

面向农林巡检机器人的《机器人操作系统》PBL教学实践

韩 鑫

长江师范学院机器人工程学院, 重庆

收稿日期: 2026年7月17日; 录用日期: 2026年8月19日; 发布日期: 2026年8月26日

摘 要

针对新工科背景下《机器人操作系统》(ROS)课程存在的知识碎片化、理论与实践脱节、学生内驱力不足等痛点, 本文基于成果导向教育(OBE)与项目驱动学习(PBL)理念, 构建了一套面向真实工程需求的理论与项目实践深度融合教学模式。该模式以“农林巡检机器人”项目为唯一载体, 将ROS课程的全部核心知识点重构为贯穿始终的功能子任务群, 并依托NVIDIA Jetson AGX Xavier嵌入式高性能平台进行实战部署与系统集成。同时, 本文创新性地引入竞赛式评估体系, 将过程性考核与最终项目性能竞赛相结合, 通过高低分排序机制将项目排名与期末成绩直接挂钩, 以强激励机制驱动学生追求系统性能最优。教学实践证明, 该融合模式显著增强了学生的系统集成能力、复杂问题解决能力和学习主动性, 为培养符合智能制造产业需求的复合型机器人工程人才提供了有效途径。

关键词

教学改革, 机器人操作系统, PBL, 融合教学, 竞赛式评估

PBL Teaching Practice in the “Robot Operating System” Course for Agricultural and Forestry Inspection Robots

Xin Han

School of Robotics Engineering, Yangtze Normal University, Chongqing

Received: July 17, 2026; accepted: August 19, 2026; published: August 26, 2026

Abstract

Addressing the pain points of the “Robot Operating System” (ROS) course under the new engineer-

ing background, such as fragmented knowledge, disconnect between theory and practice, and insufficient student motivation, this paper constructs a teaching model that deeply integrates theory and project practice based on the concepts of Outcome-Based Education (OBE) and Project-Driven Learning (PBL). This model uses the “Agricultural and Forestry Inspection Robot” project as the sole vehicle, reconstructing all core knowledge points of the ROS course into a group of functional sub-tasks throughout the course, and relying on the NVIDIA Jetson AGX Xavier embedded high-performance platform for practical deployment and system integration. Simultaneously, this paper innovatively introduces a competition-style evaluation system, combining process assessment with a final project performance competition. A high-score ranking mechanism directly links project ranking with final grades, driving students to pursue optimal system performance through a strong incentive mechanism. Teaching practice has proven that this integrated model significantly enhances students’ system integration capabilities, complex problem-solving abilities, and learning initiative, providing an effective approach to cultivating interdisciplinary robotics engineering talents who meet the needs of the intelligent manufacturing industry.

Keywords

Teaching Reform, Robot Operating System, PBL, Integrated Teaching, Competition-Based Assessment

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

当前，随着新工科建设的深入推进和智能制造产业的蓬勃发展，社会对高素质、复合型的机器人工程技术人才需求日益增长。在此背景下，《机器人操作系统》(ROS)课程作为连接理论知识与工程实践的核心平台课，其教学质量直接关系到学生是否能够掌握机器人系统集成的关键能力[1]。然而，在传统的高校教学模式中，《机器人操作系统》课程普遍存在着理论与实践脱节、知识点碎片化的突出问题[2]。教学往往侧重于讲解 ROS 的话题发布、服务调用、SLAM 算法等单一方法性知识，随后安排孤立的验证性实验，学生虽然能掌握局部功能实现，却难以将这些零散的知识点系统化地应用于复杂的工程项目，导致其对知识的底层逻辑和系统架构缺乏深入理解，学习的熟悉度与记忆点不足，学后即忘的现象较为普遍。这种“理论与方法先行、工程应用滞后”的教学模式，严重制约了学生解决实际工程问题的系统思维和创新能力的培养[3]。

为有效破解上述教学难题，本文以项目驱动学习(PBL)理念为指导[4]，依托当前正在开展的农林巡检机器人这一真实工程项目，对《机器人操作系统》课程的教学模式进行深度改革，旨在打破传统的理论与实验界限，将 ROS 课程的全部核心知识点有机地嵌入到农林巡检机器人的功能需求链条中。学生将以小组为单位，通过针对性的编程实现自主导航、环境感知等功能子任务，将原本孤立的话题、服务等功通过项目需求编程串联起来，形成完整的系统集成能力。同时，为解决学生学习动力不足的问题，本文将引入分组竞赛式评估体系，通过设置严格的性能指标和最终的项目比赛排名，实现高低分排序的差异化考核，以高效激励学生主动探索更加贴近项目需求的解决方案，从而大幅提升其学习积极性和工程创新实战能力。

