项目驱动下“机器人操作系统”教学模式探索

陈虎
郑州轻工业大学电气信息工程学院 河南 郑州 450002

摘 要 针对“机器人操作系统”教学过程中理论与实践的较大差距，探索与实践了一种项目驱动的教学模式。该模式通过项目导入与需求分析、知识讲解与技能训练、项目实施与成果展示等过程实现了教学效果的多阶段反馈优化，提高了学生的问题解决能力、团队协作意识及自主探究能力，有效推动了学生工程实践能力与综合素质的协同发展，激发了学生的探究兴趣和自主学习意识。

关键词 项目驱动；机器人操作系统；教学模式

Exploration of a Project-Driven Teaching Model for “Robot Operating System”

Chen Hu
Zhengzhou University of Light Industry,College of Electrical and Information Engineering, Zhengzhou 450002, Henan Province, China

Abstract To address the significant gap between theory and practice in the teaching of “Robot Operating System,” this study explores and implements a project-driven teaching model. This model, through processes such as project introduction and requirement analysis, knowledge explanation and skill training, and project implementation and result presentation, achieves multi-stage feedback optimization of teaching effectiveness. It enhances students’ problem-solving abilities, teamwork awareness, and independent inquiry skills, effectively promoting the synergistic development of students’ engineering practical capabilities and overall competencies, while stimulating their interest in exploration and fostering self-directed learning.

Key words Project-Driven; Robot Operating System (ROS); Teaching Model

随着机器人技术在工业、医疗、物流及服务等领域的广泛应用，机器人操作系统（ROS）作为软硬件协同与智能算法实现的核心平台，其重要性日益凸显。ROS提供了模块化、分布式的软件架构，支持多传感器融合、自主导航与运动控制等功能的高效开发，并依托开放生态促进了机器人技术的协同创新。目前，越来越多高校将ROS纳入机器人工程及相关专业的核心课程体系，强调理论与实践的深度融合，要求学生掌握从系统建模、环境感知到路径规划的全流程开发能力。为适应这一趋势，开展以项目驱动为导向的教学改革，契合新工科对高素质应用型人才的培养需求，具有重要的现实意义与实践价值。

1 学情分析

1.1 知识基础及技能水平

学习本课程的学生主要来自机器人工程、自动化、计算机科学与技术及相关工科专业，具备一定的编程基础与工程素养。多数学生已修读过C++或Python程序设计、自动控制原理及嵌入式系统等先修课程，能够理解基本的算法逻辑与硬件接口原理，为ROS的学习提供了必要的知识支撑。部分学生曾参与大学生创新创业训练项目或智能车、机器人竞赛，具备初步的系统集成经验与实践能力。然而，在对复杂软件架构的理解尤其是分布式通信、节点管理、话题与服务机制等方面仍存在认知薄弱点。对于ROS中的功能包管理、仿真环境搭建及传感器数据融合等核心技术，学生的动手能力差异较为明显，个别学生在面对多模块协同调试时表现出适应困难。

1.2 教学方式的适应能力

在现阶段高等教育改革背景下，学生对项目驱动的教学方式的适应能力呈现出逐步增强的趋势。多数学生具备自主学习意识，能够在项目情境中主动整合跨学科知识，表现出较强的实践意愿与协作能力。通过先修课程的学习，学生能够较快地理解项目任务的技术内涵，并在团队合作中承担相应角色。教学实践中发现，学生在面对具有明确应用导向的项目任务时，更易激发探究兴趣，提升问题解决的持续动力。尽管部分学生在初期存在对开放式任务的畏难情绪，但在阶段性引导与过程性反馈的支持下，其适应性显著提升，能够逐步完成从知识接受者向知识应用者与创新者的角色转变。

1.3 学习兴趣与动机分析

学生对机器人技术普遍表现出较高的关注与热情，尤其是在智能硬件与人工智能快速发展的背景下，移动机器人作为多学科交叉的典型载体，对学生具有较强的吸引力。通过真实任务的引入，使学生能够在解决具体工程问题的过程中实现知识建构，显著提升了其主动探究的意愿。多数学生希望通过课程掌握可迁移的技术能力，如系统集成、软硬件调试与团队协作，以增强在科研或就业中的竞争力。在此期间，实践成果的可视化特点，如机器人自主导航或避障功能的实现，进一步强化了学习的成就感。需要特别关注的是，部分学生初期存在畏难情绪，但随着项目推进和阶段性成果的积累，内在动机逐步增强，表现为更高的参与度与持续投入。

