

## 面向新工科建设的“机械制造基础”教学改革探索

袁志山\* 吴世雄 郑李娟 王成勇

广东工业大学 机电工程学院, 广东 广州 510006

[摘要] 在“中国制造2025”背景下, 教育部积极推进的新工科建设开拓了工程教育改革的新路径<sup>[1]</sup>。“机械制造基础”是机械类专业核心的技术基础课, 该课程的教学对“新工科”背景下的机械类人才的培养具有举足轻重的作用。鉴于课程教学存在理论教学与实践脱节、新技术发展倒逼教学内容革新等问题, 文中提出基于科产教深度融合的“新工科”机械类人才培养的教学新模式, 围绕课程体系的构建、课程目标的改进、教学内容的更新、教学方法与手段的改革、育人功能的提升等方面进行了研究与探索。该教学新模式可为提升“新工科”背景下的机械类专业人才的培养质量发挥示范引领作用。

[关键词] 机械制造基础; 新工科; 教学新模式; 科产教融合; 教学改革

DOI: 10.33142/fme.v6i2.15422

中图分类号: G642

文献标识码: A

### Exploration on Teaching Reform in "Fundamentals of Mechanical Manufacturing" for the Construction of Emerging Engineering Education Projects

YUAN Zhishan\*, WU Shixiong, ZHENG Lijuan, WANG Chengyong

School of Electromechanical Engineering, Guangdong University of Technology, Guangzhou, Guangdong, 510006, China

**Abstract:** Against the backdrop of "Made in China 2025", the Ministry of Education's active promotion of the construction of emerging engineering education disciplines has opened up a new path for engineering education reform. "Fundamentals of Mechanical Manufacturing" is a core technical foundation course for mechanical majors, and its teaching plays a crucial role in cultivating mechanical talents under the background of "emerging engineering education". Given the problems of theoretical teaching being disconnected from practice and the development of new technologies forcing teaching content innovation in course teaching, this article proposes a new teaching model for cultivating mechanical talents in the "emerging engineering education" field based on the deep integration of science, industry, and education. Research and exploration have been conducted on the construction of the curriculum system, improvement of curriculum objectives, updating of teaching content, reform of teaching methods and means, and enhancement of educational functions. This new teaching model can play a demonstrative and leading role in improving the quality of training mechanical professionals under the background of "emerging engineering education".

**Keywords:** fundamentals of mechanical manufacturing; emerging engineering education; new teaching model; integration of science, industry and education; teaching reform

### 引言

机械类专业旨在培养具备机械设计制造基础知识与应用能力, 能在工业生产第一线从事机械制造领域内的设计制造、科技开发、应用研究、运行管理和经营销售等方面工作的高级工程技术人才。“机械制造基础”是机械类专业核心的专业技术基础课, 主要讲解机械制造基本理论、制造技术和工艺, 以及先进制造模式。当前, 以工业 4.0、工业互联网与智能制造等新科技、新业态、新模式、新产业为代表的新经济蓬勃发展, 对机械类人才的培养提出更高的要求。培养精通机械制造的高层次复合型人才, 提升自主创新能力、服务支撑经济社会发展, 已经成为新工科背景下“机械制造基础”课程的人才培养目标。然而, 目前“机械制造基础”课程教学存在理论教学与实践脱节、新技术发展倒逼教学内容革新等问题, 导致学生动手能力差、创新思维能力较为薄弱、对新兴产业和高端制造前沿不了解、对目前新经济和新产业方面的认知仅停留在理论层面、不具

备先进技术的实践经历。显然, 这种课程模式下培养的学生难以满足社会经济高速发展对创新人才的需求。

本文分析新工科背景下“机械制造基础”教学现状与存在的问题, 提出科产教深度融合途径的“新工科”制造类人才培养的教学新模式, 推进传统“机械制造基础”课程教学的升级改革, 进而实现多层次全方位协同育人。