本文的目的是构建并实践一套面向真实工程项目需求的《机器人操作系统》理论与项目实践深度融合教学模式，并对基于竞赛机制的多元化评估体系进行探索与验证，旨在为机器人工程及相关专业的课

程改革提供一套具备较高可行性和应用价值的参考方案,切实提高新工科背景下人才培养的质量与效率。

2. 教学模式设计

2.1. 理论基础与相关研究综述

本文旨在构建一套面向真实工程需求的《机器人操作系统》融合教学模式,其顶层设计与操作路径紧密依托于建构主义学习理论、情境学习理论以及成果导向教育(OBE)的核心观点。

1) 理论根基: 情境学习与认知建构。

建构主义理论强调,知识不是通过教师传授被动获取的,而是学习者在一定的情境即社会文化背景下,借助他人的帮助,利用必要的学习资料,通过意义建构的方式而获得。情境学习理论进一步指出,学习本质上是“合法的边缘性参与”,工程能力的生成必须源于“真实实践共同体”中的工作任务[5]。传统 ROS 教学之所以出现“学后即忘”的知识碎片化现象,根本原因在于脱离了真实机器人的应用情境。本文将“农林巡检机器人”这一真实横向科研与工程项目作为唯一载体,正是为了给学生提供一个具有高真实度、高复杂性的“实践共同体”情境,使学生在解决底盘通信、导航避障等实际挑战中,主动完成对 ROS 分布式通信机制和架构理念的深度认知建构。

2) 国内外类似研究对比与本研究的痛点突破。

近年来,国内外学者在机器人与新工科课程的 PBL 教学方面进行了诸多有益探索。国外高等工程教育普遍推行基于项目式的微团队开发,但其往往依赖学生的极高内驱力,且多数项目停留于 Gazebo 纯虚拟仿真层面,缺乏在恶劣物理环境下跨硬件算力分配的实战磨砺。国内同类课程改革虽然引入了 PBL 或 CDIO 工程理念[6],但审视现有文献发现,普遍存在两大瓶颈:一是“项目情境虚化”,多采用机械臂抓取、智能小车循迹等玩具式或标准化实验套件,工程容错率高、挑战度低,难以对标新工科背景下的高精尖产业需求;二是“PBL 评估失灵”,在传统分组项目教学中,普遍存在“社会懈怠”与“搭便车”现象,且由于缺乏有效的竞优激励,导致学生最终只追求“代码能跑通、项目能及格”的底线思维,难以激发尖端工程创新潜能。

2.2. 设计思路

针对《机器人操作系统》课程中知识点碎片化、理论与实践脱节的痛点,本文提出了以真实工程项目为载体的“理论-实践”深度融合模式。该模式的逻辑架构为“以工程项目为核心、以内容重构与竞赛评估为双重支撑”的系统化教学框架:

核心工程载体:本课程将正在筹备的“农林巡检机器人”真实工程项目作为唯一的、持续性的教学主体。该项目具有功能需求复杂、技术集成度高、应用场景真实的特点,能够天然地将 ROS 的通信机制、导航、感知、控制等核心知识点有机串联。教学不再是知识点的线性灌输,而是围绕“底层运动控制-复杂环境感知-自主规划决策”这一工程总体目标展开。学生必须将主题(Topic)、服务(Service)、坐标变换(TF)、SLAM 等核心知识作为实现特定巡检功能的工具与手段,而非孤立的理论概念,从根本上解决知识碎片化问题,强化自身对关键技术的具体场景应用与工程记忆。

双向协同支撑:该框架依靠“结构化的内容重构”与“强激励的竞赛评估体系”提供双向驱动支撑。一方面,在课程内容路径上实施模块化重构。将传统的课程大纲解构并重组为难度递进的子项目功能模块,如“底盘驱动与通信实现”、“高精度环境建图”、“自主路径规划”等,每个模块均以明确的项目阶段性成果为导向。另一方面,在学习动力机制上引入强激励的竞赛评估体系。为最大限度激发学生的主动探索与创新潜力,课程将传统的分数制考核转化为分组竞赛式评估——在期末设置“农林巡检效率挑战赛”,根据各小组的项目实现完整度、系统综合性能进行量化排名,并将竞速与性能排名直接贴合

