

新工科背景下机器人学课程教学改革与实践*

杨爽 官正 王宗跃**

集美大学计算机工程学院, 厦门 361021

摘要 机器人学是一门涉及多个学科领域的综合性学科, 对于满足就业市场需求和推动机器人产业的发展具有重要意义。文中首先分析当前机器人学课程教学中存在理论知识引入效果欠佳、理论知识占比过重、理论知识与实际应用脱节等问题; 其次, 针对这些问题提出了在新工科背景下对机器人学进行改革的措施, 包括利用现代教育技术改善教学方式、采用项目递进学习过程、教学与科研结合提高学生创新能力、依托产业学院进行项目实习、加强师资队伍建设和、引入思政教学元素以及优化理论与实践并重的课程考核方式等; 最后, 通过多维度的教学反馈结果, 验证了这些措施能够有效提高机器人学课程的教学质量, 提升学生的实践能力和创新能力。

关键字 机器人学, 教学改革, 新工科, 实践能力, 创新能力

Reform and Practice of Robotics Teaching under the Background of New Engineering

YANG Shuang GONG Zheng WANG Zong-yue

Computer Engineering Institute of Jimei University
Xiamen 361021, China;

yangs7971@jmu.edu.cn 202261000067@jmu.edu.cn wangzongyue@jmu.edu.cn

Abstract—Robotics is a comprehensive subject that involves multiple disciplines. It is of great significance in meeting the employment market demand and promoting the development of robotics industry. This article first analyzes the problems in current robotics teaching, such as the poor introduction effect of theoretical knowledge, the overweight proportion of theoretical knowledge, and the disconnection between theoretical knowledge and practical application. Secondly, it proposes measures to reform robotics under the Background of new engineering, including using modern educational technology to improve teaching methods, adopting a project-progressive learning process, combining teaching and research to improve students' innovation ability, relying on industrial colleges for project internships, strengthening the construction of teachers, introducing ideological and political teaching elements, and optimizing the curriculum assessment method that emphasizes both theory and practice. Finally, through multi-dimensional teaching feedback results, it is verified that these measures can effectively improve the teaching quality of robotics courses and enhance students' practical and innovative abilities.

Keywords—robotics, teaching reform, new engineering, practical ability, innovation ability

1 引言

机器人工程是“新工科”背景下以培养机器人产业、智能制造等领域创新创业型人才为目标的多学科综合性专业^[1]。机器人学作为机器人工程专业的专业基础课程, 是一门集机械学、力学、自动控制工程学、

计算机学、电子工程学、人工智能等多个学科于一体的综合性学科, 主要包括运动学、传感器、轨迹规划、运动控制等教学内容^[2], 为了满足就业市场对毕业生的需求, 要求学生通过本课程的学习后, 应能够根据工程问题的需求, 运用智能计算与优化方法分析设计并实施满足实际应用需求的自主移动机器人的运动学建模、导航规划、地图构建和里程估计, 能够解决一定的实际问题^[3], 使学生具备解决复杂问题的专业知识和初步科研能力^[4]。

中华人民共和国工业和信息化部在2021年12月正式印发《“十四五”机器人产业发展规划》^[5] (以下简称《规划》)。《规划》中指出以习近平新时代中国特色社会主义思想为主导, 推动机器人产业高质量发展,

* **基金资助:** 国家自然科学基金项目“注意力感知驱动的车载多模态传感器在线协同校正”(4230012711); 福建省自然科学基金项目“面向无人执法船的多模态深度特征变换海面目标检测方法”(2022J01819); 福建省教育厅-面上项目“复杂环境下基于点云的四足机器人楼梯区域识别算法研究”(JAT220195); 集美大学通识教育核心课程(TSKC2024024); 福建省高等教育研究院高等改革与研究项目(FGJG202405); 福建省高等教育教学研究项目(FBJY20240200)。