### 1 “机械制造基础”教学存在的问题

(1) 理论教学与实践脱节。“机械制造基础”课程与生产实际密切相关, 课程的重要知识点如先进焊接方法、先进压力加工方法、切削原理、先进加工工艺规程等的理解和掌握都应基于通过实践获得的感性认知。然而, “金工实训”课程主要为传统工艺, 跟不上现代企业发展的节奏, “金工实训”与“机械制造基础”两门课开设时间一般间隔一年多。重要的实践课“生产实习”, 一般安排在“机械制造基础”之后。因此, 学生很难将基础理论与实际企业先进制造方法及其工艺关联理解。多媒体教学且课

程实验的台套数不足,难以弥补理论教学与实践之间关联度的问题。此外,任课教师队伍普遍工程实践经历差异较大,部分青年教师从读书至任教均无企业实践经验,一些跨学科背景的青年教师则更缺乏机械工程实践经验<sup>[2]</sup>,这都可能引起理论教学与实践脱节。因此,亟需探索新的教学模式,打通理论教学与实践之间的阻塞壁垒,提高教学质量。

(2)新技术发展倒逼教学内容革新。新时期新材料、新的制造理论、新工艺的不断涌现,极大地推动了以机械制造为基础的新科技、新产业、新经济的发展。现代制造企业生产加工材料往往不局限于普通金属材料,各种新材料(包括金属材料、非金属材料、高分子材料、半导体材料,以及复合材料等)均可能涉及<sup>[3]</sup>;现代制造企业的先进制造技术与多学科交叉密切相关,如3D增材制造、生物制造、智能制造、极端制造等先进制造技术综合了物理、生物、信息、材料和化学等多学科知识,而先进制造技术的制造理论与方法大部分尚未纳入“机械制造基础课”教学内容中。新兴制造技术的蓬勃发展与现有教学内容不匹配,使得学生对机械制造的理解和认识停留在传统制造层面,对现代制造企业先进制造方法和技术缺乏深刻认知,并影响教学目标的实现。因此,新技术发展需要“机械制造基础”课程与时俱进,授课教师需及时掌握、梳理和凝练新的制造技术、方法和理论,并将这些内容传授给学生,拓展复合型人才培养所需要的最新知识。

## 2 面向新工科建设的“机械制造基础”教学体系的研究

新产业和新经济下,未来产业界将会更加注重工程人才的学习能力和思维能力,在工程实践中面临各种未知与复杂问题时能够创新思维,应用恰当的办法解决问题。传

统课程教学主要以教材为依据向学生传递知识已不能满足人才培养的要求,新工科人才培养理念不仅要知识传授给学生,还要重视培养学生获取新知识和应用知识的能力,更应重视激发学生的创新意识。

面向新工科建设的“机械制造基础”课程体系应包括高效知识传递、思维能力训练、解决复杂工程问题能力的培养、素质培养、创新能力培养等多个方面,形成融理论教学、实践、创新能力培养为一体的课程体系。因此,课程团队在原有“机械制造基础”课程教学体系的基础上,根据新工科建设的需求,提出构建基于“课堂—实验室—企业”的科产教深度融合的定位准确、层次清晰、衔接紧密的“机械制造基础”课程体系,集理论教学、实践教学、创新能力培养于一体。

## 3 “机械制造基础”课程教学新模式的探索与实践

### 3.1 教学内容改革

(1)优化传统制造内容。以铸造成形理论、塑性成形理论、焊接成形理论以及金属切削原理为基础,制造工艺为主线,将制造基础理论与工艺设计、机床与夹具、典型结构件制造与应用串成线,在此基础上,围绕制造质量为核心理解生产率、经济性等问题,进而实现教材知识点有机整合,优化教学内容,构建知识体系,培养学生综合运用知识解决实际问题的能力。

(2)拓展制造前沿知识。为满足新工科建设的需求,授课教师需要及时学习和改变观念,将已经形成应用的新材料、新技术和新工艺等引入到教学内容之中(见表1),拓展制造前沿知识。同时,阐明新技术与课本基础理论之间的关系,引导同学思考和分析新技术出现的必然性和发展趋势,增加学生对新技术的理解的认识、激发学生对新

