

doi:10.13582/j.cnki.1674-5884.2020.02.008

以项目为导向的教学法及其在 “机器人”课程中的改革实践

项四通,洪松,房芳,梁冬泰,李国平

(宁波大学 机械工程与力学学院,浙江 宁波 315211)

摘要:为拓展学生在智能制造领域的视野,培养其探索创新能力,笔者在“机器人”课程教学中提出“以项目为导向”的教学法。针对传统教学法的问题,对理论教学和实践教学开展“以项目为导向”的教学法改革与实践;在此过程中,增加机器人前沿调研项目、Matlab 运动学仿真项目与运动控制项目,建设基于机器人操作系统的实践平台。结果显示,上述教学法提升了学生对理论和实践知识的掌握水平,教改成果显著。

关键词:机器人课程;项目为导向;教学法;教学改革

中图分类号:G642.3 **文献标志码:**A **文章编号:**1674-5884(2020)02-0050-05

随着劳动力成本的不断提高,“机器换人”势在必行。机器人的开发与应用迎来了前所未有的机遇与挑战^[1]。“机器人”课程是高等工科院校机械设计制造及其自动化专业的一门本科专业课,向学生系统地介绍机器人技术基础理论知识和前沿发展方向。其中,基础理论知识以课堂讲授方式进行,包括描述机器人位姿与变换的数学基础、机器人运动学建模、机器人动力学建模与分析、机器人机械本体设计与分析、机器人控制算法设计、机器人运动规划、系统开发以及最新的国内外机器人研究进展研讨等^[2]。通过课程学习,学生可了解机器人及其应用,掌握机器人系统组成、机构、运动分析、控制和使用的技术要点和基础理论,使其对机器人产生全面、深入的认知,培养其综合运用所学基础理论与专业知识分析和解决实际问题的能力。为了进一步更新课堂教学理念并优化教学模式,保证教学内容接轨于国内外机器人先进技术,笔者就教学法在理论与实践教学中开展改革,取得了不错的教学效果。

1 “机器人”教学法现状

“机器人”的课程性质要求培养学生的创新精神与实践能力和实践能力,旨在通过学生参加探索性与实践性的教学活动,提高其对机器人关键技术的自主认知能力和对当前最新科技发展趋势的掌握能力。

机器人是典型的复杂机电一体化装置,是机械、传感、控制和通信的有机融合^[3]。目前,由于新型传感器的应用和人工智能的快速发展,传统的机器人技术已逐渐落伍。目前“机器人”教学还有较多不合理之处:(1)教材陈旧、内容单一。课程的教学内容远落后于机器人技术和人工智能的最新发展。课程设置上大多为传统的基础内容,缺乏国内外机器人技术的前沿进展和最新成果,导致学生学习兴趣和学习主动性较低,无法起到夯实学生学科基础和拓宽知识面的作用^[4]。(2)实践环节缺失。实践环节能有效检验学生的思维创新、团队合作与知识应用能力,也能锻炼学生搜集、分析和处理信息的能力。教师课堂讲授内容过多,学生缺少独立思考与实践环节,将导致

收稿日期:20190714

基金项目:宁波大学教研项目(JYXMYB201835、JYXMXZD201818)

作者简介:项四通(1989-),男,浙江绍兴人,副教授,博士,主要从事机器人与精密测试研究。

学生对于抽象的机器人运动学和动力学推理印象不够深刻,使教学质量大打折扣。(3)学习兴趣低下。传统的机器人教学多为理论知识推导,难以理解且枯燥乏味,许多学生认为所学知识在实际应用中无用武之地,故对教学内容兴趣低下。机器人影像更新滞后且实践教学缺失也是学生对“机器人”学习兴趣低下的主要原因。

目前国内高校针对“机器人”教学法开展了各式各样的改革与尝试。竞赛驱动教学法^[5]使学生在参加竞赛的过程中学习机器人知识并掌握相关技能,保证了教学内容的实用性。但竞赛仅能面向部分学生,故该教学法无法覆盖所有学生。体验教学法^[6]针对不同的“机器人”教学内容,设计构思一系列体验课程,如动手制作模型与体验动作声音等,实现教学形式从文本课程到体验课程的转变。虽然体验式教学能较好培养学生动手能力,但不能兼顾理论教学深度。传统的项目教学法^[7-8]是国内教师采用较多的一种教学法,该方法中教师将各章节知识设计为多个项目,学生在完成项目过程中掌握专业知识并锻炼解决复杂工程问题的能力。但目前学者们在项目教学法中提出的项目设计多集中于虚拟仿真,缺少实践内容,无法全方面培养学生所需知识、能力和素养。

