

doi:10.13582/j.cnki.1674-5884.2024.05.005

以培养学生工程能力为导向的 “机械制造工艺学”课程教学改革

邓辉,陈冰,万林林,伍济钢

(湖南科技大学 机电工程学院,湖南 湘潭 411201)

摘要:“机械制造工艺学”是高校机械类专业的一门主干课程,其实践性、工程性极强。传统教学模式重理论而轻实践,尤其缺少对学生工程意识和创新意识的培养,因此,“机械制造工艺学”课程教学改革已迫在眉睫。以“解决企业工程难题、创新工程素质培养”为目标,对“机械制造工艺学”课程进行教学改革,增加工程实际训练项目环节,着重培养学生综合运用理论知识和实践技能去解决实际工程难题的能力。

关键词:机械制造工艺学;教学改革;工程训练

中图分类号:G642.0

文献标志码:A

文章编号:1674-5884(2024)05-0025-06

制造业的发展程度是衡量国家或地区综合竞争力的重要指标。近年来,随着制造业的快速发展,尤其是大数据、云计算、物联网、人工智能等技术的融入,数字化、网络化和智能化已逐渐成为我国制造业的主要发展趋势^[1]。作为制造业人才输送的重要力量和创新型人才的主要来源,机械类专业院校的人才培养不能再拘泥于传统课程体系与教学内容,忽视新技术给包括机械工程在内的各个行业所带来的深刻变革,而应主动适应,改革创新。2023年12月印发的《工业和信息化部等八部门关于加快传统制造业转型升级的指导意见》,提出要加快数字技术赋能,全面推动智能制造,明确要面向传统制造业领域培养一批数字化转型人才、先进制造技术人才、先进基础工艺人才和具有突出技术创新能力、善于解决复杂工程问题的工程师队伍^[2]。然而,目前高校面向制造产业机械类专业创新型工程技术人才培养的研究仍较为匮乏。

“机械制造工艺学”作为高校机械类专业的一门主干课程,其实践性、工程性极强^[3]。该课

程不仅要培养学生分析及制定机械加工工艺规程和设计专用工艺装备的能力,使学生掌握基本的机械加工工艺与制造技术知识和技能,还要培养学生的创新实践能力和解决工程实际难题的能力。但高校现有的教学模式均重理论而轻实践。教师主要通过PPT讲解教学知识点,加上课时少、内容多、教学内容抽象晦涩难以理解、知识点琐碎等问题的存在^[4],极易造成学生对理论知识的印象不够深刻。学生在学习过程中通常局限于对课本知识的记忆,教师不能有效激发学生的学习主动性和创新思维,尤其是缺少对学生实践能力和创新能力的培养,导致其与企业生产实际脱节。最终导致学生学习积极性不高,师生互动性不强,学习效果不理想。目前,进行机械类专业核心课程体系改革已经成为高校机械类专业教师的首要任务,尤其是针对“机械制造工艺学”课程的教学改革已迫在眉睫。

本文针对机械类企业对创新型工程技术人才的实际需求,全面剖析“机械制造工艺学”课程的教学特点,以培养能够适应甚至引领未来产业发

收稿日期:2024-05-30

基金项目:湖南省普通本科高校教学改革研究项目(202401000927);湖南省学位与研究生教学改革研究项目(2022JGZD040)

作者简介:邓辉(1987—),男,湖南洞口人,教授,博士,主要从事机械工程学科教学科研工作。

展的卓越工程人才为目标,对“机械制造工艺学”课程内容与教学方法进行深入研究,探索创新型工程技术人才的培养路径,形成注重培养学生工程意识及解决工程实际问题能力的人才培养模式。针对实际工程训练项目开展深度研究和创新实践,让学生充分感受到企业生产实际,引导学生主动思考和主动探索,从而有效解决学生创新精神不够、工程实践能力不足、系统性研究训练欠缺等问题。在整个课程教学改革过程中,教师应充分考虑当代大学生的学习特点,更加关注如何开发学生潜能及调动学生学习主动性,研究基于多途径应用能力导向的工程实践创新能力培养方法,这对于促进新工科建设、提高机械类专业人才培养质量具有重要意义。

