



机器人通识类课程实验教学研究与实践

房 明¹, 王洪君²

(1. 山东大学 信息科学与工程学院, 青岛 266237; 2. 山东大学 山东大学(青岛)公共(创新)实验教学中心, 青岛 266237)

摘要: 高校通识课程中不乏机器人技术相关课程, 但存在数量相对较少, 重理论轻实践, 缺乏适用教学资料, 以及未有效利用机器人教学资源等现实问题。该文结合开展机器人通识教育的实际情况, 将实验教学引入机器人通识课程, 充分利用现有机器人实验教学资源, 保证实践内容在课程中占较大的比例。开设适合通识教育的、能够普遍推广的机器人创新实践课程, 对传统教学方案进行改革, 同时推进机器人实验室的开放共享。实践证明, 在保证教学内容先进性的前提下, 实现以学生为中心的实验教学模式, 通过线上、线下教学相结合, 让学生的学习和探索能够延伸到课外, 教学效果良好。

关键词: 机器人; 实验教学; 通识课程; 教学方案

中图分类号: G642.0

文献标志码: A

DOI: 10.12179/1672-4550.20220249

Research and Practice of Experimental Teaching in the General Course of Robot

FANG Ming¹, WANG Hongjun²

(1. School of Information Science and Engineering, Shandong University, Qingdao 266237, China;

2. Public(Innovation) Experimental Teaching Center of Shandong University(Qingdao), Shandong University, Qingdao 266237, China)

Abstract: There are some courses related to the robot technology in general education courses of college, but some practical problems still exist, such as relatively few number of courses, emphasis on theory rather than practice, lack of suitable teaching materials, and ineffective use of robot teaching resources. Combined with the actual situation of general education in robot, experimental teaching is introduced into the general course of robot, and the existing experimental teaching resources of robot are fully utilized to ensure that the practical content accounts for a larger proportion in the course. An innovation practice course of robot is set up, which is suitable for general education and can be widely promoted, reform traditional teaching scheme, and promote opening and sharing of robot laboratories. The practice demonstrates that, on the basis of ensuring the advanced teaching content, realizing the student-centered experimental teaching mode, combining the online and offline teaching, and enabling students' learning and exploration to extend beyond the class gain good teaching effect.

Key words: robot; experimental teaching; general course; teaching scheme

近年来, 机器人技术保持高速发展, 机器人是多学科高度交叉融合的应用产物, 在我们的生产和生活中的应用越来越广泛。高校作为创新人才培养的摇篮, 自然十分重视机器人技术相关教学。由于机器人的实践性和工程性强, 我们对开展相关实验教学, 进行实验教学研究与实践应给予足够的重视^[1-3]。通过实验可以对理论知识理解更为深刻, 为学以致用打下基础, 培养解决实际

问题的实践能力^[4]。

通识课程是高校学生培养方案的重要组成部分。山东大学十分重视通识教育, 并充分发挥综合性大学的优势, 开设了大量涉及各个学科和领域的通识类课程, 鼓励学生跨学科选课, 促进学科交叉融合, 开拓学生视野。面向各专业所开通识课程中, 不乏机器人技术相关课程, 但数量相对较少, 学生学习积极性不高, 在课程进行中仍

收稿日期: 2022-04-26; 修回日期: 2023-05-16

基金项目: 山东省本科教学改革研究项目(M2020199); 教育部产学研合作协同育人项目(202101024008); 山东大学实验室建设与管理研究重点项目(sy20202601); 山东大学教育教学改革研究项目(2020Y090)。

作者简介: 房明(1991-), 男, 硕士, 实验师, 主要从事 RFID 技术应用、实验室管理和实验教学研究。E-mail: fangming@sdu.edu.cn

然存在重理论轻实践,未有效利用机器人教学资源,缺乏适用的教学资料等具体、现实的难点问题。

本文围绕目前机器人通识课程存在的问题,结合学校开展机器人技术教学的实际情况,将实验教学引入机器人通识课程,并保证实践内容在课程中占有较大的比例,充分利用现有机器人实验教学资源,对机器人通识类实验教学进行研究与实践。开设适于通识教育,能够普遍推广的机器人创新实践课程,改革机器人通识类课程教学方案,同时推进机器人教学资源和实验室的开放共享。

1 难点问题

山东大学(青岛)公共(创新)实验教学中心(以下简称中心)作为公共实验平台,开设和承担通识类创新实践课程并开展实验教学是中心的工作之一。学校相关专业的老师对机器人技术通识教育进行了有效的探索,开设了一些课程,但是根据当前学校的实际教学情况,并结合教学资源和实验室等方面的情况,发现仍然存在一些具体、现实的难点问题。

