

人形机器人赋能常微分方程课程教学改革

侯致武,张东东,胡 哲
(延安大学西安创新学院,陕西西安 710100)

[摘 要]针对常微分方程教学中理论与实践脱节的问题,以人形机器人技术为教学载体,开展教学改革。基于建构主义与具身认知理论,对课程的教学内容、方法、工具及评价体系进行了全方位重构。课程重点选取机器人运动控制、平衡调节等典型场景作为建模案例,构建了理论建模、数值仿真、实践应用的三阶教学流程。通过项目驱动与混合式教学有机结合,引导学生完成从问题分析到模型优化的全流程训练。该方案有效提升了学生的工程实践能力和创新思维水平,为数学类课程与前沿技术的交叉融合教学提供参考。

[关键词]人形机器人;常微分方程;教学改革;项目驱动教学;跨学科融合

[中图分类号] TP242; O175.1-4; G642.0 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 2096-711X(2026)13-0139-03
doi:10.3969/j.issn.2096-711X.2026.13.047 **[本刊网址]** <http://www.hbxb.net>

常微分方程作为描述动态系统与连续变化过程的核心数学工具,在机器人控制、人工智能、航空航天等现代工程领域中广泛应用。然而,当前高校常微分方程课程教学与新工科人才培养要求存在脱节现象,普遍呈现出理论教学与实践应用脱节、解析方法与数值思维失衡、知识传授与能力培养错位的结构性矛盾。在此背景下,学生往往虽能掌握各类方程的求解方法,却难以灵活运用数学工具对真实工程问题实施建模,导致课程内容与前沿技术发展之间形成明显断层。

人形机器人作为多学科交叉的前沿技术,其运动控制、平衡维持与多关节轨迹规划等关键问题,本质上都依赖于常微分方程系统的建模与控制。这一特点使其成为常微分方程教学改革理想“具身化”平台。将人形机器人引入课堂,并非仅作为孤立的教学示例,而是构建一个“理论可见、模型可动、结果可感”的沉浸式学习环境,引导学生在“设计、验证、优化”的递进过程中,切实体会数学理论的工程内涵。本文借鉴了人形机器人融入课程教学的相关经验,结合常微分方程课程的学科特性,构建一种以项目为主线、以机器人为载体、以能力提升为核心的新型教学模式,并为理工科基础课程的跨学科改革提供可操作、可验证的实践路径。

一、课程教学现状与融合可行性分析

(一)教学现状剖析

1. 应用场景薄弱,学生动机不强

目前教学内容仍主要围绕各类方程的求解方法展开,未能与机器人学等现代科技领域建立有效连接。学生难以理解课程知识的实际用途,例如无法将阻尼振动方程与机器人关节的减震控制等现实问题关联,导致学习目标模糊、内在驱动力不足。

2. 教学手段局限,概念理解困难

课堂中多依赖静态函数图像进行展示,难以动态呈现如“参数摄动对系统稳定性的影响”这类核心概念。因此,学生对“解的稳定性”“临界阻尼”等内容的理解多停留在公式层面,未能形成直观的物理感知与系统思维。

3. 评价机制单一,制约创新能力

现行课程评价体系过度侧重计算熟练度的机械考核,期末考试占比高达60%,这种设计存在严重偏颇。实际上,新工科背景下常微分方程的应用场景更强调数值计算、建模能

力和工程实践,但现有评价标准对这些核心能力的考查严重不足。学生的综合表现难以被客观评估,其创新思维与解决复杂工程问题的能力也难以得到有效衡量。

(二)人形机器人作为融合载体的独特优势

人形机器人作为课程教改载体,兼具具身化、强交互、高度集成特性,学生可通过调参观察其运动变化,在“参数调优、行为反馈”闭环中深化理论理解。一个完整的人形机器人项目,融合了从一阶系统、二阶系统到微分方程组的常微分方程知识结构,成为贯穿课程的理想综合性教学平台。

二、教学改革核心方案设计

(一)教学内容的重构

围绕常微分方程核心知识点,结合人形机器人技术需求,重构“模块化、场景化”教学内容,将抽象数学理论转化为可感知工程问题,具体教学单元设计如下:

1. 一阶系统与速度控制

本单元对应一阶线性微分方程的求解及解的存在唯一性理论,以人形机器人关节角速度调节为应用场景。学生通过建立关节角速度随时间变化的方程,分析稳态速度及阻尼系数对收敛速度的影响,从而掌握一阶系统建模、求解及其在机器人运动控制中的应用能力。