期末综合成绩的高低分层。这一外部激励机制能有效打破学生在传统实验中“只求跑通、不求最优”的被动状态，督促其深入钻研代码优化与系统调参。

这种基于真实工程载体的闭环教学模式，不仅能够有效提升学生对 ROS 知识体系的掌握深度，其最大优势在于能够系统培养学生在复杂工程环境下的系统集成能力与团队协作工程素养[7]。在分组研发与竞赛对抗的过程中，学生自然经历需求分析、技术选型、代码版本管理(Git)、跨模块接口协调等规范化工程流程。同时，竞赛驱动的评估体系赋予了学生主动追求卓越的驱动力，使课程实践真正成为培养创新型、应用型高素质机器人工程人才的有效路径。

3. “理论 - 实践融合” 教学模式具体实施

3.1. 教学内容重构与项目化分解

本文的核心在于打破传统理论知识点与独立实验的界限，将《机器人操作系统》课程内容彻底重构为以农林巡检机器人项目为中心的、难度递进的功能子任务群。这种重构策略将 ROS 的核心知识点转化为实现特定工程功能的工具与手段，使学生在实践中主动将话题、服务等通信机制进行编程串联，深刻理解 ROS 作为系统集成框架的价值[8]，将巡检机器人从零搭建到完成任务的全流程，划分为四个相互关联的阶段性子项目，具体对应关系如表 1 所示。

Table 1. Reconstruction of project teaching content of “Robot Operating System” course
表 1. 《机器人操作系统》课程的项目化教学内容重构

教学阶段	项目功能实践	核心理论知识点	预期成果/技能
I. 基础通信与系统构建	AGX Xavier 嵌入式平台 ROS 环境配置；底盘驱动节点的开发与控制；传感器数据流(IMU/里程计)的发布。	ROS Master/Node 架构；Topic/Service 通信机制与消息定义；URDF/XACRO 机器人建模；Linux/C++/Python 基础编程。	在高性能嵌入式主机上搭建稳定 ROS 环境，实现机器人底层硬件驱动和数据通信。
II. 环境感知与自主定位	激光雷达/深度相机数据采集与处理；农林环境的 SLAM 算法应用；机器人实时位姿估计。	TF (坐标变换)原理与应用；Sensor Msg 数据类型；Gmapping/Cartographer 等主流 SLAM 算法原理；滤波理论(如 EKF/Particle Filter)。	生成农林非结构化环境高精度地图，实现机器人在地图中的准确实时定位。
III. 智能决策与导航控制	基于地图的自主导航实现；定点播种任务的精确路径规划；复杂环境下的动态人机跟随功能实现。	Navigation Stack 导航堆栈(AMCL/move_base)；全局/局部路径规划算法(如 A*、DWA)；代价地图(Costmap)配置与优化；运动控制器(如 PID)原理。	实现机器人自主避障、路径规划及定点、跟随等高级运动控制策略。
IV. 系统联调与集成优化	机器人视觉节点(如目标识别)与 ROS 系统融合；多功能模块联调；巡检系统性能调优。	ROS Bags 数据记录、回放与分析；ROS-AI 融合框架(如 Darknet ROS)；多线程编程与系统鲁棒性设计。	农林巡检机器人系统稳定运行，所有功能集成并达到竞赛性能指标要求。

3.2. 虚实结合教学平台构建

高质量的实践平台是支撑理论与项目深度融合的关键。本文构建了由“虚拟仿真环境”和“实体嵌入式平台”构成的虚实结合教学平台。在虚拟仿真环境中，使用 Gazebo 和 Rviz 搭建了简化的农田/林地模型，允许学生在无硬件依赖的条件下，对算法逻辑进行快速迭代与调试，显著降低了开发初期的时间成本。

实体机器人平台则以硬件投入作为保障，极大提升了实践的真实性和挑战性。为确保农林巡检机器人的边缘计算能力能够满足复杂的 ROS 功能需求，配置了 8 套 NVIDIA Jetson AGX Xavier Developer Kit 作为机器人的高性能嵌入式计算单元。这些 AGX Xavier 平台被搭载在移动底盘上，作为 ROS 系统的核心主机。在实践教学中，学生小组直接在 Xavier 平台上安装并配置 ROS 系统，运行自己编写的节点程