2 教学过程设计

2.1 项目导入与需求分析

项目导入阶段以真实应用场景为切入点，引导学生围绕移动机器人在仓储物流、智能巡检等领域的实际需求展开研讨。通过展示典型应用案例，帮助学生理解系统功能与技术指标之间的关联性，进而明确项目目标与性能要求。在此基础上，组织学生进行需求分解，识别出环境感知、路径规划、运动控制等核心功能模块，并据此制订初步的技术路线。该过程注重培养学生从工程实际中提炼科学问题的能力，强调用户需求与技术实现之间的协调。通过小组讨论与方案论证，促使学生主动整合已有知识，形成对系统整体架构的初步认知，为后续知识学习与实践操作奠定基础。

2.2 知识讲解与技能训练

在知识讲解环节，教学围绕机器人操作系统的核心机制展开，重点解析节点通信、话题发布与订阅、服务调用及参数服务器等基本概念。通过构建ROS标准功能包的实例，引导学生理解工作空间配置与编译环境搭建的技术路径。针对移动机器人系统集成中涉及的感知、规划与控制模块，结合Gazebo仿真平台进行动态演示，使学生建立从理论算法到系统实现的映射关系。技能训练阶段设置递进式实验任务，包括激光雷达数据采集与可视化、里程计信息融合、导航栈配置及自主避障策略实现。每个任务均配备阶段性目标与验证标准，以强化学生对系统耦合问题的分析能力。教学过程中融入故障排查训练，模拟常见运行错误，提升学生的调试思维与工程应变能力。实践证明，理论讲授与实操训练的深度融合有助于学生系统掌握ROS架构下的开发范式，为后续项目实施奠定扎实基础[1]。

2.3 项目实施与成果展示

在项目实施阶段，学生以小组为单位开展移动机器人系统的设计与开发工作，围绕环境感知、路径规划、运动控制等核心功能模块进行系统集成。通过ROS搭建软件架构，利用Gazebo完成仿真验证，并逐步过渡到实物平台调试，实现从虚拟到现实的迁移。学生需自主完成传感器数据融合、导航算法配置及机械臂抓取策略设计等任务，在实践中深化对分布式通信机制与节点管理的理解。成果展示环节采用公开演示与技术答辩相结合的形式，各组提交完整的系统设计方案、代码仓库及实验报告。部分优秀项目实现了基于激光SLAM的室内自主导航与动态目标识别抓取，具备较高的功能完整性与稳定性。该过程不仅检验了学生对机器人操作系统的综合应用能力，也显著提升了其工程实践素养与团队协作水平。

3 教学重点及难点

3.1 教学重点：机器人操作系统的架构设计

ROS的架构设计是教学实施的核心环节，其系统性与模块化特征决定了学生对整体技术框架的理解深度[2]。在教学过程中，重点引导学生理解ROS的文件系统结构、功能包组织方式及其依赖管理机制，掌握launch文件的编写与系统启动流程的配置。在此期间，强调参数服务器与TF变换树在多坐标系管理中的作用，使学生能够构建可扩展、模块化的机器人软件系统。通过对典型移动机器人（如TurtleBot3）的架构剖析，帮助学生建立从硬件驱动到高层应用的层次化认知体系，为后续系统集成奠定坚实基础。

3.2 教学难点：移动机器人系统集成中的问题解决

移动机器人系统集成涉及机械结构、传感系统、控制算法与软件架构的深度融合，其复杂性决定了教学过程中问题解决能力培养的高难度[3]。学生在整合多传感器数据融合、通信延迟处理以及软硬件协同调试时，常面临定位偏差、路径规划失效或执行机构响应不一致等典型问题。这些问题不仅源于理论知识的综合应用不足，更反映出对系统级调试与故障排查经验的欠缺。尤其在ROS开发环境中，节点间通信异常、坐标变换错误及实时性保障等问题具有较强的隐蔽性与耦合性，难以通过单一模块分析定位根源。此外，不同功能模块间的接口兼容性与系统稳定性在动态运行中易受环境干扰，进一步增加了问题诊断的复杂度。正因如此，如何引导学生建立系统性思维，掌握从现象观测、日志分析到迭代验证的问题求解路径，成为教学实施中的核心挑战。