2. 二阶系统与平衡控制

本单元围绕二阶常系数线性方程、解的稳定性与阻尼状态展开,着重探讨人形机器人单腿站立平衡场景。学生通过建立重心位移方程,区分欠阻尼、临界阻尼和过阻尼状态,并通过参数调整优化机器人平衡稳定性,理解解的稳定性在实际控制系统中的工程意义。

3. 微分方程组与协同控制

本单元聚焦线性微分方程组求解、耦合系统解耦技术,以人形机器人双臂协同搬运为应用场景,通过建立关节角耦合方程组引导学生分析多关节运动同步控制;助力学生掌握线性微分方程组建模与求解方法,理解多变量系统耦合特性,具备解耦优化协同控制的实操能力。

4. 边值问题与轨迹规划

本教学单元围绕二阶常微分方程边值问题及欧拉法、龙格-库塔法等数值解法,以人形机器人直线轨迹跟踪为应用场景,引导学生基于边界条件建模求解以实现平滑运动,助

收稿日期:2026-2-6

基金项目:本文系延安大学西安创新学院“人形机器人+课程”教学改革研究专项项目“智能人形机器人与常微分方程教学融合的课程创新研究”(项目编号:2024YKG17)和延安大学西安创新学院教学质量工程项目“数学建模竞赛教学团队”(项目编号:JXTD2502)。

作者简介:侯致武(1985—),男,陕西横山人,延安大学西安创新学院副教授,博士,主要从事微分方程、数学建模及教育管理研究。

力学生掌握相关数值解法、设计边界条件,理解其在机器人运动规划中的优势。

(二)教学方法创新

结合人形机器人的交互性与可视化特点,突破传统“教师讲、学生听”的模式,设计“理论讲解、仿真演示、实践探究”三维互动教学方法。

利用 Mathematica、MATLAB 等数学软件与 Webots 等机器人仿真平台联动进行可视化动态演示。教师在讲解“二阶阻尼振动”时,可同步绘制不同阻尼系数下的解曲线,并在仿真平台中调整机器人腿部参数,让学生直观看到“数学解”与“物理运动”的实时映射关系,将抽象概念具象化。

课程将学生分为 3~4 人小组,围绕“人形机器人轨迹规划与控制”主题,开展贯穿整个学期的项目式学习(PBL)。学生需依次完成从任务分析、模型建立、数值求解、仿真验证到参数优化的完整流程。例如,在实现“机器人在 5 秒内从 A 点平滑移动至 B 点”的任务中,学生需要自主推导轨迹方程、设置边界条件、选取适当数值方法,并通过仿真调试优化。该过程充分体现了“在做中学”的建构主义教学理念,也培养了学生的跨学科思维能力。

(三)教学工具升级

针对民办本科院校学生编程基础参差不齐的特点,设计了一套面向“常微分方程—机器人仿真”教学的 Python 工具包。该工具包内置了“一阶速度控制”“二阶平衡控制”等典型场景的代码模板,学生只需修改转动惯量、阻尼系数等关键参数即可完成仿真实验。工具包还集成了 Matplotlib 可视化模块,能够自动生成数值解曲线与对应的机器人运动轨迹动画。当模型出现无解或超出物理约束时,会自动弹出针对性提示信息,帮助学生快速定位问题,提高调试效率。试点数据显示,使用工具包的班级建模题正确率较传统班级提升 15%,85% 的学生反馈降低了仿真操作门槛。

基于超星学习通和智慧树等主流在线教学平台,构建了智能化课程教学资源库。资源库包括机器人运动原理短视频、ODE 知识点微课等在内的理论预习材料;同时提供仿真平台操作视频、编程工具包使用教程,以及精选的优秀项目案例集等实践指导资源。平台还设置了“每周一题”互动环节,鼓励学生在讨论区留言交流,并由教师定期参与答疑。该资源体系有效支持学生的自主探究与个性化学习,逐步形成了线上线下相结合的弹性学习环境。

(四)评价体系的优化

本课程重构了评价模式,以成果导向教育(OBE)理念为指导,建立了涵盖“学习参与度、建模应用能力、线上学习、综合考核”四个维度的新体系。新体系突破了“期末考定成绩”的局限,将评价焦点从单一考试成绩,转向了对学习全过程与学生综合能力发展的持续追踪与评估。

1. 过程参与度(权重 15%)

主要考核学生在课堂讨论、仿真操作及小组协作中的实际参与情况。考核方式结合教师记录(如发言次数、操作熟练度等)和小组互评,评价导向在于激励学生积极参与课堂互动并提升团队协作能力。

2. 建模应用能力(权重 35%)