序, 通过其强大的异构计算能力, 实现定点播种、人机跟随等对算力要求较高的功能。8 套设备的投入, 确保了学生小组能够进行充足、独立的实战操作, 将仿真验证的代码无缝迁移到高性能实体平台, 直观感受嵌入式系统在实际机器人应用中的性能表现和工程挑战。

3.3. 课堂组织与分组实践流程

课堂组织严格遵循 PBL 的实施逻辑, 以学生为中心, 实行分组协作与竞赛驱动模式。将学生划分为若干项目小组, 并为每组分配相应的 AGX Xavier 嵌入式平台。教学活动围绕项目子任务展开: 教师首先导入特定的工程需求(如: 要求机器人在农田中实现避障建图), 并精讲实现此需求所必需的 ROS 理论。随后, 学生小组利用虚拟环境进行初始方案设计与代码编写, 并在 AGX Xavier 实体平台上进行实战部署与联调测试。在实践过程中, 教师作为技术指导, 侧重于引导学生解决在嵌入式系统上进行跨硬件、跨模块集成时遇到的实际工程问题。项目实施的每个阶段都设置阶段性功能演示与评审, 确保各小组的功能模块能够顺利集成, 为最终的项目竞赛打下坚实基础。这种分组实践模式不仅培养了学生的工程实战能力, 也极大地锻炼了他们的团队协作与沟通能力, 是理论向工程能力转化的关键环节。

4. 竞赛式评估体系设计与应用

传统的《机器人操作系统》课程评估模式, 主要依赖于理论闭卷考试和独立实验报告, 其弊端在于无法有效评估学生在真实工程场景下的系统集成能力、团队协作效率及创新性解决问题的能力。这种单一的评估方式, 与新工科对人才提出的成果导向(OBE)要求严重不符, 且在实践中缺乏必要的强激励作用, 导致学生在实践环节中普遍存在“只求合格, 不求最优”的心态[9]。为配合“理论-实践融合”教学模式的实施, 本文建立了以工程成果为导向、过程与结果并重的竞赛式评估体系。这一体系的设计目标是: 将期末考核从静态的知识测验转变为动态的项目性能挑战赛, 充分发挥竞争机制的驱动作用, 确保评估结果与学生的实际工程能力高度匹配。

4.1. 基于布鲁姆分类学与 Rubric 量规的评估体系构建

为解决传统评估中“知识与能力脱节”、“评价标准模糊”的问题, 本研究引入布鲁姆教育目标分类学(Bloom’s Taxonomy of Educational Objectives), 将高阶认知能力(分析 Analyze、评价 Evaluate、创造 Create)与真实工程素养深度绑定, 构建了“过程-成果”双维驱动的评估模型。体系由过程性评估(权重 40%)和成果性竞赛评估(权重 60%)共同构成。

(1) 过程性评估与 Rubric 评分量规设计

过程性评估专注于工程能力的养成轨迹。为克服传统观察评分的综合印象偏差和主观性, 本课题设计了结构化的分析性评分量规(Analytic Rubric)。该量规将布鲁姆认知目标的层次映射到具体的 ROS 工程行为中, 分为“优秀、良好、合格、待改进”四个评价等级, 明确了教师与同行互评(Peer Review)的客观基准, 具体细则如表 2 所示。

Table 2. Process evaluation system based on bloom’s target taxonomy and rubric gauge (weight 40%)
表 2. 基于布鲁姆目标分类学与 Rubric 量规的过程性评估体系(权重 40%)

评估 维度	布鲁姆 认知层级	优秀(90~100 分)	良好(75~89 分)	合格(60~74 分)	待改进(<60 分)
模块实现 与代码 质量 (20%)	应用 (Apply)/ 分析 (Analyze)	Node 通信零丢包; 架构采用 模块化与低耦合设计; 善用 OOP, 参数可动态配置; 注释率 > 30%。	通信顺畅; 代码结构 较清晰; 部分参数硬 编码; 有基本注释, 存在少量冗余代码。	基础功能跑通; 存在局部 节点阻塞或通信延迟; 代码结构较凌乱, 缺少 规范注释。	无法在 Jetson AGX 平台 独立跑通基础节点; 存在 严重语法或逻辑错误; 出现严重内存泄漏。