1 “机械制造工艺学”课程教学改革以工程应用能力培养为导向

“机械制造工艺学”传统课程内容包括机械加工工艺规程设计、机床夹具设计、机械加工精度及其控制、机械加工表面质量及其控制、机器装配工艺过程设计等。课程内容与人才培养关系最为密切,直接影响培养质量和目标。因此,要培育适应企业实际需求的创新型工程技术人才,就必须优化传统课程内容,丰富教学内容。根据湖南科技大学机械类专业人才培养方案,结合机械制造业的发展趋势及需求,课程内容改革初步方案如下:传统教学中理论学时一般为64学时,通过对教学内容进行改革,将理论学时降为32学时,增加32学时的工程实际训练项目内容;以培养学生运用所学知识独立解决企业中难度工程问题的能力为教学目标。

在理论模块,理论教学环节的32个学时中,应结合“机械制造工艺学”课程特点对课程内容进行重组,重新构建课程知识点并建立独立学习模块。具体将理论教学内容划分为机械加工工艺规程设计、机床夹具设计、机器装配工艺过程设计三大模块,如图1所示。这三大模块的关键知识点由授课老师进行分割、归纳、整理,并以微课或慕课短视频的形式让学生学习,全部教学资料均上传到网上教学资源平台,并将视频向社会开放,其他高校都可以参考借鉴,用于教学和人才培养。这有利于一些本科院校在教学资源严重不足的情况下整合优势资源。同时,充分运用信息

化教学技术和手段丰富教学内容,以满足科学研究、工程应用等对机械类学生立体化多维能力培养的社会需要。学生可以利用碎片化时间,根据自己的学习进度制定适合自己的学习计划,以满足自身多样化、个性化、高效化的学习需求,充分发挥时间和空间的灵活性。整合后的理论部分知识点关联性强,重点突出,与工程实际训练项目紧密贴合,是后期项目实施过程中极强的理论支撑。在实际教学中,教师还可以根据学生的个性化特点,制定面向不同学生学习需求的学习计划,精准把握不同学生的学习进度。

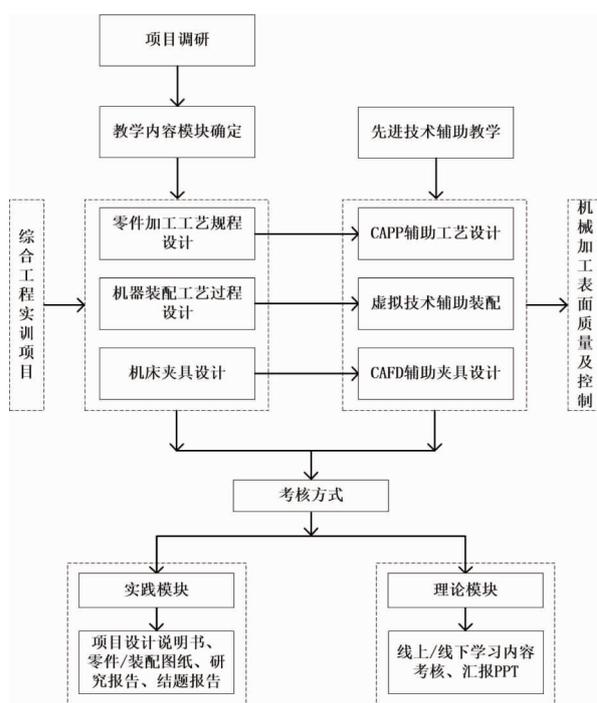


图1 “机械制造工艺学”课程教学改革具体方案

理论学习中关键知识点的学习让学生通过线上自主学习的方式完成,线下主要采用翻转课堂的方式开展教学^[5]。传统课程教学是以教师为中心的:教师教什么,学生学什么;教师讲什么,学生听什么。经过改革后,课程教学不再以教师为中心。教师要更多地考虑如何开发学生的潜能,充分调动学生学习主动性,将“老师如何教”转变成“如何引导学生学”。引导学生积极开展小组合作研究,将学生划分成若干个独立的学习小组,给不同小组安排不同的工程实际训练项目,确保每个学习小组的学生在课程开始前已经知道自己的学习任务。学生可提前预习,并将自学过程中遇到的困难记录下来;教师可通过线上线下联合

