College and Job 职业教育发展, 2026, 15(11), 85-95
Published Online November 2026 in Hans. https://www.hanspub.org/journal/ve
https://doi.org/10.12677/ve.2026.1511466

新工科背景下地方应用型高校智慧课程建设路径研究

——以《自动控制理论》课程为例

赵盛萍[1]，卢　斌[1]，殷秀仙[2]，苏亚丽[1*]

[1]玉溪师范学院工学院，云南　玉溪
[2]玉溪师范学院数理学院，云南　玉溪

收稿日期：2026年9月17日；录用日期：2026年10月29日；发布日期：2026年11月10日

摘　要

面向新工科背景下地方应用型高校人才培养需求，针对地方应用型高校《自动控制理论》课程知识联系不紧、实践条件受限、过程反馈不足等问题，依托超星学习通开展智慧课程建设。依据成果导向教育理念，以知识图谱组织概念、分析方法和工程任务，衔接线上学习、虚拟仿真与实物调试。以电机调速为例，设计误差分析、控制器设计和输入约束验证任务，结合现有PLC装置安排参数换算、轮转调试及虚实对照，并将学习记录用于课程评价与改进。在此基础上，将实践经验提炼为基于知识图谱的工科实践课程混合式教学模型，并从教师能力、准备工作量以及设备与平台要求等方面讨论了实施中的挑战与应对策略。

关键词

新工科，自动控制理论，智慧课程

Research on the Construction Path of Smart Courses in Local Application-Oriented Universities under the Background of Emerging Engineering Education

—A Case Study of the Automatic Control Theory Course

Shengping Zhao[1], Bin Lu[1], Xiuxian Yin[2], Yali Su[1*]

[1]College of Engineering, Yuxi Normal University, Yuxi Yunnan

[*]通讯作者。

文章引用: 赵盛萍, 卢斌, 殷秀仙, 苏亚丽. 新工科背景下地方应用型高校智慧课程建设路径研究[J]. 职业教育发展, 2026, 15(11): 85-95. DOI: 10.12677/ve.2026.1511466

[2]School of Mathematics and Physics, Yuxi Normal University, Yuxi Yunnan

Received: September 17, 2026; accepted: October 29, 2026; published: November 10, 2026

Abstract

In response to the talent cultivation needs of local application-oriented universities under the Emerging Engineering Education (3E) framework, and to address prominent issues in the Automatic Control Theory course-including fragmented knowledge connections, constrained practical resources, and insufficient in-process feedback-at local application-oriented universities, a smart course system is constructed based on the Chaoxing Learning Platform. Guided by the Outcome-Based Education (OBE) philosophy, this course adopts a knowledge graph to systematically organize core concepts, analytical methodologies, and practical engineering tasks, and seamlessly integrates online self-paced learning, virtual simulation experiments, and physical hardware debugging. Taking motor speed regulation as a typical teaching case, three tiers of tasks are designed: system error analysis, controller parameter tuning, and input constraint validation. Supported by existing PLC experimental equipment, the teaching process arranges parameter conversion exercises, rotational group debugging, and virtual-physical performance comparison. All learning behavior records collected throughout the process are utilized to support multi-dimensional course evaluation and continuous teaching improvement. Based on the practice, a knowledge-graph-based blended teaching model for engineering practice courses is further generalized, and the requirements on teacher competence, preparation workload, equipment and platform as well as the corresponding coping strategies are discussed.

Keywords

Emerging Engineering Education, Automatic Control Theory, Smart Course

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

新工科建设要求工程教育注重知识综合运用与实践能力培养[1]。教育部等九部门印发的《关于加快推进教育数字化的意见》进一步强调，完善知识图谱、构建能力图谱，推动数字技术融入教学全过程[2]。《自动控制理论》连接数学基础与控制工程应用，课程改革需要将资源建设与系统分析、控制设计相结合。

从已有研究看，国内外工程实践类课程的混合式教学改革大体沿三条路径展开。1) 依托 MOOC/SPOC 与翻转课堂重组学习资源与活动，强调线上自主学习与课堂研讨的衔接；2) 以 CDIO、项目驱动与虚拟仿真为载体的实践训练改革，强调真实或拟真的工程情境；3) 借助学习分析与教育数据挖掘改进评价，强调基于过程数据的反馈。国内研究多结合具体课程推进课群协同[3]、递进式实践[4]与智慧资源建设[5] [6]，并注重教学目标、活动与评价的一致性[7]及典型生产实践项目的引入[8]，学习通等平台也被用于资源组织与过程管理[9]；国外研究则较多关注探究社区与情境认知对实践能力的影响[10] [11]，以及以一致性建构和认知负荷控制为基础的课程设计[12] [13]。上述工作为本研究提供了丰富借鉴，但仍存在三点不足：1) 知识组织与教学活动往往分别设计，缺少以知识图谱贯通“知识－任务－评价”的整合机