表 1 制造前沿知识拓展案例表

序号	教学内容	前沿知识点	教学方法
案例 1	铸造工艺基础 (2 学时)	知识点:非晶合金压铸成型 教学内容:介绍新型材料—非晶合金及其应用领域,然后讲解非晶合金压铸成型工艺以及块体非晶合金铸造成形的研究新进展。	方法:动画/视频/文献。
案例 2	锻造工艺基础 (2 学时)	知识点:激光锻造 教学内容:介绍广东工业大学高性能工具国家重点实验室、中美激光喷丸联合实验室中的激光加工装备,激光锻造与增材制造复合加工工艺,以及激光锻造应用。	方法:动画/视频。

表 2 典型思政知识点案例

序号	教学内容	挖掘课程思政点	教学方法与育人目标
案例 1	焊接工艺基础 (2 学时)	焊接技术和设备研发的关键技术部分,结合疫情需求,团队快速响应党和国家的抗疫号召,与企业合作,研发生产口罩超声焊接技术与装置,为解国家抗疫之急做出突出贡献(获 2021 年广东省科技进步一等奖)	方法:媒体报道/动画/视频 目标:树立责任感,使命感,勇于克服困难和拼搏的奋斗精神。
案例 2	典型切削加工 与刀具 (2 学时)	介绍团队在高端印制电路板微细加工领域打破国外垄断事迹(获 2019 年度国家科学技术进步奖二等奖) “大国工匠”倪志福,从一名学徒工,一步一步走来,成为中华全国总工会主席,实至名归,鼓舞了无数技术工人。以倪志福先进人物事迹,回顾老一辈科学家为社会主义建设事业作出的突出贡献。	方法:动画/视频 目标:培养学生的远大理想,树立中国特色社会主义共同理想,实现个人价值与社会价值的统一。

技术的兴趣和学习的内驱力，提升教学效果。

(3) 有机融入思政元素。在传授课程理论的同时充分挖掘思政元素，将“立德树人”贯穿教育教学全过程，实现价值引领。通过追溯发展历程、复盘创新过程、国内第一台万吨水压机研制等制造史上标志性典型事件，以及倪志福钻头、2020年抗疫装备研制、抗疫英雄等典型人物，见表2，将思政元素有机融入课程教学过程中，激发学生爱国情怀、奉献精神、学习兴趣和创新意识，引导学生将个人理想自觉融入国家发展伟业中，践行社会主义核心价值观，担当民族复兴大任，弘扬新时代爱国主义。

### 3.2 教学方法与手段改革

#### (1) 项目驱动自主探索

授课教师定期调查和收集对标前沿制造技术的经典综合性案例，设计多个前沿制造学习项目，通过雨课堂智慧教学工具发布给同学们自由组合的学习小组，前沿制造学习项目，如3C制造、微电子制造、新能源装备、轨道交通和医工结合等。小组成员之间协作分工与配合，查阅各类资料并展开讨论，联合完成一篇项目研究报告（纳入平时作业考核评价），在培养学生自主学习新知识能力的同时也培养了他们团队合作精神。

鼓励授课教师作为指导教师参与机械类专业大学生参加科技创新活动，如“挑战杯”中国大学生创业计划竞赛、“挑战杯”中国大学生课外学术科技作品竞赛、“互联网+”大学生创业创新大赛等等，尤其是指导学生进行机械产品的设计与制造工作。高质量的创新实践能力训练可检验学生理论与实践的综合应用情况，也是评价教学效果的重要依据。再将上述两类项目的成功案例纳入课堂教学，改变离散、孤立的知识结构，实现相关教学内容串联，激发了同学们的学习兴趣，提升了课堂教学效果。

#### (2) 建立科产教融合机制

① 科研成果和企业实际问题引入课堂教学。科研最新研究成果引入教学，使学生熟悉国际科学技术前沿，知道未来的技术方向，培养学生的科研兴趣；将企业实际问题引入教学过程中，使学生真正了解企业生产过程，知道学习的知识可以用来解决什么问题，培养学生的工程意识。

