实现基于知识图谱的智能答疑、解题引导、学习反思、学情分析的应用;

2. 构建自动化专业课程群知识图谱,实现跨课程贯通与能力递进;

3. 继续推进知识图谱在学生个性化学习中的应用;

4. 团队内教师可结合本课程教学改革经验,向《运动控制系统》《电路》等课程推广,形成专业级改革示范。

### 6 结论

知识图谱为《自动控制原理》课程数字化教学改革提供了体系化和可视化的有效工具。教学团队通过四层本体模型,对课程五大核心知识模块按照实体、关系与属性定义分类,构造知识图谱体系,并且将知识图谱应用融入课程教学过程中。教学实践表明,该模式可有效提升教学质量与学习成效,具有较强理论价值与推广价值。未来可进一步结合Ai大模型与大数据技术,推动知识图谱向更智能方向演进,为新工科高素质应用型人才培养提供更强支撑。

#### 参考文献:

[1] 霍晓燕,董海瑞,席雷平,等.智慧教学视域下自动控制原理课程考核改革研究[J].中国现代教育装备,2025,(13):109-112.DOI:10.13492/j.cnki.cmee.2025.13.008.

[2] 曹政才,林诚然,居仁杰.“一轴两翼三驱动”的新形态《自动控制原理》教材建设新模式探索[J].电气电子教学学报,2025,47(05):143-147.

[3] 乔云芬,席敏燕,石昊.基于OBE理念的自动控制原理课程教学改革——以山西工程技术学院自动控制原理课程为例[J].中国教育技术装备,2025,(12):87-90.

[4] 范莎,杨杨,任玲.基于“项目驱动—案例贯穿”的“自动控制原理”教学模式探索与实践[J].沈阳师范大学学报(自然科学版),2025,43(05):433-438.

基金项目:武汉华夏理工学院校级教学改革研究项目:人工智能赋能“一体两翼三阶四融”下《自动控制原理》课程改革与实践(项目编号2406)。