辅导的方式,对学生学习中出现的问题进行适当的启发引导,激发学生的学习热情。同一小组成员可围绕三大模块的关键知识点进行线上/线下集中讨论,并在讨论过程中互相解答,互相补充,互相纠正。这样不仅能够增强小组成员的团队协作意识,还能引导学生积极开展小组合作研究,促进他们之间的思维交流和互相启发。最后,要求各个小组将讨论的过程及结论以汇报的形式展示出来。授课教师要帮助每个小组确认成员分工,避免任务分工不均导致学生实践能力不能得到有效锻炼^[6]。通过建立良好的沟通和协作机制,促进各小组之间及小组内部成员间的有效互动和知识共享。学习小组的组建,也为进一步组建大学生创新团队参加各种学科竞赛打下了良好的团队基础。

在实践模块,工程实际训练项目环节 32 个学时的教学内容应紧密结合理论学习环节的三大独立学习模块,在每一个模块下设置一个工程实际训练项目。工程实际训练项目的质与量不仅关系着学生参与的广度、深度与频率,也关系着学生的学习效果。为了使学生真实感受企业生产实际,教师应选取技术含量高、通用性强、紧密贴合企业生产实际的工程实际训练项目,并让学生掌握产品从设计、分析、制造到装配的全过程。在完成工程实际训练项目的过程中,学生逐渐掌握 CAD、CAE、CAM 等计算机辅助设计、分析软件并参与到产品机械加工的全过程,其创新思维能力、综合信息能力、分析组织能力均获得显著提高^[7]。同时,可通过与工程实际训练项目相关的实践活动来深化学生对项目的了解。例如,将实操实验、拓展实验、认识实习、工程实训、学科竞赛等作为理论模块的重要补充。充分利用学校重点学科、重点实验室、校企合作项目搭建的创新实践类平台、工程训练中心、实验室等硬件资源,实现对大学生工程创新实践能力的综合培养。结合全国大学生机械创新设计大赛、全国大学生机械产品数字化设计大赛、中国大学生工程实践与创新竞赛、“高教杯”全国大学生先进成图技术与产品信息建模创新大赛、中国国际“互联网+”大学生创新创业大赛等,在开阔学生视野的同时,进一步加深学生对工程实际训练项目的了解。

由于“机械制造工艺学”课程教学改革主要采用以工程应用能力培养为主的导向式教学方

式,因此,最终的考核主要以三个独立模块的理论学习与对应的工程实际训练项目完成情况为依据。在项目实施的过程中,授课教师可以根据工程实际训练项目的复杂程度和精密程度,通过项目设计说明书、图纸、研究报告、项目结题报告等多元化指标来综合评价学生的学习效果。在授课初期,学生已经明确知道要以理论学习与对应的工程实际训练项目的综合完成情况为最终的考核依据,因此,他们能够更加积极地参与到各阶段的学习中,做到有计划、有目的地学习。这样也便于在项目实施过程中,逐渐培养其工程意识,提高其实际工程应用能力。

2 以数字化技术为基础的工程实际训练项目

随着先进制造技术的不断发展,多品种、小批量的企业生产模式越来越能适应复杂多变的市场需求。企业为了在提高产品质量的同时缩短加工周期,将设计与工艺高度结合,借助计算机辅助设计、计算机辅助工艺设计和数控加工、虚拟仿真技术^[8]等手段,使产品在设计阶段就能提前发现问题,并能协同解决。已经有越来越多的企业采用系统化数值仿真技术,通过构建准确可靠的数值模型,推演其结构和运行参数对关键性能的影响规律,从而加速关键技术的创新和突破。因此,将先进的设计、分析软件引入机械加工工艺规程设计、机床夹具设计和机器装配工艺过程设计三大模块的工程实际训练项目,能够使学生在完成工程实际训练项目的同时获得熟练使用企业实用技能软件的能力。

