

机器人建模与仿真课程案例化教学模式改革与实践

张超

东莞理工学院, 广东 东莞 523808

DOI: 10.61369/ETR.2025390004

摘 要 : 探讨机器人建模与仿真案例化教学在机电专业培养理论教学及实践教学中的应用效果本课程教学改革立足于实际的教学需求, 探讨案例化教学在机器人领域培养中的应用效果, 旨在解决理论教学与实践环节脱节的问题。本课题研究涵盖理论、实验过程中完善的教学框架, 以“前阿克曼转向机器人”“双轮自平衡机器人”“6自由度串联机械臂”“并联驱动机器人”四种典型机器人作为核心教学案例。采用“基础理论讲解—特色案例深入教学—特色案例上机实操演练”的三步走教学路径, 强化嵌入式、融入式、渗透式教育模式。实证表明, 该方法有效融合知识传授与能力培养, 提升学生动手能力与创新思维, 构建学以致用用的教学目标, 为机电专业课程改革提供具有参考价值的实践范式。

关 键 词 : 机器人建模与仿真; 案例化教学; 由浅入深渗透式学习

Reform and Practice of Case-based Teaching Mode in Robot Modeling and Simulation Course

ZhangChao

Dongguan University Of Technology, Dongguan, Guangdong 523808

Abstract : This paper explores the application effect of case-based teaching of robot modeling and simulation in the theoretical teaching and practical teaching training of electromechanical. This course teaching reform is based on the actual teaching needs, and explores the application effect of case-based teaching in the training of robot field. It aims to solve the problem disconnection between theoretical teaching and practical links. This topic research covers the perfect teaching framework in the process of theory and experiment. This topic takes the "Ackerman steering robot" "Double-wheel self-balancing robot", "6-dof series manipulator", "Parallel drive robot" four typical robots as the core teaching cases. opt the three-step teaching path of "basic theory explanation-characteristic case deep teaching-characteristic case machine practice operation", and strengthen the embedded, integrated and penetrating model. Empirical evidence shows that this method effectively integrates knowledge imparting and ability training, enhances students' hands-on ability and innovative thinking, and constructs a teaching goal of for application, which provides a practical model with reference value for the reform of electromechanical specialty courses.

Keywords : robot modeling and simulation; case-based teaching; gradual and penetrative learning from shallow to deep

《机器人系统建模与仿真》课程是机械、电子、计算机、自动控制等多学科知识交叉的一门课程, 本课程可作为高等院校机械电子工程、机器人工程和机械设计制造及自动化等专业学生在机器人研究方向的教学培养课程。注重学生在机器人等智能化装备领域的设计研发能力、工业机器人应用开发能力的培养。在课程教学内容制定上, 重点突出介绍了当前机器人领域应用中, 热门的移动机器人和臂式机器人的系统组成以及建模与仿真的基本原理, 使用 Adams 多体动力学软件在动力学仿真和数值计算上的优势, 展示机器人机械系统和控制系统建模与仿真的详细过程。

基础原理讲授与实践教学并重, 强化知识点、技术点与实训项目结合, 注重本专业领域最新技术和知识的更新, 课程讲授内容注重及时补充行业领域最新的技术信息, 更新过时的知识点和技术点, 培养学生综合运用先修课程中所学知识和技能, 解决机器人领域的数学建模、运动学及动力学控制等实际问题。结合各种实践教学环节, 进行机器人专业工程技术人员所需的基本训练, 培养学生分析问题和解决问题的能力, 以及创新思维的能力, 为学生进一步学习有关专业课程和日后从事对应专业工作打下基础。因此, 该课程不仅是高等工科院校中, 智能制造工程、机械电子工程、机器人工程等专业十分重要的专业选修课程, 也是链接机器人领域基础知识和行业应用之间的, 一门承上启下的课程。同时, 该门课程也是一门典型的素质教育课程, 在培养高级机器人工程技术人才的教学计划中占有

重要的地位^[1-4]。

本课题研究的目的在于给予案例化教学，采用精选的四种典型机器人建模及仿真控制实验案例，以实际工程应用作为教学实例，向学生阐述、引导运用所学知识去解决实际工程应用问题。通过具有代表性的双轮移动机器人、自平衡移动机器人、多关节串联机械臂、并联机械臂的实验教学，培养和提高学生理论联系实际，解决实际工程问题的能力。从基础到提高，由浅入深，循序渐进；培养学生面向企业具体产品研发所需的专业知识及实践技能，充分发挥思维想象空间，实现兴趣与现实的统一，综合性与创新性的统一^[5-8]。

