

“科产竞教”融合的机械设计课程实践模式探索

赵荣丽 潘继生* 俞爱林

广东工业大学机电工程学院 广东 广州 510006

【摘要】：在中国制造强国战略背景下，机械创新能力已经成为人才培养的第一要素，《机械设计》是机械类专业的基础必修课程，也是机械工程师的理论基石。为解决课程授课中真实存在的问题，课程在“以用导学”的教学理念下，坚持产教融合，构建多重教学资源；运用“虚实结合”的手段，构建低成本可还原的虚拟教学场景，让学生真学真用；集成“学用同频”的机制，搭建“学-产-研-竞”应用平台，让学生即学即用，大幅缩短学用之间的时空距离。课程的创新建设模式在同类课程中具有示范意义与推广应用价值。

【关键词】：机械设计；科产竞教融合；虚实融合；实践教学

DOI:10.12417/2705-1358.26.12.080

机械工业是国民经济的基础性产业之一，其发展水平直接影响着其他产业的发展，《机械设计》是机械类专业一门专业基础必修课，具有较强的理论性和很强的工程实践性，《机械设计》是一门支撑制造强国建设的重要的技术基础课程，其教学效果对于机械类人才培养至关重要，因此近几年多位学者都探讨了对《机械设计》课程的教学改革与创新实践过程。华中科技大学的王书亭^[1]探讨了技术变革视角下的机械设计理论与方法课程改革与实践；重庆大学的金鑫^[2]探讨了《机械设计》课程基于BOPPPS模型的教学创新设计。随着信息化、数字化的发展，将人工智能和数字化教学引入到机械设计的课程教学中也越来越普遍，武汉科技大学的李贵^[3]讨论了数字智能化机械设计课程设计实践教学方法；吉林大学的柴博森^[4]探讨了虚实融合的机械设计课程设计教学改革；吉林大学的王顺^[5]建立了虚实结合的机械设计基本技能导向的教学模式；也有不少学者讨论了机械基础课程的教学改革与创新。这些研究都为机械类专业创新人才的培养提供了借鉴和参考。

1 问题剖析

《机械设计》课程主要研究内容包括通用机械零部件的基本设计理论和方法、机械设计的一般规律和技术措施、相关标准和技术资料等。课程在培养学生的机械设计能力和创新能力所需的知识、能力和素质结构中，承上启下，占有十分重要的地位。《机械设计》课程教学团队承担学校各类专业（包括机类、近机类、非机类）的《机械原理》和《机械设计》课程（统称

机械设计基础课程）的教学工作。教学团队每年承担大约650学生的机械类的《机械原理》和《机械设计》课程、约600学生的近机类或非机械类的《机械原理》、《机械设计》、机械设计基础课程，对《机械设计》等课程进行教学方式改革、提高教学质量尤为重要。《机械设计》在广东工业大学拥有30多年的发展历程，经过多年深耕，2023年获批第二批国家级线上线下混合式一流课程。

但是《机械设计》课程共48学时，共有5篇，17章，课程内容多，知识点繁杂，因此授课过程中存在以下问题：理论知识抽象，知识体系难架构：课程理论多、公式多、表格多、计算多，理论知识抽象，学生架构知识体系比较困难；教学资源欠缺，场景化教学难实现：课程过多依赖教材资源，没有建立产教融合的多源资源库导致学生难以将理论与实际有效结合，学生被动的接受零件设计理论与方法，但不能将其与实际机构联系在一起，导致学生“只知其一，不知其二”；缺乏有效的训练平台，创新思维能力难培养：学生在理论学习时，由于缺乏有效的训练场景，导致学生难以接触产业设计案例、竞赛设计案例，使得学生学习之余，无法有效的进行思维训练，创新能力难以提升。

2 教学理念

《机械设计》课程需要针对具体机械对象进行综合性讲解和教授，具象化、场景化的教学方式势在必行。

作者简介：赵荣丽，女（1979.4—），汉族，河北石家庄市人，博士，副教授，研究方向：智能制造、数字孪生、智能产线设计与优化、机械设计。

潘继生，本文通讯作者，男（1980.7—），汉族，广东罗定人，博士，教授，博导，主要研究方向为机械设计、精密超精密加工理论与技术、磁流变抛光技术。

俞爱林，（1975.6—），男，汉族，江西兴国人，博士，副教授，主要研究方向为智能制造系统设计与运行优化、机械设计。

基金项目：广东省本科高校教学质量与教学改革工程建设项目面向粤港澳大湾区战略人才培养需求的“智能制造实训”课程群教研室（粤教高函〔2024〕30号）、广东工业大学—广汽传祺科产教融合实践教学基地（粤教高函〔2024〕9号）、能力导向下基于数字孪生教学平台的机械设计系列课程教学改革（粤教高函〔2024〕9号）；广东工业大学校级教育教学改革项目：迎合粤港澳大湾区需求的智能制造特色实训课程教研室（广工大教〔2024〕75号）。