2.1 工程实际训练项目 1——机械加工工艺规程设计

工程实际训练项目 1——机械加工工艺规程设计旨在培养学生进行机械加工工艺编制的能力。学生在编制机械加工工艺规程及工艺文件的时候,通常需要查阅大量的工具手册,但经常会出现查找的手册数据没有及时更新的情况,导致零件的工艺文件编制不准确,且很多工艺文件编制脱离零件的实际加工情况。CAPP(计算机辅助工艺设计软件)利用先进的工业软件来突破传统的工艺设计瓶颈,其可直接根据产品零部件核心设计信息进行相关的模具/工艺设计及分析仿真,缩短设计和工艺准备时间。CAPP 可识别导入零

件的三维模型,获取工艺属性,根据加工设备和特征余量参数生成零件毛坯,综合考虑生产类型、加工表面质量、加工精度等因素确定零件的加工工艺路线,计算各加工工序的切削用量、工时^[9],并实现与其他 CAX 软件的柔性集成。CAPP 还可通过计算机输入被加工零件的原始数据、加工条件和加工要求,利用计算机自动编码查找被加工零件所属的零件组,调出相应零件组已经存在的标准工艺规程。通过对现有标准工艺规程进行修改,不仅能够提升设计质量,还有利于工艺过程设计的优化及标准化。在机械加工工艺规程设计中,引入计算机辅助工艺设计软件进行零件工艺规程编制的工程实训项目,通过开展工艺决策,编制零件的机械加工工艺规程文件,形成有效的工艺解决方案,能够使学生对工艺路线设计有更深刻的体会,在培养学生利用计算机工艺设计软件解决工程实际问题能力的同时,进一步巩固学生读图、绘图、分析图纸的能力。

2.2 工程实际训练项目 2——机床夹具设计

工程实际训练项目 2——机床夹具设计旨在培养学生设计中等复杂程度夹具的基本能力。以往学生在进行夹具设计的时候,通常需要进行定位基准选择、定位元件设计、夹紧装置设计、夹具体设计、夹紧力计算等,并在最后利用绘图软件绘制夹具的三维模型,整个环节复杂且周期长。将虚拟现实技术引入机床夹具设计^[10],建立夹具元件图形库,并根据实践需要对结构相近又各具特征的零件夹具进行相应的设计修改,可极大地缩短设计的周期,提高夹具设计效率。通过 VR-CAD 集成系统来协助完成产品的夹具设计不仅可以全面展示机床夹具的外形外貌特征^[11],还可通过有限元分析功能对重要的基础部件和支撑部件进行受力变形分析,定量评估夹紧力。在机床夹具设计工程实训项目中引入虚拟现实技术,可以让学生掌握夹具设计的基本过程,对夹具设计各个环节有更加清晰的认识。

2.3 工程实际训练项目 3——机器装配工艺过程设计

工程实际训练项目 3——机器装配工艺过程设计旨在培养学生进行机器装配工艺规程编制的基本能力。机器装配工艺过程设计需要分析机器结构,计算装配尺寸链,合理选定装配工艺基准,编制装配工艺文件,其中的关键是合理安排装配

顺序,从而提高装配效率。在机器装配工艺过程设计中引入虚拟装配,可通过建立虚拟的实体模型,在计算机上仿真操作装配的全过程,并可根据生产实际中的零件特点,计算出最优装配方案,有利于缩短设计周期,提早发现设计缺陷,提高设计质量^[12]。同时,可对相关机械装配工艺流程进行仿真,通过在软件中预先编制产品的装配顺序,进行仿真组装和运动干涉以检查整个装配工艺过程。此外,还可以利用 ADAMS 软件进行虚拟样机的机械运动分析,动态可视化地开展装配工艺研究。在机器装配工艺过程设计工程实训项目中引入虚拟现实技术,可让学生进一步了解真实的产品装配过程,不仅有利于启发学生的创新思维,更有利于在虚拟装配技术学习中提升学生的职业素质。