制；2) 虚拟仿真与实物训练多为并列或先后安排，鲜有以同一对象、同一指标开展虚实对照并据偏差修正模型的闭环设计；3) 过程数据多停留在平台行为记录层面，尚未与知识节点和能力目标建立可追溯的映射。

针对上述不足，本文结合地方高校设备与经费条件，以知识图谱重构内容，依托超星学习通组织教学，重点讨论理论、实验与评价的衔接，旨在推动《自动控制理论》课程的智慧化转型，有效解决知识学习、实践训练与能力评价相互脱节的核心问题。与已有研究相比，本文的特色在于：以知识图谱统一组织资源、任务与评价，形成可追溯的整合模式；以电机调速为同一对象，建立基于关键性能指标的虚实对照与偏差归因流程，形成“仿真－实测－修正”闭环；依托学习通采集过程数据并关联知识节点与课程目标，形成“诊断－指导－改进”的评价闭环。

2. 课程建设需求与总体设计

2.1. 应用型培养定位与教学问题

应用型人才培养要求学生将理论用于对象分析、参数选择和实验解释，现有课程按建模、时域分析、根轨迹、频域分析和系统校正展开，章节间虽有严密联系，但给定模型计算较多，对模型来源与设计条件的讨论不足。结合当前课程建设实际，主要面临三方面问题：

1) 理论知识与工程对象衔接不足。课程按建模、时域分析、根轨迹、频域分析及系统校正展开，逻辑严密，但以章节讲授和给定模型计算为主的模式弱化了模型来源与设计条件的阐释。学生虽能完成习题求解，却停留于理论推导，缺乏从工程视角运用理论的能力[3] [4]。

2) 设备与经费约束影响实践训练的连贯性。现有电机转速控制系统台套数有限，学生接线认知与参数初调占用大量上机时间，方案比较与复测验证难以充分开展，设备更新与运维经费亦制约控制对象的拓展。改革重点应放在现有装置的教学开发与组织优化。

3) 资源组织与过程评价相互脱节。课件、习题与仿真文件分散存放，学生难以从错误追溯至相关知识；作业评价侧重结果对错，忽视建模假设与分析依据的考查，小组报告亦无法有效区分个体调试能力[6]。

上述问题彼此耦合，知识衔接不足致使实践教学沦为程序化操作，评价与资源脱节阻碍个体诊断。破解关键在于以知识图谱理清知识关联与错误回溯路径，以螺旋递进的智慧教学模式打通线上学习、虚拟仿真与实物调试的衔接，并以过程性评价数据贯通形成“诊断－指导－改进”闭环。

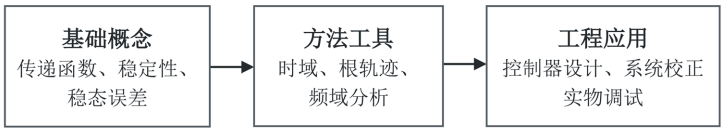
2.2. 课程目标与建设思路

依据成果导向教育(outcome-based education, OBE)理念[7] [14]，课程目标包括说明方法适用条件、按指标完成设计验证，以及规范操作和真实记录。课程建设过程中以知识图谱明确知识联系，以电机调速安排实践，通过学习通关联资源、作业与反馈。新工科要求具体落实为控制理论、电机与 PLC 知识的综合应用，以及性能、设备条件和安全之间的权衡。