“产教融合”是2013年中共中央首次提出的，之后这一理念得到了各个高校的深度关注，并积极推进了高校各个课程的深度产教融合。产教融合是对企业和高校人才培养双向有益的一项教学活动。因此不少高校都积极探索了产教融合额教学模式，在执行过程中高校与企业建立良好合作，课程共建，并为学校提供实践资源。

本课程以建构主义教学理论和范例教学（由德国的M.瓦根舍因和克拉夫基等人提出）为指导，通过产教融合，在授课全环节融入产业案例，提出了以用为本的教学理念。课程坚持以产助教，推动产业元素、产业案例、产业场景进课堂、进教案例、进实验。课程依托产业需求，提炼和构造应用型项目，把企业场景请进来；利用企业案例，一例贯通，把知识串起来；引入数字孪生技术，虚实结合，让设计动起来；引导和推动学生在项目执行过程中综合运用所学知识进行动态设计，并进行低成本试错，让学生可以深刻剖析设计原理，让思维活起来。

3 科产教融合的实践教学

课程包括理论授课和实践教学部分，理论授课时以产业案例“减速器”一根针穿引，将理论知识与应用建立联系，梳理知识点共性问题，抓住知识点主线，让学生化繁为简、化难为易，使得学生可以架构课程知识体系，更好的掌握理论知识。课程充分利用现代网络资源和机械学科深厚的学科底蕴，依托广汽埃安、广汽乘用车、广州秉优等公司产业优势，精心打造形成了模型-试题-案例-赛题-场景的五层教学资源库。让学生在学习过程中中学到的理论知识都能找到具象化的应用对象，从而强化知识的应用能力。

课程坚持赛教结合，引入中国大学生机械创新设计大赛、“秉优杯”创新设计大赛等，学以致用，以赛代练、以赛促新。依托学生创新团队，将产业需求、竞赛需求拆分，并将其加入课程实践，使学生自主学习；坚持虚实结合实践方式，基于数字孪生技术，将“基于产业实际需求”的“静态设计”转为“可动可拆可操作”的“集成创新设计”，激发学生学习兴趣。

3.1 产教融合构建多重教学资源

《机械设计》课程采用线上线下混合式的现代教学方法，以学习通在线教学平台为支撑，搭建线上学习系统，2023年本课程获得国家级线上线下混合式一流课程。本课程与广汽埃安、广汽乘用车、广州秉优等多个企业合作，利用网络及数字化资源，建立了完善的涵盖重大应用案例、突破性成果、研究热点等在内的数字化资源（图1）。广汽埃安为课程提供了大量的失效、设计案例。

课程立足粤港澳大湾区产业特点，打造产业模型库、案例库、场景库，整资源，强应用；引入中国大学生机械创新设计

大赛、全国3D创新大赛、“秉优杯”创新设计大赛等，打造了赛题库，学以致用，以赛代练、以赛促新；科研反哺教育，建立重大成果、重大国家应用案例，使学生强化理解知识点应用。

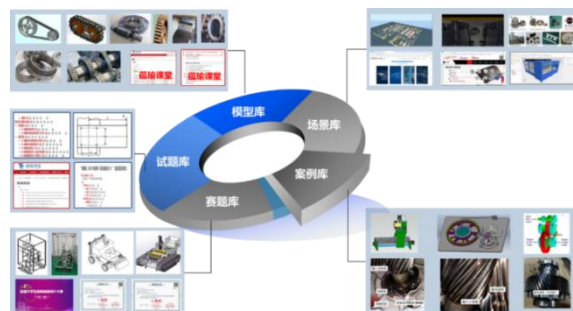


图1 模型-试题-赛题-案例-场景的五层教学资源库

3.2 融通通构建能力培养新途径

课程践行了我院提出的“融通通”实践路径（科教融合-产教协同-竞教贯通），将科研团队的成果应用于教学，基于数字孪生技术，立足团队自主研发的数字孪生设计平台BYTwin，搭建了虚拟仿真平台，支持学生对复杂机械系统可动可拆，打破学生只看不动的瓶颈，支持学生动态创新设计。依托中国大学生机械创新设计大赛、机甲大师赛、方程式赛车、智能制造大赛四大国家级比赛和DynamicX机甲大赛团队、FSAE赛车、智能车间团队三大学生创新团队，使得机械组、传动组、仿真组现学现用。学生借助数字孪生设计平台使得静态设计转化为动态仿真，将知识快速转化为技能，缩短知识应用的时空距离

