Advances in Education 教育进展, 2024, 14(10), 79-84
Published Online October 2024 in Hans. https://www.hanspub.org/journal/ae
https://doi.org/10.12677/ae.2024.14101832

Hans汉斯

基于虚拟仿真实验的教学改革与实践

——以机器人技术课程为例

戎新萍，徐海璐，季春天

南京工业大学浦江学院机电学院，江苏 南京

收稿日期：2024年9月1日；录用日期：2024年10月1日；发布日期：2024年10月8日

摘　要

针对机器人技术课程理论知识复杂、实验装置缺乏、误操风险大等问题，本文提出了基于虚拟仿真实验的课程教学改革实践与探索。以各种实验项目为导向，将课程内容细化成不同的实验，且不同种类的实验采用不同的虚拟仿真软件，努力创建了一个理论知识与实践操作融为一体的虚拟仿真实验环境，提高了学生实验的参与度及学习兴趣。并采用“以赛促学”的教学模式，将验证性实验和创新性实验相结合，提高了学生的创新能力及团队合作能力。

关键词

虚拟仿真实验，机器人技术，教学改革

Teaching Reform and Practice Based on Virtual Simulation Experiments

—A Case Study of Robotics Course

Xinping Rong, Hailu Xu, Chuntian Ji

College of Mechanical and Electrical Engineering, Nanjing Tech University Pujiang Institute, Nanjing Jiangsu

Received: Sep. 1st, 2024; accepted: Oct. 1st, 2024; published: Oct. 8th, 2024

Abstract

In view of the problems such as complex theoretical knowledge, lack of experimental equipment and high risk of misoperation of robot technology curriculum, a course teaching reform practice and exploration based on virtual simulation experiment was proposed. Guided by various experimental projects, the course content is refined into different experiments, and different kinds of

文章引用: 戎新萍, 徐海璐, 季春天. 基于虚拟仿真实验的教学改革与实践[J]. 教育进展, 2024, 14(10): 79-84.
DOI: 10.12677/ae.2024.14101832

experiments use different virtual simulation software, and strive to create a virtual simulation experiment environment that integrates theoretical knowledge and practical operation, which improves the participation of students in experiments and learning interest. In addition, the teaching mode of "promoting learning by competition" is adopted, which combines confirmatory experiment and innovative experiment to improve students' innovation ability and teamwork ability.

Keywords

Virtual Simulation Experiment, Robotics, Teaching Reform

Copyright © 2024 by author(s) and Hans Publishers Inc.
This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).
http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/
Open Access

1. 引言

机器人技术是智能制造技术的重要组成之一，推动着工业 4.0 的发展，适应未来社会的需求，因此多数高校开设《机器人技术》课程就是想要培养具有科学思维能力、实践能力、创新创业能力、理论知识丰富的专业综合性人才，为中国智能制造技术的发展作出贡献。

《机器人技术》是一门理论与实践并重的课程，在教学过程中采用虚拟仿真技术，是目前国家信息化教育战略的重要实践，推动着高等学校教学改革的发展。

2. 课程教学现状

《机器人技术》课程涉及多个方面的学科，知识点繁杂，包括运动学、动力学、力控制、位控制等内容。以往的教学模式是教师根据教材、PPT、教学大纲等来进行理论和实验教学，理论课时与实验课时的比例为 8:1，更偏重理论教学。且在实验教学中教师通过演示性实验或者简单的控制面板操作实验来完成，机器人的实验装置价格昂贵，设备少，学生数量多，导致学生真正接触到实验装置的时间少之又少。久而久之，学生逐渐丧失了学习该门课程的兴趣，违背了高校开设该门课程的初衷。而且一届传一届，很快低年级的学生就知道这门课程的“无趣性”，更是轻视这门课程的学习。

针对学生这种现状，急需对《机器人技术》课程进行教学改革，让本专业的孩子重拾机器人课程的学习兴趣，提高他们的创新、创业能力，大大鼓励他们参加各种与机器人相关的竞赛，增强他们的自信心和综合素养。

3. 虚拟仿真实验的改革思想

在《机器人技术》课程的整个教学过程中引入虚拟仿真技术，将信息化教学融入到本课程中，可以提高学生的动手实践能力[1]-[3]。本课程的各个知识点都可以使用不同的软件来进行深刻理解和仿真验证，而且教师可以在课堂上采用丰富多彩的教学模式讲解理论知识的同时穿插虚拟仿真实验，一边理论，一边实践，来加强学生理论知识的理解与认知，然后再到真实的实验设备上进行试验，实现虚实合一。另外，虚拟仿真实验的成本较低，学生线上、线下都可以进行反复操作，既可以进行教材的验证性实验，也可以验证自己的各种大胆想法，培养学生的创新能力，且虚拟仿真实验无危险，无材料损耗的缺点。

