

基于“机器人平台”的开放式实验教学 模式探索



刘超群, 杨志杰*, 蔡兰兰, 魏翼鹰

武汉理工大学机电工程学院, 湖北武汉 430070

摘要: 机器人产业的发展对科技人才的培养提出了更高的要求。与机器人平台相关的课程具有多门课程交叉融合、实践要求高、与行业结合紧密等特点。文章通过分析目前实验教学中存在的主要问题, 设计了“虚实相融的开放式实验教学模式”。该教学模式将教学、科研和竞赛进行融合, 构建“三位一体、相互促进”的机器人实验教学平台, 完成教学任务的同时促进科研和竞赛的共同进步。在教学过程中运用云技术、微课堂、翻转课堂等新技术手段, 将教师、学生和教学资源串有机结合在一起, 形成沉浸感受式、交互联动式、自主探索式的学习模式, 突破传统实验教学模式限制, 推动了实验教学方法改革。该教学模式可以满足不同层次、不同方向学生的发展诉求, 为学生个性化发展提供精准指导与帮助; 搭建了科教融合、赛教融合的教学平台, 给学生提供将理论知识学以致用的途径, 可以锻炼学生解决实际问题的能力。线上线下相结合的教学方法可以使教师及时了解学生掌握知识的情况、随时随地对学生进行辅导。该教学模式可有效促进智能制造专业学生实践创新能力的提升, 并具有在其他专业推广应用辐射作用。

关键词: 实验教学模式; 人才培养; 机器人平台; 虚实相融

DOI: 10.57237/j.jeit.2022.01.004

Exploration of Open Experimental Teaching Mode Based on "Robot Platform"

Liu Chaoqun, Yang Zhijie*, Cai Lanlan, Wei Yiyong

School of Mechanical and Electrical Engineering, Wuhan University of Technology, Wuhan 430070, China

Abstract: The development of the robotics industry has put higher demands on the training of scientific and technological talent. Courses related to robotics platforms are characterized by the cross-integration of multiple courses, strong practical requirements, and tight integration with the industry. By analyzing the main problems existing in current experimental teaching, this paper designs an "open experimental teaching mode integrating virtuality and reality". The teaching model integrates teaching, scientific research and competition to build a "trinity and mutual promotion" robot experimental teaching platform, which can complete the teaching task and promote the common progress of scientific research and competition. In the teaching process, cloud technology, micro-classroom, flipped classroom and other modern technological means are used to organically combine teachers, students and teaching resources together, forming

基金项目: 本文为武汉理工大学教研项目《(QN) 虚实相融的开放式实验教学模式研究——以“基于机器人平台的实验教学”为例》(2022098)和《(青年)智能制造卓越人才“两翼四驱一纽带”实践创新能力培养体系研究》(2022094)的阶段性成果之一。

*通信作者: 杨志杰, yangzhijie@whut.edu.cn

收稿日期: 2022-09-29; 接受日期: 2022-10-21; 在线出版日期: 2022-11-01

<http://www.jeduit.com>

a learning mode of immersion feeling, interactive linkage and independent exploration, breaking through the limitations of traditional experimental teaching mode and promoting the reform of experimental teaching methods. This model of teaching can meet the development needs of students at different levels and directions, and provide precise guidance and assistance for the individualized development of students. A teaching platform that integrates scientific research and teaching, competition and teaching has been established to provide students with a way to apply theoretical knowledge and to exercise students' ability to solve practical problems. The combination of online and offline teaching methods enables teachers to understand student knowledge in a timely manner and provide instruction to students whenever and wherever they are. This teaching model can effectively promote the improvement of the practical innovation capabilities of smart manufacturing students, and has a radiating effect on the generalization and application of different specialties.