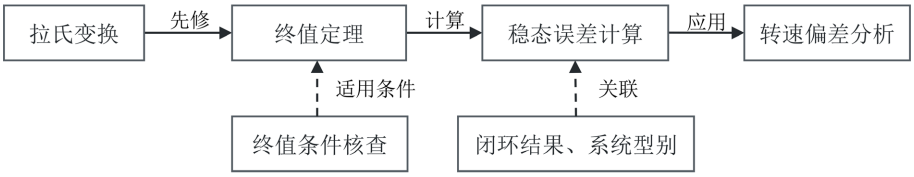
3. 智慧课程建设

3.1. 基于知识图谱的教学内容重构

参照智慧课程的知识关联思路[5]，将课程知识图谱划分为基础概念、方法工具和工程应用三个层次，分别纳入传递函数、稳定性与稳态误差，时域、根轨迹与频域分析，以及控制器设计、系统校正与实物调试。节点间标注先修、推导和应用关系，并注明方法工具的适用条件。以稳态误差为例，终值定理连接拉普拉斯变换与误差计算，闭环结构和系统型别作为关联知识，终值条件作为使用该方法的约束，具体关系见图 1。



（a）知识图谱层次



（b）稳态误差知识关联示例

Figure 1. The hierarchy of the course knowledge graph and knowledge association of steady-state error
图 1. 课程知识图谱的层次及稳态误差知识关联

图谱通过学习通知识图谱模块组织，节点关联章节材料、练习和任务。围绕电机调速，将知识学习安排为建模、性能分析、控制设计和实物验证，基础任务考查概念与方法，综合任务要求比较方案，拓展任务增加参数变化与工程约束[4] [8]。表 1 列出知识、任务与学习证据的对应关系。学生在任务中出现困难时，依据节点关系检查前置知识，避免仅按章节重复学习。

Table 1. Module, progressive task and learning evidence
表 1. 知识模块、递进任务与学习证据

知识模块	递进任务	学习通活动	学习证据
传递函数与结构图	明确模型及信号关系	图谱浏览、预习测验	模型推导、结构图
时域分析与稳态误差	分析启动响应及偏差	随堂练习、讨论	指标计算、解释
稳定性、根轨迹与频域	比较极点与稳定裕度	关联资源、作业	分析图、判断依据
系统校正与 PI 控制	设计并比较控制方案	分组任务、批阅	参数表、仿真文件
工程约束与综合验证	PLC 调试、虚实对照	实验归档、反思	个人记录、修正说明

3.2. 关联资源与分层题库建设

学习通课程空间按图谱节点整合微课、例题、操作视频和仿真任务包，核心内容设置为章节任务点[9]。题库分为概念辨析、方法应用与综合设计三类，每题标注知识点、课程目标、典型错误和补学材料。客观题由平台判分，推导与设计题由教师批阅；资源推送依据答题记录和教师诊断安排。仿真文件统一信号命名、参数说明和结果格式，并与 PLC 变量表对应。学习通承担任务组织与资料归档，MATLAB/Simulink 完成仿真计算，PLC 负责本地控制，三者通过任务及文件衔接。

3.3. 三阶段递进的教学组织

基于学习通将课前、课中、课后的活动串联起来，以稳态误差为例，线上学习配合课堂讨论，先检查闭环结构、稳定性与终值定理等前置知识，结合电机响应组织预测、计算和解释。教师根据测验与讨论安排补学，反馈符号错误对应结构图练习，误差分析错误对应适用条件辨析。虚拟仿真阶段要求先提交预测依据，再比较计算与仿真结果，完成模型检查和参数初调。实物阶段侧重参数落实、运行记录与偏差分析，实验结果再用于模型修正和变式复测。各阶段围绕同一对象逐步增加设计与验证要求。

4. 电机调速的递进式教学案例设计

4.1. 工程情境与模型设定

以小型输送装置调速为情境，将启动平稳、跟踪准确和输入受限转化为教学要求。理论分析采用直流电机一阶近似，实物训练依托现有 PLC 调速装置。将电压和转速分别归一化，在忽略电枢电感、采用线性黏性阻尼的条件下，模型为：

$$G_p(s)=\frac{Y(s)}{U(s)}=\frac{K}{Ts+1} \tag{1}$$

式中，$U(s)$、$Y(s)$分别为归一化电压与转速的拉普拉斯变换，s为拉普拉斯变量，K为无量纲增益，T为时间常数。教学设定$K=1$、$T=0.5\,\mathrm{s}$，单位阶跃下要求闭环稳定、超调量不大于 10%、调节时间不大于 1.5 s、稳态误差不大于 2%，输入满足$|u(t)|\le 3$。调节时间采用最终值 ±2%误差带。上述参数用于理论与仿真分析，实物参数按装置响应和量程确定。

