

基于仿真实验加强知识综合的课程教学

--以机器人技术课程为例

王富治 宋春华

西华大学机械工程学院

DOI:10.12238/jief.v7i2.12843

[摘要] 当前,随着机器人技术迅猛发展,应用领域日益拓宽,对机器人技术课程教学也提出了更高的要求。然而,我国机器人技术本科教学目前普遍采用逐章讲解方式,课程知识的分析性有余而综合性不足,学生的知识难以系统化和获得对机器人系统的深入理解。为了改进机器人课程教学,本文提出了一种基于虚拟仿真实验加强知识综合性的机器人课程教学方法,旨在通过有机融合3D设计软件、动力学仿真工具ADAMS以及控制系统仿真工具Simulink,将机器人结构设计、动力学分析与控制策略紧密结合,从而加强机器人技术各章节之间知识的综合性或者内在联系,最终使学生获得对机器人系统的完整深入理解,并培养学生实践能力、激发学生学习兴趣、提高教学质量。

[关键词] 知识综合; 机器人技术课程; 教学方法

中图分类号: G622.3 **文献标识码:** A

Course teaching based on simulation experiment to strengthen knowledge synthesis

--Take the robotics course as an example

Fuzhi Wang Chunhua Song

School of Mechanical Engineering

[Abstract] Currently, with the rapid development of robotics technology and its expanding application fields, higher demands are placed on the teaching of robotics courses. However, undergraduate robotics education in China generally adopts a chapter-by-chapter approach, which emphasizes analytical over integrative knowledge, making it difficult for students to systematize their understanding and gain a deeper insight into robotic systems. To improve the teaching of robotics courses, this paper proposes a method that enhances the comprehensiveness of knowledge through virtual simulation experiments. The aim is to organically integrate 3D design software, dynamic simulation tool ADAMS, and control system simulation tool Simulink, closely linking robot structure design, dynamic analysis, and control strategies. This approach strengthens the integration or intrinsic connections between different chapters of robotics technology, ultimately enabling students to gain a comprehensive and in-depth understanding of robotic systems. It also aims to cultivate practical skills, stimulate learning interest, and enhance teaching quality.

[Key words] knowledge synthesis; robot technology course; teaching method

引言

近年来,随着人工智能、感知技术、机械工程、控制工程等领域的迅猛发展,包括人形机器人在内的各种机器人的理论研究进展显著,其应用场景也不断拓展,从传统的工业制造到人们的日常生活,不断地改善着社会形态,展现出极大的市场潜力和发展前景。因此,不管是从理论研究还是应用研究,都对机器人技术的人才培养和课程教学提出了更高的要求。

机器人技术是一个多学科交叉融合的学科,机器人的各模块,各子系统之间相互影响,然而,我国当前的机器人技术本科教学过程中普遍存在的逐章讲解、重分析轻综合的教学模式^[1],学生的知识难以系统化,不仅影响了学生的学习效果,也在一定程度上限制了学生对机器人技术的深入理解和实践能力的培养。

当前,在全国力推的虚拟仿真实验室建设为我们提供了解

决问题的切实路径。近年来,教育部一直在推动高校虚拟仿真实验室建设,2022年发布的《虚拟现实与行业应用融合发展行动计划(2022-2026年)》明确要求在高校建设虚拟仿真实训基地,推动“虚拟仿真实验教学2.0”。虚拟仿真实验可以实现昂贵资源的低成本复用,可以实现高风险实验的安全替代,可以跨校协同与共享,是实现教育数字化转型的关键措施之一。

本文提出了基于虚拟仿真实验,加强课程知识综合性的机器人技术课程教学方法。这里所谓加强综合性,不是指课程与课程之间的综合性,而是指机器人课程各章节知识之间的综合性。该方法旨在通过整合3D设计软件如solidworks、动力学仿真工具ADAMS以及控制系统仿真工具Simulink,将机器人结构设计、动力学分析与控制策略紧密结合,从而使学生能够更加系统、深入地进行课程学习。

1 当前机器人教学模式存在问题

由于受到实验条件和传统教学方式的限制,当前机器人技术课程的教学存在如下问题:

1.1 重分析轻综合

当前国内对机器人课程知识的讲解,大都采用先分析后综合的模式,即首先把课程内容分解成若干章节,每个章节讲解某一特定内容,最后几章则着重于各章节知识融合以帮助学生形成本门课程知识的完整知识体系^[2]。如机器人技术这门课,一般的教材都分为如下几部分,机器人机械系统、机器人运动学、机器人动力学、机器人轨迹规划、机器人感知系统、机器人控制技术、机器人应用等。按照人的一般认知规律,这种模式是没有问题的,这样的结构化分解有利于降低课程知识难度,便于学生循序渐进地理解课程内容。