Keywords: Experimental Teaching Model; Talent Training; Robot Platform; Combination of Virtual and Reality

1 引言

随着工业互联网、大数据、云计算等技术在制造业的蓬勃发展与广泛应用，传统的机械制造业正处在转型升级的关键时期，新一代信息技术和人工智能与制造业的深度融合，正在引发全球新一轮科技革命和产业变革[1, 2]。世界各国纷纷提出再工业化战略，日本提出“工业价值链”、美国提出“国家制造创新网络”、德国借“工业 4.0”概念描绘了未来工业的愿景，我国也提出了“中国制造 2025”，推动制造业优化升级，向中高端迈进[3-5]。机器人技术是智能制造环境中的重要一环，在工业自动化改造的需求刺激下，机器人的需求逐年增长，对高校人才培养也提出了新的要求[6, 7]。

根据《“十四五”机器人产业发展规划》总体要求：到 2025 年，我国成为全球机器人技术创新策源地、高端制造集聚地和集成应用新高地；到 2035 年，我国机器人产业综合实力达到国际领先水平，机器人成为经济发展、人民生活、社会治理的重要组成。产业的发展离不开人才的培养，加强机器人科技人才培养、支持高校和科研院所培养专业技术和复合型高端人才是机器人产业发展的基础[8]。因此为提升课程质量必须加快推进信息技术与教育教学的深层次融合，将互联网、遥操作、虚拟现实等技术深度应用到教育教学中来，以此培养出更多优秀的机器人方向的专业、复合型人才[9-11]。

武汉理工大学是为汽车、建材、交通行业培养专业化人才规模最大的工科优势高校，在“三大行业”转型升级发展中，其生产方式向充分互联协作的智能制造体系演进，注重跨界融合与协同创新，迫切需要多层次的机器人方向的人才队伍。因此高校的教学目标要以培养学生的创新创业能力为核心思想，围绕机器人

平台开展虚实相融的开放式实验教学模式研究，对行业 and 产业发展急需的高素质智能制造新工科人才培养形成支撑，具有积极的意义。

2 教学过程中存在的主要问题

2.1 教学方式缺乏统一规划

基于机器人平台的实验教学涉及《人工智能》、《传感器原理》、《自动控制原理》、《现代控制理论》、《计算机控制技术》、《工业机器人》、《机器视觉算法与应用》等众多专业课，需要融合多门课程的理论教学内容，对实验教学进行统一规划，以确保实验过程先易后难、循序渐进、虚实结合。使学生能够轻松、快速地学到实用、先进的技术，并且培养出解决系统性工程问题的思维和能力。

2.2 教学体系没有与时俱进

现有的实验教学体系中，没有充分发挥信息技术带来的优势，必须将信息技术与教育教学进行深层次融合，将互联网、遥操作、虚拟现实等技术深度应用到教育教学中来。

2.3 教学管理不够充分

现有的实验教学中，教学过程的管理，学生与学生、学生与教师之间的合作交流，学生和教师之间的互相评价机制建设的还不够充分，需要制定合理的教学管理方案、搭建师生互评体系，提供师生交流平台。

2.4 教学内容过于传统

基于机器人平台的实验教学中，学生需要面对的是机械、电气机构复杂，涉及的传感器繁多，算法新颖，编程逻辑复杂的综合性课题。传统的课时型实验教学模式，无法实现这一目标。需要采用循序渐进的方法，构建多阶段的实验教学内容。

3 研究的主要内容

近年来，国家大力提倡加强工科大学生的“双创”能力以及工程实践能力的培养，而实验教学在培养新工科学生创新设计实践能力方面起着至关重要的作用[12, 13]。如何使课程实验更好地服务于学生创新实践能力培养、更好地提高学生实际应用知识的能力，成为实验教学过程中亟待解决的课题。因此作者以培养学生的创新创业能力为核心思想，围绕机器人平台开展虚实相融的开放式实验教学模式研究，对行业 and 产业发展急需的高素质智能制造新工科人才培养形成支撑。主要研究内容包括：

3.1 线上线下相结合，方向化的，阶段化的实验教学方法

为了满足行业的用人需求以及学生的发展诉求，应将“基于机器人平台的实验课”定位为创新类实验实训课，注重学生动手实践能力和创新能力的培养。近年来，随着信息技术的发展，翻转课堂，大学生慕课、线上教学等新型教学方式发展迅速，并逐渐被大众接受。综合考虑现有的技术手段，针对机器人现有实验课教学中存在的困难，制定出线上线下相结合，方向化的，阶段化的实验教学方法。如图 1 所示，将课程体系划分为三个阶段：基础阶段、创新阶段和竞赛阶段[14, 15]。

基础阶段将交叉融合的理论知识点依照每一项基础实验的要求进行划分和总结。教师需要制作课件，录制视频，制定考核内容。学生必须完成线上学习并考核通过才可以到实验室进行实验。实验课堂上教师会回顾讲解理论知识的难点和易错点，加深学生对理论知识的理解。