一、机器人建模与仿真课程特点及存在问题分析

《机器人系统建模与仿真》课程教学内容包括理论教学和实验课两大部分。课程围绕机器人系统建模与仿真的基本知识展开讲授：包括机器人系统与建模基础知识，Adams 仿真方法与基本操作、移动机器人运动及控制仿真、臂式机器人运动及控制仿真、Adams 与 MatLab 联合仿真等知识点内容。学生通过本课程学习可了解掌握机器人系统建模与仿真的基本原理和方法，建立系统完整的基础理论体系，为后续深入学习机器人智能控制等课程打下必要的和坚实的知识基础，便于后续的学习和从事相关工作。

理论课堂讲解，使学生建立机器人系统数学建模与分析的基础知识，运用所学知识进行分析或建模，使学生初步具备解决与机器人领域应用相关的工程实际问题能力。实验课进一步强化学生针对典型机器人类型的建模及仿真分析能力培养，对理论教学中某些关键知识模块进行补充和强化，为学生提供更直观的，学以致用案例化应用体验。

然而，在当前本科教学实践中存在几个显著问题，影响教学效果与学生认知深度。首先，学生对课程的核心目标——服务于具体的实际工业研发，如产品设计优化、性能预测、控制算法验证、降本增效等环节理解不深。课程讲解多聚焦理论模型的建立，相关仿真方法，仿真软件的理解和操作（如动力学建模、数值积分算法），但对具体的，多样化，复杂品类的机器人模型简化需求、计算实时性要求、模型不确定性处理等方面理解不足，学生难以领会建模仿真解决工程问题的关键“前置工具”，而非纯粹的数学建模和软件仿真练习。

其次，近几年机器人领域的发展日新月异。具身智能、多足移动机器人、轮足复合式、“移动底盘+机械臂”复合式、轨道复合式、协作机器人、仿生机器人、集群机器人、基于大模型的智能控制机器人等多种形态的机器人及控制技术不断涌现^[9-10]，而教学内容更新相对滞后，未能紧密结合机器人领域前沿发展和新兴应用。学生对当前产业界和学术界主流的仿真平台、技术趋势（如 ROS/Gazebo、数字孪生、云仿真）及复杂接触动力学、柔性体建模、多物理场耦合等领域缺乏系统了解，导致“学而不知其所以”，难以理解课程对未来职业发展或技术创新的核心价值。

最后，对于机器人方向的系统学习和知识架构搭建，是一个长期的过程，包括后续深造或就业。对于有志于机器人方向硕博深造的学生，课程未能有效阐明建模与仿真技能在学术研究中的基石地位。建模能力是探索新算法、设计新机构、验证新理论的前提，这导致学生在后续研究中可能低估其重要性或无法将本科

所学有效迁移。对于就业方面，学生对课程的核心价值（连接设计、研发与验证的桥梁）认知不足。学习动机多源于学分要求或“专业必修课”，对其在机器人产品全生命周期中的战略性地位缺乏认同感，影响学习主动性和探索深度。

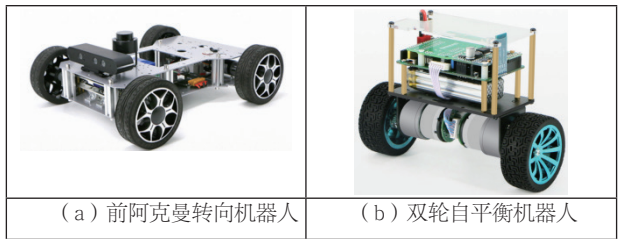
二、循序渐进型教学形式建设

从专业人才培养目标和要求出发，围绕智能机器人方向的典型复杂工程问题，本课题研究拟采用“基础理论讲解-特色案例深入教学-特色案例上机实操演练”3步走的形式，对课程内容和课程体系进行建设与改革，重点开展以集成化特色案例为切入点的实践教学体系设计。

课程拟采用多种典型的实践载体，设计实践教学资源、平台和评价体系，结合教学过程反馈研究教学改革机制，构建《机器人系统建模与仿真》课程的“基础通识理论-案例深入学习-建模仿真演练”闭环。旨在引导学生逐步提升能力，解决机器人系统建模与仿真分析领域的复杂工程问题，充分发挥学生自主研究动力，培养学生独立发现、分析和解决问题能力。教学组织方式上，采用翻转课堂形式，践行以学生讨论和交流为主体，以教师讲解和指导为主导的教育理念，对学生进行启发式教学，同时强调学生团队交流，分工协作完成指定小组专题研究及汇报内容。遵循“由浅入深，循序渐进”的教学规律，确实培养和提高学生的创新能力和解决实际工程问题的能力。

三、案例化教学实验平台搭建

本课题的实践案例化教学采用“前阿克曼转向机器人”、“双轮自平衡机器人”、“6自由度串联机械臂”、“并联驱动机器人”为4种典型的机器人类型辅助教具，通过理论与应用、教学与实践的多维度相结合，进行循序渐进型教学。将课堂上原本只停留在学生思维想象空间的概念变得可视、可感、可触、可操作。实现了理论与实践的统一，兴趣与实现的统一，综合性与创新性的统一。