例如，可以使用 Matlab、Adams 数据处理软件来进行机器人运动学、动力学、位置控制相关的实验，利用 SolidWorks 三维建模软件来设计机器人的机械结构，借助 RobotStudio 虚拟仿真软件实现轨迹规划、在线编程等实验，最后还可以通过实验室的实物装置来进行验证。

3.1. Matlab 仿真软件

Matlab 是一个处理数据的数学软件，功能强大。众所周知，机器人的运动学、动力学模型是非常复杂的表达式，包含三角运算、矩阵运算，不管是运动学正解还是逆解，其解答过程都很繁琐，且容易出错，此时就可以借助 Matlab 软件来代替人的运算，大大简化人的劳动，并且还可以通过 Matlab/Simulink 来验证所解答的数据是否正确，使学生真正理解机器人运动学和动力学的本质与区别。除此之外，Matlab/Simulink 仿真平台还可以进行机器人整个控制系统的数学建模，进行位控、力控相关控制算法的学习、设计和验证，最后还可以通过示波器所显示的结果进行控制器参数调节，完善控制算法，为学生进行机器人相关的理论研究打好坚实的基础[4]。

3.2. SolidWorks 三维建模软件

SolidWorks 是一款实体三维建模软件，绘图简单快捷。对于机械工程专业大三年级的学生来说，都已掌握该软件的操作要点，所以借助此软件来进行机器人的机械结构设计，并非难事。机器人的机械结构设计事关机器人的外观、内部工作区域划分、强度、刚度、灵活性等是否满足任务要求的重要环节，使得机器人在执行任务的过程中运行平稳，没有阻滞。在设计机器人机械结构的过程中可以借助此软件来呈现设计效果，容易更改参数，立体鲜明，接近实物。另外还可以通过此软件的仿真功能来显示所设计结构的活动范围、灵活程度是否满足工作环境、任务需求[5]。

3.3. RobotStudio 仿真软件

RobotStudio 是 ABB 工业机器人专门研发的虚拟仿真软件，里面集合了 ABB 几乎所有规格的工业机器人，在这款软件里可以进行在线编程、轨迹规划、二次开发等作业，模拟环境也和工厂实际的操作环境一样，让学生能够身临其境地操作工业机器人进行相关作业，使学生对机器人有整体的认知，可以提高他们的职业素养。利用此软件，学生可以组合不同的操作工具、加工对象，以及不同型号的机器人来设计不同的程序来完成作业任务。另外，也不会出现由于学生误操而带来的严重后果，使学生能够放心大胆地设计、创作，提高学生的创新能力及学习兴趣。另外，RobotStudio 仿真软件还促进“教育公平”的发展，让每位学生都能同时参与到实验环节，不会因为挤在后面而看不清老师的实物操作演示与讲解，也不会出现由于实验装置少，而接触不到或者接触时间短的现象，提高学生的实验参与度，从而提高他们的学习兴趣[6]。

3.4. Adams 动力学分析软件

机器人进行动力学分析不仅能为执行不同的任务提供相应的力或力矩，还能为轨迹规划、避障功能提供力学参考，所以分析机器人的动力学模型非常有必要。Adams 是一款非常专业的动力学分析软件，可以执行运动副的创建、驱动力的添加、仿真数据的输出、运动参数的测量等操作[7]。

4. 虚拟仿真实验的改革措施

虚拟仿真实验力求从以下三个方面来进行改革，最终实现虚实结合，知行统一的目的，丰富本课程的教学内容，提高学生学习本门课程的兴趣，以及发现问题、解决问题的能力，为他们日后其他专业课程的学习、毕业设计、职业规划等打下坚实的基础。

4.1. 加大实验部分的课时占比

本课程的总课时为 32，以往实验部分的课时只有 6，可以将实验部分的课时调整为 16，理论课程和实验课程教学课时比例为 1:1。加大实验部分的课时占比，让虚拟仿真实验能够顺利进行，体现本课程理

论与实践并重的本质。在理论课堂中也可以插入虚拟仿真实验，例如在讲解机器人的固定坐标系和动坐标系时，教师就可以利用 RobotStudio 软件借助 ABB 虚拟仿真的机械臂进行介绍，从显示的数据中可以清晰明了地体现两者的区别；在进行机器人机械结构设计时，可以利用 SolidWorks 三维建模软件分析不同机械机构的强度和刚度，让学生真正领悟机械结构设计的要点和注意事项。