创新阶段将科研任务融入实验教学，学生可以加入机器人相关的课题组，完成相关科研项目中的一个小课题。学生可以根据自己的兴趣和需求选着不同的方向。

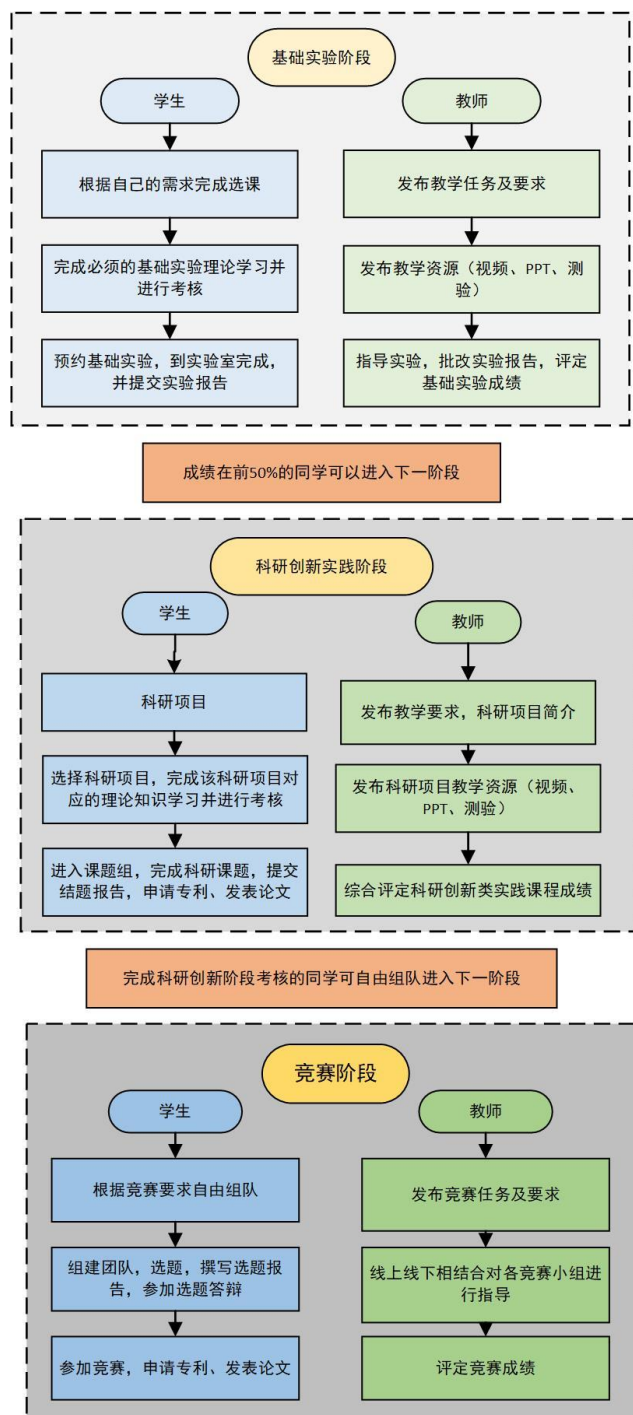


图 1 基于机器人平台的实验课程教学过程

竞赛阶段采用分组对抗模式，学生可以自行组队，完成竞赛作品，营造出各组学生之间的良性竞争氛围，提升学生们相互学习的热情，感受比赛中紧张刺激的过程。

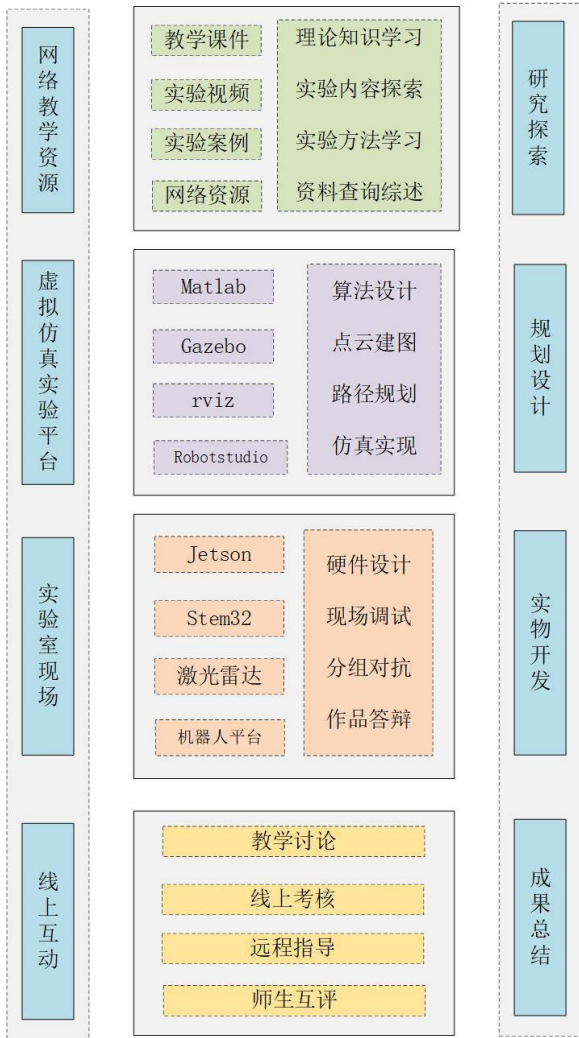


图2 虚实相融的开放式实验教学模式

采用阶段化的教学体系，规定只有基础阶段考核前 50%的学生可以进入下一阶段更容易激发学生的学习热情。创新阶段和竞赛阶段进行科教融合、赛教融合，实验内容来自于科研转化与优化，通过该实验的

学习又可以激发学生对机器人的科研兴趣和竞赛热情，竞赛和科研中获取的经验又可以持续完善教学。阶段化的教学体系可以满足不同学生的需求，图 1 还详细介绍了基于机器人平台的实验课程的教学过程。

3.2 虚实相融的开放式实验教学模式