侧重对学生项目报告、阶段任务完成情况以及模型优化成果的综合评估。考核采取教师评分(关注模型合理性、求解正确性与优化效果)与答辩评审相结合的方式,目的在于评价学生综合运用知识解决实际问题的能力与创新思维水平。

3. 线上学习(权重 10%)

主要基于学生在课前预习资源完成度、在线讨论参与情况及平时作业表现进行评价。依托平台数据记录(如视频观看时长、作业正确率等)进行考核,旨在引导学生形成良好的自主学习习惯。

4. 综合知识(权重 40%)

通过闭卷考试形式,全面检验学生对理论概念、建模方法及数值计算等知识的掌握程度。考试内容包括 30% 的理论题和 70% 的建模应用题,重点评价学生的理论基础与数学建模思维能力。

三、方案实施思路

在前期准备阶段,组织数学教师参加机器人仿真平台培训,邀请机器人专业教师共同开发教学案例与项目任务;完成轻量化仿真工具包的开发与测试,上传线上预习资源至学习平台,制定项目评分标准;开学第一节课介绍“人形机器人+常微分方程”的教学模式,发放项目任务书,指导学生组建小组,同时开展 1 次 Python 基础与仿真平台入门辅导。

在课堂教学环节,课程将机器人应用场景与理论知识讲授紧密结合。例如,从“机器人关节速度调节”这一具体问题出发,自然引入一阶线性常微分方程的概念,着重解析如何从工程现象中提炼并建立数学模型。教师通过实时调整方程参数、同步演示机器人运动状态的变化,引导学生总结内在规律;学生则借助专用工具包自主修改参数、运行仿真并记录分析,教师随堂进行个性化指导与答疑。

在课后拓展阶段,每月安排 1 次线上小组会议,教师答疑项目中遇到的建模或仿真问题;举办“人形机器人轨迹规划大赛”,以“方程建模合理性、轨迹平滑度、仿真效果”为评分标准,获奖小组可获得平时成绩加分。以赛促学,并为学有余力的学生提供进阶挑战任务。

为适配学生编程基础差异,课程设置了可自主选择的基础版、进阶版项目,基础版提供预设模板供修改关键参数完成基础任务,进阶版鼓励自主编写建模与仿真代码以提升综合能力;教学中以人形机器人为数学原理的工程载体,始终聚焦常微分方程建模思想与求解方法的核心教学目标,将机器人技术讲解的课堂占比严控在 15% 以内,避免偏离数学本质。同时,课程于学期末采用问卷调查与同行评议相结合的方式系统收集反馈,基于反馈分析结果进行针对性调整下一轮教学的案例设计与项目任务,如引入“机器人避障中的 ODE 建模”等挑战性场景,构建教学改进的闭环体系。

四、预期教学效果

(一)学生层面

通过机器人“具象化载体”,减少学生对常微分方程的“抽象恐惧”,激发主动探索的兴趣。训练其从实际工程问题中提炼数学模型并求解应用的系统性思维,强化建模与跨学科能力。让其提前感知数学理论在机器人控制等前沿领域的具体应用,为后续专业课程奠定知识与思维基础。试点数据显示,学生期末建模题平均分较传统班级提升 18%,跨学科项目参与率从 35% 增至 72%。

(二)教学层面

形成一套成熟的“常微分方程—人形机器人”教学案例库、仿真工具包与课程实施方案,推动数学基础课程从“理论导向”向“能力导向”的范式转变,并加强数学与工程学科的交叉融合,为同类课程的改革提供可复制的实践范例。

五、结语

为应对新工科对基础课程提出的实践性要求,将人形机器人技术引入常微分方程课程教学。通过构建“理论、仿真、实践”的教学体系,实现了教学内容重构、教学方法创新、教学工具升级、评价机制优化的系统性改革,逐步构建起以数学原理为根基、工程实践为导向的教学新模式。同时试点中也发现需持续完善的方向,如编程基础薄弱学生的进阶任务参与度不足,需补充分层辅导与个性化答疑等。在学生评教中,85% 的学生表示这种教学模式有助于理解抽象的数学概念,78% 的学生反馈其跨学科应用能力得到明显提升,这一成果为新工科背景下数学课程的改革提供了可借鉴的实践范式。

(下转第 149 页)

[4] 毕肖林, 吴亮, 欧春艳, 等. 人工智能赋能“生物药剂学与药物动力学”课程思政建设与实践研究[J]. 科教文汇, 2025(22): 65-69.

[5] 丁俭, 夏兴川, 赵雪勃. 人工智能赋能材料加工原理课程思政教学探索[J]. 中国教育技术装备, 2025(21): 120-122.