** 通讯作者: 王宗跃 wangzongyue@jmu.edu.cn。

为建设制造强国、健康中国，创造美好生活提供有力支撑。要求机器人未来能作为人类生产生活的重要工具和应对人口老龄化的得力助手，持续推动生产水平提高、生活品质提升，促进经济社会可持续发展。同时面对当前国际贸易环境和新型竞争格局的新形势新要求，推动我国机器人产业迈向中高端，形成与国外竞争的综合实力。

从机器人在国内外的应用情况看，中国已成为世界上最大的机器人市场，2022年安装量为290,258台，平均每年的机器人安装量每年增长13%（2017-2022）；其次是日本、美国、韩国^[6]。从国家发展规划的角度看，机器人技术已经成为各国竞相发展的战略性新兴产业。加大对机器人学人才的培养力度，提高机器人学课程的教学质量，已经成为当务之急。

因此，不管是从国家发展规划还是从市场需求，都迫切需要加大对机器人学人才的培养力度，提高机器人学课程的教学质量，提高学生的学习能力和创新能力。

2 机器人学课程当前存在的问题

集美大学计算机工程学院智能科学与技术专业开设的机器人学专业必修课，总共有32学时的理论授课，16学时的实验课，课程总体框架如图1所示。同时，该门课程允许跨学科选修，因此如何更好地培养学生的综合素质和跨学科能力^[7]，不断完善机器人学课程体系^[8]，成为了一个重要的问题。从学时分布上可以看出，课程覆盖的知识点包括建模系统、导航系统和感知系统，需要掌握的知识点多且是以前没有接触过的，内容相对抽象，还要求学生具有扎实的数学基础^[9]，对学生提出了很高的要求，目前，机器人学教学存在以下的一些问题：



图1 机器人学课程总体框架

2.1 课程理论知识引入效果欠佳

在机器人学的学习中，为了对刚体进行数学建模，需要进行大量的矩阵计算，由于这一部分涉及到了矩阵理论和线性代数，若前置的数学课程学习不佳的学生可能会感到困惑和挑战。直接从高深的数学知识入

手，往往会使学习过程变得枯燥乏味，学生也会因此变得被动，导致学生逐渐失去学习的动力，降低学习的积极性^[10]。

2.2 理论知识占比过重

机器人学课程主要包含机器人结构概述、机器人数学基础、正运动学、逆运动学、机器人动力学、机器人控制等章节内容，每章节涉及的理论篇幅过长，导致大部分教学内容集中在理论知识部分^[11]，而实验课往往占比比较小，且实验操作需要在Linux操作系统下安装并配置相关软件开发环境，需要事先安装好运行机器人操作系统所需要的Ubuntu 16.04 LTS和ROS Kenetic，对学生并不友好，还需要一些实验课时进行基于Linux系统和基于ROS的系统基础操作练习，因此，只能选则较简单的实验课题，无法真正达到应用型人才培养教学效果。

2.3 理论知识与实践应用脱节

传统的机器人基础教学过程中，实验课程往往滞后于理论课程，从而导致学生在学习理论知识时缺乏实际操作的机会，难以将抽象的概念和原理与实际机器人系统联系起来。并且，实践应用需要将理论知识与具体的场景、机器人硬件、传感器、执行器等因素相结合。如传感器精度低、轮子受到约束限制等，都会影响机器人的性能和行为。且在理论知识占比较大的情况下，实验的教学与理论知识间的衔接不够顺畅，由理论教学到实物操作间存在认知差距，容易让学生感到实验内容和理论课内容相关性不大，从而降低实践学习的效果^[12]，不能达到理论联系实践的目的。

3 新工科背景下采取如下措施对机器人学进行改革

在新工科建设背景下，如何培养具有机器人行业背景知识、工程实践能力、胜任行业发展需求的创新型人才，已经成为机器人学课程教学急需解决的关键问题^[13]。

3.1 利用现代教育技术，改善教学方式

充分利用现代教育技术手段，如在线课程、教学视频、仿真平台Webots等，为学生提供更多学习资源和辅助工具，提高教学效果。首先，在线课程和教学视频为学生提供了灵活的学习方式，学生可以随时随地学习，不受时间和地点的限制。此外，学生可以根据自己的学习进度和需求，自主选择学习内容，从而更好地掌握知识点。其次，利用仿真平台如Webots等，如图2、图3所示，学生可以在计算机上进行机器人模拟实验。这种仿真实验可以帮助学生更好地理解机器人运动学、动力学和控制等方面的知识，同时避免