1) 机器人通识课程总体数量相对较少,学生的选择有限,尤其在中心所在的青岛校区,缺乏机器人通识课程。

2) 机器人通识课程教学手段单一,以科普和理论讲解为主,部分课程中安排了少量的演示性或验证性的实验,部分课程仅在教室就能够完成教学,不需要走进实验室。这样学生缺乏动手操作机器人实物的实践机会,对机器人的认知多停留在概念上,难以激发学习热情和积极性^[5-6],更无法实现实践能力和创新能力的培养。

3) 缺乏适用的教学资料。若将实验教学引入机器人通识课程,改革教学方案,则需要制作适用于通识类机器人创新实践课程的教学资料,如编写相应的实验指导书,进行线上教学资源的制作等。

4) 现有部分机器人资源利用率低。如中心已完成了机器人创新实验室建设,并引进了一些先进的机器人平台和设备作为公共教学资源,但由于宣传力度不足,与学院师生联系不紧密,未开出有效课程等原因,导致设备利用率偏低,实验室开放共享不佳等状况。

2 机器人通识类实验教学研究与实践

2.1 开设机器人创新实践课程

为了有效开展机器人通识类实验教学,尝试对机器人通识课程进行发展与改革,实现理论与实践相结合,扩大教学受益面,充分利用中心的实验室与机器人资源,学校开设了机器人技术创新实践课程——机器人探索与实践。在考虑各专业学生选课接受度及课程内容量等因素后,初步以通识选修课程(1学分,16学时)形式开展,保证实验在课程中具有较大的占比。课程面向所有专业的学生开展机器人技术通识教育,不设置先修课程等方面的门槛,尽量改变类似课程大部分为工科学生选课的现状。通过最新、最热的技术认知,亲力亲为的探索和实践环节,以学生为中心,以实验项目为导向,线上线下相结合等,充分调动学生学习机器人技术的积极性,帮助学生更直观地理解机器人技术,提高学生实践能力和团队合作能力,并促进创新能力的培养^[7-9]。

2.2 课程硬件资源

课程实验教学主要依托中心的机器人创新实验室,如图1所示,基于实验室的桌面式机械臂、人形机器人、服务机器人、机器狗、双臂协作机器人、智能小车等机器人平台和设备开展。该实验室为开放实验室,配备了不同种类先进的教学机器人作为机器人公共教学资源,可支撑机器人技术实验教学,支持学生参加创新创业竞赛和科技创新项目制作等活动。

课程以 Dobot Magician 机械臂为主要实验平台,该国产机械臂为越疆公司自主开发的高精度多功能轻量型智能实训机械臂,能够实现吸盘吸取、抓取、写字画画、3D 打印、激光雕刻等功能,支持示教再现,图形化编程,并预留拓展接口及软件 API。该机械臂上手容易,无相关专业基础也可以轻松入门,同时支持二次开发方便实验进阶,比较适合机器人通识类实验教学,根据学生水平设计不同难度层次的基础实验和拓展实验。

课程中还安排了人形机器人 NAO 演示和入门实验,NAO 目前是日本软银公司的仿人智能机器人产品,身高约 57 厘米,具有 25 个自由度及视觉、音频、红外、压力等多种传感器,可以在支持多平台的开放式编程架构下实现可视化编程,适应不同水平的学生使用。另外,课程中应用实

验室机器人资源,如机器狗、双臂协作机器人、智能服务机器人 Pepper、ROS 自动驾驶车,以及 Dobot Magician 机械臂延伸应用设备和系统,如书法、人机对弈和机器视觉学习平台等开发了演示、体验类实验项目。



(a) 实验室 (1)



(b) 实验室 (2)

图1 机器人创新实验室

2.3 教学内容设置

课程含 16 学时的课上时间,分为 8 次课程教学,每次课程为 2 学时,上课地点直接放在机器人创新实验室内,方便学生实验和直观的机器人认知。

通过课程教学,主要实现以下目标:

- 1) 让学生了解机器人技术的最新发展,机器人基本原理和应用领域等机器人相关基础知识;
- 2) 以 Dobot Magician 机械臂为例,了解机械

臂的基础知识和应用;

3) 通过实验掌握机械臂上位机软件使用,机械臂基本操作,以及各种配件的安装和使用方法,完成各实验项目;

4) 掌握图形化编程,学有余力的学生可进阶学习代码编程,实现机械臂自动控制;