② 科研反哺教学。在实验室设立学期中、暑期、寒假科研助理岗位，招收本科生可兼任科研助理进入科研团队，依托实验室丰富的实验设备（见下图1）及雄厚的技术储备，科研助理在实验室可以学习先进制造技能，使其具备较强的实践能力，逐步形成工程意识，初步具备从事相关科学研究以及企业生产的能力。

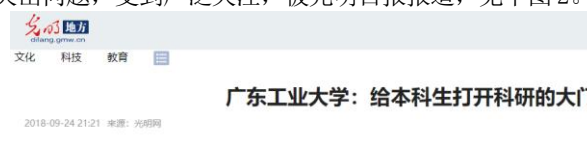
③ 产教融合培养全方位技能。推荐经过实验室技能培训并考核通过的学生去先进制造企业，参加暑期实践，充分利用企业资源，开展产教融合，使学生将已有的理论知识和实践能力真正运用到实际生产中，进一步提升学生的实践能力。同时，通过解决实际生产中的问题，培养学生的创新能力和敏锐的创新意识。建立“课堂-实验室-企业”

科产教融合全方位专业技能培养的教学新模式，通过教学与科研、企业实习相结合，用科研与企业实习反哺课堂教学，实现“课程教学实效化+本科生实验多元化+企业实践阶段化”。



图1 高性能工具全国重点实验室（广东工业大学）先进制造装备

本校“机械制造基础”的实践教学深度利用学校与企业 and 研究机构共建联合研发机构优势，与广东省精密注塑模具等4个工程技术研究中心，以及广东汉邦激光科技等十多个公司开展密切合作，为学生假期实习提供岗位，建立完整的科产教深度融合路径，为实践教学、创新能力培养提供坚实的基础。目前已培训300多名同学，并取得了良好的效果，改变了传统教学中存在的应用实例与当前先进制造技术脱节、知识结构离散孤立、创新实践能力培养不足等突出问题，受到广泛关注，被光明日报报道，见下图2。



光明网讯(记者雷爱侠)对工科院校来讲,实践动手能力和创新能力是人才培养的重要环节。在“新工科”背景下,如何培养大批满足新兴产业需求的科技创新人才,是摆在广东工业大学(简称“广工大”)前的一项重要课题。近年来,广工大机电工程学院王成勇教授团队积极探索本科生实践教学新模式,推出“本科生走进实验室计划”,一批批“科研助理”在实验室里成长起来。“科研小白”走进实验室 9月1日,29位本科生科研助理在大学城区区实验三号楼进行暑期科研实践工作汇报,讲述近两个月来在实验室工作的内容、存在不足、自身感受,并回答指导老师和研究生提出的问题。“同学们都做了图文并茂的PPT,比毕业答辩还认真”,王成勇说。“招聘暑期科研助理,是想给本科生提前进入实验室参与科研的机会,培养他们的科研能力。”早在20世纪末,团队就提出本科生走进实验室计划,吸纳本科生担任暑期“科研助理”,协助研究生进行科学实验、数据处理等工作。2017年,团队出台科研助理管理制度,进一步实行规范的招聘和考核机制,吸引了众多本科生参与。

图2 光明网报道团队开展本科生走进实验室的学习实践活动网页截图

#### (3) 建设教学团队

“机械制造基础”课程理论、实践综合性强，要求授课教师不仅具有较高的理论实践综合教学能力，而且要对前沿科技的发展敏感，已研究提出“双师型”教师队伍建设<sup>[4]</sup>。组建以骨干教师为核心的课程教学团队，发挥教研平台作用，通过优秀教学教师的“帮带”，定期组织教学理



论与方法、教学理念、实践设置与评价的研讨。组织参加教学方法的培训与交流,提高团队的信息化教学能力,学习利用国家级线上一流本科课程、基于雨课堂智慧教学工具,开展线上线下混合式教学;研究探索问题为导向、案例教学、翻转课堂和分组讨论等教学方法。同时,共同探讨如何将思政元素有机融入课程教学,实现用知识体系教、用价值体系育,激发学生学习兴趣和潜能,厚植爱国主义情怀。