了实际操作中可能出现的危险和成本问题。通过仿真实验，学生可以随时调整参数、观察结果，进行反复实验，加深对理论知识的理解。

3.2 采用项目贯穿学习过程，设计基础、进阶、升级的实验指导

学生能力水平不同，应该对学生进行逐步引导，对于基础实验操作，应该确保每个学生都能够顺利完成，掌握基本的知识点，达到对课程目标 1（见表 1）



图 2 Webots 仿真小车进行避障

的考核。完成基础实验后，学生可以开始进行进阶实验。进阶实验旨在培养学生的问题解决能力和创新能力，通过引导学生独立思考和自主探究，促进他们将理论知识应用于实践中，达到对课程目标 2 的考核。对于能力较强的学生，可以进一步挑战升级实验。这些实验涉及更复杂的问题和更高的技术要求，需要学生具备更深入的理论知识和实践经验。通过升级实验，可以激发学生的求知欲和探索精神，培养他们的专业素养和技能水平，达到对课程目标 3 的考核。

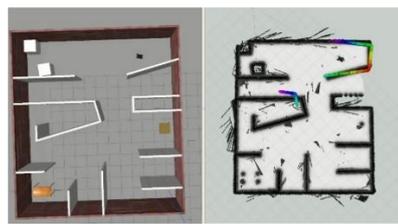


图 3 四足机器人在仿真地图中实现建图

课程目标	课程目标达成度	对应毕业要求内涵观测点及支撑权重值	对毕业要求观测点的实际支撑值
课程目标 1: 掌握自主移动机器人数理基础知识, Ubuntu系统的各种基本操作, ROS系统的通讯机制, 学习自主移动机器人所涉及的轮式运动学建模、导航规划基本概念和基础算法, 了解自主移动的核心问题、经典算法和发展趋势。	0.758	0.15	0.11
课程目标 2: 能够熟练使用Ubuntu系统的各种常用命令, 了解ROS系统的通讯机制, 并能够通过C++或者python语言实现; 能够通过RosStudio平台和ROS系统实现LEO移动机器人的建图和导航规划算法。	0.79	0.16	0.13
课程目标 3: 能够根据工程问题的需求, 运用智能计算与优化方法分析设计并实施满足实际应用需求的自主移动机器人的导航规划算法, 能够解决一定的实际问题。培养学生面对复杂问题的初步科研能力和专业知识。	0.661	0.43	0.28

表 1 课程目标达成情况与毕业要求支撑情况

3.3 教学与科研结合，提高学生创新能力

机器人学课程可以积极鼓励学习能力强的学生申请机器人科研项目、参加大型的机器人比赛，如图 4 和图 5 所示。教学与科研的结合对于提高学生的创新能力至关重要。在机器人学课程中，鼓励学有余力的学生积极申请机器人科研项目或参加大型的机器人比赛。科研项目为学生提供了一个宝贵的实践机会，使学生能够深入研究机器人学的各个方面，将理论知识应用于实际情境中。通过参与科研项目，学生可以接触到最新的技术、设备和研究方法，培养他们的研究能力和创新思维。参加大型的机器人比赛也是一种极好的实践机会，在这样的比赛中，学生需要面对各种挑战，如设计、制造、编程和调试机器人，以及解决实际任务。竞争性的环境能够激发学生的创新精神，促使学生不断改进和完善自己的机器人技术。