3 工程实际训练项目实例库

选取工程实际训练项目时应尽量选择航空航天、汽车工业、工程机械等领域的典型零部件,可以选取贴近企业实际生产情况的经典案例,有针对性地构建工程实际训练项目实例库。同时,在“机械制造工艺学”课程教学改革过程中,要重视项目库的更新与创新。授课教师去制造企业进行大量的实地考察与调研,积极与企业沟通,建立以企业需求、专业需要、学生兴趣为导向的工程实际训练项目实例库。

以轴类、箱体类零件为例:零件机械加工工艺规程设计项目是进行零件工艺性分析,设计工艺路线并进行可行性论证,计算切削用量和工时,制定加工工艺规程;机床夹具设计是针对轴类、箱体类零件加工中某个重要工序进行专用夹具设计,拟定总体方案并进行可行性论证,和现有工装夹具方案进行对比分析,指出利弊,计算夹紧力并绘制夹具体零件图和夹具装配图;机器装配工艺过程设计是进行装配顺序规划、工具和设备选择、工艺参数设定、质量控制措施及生产效率优化。通过工程实际训练项目的选定,可引导学生自觉查阅相关设计手册及设计所必须遵循的国家标准、行业标准,考虑怎样用现有的设备去合理安排机器机械加工的过程。机械加工工艺规程设计、机床夹具设计、机器装配工艺过程设计三个工程实际训练项目贯穿“机械制造工艺学”课程教学全过程,将教学模式从“老师如何教”转变成“如何

引导学生学”,着力提升学生的自主学习和创新能力。

4 课程考核评价

传统“机械制造工艺学”课程考核一般通过平时成绩(占比30%)和期末考试成绩(占比70%)两部分来评价学生的学习效果,侧重于理论课学习情况的评价,评价手段相对单一。“机械制造工艺学”课程改革后,增加了工程实际训练项目环节,使学生能够熟练掌握机械加工工艺规程设计、机床夹具设计和机器装配工艺过程设计的内容和流程,并能够在实践中综合考虑实际加工的合理性、环保性等,最终保证零件的加工精度和表面质量。“机械制造工艺学”课程考核也更加重视学生独立获取知识能力、综合运用知识能力和创新思维能力的综合考查。以“解决实际工程难题、创新工程素质培养”为导向,建立科学的综合评价体系,通过线上/线下内容考核、课堂汇报、项目成果(设计说明书、零件图、装配图纸等)验收、项目研究报告、项目答辩、项目结题报告等多元化方式综合评价学生的学习效果。项目实施过程中,学生通过项目讨论、项目成果展示等方式来完成项目学习,教师主要针对学生项目实施中出现的问题进行答疑解惑,也可以结合现场教学、网络教学、翻转课堂等方式提高学生的学习主动性,培养学生的创新思维能力。

5 实践成效

基于工程实际训练项目开展引导式教学,将理论知识与实训项目紧密结合,不仅能使学生深入了解“机械制造工艺学”课程的基本原理和工艺流程,还能引导学生在真实的工程环境中应用所学知识,提出创新性解决方案用以解决工程实际难题。在项目设计中,学生也更容易找到自己的兴趣点。学生积极参与实训项目,主动提问,针对项目各个环节与教师展开深入讨论,他们对“机械制造工艺学”课程的学习热情被充分激发。这种积极的学习态度不仅提高了他们的学习效果,还培养了他们的自主学习能力和创新精神。在项目实施过程中,教师不再是单纯的知识传授者,而是学生学习的引导者和支持者。通过项目实施,教师及时了解学生的学习进度和存在的问题,及时调整教学内容和方法,提高教学效果。学

