

doi:10.13582/j.cnki.1674-5884.2023.03.009

“新工科”背景下“特种加工”课程 教学改革与探索

褚旭阳

(厦门大学 机电工程系, 福建 厦门 361005)

摘要:“新工科”建设对工科学生的能力培养提出了更高要求。针对“特种加工”课程教学过程中存在的课程知识点繁杂、课程内容与工程技术结合不紧密、学生实践和创新能力培养不足等问题,开展新一轮教学实践改革,通过改进教学模式、丰富教学内容、调整教学手段、利用科研资源等多种方法,提高学生的学习效果和认知能力,增强其分析和解决工程控制领域复杂工程问题的能力。

关键词:特种加工;“新工科”;教学改革

中图分类号:G642;TH166

文献标志码:A

文章编号:1674-5884(2023)03-0055-05

1 背景

“特种加工”是面向机械设计制造及其自动化专业本科生的专业课程,主要讲解目前制造业常用的特种加工方法及相关的基础理论和先进技术。课程以培养当今制造业急需的、数字化信息化技术推动下的“厚基础、宽口径、强能力、高素质”机械制造专业复合型高素质技术人才为目标^[1],通过课程教学使学生掌握车、铣、刨、磨等传统切削加工方法之外的制造方法,拓展机械类学生的专业知识,培养学生的问题分析能力和应用能力,提高其解决复杂机械制造工艺难题的能力。

近年来,为应对新一轮科技革命与产业变革,教育部于2017年提出建设“新工科”的发展思路,以应对变化、塑造未来为建设理念,以继承与创新、交叉与融合、协调与共享为主要途径,培养多元化、创新型卓越工程人才,助力高等教育,对接国家重大战略需求^[2-3]。特种加工技术往往应用于航空发动机、芯片、高端仪器等高精尖领域,与“新工科”重点发展领域高度契合,因此,“特种

加工”是“新工科”专业的重要理论基础课程之一^[4]。“新工科”的建设思路也为“特种加工”课程注入了新的理念:面向国家重大战略需求和智能制造等新兴产业,紧密结合工程技术,注重培养学生的实践和创新能力。

2 课程面临的问题与挑战

厦门大学机械设计及其自动化专业是国家级双一流本科专业,旨在培养具备国际化视野、扎实系统理论知识和较强工程实践技能的复合型创新人才。“特种加工”课程是机械设计及其自动化专业开设的特色课程,已经开设二十余年,为专业的两个特色方向——“微纳制造”和“智能制造”提供重要支撑。多年来,“特种加工”课程组积极调整教学理念,更新教学方法,获得了较好的教学效果。但是,随着近年来新一轮科技革命与产业变革的孕育兴起,“新工科”提倡“应对变化、塑造未来”的建设理念,“特种加工”也面临新的问题与挑战。

收稿日期:2022-08-18

基金项目:福建省虚拟仿真实验教学项目(201801)

作者简介:褚旭阳(1981—),男,河南鲁山人,副教授,博士,主要从事特种加工理论和技术等方面的研究。

2.1 新方法、新技术不断涌现,课程知识点愈发散乱

“特种加工”课程内容包含电火花加工、电化学加工、超声加工、激光加工、电子束和离子束加工以及快速成形技术等多种加工方法。每种加工方法的原理和特点各不相同:电火花加工是通过火花放电的方式去除材料,电解加工是通过阳极溶解的原理去除工件,激光加工是通过热作用进行加工,等等。即便是单一电火花加工方法,也包含电火花成形加工、电火花线切割加工、电火花铣削加工等多种工艺,每种工艺的特点和适用范围也有所差别。学生在课堂上面对大量相互独立的知识点,很难在短时间内建立起完整的知识体系,因而学习效果不佳。更为重要的是,随着新一轮科技革命与产业变革的兴起,诸如飞秒激光加工、微纳3D打印等最前沿的特种加工技术持续高速发展,并在产业中快速推广和应用,无形中缩短了课程教学内容的更新周期。而“新工科”的理念强调的是积极应对变化。新方法、新技术的不断涌现要求课程必须紧跟时代步伐,不断扩展新的教学内容,满足“新工科”对人才培养的要求。这些原因导致“特种加工”课程知识体系更加分散了,对教学也提出了更高的要求。