基于机器人平台的实验课程包含了多项软件使用和硬件操作，课程体系有机融合了软件仿真实验和硬件操作实验。虚拟仿真实验中，学生将学习和熟悉机器人相关的操作软件，并通过建立模型在仿真环境中运行，检验自己的算法程序和操作是否正确可行，同时方便学生课后自行学习巩固和探索钻研。硬件操作实验中，学生将真正接触到实际设备，了解硬件每个模块的作用以及硬件之间的通信方法，避免学生眼高手低。通过先进行仿真实验让学生熟练掌握操作后再进行实物机器人的操作，有效降低学生初次接触机器人出现错误操作的可能性，全面提升实验效果。

虚实融合的开放式实验教学模式如图 2 所示。基于智能硬件、开源软件、互联网思维形成的“虚实融合”实验环境，包括网络教学资源、虚拟仿真实验平台、实验室现场、线上互动等。学生在完成“研究探索、规划设计、实物开发、成果总结”的实验进程中充分应用虚实融合实验平台建立关联。学生利用教学课件、实验视频、实验案例、网络资源等线上教学资源进行实验项目的资料查询、理论学习、方法探究、方案论证；基于虚拟仿真实验平台，应用专业仿真软件完成算法设计、点云建图、路径规划、仿真实现等实验项目，虚拟仿真实验平台支持线上和线下两种模式；结合智能硬件、开源软件、实验室现场制作完成硬件实现、系统调试、测试分析等。图 3 和图 4 分别展示了虚拟仿真过程和实物教学过程。