5) 通过机器人认知实验项目,了解除机械臂外其他几种机器人的原理与应用,开拓学生视野,为后续的深入学习和研究培养兴趣、打下基础。

课程的教学内容和实验安排如表 1 所示。

第一次和最后一次课各有 1 学时的理论讲解,而第二次到第七次课平均每次课理论讲解时间一般不超过 0.5 学时,仅对一些重点、要点知识和方法进行讲解,其他时间留给实践环节,进行相关的实验项目。综合来看,实践环节在整个课内时间占比接近 70%,同时在课下可以将实验室开放给学生继续完成未完成的实践任务或进行额外的探索。在实验过程中,学生之间相互合作解决问题,并根据需要进行一些自学,而教师则主要进行答疑并给予一定的指导。第一次课理论知识的讲解相对较多且丰富,主要为机器人技术的概述,让学生建立起对机器人的基本概念;而实验教学部分则利用现有资源安排了一些演示和操作体验,通过大量的实物让学生直观感受和体验机器人技术,激发学生对机器人学习的兴趣和热情。可以看出,第一次课的课内时间安排相对紧张,实验准备的工作量大,这就需要教师和助教密切配合,提前调试好机器人,并且利用开放实验室优势根据学生兴趣将机器人演示和操作体验延伸到课余时间。最后一次课程除了介绍现有平台应用开发案例外,主要内容是进行课程开始就会布置的开放性课程设计的验收。

表 1 教学内容和实验安排

课次	理论讲解	实验项目
1	机器人技术的最新发展,机器人概念、分类和应用等	演示实验:机器狗,双臂协作机器人,Pepper,自动驾驶车,机械臂书法、人机对弈和机器视觉平台的演示和操作体验
2	机械臂基础知识;机械臂气泵、吸盘及上位机软件	软件控制机械臂吸取、移动物体
3	机械臂夹爪;示教再现功能	示教再现实现机械臂自动堆叠
4	机械臂写字、绘图的实现	机械臂写字和绘图
5	图形化编程的工具和方法;API函数及二次开发方法	编程实现机械臂自动化搬运和堆叠物品
6	循环结构;函数的定义与调用	编程实现机械臂自动循环盖章
7	人形机器人基础知识;NAO基本介绍、开发环境及编程方法	NAO功能演示及开发流程示例
8	机械臂、NAO机器人及其他现有机器人应用开发案例	课程设计的讲解和验收

课程面向的学生没有专业限制, 课程教学内容和实验设置上充分考虑了难度水平和各专业学生接受程度, 选取容易上手的平台 Dobot Magician 机械臂和 NAO 机器人, 作为主要实验平台和切入点, 在保证大部分学生都能达到教学要求、完成实验任务前提下, 激发有专业基础和学习兴趣并且学有余力的学生继续利用课上和课余时间深入研究。如机械臂编程中, 要求图形化编程实现, 但作为拓展部分更加鼓励学生使用 Python 语言调用 API 编程实现; 又如仅对 NAO 开发和使用进行入门教学, 具体功能实现作为拓展部分需要学生自主探究。

2.4 成绩评定

恰当的考核方式, 有利于良好学习习惯的养成, 是对学生课程学习的激励和引导。课程中对学生的考核分为多个方面, 既有综合性的考核, 也有对实验过程和成果的考量, 最终综合给予学生成绩评定。

针对综合性考核, 课程中设置了一个课程设计, 贯穿于课程的整个进程, 在第一次上课时就会说明目标和要求, 并在最后一次课展示和验收成果, 提交简明的设计报告和代码等。学生自由组合为 2 人实验小组, 明确分工合作, 运用机械臂及其标准和自制配件, 也鼓励使用其他机器人平台和设备。利用逐步积累的知识和实践经验, 实现机械臂自动控制完成一定的功能, 选题具有开放性。为了与实验项目区分, 要求具有一定的创新性, 在课余时间将实验室开放, 供学生进行项目设计和调试。另外, 要求以小组为单位完成一份课程论文, 为了开拓思路不限定具体题目, 但需要跟机器人技术相关, 如经过课程学习和调研撰写的机器人技术综述, 机器人技术发展、创新和应用等方面的内容, 论文于结课时提交。

针对平时实验教学的考核, 主要是在每次课程实验项目完成后, 教师对各实验小组进行实验成果验收, 学生与教师探讨实验中遇到的问题, 交流心得, 并且学生需要随时准备接受教师的提问。

2.5 教学特点

机器人探索与实践创新实践课程与原有机器人通识课程相比, 进行了一些改革和创新, 以解决所存在的具体、现实的难点问题, 形成了课程特色, 主要体现在如下 5 个方面。