4.2. 由误差分析到控制方案比较

首先讨论稳定性与跟踪精度的区别。采用比例控制器$C(s)=K_p$，在单位负反馈、闭环稳定、无外扰且未限幅时，单位阶跃稳态误差为

$$e_{ss}=\frac{1}{1+KK_p} \tag{2}$$

其中，K_p为比例增益。取$K_p=4$，误差为 20%。随后讨论增大增益的限制：达到 2%的误差要求需$K_p\ge 49$，但零初始条件下的未限幅初始指令至少为 49，超出输入上限。学生须加入限幅后重新检查响应，不能由线性计算直接判定受约束系统的性能。

进一步引入比例积分(PI)控制器$C(s)=K_p+K_i/s$，其中K_i为积分增益。闭环特征多项式为$Ts^2+(1+KK_p)s+KK_i$。取$K_p=2$、$K_i=4s^{-1}$，标称线性模型在零初始条件下得到

$$\frac{Y(s)}{R(s)}=\frac{4}{s+4},\quad y(t)=1-\mathrm{e}^{-4t} \tag{3}$$

式中，$R(s)$为给定信号的拉普拉斯变换，t以秒计。该解析响应无超调，稳态误差为零，调节时间约 0.98 s，控制输入$u(t)=1+\mathrm{e}^{-4t}$不超过 2。此解包含标称极零相消，仅作为教师参考。拓展任务将K、T分别设为标称值的 80%和 120%，比较四种组合及限幅影响，检查方案对参数变化的适应性。

4.3. 虚实结合分析调试

案例的虚实对应关系见图 2。上机前，学生通过学习通提交模型、预测曲线和参数换算表，核对输入输出基准、反馈量程、控制周期及 PI 参数定义。采用标准 PI 形式时，积分时间按$T_i=K_p/K_i$换算，不能将积分增益直接填入积分时间栏。教师审核通过后安排实物实验。

实物实验通过学习通分组任务组织，每组 3 人、90 min，安排见表 2。保留装置原有保护程序，教师复核断电接线、急停和限值设置。学生轮换主操作、记录与复核角色，每人完成一次有依据的参数调整；未上机小组同步复核仿真，减少设备等待。

每轮在相同给定、负载与初始条件下比较 P、PI 控制，保存时间戳、给定转速、实测转速、控制指令与参数。实验数据离线导入仿真环境，按统一基准提取指标，分析量程换算、采样和模型简化造成的偏差。每人结合修改前后曲线解释一次调整，对不能由现有数据解释的问题提出复测方案。

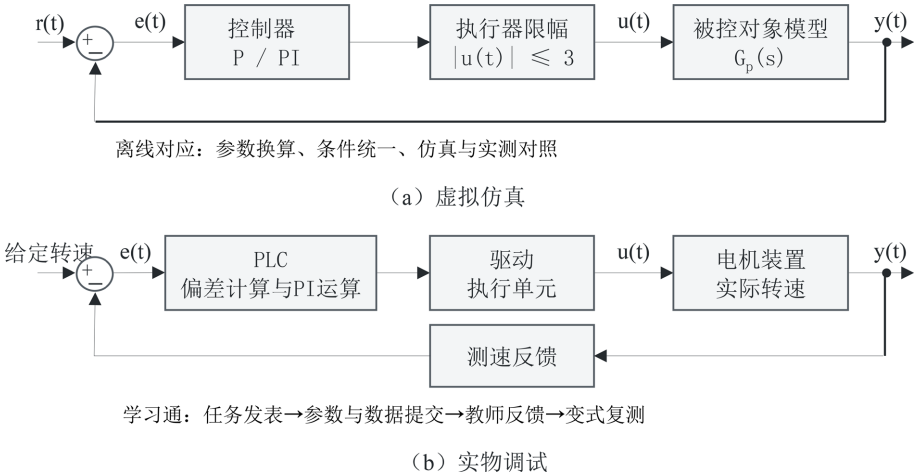


Figure 2. The virtual-physical correspondence of the motor speed regulation case
图 2. 电机调速案例的虚实对应关系

Table 2. Practical arrangement of PLC motor speed regulation
表 2. PLC 电机调速实践安排

环节及时间	任务内容	个人参与要求
上机核查(10 min)	检查量程、控制周期和保护设置	共同检查，教师复核
角色轮转(3 × 20 min)	每轮完成 P/PI 对照与参数调整	主操、记录、复核依次轮换
对照总结(20 min)	提取指标、说明偏差与复测安排	提交调整依据及个人反思