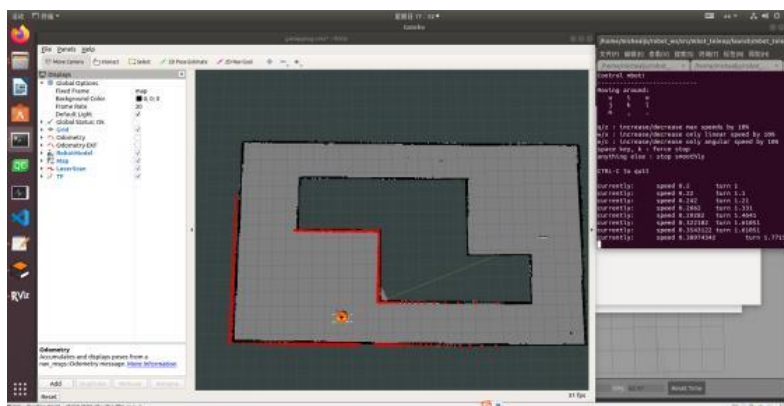


图3 虚拟仿真过程



图4 实物教学过程

通过机电工程学院建设的“交互式实验室信息管理系统”以及实验室现场实现师生无障碍互动探讨分享[16]。最后在实验室现场成果总结环节和竞赛环节，教师对学生作品及答辩展示进行评价，教学相长。按组进行答辩或竞赛，组内协同互助，组间良性竞争。总之，在实验进程中借助虚实融合的开放式教学模式，学生享有了丰富的数字实验资源，更便捷的师生交流互动，更重要的是训练学生应用智能硬件、开源软件、互联网思维完成系统设计与开发的意识，在虚拟空间强调跨时空关联，促进学生关联力提升。

3.3 制定实验课程管理方案，提供师生交流、互评平台

武汉理工大学大力支持信息化建设，明确指出：要依托信息化和人工智能技术优化完善评价体系，实时监测教育教学质量，提升质量意识，形式质量文化研究。武汉理工大学机电工程学院开发了“交互式实验室信息管理系统”，因此依托该系统制定实验课程管理方案。学生可以通过系统查询实验课程安排、实验平台开放时间等信息，根据自己的需求进行实验预约，下载实验指导书和设备使用说明，完成实验预习测试，提交实验报告，查询实验成绩等。教师可以通过系统发布实验安排，设置实验预习考试、评估知识点掌握情况，实验完成后还可以直接在系统上评判实验课的操作成绩，批改实验报告后录入实验总成绩。使用该系统对基于机器人平台的实验课程进行管理，提高了实验课程的教学效果，增加了实验课的开放时间和开放范围。

依托该系统，还可以制定各课程单元的考核方法与评价规则，教师采用直接评价方式对实验环节各个阶段全过程评价。在教师直接评价基础上增加学生间接评价环节，通过发放问卷的形式实施学生的课程评

价与自我评价。通过“交互式实验室信息管理系统”可以收集并分析评价数据，考核实验课程目标的完成状况，获得学生能力达成情况。后续可以利用评价结果改进实验教学活动。根据评价结果中各个阶段的成绩判断学生是否达到预期的学习成果，形成基于机器人平台的实验课程下一步持续改进方案。教师能力导向与全过程评价的方法将原有的总结性评价转向为形成性与总结性融合的全过程实验评价方式，增加了学生自评与互评环节，有利于师生一起探索实践、互利共学。

3.4 多维度实验教学质量评价标准的研究

根据《教育部高等教育司关于开展新工科研究与实践的通知》中的指导意见：在完善中国特色、国际实质等效的工程教育专业认证制度的基础上，研究制定新兴工科专业教学质量标准，开展多维度的教育教学质量评价。

因此基于机器人平台的实验课程采用阶段化的多维度评定方法进行，针对基础实验阶段、科研创新类实验阶段和竞赛阶段，制定了不同的评判依据。基础阶段的考核将综合线上理论测验成绩、课堂实操成绩和实验报告成绩，给出最终的总成绩。创新阶段考核成绩由两部分组成，基础成绩和加分成绩。竞赛阶段成绩包括虚拟仿真成绩和现场比赛成绩。竞赛阶段和创新阶段还要鼓励学生撰写论文和专利，无论是否被收录，都应给与一定的加分奖励。

具体评判标准如表1、表2和表3所示。详细规范的评分机制会提高学生对实验的重视程度和参与程度，每个阶段考核通过均可获得相应的学分，满足不同层次学生的需求。教师在进行评价的时候也可根据具体需求调整各个因素的权值，从而实现教学侧重点的调控。

表1 基础实验“流程化”考核标准

类别	考核内容	分值范围
理论测验成绩	仪器、仪表的使用	0~5
	实验室安全知识考试	0~5
	实验内容预习考试	0~10
课堂实操成绩	合作能力	0~10
	解决问题能力	0~10
	实验完成情况	0~20
实验报告成绩	书写规范	0~10
	内容完整	0~10
	实验结果分析	0~20