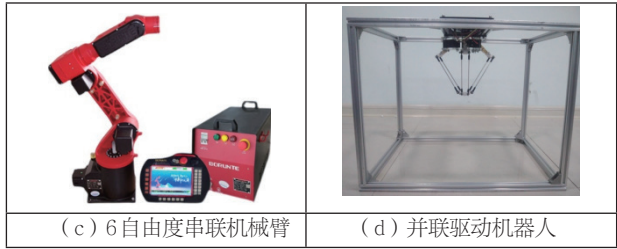


图 1 4 种典型的机器人类型案例化辅助教具

对于案例化教学的教具选择,首先,当前大部分的四轮汽车或者小型移动机器人等,都采用阿克曼坐标系转向的方式,这种方式前轮为转向轮,后轮为驱动轮。车辆在转向行驶过程中,全部车轮都绕同一瞬时中点做圆周滚动,保证四个车辆之间无相对运动趋势,不会在地面上滑动。在理论上,移动系统转向时,转向的中点为后轮延长线上的某一点。该类型机器人底盘应用广泛,具有代表性。

其次,双轮自平衡机器人在机器人建模与仿真课程中具有典型的核心优越性。基于倒立摆动力学模型(欧拉-拉格朗日方程)直观呈现欠驱动、强耦合系统特性,学生通过 PID/LQR 经典控制实验,实时调试参数观察平衡稳定性;模拟负载突变、外力干扰等极限条件,进行仿真分析。该类型机器人成本较低,一般在几百元左右,便于学校批量采购,或学生自学。

最后,3-6 自由度的串联/并联机械臂,是工业应用中最广泛的类型,两类机器人占工业应用 80% 以上。串联机械臂以关节串联结构实现大工作空间(如六轴焊接机器人),其运动学建模需掌握 D-H 参数法和轨迹规划原理。并联机械臂通过并联支链实现高刚度(如 Delta 分拣机器人),建模需突破空间约束方程和奇点分析难点。两种机器人的建模过程及方法互为补充。在就业适配性上,学生可快速对接汽车制造(串联机械臂应用)、精密装配及快速分拣(并联机械臂应用)等场景的工作技能培养,适应此类核心岗位需求。

通过 4 种典型的机器人类型案例化研究,学生可以掌握“系统性建模→仿真→控制实践”的知识流程,建立对移动式机器人及传统工业机器人核心技术的结构性认知,为后续深造求学或就业储备关键技术能力。

总结,本课程教学改革立足从课前,课中和课后,以“前阿克曼转向机器人”“双轮自平衡机器人”“6 自由度串联机械臂”“并联驱动机器人”为 4 种典型的机器人类型辅助教学,通过理论与应用、教学与实践的多维度相结合,进行“基础理论讲解-特色案例深入教学-特色案例上机实操演练”3 步走的教学形式,加强嵌入式、融入式、渗透式教育,把知识传授和能力培养有效结合,构建学以致用教学模式和培养目标。

参考文献

- [1] 刘新玉,齐小敏,平燕娜,等.机器人课程“五位一体”研究性教学模式改革与实践[J].高教学刊,2025,11(27):142-145.
- [2] 张娜.面向智能制造的工业机器人技术基础课程教学改革研究[J].时代汽车,2025,(19):112-114.
- [3] 刘峰,魏明,马爱民.基于机器人活动的交通设备与控制工程专业大学生创新能力培养模式[J].科技视界,2015,(11):96-97.DOI:10.19694/j.cnki.issn2095-2457.2015.11.075.
- [4] 陈林涛,王敏娜,蓝莹,等.新质生产力视域下工业机器人技术人才培养模式构建与实践[J].广东轻工职业技术学院学报,2025,24(04):33-43.
- [5] 远绍羊,张庆良,袁丹真,等.基于 STEAM 教育理念的高职智能机器人人才培养研究[J].邯郸职业技术学院学报,2025,38(03):93-96.
- [6] 熊英,高维.面向智能制造“四链融合”的工业机器人教学平台设计[J].中国现代教育装备,2025,(17):61-63.
- [7] 谢钰,陈剑雄,钟舜聪,等.五阶层次化的机电融合课程设计探索与实践[J].中国现代教育装备,2025,(17):95-98.
- [8] 沈莹吉.“工业机器人三维建模”校企协同育人模式探索与实践[J].科教文汇,2024,(05):78-82.
- [9] 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.
- [10] 张东波,李一男.电机驱动与控制课程项目式教学设计研究与实践[J].内燃机与配件,2025,(18):144-146.