4.4. 虚实对照的关键性能指标与偏差归因

虚实对照以相同的给定信号、负载条件和初始状态为前提，在仿真与实测数据上采用同一基准和同一计算方法提取指标，并按跟踪性能、动态性能、输入约束和工程实现四类逐项比较(表 3)。跟踪性能反映稳态精度，动态性能反映响应速度与平稳性，输入约束反映执行器饱和的影响，工程实现反映采样、量化与噪声等实际因素。各项指标的仿真值与实测值同时填入对照表，偏差超出约定范围的指标作为归因与复测的重点。

Table 3. Key performance indices and extraction methods for virtual-physical comparison
表 3. 虚实对照的关键性能指标与提取方法

类别	关键指标	定义或提取方法	主要影响因素
跟踪性能	稳态误差(稳态转速)	末段转速均值与给定值之差，按统一基准归一化	前向增益、积分作用、量程标定
动态性能	超调量	(峰值 − 稳态值)/稳态值 × 100%	阻尼、输入限幅、摩擦
动态性能	上升时间、峰值时间	10%→90%的上升时间；到达首个峰值的时间	开环增益与带宽
动态性能	调节时间	进入并保持在最终值 ±2%误差带的时间	阻尼与收敛速度
输入约束	控制指令峰值、饱和时间	控制量绝对值最大值；达到限幅的累计时长	输入限幅与初始指令
工程实现	稳态控制量	稳态段控制指令的平均值	摩擦、负载与静差补偿
工程实现	转速纹波、噪声	稳态段转速波动的峰峰值或标准差	采样周期、量化与传感噪声
时序特性	采样周期、跟踪滞差	PLC 采样周期；给定与实测曲线之间的时延	扫描周期、通信与算法延时

在指标比较的基础上，按模型简化、采样周期、执行器饱和和量程标定四类因素给出探究性问题清单(表 4)，引导学生按“先观察现象、再提出假设、最后用数据验证”的顺序开展分析。学生需在实验报告中说明判断依据，并对仍未解释清楚的偏差给出复测或改进方案。

Table 4. Inquiry question list on the causes of discrepancy between simulation and measurement
表 4. 仿真与实测不符因素的探究性问题清单

因素类别	探究性问题	验证或分析方式
模型简化	一阶近似忽略电枢电感，启动段电流与转速是否出现附加延迟？	比较电流与转速上升段波形，在 Simulink 中补入电感项复算
模型简化	忽略摩擦非线性与低速死区，是否导致低速段爬行或稳态偏移？	观察低速段实测曲线，加入摩擦模型对比
模型简化	归一化增益与时间常数的标定误差如何影响曲线的一致性？	由阶跃响应辨识参数，比较辨识值与设定值
采样周期	PLC 采样周期与控制周期不匹配是否造成相位滞后与纹波？	改变采样周期重算，比较跟踪滞差与纹波幅值
执行器饱和	输入限幅使有效增益下降，能否解释实测响应变慢或超调减小？	在仿真中加入限幅重算并与实测比较
执行器饱和	饱和持续时间如何影响积分饱和与恢复过程？	记录饱和时长，加入抗饱和措施对比
量程与标定	电压、转速的量程换算与传感器标定误差是否造成稳态误差？	核对基准、量程与反馈系数，做标定实验
外部扰动	负载波动与电源电压变化如何影响稳态与动态指标？	重复实验并施加扰动，比较结果的离散度