表 2 创新实验“工程化”考核标准

类别	评价内容	分值范围
成绩	进行文献资料检索与综述，并运用相关理论知识，分析并提出系统总体方案。	0~20
	结合相关专业理论知识，选择与使用恰当的工程工具、专业软件对关键部件和系统整体进行设计与模拟，并分析其局限性，且结论正确。	0~20
	完成系统的实物制作与调试，获得正确结果	0~20
	PPT 答辩，能准确、清晰地表达、交流设计内容和实现过程	0~20
	按规范撰写设计说明书，同组成员应各自侧重撰写自己所承担的设计任务完成内容	0~20
加分成绩	撰写论文和专利，导师评价	0~20

表 3 竞赛阶段“项目化”考核标准

类别	项目	评价内容	分值范围
功能分	达到 B 区	规范到达 B 区方位内	0~10
	达到 C 区	规范到达 C 区方位内	0~10
	达到 D 区	规范到达 D 区方位内	0~10
技术分	越障 1	通过限高	0~10
	越障 2	完成上下坡	0~10
	越障 3	通过减速带	0~10
	垃圾运输	成功运输全部垃圾	0~10
	垃圾分类	把所有垃圾成功放置到正确垃圾箱	0~10
	时间	在 20 分钟内完成比赛，同得分者按比赛用时排名，短则排在前面	0~20
加分	撰写论文和专利，竞赛贡献	0~20	

4 教学目标

4.1 培养与行业接轨的机器人 高层次人才

根据机器人课程的特点，结合机器人产业的发展，高校应该在教学模式、教学方法和能力培养等方面进行探索，设计符合行业和学生发展需求的教学体系，帮助学生理解和掌握多学科交叉融合知识体系，以促进行业深层次的发展以及学生能力的提高。

因此“基于机器人平台的实验教学”采用项目驱动教学，整个实验教学过程先易后难、循序渐进、虚实结合。先在理想的虚拟环境下搭建模型并进行各个子模块的仿真试验，再同时运行所有的模块，将整个系统运行起来，最后将仿真环境替换成真实环境，在实物上调试运行。整个开发过程将各个功能模块都进行了适当的解耦，不仅有利于团队协作开发，也使得仿真环境下调试好的代码能够很方便地移植到实践环境中，节省大量的时间和空间成本，使学生能够轻松、快速地学到实用、先进的技术，提升学生知识综合应用能力，团队协作能力以及解决实际工程问题的能力。

4.2 推动建设产教融合实训基地

高校需要加强和企业的合作，共同建设产教融合实训基地。高校需要以产业岗位技能需求为蓝本，科学合理构建“基于机器人平台的实验教学”。通过引进上下游生态企业可以带来前沿技术，有助于培养学生的创新能力，也会为学生带来更多、更优质的就业机会。实训基地应该以提升学生综合素质以及职业核心竞争力为目标，促进高校毕业生高质量就业。

高校应遵循行业人才需求标准和岗位技能要求去构建复合型人才培养方案。用企业需求驱动教学，通过理论教学、基础实验、科研创新实训等方式帮助学生完成从理论学习到实际应用的过渡。因此，“虚实相融的开放式实验教学模式”的构建应以提升学生综合素质和职业核心竞争力以及促进高校毕业生高质量就业为目标。

4.3 提高学生的创新能力和综合素质

2020 年以来，新冠疫情形势越发严峻，给高校的教学方式、学生就业和企业发展带了新的挑战。在此背景下，迫切需要改革教学方式。机器人行业需要具有扎实的专业理论知识，又具有很强的实践及创新能

力的复合型、应用型高素质人才。

危中求机,应把握“新工科”形势下,机器人行业升级带来的机遇,将机器人核心前沿技术,与创新实践课程融合,培养学生的动手实践能力和创新精神。应将机器人与云计算、大数据、人工智能技术交叉融合,培养出具有跨学科能力和创新创业能力的各种类型的高素质人才。

5 教学意义

对照人才培养新目标和卓越拔尖人才培养新要求,将信息技术与教育教学进行深层次融合,将互联网、遥操作、虚拟现实等技术深度应用到教育教学中来,形成有效的实验教学培养体系。依照学生综合能力画像,采用线上线下相结合,方向化的,阶段化的实验