图 4 学生参与轮腿机器人的自主研发项目

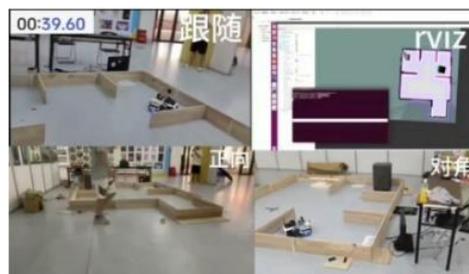


图 5 学生参加中国机器人及人工智能大赛助老赛项

3.4 依托罗普特人工智能产业学院开展项目实习

依托罗普特人工智能产业学院开展机器人学项目实习,可以充分利用产业学院的资源优势和产业经验,为学生提供更加贴近实际应用的实践机会。通过与企业的紧密合作,产业学院能够将理论知识与实践技能相结合,使学生更好地理解和应用机器人技术。在项目实习中,学生将有机会参与到真实的机器人项目中,了解机器人的实际应用场景和需求。他们将接触到最新的机器人技术,并学习如何将理论知识应用于实际问题的解决中。此外,学生还可以通过与企业的工程师和专家的交流,了解行业的最新动态和技术趋势。通过项目实习,学生可以提升自己的实践能力、创新能力和团队合作精神,为将来的就业做好充分准备。同时,项目实习也可以为企业源源不断的人才支持,推动机器人产业的快速发展。

3.5 师资队伍建设

在当今快速发展的机器人学领域,师资队伍建设对于机器人学教育的发展至关重要。为了确保教师具备最新的知识和技能,首先,引入机器人学方面的高层次人才,借助他们深厚的学术背景和前沿的知识储备,快速提升教师团队的教学水平;其次,进行相关的师资培训,培训内容涵盖最新的机器人学理论、技术、应用和教学方法,帮助教师更新知识体系,提升教学能力。此外,教师们还可通过参加学术会议和研讨会等活动,了解最新的机器人学进展,与同行交流教学心得。

3.6 在机器人学课程教学中引入思政元素

教育部 2020 年 05 月关于印发《高等学校课程思政建设指导纲要》(以下简称《纲要》),《纲要》指出:为深入贯彻落实习近平总书记关于教育的重要论述和全国教育大会精神,贯彻落实中共中央办公厅、国务院办公厅《关于深化新时代学校思想政治理论课改革创新的若干意见》,把思想政治教育贯穿人才培养体系,全面推进高校课程思政建设,发挥好每门课程的育人作用,提高高校人才培养质量,特制定本纲要^[14]。

因此,在机器人学课程中融入思政元素至关重要,旨在与思政课程同向同行,统一显性和隐性教育方式,形成教育合力。通过深入了解我国机器人的发展现状,学生们可以感受到国家在机器人创新领域的巨大进步,从而激发出强烈的民族自豪感和爱国热情。这不仅有助于激发学生对社会主义核心价值观的认同感,还能激发他们对未来职业发展的美好愿景。通过项目实践,注重培养学生的工匠精神,不断对各种机器人学相关算法进行验证和创新。通过参加各种创新项目和机器人比赛,在面临各种挑战时,促使学生们对程序进行细致的调试,对算法进行不断的优化。在这个过程中,

学生们将逐渐培养出严谨、求实的科学作风,为未来的学术研究和职业生涯奠定坚实的基础。依托机器人创新协会,受邀参加中小学科技节和海峡两岸文化产业博览会,如图 6 和图 7 所示,向社会展示机器人的广泛应用,传递了机器人技术服务于人类、推动社会进步的理念,培养学生的社会责任感和服务社会的意识。



图 6 受邀参加中小学科技节 图 7 受邀参加海峡两岸文博会

3.7 优化理论与实践并重的课程考核方式

机器人学这门课程应摒弃传统的单一化考核方式,避免仅由期末考试来决定最终成绩。为了更全面地评估学生的学习成果,应采用多种考核方式相结合。

首先,期末考试和平时作业是评估学生学习进度和理解程度的重要手段。通过期末考试,可以考察学生对智能机器人的基本概念和基础理论知识的掌握情况,这部分成绩约占总成绩的 50%。平时作业则能帮助学生巩固所学知识,提高他们的自主学习和问题解决能力。