续表

团队协作与工程文档 (10%)	评价 (Evaluate)	使用 Git 进行专业版本控制, 提交规范; 成员分工明确; 技术文档遵循 IEEE 规范, 架构图与调试日志完备。	有进行基本的版本迭代; 分工较明确; 文档包含需求、设计与结论, 结构完整。	依赖线下或单一压缩包上传代码; 有分工但存在“搭便车”现象; 文档较为粗糙。	无版本控制记录; 团队协作断裂, 一人独包或无人推进; 文档严重缺失或抄袭。
技术路演与答辩 (10%)	创造 (Create)/评价 (Evaluate)	陈述逻辑严谨, 能精准剖析 Jetson 平台的算力分配等技术瓶颈; 答辩能深入底层原理并提出建设性对策。	表达清晰, 能阐明系统方案; 对常见问题的对策较为准确, 但对对底层的深度认知。	仅能按 PPT 宣读基础流程; 对跨模块接口调优等问题的回答停留于表层; 应对显勉强。	概念混淆, 无法解释自编代码的逻辑; 对基本概念 (如 TF 树、SLAM 调参) 答非所问。

(2) 成果性评估的非线性函数映射与公平性论证

成果性评估以期末“农林巡检效率挑战赛”的客观综合实测指标为依据。在对各组进行综合实测打分并得到排名极值后, 传统“按名次等差扣分”的线性映射方法往往会导致中游梯队缺乏激励以及底层梯队分数极低。

为保障评估的公平性与区分度, 本文创新性地引入基于改进 S 型函数的非线性排名 - 成绩映射模型。将队伍的竞赛客观排位百分比 $x\left(x=\frac{r-1}{N-1}\right)$, 其中 r 为名次, N 为小组总数, 第一名 $x=0$, 末位 $x=1$) 映射至对应的成果性综合分数 $S(x)$, 其数学函数定义如式(1)所示:

$$S(x)=S_{\min}+\frac{S_{\max}-S_{\min}}{1+e^{k\cdot(x-x_0)}}$$

(1)

式中, 参数设置赋予了该评价函数鲜明的工程教育导向: 界限约束: 设上限 $S_{\max}=100$, 下限 $S_{\min}=60$ 。此设计确保了只要小组在前期完成基础模块调试并进入最终竞赛, 哪怕综合排名居于末位, 也均可获得及格以上的底线分数, 有力保障了教育评估的公平性与基本目标达成。拐点与区分度控制: 设定中位拐点 $x_0=0.5$, 曲线斜率调控系数 $k=6$ 。

该非线性映射机制确保公平与区分度的学理依据在于: 中段高敏感区提升区分度: 在 $x\in[0.25,0.75]$ 的中游广阔区间, 非线性函数导数绝对值较大, 分数对排名变化极其敏感。这意味着居于中游的队伍, 哪怕在其巡检导航精度或代码算法上微调提升一个位次, 其综合考核得分即可迎来 5~8 分的显著跃升, 极大地解决了传统课改中处于中游学生“懒于竞争、安于现状”的痛点, 构建了强大的中部竞争区分度。两端平缓区保障激励与公平: 在头部($x<0.2$)与尾部($x>0.8$)区域曲线平缓。对尖子队伍而言, 保障了卓越团队均能稳固获得 95+ 的高分赞赏; 而对遇到偶发性硬件故障等非技术性意外的末位队伍, 该非线性衰减能实现“底分软着陆”, 避免一次严重失误造成毁天灭地的分数落差, 深刻体现了过程导向教育中竞争与包容并存的教学公平性。

4.2. 动态反馈与持续改进机制

竞赛式评估体系并非单纯的打分工具, 它同时肩负着教学反馈的职能。竞赛结束后, 教师将对各小组的系统设计、代码架构和性能指标进行详细的点评与横向比较。学生将获得一份包含自身排名、各项指标得分和优秀小组对比分析的综合评估报告。这种反馈机制能够帮助学生清晰地认识到自身在系统集成、算法优化等方面的优势与不足, 并为教师后续调整教学内容、增加针对性辅导提供准确的数据支撑, 形成“评估 - 反馈 - 改进 - 再评估”的教学质量持续提升闭环。