虚实对照要求学生在同一组数据上回答“差异是什么、由什么引起、如何验证”三个问题，并以偏差为依据提出复测和模型修正方案，而不仅停留在曲线是否吻合的判断上。

4.5. MATLAB 与 PLC 数据衔接的技术流程

虚实对照的数据衔接以统一的变量定义和统一时基为基础，按变量核对、参数换算、数据采集、时间对齐、导入比较和归档六个环节实施。

1) 变量与基准统一。建立 MATLAB 与 PLC 的变量对照表，逐项约定变量名、PLC 地址、量纲、量程、单位与数据类型；对电压和转速分别设定归一化基准，并约定统一的采样周期。2) 参数换算与下发。将仿真得到的 PI 参数按标准形式换算为比例增益与积分时间，明确积分增益与积分时间的对应关系，避免将积分增益直接填入积分时间栏；PLC 程序中的控制器形式、限幅与离散化方式与仿真保持一致。3) 数据采集与导出。PLC 侧利用编程软件的数据记录或趋势功能，按约定周期同步记录时间戳、给定值、实测转速、控制指令与当前参数，并导出为 CSV 文件；采集前明确触发条件与采样起点。4) 时间对齐与预处理。以同一时基对齐各通道数据，扣除通信与算法延时，剔除缺失值和异常跳变，并按统一基准归一化。5) 导入与比较。在 MATLAB 中按统一列名读取数据文件，将实测序列与仿真序列置于同一脚本中计算指标并绘制对照曲线，结果填入表 3。6) 归因、修正与归档。依据偏差归因结果修正仿真模型，重新仿真并复测，形成“仿真–实测–修正”闭环；数据文件按统一命名规则归档到学习通，并与相应知识节点关联。

数据文件统一采用“时间、给定、转速、控制量、比例增益、积分时间”的列名约定，量纲和单位在文件头中注明，以便脚本批量处理并对不同批次结果进行一致比较。

5. 课程评价与持续改进

5.1. 过程评价与终结评价

依据课程目标，设置章节测验 10%、课堂研讨 20%、项目实践 20%、期末考核 50%的评价方案，如表 5 所示。测验与期末考核检查独立理解，项目实践评价设计、调试和虚实对照，规范操作与数据真实性纳入实践评分。项目成绩结合小组成果、个人记录与答辩确定。测验题、仿真报告和实验记录均关联知识节点及课程目标，经学习通归档后，教师对照原始错误与变式作答检查改进，不以观看时长或提交次数替代能力评价。

Table 5. Course assessment scheme
表 5. 课程考核方案

考核环节	比例	主要评价依据
章节测验	10%	概念、计算及方法适用条件
课堂研讨	20%	判断依据、问题解释与方案比较
项目实践	20%	模型、调试记录、虚实对照与个人答辩
期末考核	50%	独立分析、综合设计及知识迁移

5.2. 基于学习记录的教学改进

课程教师负责图谱、题库和诊断分析，实验教师维护设备参数、程序模板与操作规范，经费优先保障装置维护和核心资源。单元结束后，依据测验及实验记录修订教学：概念错误集中时补充反例，设计依据不足时增加方案比较，个人操作薄弱时调整轮转与复测。学生完成补学后再次评价，课程组据此修订节点关联、资源和任务，并汇总课程目标达成情况。

6. 基于知识图谱的工科实践课程混合式教学模型

6.1. 理论基础

本模型以四类理论为基础。成果导向教育明确以能力目标反向设计内容、活动与评价[7] [14]；一致性建构强调教学目标、学习活动与评价任务在认知层次上相互匹配[12]，为“目标－活动－评价”三者对齐提供依据；建构主义与情境认知认为知识在真实或拟真情境中通过实践建构[10]，为工程情境与虚实对照提供支撑；认知负荷理论指出应控制内在负荷、减少外在负荷以促进图式建构[13]，为知识图谱分层与递进任务设计提供解释。此外，探究社区模型关注认知临场感、社会临场感与教学临场感的共同作用[11]，为线上自主学习与课堂研讨的结合提供框架；知识图谱以概念、方法与应用的层次和关联刻画学习路径与错误回溯[5] [6]。

6.2. 模型结构

综合上述理论，将实践经验提炼为“基于知识图谱的工科实践课程混合式教学模型”。模型由知识层、活动层、证据层和支撑层四个部分构成，其要素、功能与课程实例见表 6。知识层以知识图谱组织概念、方法与工程任务，标注先修、推导与应用关系及方法适用条件，支撑知识组织与错误回溯；活动层在智能平台上安排线上自主学习、虚拟仿真、实物调试与课堂研讨，按“认知－仿真－实物－迁移”递进；证据层采集测验、仿真报告、实验记录与对照数据，形成“诊断－指导－改进”的评价闭环；支撑层为教师团队、实验设备与软件平台及资源规范提供保障。四个层次以知识节点为共同索引：任务对应节点，证据回指节点，改进又修订节点关联，从而使内容、活动与评价保持一致。

Table 6. Elements and theoretical basis of the knowledge-graph-based blended teaching model for engineering practice courses
表 6. 基于知识图谱的工科实践课程混合式教学模型的要素与理论基础