本文针对目前项目教学法中存在的缺陷,对其做了进一步改进。改进后的项目教学法,笔者将其称为“以项目为导向”的教学法(如图1所示)。上述方法将项目细分为理论类项目和实践类项目两大类,包括前沿调研、运动仿真与控制 and 实践平台建设项目,使学生能系统地掌握机器人基础知识与前沿技术,培养较强的团队合作、分析问题和实际操作能力,为其在后续研究与工作中解决实际复杂工程问题奠定基础。

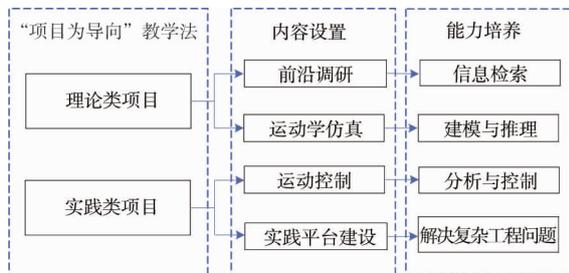


图1 “机器人”以项目为导向的教学法

2 以项目为导向的教学法的实施步骤

以项目为导向的教学法的内涵为:在理论教

学和实践教学上设置机器人项目,包括前沿调研、编程操作与运动控制等,学生需要以团队合作的形式完成项目并展示。在教学中引入项目旨在使学生在参与机器人项目的整个过程中,切身接触机器人最新技术与实际操作,加深对机器人理论知识的理解与应用,有效提升解决实际问题的能力。以项目为导向的教学法开展的具体实施步骤如图2所示。

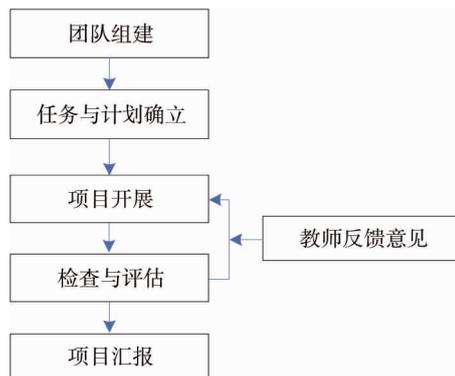


图2 以项目为导向的教学法实施步骤

第一步,项目团队组建;第二步,明确项目任务并确立计划;第三步,团队开展项目;第四步,根据教师反馈意见进行项目检查与评估;第五步,项目展示与汇报。(1)项目团队组建。每2~4名学生为一小组,并推举一名组长。团队多由学生自由组建完成,尽可能发挥团队合作效应,实现信息交流、技能互补和角色分担。(2)项目确立。任务的设置不仅需要满足教学要求,还要能激发学生学习的兴趣和潜能。项目通常由教师提出设置,也可由学生自主提出。因此,教师需要深入调研机器人的前沿方向和最新关键难题,不定期更新项目内容,并将知识点融入其中。理论和实践项目的设置可分为不同级别和难度等级。学生需要根据任务书撰写项目实施计划书,教师引导学生开展项目。(3)项目开展与检查评估。项目开展过程中,学生团队与机器人之间积极互动,教师参与其中。提倡教师“引导式”帮助,避免直接告知结果,旨在让学生在探索过程中巩固知识、锻炼动手能力。提倡“问题式”辅导,让学生各抒己见,提高学生积极性和专注度。教师需根据任务进度表,时刻把握学生完成进度,督促进度落后的项目组,鼓励进度快的项目组进一步深入研究。(4)项目展示并汇报。项目完成后,项目组成员需要及时汇报或提交项目报告,教师指导学生口

头汇报技巧和技术报告撰写技巧,有利于提高学生的表达能力和报告撰写能力。

3 以项目为导向的教学法在“机器人”课程中的改革实践

3.1 “机器人”理论类项目

其一,增加机器人前沿调研项目。笔者在教学内容上增加了结合人工智能的机器人最新前沿调研项目,具体更新如下:(1)在课堂教学中,融入当前主流人工智能前沿知识,如深度学习、软体机器人、增强现实和 SLAM(即时定位与地图构建)技术等;(2)在课前 5 min 播放不同类型机器人视频,如乒乓球机器人、无人机、扫地机器人和协作机器人等,以拓宽学生知识面;(3)课余时间不定期在课程微信群中分享最新机器人与人工智能推送信息,如波士顿动力公司最新推出的能实现后空翻和跳跃功能的机器人;(4)发布一系列最新人工智能方向,2~4 名学生为一小组,选取特定方向调研该领域的最新进展,并进行调研总结及 PPT 展示。前沿调研项目通过引入合作学习,可培养学生的信息检索能力并强化团队合作能力。如学生调研“大疆”四旋翼无人机技术后,在课堂中进行实物展示,不仅活跃了课堂气氛,还让其对无人机有了直观的认知,了解了该技术目前的研究难点及未来发展趋势,达到了良好的教学效果。