3.3 突破难点的策略：分阶段实践与反馈优化

针对移动机器人系统集成中复杂性高、知识交叉性强所带来的教学挑战，采取分阶段实践与反馈优化相结合的策略尤为关键。教师将整个项目实施过程划分为需求分析、模块开发、系统联调与性能测试4个递进阶段，每个阶段设置具体可衡量的阶段性目标，引导学生逐步构建完整的系统认知框架。在各阶段结束时组织阶段性评审，通过师生互评、小组互评与自我反思等方式收集反馈信息，并据此调整后续实践方案。这种螺旋式推进方式不仅有助于及时发现并修正设计缺陷，还能增强学生对技术细节的理解深度。在此期间，教师在项目实施过程中提供持续指导，帮助学生建立问题归因与解决的能力，从而有效提升其应对真实工程情境中不确定性问题的适应力与自信心[4]。

4 教学设计评价

4.1 教学目标达成度评估

教学目标的达成度通过多维度的考核方式予以验证，重点考察学生在理论掌握、实践应用及创新能力方面的表现。课程采用过程性评价与终结性评价相结合的方式，将项目完成质量、系统设计合理性、代码实现规范性以及团队协作贡献度纳入评分体系。通过对近两届学生的教学实践数据可见，超过85%的学生能够独立完成给定环境下的移动机器人建图与导航功能实现，可见其对机器人操作系统基本原理的掌握达到预期目标。在系统设计层面，多数小组能够结合任务需求提出可行的技术方案，并通过仿真与实物平台验证其有效性，体现出较强的综合分析与设计能力。部分学生在路径规划算法优化与多传感器融合策略中展现出创新思维，反映出高阶能力目标的逐步实现。整体来看，教学目标在知识、能力与素养3个层面均呈现出较高的达成度，为后续课程优化提供了实证支持。

4.2 学生学习效果的多维度分析

学生学习效果的多维度分析需从知识掌握、能力发展和情感态度3个层面展开。通过项目实践过程中的阶段性测评与终极解决方案为成果考核，发现学生在ROS架构理解、功能模块配置及系统集成调试等方面的掌握程度明显优于传统教学班级，能够较为熟练地运用核心工具进行环境搭建与节点通信。在能力维度上，学生的问题解决能力、团队协作意识及自主探究能力显著增强，多数小组能够在教师引导下自主定位技术瓶颈并提出优化方案。此外，通过问卷调查与访谈反馈可知，学生对课程内容的兴趣度较高[5]，学习主动性明显提升，尤其在真实任务驱动下表现出更强的责任意识与创新意愿。综合来看，该教学模式不仅促进了知识的内化，也有效推动了工程实践能力与综合素质的协同发展。

4.3 教学改进方向与优化建议

为进一步提升基于项目驱动的“机器人操作系统”课程教学成效，需在现有实践基础上持续优化教学设计。应强化项目任务与工程实际的对接，增强项目的前沿性与挑战性，以激发学生的探究深度。在教学支持层面，可完善模块化资源库建设，提供更具针对性的技术文档、调试案例与典型故障分析资料，帮助学生在系统集成过程中更高效地定位与解决问题。在此期间，应加强跨组交流机制，通过阶段性成果互评与技术分享会，促进经验传播与思维碰撞[6]。针对学生在项目推进中表现出的能力差异，可进一步细化个性化指导方案，结合其兴趣方向与发展需求提供弹性任务选项。

5 结束语

基于项目驱动的“机器人操作系统”教学模式提高了学生的问题解决能力、团队协作意识及自主探究能力，有效推动了学生工程实践能力与综合素质的协同发展，激发了学生的探究兴趣和自主学习意识。同时，在教学过程中也面临一些挑战，如项目的选取和设计需要花费大量的时间和精力，教学资源的配备需要进一步完善，教学方式对教师自身的工程应用能力也提出了更高的要求等。在今后的教学中，将继续探索和完善该教学模式，不断优化项目和案例的设计，加强教学资源的建设，为学生提供更加优质的教学服务。同时，也将积极推广该教学模式，为其他课程的教学改革提供参考和借鉴。

参考文献

[1]李少波,任彦,刘慧博.基于ROS仿真节点的研究生实训项目开发[J].科技与创新,2025(7):68-70.

[2]高斌,苗志怀,王颖.基于ROS的机器人创新实践课程建设[J].实验室科学,2021,24(5):86-89.

[3]王帅,张云洲,吴成东.以科研项目为依托建设机器人操作系统实践课程[J].实验技术与管理,2019,36(1):188-191,248.

[4]陈灵,徐昱琳.基于实践的自主移动机器人教学改革探索[J].科技视界,2017(20):14-16.

[5]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.

[6]韩竺秦,龙迎春,刘文秀.“三全育人”视域下机器人操作系统课程实践教学与探索[J].高教学刊,2025,11(S1):34-37,42.

（本文编辑 王 冬）