1) 推广通识教育与实验教学相结合

课程面向各专业的学生开设, 并融入较大比

例实验教学内容。大部分工科专业学生平时接触先进机器人设备和平台实物机会较少, 更不用说文科及其他专业的学生, 课程为学生提供了机器人技术认知学习和操作实践的机会。课程在培养学生兴趣, 开拓学生视野的同时, 提供具有较大实际应用价值的机器人实践内容, 探索开展机器人通识类实验教学。

2) 教学内容尽量贴近最新技术发展

无论是一般实验项目还是演示实验, 所基于的机器人设备和平台均为近年引进。随着课程开展及实验室建设进行, 不断更新教学和实验内容, 尽量将最新、最先进的设备开放给学生使用, 努力达到基于先进的机器人设备和系统, 使教学和实验内容符合现代机器人技术的最新进展和生产、生活实际需求的目标。

3) 以学生为中心, 以实验项目为导向

对于机器人教学, 单纯以教师为中心进行理论输出的教学效果并不理想, 实验教学的引入让学生更有学习兴趣和热情^[10]。而实验教学以学生为中心, 教师则充当项目导师的角色, 主要从事引导和答疑等工作, 保证实验全过程学生亲力亲为。每次课程实验以实验项目为导向, 并且课程中要求学生完成开放性课程设计项目, 实验教学围绕项目展开。实验项目进行过程中, 教师仅提出实验目标和要求, 针对重点、难点问题进行讲解, 学生团队则需要教师在引导下查阅资料, 自主学习, 探究性地完成实验目标, 在实践中学习机器人技术。

4) 定制化的教学资料

基于课程硬件资源及教学模式, 缺乏系统的、有针对性的教学资料。因此, 专门为课程编写了实验指导书, 考虑了各学科学生对机器人技术的兴趣、接受程度、实验进阶等因素, 内容详尽, 保证可用性和可读性。同时, 利用中心的线上教学平台, 进行理论讲解、实验讲解及拓展部分线上教学视频资源制作, 可供学生反复观看, 用于课前预习, 课中查阅和课后复习等。

5) 让学生的学习和探索延伸到课外

推进机器人创新实验室开放共享, 课下给予学生一定的自由时间, 在老师的指导下走进实验室, 继续完成未完成的实验任务, 进行课程设计项目, 学有余力的学生探索进阶实验, 鼓励学生运用实验室的机器人进行创新项目的开发, 参加

创新创业竞赛等^[11]。同时,学生可以在课外时间,通过线上教学资源,查阅资料,课程论文写作等灵活地进行自主学习^[12-15]。

3 实践成效

机器人探索与实践创新实践课程已面向全校各专业学生开课,课程的开设、改进和发展,以及教学方案、实验项目和课程资源等的设计和开发是对机器人通识类实验教学的有效实践,主要成效有以下5个方面。

1) 课程于春、秋季学期面向各专业学生开课,并且于暑假以暑期学校课程形式开设,课容量均为40人。选课学生来自多学院、多专业,包括信息、计算机、网络空间安全、生命、环境、法学等学院的学生,课程受益面广,学生反馈良好。课程进行中,部分来自生命、环境等非电类

专业学生表现也十分突出,文科专业学生也能顺利完成实验。

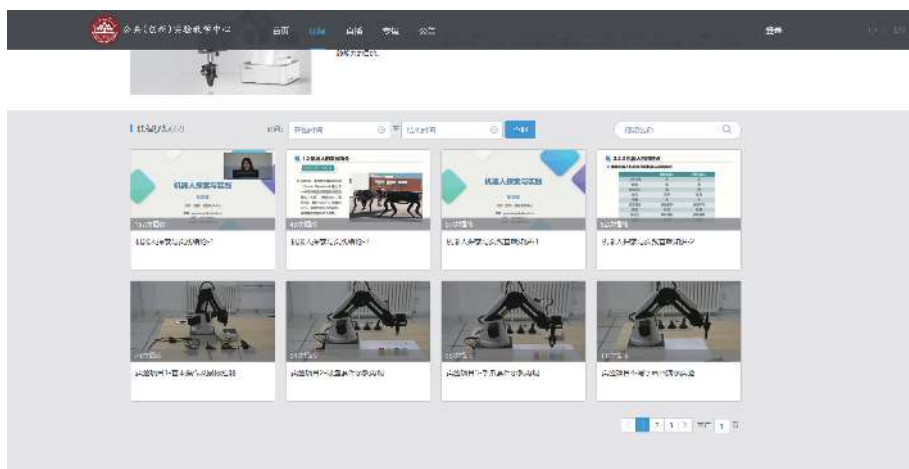
2) 对前期编写完成课程教学大纲以及实验指导书逐步更新和完善,满足使用需求。

3) 目前已开发课程实验项目15项并保持更新,与企业工程师合作将NAO、双臂协作机器人、机器狗、Pepper、无人车等引入课程,实现学生动手实践在课程中占有较大的比例,并给予学生一定的创新空间。课程设计进行过程中,涌现出一批新奇的想法和思路,部分想法通过技术开发得以实现,如机械臂测量物体厚度、机械臂协助实验采样等。