但问题在于,在机器人应用或设计这一章,作为课程各章节知识融合的最重要的一章,很多学校、很多老师仅仅是泛泛而谈就过去了。这有受到传统教学方式的影响的原因,有教学时数太少的原因,有实验条件限制的原因,有教师本人知识水平的限制的原因。其结果,学生仅仅获得了各章节的孤立知识,而难以实现各章节知识的融汇贯通。这就是当前机器人技术课程教学中重分析轻综合的现象。

重分析轻综合的教学方式,可能导致学生孤立地看待各个部分,难以将所学的知识点联系起来,形成一个连贯系统的知识体系^[3]。例如,尽管学生掌握了如何设计机器人的机械结构,但他们可能无法充分理解这些设计对机器人动力学性能或控制系统的影响。当然,这也不能怪学生,因为即使学校具备充分的实验条件,通常也不会允许学生在这些实验设备上去验证自己的想法,毕竟实验设备也需要维护。这也体现了传统实验模式的不足,学生难以深度参与。

1.2 偏重理论教学、实践环节薄弱

一些学校无法提供足够的实验设备和场地,学生只能通过书本和视频学习理论知识,对机器人结构缺乏切实了解,很多像机器人标定等需要在实体机器人上完成的实验无法进行,对机器人控制和感知的理解也流于表面,限制了他们的动手能力的发展。

1.3 缺乏综合性项目

现有的机器人技术课程大都以理论性内容为主,缺乏一个完整的项目流程穿插于课程教学中,让学生经历从需求分析、方案设计、实验验证的完整过程。此外,现有的课程实验往往局限于简单的验证性实验,缺乏综合性、设计性和创新性的项目,难以培养学生系统思维能力和解决复杂问题的能力^[4]。

2 加强综合性的教学方法

为了克服上述问题,我们基于虚拟仿真实验提出了一种加强知识综合的机器人技术课程教学方法,该方法希望通过机器人技术的基本概念、机器人本体结构、任务规划、状态感知、伺服驱动与控制的学习,培养学生对机电融合的深入了解以及应用机器人解决工程实际问题的创新意识和扎实的理论基础。在机器人任务规划基础上,培养基于坐标变换的机器人作业任务的数学表示能力,进而能将规划出来的机器人运动,通过机器人动力学转化为各关节驱动电机的运动参数、驱动力矩和电枢电压,为机器人控制奠定基础;运用控制工程基础和微型机原理及应用等课程知识,能够实现机器人单关节控制;最后,运用机械设计基础等课程知识,能用三维设计软件完成机器人机械系统设计,并将所设计的三维模型导入Adams/simulink联合仿真系统,在Adams中完成机器人动力学建模,在simulink中完成控制系统搭建,通过二者的联合仿真,观察、分析机器人状态检测、传动机构和不同控制方法对性能目标的影响,培养学生解决产品设计过程中复杂工程问题的能力,进而最终实现对系统设计能力和实现能力的培养。

3 新方法的教学组织与安排

新方法并不是对传统教学方法的否定,而是针对传统教学方法在学时少、实验条件不足时的一种有益补充和改善;即使是实验条件充分,仿真实验也有其独特的价值,即学生可以不受实验环境的限制,自主通过软件方式实现更多功能。因此,在教学上,仍然按照传统的逐章讲解方式进行讲解,但在其中的机器人机械系统、机器人动力学、机器人控制系统设计3个关键章节讲解完之后,由老师示范、引导学生采用相关软件完成机器人的设计、动力学和控制系统仿真。在课程最后,要求学生分组完成老师所规定一个难度适中的机器人应用项目课题。这样的一个过程,是一个课程知识渐进综合的过程。下面具体说明这4个环节的教学安排与实现。

3.1 机器人3D设计与建模

此部分内容安排在机器人机械系统章节内容讲完之后进行。学生有了机器人机械系统的基本知识,要求利用专业的3D设计软件(如SolidWorks),让学生自己动手参与机器人结构的设计过程,熟悉机械零件的选型和装配原理。通过3D设计软件,学生可以直观地看到机器人各部件的形状、尺寸和连接方式,了解其工作原理和结构细节。此外,学生可以通过参数化设计快速修改和优化机器人结构,实时提高设计效率。当然,学生毕竟初学,难以设计出真正有实用价值的机械系统。但目前网络资源丰富。

3.2 动力学仿真

此部分内容安排在机器人动力学内容讲完之后进行。要求学生将用Solidworks软件设计好的3D模型导入到ADAMS中,进行相关的运动学分析和动力学分析。例如在抓取和放置任务中对机器人末端执行器的运动轨迹进行规划和仿真,验证其是否能够准确地到达目标位置和姿态,如果不成功,分析原因,并修改原设计;根据机器人的结构参数、运动状态和负载情况,计算每个关节所需的驱动力和扭矩,以确定驱动电机的型号等。通过ADAMS仿真,学生可以观察到机器人在不同负载下的速度和加速度下的响应情况,分析其稳定性、精度和效率等问题^[5]。