其二,增加 Matlab 运动学仿真项目。Matlab 作为成熟、高效的工具软件,广泛应用于教学、科学研究和工程应用。在专业认证过程中,本专业的毕业要求指标点分配也对学生熟练运用一款编程软件提出了迫切的需求^[9]。如图 3 所示,该项目以实验室“安川”六轴工业机器人为研究对象,首先教师对机器人关节参数进行详细讲解,然后学生在 Matlab 中实现机器人坐标系的建立和运动学建模与求解。一方面,学生可在实际机械臂上进行示教器编程,实现机器人的基础运动控制;另一方面,学生基于 Matlab 完成机器人运动学仿真项目,即运用 Matlab 运动学模块建立机器人的正运动学和逆运动学模型。在 Matlab 中进行仿真建模,能促使学生在编程中思考每个参数所对应的机器人关节变量,真正做到将理论知识用于实际问题,而非局限于书本中的抽象运动学公式推导。

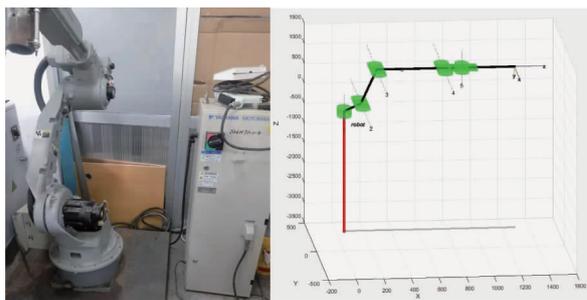


图 3 Matlab 运动学仿真项目

3.2 “机器人”实践类项目

为锻炼学生搜集信息、应用知识与处理问题的能力,解决实践环节缺失的问题,笔者除在理论教学模式上引入前沿调研项目外,在实践教学中也开展了以项目为导向的教学改革。基于 NAO 机器人开展运动控制项目,并基于 Turtlebot 机器人建设了基于机器人操作系统(ROS)的实践平台。

其一,增加 NAO 机器人运动控制项目。一直以来,NAO 机器人被认为是最好的科研教学仿人形机器人之一,在教学方面优势明显:不仅具有极高的互动性,而且融合多种传感器,易实现触碰控制,可随时投入使用。在欧美国家,它已走入了中学和大学的信息技术和科技课堂,许多大学生借助 NAO,以寓教于乐、学以致用的方式学习编程。本课程中,助教指导学生对 NAO 机器人进行通讯与控制。NAO 机器人具有友好的外形和操作界面,学生都对此产生了浓厚的兴趣和学习积极性。该教学方法促使学生通过动手实践将理论与实际相结合,有助于培养团队协作、解决问题的能力,激发学生对技术性工作的浓厚兴趣,进一步提高了教学质量。

其二,基于 ROS 的机器人实践平台建设。机器人技术覆盖面广,涵盖结构设计、运动规划、传感信号感知与处理等诸多复杂内容,目前亟需一个能帮助学生将所学知识融会贯通的实践平台。ROS 平台涉及机器人技术的诸多方面,如底层硬件与运动控制、上层路径规划与目标识别等,是实践教学的理想软件平台^[10]。搭建 ROS 平台并应用于教学,其意义重大:(1)基于 ROS 可实现机器人诸多应用,有助于提高学生学习兴趣;(2)ROS 已成为机器人开发的一种趋势,掌握这一技术可帮助学生在升学和就业中获得优势;(3)ROS 提供了适用于多机器人的通用软件架构,可实现多

机器人编程;(4)ROS集成的最新代码可帮助学生了解机器人领域最前沿的研究成果^[10]。

Turtlebot 为一款专门针对机器人教学的自主移动机器人,搭载红外、激光雷达等传感器,结构简单小巧。学生可直接使用其自带的软硬件,专注于应用程序的开发,不需设计草图、购买、加工材料、设计电路、编写驱动、组装等一系列工作,从而省去较多前期工作。如图4所示,基于ROS搭建Turtlebot机器人实践平台,学生可在该平台下编程,实现机器人的运动控制。



图4 基于ROS搭建的Turtlebot机器人实践平台

基于ROS实践平台,开展以项目为导向的机器人实践教学,如学生以团队形式实现Turtlebot机器人SLAM功能并进行展示。在教师和助教的指导下,学生以小组为单位在该平台上完成一个系统性项目:创建工程空间、创建ROS包、创建源代码文件、编译程序以及实现机器人运动控制。整个项目包括需求分析、方案设计、代码实现、软件调试和现场实现5个阶段。在方案设计中,2~4名学生为一小组,以团队方式实现项目目标,既能提高每个学生的积极性,也锻炼了团队合作能力。因而,该实践教学能锻炼学生综合利用所学知识的能力,培养其解决复杂工程问题的工程素养。