4) 利用中心的线上教学平台,进行了课程和实验讲解等视频的制作,目前已制作上线教学视频22个,供校内学生随时随地观看,必要时可开展线上线下相结合的教学,如图2所示。



(a) 线上教学平台首页



(b) 课程页面

图2 线上教学平台机器人探索与实践课程资源

5) 机器人创新实验室对学生的开放共享进一步推进, 在课程带动下, 越来越多课内学生及其他学生在课余时间走进实验室, 进行对机器人的研究与探索, 做实验、做科创项目、备战竞赛、做毕设等, 提高了实验室知名度及中心机器人资源利用率。目前, 根据学生实际需要, 已基本实现实验室在每周一到周五晚, 周六和周日全天时间, 以及暑期的开放共享, 平均每学期实验室使用超过 300 人次。

4 结束语

机器人探索与实践创新实践课程开设了几个学期, 经过不断探索和打磨, 教学方案趋于完善。将实验教学引入机器人通识课程, 实践性内容在课程中具有较大占比, 所开发的实验项目丰富, 贴近技术前沿, 且适合通识类实验教学。课程实现以学生为中心的实验教学模式, 线上、线下教学相结合, 推进了实验室资源的开放共享, 让学生的学习和探索延伸到课外。但是在课程发展过程中, 仍有许多工作需要做, 实验教学内容需要不断完善和更新; 丰富课程内容, 增加学分和学时, 争取将课程升级为通识核心课程; 加强宣传和推广以扩大课程受益面等。针对机器人通识类实验教学的研究与实践所取得的成果, 希望能够给予校内及其他高校开展机器人通识教育一些参考和思路。

参考文献

- [1] 郭艳婕, 桂亮, 金悦. 基于本科生的机器人实验教学的实践与探索[J]. *实验室科学*, 2015, 18(1): 131-134.
- [2] 赵京, 卫沅. 机器人实验教学系统创新实践方法及应用[J]. *实验室研究与探索*, 2015, 34(11): 210-212.
- [3] 蔡军, 郭鹏. “新工科”背景下以创新人才为培养导向的实验教学改革及实践——以机器人应用技术实验教学为例[J]. *高教学刊*, 2019(11): 52-55.
- [4] 霍佳雨, 高博. 基于通信类创新人才培养的光纤传感实验教学改革[J]. *实验科学与技术*, 2021, 19(4): 92-95.
- [5] 容爱琼. “项目式”强化训练的机器人实验教学方法[J]. *教育教学论坛*, 2016(28): 268-269.
- [6] 王宏宇, 刘会霞, 王春艳. 基于“互联网+”的混合式实验教学模式研究[J]. *实验科学与技术*, 2021, 19(5): 74-79.
- [7] 肖茜, 邢晓松, 王成栋. 可交互式面部表情机器人综合实验设计[J]. *实验科学与技术*, 2021, 19(1): 14-19.
- [8] 吴屏, 杨静, 李苑青, 等. 面向工程创新能力培养的电子工艺实习研究[J]. *实验科学与技术*, 2021, 19(2): 116-122.
- [9] 张琦, 甘永莹, 李晓, 等. “新工科”背景下高校机器人实验改革的探索[J]. *科技视界*, 2022(6): 37-39.
- [10] 张波涛, 王坚, 吴秋轩. 机器人技术的实验教学改革与实践[J]. *实验技术与管理*, 2017, 34(3): 199-201.
- [11] 李真. 基于STEAM机器人的创新实践模式研究[J]. *信息与电脑(理论版)*, 2021, 33(21): 234-236.
- [12] 沈捷, 王莉, 王鑫国, 等. 基于翻转课堂的机器人技术实验教学改革[J]. *中国现代教育装备*, 2019(1): 111-113.
- [13] 郭东亮. 新建院系电子信息类教学实验室建设[J]. *实验科学与技术*, 2021, 19(6): 137-140.
- [14] 崔二娟, 吴亚辉. 新工科背景下3D打印课程教学改革与实践[J]. *实验科学与技术*, 2020, 18(5): 115-118.
- [15] 王琳, 管庆, 于永斌, 等. 新工科背景下的“综合设计”课程教改实践[J]. *实验科学与技术*, 2021, 19(4): 57-60.

编辑 王燕