#### (4) 建立多元化立体考核评价体系

根据“机械制造基础”课程的理论与实践双重性质的特点,采用传统的考试方式不能正确地反映学生学习和掌握知识、实践能力的水平。采用“线上自主学习+课堂测试和表现+平时作业+课程综合实验+小组项目报告+开闭卷组合期末考试”的多元立体考核评价方法,见下表 4,从不同角度评价学生的学习情况。此外,可根据对老师的教学评价结果来评估教师理论教育和实践教育的教学水平,改善教师教学方法。开展实验室与企业实践,收集毕业生所在单位的反馈意见,优化教学内容与方法。

表 4 多元化立体考核评价量化表

评价指标		评价内容	权重
线上自主学习		在线课程预期与自测	5%
学习表现(含考勤)		上课出勤率、积极参与教学活动等	5%
课堂测试+作业		自测题与作业完成度	10%
小组项目报告		先进制造方法和工艺学习;	10%
考试	闭卷	基础知识考查,重点涉及材料成形和切削加工基本原理、工艺方法和零件结构工艺性;	42%
	开卷	综合运用所掌握的专业知识和技能,针对给定的工程问题提出解决方案,识别设计任务的各种制约条件,设定合理的设计技术指标,能够对自己的设计合理性进行分析;	28%
课程综合实验课		实践操作能力	单独核算(100%)

## 4 结语

在“中国制造 2025”背景下,开展面向新工科建设的“机械制造基础”教学改革探索,对现有的“机械制造基础”教学内容进行优化,拓展制造前沿、课程思政引导价值观,整合教材、实验室、合作企业资源,建立项目驱动自主探索、建立科研反哺教学机制、构建产教融合全方

位技能培养路径,建立教学团队,提升教师队伍理论与实践水平,提高信息化教学水平,建立多元立体考核评价体系,进行“课堂—实验室—企业”的科产教深度融合,构建完整理论教学,实践教学和创新能力培养体系,解决当前“机械制造基础”教学内容上存在的应用实例与当前先进制造技术脱节、知识结构离散孤立、创新实践能力培养不足等突出问题,帮助学生实现知识的习得、能力的转化、素质的提升和人格的完善,培养适应新兴产业需求的高层次复合型人才。

基金项目:本文为广东省高等教育教学研究和改革项目“面向新工科建设的机械制造基础教学模式研究与探索”(粤教高函(2020)20号)、国家级一流本科课程“机械制造基础”(线下)(教高函(2020)8号)国家级课程思政示范课程“机械制造基础”(教高函(2021)7号)、广东省本科高校课程思政示范课程“机械制造基础”(粤教高函(2021)4号)的阶段性研究成果。

#### [参考文献]

- [1]崔庆玲,刘善球.中国新工科建设与发展研究综述[J].世界教育信息,2018(4):19-26.
  - [2]黄根哲,朱振华,于化东.剖析工程材料与机械制造基础系列课程现状与存在的主要问题[J].教育教学论坛,2017(50):219-220.
  - [3]孙康宁,张景德,傅水银.“工程材料与机械制造基础”课程知识体系研究[J].中国大学教学,2015(50):63-66.
  - [4]郭华锋,李菊丽.基于卓越计划的“机械制造技术基础”课程教学改革研究与实践[J].教育教学论坛,2014(49):177-178.
- 作者简介:袁志山,教授,博导,主讲“机械制造基础”“材料力学”,研究方向为极端制造理论与方法;吴世雄,教授,主讲“机械制造基础”等课程,研究方向为难加工材料高效高性能清洁切削方法和理论;郑李娟,教授,国家级课程思政教学名师,主讲“机械制造基础”等课程;研究方向为难加工材料高效精密绿色加工理论、刀具与工艺研究;王成勇,教授,国家级课程思政教学名师,教育部高等学校机械类专业教学指导委员会委员、广东省本科高校机械类专业教学指导委员会主任委员,主讲“机械制造基础”等课程,研究方向为难加工材料的高速高效精密超精密加工理论、工艺、刀具与装备技术。