4 结语

笔者在宁波大学机械设计制造及其自动化专业的“工业机器人技术基础”课程教学中尝试了以项目为导向的教学方法,取得了不错的改革成效:(1)选课人数增多。2017学年前该课程选课学生数仅为10人次,目前随着改革的实施,选课人数已增加到25人次(近3年本科招生数基本相同)。同时,笔者也在研究生课程“机器人技术”中采用了以项目为导向的教学方法,选课人数连

续2年增加20%(近3年研究生招生数基本相同)。(2)学生好评率提升。在教学评价中,学生普遍反映课堂中引入机器人实践操作项目极大程度激发了他们的学习兴趣,也有助于对机器人理论的理解和记忆。近2年,本课程的平均教学评价分由85分提高到目前的92分,且学生均给出正面评语。(3)知识掌握程度提高。在期末考试中,通过对比历年试卷,学生对在“项目”中出现过的运动学和动力学知识点的掌握程度普遍高于抽象记忆题。理论考试平均分由2017学年前的82分提高到目前的86分。(4)教学科研成果显著。部分学生对机器人技术产生浓厚兴趣,利用课堂所学知识参与新型机器人结构设计、研究并优化机器人轨迹控制算法,目前已有学生获国家发明专利1项,发表学术论文1篇。

以项目为导向的教学法在课程教学中取得了一定的成效,但仍有需改进之处:(1)在前沿调研项目中,学生因知识面有限较难分辨最新前沿方向,教师可借助强大的自媒体工具,时刻跟踪世界前沿科技,做好学生的引路人。(2)在ROS实践平台项目实践中,由于学生对编程语言掌握和运用能力不足,导致项目执行困难、教学效果不明显,针对性开展预实验或提前进行编程培训可显著提升项目的实践效果。(3)为更好适应当前人工智能的高速发展,可添置更多智能机器人设备,如无人机、视觉相机和增强现实设备等,使学生拥有不同类型的机器人体验。

随着智能制造和人工智能的高速发展,机器人在制造领域中起到了举足轻重的作用,工科类学生对于机器人的学习兴趣也日渐增长。通过随机走访和问卷,学生对于以项目为导向的机器人教学法认可度较高。学生在课程中不仅认识到最前沿的人工智能现状,而且实践操作了工业机器人的编程、仿真及ROS实践平台下的机器人编程与控制,有效提高了创新和实践能力。

参考文献:

- [1] 陈春林,朱张青.基于CDIO教育理念的工程学科教育改革与实践[J].教育与现代化,2010(1):30-33.
- [2] 程仙国,孙慧平,李占涛.《工业机器人技术》课程教学改革与实践[J].宁波工程学院学报,2015(4):104-108.
- [3] 雷静桃,刘亮,张海洪.“机器人学”课程教学改革与

- 实践[J].实验室研究与探索,2013(5):79-193.
- [4] 战强,闫彩霞,蔡尧.机器人教学改革探索与实践[J].现代教育技术,2010(5):144-147.
- [5] 毛丽民,刘叔军,李鑫,等.以机器人竞赛、创新实践为导向的项目教学法研究[J].中国电力教育,2013(1):154-156.
- [6] 王雪雁,杨冬梅.乐高机器人教育与体验教学法的融合[J].教育教学论坛,2017(24):132-134.
- [7] 马志敏.项目式教学在《工业机器人技术》课程中的技术应用[J].教育现代化,2016(26):106.
- [8] 雷静桃,刘亮,张海洪.“机器人学”课程教学改革与实践[J].实验室研究与探索,2013(5):179-182.
- [9] 顾佩华,包能胜,康全礼,等.CDIO在中国(上)[J].高等工程教育研究,2012(3):24-40.
- [10] 肖军浩,卢惠民,薛小波,等.将机器人操作系统(ROS)引入本科实践教学[J].科技创新导报,2016(22):157-158.

Project-oriented Teaching Method and Its Reform Practice in “Robotics” Courses

XIANG Sitong, HONG Song, FANG Fang, LIANG Dongtai, LI Guoping
(Faculty of Mechanical Engineering and Mechanics, Ningbo University, Ningbo 315211, China)

Abstract: To expand students' horizons in the field of intelligent manufacturing and cultivate their abilities to explore and innovate, the project-oriented teaching method during teaching in “Robotics” courses is proposed in this paper. This paper first analyzes the problems of traditional teaching methods, and carries out the reform and practice of project-oriented teaching method according to theoretical teaching and practical teaching. During the reform, three projects, including the project of robotics frontier research, project of Matlab kinematics simulation and project of motion control, are added to help construct the practice platform based on robot operating system. The results show that the above teaching method enhances students' mastery of theoretical and practical knowledge, and the results of teaching reform are remarkable.

Key words: robotics courses; project-oriented; teaching method; teaching reform

(责任校对 王小飞)