3.3 虚实结合促进创新能力培养

数字孪生设计平台BYTwin是团队科、产教融合开发的一款支持动态仿真、原理剖析，支持装备、产线虚实同步控制、虚拟调试、可视化监控等的软件系统。课程团队引入数字孪生软件，学生在学习知识同时，可以借助数字孪生软件进行产业案例剖析和创新设计，通过数字化手段，让学生进行的设计动起来，使学生在机构的运动的找到兴趣，从而激发学生的创新意识。同时课程团队合作联合秉优科技开发了产教融合虚拟实训平台，系统集成广汽埃安集成电驱、差减总成、轴承等多个案例，如图2所示。



图2 虚拟实训平台

4 实施情况与效果

4.1 课程收到好评

自开展线上线下混合式教学,引入产教融合教学元素,开展创新教学模式以来,课程获得了学生的广泛好评,近三年,课程团队教师的教学评价在学院名列前茅,得到了学生的广泛认同。

本课程的混合式授课模式受到了专家好评,在同类课程中具有鲜明的特色,中国社会科学网报道及广东工业大学大学新闻网[学习强国]专题报道多次进行了报道,校内督导、校外专家以及学生对本课程都给予了高度评价,一致认为本课程线上线下混合式教学方法和“以测代作”手段好,拓展资源丰富,紧贴新技术前沿发展,补充各种热点材料,课堂气氛活跃,考查方式独特。课程实时跟踪学生学习动态,在不增加学时和教师人数的情况下提高教学质量,全面使用创新教学模式后,教学后平均分提升约20%,不及格人数降低约53%。本课程的建设模式通过机械工程学会组织的教学成果鉴定会,鉴定委员会认为:成果创新性强,学用结合、产教融合推进课程建设成效显著,数字化技术赋能课程教学模式受到同行认可和学生好评,推广应用价值高。

参考文献:

- [1] 王书亭,凌玲,陈继勇,等.技术变革视角下机械设计理论与方法课程改革与实践[J].高等工程教育研究,2025,(01):34-39.
- [2] 金鑫,李良军,杜静,等.基于BOPPPS模型的教学创新设计——以“机械设计”课程为例[J].高等工程教育研究,2022,(06):19-24.
- [3] 李贵,蓬辉,王兴东,等.数字智能化机械设计课程设计实践教学方法探究[J].实验室研究与探索,2020,39(06):133-137.
- [4] 柴博森,王丽慧,寇莹,等.机械设计课程设计虚实融合的教学模式探究与实践[J].实验室研究与探索,2023,42(05):247-250.
- [5] 王顺,贾艳辉,王丽慧,等.虚实结合的机械工程专业大学生机械设计基本技能综合培养[J].实验技术与管理,2020,37(12):136-142+148.

4.2 产教融合提升学生的创新能力

广东工业大学与埃安成立“埃安班”,本课程的学习强有力支撑了埃安班同学的成长,企业导师也深度参与到学生指导中,近三年企业导师共指导37位同学进行了企业课题毕业设计,广汽埃安为课程提供了大量的齿轮、轴承失效案例,企业导师也参与到实训课程建设讲解。

课程建设竞赛资源库,引入机械创新大赛等作为实践平台,近三年学生积极参加,获得国家级奖项18项;本科生申请发明专利达71人次,授权10项,公开5项,学生创新能力得到极大提升。

5 结语

《机械设计》是一门实践性极强的课程,为解决课程授课中真实存在的三大问题,本文提出了从教学内容、教学资源、教学方式等方面进行了优化与重构;课程产教融合构建了多层教学资源库,支持学生见多识广;产教融合,引入了数字孪生技术,基于数字孪生技术开发了虚拟实训平台,平台集成了多个产业案例,同时将学生的静态设计转换为了可动可拆的动态设计,使得学生可以现学现用、学用同频;课程竞赛结合,搭建了学生创新平台和环境,使得学生可以以应用为导向,集成创新设计。本课程的建设模式通过了机械工程学会组织的教学成果鉴定会,推广应用价值高。