层次与要素	主要功能	理论基础与课程实例
知识层：知识图谱	以概念、方法、工具与任务节点及先修、推导、应用关系组织内容，标注方法适用条件	建构主义与情境认知[10]、知识关联[5] [6]；如稳态误差节点的先修与约束
活动层：混合式递进	线上自主学习、虚拟仿真、实物调试与课堂研讨按“认知－仿真－实物－迁移”递进，同一对象贯穿	一致性建构[12]、认知负荷[13]；电机调速的预测－仿真－实物－复测
证据层：过程评价	采集测验、仿真报告、实验记录与对照数据，关联节点与课程目标，形成“诊断－指导－改进”闭环	成果导向教育[7] [14]、探究社区[11]；章节测验、项目实践与个人答辩
支撑层：条件保障	教师团队与分工、实验设备与软件平台、数据规范与安全预案	双师协同与资源复用；PLC 装置、MATLAB/Simulink 与学习通

与已有研究相比，本模型以知识图谱作为贯通知识与评价的索引，以同一对象的虚实对照作为实践训练的组织方式，以过程数据作为评价闭环的驱动，在整合模式、评价闭环和平台应用三方面形成特点。

6.3. 模型的迁移与应用条件

该模型不限于《自动控制理论》。对于具有可仿真且可实物验证对象的工科实践课程(如电子技术、过程控制、机械设计等)，可按以下步骤迁移：一是从岗位任务与毕业要求中抽取能力目标；二是围绕目标构建知识图谱并标注节点关系与适用条件；三是选择同一对象设计“仿真－实物”对照任务并确定关键性能指标；四是建立数据格式、参数换算与安全规范；五是以过程数据驱动评价与迭代。应用该模型需满足三个条件：存在可建模、可实测的控制或工艺对象；具备基本的数据采集与仿真软件环境；教师团队具备理论、仿真与实践的综合能力。当设备台套数或采集条件受限时，可先以虚拟仿真为主、实物验证为辅，再逐步完善。

7. 实施层面的反思与建议

7.1. 对教师能力与教学准备的要求

该模式对教师提出跨领域要求。教师需同时具备控制理论与工程实践能力(熟悉 PLC 编程、电气接线与安全规范)、仿真建模能力(MATLAB/Simulink 及控制工具箱)、平台与数据分析能力(学习通课程管理与过程数据处理)，以及将工程问题转化为教学任务的设计能力。课程准备的工作量主要集中在首轮建设，包括知识图谱与题库构建、仿真任务包与变量对照表编制、实验指导书与安全预案编写、过程性材料批阅标准制定等；这些资源具有复用性，可在后续轮次中迭代优化。建议实行理论教师与实验教师的分工协作，采用模板化和版本化管理，逐步积累校本资源，以控制单轮工作量。

7.2. 对实验设备与软件平台的要求

设备方面，需要有满足分组轮转数量的 PLC 调速装置、可靠的输入限幅与保护功能，以及可导出的数据记录接口，工位布局应满足接线、调试和安全操作的需要。软件方面，需要 MATLAB/Simulink 及相应工具箱完成建模、仿真与指标计算，需要学习通承载知识图谱、任务组织与过程数据归档，需要 PLC 编程或组态软件完成参数配置与数据记录。

7.3. 可能面临的挑战与应对策略

结合建设实践，该模式可能面临学习主动性差异、技术平台故障、设备不足、数据质量与教师负担

等方面的问题，需要以相应策略加以应对(表 7)。

Table 7. Main challenges in implementation and coping strategies
表 7. 实施中的主要挑战与应对策略

挑战	主要表现	应对策略
学习主动性差异	部分学生线上任务完成度低，仿真与实物环节参与不均衡	分层任务与学习契约，过程性反馈与同伴互评，组内角色轮换并考核个人记录
平台或网络故障	平台访问中断、数据上传失败、软件授权或兼容问题	本地离线仿真与数据备份，错峰使用与应急预案，关键步骤保留本地记录
设备不足或排队	台套数有限，上机等待时间长，轮转不充分	虚实轮转与仿真补位，预约与错峰安排，未上机小组同步复核仿真
数据质量与真实性	记录格式不统一、数据缺失或异常，个别数据失真	统一变量与列名规范，平台留痕与抽查，答辩与原始曲线核验
教师负担与持续性	首轮资源建设与批阅工作量大，团队协作不足	团队分工与资源共享，模板化与版本管理，纳入教研与绩效激励
认知负荷与安全	任务要求偏多导致注意力分散，接线与调试存在安全隐患	分阶段发布任务并设检查点，前置安全培训与保护程序，教师复核关键操作