生们普遍反映,增加工程实际训练项目后,他们学到了很多课本上学不到的实际操作技能和工程实践经验,对“机械制造工艺学”课程有了更深刻的了解。学生在项目中进行实际操作,包括设计、加工和装配等,显著提升了其自身的实践能力和动手操作技能。参与工程实际训练项目的经验也使得他们不仅具备扎实的理论基础,还拥有丰富的实践经验,能够更好地适应未来的工作岗位。

6 结语

综上所述,本文以“解决企业实际工程难题、创新工程素质培养”为目标,在“机械制造工艺学”课程的教学理念、教学内容、教学体系、教学方法、教学过程综合评价等方面均提出了具体的改革措施。实践结果表明:通过在“机械制造工艺学”课程教学改革中增加与企业生产实际相关的工程实际训练项目,使原有的“机械制造工艺学”课程知识体系更加系统化。加入工程实际训练项目后,不仅提升了学生学习的原动力,还提升了学生的创新实践能力及解决工程实际难题的能力。课程学习成果对于提高机械类专业工程技术人才的培养质量具有重要意义。

参考文献:

- [1] 梁婧,王静.我国制造业结构变迁、发展趋势与政策思考[J].国际金融,2023(7):57-65.
- [2] 祝嫣然.解决传统制造业“大而不强、全而不精”问题——《关于加快传统制造业转型升级的指导意见》解读[J].中国中小企业,2024(1):8-9.
- [3] 张策.机械工程学科:发展简史和演化模式[J].高等教育研究,2017(5):42-45,77.
- [4] 何船,陶亮,王刚.基于CDIO理念的机械制造技术基础课程教学改革实践[J].中国现代教育装备,2020(1):67-69.
- [5] 康辉梅,彭可,杨俊.机械类课程线上线下混合式“金课”建设——以“机械原理”课程为例[J].当代教育理论与实践,2022(6):33-37.
- [6] 张光,陈德胜,林哲.基于学科竞赛的机械优化设计课程教学改革研究[J].高教学刊,2024(3):138-141.
- [7] 尹硕辉,邹云钊,陈睿,等.项目驱动式教学在机械类CAE课程中的改革探索[J].当代教育理论与实践,2023(5):75-79.
- [8] 耿麒,叶敏,朱佳庆,等.机械专业数值仿真类课程教学体系建设与实践[J].高教学刊,2023(30):95-98.
- [9] 张培荣,杜劲,周婷婷.产教融合背景下机械制造技术

- 基础课程教学方法研究[J].高教学刊,2024(6):6-10.
- [10] 尚振国,蔡卫国,安相华,等.组合夹具设计“虚实结合”实验平台开发[J].实验技术与管理,2022(10):122-129,162.
- [11] 朱节宏,谭敬晃.“机械制造工艺与夹具设计”课程的教学改革与实践[J].装备制造技术,2023(10):106-109.
- [12] 刘青康,王庆礼,杨辉,等.基于VR技术的先进制造技术课程创新教学方法[J].高教学刊,2022(32):39-42.

The Teaching Reform of the Course “Machine Manufacturing Technology” Oriented to the Training of Engineering Ability

DENG Hui, CHEN Bing, WAN Linlin, WU Jigang

(School of Mechanical Engineering, Hunan University of Science and Technology, Xiangtan 411201, China)

Abstract: As a core course of mechanical majors in colleges and universities, “Machine Manufacturing Technology” is highly practical and engineering-oriented. The traditional teaching model focuses on theory and neglects practice, especially lacking the training of students’ engineering awareness and innovation awareness. Therefore, the teaching reform of the course “Machine Manufacturing Technology” is imminent. With the goal of solving actual engineering problems of enterprises and cultivating innovative engineering qualities, this paper reforms the teaching of the course “Machine Manufacturing Technology”, increases engineering practical training projects, and focuses on cultivating students’ ability of comprehensively using theoretical knowledge and practical skills to solve actual engineering problems.

Key words: machine manufacturing technology; teaching reform; engineering training

(责任校对 葛丽萍)