3.3 控制系统开发

此部分内容安排在机器人控制系统讲完之后进行。ADAMS擅长机械系统的动力学建模与分析,Simulink则在控制系统设计与仿真方面具有强大功能。可以在ADAMS中设置机器人的实际运行工况,如不同的负载条件、运动轨迹,在Simulink中设计相应的控制器,然后通过联合仿真模拟机器人在实际工作中的动态响应,从而有助于发现设计中的潜在问题,并完善修改。

3.4 项目驱动式教学与学习

上述过程应该统一在一个课程教学项目之下,即针对一个具体的、难度适中的机器人应用需求,如机器人工件搬运,机器人焊接等,要求学生综合利用所学的机械设计,运动分析,动力学分析,控制系统设计等多领域知识完成从方案构思到最终产品展示的全部步骤。该项目应该贯穿于教学过程始终和教学内容的每一个章节,随教学过程的进展而不断推动。考虑到学生的实际状况,上述1~3的内容由教师在课堂上示范引导完成。要求学生在理解基础上,结合课程项目的需要,学生展开分析,完成项目规定的新内容。

4 实施效果

实施这种新型的教学模式,可以达到以下几方面的效果:

4.1 增强学生学习兴趣

传统的理论教学往往让学生感到枯燥乏味,而新型教学模式通过引入3D设计、动力学仿真和控制系统开发等实践活动,通过项目驱动,避免单纯空洞讲解,有利于提高学生将所学知识转化为应用的成就感,使学生更加主动地投入到学习中^[6]。

4.2 深化学生理解程度

传统的教学方式往往将机器人技术分割为多个独立的模块,学生难以建立起对整个机器人的系统认知。而新型教学模式通过“设计-仿真-控制”的一体化教学思路,让学生亲身经历机器人设计、分析和控制的全过程,将各个模块有机结合起来,使学生能够在实践中体会到机器人系统的整体架构和工作原理,感受到各个系统的相互影响,从而深化对机器人技术的理解,建立系统的知识框架^[7]。

4.3 提升学生实践能力

新型教学模式注重实践环节的设置,并且贯穿于整个的课程学习阶段,而不是像通常的课程实验一样,仅仅在课程结束时安排几个学时,学生往往难以从几个学时的实践教学中,其实践技能就能获得提高。而我们的教学模式,学生不仅要学习理论知识,还要亲自参与机器人结构设计、动力学仿真和控制系统开发等实践活动。通过这些实践活动,学生可以掌握3D设计、仿真分析、编程调试等多种技能,提高学生的实践能力,为将来从事相关工作打下坚实的基础。

5 结论

综上所述,本文提出的新型机器人技术课程教学模式,通过整合3D设计软件、动力学仿真工具ADAMS以及控制系统仿真工具Simulink,将机器人结构设计、动力学分析与控制策略紧密结合,贯穿于教学的全过程和学生学习的全过程。这一模式不仅有助于提高学生的学习兴趣和理解程度,还能提升他们的实践能力和创新思维,为培养适应新时代需求的高素质机器人技术人才做出贡献。

[基金项目]

新形态教材建设研究(西华大学校级教改课题,NO.RC2400000856)。

[参考文献]

- [1]李刚郑泽琳.促进高校本科生高阶思维发展的“U型”深度学习模式构建[J].应用型高等教育研究,2024,9(03):57-63.
- [2]魏建桑学峰杜坤.泛在学习理念下高校传统教学模式优化策略研究[J].软件导刊(教育技术),2019,18(08):20-22.
- [3]周晓燕杨培.新工科背景下传统工科课程教学模式的创新与实践——以“人造板工艺学”课程为例[J].教育教学论坛,2023(21):111-115.
- [4]袁越阳,张忠平,熊子毅.产教融合背景下基于企业项目研发的课程教学设计——以《嵌入式单片机原理与应用》课程教学为例[J].湖南工业职业技术学院学报,2024,24(6):116-120.
- [5]冯志芬.仿真教学与项目实战相结合的工业机器人教学模式研究[J].黑龙江科学,2018,9(23):12-13.
- [6]王庆礼夏李斌樊尊.基于项目驱动的工业机器人技术混合式教学改革与实践[J].黑河学院学报,2023,14(11):122-125.
- [7]张健平.基于“机器人+”项目式学习的信息技术教学实践[J].教育实践与研究(B),2022(11):51-53.

作者简介:

王富治(1974--),男,汉族,四川南充人,工学博士,西华大学机械工程学院讲师。

宋春华(1976--),男,汉族,四川雅安人,工学博士,西华大学机械工程学院副教授。