5. 结语

本文基于新工科背景下高素质复合型机器人工程人才培养的迫切需求, 构建并实践了面向“农林

巡检机器人”项目的理论与实践融合教学模式及竞赛式评估体系。实践表明,该模式有效解决了核心课程中长期存在的知识碎片化、理论与实践脱节及学生自主动机不足等教学痛点。审视此次教学改革的整体逻辑,本研究不仅提供了一门具体课程的创新实施方案,更试图跳出单一课程经验的局限,将具体的教改实践升华提炼为具备普遍适用价值的工程教学设计范式,从而实现理论与实践双重层面的探索贡献。

结合本文的教学实践经验,针对新工科体系中系统集成类与高复杂性应用类课程的共性特征,本研究进一步提炼出具有一般意义与推广价值的“情境-重构-竞评”通用教学设计模型。该模型由三个紧密耦合的核心维度共同构成。首先是真实情境载体维度,该维度要求课程教学必须摒弃虚拟化、标准化的传统实验设定,坚持以科研或产业中的真实工程项目作为唯一核心,为学生提供包含实际算力约束与复杂的物理环境干扰在内的真实工程基础,使其成为认知建构的承载平台。其次是任务阶梯重构维度,该维度强调以完整的工程系统集成链条来反向解构学科知识,将原本分散的底层工具、通信机制与规划算法有机映射到难度递进的模块化子项目之中,实现理论教学与实战研发的无缝对接。最后是非线性竞评驱动维度,该维度主张将传统的静态合格性评估转变为动态的项目性能竞技,通过引入过程量规进行基础素养兜底,并依托改进的非线性函数映射期末竞赛实测数据,构建出既有底线保障又具高区分度的动力闭环。这一通用模型打破了传统教改对具体学科内容的依赖,为《工业机器人应用》《人工智能工程基础》等广大相关课程群提供了系统化的教学改革范式参考。

在理论上,本研究首先拓展了情境学习理论在现代工科教学中的应用边界,证实了在高难度、高算力需求的工程实践共同体中,将学习者的合法边缘性参与深度升级为软硬件全栈开发与系统优化时,其对复杂底层架构的认知同化与顺应效率呈现出显著的飞跃。本研究还在理论层面揭示并改善了传统项目驱动学习中的动力学困境,构建了项目协同学习与非线性竞评耦合的驱动机制,从学理上厘清了由外在竞争压力转化为内生学术探究动力与系统工程思维的演化路径。在实践上,本研究输出了一套完备且可复用的核心高阶专业课改造落地标准,其包含的内容重构路径、高性能异构计算实验平台搭建规范以及分层量化评估工具,对于相关兄弟院校开展课程工程化改造具有直接的借鉴价值。本研究探索出了一条产教深度融合与科研反哺教学的人才培养新闭环,使学生在高校课堂和实验室中所获得的系统集成、算法优化及复杂环境抗扰调参能力,能够真正与当前智能制造及机器人产业的前沿用人需求实现无缝衔接。

基金项目

长江师范学院项目式课程建设项目(项目编号:PX-1726576)。

参考文献

- [1] 王睿,陈阳,杨彪,等.新工科背景下智能机器人相关课程融合多传感器技术的教改研究[J].科技风,2025(27):98-100.
- [2] 何德东,罗永明,李艳红,等.“新工科”与“人工智能”背景下工业催化基础课程教改[J].化工管理,2025(6):18-21.
- [3] 李庆玲,李亚男,卜沁文,等.基于移动机器人的“机器人操作系统”课程教学探索[J].教育教学论坛,2025(39):5-8.
- [4] 毕亚军,周彤.基于“图谱树+PBL”的EDA技术实践课程体系重构:从知识到工程能力的转化[J].科技风,2025(34):31-33.
- [5] 尹晓燕,马骁,胡丹,等.基于OBE理念与新工科背景的建筑学实践教学评估[J].山西建筑,2025,51(24):185-189.
- [6] 张燕.新工科背景下基于CDIO工程教育理念的智慧课堂教学方法研究与实践——以机器人认知实践课程为例[J].家电维修,2025(12):32-34.
- [7] 许素贞.数学建模竞赛启发下“高等数学”课程教学改革探索与实践——以工业机器人技术专业为例[J].科技风,

2025(34): 75-77.

- [8] 丁宏钰, 胡晓龙, 印四华, 等. 基于人形机器人产品的机械设计基础课程教学改革与探索[J]. 时代汽车, 2025(23): 50-53.
- [9] 朱通. 基于新双高计划的工业机器人技术课程改革——职业能力导向的教学模式研究[J]. 家电维修, 2025(11): 59-61.