其次,课程设计、学术汇报和企业项目实习等非期末考试的考核方式则以考察学生的实践动手和学术研究能力为重点。在课程设计中,学生需要选择一个与机器人相关的课题,提出设计理念,并进行代码编写。此外,他们还需要学会发现问题、进行小组协作以及在学术展示中表达自己的研究成果。这些方面的能力考察旨在培养学生全面发展,使他们能够适应未来的工作和学习环境。为了确保考核方式的公平和有效性,学生需在课程结束时进行汇报答辩。通过汇报答辩,教师可以了解学生的研究进展、成果以及存在的问题,并给予指导和建议。这部分成绩也占总成绩的 50%,以充分体现对学生实践和学术研究能力的重视。

4 教学效果评价

4.1 教学效果反馈

为了验证机器人学教改的效果,分别对智能 19 级和智能 20 级的教学数据进行了分析,智能 19 级仍然采用的是平时成绩 30%,期末成绩 70%的老模式进行考核。其中,平时成绩由考勤、平时作业、课堂提问、实验报告和实验答辩组成。而智能 20 级采用了新的考

核模式,平时成绩 50%,非期末考试 50%。其中,平时成绩由考勤、平时作业、课堂提问和期末考试组成;非期末考试由递进式项目课程设计、学术汇报和企业项目实习组成。智能 19 级和智能 20 级的教学数据柱形图如图 8 所示,其中横坐标为分数统计区间,分别为 0-39、39-60、60-75、75-85 和 85-100,纵坐标为各分数段的人数,从图中可以看出智能 20 级成绩更符合正态分布特点,大部分学生的成绩都集中在中等水平,及格率提升了 3 个百分点,充分说明了课改的有效性,一方面提高了学生学习的主观能动性,另一方面促进了教学效果的显著改善。

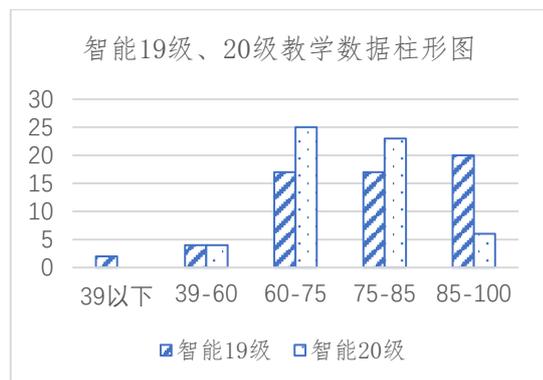


图 8 智能 19 级、20 级教学数据柱形图

4.2 问卷调查反馈

通过对两个实验班级的改革教学,完成最终考核后,发布了一项以课程目标进行教学效果考察的调查问卷,学生共 62 人,课程目标达成情况与毕业要求支撑情况,如表 1 所示。

通过该问卷调查,对于课程目标 1,有 75.8% 的同学认为达成课程目标要求,有 25.6% 的同学认为基本达成了该目标。对于课程目标 2,有 79% 的同学认为达成了课程目标要求,有 19.4% 的同学认为基本达成了该目标。对于课程目标 3,有 66.1% 的同学认为达成了课程目标要求,有 32.3% 的同学认为基本达成了该目标。对应毕业要求内涵观测点及支撑权重值,对毕业要求观测点的实际支撑值分别为 0.11、0.13 和 0.28。

4.3 创新项目申报和机器人竞赛效果反馈

近五年,一些学生申报了大学生创新项目,其中国家级立项 10 项,省级立项 12 项,校级立项 17 项,随着新工科背景下机器人学课程开设后,项目申报立项明显增加,如图 9 所示,通过深入研究和实践,同学们提升了自身的创新能力、协作沟通能力以及组织汇报能力。

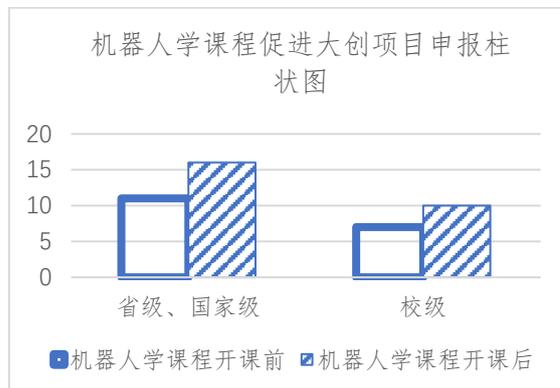


图 9 新工科背景下机器人学课程促进大创项目申报柱形图

同时,部分同学利用所学知识参加了多项机器人比赛,并取得了不错的成绩,近三年获得省级一等奖 1 项、三等奖 4 项,国家级一等奖 3 项、二等奖 4 项、三等奖 6 项。