2.2 学生综合分析和应用能力有待提高

“特种加工”的课程目标是通过各种加工技术的教学,使学生具备合理选择加工方法的能力,并提高其解决复杂机械制造工艺难题的能力。面对新一轮科技革命与产业变革对卓越工程人才培养的要求,教师在教学过程中不仅要让学生熟练掌握各种加工方法的特点,还需要培养学生根据加工需求从加工精度、加工成本、加工效率等多个角度分析和解决问题的能力,特别是面对复杂工程问题时的综合处理能力。但是,从平时的教学反馈来看,课程作业及期末考试中综合分析和应用类题目的得分普遍较低,学生综合分析和应用能力的培养显著不足。学生通常只会死记硬背各个知识点,合理利用知识点解决复杂工程问题的能力不足,难以实现学以致用的教学目标。特别是,当前新兴技术打破了传统产业的流程和工艺,甚至直接改变了生产模式,对学生解决复杂工程问题的能力提出了更高的要求^[6]。因此,如何提高学生的综合分析和应用能力以满足“新工科”工程教育的基本要求成为迫切需要解决的问题。

2.3 学生创新和实践能力培养不足

“新工科”特别注重学生创新和实践能力的培养,强调继承与创新、交叉与融合。“特种加工”课程讲解了多种“特种”的加工方法,每种方法都是传统加工方法无法满足加工需求时的一种突破和创新,其课程内容时刻体现突破传统、另辟蹊径的思维模式,因此,该课程是一门非常适合培养学生创新思维的课程。但是,课程课堂教学大多按照传统的正向思维顺序开展,即先讲解每种特种加工方法的原理,再讲授他们的特点和应用范围。这种教学思维导致学生很难理解这些特种加工方法产生的原因,很难从新需求产生新方法引起新变革的角度去探索问题的本质,失去了培养创新思维的好机会。同时,“特种加工”课程的实践教学对创新能力的培养也非常重要。“新工科”的发展理念对教学实验、科学实践、实习实训等实践环节提出了更高的要求。但是,受课时限制,课程实践环节的教学内容严重不足,学生掌握了加工方法的原理和特点却没有机会开展实践,无法深层次地理解加工方法的特性,教学效果大打折扣。

基于上述问题,笔者总结多年任教经验,摸索出一套“新工科”背景下“特种加工”课程的教学方法,弥补传统课程教学内容和模式的不足,激发学生的学习兴趣 and 潜能,满足“新工科”对人才培养的要求。

3 教学改革与探索

3.1 采用对比教学法,抓住课程重点

针对课程内容繁杂、知识点多、学生掌握情况不佳等问题,“特种加工”课程广泛采用对比分析法,从加工原理、工艺特点和关键技术三个维度逐一比较类似的加工技术。例如,在学习电解加工时,首先从加工原理的角度将其与电火花加工进行对比分析,后者是绝缘条件下的火花放电,前者是导电条件下的阳极腐蚀。二者在加工原理方面的差别导致在加工精度、加工效率等方面的巨大差异。其次,引申出两种加工方法的特点和适用范围,引导学生利用旧知识学习新内容,启发他们思考各种理论之间的差异,加深他们对理论知识的理解,引领他们构建和完善自身理论知识体系。最后,在课后布置各类特种加工方法对比类作业如从加工原理、特点、关键技术和应用等方面进行

比较的题目,让学生查找文献,从多个维度理解和掌握各种特种加工方法的特点。此外,注重考查学生对各类特种加工方法原理的认知,在考核环节增大简答和分析题目占比,尽量减小客观题目占比,将学生从大量离散知识点的记忆中解脱出来。

3.2 应对变化,拓展教学内容

特种加工技术发展迅速,每隔几年就有新的方法和技术诞生,而现有特种加工教材涵盖的范围有限,存在一定的局限性。为此,“特种加工”课程结合特种加工技术的最新发展和授课教师多年的科研经历,不断更新授课内容。课程先后补充了电弧铣削加工、飞秒激光加工等新兴技术相关的教学内容,并围绕3D打印技术进行专题讲座,讲解双光子聚合3D打印、面投影3D打印、4D打印等前沿技术,不断拓宽学生视野。课程将产业技术现状、发展趋势及行业对人才培养的最新要求引入教学过程,满足新工科“应对变化、塑造未来”的发展理念。同时,课程还将笔者在电火花加工、电化学加工、激光加工、3D打印加工等特种加工领域的科研成果搬进讲堂,从多个实际案例出发讲解相关加工方法遇到的技术瓶颈和未来的发展趋势,让学生对目前特种加工的发展有更深刻的理解。从课堂教学反馈来看,学生对新方法和新技术的兴趣较为浓厚,教学效果较好。