8. 结论

本文以知识图谱组织《自动控制理论》的概念、方法与工程任务，依托学习通衔接教学活动和过程评价，结合 PLC 电机调速安排仿真预演、实物轮转与对照分析。建设重点是将抽象知识落实到参数选择和实验解释，在现有设备条件下保留完整的设计与验证训练。当前案例仍较单一，跨对象迁移训练不足；虚实数据依靠文件衔接，诊断与模型修正的人工工作量较大。后续应扩展控制案例，完善实验数据格式与图谱关联，结合跨学期追踪和评分标准校准，改进分层反馈及能力评价。在此基础上，本文将实践经验提炼为“基于知识图谱的工科实践课程混合式教学模型”，以知识层、活动层、证据层和支撑层说明其结构与理论基础，并讨论了模型的迁移条件。对实施层面的分析表明，该模式要求教师具备理论、仿真与实践的综合能力，首轮资源建设投入较大，对设备台套数和软件平台有一定要求；针对学习主动性差异、平台故障、设备不足和数据质量等问题，可采用分层任务、离线备份、虚实轮转和数据规范等策略加以应对。

基金项目

校级智慧课程建设(2025zh05; 2025zh06; 2025zh19)；校级一流课程建设(2024kc10)；云南省高等教育计算机教学研究会教学研究项目(云高计教 202404)。

参考文献

[1] 教育部高等教育司. 教育部高等教育司关于开展新工科研究与实践的通知[EB/OL]. 2017-02-20. https://jwc.lzu.edu.cn/jwc/upload/files/N201703081747O9.pdf, 2026-09-07.

[2] 教育部等九部门关于加快推进教育数字化的意见[EB/OL]. 2025-04-15. https://www.moe.gov.cn/srcsite/A01/s7048/202504/t20250416_1187476.html, 2026-09-07.

[3] 李怡然, 夏元清, 张金会, 等. “双一流”背景下《自动控制理论》课群改革与实践[J]. 控制工程, 2024, 31(9): 1710-1715.

[4] 王晴, 辛斌, 李怡然, 等. “自动控制理论课程设计”递进式教学改革与实践[J]. 实验室研究与探索, 2025, 44(9): 80-185, 197.

[5] 李幸, 朱江南. 人工智能背景下智慧课程建设探究[J]. 教育信息化论坛, 2025(11): 34-36.

[6] 许明明. 工科专业智慧课堂教学模式及路径研究——以《建筑构造》课程为例[J]. 办公自动化, 2024, 29(18): 40-42.

[7] 仉新, 矫健, 杨旗, 等. “课程思政 + 混合式智慧教学 + OBE”协同改革研究[J]. 南方农机, 2026, 57(13): 168-171.

[8] 周文娟, 孙璇. 基于典型生产实践项目的智慧课程教学改革探索——以“电子技术”为例[J]. 新疆农机化, 2026(4): 61-64.

[9] 向玉勇, 文峰, 殷培峰, 等. 基于“超星学习通”的智慧教学探索与实践——以生物化学课程为例[J]. 科技视界, 2026, 16(20): 96-100.

[10] Brown, J.S., Collins, A. and Duguid, P. (1989) Situated Cognition and the Culture of Learning. *Educational Researcher*, **18**, 32-42. https://doi.org/10.3102/0013189x018001032

[11] Garrison, D.R., Anderson, T. and Archer, W. (1999) Critical Inquiry in a Text-Based Environment: Computer Conferencing in Higher Education. *The Internet and Higher Education*, **2**, 87-105. https://doi.org/10.1016/s1096-7516(00)00016-6

[12] Biggs, J. (1996) Enhancing Teaching through Constructive Alignment. *Higher Education*, **32**, 347-364. https://doi.org/10.1007/bf00138871

[13] Sweller, J. (1988) Cognitive Load during Problem Solving: Effects on Learning. *Cognitive Science*, **12**, 257-285. https://doi.org/10.1207/s15516709cog1202_4

[14] 李怡然, 夏元清, 彭熙伟. “目标导向, 分类卓越”实践课程群改革探索——以自动控制理论实践课群改革为例[J]. 实验室研究与探索, 2024, 43(5): 135-139.