5 结束语

随着机器人技术的不断发展,机器人学作为一门综合性学科在培养人才方面发挥着越来越重要的作用。然而,当前机器人学课程教学中存在问题,本文提出了一些行之有效的改进措施,经过教学反馈,学生反应普遍良好。这些措施使机器人学课程更加生动有趣,能够让学生真正学到有用的知识和技能。未来,需要进一步探讨如何更好地将理论知识与实践应用结合起来,以提升机器人学课程的教学效果和应用价值。同时,还需要加强机器人学课程与其他相关课程的联系,如自动化控制、传感器技术、人工智能等。这些课程与机器人学密切相关,相互渗透,通过整合这些课程的教学内容和方法,可以更好地培养学生的综合素质和跨学科能力。只有不断更新教学内容和教学方法,加强实践教学和产业合作,才能培养出更多优秀的机器人技术人才,为机器人产业的持续发展提供有力支撑。同时,我们也需要不断总结教学经验,完善机器人学课程体系建设,推动机器人教育的普及和发展。

参考文献

- [1] 王晶,薛光辉.“新工科”背景下机器人学课程教学改革与探索[J].科技创新导报,2020,17(08):180-181. DOI:10.16660/j.cnki.1674-098X.2020.08.180.
- [2] 王恒.大力发展机器人产业,推动经济高质量发展[J].中国信息化,2018(10):6-8.
- [3] 张婷,孙磊,赵锬.新工科背景下数据库系统与安全课程教学改革探索与实践[J].计算机技术与教育学报,2024,12(01):1-6.
- [4] 杜群,袁明新,江亚峰.“机器人学基础”课程案例式教学改革[J].装备制造技术,2022,(12):151-153.
- [5] 中华人民共和国工业和信息化部关于印发《“十四五”机器人产业发展规划》的通知[EB/OL].(2021,12,

- 21) .
https://www.beijing.gov.cn/zhengce/zhengcefagui/qtwj/202204/t20220408_2669949.html.
- [6] 国际机器人联合会 (IFR) 发布《世界机器人 2023 报告》[EB/OL]. (2023, 2, 16) .
- [7] 张颖, 乔贵方, 黄家才. 机器人学导论跨专业选修课程教学改革与实践[J]. 中国教育技术装备, 2018 (20): 72-74.
- [8] 杨韬, 常晓飞, 张通等. 面向“人工智能+无人系统”的课程建设——以智能无人系统综合设计课程为例[J]. 教育观察, 2023, 12(22):56-60. DOI:10.16070/j.cnki.cn45-1388/g4s.2023.22.025.
- [9] 高嵩, 潘为刚, 赵峰. 新工科背景下的机器人学课程教学改革探索[J]. 造纸装备及材料, 2022, 51(12):242-244.
- [10] 徐齐平, 陈金鑫. 机器人学精品课程建设与教学实践探索[J]. 教育信息化论坛, 2022, (10):57-59.
- [11] 谷明信, 鲁鹏. 应用型本科院校机器人学课程教学改革探索[J]. 产业与科技论坛, 2020, 19(4):191-192.
- [12] 陈德潮. 大数据背景下机器人学课程的教学改革研究[J]. 科技风, 2020(5):56.
- [13] 万琴, 吴迪, 林国汉. “新工科”背景下的机器人工程专业教学研究[J]. 科技创新导报, 2018, 15(30):132-133+135. DOI:10.16660/j.cnki.1674-098X.2018.30.132.
- [14] 中华人民共和国教育部关于印发《高等学校课程思政建设指导纲要》的通知[EB/OL]. (2020, 5, 28) .