教学方法,构建虚实相融的开放式实验教学模式。该模式满足了不同层次、不同方向学生的发展诉求,为学生个性化发展提供精准指导与帮助。

将教学、科研和竞赛进行融合,构建“三位一体、相互促进”的机器人实验教学平台,以“学生为中心,自主设计、自主研究、自主实验”为经线,“基础实验、综合创新实验、开放创新实验”为纬线进行课程建设,完成教学任务的同时促进科研和竞赛的共同进步,运用云技术、微课堂、翻转课堂等新技术手段,将教师、学生和教学资源串有机结合在一起,形成沉浸感受式、交互联动式、自主探索式的学习模式,突破传统实验教学模式限制,推动实验教学方法改革。如图5所示,“虚实相融的开放式实验教学模式”培养出来的学生在多项国家教育部认定的比赛中取得了卓越的成绩。



(a) 中国机器人及人工智能大赛



(b) 中国高校智能机器人创意大赛

图5 取得的成绩

6 结论

“虚实相融的开放式实验教学模式”满足了不同层次、不同方向学生的发展诉求,为学生个性化发展提供精准指导与帮助,科教融合、赛教融合的教学平台,

给学生提供了将理论知识学以致用的途径,可以锻炼学生解决实际问题的能力。线上线下相结合的教学方法可以使教师及时了解学生掌握知识的情况、随时随地对学生进行辅导。教学模式的实施可有效促进智能制造专业学生实践创新能力的提升,不仅对院内的机械工程、测控技术与仪器、过程装备与控制工程、包

装工程专业实验课程的改造升级具有指导意义，并对其他专业推广应用具有辐射作用。

参考文献

- [1] 许德章, 面向智能制造的复合型人才实践教学体系构建 [J]. 大学教育, 2020 (10): 第 161-164 页.
- [2] 周斌等, 面向新工科人才培养的智能制造工程专业实践教学体系建设与研究 [J]. 科技视界, 2021 (34): 第 49-52 页.
- [3] 刘从虎等, 面向智能制造的应用型本科机械设计创新能力培养初探 [J]. 北京印刷学院学报, 2017. 25 (05): 第 73-74+125 页.
- [4] 雍玖, 王阳萍与党建武, 面向新工科的“虚拟现实+先进制造”协同创新实践教学体系探索 [J]. 计算机教育, 2021 (6): 第 58-59 页.
- [5] 王保健等, 面向“中国制造 2025”双能力融合的智能制人才培养探索与实践[J]. 实验室研究与探索, 2021. 40(08): 第 140-144 页.
- [6] 董霞等, 智能制造与新工科背景下机器人技术课程教学改革实践研究与探索 [J]. 中国现代教育装备, 2020 (19): 第 52-55 页.
- [7] 张帆等, 工业机器人的虚拟仿真实验教学研究 [J]. 轻工科技, 2021. 37 (08): 第 142-144 页.
- [8] 陈国金等, 智能制造技术人才培养的实验教学体系研究 [J]. 实验室研究与探索, 2016. 35 (11): 第 189-192 页.
- [9] 田英等, 工程教育背景下智能制造虚拟仿真实验教学平台建设 [J]. 中国设备工程, 2021 (07): 第 214-215 页.
- [10] 付建林等, 基于虚实结合的智能制造实验教学研究 [J]. 实验室科学, 2021. 24 (03): 第 127-131 页.
- [11] 白瑞峰等, 控制类多学科融合虚拟仿真教学资源建设 [J]. 实验技术与管理, 2018. 35 (06): 第 126-129 页.
- [12] 李轩, 智能制造技术人才培养的实验教学体系分析 [J]. 教育教学论坛, 2020 (34): 第 241-242 页.
- [13] 苏远平, 余秋明与杨蓓, 智能制造 2025 背景下新工科核心课程教学新模式探索 [J]. 教育教学论坛, 2019 (52): 第 146-147 页.
- [14] 段金英与张晓娟, “以赛促教、赛教融合”实践教学模式改革——以《电气控制技术与 PLC》为例 [J]. 电子测试, 2021(13): 第 134-136 页.
- [15] 陈飞, 范扬波与魏碧霞, “机器人及智能制造”专业群的工程实践创新实验室建设探索 [J]. 高教学刊, 2017 (23): 第 22-24 页.
- [16] Chaoqun, L. and C. Lanlan. Interactive Laboratory Information Management System Based on WeChat [C]. 2021: IEEE.