[6] 赵文霞, 关亚楠, 韩静. 数智融合思政赋能大气污染控制工程课程建设与实践[J]. 科教导刊, 2025(31): 49-51.

[7] 卜文娟, 赵耘田, 舒辉, 等. AI赋能的计算机网络课程思政建设[J]. 计算机教育, 2025(10): 174-178.

[8] 段绪旭, 张鹏, 杜太利. 数字赋能视域下课程思政体系的构建与实践[J]. 大学, 2025(32): 193-196.

[9] 林纯, 彭志娟, 徐一鸣, 等. 数字逻辑电路课程思政教育的AI赋能路径研究[J]. 大学教育, 2025(18): 115-118.

Research on the Intelligent Education Model of AI-empowered Ideological and Political Map of Science and Engineering Courses

DU Hong, YANG Yi, WANG Yu-han
(Chongqing University of Technology, Chongqing 400054, China)

Abstract: In order to actively respond to the national education digitalization strategy and improve teaching quality, artificial intelligence (AI) has provided a new path for the deepening and innovation of ideological and political education in science and engineering courses. An intelligent education model empowered by AI has been constructed to address the current issues of poor integration mechanisms, superficial technology applications and fragmented education models. This model achieves intelligent mining and precise mapping of ideological and political elements through knowledge graph and AI technology, and designs a “personalized interactive” teaching model covering the entire teaching process, promoting the refinement and intelligence of value guidance. The practice of taking the course of “Digital Electronic Technology” as an example shows that this model can effectively promote the deep integration of ideological and political education with professional teaching, improve the effectiveness of education, and provide feasible solutions for the systematic reform of ideological and political education in science and engineering courses.

Key words: AI-empowered; science and engineering courses; ideological and political map; intelligent education

(责任编辑: 章樊)

(上接第140页)

参考文献:

[1] 赵爱亮, 吴祥标, 王兴涛. 常微分方程课程教学改革浅析[J]. 遵义师范学院学报, 2025, 27(4): 101-103, 109.

[2] 邹佩. 微分方程中的数学建模实例分析[J]. 科技风, 2024(5): 43-45.

[3] 贺俊波, 董斌. 人形机器人赋能展示设计创新实践[J]. 科技风, 2025(27): 1-3.

[4] 王海军, 王沛雪, 刘雨雨. 人形机器人技术融入“数字电子技术”教学改革研究[J]. 科技风, 2025(28): 62-64.

[5] 夏跃华. 以数学建模思维促进常微分方程教改[J]. 内江科技, 2023, 44(12): 112-115.

[6] 李婷. 人形机器人技术在大学物理实验教学中的应用研究[J]. 科技经济市场, 2025(2): 37-39.

[7] 陈天兰. 金课视阈下常微分方程课堂教学的深度优化策略[J]. 山西青年, 2025(4): 151-153.

[8] 王宁, 孙晓玲. 课程思政背景下常微分方程的软件辅助教学[J]. 合肥师范学院学报, 2023, 41(6): 101-105.

[9] 祝学亮, 刘卫旗, 张换换. “工程制图”课程教学改革研究——基于人形机器人技术的跨学科融合实践[J]. 喀什大学学报, 2025, 46(6): 87-93.

[10] 赵鑫. 成果导向教育理念在应用数学中的应用[J]. 黑龙江科学, 2019, 10(11): 70-71.

[11] 陈尹刚. 数学建模在常微分方程中的应用[J]. 湖北开放职业学院学报, 2019, 32(6): 103-104, 111.

Humanoid Robots Empower the Teaching Reform of Ordinary Differential Equation Courses

HOU Zhi-wu, ZHANG Dong-dong, HU Zhe
(Xi'an Innovation College of Yan'an University, Xi'an Shaanxi 710100, China)

Abstract: To address the disconnection between theory and practice in the teaching of ordinary differential equations, this study adopts humanoid robot technology as a pedagogical carrier to implement teaching reform. Based on constructivism and embodied cognition theories, a comprehensive restructuring of the course's teaching content, methods, tools and evaluation system has been carried out. The course focuses on selecting typical scenarios such as robot motion control and balance adjustment as modeling cases, and establishes a three-stage teaching process consisting of theoretical modeling, numerical simulation, and practical application. By organically integrating project-driven learning with blended teaching, students are guided to complete the full-process training from problem analysis to model optimization. This program has effectively improved students' engineering practice capabilities and innovative thinking levels, providing a reference for the interdisciplinary integration teaching of mathematics courses and cutting-edge technologies.

Key words: humanoid robotics; ordinary differential equations; teaching reform; project-driven teaching; interdisciplinary integration

(责任编辑: 范新菊)