3.3 采用灵活的教学手段,增强课程互动性

课程充分利用多媒体技术,通过声音、图像和视频等形式将教学内容展现出来,增强教学环节的趣味性。课程邀请专业人员录制了电火花、电解、激光、3D打印等方法的加工现场,使因条件限制而难以观察到的加工过程变得直观明了。课程将每种加工方法的原理制作成GIF动画,替代了原来枯燥抽象的文字描述,更为清晰和直观地展示了每种方法的机理,激发了学生的学习兴趣,加深了其对知识的理解与掌握。为了调动课堂氛围,课程提倡启发式、讨论式、研究式教学方法,如组织了“小孔加工哪家强,电火花加工还是电解加工?”专场辩论赛。学生踊跃参赛,赛前梳理知识要点、查找课外文献,赛中针锋相对、各抒己见,赛后认真总结经验教训、将课程知识点完全融会贯通。此类辩论课堂已持续开展多年,显著增强了课堂的互动性和趣味性,极大地激发了学生的学习兴趣。同时,课程还增加了特种加工应用专

题讲座,介绍了《大国重器》和《大国工匠》等节目中特种加工技术的应用情况,分析了航空母舰、隐形战机、航空航天等领域的特种制造问题,激发了学生的学习热情,培养了学生对国家、民族的使命感和自豪感,达到了课程思政的目的。

3.4 利用实际问题,提高学生解决复杂工程问题的能力

“特种加工”课程不仅要让学生掌握特种加工的基本理论,更为重要的是要培养学生使用特种加工方法解决复杂工程问题的能力。为此,课程选取工程中典型的制造难题作为大作业,考核学生利用所学知识解决制造难题的能力。大作业的题目均源于工程实际,包括涡轮发动机叶片小孔加工工艺设计、纺织喷丝板小孔加工工艺设计、发动机V形喷嘴加工工艺设计等。基于题目中加工精度、加工效率和加工成本等技术指标,学生合理选择加工方法、工艺路线和检测评价方法,提供完整的解决方案。同时,大作业题目具有开放性,没有标准答案,需要学生发挥主观能动性,利用课堂所学的各类特种加工方法,查找学术论文、技术资料、行业案例等相关文献,综合分析各技术方案的优缺点,最终提出自己的解决方案和工艺路线。同时,为了鼓励学生投入时间和精力,课程还提高了大作业在最终成绩中的占比,有效调动学生的积极性,不断提升学生综合分析和应用能力。

3.5 从特种加工理念出发,培养学生创新思维

“特种加工”是一门充满创新思维的课程,每一种特种加工方法都是在常规手段无法达到加工目的、需要另辟蹊径的背景下诞生的。电火花、电解加工的出现打破了加工工具一定比工件硬的固定思维;3D打印加工的出现重新定义了制造的内涵。可见,这些特种加工方法不仅解决了加工的可行性问题,更重要的是改变了产品设计和制造理念,引导了机械制造工艺技术的变革。因此,在“特种加工”课程的教学过程中,教师特别注重创新思维和能力的培养。课程详细讲解了每种加工方法产生的背景和原因,分析各种加工方法背后的思维方式,并鼓励学生利用创新性思维开拓新方法和新工艺。例如,课程分析了电火花加工的特点,并在此基础上针对电火花小孔加工方法重点讲解了削边电极、高速小孔、超声辅助等创新工艺,引导学生积极思考这些新工艺的切入点及其

思维方法。同时,课程也加强了学生创新能力的培养,通过布置“电火花加工小孔的创新方法”“3D打印创新方法”等课后作业,引导学生贯彻“继承与创新”理念,从老方法中学思想,在新技术中找突破,鼓励学生提出自己的新方法和新技术。

3.6 组织课内外实践教学活动,增强学生动手能力

“特种加工”课程具有很强的理论性,传统的理论教学主要通过语言和文字讲授,导致学生对加工方法缺乏必要的感性认知。适当的实验教学有助于学生更深层次理解每种加工方法的特点和应用范围。为此,课程从有限的课时中抽取2个课时进行实验教学,开设了高速电火花钻孔加工实验和微细电解加工实验,通过真实加工实验让学生对加工设备、工艺、性能指标等相关知识点产生直观和深刻的认知,与理论教学内容形成有效互补。同时,课程还布置课后实践作业,引导学生参加课外实践活动。课后实践作业要求学生自行组队完成一项动手实验,如设计和制造一种加工装置、实现一种特种加工工艺等,相关制作和实验费用由教师通过教学和科研经费等方式筹措。由于课后实践目标明确,有经费支持,且成绩按比例计入课程考核总成绩,学生参与积极性较高,设计和制造了包括电火花加工装置、3D打印装置和电解加工装置在内的多台样机,并对加工装置和制造的零件进行演示和讲解。实践教学活活动极大调动了学生从理论迈向实践的积极性,改变了现有的“给予型”教育方法和“接受型”学习模式^[7],激发了学生自主学习的兴趣,满足“新工科”对学生实践能力培养的要求。

4 课程效果分析与总结

经过课程组多年的教学改革,“特种加工”课程形成了一套独特的教学理念和教学方法,迎合了“新工科”关于专业课程发展的理念,形成了学生主动参与和思考的良好教学氛围,教学质量显著提高,具体表现在如下几个方面:

(1)理论教学方面,通过调整教学内容和方法,实现了课堂活跃度和学生积极性的显著提高。学生能够抓住课程重点,掌握不同特种加工方法的原理、特点和应用范围,并了解当前特种加工技术的发展趋势。学生的作业成绩和期末卷面成绩

相比3年前分别提高了6.5%和8.8%。从作业和期末卷面来看,学生较好地理解了各类加工方法,并能够综合运用平时所学知识解决复杂工程问题,达到了课程预期的教学目标。

(2)实践教学方面,课内新增的实验使学生对电火花、电化学等特种加工方法的原理、加工精度和加工速度有了较深刻的认知。从大作业的反馈结果来看,实验环节有效提高了他们解决复杂工程制造问题的能力。此外,特种加工装置的试制和加工工艺的开发等课外实践活动,使学生真正将所学知识变成工程实例、对课程内容的理解更加完整和深刻,从而促成理论和实验紧密结合的学习氛围。

(3)创新方面,课程通过特种加工背后创新方法的讲解,培养了学生的创新思维,提高了学生主动创新的能力。从创新作业的结果来看,学生能够主动查阅文献,提出许多新方法和新工艺,并能将这些新方法和课堂教授的方法进行分析与探讨,表现出良好的创新意识。课程也吸引了一批优秀学生迈入科研实验室,开展更为深入的科研创新实践,累计获批专利3项,发表论文2篇。

此外,“特种加工”课程的教学过程中也出现了一些问题。首先,受学时和实验条件的限制,课程开设的实验项目较少,一定程度限制了学生实践能力的培养。后续,课程将继续加大实验课时占比,尝试采用理论与实验课程混合教学的方法进一步提高学生实践能力,以满足“新工科”对卓越工程师培养的要求。同时,课程计划建设若干虚拟仿真实验,如激光加工实验、电子束和离子束加工实验等,方便学生利用课后时间在线上开展虚拟仿真实验,满足学生的实践需求。其次,课程被不同的加工方法分割为多个部分,各个部分之间缺少连贯性和逻辑性,不利于学生掌握。后续,课程将充分考虑各加工方法的内涵与外延,合理安排其讲解顺序,并注重各部分的内在联系,形成体系化的知识结构,帮助学生更容易地掌握知识。

课堂是“新工科”人才培养的主渠道,一端连着学生,一端连着国家战略需求和产业发展。当前国家产业急需和未来发展要求教师进一步转变教学理念,探索人才培养的“新模式”^[5],在教学方法、教学内容和教学方式上不断创新,注重学生实验能力的培养,打通科研与教学,将科研资源转化为教学资源,让实验室里的科研成果变成“活教

材”。只有这样,才能实现“培养善于从工程中发现科学问题,并能运用科学原理解决工程难题,能够解决人类面临重大问题和国家重大战略需求的未来工程领军人才”的最终目标。

参考文献:

- [1] 白基成.特种加工:第6版[M].北京:机械工业出版社,2014.
- [2] 钟登华.新工科建设的内涵与行动[J].高等工程教育研究,2017(3):1-6.
- [3] 林健.面向未来的中国新工科建设[J].清华大学教育研究,2017(2):26-35.
- [4] 刘志东.特种加工:第3版[M].北京:北京大学出版社,2022.
- [5] 吴爱华,侯永峰,杨秋波,等.加快发展和建设新工科主动适应和引领新经济[J].高等工程教育研究,2017(1):1-9.
- [6] 王书亭,谢远龙,尹周平,等.面向新工科的智能制造创新人才培养体系构建与实践[J].高等工程教育研究,2022(5):12-18.
- [7] 顾佩华.新工科建设发展与深化的思考[J].中国大学教学,2019(9):10-14.

Teaching Reform and Exploration of “Non-Traditional Machining Technology” Course under the Background of “New Engineering”

CHU Xuyang

(Department of Mechanical and Electrical Engineering, Xiamen University, Xiamen 361005, China)

Abstract: The construction of “New Engineering” has put forward higher requirements for the ability training of engineering students. The paper has carried out teaching practice reform in view of the problems existing in the teaching process of the “Non-Traditional Machining Technology” course, such as the complexity of curriculum knowledge points, the lack of close integration of content and engineering technology, and the insufficient training of students’ practice and innovation ability. By improving the teaching mode, enriching the teaching content, adjusting the teaching means, and using scientific research resources and other reform methods, students’ learning effect and cognitive ability are improved, and their abilities to analyze and solve complex engineering problems in the field of engineering control are enhanced.

Key words: Non-Traditional Machining Technology; “New Engineering”; teaching reform

(责任校对 龙四清)