4.2. 验证实验与创新实验相结合

以实验项目为导向，将本课程的教学内容细化成各种各样的实验项目，再添加一些创新性实验，提高学生的创新能力、团队协作能力。其虚拟仿真实验的具体内容如图 1 所示，不同的实验项目采用不同的虚拟仿真软件，验证性实验包括利用 SolidWorks 三维建模软件实现机械臂机身、大臂、小臂、关节设计与装配；运用 Matlab 数值计算软件建立机械臂的数学模型，并进行机械臂运动学正解、逆解运算，实现运动学的仿真验证实验；将设计好的机械臂导入到 Adams 数值分析软件中，添加相应的动力和约束，进行动力学分析实验；借助 RobotStudio 虚拟仿真软件，进行机器人点位控制实验、机器人轨迹规划实验、机器人力控制实验等，锻炼学生的在线、离线编程能力。学生进行了一系列验证性实验后，掌握了机器人相关的基础知识和技能，此时鼓励学生了解并参加机器人相关的各种竞赛，进行创新性实验，在竞赛的过程中促进学生进一步的学习，查缺补漏，激发学生的创造力和动手实践能力，实现虚实统一。

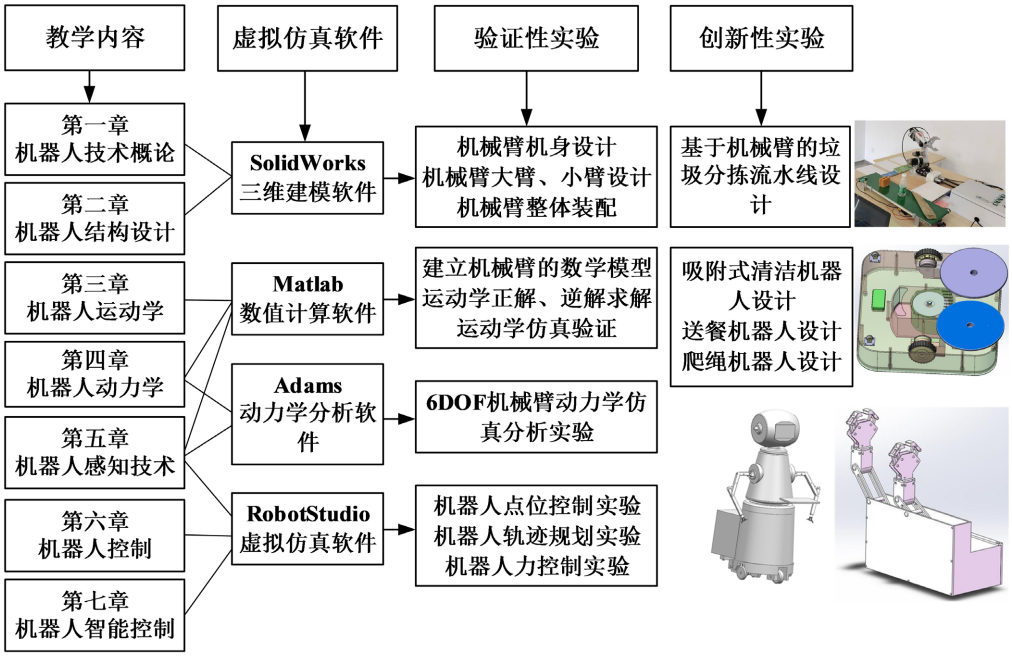

Figure 1. Contents of virtual simulation experiment
图 1. 虚拟仿真实验内容

4.3. 调整总成绩构成比例

传统的考核方式是理论考试成绩加上实验成绩和平时成绩，其中理论考试占 60%，实验成绩占 20%，平时成绩占 20%，这种考核方式不能凸显出本门课程实践过程的重要性，所以要改变该课程总成绩的构成比例。可以将总成绩调成理论考试成绩(30%)加上实验成绩(50%)，再加上平时成绩(20%)。平时成绩的比例没有改变是因为要让学生注重学习的过程，端正自己的学习态度；理论成绩比例下调，是因为在实验答辩的时候，教师就可以考核一些理论基础知识；实验成绩的占比明显提高，因为要让学生重视实验

环节，认真做实验，增强学生的动手实践能力。另外，机器人相关的技能证书、比赛奖项、专利、论文等都可以作为本课程的加分项，让学生全面发展，着力培养专业综合应用型人才。

5. 典型案例

汽车挡风玻璃涂胶操作是汽车装配流水线上的其中一个环节，利用 RobotStudio 虚拟仿真软件可以模拟 ABB 工业机械臂真实的操作环境，让学生加强练习，掌握轨迹规划、离线编程的要领、原理，然后再到实际的实验设备上进行实操，降低误操的风险。首先，添加所需型号的机械臂、安全栅栏、传感器、工作台等组件，并为机械臂配置相应的涂胶工具，安装到机械臂末端。然后，通过离线轨迹编程对挡风玻璃外围一圈产生一条完整的路径轨迹，机械臂就可以通过此路径对挡风玻璃进行涂胶操作，机械臂的挡风玻璃涂胶操作图如图 2 所示。在涂胶轨迹路径生成的过程中要注意机械臂示教目标点的位姿，调整好机械臂各个运动轴的配置参数，提高轨迹生成效率，保证机械臂的运动精度。最后，在运动仿真的过程中还可以进行碰撞监控，查看丢失参数，便于轨迹调节。

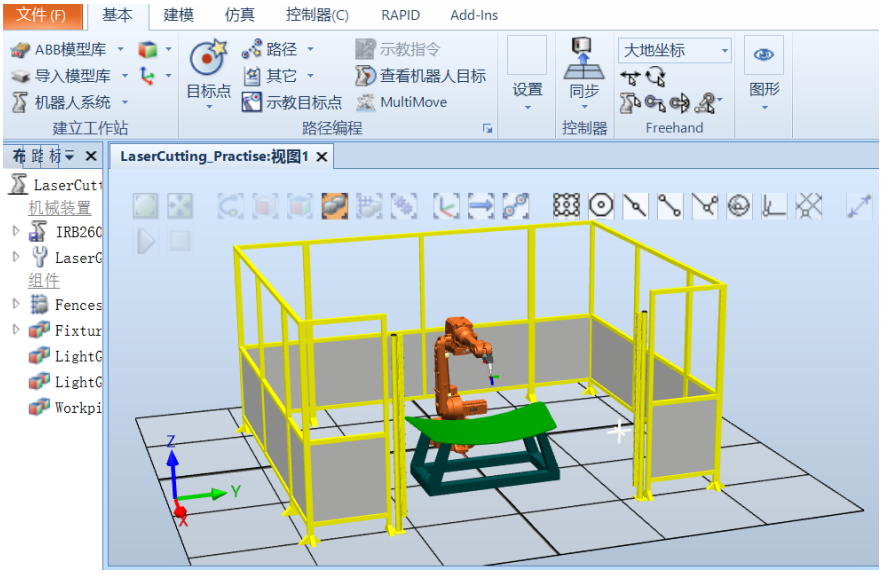

Figure 2. Operation diagram of windshield gluing track planning
图 2. 挡风玻璃涂胶轨迹规划操作图

6. 结束语

机械工程专业是本校重点建设专业，虚拟仿真实验融入到课程教学里是专业建设的重要任务。机器人技术课程采用虚拟仿真技术，给学生营造了“虚实合一”的教学环境，在教师灵活多变、妙趣横生的教学模式下，学生基于虚拟仿真实验不仅能加强理论知识、实践要领的学习，还能提高学习的积极性、团队意识及创新能力。另外，虚拟仿真实验除了可以使本课程的学习内容更加丰富多彩之外，还可以有力支撑其他课程，与机器人技术课程交相呼应。

致　谢

感谢本校领导、教务处对本教改项目的帮助与支持，感谢本团队所有的教师对本项目所作出的贡献，也感谢本专业所有学生对本项目的坚持与努力。另外，还要感谢前期研究虚拟仿真技术改革的学者们提供的理论支撑。

基金项目

校级教改项目：“多元化”项目式教学模式的探究与实践——以《机器人技术》课程为例；项目编号：2023JG002Z。

参考文献

[1] 陈光荣, 陈亚琼. “机器人技术基础”课程虚拟仿真实验教学研究[J]. 实验室研究与探索, 2023, 42(10): 143-148.

[2] 高斐, 熊青山. 基于钻井虚拟仿真技术的“钻井工程”课程教学模式设计与实践[J]. 西部素质教育, 2024, 10(15): 139-143.

[3] 黄芸. 虚拟仿真技术在高等教育课程中的应用实践与思考[J]. 高教学刊, 2024, 10(23): 114-117.

[4] 金龙, 马得秀, 刘梅, 等. 基于 Matlab 课程的科教融合教学改革研究[J]. 电气电子教学学报, 2023, 45(2): 13-17.

[5] 徐文明, 孙峰. 工业机器人基础实训课程思政改革与实践探索[J]. 辽宁农业职业技术学院学报, 2024, 26(4): 43-48.

[6] 吕伯钦, 林福. 基于 RobotStudio 的工业机器人实训平台仿真研究[J]. 中国设备工程, 2024(15): 156-158.

[7] 王佐, 柳美玲, 郭家伟, 等. ADAMS 在“汽车概论”课程教学改革中的应用[J]. 现代制造技术与装备, 2021, 57(7): 215-217+220.